คำรับรองตนเอง (Self-Declaration) ของสถาบันการศึกษา

สำหรับการขอรับรองปริญญา ประกาศนียบัตร หรือวุฒิบัตรในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
สำหรับผู้เข้าศึกษาปีการศึกษา พ.ศ. 2565 – พ.ศ. 2569

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
(หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565)

คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

เลขที่ 234 หมู่ 12 ตำบลสามพร้าว อำเภอเมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี 41000
โทร. 043 211 040 - 59

13 มิถุนายน พ.ศ. 2565

สารบัญ

		หน้า
ส่วนที่ 1	หลักสูตร	1
	1. ชื่อหลักสูตร	1
	2. ชื่อปริญญาและสาขาวิชา	1
	3. วิชาเอก/แขนงวิชา	1
	4. ปรัชญาและวัตถุประสงค์ของหลักสูตร	1
	5. ระบบการจัดการศึกษา	2
	6. แผนการศึกษา	3
	7. การเทียบโอน/ยกเว้นรายวิชา	12
	8. สถานภาพของหลักสูตรและการพิจารณาอนุมัติ/เห็นชอบหลักสูตร	13
	9. ชื่อผู้รับรอง/อนุมัติข้อมูล	13
	10. ชื่อผู้รับผิดชอบ/ผู้ประสานงานหลักสูตร	13
ส่วนที่ 2	นิสิต/นักศึกษา	14
	1. คุณสมบัติของผู้เข้าศึกษา	14
	2. แผนการรับนักศึกษาในระยะ 5 ปี	14
	3. คุณลักษณะของบัณฑิตที่พึงประสงค์	14
	4. มาตรฐานผลการเรียนรู้	28
ส่วนที่ 3	คณาจารย์	29
	1. ประธานหลักสูตร	29
	2. อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร	29
	3. อาจารย์ประจำหลักสูตร/อาจารย์ประจำสาขาวิชา (อนาคตให้ใช้คำเดียวกันกับของกระทรวงฯ)	30
	4. บุคลากรช่วยสอน/ผู้ช่วยสอนวิชาปฏิบัติการ	32
	5. อัตราส่วนระหว่างอาจารย์ประจำต่อนักศึกษา	32
	6. แผนพัฒนาหลักสูตรและบุคลากรในระยะ 5 ปี	33
ส่วนที่ 4	รายละเอียดและสาระของวิชาตามองค์ความรู้	35
	1. ตารางแจกแจงรายวิชาเทียบกับองค์ความรู้ที่สภาวิศวกรกำหนด (Curriculum Mapping)	35
	2. ตารางแสดงผู้สอนในแต่ละองค์ความรู้	43
ส่วนที่ 5	สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้และการประกันคุณภาพการศึกษา	49
	1. ห้องปฏิบัติการ	49
	1.1. บัญชีรายการของวัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์การทดลอง	49
	1.2. โปรแกรมสำเร็จรูป/ซอฟต์แวร์ (Software)	88
	2. แหล่งบริการข้อมูลทางวิชาการ	89
	2.1. ห้องสมุดและระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ	89
	2.2. สิ่งอำนวยความสะดวก	93
	3. การประกันคุณภาพการศึกษา	98

ส่วนที่ 6 ภาคผนวก 102
ภาคผนวก 1 เอกสาร/หนังสือที่สภาสถาบันการศึกษาอนุมัติหลักสูตร
ภาคผนวก 2 รายละเอียดของหลักสูตร (มคอ.2) ฉบับสมบูรณ์ที่ผ่านการอนุมัติ จากสภาสถาบันการศึกษา
ภาคผนวก 3 แผนการสอน (มคอ.3) (เฉพาะวิชาที่ขอเทียบองค์ความรู้)
ภาคผนวก 4 คู่มือปฏิบัติการที่ใช้ในการเรียนการสอน
ภาคผนวก 5 อื่นๆ

คำรับรองตนเอง (Self-Declaration)
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
(หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565)

ชื่อสถาบันการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
สาขาวิศวกรรมที่รับรองปริญญา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษาที่รับรองปริญญา พ.ศ. 2565 – พ.ศ. 2569

ส่วนที่ 1 หลักสูตร

1. ชื่อหลักสูตร

ชื่อภาษาไทย : หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
ชื่อภาษาอังกฤษ : Bachelor of Engineering Program in Mechanical Engineering

2. ชื่อปริญญาและสาขาวิชา

ชื่อเต็มภาษาไทย : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)
ชื่อย่อภาษาไทย : วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล)
ชื่อเต็มภาษาอังกฤษ : Bachelor of Engineering (Mechanical Engineering)
ชื่อย่อภาษาอังกฤษ : B.Eng. (Mechanical Engineering)

3. วิชาเอก/แขนงวิชา

วิชาเอก/แขนงวิชาภาษาไทย : - ไม่มี -
วิชาเอก/แขนงวิชาภาษาอังกฤษ : - none -

4. ปรัชญาและวัตถุประสงค์ของหลักสูตร

4.1. ปรัชญาของหลักสูตร

มุ่งผลิตบัณฑิตให้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการออกแบบและทักษะในการปฏิบัติการทางวิศวกรรมเครื่องกลที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรกลเกษตร ด้านพลังงาน ระบบควบคุมอัตโนมัติ การเขียนแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เข้าใจถึงอุปกรณ์ เครื่องจักรและการบำรุงรักษาในกระบวนการผลิตการแปรรูปอุตสาหกรรมเกษตร รวมถึงการวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องจักรเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน สร้างสรรค์และพัฒนาสิ่งประดิษฐ์เพื่อตอบสนองต่อความต้องการภาคอุตสาหกรรมในท้องถิ่น บนพื้นฐานคุณธรรมและจริยธรรม

4.2. วัตถุประสงค์ของหลักสูตร

เพื่อผลิตวิศวกรเครื่องกลให้มีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

4.2.1 มีคุณธรรมจริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ มีวินัย มีความรับผิดชอบทั้งต่อตนเอง วิชาชีพและสังคม ปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต รักและภาคภูมิใจในท้องถิ่น สถาบันและประเทศชาติ

4.2.2 มีความรู้ความเข้าใจในหลักการทฤษฎีและการปฏิบัติด้านวิศวกรรมเครื่องกล มีทักษะและประสบการณ์เพื่อประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล เป็นวิศวกรเครื่องกลที่มีคุณภาพ และตรงกับความต้องการของท้องถิ่น รวมถึงตระหนักในธรรมเนียมปฏิบัติ กฎระเบียบ ข้อบังคับในสาขาวิชาชีพวิศวกร

4.2.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถค้นหา ตีความ และประเมินสารสนเทศ และมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และริเริ่มสร้างสรรค์ โดยใช้ความรู้และประสบการณ์ของตนในการแก้ปัญหาการทำงานและทางวิชาการได้อย่างสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

4.2.4 มีมนุษยสัมพันธ์และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี มีทักษะในการทำงานเป็นหมู่คณะ ตระหนักในความแตกต่างหลากหลายทางสังคม มีภาวะผู้นำและมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง

4.2.5 มีความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ กระบวนการวิจัยและการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ ในการคิดวิเคราะห์ รวมถึงสามารถในการใช้ศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในการปฏิบัติงานในวิชาชีพวิศวกร

4.2.6 มีความรู้ ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในงานวิศวกรรมเครื่องกล เครื่องจักรกล การเกษตร ระบบควบคุมการผลิต ระบบความร้อนและพลังงานเพื่อตอบสนองต่อความต้องการภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่บริการวิชาการและท้องถิ่น และสร้างผู้ประกอบการ Start-up

5. ระบบการจัดการศึกษา

5.1. ระบบ

การจัดการศึกษาเป็นระบบทวิภาคโดยหนึ่งปีการศึกษา แบ่งเป็น 2 ภาคการศึกษาปกติ มีระยะเวลาศึกษาไม่น้อยกว่า 15 สัปดาห์ และอาจจัดให้มีภาคฤดูร้อน โดยกำหนดระยะเวลาไม่น้อยกว่า 8 สัปดาห์

5.2. การจัดการศึกษาภาคฤดูร้อน

การจัดการเรียนการสอนภาคฤดูร้อนขึ้นอยู่กับการพิจารณาของคณะกรรมการบริหารหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลอาจจัดให้มีภาคฤดูร้อน โดยกำหนดระยะเวลา ไม่น้อยกว่า 8 สัปดาห์ทั้งนี้ การกำหนดระยะเวลาและจำนวนหน่วยกิต ให้มีสัดส่วนเทียบเคียงได้กับภาคการศึกษาปกติ

5.3. การเทียบเคียงหน่วยกิตในระบบทวิภาค

ไม่มี

6. แผนการศึกษา

6.1 จำนวนหน่วยกิต รวมตลอดหลักสูตร	**ไม่น้อยกว่า**	**138**	**หน่วยกิต**
6.2 โครงสร้างหลักสูตร เป็นหลักสูตรปริญญาตรีทางวิชาชีพ			
แผนสำหรับนักศึกษาที่เลือกเรียน แบบปกติ			
(1) หมวดวิชาศึกษาทั่วไป	**ไม่น้อยกว่า**	**30**	**หน่วยกิต**
(2) หมวดวิชาเฉพาะ	**ไม่น้อยกว่า**	**102**	**หน่วยกิต**
2.1) วิชาพื้นฐาน		**56**	**หน่วยกิต**
2.1.1) กลุ่มวิชาพื้นฐานทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์		21	หน่วยกิต
2.1.2) กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม		35	หน่วยกิต
2.2) วิชาเฉพาะด้าน		**46**	**หน่วยกิต**
2.2.1) กลุ่มวิชาบังคับทางวิศวกรรม		33	หน่วยกิต
2.2.2) กลุ่มวิชาเลือกทางวิศวกรรม		13	หน่วยกิต
2.2.2.1) กลุ่มวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพทางวิศวกรรมเครื่องกล แบบปกติ		1	หน่วยกิต
2.2.2.2) กลุ่มวิชาวิศวกรรมเครื่องกล แบบปกติ		12	หน่วยกิต
(3) หมวดวิชาเลือกเสรี	**ไม่น้อยกว่า**	**6**	**หน่วยกิต**
แผนสำหรับนักศึกษาที่เลือกเรียน แบบสหกิจศึกษา			
(1) หมวดวิชาศึกษาทั่วไป	**ไม่น้อยกว่า**	**30**	**หน่วยกิต**
(2) หมวดวิชาเฉพาะ	**ไม่น้อยกว่า**	**102**	**หน่วยกิต**
2.1) วิชาพื้นฐาน		**56**	**หน่วยกิต**
2.1.1) กลุ่มวิชาพื้นฐานทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์		21	หน่วยกิต
2.1.2) กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม		35	หน่วยกิต
2.2) วิชาเฉพาะด้าน		**46**	**หน่วยกิต**
2.2.1) กลุ่มวิชาบังคับทางวิศวกรรม		33	หน่วยกิต
2.2.2) กลุ่มวิชาเลือกทางวิศวกรรม		13	หน่วยกิต
2.2.2.1) กลุ่มวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพทางวิศวกรรมเครื่องกลแบบสหกิจศึกษา		7	หน่วยกิต
2.2.2.2) กลุ่มวิชาวิศวกรรมเครื่องกล แบบสหกิจศึกษา		6	หน่วยกิต
(3) หมวดวิชาเลือกเสรี	**ไม่น้อยกว่า**	**6**	**หน่วยกิต**

เปรียบเทียบโครงสร้างหลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565 กับประกาศกระทรวงศึกษาธิการเรื่องมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ. 2553

แผนสำหรับนักศึกษาที่เลือกเรียน แบบปกติ

หมวดวิชา	จำนวนหน่วยกิต		
	มคอ.1	หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (แบบปกติ)	
		หลักสูตรใหม่ พ.ศ. 2559	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565
1. หมวดวิชาศึกษาทั่วไป	**ไม่น้อยกว่า 30**	**ไม่น้อยกว่า 33**	**ไม่น้อยกว่า 30**
1.1 กลุ่มภาษา		9	
1.2 กลุ่มวิชามนุษยศาสตร์		9	
1.3 กลุ่มวิชาสังคมศาสตร์		6	
1.4 กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี		9	
2. หมวดวิชาเฉพาะ	**ไม่น้อยกว่า 84**	**ไม่น้อยกว่า 109**	**ไม่น้อยกว่า 102**
2.1 กลุ่มวิชาพื้นฐาน		59	56
2.2 กลุ่มวิชาเฉพาะด้าน			
2.2.1 กลุ่มวิชาเฉพาะบังคับทางวิศวกรรม		37	33
2.2.2 กลุ่มวิชาฝึกประสบการณ์ภาคสนาม		4	
2.2.3 กลุ่มวิชาเอกเลือก		9	
2.2.4 กลุ่มวิชาเลือกทางวิศวกรรม			13
3. หมวดวิชาเลือกเสรี	**ไม่น้อยกว่า 6**	**ไม่น้อยกว่า 6**	**ไม่น้อยกว่า 6**
จำนวนหน่วยกิตรวมตลอดหลักสูตร	**ไม่น้อยกว่า 120**	**ไม่น้อยกว่า 148**	**ไม่น้อยกว่า 138**

แผนสำหรับนักศึกษาที่เลือกเรียน แบบสหกิจศึกษา

หมวดวิชา	จำนวนหน่วยกิต		
	มคอ.1	หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (แบบสหกิจศึกษา)	
		หลักสูตรใหม่ พ.ศ. 2559	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565
1. หมวดวิชาศึกษาทั่วไป	**ไม่น้อยกว่า 30**	**ไม่น้อยกว่า 33**	**ไม่น้อยกว่า 30**
1.1 กลุ่มภาษา		9	
1.2 กลุ่มวิชามนุษยศาสตร์		9	
1.3 กลุ่มวิชาสังคมศาสตร์		6	
1.4 กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี		9	
2. หมวดวิชาเฉพาะ	**ไม่น้อยกว่า 84**	**ไม่น้อยกว่า 109**	**ไม่น้อยกว่า 102**
2.1 กลุ่มวิชาพื้นฐาน		59	56
2.2 กลุ่มวิชาเฉพาะด้าน			
2.2.1 กลุ่มวิชาเฉพาะบังคับทางวิศวกรรม		37	33
2.2.2 กลุ่มวิชาฝึกประสบการณ์ภาคสนาม		4	
2.2.3 กลุ่มวิชาเอกเลือก		9	
2.2.4 กลุ่มวิชาเลือกทางวิศวกรรม			13
3. หมวดวิชาเลือกเสรี	**ไม่น้อยกว่า 6**	**ไม่น้อยกว่า 6**	**ไม่น้อยกว่า 6**
จำนวนหน่วยกิตรวมตลอดหลักสูตร	**ไม่น้อยกว่า 120**	**ไม่น้อยกว่า 148**	**ไม่น้อยกว่า 138**

แผนการศึกษาที่ 1 : แผนสำหรับนักศึกษา แบบปกติ

ชั้นปีที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 1			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
ศึกษาทั่วไป	GEXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป	6
เฉพาะ	PY01101	ฟิสิกส์ 1	3(3-0-6)
	PY01102	การปฏิบัติการฟิสิกส์ 1	1(0-3-2)
	CH01107	เคมีสำหรับวิศวกร	3(3-0-6)
	CH01108	การปฏิบัติการเคมีสำหรับวิศวกร	1(0-3-2)
	CC11109	เทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับวิศวกรเครื่องกล	3(2-2-5)
	ME11111	คณิตศาสตร์วิศวกรรม 1	3(3-0-6)
	ME13111	การฝึกปฏิบัติงานในโรงงานวิศวกรรม	1(0-3-0)
รวม			21

ชั้นปีที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 2			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
ศึกษาทั่วไป	GEXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป	6
เฉพาะ	PY01103	ฟิสิกส์ 2	3(3-0-6)
	PY01104	การปฏิบัติการฟิสิกส์ 2	1(0-3-2)
	ME11112	คณิตศาสตร์วิศวกรรม 2	3(3-0-6)
	ME12111	การเขียนแบบวิศวกรรมเครื่องกลและเขียนด้วยโปรแกรม	4(2-4-4)
	ME12121	สถิตยศาสตร์และพลศาสตร์	3(3-0-6)
รวม			20

ชั้นปีที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 1			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
ศึกษาทั่วไป	GEXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป	6
เฉพาะ	ME11213	คณิตศาสตร์วิศวกรรม 3	3(3-0-6)
	ME12231	วัสดุวิศวกรรม	3(3-0-6)
	ME12241	อุณหพลศาสตร์	3(3-0-6)
	ME12251	กลศาสตร์ของไหล	3(3-0-6)
	ME12281	อาชีวอนามัย ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม	3(3-0-6)
รวม			21

ชั้นปีที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 2			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
ศึกษาทั่วไป	GEXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป	6
เฉพาะ	ME12261	กลศาสตร์ของแข็ง	3(3-0-6)
	ME12271	กรรมวิธีการผลิต	3(3-0-6)
	ME14212	วิศวกรรมไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับวิศวกรเครื่องกล	3(2-2-5)
รวม			15

ชั้นปีที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 1			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
ศึกษาทั่วไป	GEXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป	6
เฉพาะ	ME14211	สถิติและการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม	3(3-0-6)
	ME21311	ระบบพลศาสตร์และเครื่องจักรกล	3(3-0-6)
	ME21321	การออกแบบเครื่องจักรกลและเครื่องขับกำลัง	3(3-0-6)
	ME21341	การสั่นสะเทือนทางกล	3(3-0-6)
	ME21351	การถ่ายเทความร้อน	3(3-0-6)
รวม			21

ชั้นปีที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 2			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
เฉพาะ	ME21331	หุ่นยนต์และการควบคุมอัตโนมัติ	3(2-2-5)
	ME21361	การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับงานวิศวกรรมเครื่องกล	3(2-2-5)
	ME21391	พลังงาน โรงจักรต้นกำลังและระบบทางความร้อน	3(3-0-6)
	ME22421	การเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	1(0-3-0)
	ME22422	การฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล	1(240)
เลือกเสรี	XXXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาเลือกเสรี	3
รวม			14

ชั้นปีที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 1			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
เฉพาะ	ME23422	โครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	2(0-4-2)
	ME21411	เศรษฐศาสตร์และการจัดการงานวิศวกรรม	3(3-0-6)
วิชาเลือก	ME4XXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาเอกเลือก	6
เลือกเสรี	XXXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาเลือกเสรี	3
รวม			14

ชั้นปีที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 2			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
เฉพาะ	ME21371	การดับเพลิงและระบบป้องกันอัคคีภัย	3(3-0-6)
	ME21381	การทำความเย็นและการปรับอากาศ	3(3-0-6)
วิชาเลือก	ME4XXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาเอกเลือก	6
รวม			12

แผนการศึกษาที่ 2 : แผนสำหรับนักศึกษา แบบสหกิจศึกษา

ชั้นปีที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 1			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
ศึกษาทั่วไป	GEXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป	6
เฉพาะ	PY01101	ฟิสิกส์ 1	3(3-0-6)
	PY01102	การปฏิบัติการฟิสิกส์ 1	1(0-3-2)
	CH01107	เคมีสำหรับวิศวกร	3(3-0-6)
	CH01108	การปฏิบัติการเคมีสำหรับวิศวกร	1(0-3-2)
	CC11109	เทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับวิศวกรเครื่องกล	3(2-2-5)
	ME11111	คณิตศาสตร์วิศวกรรม 1	3(3-0-6)
	ME13111	การฝึกปฏิบัติงานในโรงงานวิศวกรรม	1(0-3-0)
รวม			21

ชั้นปีที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 2			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
ศึกษาทั่วไป	GEXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป	6
เฉพาะ	PY01103	ฟิสิกส์ 2	3(3-0-6)
	PY01104	การปฏิบัติการฟิสิกส์ 2	1(0-3-2)
	ME11112	คณิตศาสตร์วิศวกรรม 2	3(3-0-6)
	ME12111	การเขียนแบบวิศวกรรมเครื่องกลและเขียนด้วยโปรแกรม	4(2-4-4)
	ME12121	สถิตยศาสตร์และพลศาสตร์	3(3-0-6)
รวม			20

ชั้นปีที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 1			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
ศึกษาทั่วไป	GEXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป	6
เฉพาะ	ME11213	คณิตศาสตร์วิศวกรรม 3	3(3-0-6)
	ME12231	วัสดุวิศวกรรม	3(3-0-6)
	ME12241	อุณหพลศาสตร์	3(3-0-6)
	ME12251	กลศาสตร์ของไหล	3(3-0-6)
	ME12281	อาชีวอนามัย ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม	3(3-0-6)
รวม			21

ชั้นปีที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 2			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
ศึกษาทั่วไป	GEXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป	6
เฉพาะ	ME12261	กลศาสตร์ของแข็ง	3(3-0-6)
	ME12271	กรรมวิธีการผลิต	3(3-0-6)
	ME14212	วิศวกรรมไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับวิศวกรเครื่องกล	3(2-2-5)
รวม			15

ชั้นปีที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 1			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
ศึกษาทั่วไป	GEXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป	6
เฉพาะ	ME14211	สถิติและการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม	3(3-0-6)
	ME21311	ระบบพลศาสตร์และเครื่องจักรกล	3(3-0-6)
	ME21321	การออกแบบเครื่องจักรกลและเครื่องขับกำลัง	3(3-0-6)
	ME21341	การสั่นสะเทือนทางกล	3(3-0-6)
	ME21351	การถ่ายเทความร้อน	3(3-0-6)
รวม			21

ชั้นปีที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 2			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
เฉพาะ	ME21331	หุ่นยนต์และการควบคุมอัตโนมัติ	3(2-2-5)
	ME21361	การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับงานวิศวกรรมเครื่องกล	3(2-2-5)
	ME21371	การดับเพลิงและระบบป้องกันอัคคีภัย	3(3-0-6)
	ME21381	การทำความเย็นและการปรับอากาศ	3(3-0-6)
	ME21391	พลังงาน โรงจักรต้นกำลังและระบบทางความร้อน	3(3-0-6)
	ME22421	การเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	1(0-3-0)
เลือกเสรี	XXXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาเลือกเสรี	3
รวม			19

ชั้นปีที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 1			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
	ME32411	การเตรียมความพร้อมสหกิจศึกษา	1(0-3-0)
เฉพาะ	ME23422	โครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	2(0-4-2)
	ME21411	เศรษฐศาสตร์และการจัดการงานวิศวกรรม	3(3-0-6)
วิชาเลือก	ME4XXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาเอกเลือก	6
เลือกเสรี	XXXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาเลือกเสรี	3
รวม			15

ชั้นปีที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 2			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
เฉพาะ	ME32412	สหกิจศึกษา	6(480)
รวม			6

7. การเทียบโอน/ยกเว้นรายวิชา

1. หมวดวิชาศึกษาทั่วไป 30 หน่วยกิต ขอเทียบโอนไม่เกิน 12 หน่วยกิต
2. หมวดวิชาเฉพาะ ไม่อนุญาตให้เทียบโอน
3. หมวดวิชาเลือกเสรี 6 หน่วยกิต ขอเทียบโอนไม่เกิน 6 หน่วยกิต

รวมหน่วยกิตที่ขอเทียบโอนไม่เกิน 18 หน่วยกิต
จำนวนหน่วยกิตตลอดหลักสูตร 138 หน่วยกิต
จำนวนหน่วยกิตคงเหลือ 120 หน่วยกิต

ตัวอย่าง การเทียบโอน/ยกเว้นรายวิชา ในหลักสูตรฯ

(1) หมวดวิชาศึกษาทั่วไป		**30 หน่วยกิต**	**ขอเทียบโอน**		**12 หน่วยกิต**
GE11001	ศาสตร์พระราชาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น	6	GE11001	ศาสตร์พระราชาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น	เทียบโอนไม่ได้
GE22001	ความดีงามแห่งชีวิต	6	GE22001	ความดีงามแห่งชีวิต	เทียบโอนไม่ได้
GE33001	วิทยาศาสตร์และประเด็นร่วมสมัย	6	GE33001	วิทยาศาสตร์และประเด็นร่วมสมัย	เทียบโอนไม่ได้
GE33002	รู้ทันโลกดิจิทัล	3	GE33002	รู้ทันโลกดิจิทัล	3
GE44001	ภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร	3	GE44001	ภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร	3
GE44002	ภาษาอังกฤษในชีวิตประจำวันและการทำงาน	3	GE44002	ภาษาอังกฤษในชีวิตประจำวันและการทำงาน	3
GE44003	ภาษาอังกฤษเพื่อการนำไปใช้	3	GE44003	ภาษาอังกฤษเพื่อการนำไปใช้	3
(2) หมวดวิชาเฉพาะ		102 หน่วยกิต	**ไม่ขอเทียบโอน**		
(3) หมวดวิชาเลือกเสรี		**6 หน่วยกิต**		**ขอเทียบโอน**	**6 หน่วยกิต**
xxxxxxxx	วิชาเลือกเสรี 1	3		รายวิชาที่ไม่เคยนำมาขอเทียบโอน	3
xxxxxxxx	วิชาเลือกเสรี 2	3		รายวิชาที่ไม่เคยนำมาขอเทียบโอน	3

รวมหน่วยกิตที่ขอเทียบโอน 18 หน่วยกิต
จำนวนหน่วยกิตตลอดหลักสูตร 138 หน่วยกิต
จำนวนหน่วยกิตคงเหลือ 120 หน่วยกิต

8. สถานภาพของหลักสูตรและการพิจารณาอนุมัติ/เห็นชอบหลักสูตร

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565)

- เปิดสอน ตั้งแต่ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2565
- สภามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อนุมัติหลักสูตร ในการประชุมครั้งที่ 10/2564 วันที่ 30 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2564

(ภาคผนวก 1 : รายงานการประชุม/หนังสือสภามหาวิทยาลัยอนุมัติ)

9. ชื่อผู้รับรอง/อนุมัติข้อมูล

ตารางแสดงรายชื่อผู้รับรอง/อนุมัติ

ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งบริหาร	(วาระการดำรงตำแหน่ง พ.ศ. 2564 - พ.ศ. 2565)
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิศรา ธัญสุนทรสกุล	อธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี	19 ธันวาคม 2564 ถึง ปัจจุบัน

10. ชื่อผู้รับผิดชอบ/ผู้ประสานงานหลักสูตร

ตารางแสดงรายชื่อผู้รับผิดชอบ/ผู้ประสานงาน

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่ง	โทรศัพท์	E-mail
1	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อดิศักดิ์ บุตรวงษ์	ประธานหลักสูตร	0648283929	adisakboot@udru.ac.th
2	นายกวีพงษ์ หงษ์ทอง	อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร	0995066236	kaweepong.ho@udru.ac.th
3	นายวีระพล แก้วก่า	อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร	0819744817	weerapol.k@udru.ac.th
4	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชิตพล คงศิลา	อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร	0862324119	chittapol.ko@udru.ac.th
5	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภิชาติ ศรีชาติ	อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร	0654976280	saphichat@udru.ac.th

ส่วนที่ 2 นิสิต/นักศึกษา

1. คุณสมบัติของผู้เข้าศึกษา

1.1 เป็นผู้สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย หรือเทียบเท่า หรือผู้สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

1.2 เป็นผู้สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรชั้นสูง (ปวส.) หรือเทียบเท่า หรืออนุปริญญา ซึ่งต้องผ่านการเทียบโอนรายวิชาเดิมที่เคยศึกษาตามหลักเกณฑ์ของมหาวิทยาลัย

1.3 เป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วยการศึกษาระดับปริญญาตรี

2. แผนการรับนักศึกษาในระยะ 5 ปี

ตารางแสดงจำนวนนักศึกษา

ชั้นปีที่	ปีการศึกษา/จำนวนนักศึกษา (คน)				
	2565	2566	2567	2568	2569
1	80	80	80	80	80
2	-	80	80	80	80
3	-	-	80	80	80
4	-	-	-	80	80
รวม	80	160	240	320	320
นักศึกษาที่คาดว่าจะสำเร็จ	**-**	**-**	**-**	**80**	**80**

3. **คุณลักษณะของบัณฑิตที่พึงประสงค์**

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
1	**ความรู้ด้านวิศวกรรม (Engineering Knowledge)** - สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ พื้นฐานทางวิศวกรรม และความรู้ เฉพาะทางวิศวกรรมเพื่อการแก้ไขและหาคำตอบ ของปัญหาทางวิศวกรรมที่ซับซ้อน	ME11111 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 1	ลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน เมทริกซ์ อนุพันธ์ของของฟังก์ชันหนึ่งตัวแปรและการประยุกต์ ปริพันธ์ของของฟังก์ชันหนึ่งตัวแปร และการประยุกต์ฟังก์ชันอดิสัย เทคนิคการหาอนุพันธ์และปริพันธ์ไม่ตรงแบบ
		ME11112 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 2	ลำดับและอนุกรมของตัวเลข เวกเตอร์และการเคลื่อนที่ในปริภูมิสามมิติ อนุพันธ์ของฟังก์ชันหลายตัวแปรและการประยุกต์ ปริพันธ์ของฟังก์ชันหลายตัวแปรและการประยุกต์
		ME11113 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 3	ปริพันธ์ในสนามเชิงเวกเตอร์สมการเชิงอนุพันธ์อันดับหนึ่ง สมการเชิงอนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ สมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้นที่มีสัมประสิทธิ์เป็นค่าคงที่และตัวแปร ระบบ

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			สมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้น ผลการแปลงลาปราซและการประยุกต์ในปัญหาค่าขอบเขต
		PY01101 ฟิสิกส์ 1	การวัด หน่วย สเกลาร์และเวกเตอร์ จลนศาสตร์ของอนุภาค พลศาสตร์ของอนุภาค งานและพลังงาน โมเมนตัม ระบบอนุภาค วัตถุแข็งเกร็ง สมบัติเชิงกลของสสาร ความโน้มถ่วง กลศาสตร์ของไหล การแกว่งกวัด คลื่นกล เสียง อุณหพลศาสตร์
		PY01102 การปฏิบัติการฟิสิกส์ 1	ปฏิบัติการเกี่ยวกับการวัด หน่วย สเกลาร์และเวกเตอร์ จลนศาสตร์ของอนุภาค พลศาสตร์ของอนุภาค งานและพลังงาน โมเมนตัมระบบอนุภาค วัตถุแข็งเกร็ง สมบัติเชิงกลของสสาร ความโน้มถ่วง กลศาสตร์ของไหล การแกว่งกวัด คลื่นกล เสียง อุณหพลศาสตร์ จำนวน 8-10 ปฏิบัติการ
		PY01103 ฟิสิกส์ 2	ไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง แม่เหล็กสถิต ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงและทัศนศาสตร์ แนวคิดรากฐานของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ แนวคิดรากฐานของฟิสิกส์ควอนตัม ฟิสิกส์นิวเคลียร์
		PY01104 การปฏิบัติการฟิสิกส์ 2	ปฏิบัติการเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง แม่เหล็กสถิต ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงและทัศนศาสตร์ เสียง แนวคิดรากฐานของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ แนวคิดรากฐานของฟิสิกส์ควอนตัม ฟิสิกส์นิวเคลียร์ จำนวน 8-10 ปฏิบัติการ
		CH01107 เคมีสำหรับวิศวกร	โครงสร้างอะตอม การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม สมบัติของธาตุตามตารางธาตุ ธาตุเรพรีเซนเททีฟ อโลหะ โลหะทรานซิชัน พันธะเคมี ปริมาณสารสัมพันธ์ สมบัติของแก๊ส ของแข็ง ของเหลวและสารละลาย สมดุลเคมี สมดุลไอออนิก และจลนพลศาสตร์เคมี
		CH01108 การปฏิบัติการเคมีสำหรับวิศวกร	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ สารเคมี สมบัติทางเคมีและทางกายภาพ ปฏิกิริยาเคมีและผลผลิตร้อยละ ปริมาตรโมลาร์ของแก๊สและค่าคงที่แก๊ส จุดเดือดและจุดหลอมเหลว การเตรียมสารละลาย การแยกของผสม สมดุลเคมี
		ME12231 วัสดุวิศวกรรม	ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างมหภาคและโครงสร้างจุลภาค แผนภาพสมดุลเฟส และการแปลความหมาย สมบัติ กระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์โดยใช้วัสดุวิศวกรรม การใช้งานในกลุ่มวัสดุวิศวกรรมหลัก โลหะ โพลีเมอร์ เซรา

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			มิก และวัสดุผสม การทดสอบและความหมายของสมบัติทางกล การย่อยสลาย การเสื่อมสภาพและการวิบัติของวัสดุ
		ME14212 วิศวกรรมไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับวิศวกรเครื่องกล	ศึกษาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ องค์ประกอบวงจรไฟฟ้า องค์ประกอบระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม เครื่องกำเนิดไฟฟ้า มอเตอร์ ระบบไฟฟ้าหนึ่งเฟสและสามเฟส ระบบไฟฟ้ากำลังเบื้องต้น ปฏิบัติการเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ เครื่องจักรกลไฟฟ้า การวัดกำลังไฟฟ้า
		CC11109 เทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับวิศวกรเครื่องกล	ระบบคอมพิวเตอร์เบื้องต้น ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ การปฏิสัมพันธ์ระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ภาษาคอมพิวเตอร์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน การออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ผังงาน ความแตกต่างของการเขียนโปรแกรมแบบโครงสร้างและการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ การเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานกับข้อมูลที่มีชนิดหรือโครงสร้าง อาร์เรย์ และเรคคอร์ด การประมวลผลกับแฟ้มข้อมูล
		ME12111 การเขียนแบบวิศวกรรมเครื่องกลและเขียนด้วยโปรแกรม	การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ การคัดตัวอักษรและตัวเลข การเขียนรูปทรงเรขาคณิตประยุกต์ การเขียนภาพสเก็ตช์ การฉายและเขียนภาพออโธกราฟฟิก การเขียนภาพ 3 มิติ การบอกขนาดและค่าความคลาดเคลื่อน การเขียนภาพตัด การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบขั้นแนะนำในการเขียนแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ การเขียนภาพเพื่อใช้งาน การเขียนภาพแยกส่วนและภาพประกอบด้วยโปรแกรม CAD การประยุกต์ใช้งานทางวิศวกรรมเครื่องกล
		ME13111 การฝึกปฏิบัติงานในโรงงานวิศวกรรม	ฝึกปฏิบัติการเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในงานอุตสาหกรรม เครื่องมือวัด เครื่องมือเชื่อม เครื่องมือตัดและเครื่องมือเจาะ เครื่องมือไสและแต่งผิวตลอดจนการฝึกปฏิบัติการประกอบชิ้นงานและความปลอดภัยในการทำงาน
2	**การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis)** - สามารถระบุ ตั้งสมการ วิจัย สืบค้น และวิเคราะห์ ปัญหาทางวิศวกรรมที่ซับซ้อน เพื่อให้ได้ข้อสรุป ของปัญหาที่มีนัยสำคัญ โดยใช้ หลักการทาง คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ธรรมชาติ และ วิทยาการทางวิศวกรรมศาสตร์	ME12121 สถิตยศาสตร์และพลศาสตร์	ระบบแรงและโมเมนต์ ผลลัพธ์การรวมแรง สมดุลของอนุภาคและวัตถุแข็งเกร็งแรงเสียดทาน การหาจุดศูนย์และจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุ โมเมนต์ความเฉื่อย จลนศาสตร์และจลนพลศาสตร์ของอนุภาคและวัตถุแข็งเกร็ง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันหลักของ

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			งานและพลังงาน กฎการอนุรักษ์พลังงาน การชนหลักการดลและโมเมนตัม
		ME12241 อุณหพลศาสตร์	คำจำกัดความและแนวคิดพื้นฐานคุณสมบัติของสารบริสุทธิ์ แก๊สอุดมคติ กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ กฎข้อที่สองของอุณหพลศาสตร์และวัฏจักรคาร์โนต์งาน ความร้อน และพลังงานเอนโทรปี วัฏจักรกำลังไอ วัฏจักรการทำความเย็น แก๊ส-ไอ และการปรับอากาศ
		ME12251 กลศาสตร์ของไหล	สมบัติของไหลสถิตยศาสตร์ของไหลสมการความต่อเนื่องสมการโมเมนตัมสมการพลังงานสมการเบอร์นูลลี่ พลศาสตร์ของการไหลของของไหลที่ไม่ยุบตัวและไม่มีความหนืดการวิเคราะห์มิติและความคล้ายคลึงการไหลของของไหลที่ไม่ยุบตัวและมีความหนืดการไหลในท่อ
		ME12261 กลศาสตร์ของแข็ง	แรงและความเค้น ความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียดความเค้นในคาน การเขียนไดอะแกรมแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด การโก่งของคานการบิดของเพลา การงอของเสาวงกลมมอร์และความเค้นผสม ความวิบัติ
		ME14211 สถิติและการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม	ความรู้พื้นฐานสถิติศาสตร์ ข้อมูลและการแจกแจงข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยวิธีการสำรวจ สถิติสำหรับบรรยายลักษณะของข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการประมาณค่าและโดยการทดสอบสมมุติฐาน การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยวิธีการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการออกแบบเชิงสุ่มสมบูรณ์ และการออกแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปร
3	**การออกแบบ/พัฒนาหาคำตอบของปัญหา (Design/Development of Solutions)** - สามารถพัฒนาหาคำตอบของปัญหาทางวิศวกรรมที่ซับซ้อน และออกแบบระบบชิ้นงาน หรือกระบวนการ ตามความจำเป็นและเหมาะสม กับข้อพิจารณาทางด้านสาธารณสุข ความปลอดภัย วัฒนธรรม สังคม และสิ่งแวดล้อม	ME12271 กรรมวิธีการผลิต	กระบวนการผลิตเบื้องต้น ทฤษฎีและแนวคิดของกระบวนการผลิต การหล่อ การขึ้นรูป การตัดเฉือน และการเชื่อมประสานความสัมพันธ์ของวัสดุและกระบวนการผลิต หลักมูลของต้นทุนการผลิต กระบวนการผลิตในเทคโนโลยีสมัยใหม่
		ME21311 ระบบพลศาสตร์และเครื่องจักรกล	การวิเคราะห์ความเร็วและความเร่งการขจัด การวิเคราะห์แรงจลศาสตร์และแรงทางพลศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนทางกล ชิ้นต่อโยง ขบวนเฟืองและระบบทางพลศาสตร์ การสมดุลของมวลหมุนและมวลเคลื่อนที่กลับไปกลับมา

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ME21321 การออกแบบเครื่องจักรกลและเครื่องขับกำลัง	การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอย่างง่าย คุณสมบัติของวัสดุ ทฤษฎีความเสียหาย การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอย่างง่าย การยึดด้วยหมุดย้ำ การต่อด้วยรอยเชื่อม การยึดด้วยสกรู ลิ่มและสลัก การออกแบบเพลา สปริง การออกแบบเฟืองตรง เฟืองฮีลิก เฟืองดอกจอก และเฟืองเกลียวหนอนสกรูกำลังคัปปลิงการออกแบบตลับลูกปืน เบรก คลัทช์ สานพาน การออกแบบโซ่ การออกแบบชิ้นงานอย่างง่าย ระบบขับต้นกำลัง เครื่องยนต์และเครื่องจักรกลไฟฟ้า
		ME21341 การสั่นสะเทือนทางกล	การสั่นสะเทือนของระบบในระดับความเสรีขั้นเดียว,การสั่นสะเทือนแบบบิด การสั่นสะเทือนแบบอิสระและแบบบังคับ ระเบียบวิธีระบบสมมูล การสั่นสะเทือนของระบบในระดับความเสรีหลายขั้น เทคนิคและวิธีการลดและควบคุมการสั่นสะเทือน
		ME21351 การถ่ายเทความร้อน	ลักษณะการถ่ายเทความร้อน สภาพการนำความร้อน สมการการนำความร้อน การนำความร้อนในสถานะคงตัวแบบ 1 และ 2 มิติ การนำความร้อนในสถานะไม่คงที่ การพาความร้อนแบบบังคับและแบบธรรมชาติ การถ่ายเทความร้อนขณะเกิดการเดือดและขณะเกิดการควบแน่น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน การแผ่รังสี
		ME21371 การดับเพลิงและระบบป้องกันอัคคีภัย	ประเภท สาเหตุและทฤษฎีการเกิดอัคคีภัย อันตรายจากอัคคีภัยหรืออุบัติภัยอื่น ๆ มาตรฐานและกฎหมายเกี่ยวกับอัคคีภัย การจัดเตรียมและออกแบบระบบป้องกัน ควบคุมและระงับอัคคีภัย การเขียนแผนการฝึกซ้อมดับเพลิงเบื้องต้น การอพยพหนีไฟและการตอบโต้อัคคีภัย ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ อุปกรณ์ดับเพลิงและเครื่องดับเพลิงแบบมือถือ ระบบน้ำดับเพลิง ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง การคำนวณทางชลศาสตร์สำหรับระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง การออกแบบระบบท่อยืน ระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง การออกแบบระบบน้ำฝอยดับเพลิง การออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิง การตรวจสอบ ทดสอบ บำรุงรักษาระบบและอุปกรณ์ต่างๆ
		ME21381 การทำความเย็นและปรับอากาศ	ทบทวนหลักการทางอุณหพลศาสตร์ หลักการทำความเย็น และระบบทำความเย็นแบบต่าง ๆ การทำความเย็นแบบอัดไอโดยวิธีกล แบบการอัดชั้นเดียวและหลายชั้น อุปกรณ์หลักของ

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			ระบบทำความเย็น เช่น เครื่องอัดไอ เครื่องควบแน่น เครื่องทำระเหย อุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารทำความเย็น และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ การทำความเย็นแบบดูดซึม สารทำความเย็น ไซโครเมตริก แนะนำเทคโนโลยีร่วมสมัยด้าน การทำความเย็น และ การปรับอากาศ การคำนวณภาระทำความเย็นสำหรับระบบทำความเย็นและปรับ อากาศ การแช่แข็งอาหาร การออกแบบท่อลม การออกแบบการกระจายลม หลักการเลือกหัวจ่ายลมเย็น
		ME12281 อาชีวอนามัย ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม	หลักการป้องกันการสูญเสีย การออกแบบวิเคราะห์ และการควบคุมภัยอันตรายจากสถานที่ทำงานต่อส่วนต่างๆ ของร่างกาย ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต่อมนุษย์จากการกระจายของมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม เทคนิคด้านความปลอดภัยเชิงระบบ การวิเคราะห์ระบบความปลอดภัย และระบบการป้องกัน อุปกรณ์ด้านความปลอดภัย หลักการจัดการความปลอดภัยและกฎหมายด้านความปลอดภัย
		ME41408 การออกแบบระบบทางความร้อนขั้นสูง	การวิเคราะห์และการออกแบบระบบทางความร้อนขั้นสูง วิธีเลือกและออกแบบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบการไหลและระบบทางความร้อนการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบทางความร้อนการสร้างสมการแบบจำลองของอุปกรณ์ทางความร้อน การจำลองระบบ การหาค่าเหมาะสมที่สุด
		ME41411 การออกแบบระบบท่อทางวิศวกรรม	การกำหนดขนาด และออกแบบระบบท่อต่าง ๆ เช่น ท่อน้ำร้อนและน้ำเย็น ท่อสำหรับอากาศอัด และก๊าซชนิดต่าง ๆ การออกแบบท่อน้ำทิ้งและท่อระบายอากาศ การออกแบบระบบท่อไอน้ำ และน้ำที่ได้ จากการควบแน่น การใช้ตัวดักไอน้ำ การลดความดันในท่อ การเลือกใช้อุปกรณ์และส่วนประกอบในระบบท่อ เช่น วาล์วประเภทต่าง ๆ ท่อและข้อต่อ กรองอุปกรณ์แขวนท่อ ฉนวน เป็นต้น เทคนิคการติดตั้งระบบท่อ การตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบท่อ
4	**การสืบค้น (Investigation)** - สามารถดำเนินการสืบค้นเพื่อหาคำตอบของปัญหาทางวิศวกรรมที่ซับซ้อน โดยใช้ความรู้จากงานวิจัยและวิธีการวิจัย รวมถึง การออกแบบการทดลอง การวิเคราะห์ และการแปลความหมายของข้อมูล	ME22421 การเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	การคัดเลือกหัวข้อโครงการโดยได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษา การวางแผนโครงการ วัตถุประสงค์ ขอบข่ายและแผนงาน ศึกษาวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การส่งรายงานและ นำเสนอรายงานด้วยปากเปล่า

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
	การสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้ผลสรุปที่ เชื่อถือได้		
		ME22422 โครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	การดำเนินงานโครงการที่ได้ศึกษาไว้ในวิชาการเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล ให้เสร็จสมบูรณ์ภายในหนึ่งภาคการศึกษา การเขียนรายงานที่สมบูรณ์และสอบปากเปล่า เกี่ยวกับโครงงานนั้น
5	**การใช้เครื่องมือทันสมัย (Modern Tool Usage)** - สามารถสร้าง เลือกใช้ เทคนิควิธี ทรัพยากร และ ใช้เครื่องมือทันสมัยทางวิศวกรรมและเทคโนโลยี สารสนเทศ รวมถึงการพยากรณ์ การทำแบบจำลองของงานทางวิศวกรรมที่ซับซ้อนที่เข้าใจถึงข้อจำกัดของเครื่องมือต่างๆ	ME12111 การเขียนแบบวิศวกรรมเครื่องกลและเขียนด้วยโปรแกรม	การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ การคัดตัวอักษรและตัวเลข การเขียนรูปทรงเรขาคณิตประยุกต์ การเขียนภาพสเก็ตช์ การฉายและเขียนภาพออโธกราฟฟิก การเขียนภาพ 3 มิติ การบอกขนาดและค่าความคลาดเคลื่อน การเขียนภาพตัด การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบขั้นแนะนำในการเขียนแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ การเขียนภาพเพื่อใช้งาน การเขียนภาพแยกส่วนและภาพประกอบด้วยโปรแกรม CAD การประยุกต์ใช้งานทางวิศวกรรมเครื่องกล
		ME21361 การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับงานวิศวกรรมเครื่องกล	การใช้คอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบและวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกล แบบจำลองทางกายภาพและการจำลองเสมือนจริงของปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกล การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการทดลองการวัดและการควบคุมด้วย Lab view การศึกษาระบบการส่งข้อมูลในระยะไกลแบบ SCADA การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในงานทางวิศวกรรมด้วยวิธีการ FEM และการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม ANSYS การประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวข้อง
		ME21331 หุ่นยนต์และการควบคุมอัตโนมัติ	ความเป็นมาของเทคโนโลยีแมคคาทรอนิกส์ แขนกลและหุ่นยนต์ ประเภทและส่วนประกอบของหุ่นยนต์ การออกแบบกลไกเชื่อมต่อ ชุดเกียร์ ลูกเบี้ยว กลไกการส่งกำลัง การวิเคราะห์จลนพลศาสตร์ สมการพิกัดอ้างอิง สมการการเคลื่อนที่แบบ 2 มิติ 3 มิติ เส้นทางการเคลื่อนที่ การจำลองระบบการทำงาน การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงาน หลักการการควบคุมอัตโนมัติ การวิเคราะห์และการสร้างแบบจำลองของอุปกรณ์ควบคุมเชิงเส้น เสถียรภาพของระบบย้อนกลับเชิงเส้น การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบพลศาสตร์ การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงเส้นในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ การสร้างแบบจำลองการชดเชยระบบด้วยตัวแปรสถานะ การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ การ

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			เรียนรู้ด้วยเครื่องจักร การนำไปประยุกต์ใช้งานกับอุตสาหกรรมการผลิต การวางแผนการบำรุงรักษาหุ่นยนต์อุตสาหกรรม
		ME41402 เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า	การศึกษาเกี่ยวกับชิ้นส่วนอุปกรณ์ขับเคลื่อนไฟฟ้า ลักษณะภาระของระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า ระบบเบรคการทำงานของมอเตอร์ ระบบส่งกำลังและขนาดชุดส่งกำลัง ความสัมพันธ์ของความเร็วแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้า ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ ระบบควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ ระบบการควบคุมการประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า การประยุกต์การใช้งานของระบบขับเคลื่อนในยานยนต์ไฟฟ้า การออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า การวิเคราะห์โครงสร้างด้วยหลักอากาศพลศาสตร์ ระบบความปลอดภัยในยานยนต์ไฟฟ้า และการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของยานยนต์ไฟฟ้า
		ME41413 ระบบการควบคุมแขนหุ่นยนต์	การรับภาพ เทคนิคแสง การประมวลผลภาพและการวิเคราะห์ เทคนิคการประมวลผลภาพ เทคนิคแมชชีนวิชั่น (3D) การออกแบบพื้นที่ทำงานของหุ่นยนต์และการควบคุม การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์ การจำลองด้วยกราฟฟิกส์ของพื้นที่ทำงานหุ่นยนต์ การประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ในการผลิต การทำงานของเครื่องจักรกลเอ็นซีและซีเอ็นซี ระบบควบคุมเครื่องจักรกลด้วยตัวเลข ระบบ ควบคุมซีเอ็นซี ระบบโคออดิเนท จุดศูนย์และจุดอ้างอิง การกำหนดขนาดเอ็นซี การสร้างโปรแกรมและการเขียนโปรแกรมคำสั่งในโปรแกรมซีเอ็นซี คำสั่งชดเชยขนาดตามเส้นขอบรูป การจัดการในระบบเอ็นซี ฝึกปฏิบัติการเขียนโปรแกรมทดลองใช้โปรแกรมและฝึกปฏิบัติงานกับเครื่องจักรกลซีเอ็นซี
6	**วิศวกรและสังคม (The Engineer and Society)** - สามารถใช้เหตุและผลจากหลักการและความรู้ที่ ได้รับ มาประเมินประเด็นและผลกระทบต่างๆ ทางสังคม ชีวอนามัย ความปลอดภัย กฎหมาย และวัฒนธรรมที่เกี่ยวพันกับการปฏิบัติวิชาชีพวิศวกรรม	ME12281 อาชีวอนามัย ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม	หลักการป้องกันการสูญเสีย การออกแบบวิเคราะห์ และการควบคุมภัยอันตรายจากสถานที่ทำงานต่อส่วนต่างๆ ของร่างกาย ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต่อมนุษย์จากการกระจายของมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม เทคนิคด้านความปลอดภัยเชิงระบบ การวิเคราะห์ระบบความปลอดภัย และระบบการป้องกัน อุปกรณ์ด้านความปลอดภัย หลักการจัดการความปลอดภัยและกฎหมายด้านความปลอดภัย

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
		ME21391 พลังงาน โรงจักรต้นกำลังและระบบทางความร้อน	หลักการเปลี่ยนรูปพลังงานและแนวทางในการนำไปใช้ วัฏจักรกำลังไอน้ำการวิเคราะห์เชื้อเพลิงและการเผาไหม้และการศึกษาส่วนประกอบของโรงจักรต้นกำลังไอน้ำกังหันก๊าซและเครื่องยนต์สันดาปภายในวัฏจักรผลิตความร้อนร่วมและระบบผลิตพลังงานร่วม โรงไฟฟ้าพลังน้ำโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เครื่องมือวัดและการควบคุมเศรษฐศาสตร์โรงจักรต้นกำลังและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์และการออกแบบระบบทางความร้อน วิธีเลือกและออกแบบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบการไหลและระบบทางความร้อน
		ME41407 การอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม	ความต้องการในการใช้พลังงานในอาคารและโรงงาน ภาระความร้อนในอาคารและโรงงาน การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ผลของความร้อนและแสงต่ออาคารและโรงงาน เทคโนโลยีการปรับอากาศและการระบายอากาศ วัสดุในการทำฉนวน การอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงาน การคำนวณการประหยัดพลังงาน การใช้เครื่องมือ การวิเคราะห์การใช้พลังงาน การประมาณศักยภาพการประหยัดพลังงาน ผลตอบแทนการลงทุน ระบบและอุปกรณ์และเครื่องจักรที่มีใช้พลังงานในอาคารและโรงงาน การประหยัดพลังงานในระบบไอน้ำ การเผาไหม้ เตาอบ มอเตอร์ไฟฟ้า การปรับอากาศและการระบายอากาศ ปั๊ม และอุปกรณ์ที่สำคัญอื่น ๆ การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ เทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม
		ME41405 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องจักรในโรงงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน	ความสำคัญของการอนุรักษ์พลังงานหลักการเบื้องต้นของการอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน ระเบียบ กฎหมายที่เกี่ยวข้องการจัดการพลังงานและขั้นตอนการจัดการพลังงาน การกำหนดและวางแผนการทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานการประเมินศักยภาพภาพการอนุรักษ์พลังงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ ค่ามาตรฐานต่าง ๆ เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ขั้นตอนการตรวจวัดและการรวบรวมข้อมูลเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน การประเมินประสิทธิภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ตัวแปรปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์ เครื่องมือและเทคนิคในการตรวจวัด มาตรการการอนุรักษ์ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และแผนอนุรักษ์พลังงาน

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			กรณีศึกษามาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงาน
7	**สิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน (Environment and Sustainability)** - สามารถเข้าใจผลกระทบของคำตอบของปัญหางานทางวิศวกรรมในบริบทของสังคมและสิ่งแวดล้อม และสามารถแสดงความรู้และความจำเป็นของการพัฒนาที่ยั่งยืน	GE33001 วิทยาศาสตร์และประเด็นร่วมสมัย	การคิดและการตัดสินใจ การฝึกกระบวนคิดตรรกศาสตร์เพื่อการตัดสินใจ คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การส่งเสริมสุขภาพและสิ่งแวดล้อม โภชนาการและการออกกำลังกาย การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ การจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน การวิเคราะห์สถานการณ์วิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมร่วมสมัย กิจกรรมวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมเพื่อท้องถิ่น การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม
		ME41403 การอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน	หลักการเบื้องต้นของการอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน สมดุลพลังงานในการอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน หม้อแปลงไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า ไฟแสงสว่าง หม้อไอน้ำ เครื่องปรับอากาศ เครื่องอัดอากาศ และอาคารสิ่งปลูกสร้าง การตรวจวัดการใช้พลังงาน เครื่องมือและเทคนิคในการตรวจวัด การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และแผนอนุรักษ์พลังงาน กฎหมายที่เกี่ยวข้อง กรณีศึกษา
		ME41406 แหล่งพลังงานทดแทนและพลังงานหมุนเวียน	ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับแหล่งพลังงานทดแทน ปริมาณการใช้พลังงานหลักและพลังงานทดแทน ศักยภาพการผลิตพลังงานหลักและพลังงานทดแทน แผนการใช้พลังงานหลักและพลังงานทดแทน แหล่งพลังงานหลักและพลังงานทดแทน เทคโนโลยีการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนทั้งทางด้านเทคนิค เศรษฐกิจ และสังคม ตัวอย่างการใช้พลังงานทดแทนและการประยุกต์ใช้งาน
8	**จรรยาบรรณวิชาชีพ (Ethics)** - สามารถใช้หลักการทางจรรยาบรรณและมีสำนึก รับผิดชอบต่อมาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพวิศวกรรม	ME12281 อาชีวอนามัย ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม	หลักการป้องกันการสูญเสีย การออกแบบวิเคราะห์ และการควบคุมภัยอันตรายจากสถานที่ทำงานต่อส่วนต่างๆ ของร่างกาย ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต่อมนุษย์จากการกระจายของมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม เทคนิคด้านความปลอดภัยเชิงระบบ การวิเคราะห์ระบบความปลอดภัย และระบบการป้องกัน อุปกรณ์ด้านความปลอดภัย หลักการจัดการความปลอดภัยและกฎหมายด้านความปลอดภัย
		ME32411 การเตรียมความพร้อมสหกิจศึกษา	แนวคิด และกระบวนการของสหกิจศึกษา และระเบียบ ข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง ความรู้พื้นฐานและเทคนิคในการสมัครงานของอาชีพ

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			วิศวกรรมเครื่องกล ความรู้พื้นฐานในการปฏิบัติงาน จริยธรรมในการประกอบอาชีพ การสื่อสาร มนุษยสัมพันธ์ในการทำงานร่วมกับผู้ร่วมงาน การพัฒนาบุคลิกภาพ เพื่อการปฏิบัติงานในสถานประกอบการ การบริหารงานคุณภาพในสถานประกอบการ เทคนิคการเขียนรายงานและการนำเสนอโครงงานทางสารสนเทศ
		ME32412 สหกิจศึกษา	การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในสถานประกอบการของภาคอุตสาหกรรมด้านวิศวกรรมเครื่องกล 1 ภาคการศึกษา โดยความร่วมมือระหว่างสถาบันกับสถานประกอบการ เสมือนเป็นพนักงานของสถานประกอบการ การจัดทำรายงาน และการนำเสนอผลงาน การประเมินผลร่วมกันระหว่างอาจารย์ที่ปรึกษา หัวหน้า หรือพี่เลี้ยงในสถานประกอบการที่ดูแลรับผิดชอบการปฏิบัติงานของนักศึกษา
		ME31411 การฝึกงาน วิศวกรรมเครื่องกล	ฝึกงานในโรงงานอุตสาหกรรม หน่วยงานราชการ หรือรัฐวิสาหกิจ ที่ประกอบกิจการประเภทอุตสาหกรรมทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลหรือ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยจะต้องฝึกงานเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 2 เดือน และมีชั่วโมงการทำงานไม่น้อยกว่า 240 ชั่วโมง
		ME41416 การเป็น ผู้ประกอบการ สำหรับวิศวกร เครื่องกล	หลักการและแนวคิดการจัดตั้งองค์กรทางธุรกิจ กระบวนการบริหารธุรกิจ การบริหารการผลิต การวางแผนทางการเงิน การบริหารทรัพยากรมนุษย์แผนธุรกิจและแผนการตลาด กฎหมายธุรกิจ จริยธรรม จรรยาบรรณทางธุรกิจและผลกระทบของธุรกิจต่อสิ่งแวดล้อม
9	**การทำงานเดี่ยวและทำงานเป็นทีม (Individual and Team work)** - ทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในด้านการ ทำงานเดี่ยว และการทำงานในฐานะผู้ร่วมทีมหรือ ผู้นำทีมที่มีความหลากหลายของสาขาวิชาชีพ	ME31411 การฝึกงาน วิศวกรรมเครื่องกล	ฝึกงานในโรงงานอุตสาหกรรม หน่วยงานราชการ หรือรัฐวิสาหกิจ ที่ประกอบกิจการประเภทอุตสาหกรรมทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลหรือ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยจะต้องฝึกงานเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 2 เดือน และมีชั่วโมงการทำงานไม่น้อยกว่า 240 ชั่วโมง
		ME32412 สหกิจศึกษา	การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในสถานประกอบการของภาคอุตสาหกรรมด้านวิศวกรรมเครื่องกล 1 ภาคการศึกษา โดยความร่วมมือระหว่างสถาบันกับสถานประกอบการ เสมือนเป็นพนักงานของสถานประกอบการ การจัดทำรายงาน และการนำเสนอผลงาน การประเมินผลร่วมกันระหว่างอาจารย์ที่ปรึกษา

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			หัวหน้า หรือพี่เลี้ยงในสถานประกอบการที่ดูแลรับผิดชอบการปฏิบัติงานของนักศึกษา
		ME22421 การเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	การคัดเลือกหัวข้อโครงการโดยได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษา การวางแผนโครงการ วัตถุประสงค์ ขอบข่ายและแผนงาน ศึกษาวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การส่งรายงานและ นำเสนอรายงานด้วยปากเปล่า
		ME22422 โครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	การดำเนินงานโครงการที่ได้ศึกษาไว้ในวิชาการเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล ให้เสร็จสมบูรณ์ภายในหนึ่งภาคการศึกษา การเขียนรายงานที่สมบูรณ์และสอบปากเปล่า เกี่ยวกับโครงงานนั้น
10	**การสื่อสาร (Communication)** - สามารถสื่อสารงานวิศวกรรมที่ซับซ้อนกับกลุ่มผู้ปฏิบัติวิชาชีพวิศวกรรมและสังคมโดยรวมได้อย่างมีประสิทธิผล อาทิ สามารถอ่านและเขียนรายงาน ทางวิศวกรรมและเตรียมเอกสารการออกแบบงาน วิศวกรรมได้อย่างมีประสิทธิผล สามารถนำเสนอ สามารถให้และรับคำแนะนำงานได้อย่างชัดเจน	GE44001 ภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร	ภาษาไทยในการสื่อสาร ความคิดกับการใช้ภาษา ภาษากับสังคมการพัฒนาทักษะการใช้ภาษาไทยในการฟัง พูด อ่าน และเขียนได้อย่างสร้างสรรค์และมีประสิทธิภาพ
		GE44002 ภาษาอังกฤษในชีวิตประจำวันและการทำงาน	ทักษะการฟัง การพูด การอ่าน และการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารในชีวิตประจำวันและในสถานที่ทำงาน การใช้ภาษาอังกฤษในการสนทนาอย่างคล่องแคล่วและเป็นธรรมชาติ การเขียนประวัติส่วนตัวโดยสังเขป การเขียนจดหมายสมัครงาน การสัมภาษณ์งาน สำนวนภาษา โครงสร้างไวยากรณ์สำหรับการพูดและการเขียนภาษาอังกฤษ มารยาทและวัฒนธรรมของเจ้าของภาษาการฝึกปฏิบัติทักษะการสื่อสารในสถานการณ์ที่หลากหลาย
		GE44003 ภาษาอังกฤษเพื่อการนำไปใช้	การอ่านเพื่อความเข้าใจ การพัฒนาทักษะการอ่านโดยการบูรณาการทักษะการอ่านและทักษะการเขียน การเดาความหมายจากร่องรอยในบริบท การสร้างคำการใช้พจนานุกรมภาษาอังกฤษ การอธิบายลำดับขั้นตอน การเขียนบรรยายเกี่ยวกับตนเองและผู้อื่นการกรอกแบบฟอร์มต่างๆ การฝึกปฏิบัติทักษะภาษาอังกฤษผ่านโครงงานภาษาอังกฤษ
		ME12111 การเขียนแบบวิศวกรรมเครื่องกลและเขียนด้วยโปรแกรม	การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ การคัดตัวอักษรและตัวเลข การเขียนรูปทรงเรขาคณิตประยุกต์ การเขียนภาพสเก็ตช์ การฉายและเขียนภาพออโธกราฟฟิก การเขียนภาพ 3 มิติ การบอกขนาดและค่าความคลาดเคลื่อน การเขียนภาพตัด การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบขั้นแนะนำ

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			ในการเขียนแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ การเขียนภาพเพื่อใช้งาน การเขียนภาพแยกส่วนและภาพประกอบด้วยโปรแกรม CAD การประยุกต์ใช้งานทางวิศวกรรมเครื่องกล
		ME21361 การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับงานวิศวกรรมเครื่องกล	การใช้คอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบและวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกลแบบจำลองทางกายภาพและการจำลองเสมือนจริงของปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกล การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการทดลองการวัดและการควบคุมด้วย Lab view การศึกษาระบบการส่งข้อมูลในระยะไกลแบบ SCADA การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในงานทางวิศวกรรมด้วยวิธีการ FEM และการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม ANSYS การประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวข้อง
		ME31411 การฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล	ฝึกงานในโรงงานอุตสาหกรรม หน่วยงานราชการ หรือรัฐวิสาหกิจ ที่ประกอบกิจการประเภทอุตสาหกรรมทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลหรือ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยจะต้องฝึกงานเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 2 เดือน และมีชั่วโมงการทำงานไม่น้อยกว่า 240 ชั่วโมง
		ME32412 สหกิจศึกษา	การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในสถานประกอบการของภาคอุตสาหกรรมด้านวิศวกรรมเครื่องกล 1 ภาคการศึกษา โดยความร่วมมือระหว่างสถาบันกับสถานประกอบการ เสมือนเป็นพนักงานของสถานประกอบการ การจัดทำรายงาน และการนำเสนอผลงาน การประเมินผลร่วมกันระหว่างอาจารย์ที่ปรึกษา หัวหน้า หรือพี่เลี้ยงในสถานประกอบการที่ดูแลรับผิดชอบการปฏิบัติงานของนักศึกษา
		ME22422 โครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	การดำเนินงานโครงการที่ได้ศึกษาไว้ในวิชาการเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล ให้เสร็จสมบูรณ์ภายในหนึ่งภาคการศึกษา การเขียนรายงานที่สมบูรณ์และสอบปากเปล่า เกี่ยวกับโครงงานนั้น
11	**การบริหารโครงการและการลงทุน (Project Management and Finance)** - สามารถแสดงว่ามีความรู้และความเข้าใจหลักการทางวิศวกรรมและการบริหารงาน และ สามารถประยุกต์ใช้หลักการบริหารในงานของตน ในฐานะผู้ร่วมทีมและผู้นำทีมเพื่อบริหารจัดการ โครงการวิศวกรรมที่มี	ME41416 การเป็นผู้ประกอบการสำหรับวิศวกรเครื่องกล	หลักการและแนวคิดการจัดตั้งองค์กรทางธุรกิจ กระบวนการบริหารธุรกิจ การบริหารการผลิต การวางแผนทางการเงิน การบริหารทรัพยากรมนุษย์แผนธุรกิจและแผนการตลาด กฎหมายธุรกิจ จริยธรรม จรรยาบรรณทางธุรกิจและผลกระทบของธุรกิจต่อสิ่งแวดล้อม

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
	สภาพแวดล้อมการทำงาน ความหลากหลายสาขาวิชาชีพ		
		ME22422 โครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	การดำเนินงานโครงการที่ได้ศึกษาไว้ในวิชาการเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล ให้เสร็จสมบูรณ์ภายในหนึ่งภาคการศึกษา การเขียนรายงานที่สมบูรณ์และสอบปากเปล่า เกี่ยวกับโครงงานนั้น
		ME21411 เศรษฐศาสตร์และการจัดการงานวิศวกรรม	นิยามต่าง ๆ ทางเศรษฐศาสตร์ ค่าเงินที่เปลี่ยนตามเวลาและค่าเทียบเท่า วิธีการเปรียบเทียบแบบต่าง ๆ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน การประเมินการทดแทน การประมาณต้นทุน ต้นทุนมาตรฐาน ค่าเสื่อมราคา ประมาณการผลภาษีเงินได้ ความเสี่ยงและความไม่แน่นอน การศึกษาหลักการด้านการจัดการอุตสาหกรรม กลยุทธ์การผลิตและการแข่งขันในอุตสาหกรรม การจัดการคุณภาพโดยรวมและการควบคุมคุณภาพด้วยหลักสถิติ ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีและแบบลีน การวางแผนกำลังการผลิต และการจัดตารางการผลิต
12	**การเรียนรู้ตลอดชีพ (Lifelong Learning)** - ตระหนักและเห็นความจำเป็นในการเตรียมตัว เพื่อให้สามารถการปฏิบัติงานได้โดยลำพัง และ สามารถการเรียนรู้ตลอดชีพเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรม	ME41416 การเป็นผู้ประกอบการสำหรับวิศวกรเครื่องกล	หลักการและแนวคิดการจัดตั้งองค์กรทางธุรกิจ กระบวนการบริหารธุรกิจ การบริหารการผลิต การวางแผนทางการเงิน การบริหารทรัพยากรมนุษย์แผนธุรกิจและแผนการตลาด กฎหมายธุรกิจ จริยธรรม จรรยาบรรณทางธุรกิจและผลกระทบของธุรกิจต่อสิ่งแวดล้อม
		GE22001 ความดีงามแห่งชีวิต	การวิเคราะห์โลกทัศน์ในการดำเนินชีวิต การประยุกต์ใช้หลักธรรมในการครองตน การครองคน การครองงาน และการครองเรือน การฝึกปฏิบัติพัฒนาจิตตามคำสอนของพระพุทธศาสนา การชื่นชมและเห็นคุณค่าของวัฒนธรรมไทยผ่านโครงงานทางสุนทรียะด้านดนตรี นาฏศิลป์ และศิลปะ การสร้างทักษะชีวิตผ่านการฝึกสังเกตและทำความเข้าใจตนเองและผู้อื่น การวิเคราะห์กรณีศึกษา การเกิดสำนึกสาธารณะผ่านโครงการจิตอาสาพัฒนาท้องถิ่น
		GE33002 รู้ทันโลกดิจิทัล	ทักษะ 5C เพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 แนวคิดเกี่ยวกับสารสนเทศและเทคโนโลยี การสืบค้นสารสนเทศ การรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ทักษะการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการจัดการสารสนเทศอย่างสร้างสรรค์การตระหนักถึงประเด็นความปลอดภัยบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต คุณธรรม

ลำดับ	ลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ตามข้อตกลง Washington Accord	รหัสวิชา/รายวิชา	คำอธิบายรายวิชา
			จริยธรรมการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในโลกดิจิทัล
		GE11001 ศาสตร์พระราชาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น	พระราชประวัติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช แนวคิดและหลักการทรงงาน หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ กฎหมายในชีวิตประจำวันและการต่อต้านทุจริต ความเป็นพลเมืองในระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นพระประมุข การส่งเสริมและการพัฒนาผู้เรียนให้มีจิตอาสาพัฒนาท้องถิ่นตามศาสตร์พระราชาสู่การพัฒนาอย่างเป็นรูปธรรม การบูรณาการทำงานแบบองค์รวมกับภาคีเครือข่ายในการแก้ปัญหา
		ME41401 พลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์	วิศวกรรมพลังงานแสงอาทิตย์ การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ การวัดและการวิเคราะห์ข้อมูลการแผ่รังสี ทฤษฎีของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นราบและแบบโฟกัส เทคโนโลยีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ การใช้งานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ การวิเคราะห์ระบบและเศรษฐศาสตร์ หลักการเปลี่ยนรูปพลังงาน การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ด้านระบบความร้อน การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้า การคำนวณหาขนาดการติดตั้งการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ การพิจารณาทางเศรษฐศาสตร์ ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้งานพลังงานแสงอาทิตย์

หมายเหตุ : โปรดระบุลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ (Graduate Attributes) ให้ครบถ้วนมากที่สุด โดยนำรายวิชาในหลักสูตรทั้งหมดมากรอกข้อมูล

4. มาตรฐานผลการเรียนรู้

1. มีคุณธรรมจริยธรรม มีวินัย รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพและสังคม มีความเข้าใจและปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ
2. มีความรู้ในศาสตร์ทางวิศวกรรมเครื่องกลทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ได้อย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมเครื่องกล และการศึกษาต่อในระดับสูงขึ้นไป
3. คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลและสามารถเลือกวิธีแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถพัฒนาองค์ความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไปเพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ
4. มีมนุษยสัมพันธ์ มีทักษะในด้านการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน
5. มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ ตลอดจนการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี
6. สามารถใช้เครื่องมือทดสอบ วัดผล วิเคราะห์และสรุปผลด้านวิศวกรรมเครื่องกล สามารถค้นคว้าและวิจัยเพื่อสร้างสิ่งใหม่และนวัตกรรม เขียนแบบทางวิศวกรรมเครื่องกล และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในวิชาชีพวิศวกรรมเครื่องกลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ส่วนที่ 3 คณาจารย์

1. ประธานหลักสูตร

ตารางแสดงรายชื่อประธานหลักสูตร

ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งวิชาการ	คุณวุฒิการศึกษา	ปีที่สำเร็จการศึกษา	ประสบการณ์สอน (ปี)
นายอดิศักดิ์ บุตรวงษ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	2547 2552	14

2. อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

ตารางแสดงรายชื่ออาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

ตารางที่ 1: อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร วิชาเอก/แขนงวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งวิชาการ	คุณวุฒิการศึกษา	ปีที่สำเร็จการศึกษา	ประสบการณ์สอน (ปี)
1	นายอดิศักดิ์ บุตรวงษ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	2547 2552	14
2	นายกวีพงษ์ หงษ์ทอง	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2542 2547	17
3	นายวีระพล แก้วก่า	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2550 2553	10
4	นายชิตพล คงศิลา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2546 2550	13
5	นายอภิชาติ ศรีชาติ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2548 2551 2560	14

3. อาจารย์ประจำหลักสูตร/อาจารย์ประจำสาขาวิชา

ตารางแสดงรายชื่ออาจารย์ประจำหลักสูตร/อาจารย์ประจำสาขาวิชา

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งวิชาการ	คุณวุฒิการศึกษา	ปีที่สำเร็จการศึกษา	ประสบการณ์สอน (ปี)
1	นายอดิศักดิ์ บุตรวงษ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	2547 2552	13
2	นายกวีพงษ์ หงษ์ทอง	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2542 2547	16
3	นายวีระพล แก้วก่า	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2550 2553	12
4	นายชิตพล คงศิลา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2546 2550	11
5	นายอภิชาติ ศรีชาติ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2548 2551 2560	13
6	นายสุนทร สุทธิบาก	รองศาสตราจารย์	ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม คอ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยศรีปทุม	2555 2549 2541	15
7	นางสาววราจิต พยอม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	Ph.D (Biochemistry and Applied Biosciences) Kagoshima University, Japan วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.บ.(วิศวกรรมเกษตร-เครื่องจักรกลเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2555 2545 2541	18
8	นายรณฤทธิ์ จันทร์ศิริ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2553	8

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งวิชาการ	คุณวุฒิการศึกษา	ปีที่สำเร็จการศึกษา	ประสบการณ์สอน (ปี)
			วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2548	
9	นายปรีชา ทุมมุ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	ปร.ด. (เทคโนโลยีพลังงาน) (โทควบเอก) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	2559 2549	4
10	นายกมลรัตน์ ดีสภา	อาจารย์	วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน (วข.ขอนแก่น) วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร	2559 2552	5
11	นายชญานนท์ แสงมณี	อาจารย์	ปร.ด.(วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	2559 2552 2547	3
12	นายคมสัน ตันติชูเกียรติ	อาจารย์	วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2552 2556	8 (ลาศึกษาต่อต่างประเทศ)
13*	นายสุทิน พลบูรณ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2552 2544	13 (ลาศึกษาต่อต่างประเทศ)
14*	นางสาววิภา เหลืองบุตรนาค	อาจารย์	M.Eng (Energy) Asian Institute of Technology, Thailand วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2556 2551	8 (ลาศึกษาต่อต่างประเทศ)
15*	นายสรวินท์ ปูคะภาค	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยบูรพา	2555 2552	8 (ลาศึกษาต่อต่างประเทศ)

* หมายเหตุ: ลาศึกษาต่อเต็มเวลา (Full Time)

4. บุคลากรช่วยสอน/ผู้ช่วยสอนวิชาปฏิบัติการ

ตารางแสดงรายชื่อผู้ช่วยวิชาปฏิบัติการ

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่ง	คุณวุฒิการศึกษา
1	นายธวัชชัย สีลาโส	เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ	วท.บ. (เทคโนโลยีเครื่องกล) มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

5. อัตราส่วนระหว่างอาจารย์ประจำต่อนักศึกษา

ตารางแสดงอัตราส่วนอาจารย์ประจำต่อนักศึกษา ณ ปีการศึกษา 2564

ตารางที่ 1: จำนวนนักศึกษาแบบปกติ (4 ปี) สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

ระดับชั้นปี	จำนวนนักศึกษาจริงแต่ละปีการศึกษา (ม.6)			
	2561	2562	2563	2564
ชั้นปีที่ 1	18	23	23	10
ชั้นปีที่ 2	32	16	18	19
ชั้นปีที่ 3	39	32	16	17
ชั้นปีที่ 4	27	39	32	11
รวม	116	110	89	57
รวมนักศึกษา (ชั้นปีที่ 2-4)	47			

ตารางที่ 2: จำนวนนักศึกษาแบบปกติ (เทียบโอน) สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

ระดับชั้นปี	จำนวนนักศึกษาจริงแต่ละปีการศึกษา (ปวส.)			
	2561	2562	2563	2564
ชั้นปีที่ 1	13	23	11	22
ชั้นปีที่ 2	21	11	19	11
ชั้นปีที่ 3	0	21	11	18
ชั้นปีที่ 4	0	0	0	0
รวม	34	55	41	51
รวมนักศึกษา (ชั้นปีที่ 2-4)	29			

ตารางที่ 3: อัตราส่วนอาจารย์ประจำต่อนักศึกษา

จำนวนอาจารย์ประจำ	รวมจำนวนนักศึกษาจริง แบบปกติ (4 ปี)	รวมจำนวนนักศึกษาจริง แบบปกติ (เทียบโอน)
11	47	29
อัตราส่วน	1:6.91	

อัตราส่วนต้องไม่เกิน 1:20

6. แผนพัฒนาหลักสูตรและบุคลากรในระยะ 5 ปี

แผนพัฒนาหลักสูตร

แผนการพัฒนา/การเปลี่ยนแปลง	กลยุทธ์	ตัวบ่งชี้/หลักฐาน
ด้านการบริหารหลักสูตร ระบบและกลไกในการบริหารหลักสูตร	พัฒนาหลักสูตรให้เป็นไปตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา และตามเกณฑ์การประกันคุณภาพการศึกษาระดับอุดมศึกษาและสภาวิชาชีพ	เอกสารพัฒนาหลักสูตร แผนหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล และผลการประเมินผลการเรียนรู้จากรายงานผลการดำเนินการของหลักสูตรที่รายงานใน มคอ.7 และสภาวิชาชีพ

รายการ		ระยะเวลาดำเนินการ											
		2565		2566		2567		2568		2569		2570	
1. จัดทำแผนการจัดทำหลักสูตร	P												
	A	X	X										
2. ประเมินศักยภาพหลักสูตร	P												
	A				X	X							
3. ปรับปรุงหลักสูตรรายวิชา	P												
	A						X	X	X				
4. จัดทำหลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2570	P												
	A									X	X	X	
5. เสนอ สกอ. เพื่อพิจารณารับรองหลักสูตร	P												
	A											X	X

หมายเหตุ : P=PLAN A=ACTION

6.1 แผนพัฒนาด้านการให้ความรู้และเสริมทักษะ

6.1.1 การพัฒนาทักษะการจัดการเรียนการสอน การวัดและการประเมินผล

1. จัดอบรมแนะนำอาจารย์เรื่องการประกันคุณภาพการศึกษา รวมถึงหลักเกณฑ์ในการวัดผลและการประเมินผลการศึกษา

2. การจัดให้มีการสอนแบบปฏิบัติงานกลุ่ม ซึ่งจะส่งเสริมโอกาสให้อาจารย์ได้มีแลกเปลี่ยนประสบการณ์การสอนร่วมกับคนอื่น รวมถึงการมีโอกาสเป็นผู้รับผิดชอบรายวิชา ผู้ประสานงานรายวิชา และผู้ร่วมกลุ่มการสอน

3. การส่งเสริมหรือสร้างโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์ด้านการจัดการเรียนการสอนระหว่างอาจารย์ในหลักสูตร หรือทำวิจัยการเรียนการสอนที่สามารถ นำไปเผยแพร่ในการประชุมวิชาการร่วมกับสถาบันอื่นที่มีการจัดการเรียนการสอนในสาขาวิชาเดียวกัน

6.1.2 การพัฒนาวิชาการและวิชาชีพด้านอื่น ๆ

1. การส่งเสริมให้อาจารย์เข้าร่วมการอบรม การประชุมสัมมนาในสาขาวิชาการหรือวิชาชีพที่จัดขึ้นทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

2. การส่งเสริมให้อาจารย์ผลิตผลงานทางวิชาการในรูปแบบต่าง ๆ และการนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการ เพื่อให้มีผลงานตีพิมพ์หรือการนำเสนอผลงานวิชาการอย่างน้อยปีละ 1 เรื่อง

6.2 แผนพัฒนาด้านการจัดหาบุคลากรใหม่

6.2.1 การให้เข้าอบรมตามหลักสูตร “การปฐมนิเทศบุคลากรใหม่ของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี” ซึ่งเป็นหลักเกณฑ์ให้อาจารย์ใหม่ทุกคนต้องเข้ารับการอบรม ให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักสูตรและการบริหารวิชาการของมหาวิทยาลัย บทบาทหน้าที่ของอาจารย์มหาวิทยาลัยและจรรยาบรรณครู และให้มีทักษะเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การสอนสอดแทรกคุณธรรมและจริยธรรม และการสอนโดยใช้สื่อและเทคโนโลยีสารสนเทศ

6.2.2 การมอบหมายให้มีอาจารย์พี่เลี้ยงทำหน้าที่แนะนำและเป็นที่ปรึกษาในด้านการจัดการเรียนการสอน

6.2.3 การชี้แจงและแนะนำหลักสูตร รายวิชาในหลักสูตร

6.2.4 การมอบหมายให้อาจารย์ใหม่ศึกษาค้นคว้า จัดทำเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสอน ในหัวข้อหนึ่งหรือหลายหัวข้อที่อาจารย์ใหม่มีความรู้และถนัด เพื่อทดลองทำการสอนภายใต้คำแนะนำของอาจารย์พี่เลี้ยงหรือประธานหลักสูตร

6.2.5 การกำหนดให้อาจารย์ใหม่เข้าร่วมสังเกตการณ์การสอนของอาจารย์ในหลักสูตร

6.2.6 แนะนำการจัดทำเอกสารประกอบการสอน เอกสารคำสอน และตำรา เพื่อใช้ในการเรียน การสอน และเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ

6.2.7 ส่งเสริมอาจารย์ให้มีการเพิ่มพูนความรู้ สร้างเสริมประสบการณ์เพื่อส่งเสริมการสอนและการวิจัยอย่างต่อเนื่องที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า การสนับสนุนด้านการศึกษาต่อ ฝึกอบรมดูงานทางวิชาการและวิชาชีพในองค์กรต่างๆ การประชุมทางวิชาการทั้งในประเทศและต่างประเทศ หรือการลาเพื่อฝึกอบรมเพิ่มพูนประสบการณ์

6.3 แผนพัฒนาด้านการเพิ่มคุณวุฒิการศึกษา

ส่งเสริมให้อาจารย์เรียนต่อระดับปริญญาเอก (ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 15 ต่ออาจารย์ประจำ ในปีงบประมาณ พ.ศ.2564–2568)

ระดับการศึกษา หลักสูตร / สาขาวิชา	จำนวนอาจารย์ประจำสาขาฯ ที่ศึกษาต่อเพิ่ม				
	2564	2565	2566	2567	2568
ปริญญาเอก – วิศวกรรมเครื่องกล	-	1	1	2	1
ปริญญาโท – วิศวกรรมเครื่องกล	-	-	-	-	-

6.4 แผนพัฒนาด้านการปรับตำแหน่งทางวิชาการ

ระดับการศึกษา หลักสูตร / สาขาวิชา	จำนวนอาจารย์ประจำสาขาฯ ที่มีตำแหน่งทางวิชาการเพิ่มขึ้น				
	2564	2565	2566	2567	2568
ศาสตราจารย์	-	-	-	-	-
รองศาสตราจารย์	-	1	1	1	-
ผู้ช่วยศาสตราจารย์	-	2	-	1	-

ส่วนที่ 4 รายละเอียดและสาระของวิชาตามองค์ความรู้

1. ตารางแจกแจงรายวิชาเทียบกับองค์ความรู้ที่สภาวิศวกรกำหนด (Curriculum Mapping)

ตารางการเทียบองค์ความรู้ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
สำหรับผู้เข้าศึกษาปีการศึกษา 2565 – ปีการศึกษา 2569

องค์ความรู้ที่สภาวิศวกรกำหนด	เนื้อหาวิชาที่เทียบกับองค์ความรู้	ชื่อวิชา	ภาระ (หน่วยกิต/ชั่วโมง)
องค์ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์			
คณิตศาสตร์	ลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน เมทริกซ์ อนุพันธ์ของของฟังก์ชันหนึ่งตัวแปรและการประยุกต์ ปริพันธ์ของของฟังก์ชันหนึ่งตัวแปรและการประยุกต์ ฟังก์ชันอดิสัย เทคนิคการหาอนุพันธ์และปริพันธ์ไม่ตรงแบบ	ME11111 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 1 Engineering Mathematics and Its Applications I	3(3-0-6) (33.3%)
	ลำดับและอนุกรมของตัวเลข เวกเตอร์และการเคลื่อนที่ในปริภูมิสามมิติ อนุพันธ์ของฟังก์ชันหลายตัวแปรและการประยุกต์ ปริพันธ์ของฟังก์ชันหลายตัวแปรและการประยุกต์	ME11112 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 2 Engineering Mathematics 2	3(3-0-6) (33.3%)
	ปริพันธ์ในสนามเชิงเวกเตอร์สมการเชิงอนุพันธ์อันดับหนึ่ง สมการเชิงอนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ สมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้นที่มีสัมประสิทธิ์เป็นค่าคงที่และตัวแปร ระบบสมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้น ผลการแปลงลาปราซและการประยุกต์ในปัญหาค่าขอบเขต	ME11113 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 3 Engineering Mathematics 3	3(3-0-6) (33.3%)
ฟิสิกส์	การวัด หน่วย สเกลาร์และเวกเตอร์ จลนศาสตร์ของอนุภาค พลศาสตร์ของอนุภาค งานและพลังงาน โมเมนตัม ระบบอนุภาค วัตถุแข็งเกร็ง สมบัติเชิงกลของสสาร ความโน้มถ่วง กลศาสตร์ของไหล การแกว่งกวัด คลื่นกล เสียง อุณหพลศาสตร์	PY01101 ฟิสิกส์1 Physics1	3(3-0-6) (35%)
	ปฏิบัติการเกี่ยวกับการวัด หน่วย สเกลาร์และเวกเตอร์ จลนศาสตร์ของอนุภาค พลศาสตร์ของอนุภาค งานและพลังงาน โมเมนตัมระบบอนุภาค วัตถุแข็งเกร็ง สมบัติเชิงกลของสสาร ความโน้มถ่วง กลศาสตร์ของไหล การแกว่งกวัด คลื่นกล เสียง อุณหพลศาสตร์ จำนวน 8-10 ปฏิบัติการ	PY01102 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 Physics Laboratory 1	1(0-3-2) (15%)
	ไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง แม่เหล็กสถิต ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงและทัศนศาสตร์ แนวคิดรากฐานของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ แนวคิดรากฐานของฟิสิกส์ควอนตัม ฟิสิกส์นิวเคลียร์	PY01103 ฟิสิกส์2 Physics2	3(3-0-6) (35%)

องค์ความรู้ที่สภาวิศวกรกำหนด	เนื้อหาวิชาที่เทียบกับองค์ความรู้	ชื่อวิชา	ภาระ (หน่วยกิต/ชั่วโมง)
	ปฏิบัติการเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง แม่เหล็กสถิต ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงและทัศนศาสตร์ เสียง แนวคิดรากฐานของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ แนวคิดรากฐานของฟิสิกส์ควอนตัม ฟิสิกส์นิวเคลียร์ จำนวน 8-10 ปฏิบัติการ	PY01104 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 Physics Laboratory 2	1(0-3-2) (15%)
เคมี	โครงสร้างอะตอม การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม สมบัติของธาตุตามตารางธาตุ ธาตุเรพรีเซนเททีฟ อโลหะ โลหะทรานซิชัน พันธะเคมี ปริมาณสารสัมพันธ์ สมบัติของแก๊ส ของแข็ง ของเหลวและสารละลาย สมดุลเคมี สมดุลไอออนิก และจลนพลศาสตร์เคมี	CH01107 เคมีสำหรับวิศวกร Chemistry for Engineers	3(3-0-6) (70%)
	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ สารเคมี สมบัติทางเคมีและทางกายภาพ ปฏิกิริยาเคมีและผลผลิตร้อยละ ปริมาตรโมลาร์ของแก๊สและค่าคงที่แก๊ส จุดเดือดและจุดหลอมเหลว การเตรียมสารละลาย การแยกของผสม สมดุลเคมี	CH01108 การปฏิบัติการเคมีสำหรับวิศวกร Chemistry for Engineers Laboratory	1(0-3-2) (30%)
องค์ความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรม			
กลุ่มที่ 1 พื้นฐานการออกแบบ (Design Fundamentals)			
Mechanical Drawing,	การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ การคัดตัวอักษรและตัวเลข การเขียนรูปทรงเรขาคณิตประยุกต์ การเขียนภาพสเก็ตช์ การฉายและเขียนภาพออโธกราฟฟิก การเขียนภาพ 3 มิติ การบอกขนาดและค่าความคลาดเคลื่อน การเขียนภาพตัด การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบขั้นแนะนำในการเขียนแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ การเขียนภาพเพื่อใช้งาน การเขียนภาพแยกส่วนและภาพประกอบด้วยโปรแกรม CAD การประยุกต์ใช้งานทางวิศวกรรมเครื่องกล	ME12111 การเขียนแบบวิศวกรรมเครื่องกลและเขียนด้วยโปรแกรม Mechanical Engineering Drawing and Drawing Program	4(2-4-4) (100%)
Statics and Dynamics,	ระบบแรงและโมเมนต์ ผลลัพธ์การรวมแรง สมดุลของอนุภาคและวัตถุแข็งเกร็งแรงเสียดทาน การหาจุดศูนย์และจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุ โมเมนต์ความเฉื่อย จลนศาสตร์และจลนพลศาสตร์ของอนุภาคและวัตถุแข็งเกร็ง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันหลักของงานและพลังงาน กฎการอนุรักษ์พลังงาน การชนหลักการดลและโมเมนตัม	ME12121 สถิตยศาสตร์และพลศาสตร์ Static and Dynamics	3(3-0-6) (100%)
Mechanical Engineering Process	ฝึกปฏิบัติการเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในงานอุตสาหกรรม เครื่องมือวัด เครื่องมือเชื่อม เครื่องมือตัดและเครื่องมือเจาะ เครื่องมือไสและแต่งผิวตลอดจนการฝึกปฏิบัติการประกอบชิ้นงานและความปลอดภัยในการทำงาน	ME13111 ปฏิบัติการวิศวกรรมโรงงาน Engineering Workshop Practice	1(0-3-0) (30%)
	กระบวนการผลิตเบื้องต้น ทฤษฎีและแนวคิดของกระบวนการผลิต การหล่อ การขึ้นรูป การตัดเฉือนและการเชื่อมประสาน ความสัมพันธ์ของวัสดุและ	ME12271 กรรมวิธีการผลิต Manufacturing Processes	3(3-0-6) (70%)

องค์ความรู้ที่สภาวิศวกรกำหนด	เนื้อหาวิชาที่เทียบกับองค์ความรู้	ชื่อวิชา	ภาระ (หน่วยกิต/ชั่วโมง)
	กระบวนการผลิต หลักมูลของต้นทุนการผลิต กระบวนการผลิตในเทคโนโลยีสมัยใหม่		
กลุ่มที่ 2 ความรู้ทางดิจิทัล (Digital Literacy)			
Digital Technology in Mechanical Engineering	ศึกษาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ องค์ประกอบวงจรไฟฟ้า องค์ประกอบระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม เครื่องกำเนิดไฟฟ้า มอเตอร์ ระบบไฟฟ้าหนึ่งเฟสและสามเฟส ระบบไฟฟ้ากำลังเบื้องต้น ปฏิบัติการเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ เครื่องจักรกลไฟฟ้า การวัดกำลังไฟฟ้า	ME14212 วิศวกรรมไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับวิศวกรเครื่องกล Basic Electrical Engineering for Mechanical Engineer	3(3-0-6) (20%)
	ระบบคอมพิวเตอร์เบื้องต้น ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ การปฏิสัมพันธ์ระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ภาษาคอมพิวเตอร์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน การออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ผังงาน ความแตกต่างของการเขียนโปรแกรมแบบโครงสร้าง และการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ การเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานกับข้อมูลที่มีชนิดหรือโครงสร้าง อาร์เรย์ และเรคคอร์ด การประมวลผลกับแฟ้มข้อมูล	CC11109 เทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับวิศวกรเครื่องกล Technology Digital for Mechanical Engineer	3(2-2-5) (80%)
กลุ่มที่ 3 พื้นฐานทางความร้อนและของไหล (Thermo-fluids Fundamentals)			
Thermodynamics,	คำจำกัดความและแนวคิดพื้นฐานคุณสมบัติของสารบริสุทธิ์ แก๊สอุดมคติ กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ กฎข้อที่สองของอุณหพลศาสตร์และวัฏจักรคาร์โนต์งาน ความร้อน และพลังงานเอนโทรปี วัฏจักรกำลังไอ วัฏจักรการทำความเย็น แก๊ส-ไอ และการปรับอากาศ	ME12241 อุณหพลศาสตร์ Thermodynamics	3(3-0-6) (100%)
Fluid Mechanics	สมบัติของไหลสถิตยศาสตร์ของไหลสมการความต่อเนื่องสมการโมเมนตัมสมการพลังงานสมการเบอร์นูลลี่ พลศาสตร์ของการไหลของของไหลที่ไม่ยุบตัวและไม่มีความหนืดการวิเคราะห์มิติและความคล้ายคลึงการไหลของของไหลที่ไม่ยุบตัวและมีความหนืดการไหลในท่อ	ME12251 กลศาสตร์ของไหล Fluid Mechanics	3(3-0-6) (100%)
กลุ่มที่ 4 วัสดุวิศวกรรมและกลศาสตร์วัสดุ (Engineering Materials and Mechanics of Materials)			
Engineering Materials,	ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างมหภาคและโครงสร้างจุลภาค แผนภาพสมดุลเฟส และการแปลความหมาย สมบัติ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์โดยใช้วัสดุวิศวกรรม การใช้งานในกลุ่มวัสดุวิศวกรรมหลัก โลหะ โพลีเมอร์ เซรามิก และวัสดุผสม การทดสอบและความหมายของสมบัติทางกล การย่อยสลาย การเสื่อมสภาพและการวิบัติของวัสดุ	ME12231 วัสดุวิศวกรรม Engineering Materials	3(3-0-6) (100%)
Solid Mechanics	แรงและความเค้น ความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียดความเค้นในคาน การเขียนไดอะแกรมแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด การโก่งของคานการบิด	ME12261 กลศาสตร์ของแข็ง Mechanics of Solid	3(3-0-6) (100%)

องค์ความรู้ที่สภาวิศวกรกำหนด	เนื้อหาวิชาที่เทียบกับองค์ความรู้	ชื่อวิชา	ภาระ (หน่วยกิต/ชั่วโมง)
	ของเพลา การงอของเสา วงกลมมอร์และความเค้นผสม ความวิบัติ		
กลุ่มที่ 5 อาชีวอนามัย ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม (Health Safety and Environment)			
Health Safety and Environment	หลักการป้องกันการสูญเสีย การออกแบบ วิเคราะห์และการควบคุมภัยอันตรายจากสถานที่ทำงานต่อส่วนต่างๆ ของร่างกายผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต่อมนุษย์จากการกระจายของมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม เทคนิคด้านความปลอดภัยเชิงระบบ การวิเคราะห์ระบบความปลอดภัย และระบบการป้องกัน อุปกรณ์ด้านความปลอดภัย หลักการจัดการความปลอดภัยและกฎหมายด้านความปลอดภัย	ME12281 อาชีวอนามัย ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม Health Safety and Environment	3(3-0-6) (100%)
องค์ความรู้เฉพาะทางวิศวกรรม			
กลุ่มที่ 1 เครื่องจักรกล (Machinery)			
Machinery Systems	การวิเคราะห์ความเร็วและความเร่งการขจัด การวิเคราะห์แรงจลศาสตร์และแรงทางพลศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนทางกล ชิ้นต่อโยง ขบวนเฟืองและระบบทางพลศาสตร์ การสมดุลของมวลหมุนและมวลเคลื่อนที่กลับไปกลับมา	ME21311 ระบบพลศาสตร์และเครื่องจักรกล Dynamics System and Machinery	3(3-0-6) (100%)
Machine Design	การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอย่างง่าย คุณสมบัติของวัสดุ ทฤษฎีความเสียหาย การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอย่างง่าย การยึดด้วยหมุดย้ำ การต่อด้วยรอยเชื่อม การยึดด้วยสกรู ลิ่มและสลัก การออกแบบเพลา สปริงการออกแบบเฟืองตรง เฟืองฮีลิก เฟืองดอกจอก และเฟืองเกลียวหนอนสกรูกำลังคัปปลิงการออกแบบตลับลูกปืน เบรก คลัทช์ สานพาน การออกแบบโซ่ การออกแบบชิ้นงานอย่างง่าย ระบบขับต้นกำลัง เครื่องยนต์และเครื่องจักรกลไฟฟ้า	ME21321 การออกแบบเครื่องจักรกลและเครื่องขับกำลัง Machine Design and Prime Movers	3(3-0-6) (100%)
Prime Movers	การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอย่างง่าย คุณสมบัติของวัสดุ ทฤษฎีความเสียหาย การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอย่างง่าย การยึดด้วยหมุดย้ำ การต่อด้วยรอยเชื่อม การยึดด้วยสกรู ลิ่มและสลัก การออกแบบเพลา สปริงการออกแบบเฟืองตรง เฟืองฮีลิก เฟืองดอกจอก และเฟืองเกลียวหนอนสกรูกำลังคัปปลิงการออกแบบตลับลูกปืน เบรก คลัทช์ สานพาน การออกแบบโซ่ การออกแบบชิ้นงานอย่างง่าย ระบบขับต้นกำลัง เครื่องยนต์และเครื่องจักรกลไฟฟ้า	ME21321 การออกแบบเครื่องจักรกลและเครื่องขับกำลัง Machine Design and Prime Movers	3(3-0-6) (100%)
กลุ่มที่ 2 ความร้อน ความเย็น และของไหลประยุกต์ (Heat, Cooling and Applied Fluids)			
Heat Transfer	ลักษณะการถ่ายเทความร้อน สภาพการนำความร้อน สมการการนำความร้อน การนำความร้อนในสถานะคงตัวแบบ 1 และ 2 มิติ การนำความร้อนในสถานะไม่คงที่ การพาความร้อนแบบบังคับและแบบธรรมชาติ การถ่ายเทความร้อนขณะเกิดการเดือด	ME21351 การถ่ายโอนความร้อน Heat Transfer	3(3-0-6) (100%)

องค์ความรู้ที่สภาวิศวกรกำหนด	เนื้อหาวิชาที่เทียบกับองค์ความรู้	ชื่อวิชา	ภาระ (หน่วยกิต/ชั่วโมง)
	และขณะเกิดการควบแน่น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน การแผ่รังสี		
Air Conditioning and Refrigeration	ทบทวนหลักการทางอุณหพลศาสตร์ หลักการทำความเย็น และระบบทำความเย็นแบบต่าง ๆ การทำความเย็นแบบอัดไอโดยวิธีกล แบบการอัดชั้นเดียวและหลายชั้น อุปกรณ์หลักของระบบทำความเย็น เช่น เครื่องอัดไอ เครื่องควบแน่น เครื่องทำระเหย อุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารทำความเย็น และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ การทำความเย็นแบบดูดซึม สารทำความเย็น ไซโครเมตริก แนะนำเทคโนโลยีร่วมสมัยด้าน การทำความเย็น และ การปรับอากาศ การคำนวณภาระทำความเย็นสำหรับระบบทำความเย็นและปรับ อากาศ การแช่แข็งอาหาร การออกแบบท่อลม การออกแบบการกระจายลม หลักการเลือกหัวจ่ายลมเย็น	ME21381 การทำความเย็นและปรับอากาศ Refrigeration and Air Conditioning	3(3-0-6) (100%)
Power Plant	หลักการเปลี่ยนรูปพลังงานและแนวทางในการนำไปใช้วัฏจักรกำลังไอน้ำการวิเคราะห์เชื้อเพลิงและการเผาไหม้และการศึกษาส่วนประกอบของโรงจักรต้นกำลังไอน้ำกังหันก๊าซและเครื่องยนต์สันดาปภายในวัฏจักรผลิตความร้อนร่วมและระบบผลิตพลังงานร่วมโรงไฟฟ้าพลังน้ำโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เครื่องมือวัดและการควบคุมเศรษฐศาสตร์โรงจักรต้นกำลังและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์และการออกแบบระบบทางความร้อน วิธีเลือกและออกแบบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบการไหลและระบบทางความร้อน	ME21391 พลังงาน โรงจักรต้นกำลังและระบบทางความร้อน Energy Power Plant and Thermal System	3(3-0-6) (100%)
Thermal Systems Design	ลักษณะการถ่ายเทความร้อน สภาพการนำความร้อน สมการการนำความร้อน การนำความร้อนในสถานะคงตัวแบบ 1 และ 2 มิติ การนำความร้อนในสถานะไม่คงที่ การพาความร้อนแบบบังคับและแบบธรรมชาติ การถ่ายเทความร้อนขณะเกิดการเดือดและขณะเกิดการควบแน่น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน การแผ่รังสี	ME21351 การถ่ายโอนความร้อน Heat Transfer	3(3-0-6) (25%)
	หลักการเปลี่ยนรูปพลังงานและแนวทางในการนำไปใช้วัฏจักรกำลังไอน้ำการวิเคราะห์เชื้อเพลิงและการเผาไหม้และการศึกษาส่วนประกอบของโรงจักรต้นกำลังไอน้ำกังหันก๊าซและเครื่องยนต์สันดาปภายในวัฏจักรผลิตความร้อนร่วมและระบบผลิตพลังงานร่วมโรงไฟฟ้าพลังน้ำโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เครื่องมือวัดและการควบคุมเศรษฐศาสตร์โรงจักรต้นกำลังและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์และการออกแบบระบบทางความร้อน วิธีเลือกและออกแบบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบการไหลและระบบทางความร้อน	ME21391 พลังงาน โรงจักรต้นกำลังและระบบทางความร้อน Energy Power Plant and Thermal System	3(3-0-6) (50%)

องค์ความรู้ที่สภาวิศวกรกำหนด	เนื้อหาวิชาที่เทียบกับองค์ความรู้	ชื่อวิชา	ภาระ (หน่วยกิต/ชั่วโมง)
	ทบทวนหลักการทางอุณหพลศาสตร์ หลักการทำความเย็น และระบบทำความเย็นแบบต่าง ๆ การทำความเย็นแบบอัดไอโดยวิธีกล แบบการอัดชั้นเดียวและหลายชั้น อุปกรณ์หลักของระบบทำความเย็น เช่น เครื่องอัดไอ เครื่องควบแน่น เครื่องทำระเหย อุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารทำความเย็น และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ การทำความเย็นแบบดูดซึม สารทำความเย็น ไซโครเมตริก แนะนำเทคโนโลยีร่วมสมัยด้าน การทำความเย็น และ การปรับอากาศ การคำนวณภาระทำความเย็นสำหรับระบบทำความเย็นและปรับ อากาศ การแช่แข็งอาหาร การออกแบบท่อลม การออกแบบการกระจายลม หลักการเลือกหัวจ่ายลมเย็น	ME21381 การทำความเย็นและปรับอากาศ Refrigeration and Air Conditioning	3(3-0-6) (25%)
กลุ่มที่ 3 ระบบพลวัตและการควบคุมอัตโนมัติ (Dynamic Systems and Automatics Control)			
Dynamic Systems	การวิเคราะห์ความเร็วและความเร่งการขจัด การวิเคราะห์แรงจลศาสตร์และแรงทางพลศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนทางกล ชิ้นต่อโยง ขบวนเฟืองและระบบทางพลศาสตร์ การสมดุลของมวลหมุนและมวลเคลื่อนที่กลับไปกลับมา	ME21311 ระบบพลศาสตร์และเครื่องจักรกล Dynamics System and Machinery	3(3-0-6) (100%)
Automatics Control	ความเป็นมาของเทคโนโลยีแมคคาทรอนิกส์ แขนกลและหุ่นยนต์ ประเภทและส่วนประกอบของหุ่นยนต์ การออกแบบกลไกเชื่อมต่อ ชุดเกียร์ ลูกเบี้ยว กลไกการส่งกำลัง การวิเคราะห์จลนพลศาสตร์ สมการพิกัดอ้างอิง สมการการเคลื่อนที่แบบ 2 มิติ 3 มิติ เส้นทางการเคลื่อนที่ การจำลองระบบการทำงาน การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงาน หลักการการควบคุมอัตโนมัติ การวิเคราะห์และการสร้างแบบจำลองของอุปกรณ์ควบคุมเชิงเส้น เสถียรภาพของระบบย้อนกลับเชิงเส้น การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบพลศาสตร์ การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงเส้นในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ การสร้างแบบจำลองการชดเชยระบบด้วยตัวแปรสถานะ การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ การเรียนรู้ด้วยเครื่องจักร การนำไปประยุกต์ใช้งานกับอุตสาหกรรมการผลิต การวางแผนการบำรุงรักษาหุ่นยนต์อุตสาหกรรม	ME21331 หุ่นยนต์และการควบคุมอัตโนมัติ Robots and Automatic Control	3(3-0-6) (100%)
Internet of Things (IoT) and AI (use of)	ระบบคอมพิวเตอร์เบื้องต้น ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ การปฏิสัมพันธ์ระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ภาษาคอมพิวเตอร์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน การออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ผังงาน ความแตกต่างของการเขียนโปรแกรมแบบโครงสร้าง และการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ การเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานกับ	CC11109 เทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับวิศวกรเครื่องกล Technology Digital for Mechanical Engineer	3(3-0-6) (100%)

องค์ความรู้ที่สภาวิศวกรกำหนด	เนื้อหาวิชาที่เทียบกับองค์ความรู้	ชื่อวิชา	ภาระ (หน่วยกิต/ชั่วโมง)
	ข้อมูลที่มีชนิดหรือโครงสร้าง อาร์เรย์ และเรคคอร์ด การประมวลผลกับแฟ้มข้อมูล		
Robotics	ความเป็นมาของเทคโนโลยีแมคคาทรอนิกส์ แขนกลและหุ่นยนต์ ประเภทและส่วนประกอบของหุ่นยนต์ การออกแบบกลไกเชื่อมต่อ ชุดเกียร์ ลูกเบี้ยว กลไกการส่งกำลัง การวิเคราะห์จลนพลศาสตร์ สมการพิกัดอ้างอิง สมการการเคลื่อนที่แบบ 2 มิติ 3 มิติ เส้นทางการเคลื่อนที่ การจำลองระบบการทำงาน การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงาน หลักการการควบคุมอัตโนมัติ การวิเคราะห์และการสร้างแบบจำลองของอุปกรณ์ควบคุมเชิงเส้น เสถียรภาพของระบบย้อนกลับเชิงเส้น การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบพลศาสตร์ การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงเส้นในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ การสร้างแบบจำลองการชดเชยระบบด้วยตัวแปรสถานะ การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ การเรียนรู้ด้วยเครื่องจักร การนำไปประยุกต์ใช้งานกับอุตสาหกรรมการผลิต การวางแผนการบำรุงรักษาหุ่นยนต์อุตสาหกรรม	ME21331 หุ่นยนต์และการควบคุมอัตโนมัติ Robots and Automatic Control	3(3-0-6) (100%)
Vibration	การสั่นสะเทือนของระบบในระดับความเสรีขั้นเดียว, การสั่นสะเทือนแบบบิด การสั่นสะเทือนแบบอิสระและแบบบังคับ ระเบียบวิธีระบบสมมูล การสั่นสะเทือนของระบบในระดับความเสรีหลายขั้น เทคนิคและวิธีการลดและควบคุมการสั่นสะเทือน	ME21341 การสั่นสะเทือนทางกล Mechanical Vibration	3(3-0-6) (100%)
กลุ่มที่ 4 ระบบทางกลอื่น ๆ (Mechanical Systems)			
Energy	หลักการเปลี่ยนรูปพลังงานและแนวทางในการนำไปใช้วัฏจักรกำลังไอน้ำการวิเคราะห์เชื้อเพลิงและการเผาไหม้และการศึกษาส่วนประกอบของโรงจักรต้นกำลังไอน้ำกังหันก๊าซและเครื่องยนต์สันดาปภายในวัฏจักรผลิตความร้อนร่วมและระบบผลิตพลังงานร่วมโรงไฟฟ้าพลังน้ำโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เครื่องมือวัดและการควบคุมเศรษฐศาสตร์โรงจักรต้นกำลังและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์และการออกแบบระบบทางความร้อน วิธีเลือกและออกแบบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบการไหลและระบบทางความร้อน	ME21391 พลังงาน โรงจักรต้นกำลังและระบบทางความร้อน Energy Power Plant and Thermal System	3(3-0-6) (100%)
Engineering Management and Economics	นิยามต่าง ๆ ทางเศรษฐศาสตร์ ค่าเงินที่เปลี่ยนตามเวลาและค่าเทียบเท่า วิธีการเปรียบเทียบแบบต่าง ๆ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน การประเมินการทดแทน การประมาณต้นทุน ต้นทุนมาตรฐาน ค่าเสื่อมราคา ประมาณการผลภาษีเงินได้ ความเสี่ยงและความไม่แน่นอน การศึกษาหลักการด้านการจัดการอุตสาหกรรม กลยุทธ์การผลิตและการแข่งขันในอุตสาหกรรม การจัดการคุณภาพโดยรวมและการ	ME21411 เศรษฐศาสตร์และการจัดการงานวิศวกรรม Economics and Engineering Management	3(3-0-6) (70%)

องค์ความรู้ที่สภาวิศวกรกำหนด	เนื้อหาวิชาที่เทียบกับองค์ความรู้	ชื่อวิชา	ภาระ (หน่วยกิต/ชั่วโมง)
	ควบคุมคุณภาพด้วยหลักสถิติ ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีและแบบลีน การวางแผนกำลังการผลิตและการจัดตารางการผลิต		
	ความรู้พื้นฐานสถิติศาสตร์ ข้อมูลและการแจกแจงข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยวิธีการสำรวจ สถิติสำหรับบรรยายลักษณะของข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการประมาณค่าและโดยการทดสอบสมมุติฐาน การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยวิธีการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการออกแบบเชิงสุ่มสมบูรณ์ และการออกแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปร	ME14211 สถิติและการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม Statistics and Experimental Design in Engineering	3(3-0-6) (30%)
Fire Protection System	ประเภท สาเหตุและทฤษฎีการเกิดอัคคีภัย อันตรายจากอัคคีภัยหรืออุบัติภัยอื่น ๆ มาตรฐานและกฎหมายเกี่ยวกับอัคคีภัย การจัดเตรียมและออกแบบระบบป้องกัน ควบคุมและระงับอัคคีภัย การเขียนแผนการฝึกซ้อมดับเพลิงเบื้องต้น การอพยพหนีไฟและการตอบโต้อัคคีภัย ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ อุปกรณ์ดับเพลิงและเครื่องดับเพลิงแบบมือถือ ระบบน้ำดับเพลิง ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง การคำนวณทางชลศาสตร์สำหรับระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง การออกแบบระบบท่อยืน ระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง การออกแบบระบบน้ำฝอยดับเพลิง การออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิง การตรวจสอบ ทดสอบ บำรุงรักษาระบบและอุปกรณ์ต่างๆ	ME21371 การดับเพลิงและระบบป้องกันอัคคีภัย Fire Systems and Fire Protection Systems	3(3-0-6) (100%)
Computer-Aided Engineering (CAE)	การใช้คอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบและวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกล แบบจำลองทางกายภาพและการจำลองเสมือนจริงของปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกล การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการทดลองการวัดและการควบคุมด้วย Lab view การศึกษาระบบการส่งข้อมูลในระยะไกลแบบ SCADA การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในงานทางวิศวกรรมด้วยวิธีการ FEM และการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม ANSYS การประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวข้อง	ME21361 คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบทางวิศวกรรมเครื่องกล Computer-Aided Mechanical Engineering Design	3(2-2-5) (100%)

2. ตารางแสดงผู้สอนในแต่ละองค์ความรู้

ตารางการเทียบองค์ความรู้ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
สำหรับผู้เข้าศึกษาปีการศึกษา 2565 – ปีการศึกษา 2569

สาระการเรียนรู้ของแต่ละวิชา	รายชื่อและคุณวุฒิการศึกษาผู้สอน
องค์ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์	
ME11111 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 1 Engineering Mathematics and Its Applications I	1. ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 14 ปี 2.ผศ.ดร.วราจิต พยอม วศ.บ.(วิศวกรรมเกษตร-เครื่องจักรกลเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น Ph.D (Biochemistry and Applied Biosciences) Kagoshima University, Japan ประสบการณ์สอน 18 ปี
ME11112 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 2 Engineering Mathematics 2	1. ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 14 ปี 2.ผศ.รณฤทธิ์ จันทร์ศิริ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 8 ปี
ME11113 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 3 Engineering Mathematics 3	1. ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 14 ปี 2.ผศ.รณฤทธิ์ จันทร์ศิริ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 8 ปี
PY01101 ฟิสิกส์ 1 Physics 1	1.นายภากร ไทยพิทักษ์ วท.บ. (ฟิสิกส์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วท.ม. (ฟิสิกส์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประสบการณ์สอน 8 ปี
PY01102 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 Physics Laboratory 1	1.นายภากร ไทยพิทักษ์ วท.บ. (ฟิสิกส์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วท.ม. (ฟิสิกส์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประสบการณ์สอน 8 ปี

สาระการเรียนรู้ของแต่ละวิชา	รายชื่อและคุณวุฒิการศึกษาผู้สอน
PY01103 ฟิสิกส์2 Physics2	1.นายภากร ไทยพิทักษ์ วท.บ. (ฟิสิกส์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วท.ม. (ฟิสิกส์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประสบการณ์สอน 8 ปี 2.ดร. สุมารินทร์ พ่อค้า วท.บ. (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วท.ม. (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปร.ด (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 8 ปี
PY01104 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 Physics Laboratory 2	1.นายภากร ไทยพิทักษ์ วท.บ. (ฟิสิกส์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วท.ม. (ฟิสิกส์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประสบการณ์สอน 8 ปี
CH01107 เคมีสำหรับวิศวกร Chemistry for Engineers	1.ผศ.ดร.เพียว ผาใต้ วท.บ. (เคมี) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วท.ม. (วิศวกรรมเคมี) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ วท.ด. (เคมี) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประสบการณ์สอน 14 ปี
CH01108 การปฏิบัติการเคมีสำหรับวิศวกร Chemistry for Engineers Laboratory	2.ผศ.ดร. บัวหลัน คุ้มไพทูลย์ วท.บ. (เคมี) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วท.ม. (เคมีอินทรีย์) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปร.ด. (เคมี) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 13 ปี
องค์ความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรม	
ME12111 การเขียนแบบวิศวกรรมเครื่องกลและเขียนด้วยโปรแกรม Mechanical Engineering Drawing and Drawing Program	1.นายวีระพล แก้วก่า วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 12 ปี 2.ผศ.ชิตพล คงศิลา วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 11 ปี
ME12121 สถิตยศาสตร์และพลศาสตร์ Static and Dynamics	1.นายวีระพล แก้วก่า วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 12 ปี 2.นายชญานนท์ แสงมณี วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปร.ด.(วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประสบการณ์สอน 3 ปี
ME13111 ปฏิบัติการวิศวกรรมโรงงาน Engineering Workshop Practice	1. ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 14 ปี

สาระการเรียนรู้ของแต่ละวิชา	รายชื่อและคุณวุฒิการศึกษาผู้สอน
	2. นายกมลรัตน์ ดีสภา วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน (วข.ขอนแก่น) ประสบการณ์สอน 5 ปี
ME12271 กรรมวิธีการผลิต Manufacturing Processes	1.นายกวีพงษ์ หงษ์ทอง วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 17 ปี 2.ผศ.ดร.ปรีชา ทุมมุ ปร.ด. (เทคโนโลยีพลังงาน)(โทควบเอก) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประสบการณ์สอน 4 ปี
ME14212 วิศวกรรมไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับวิศวกรเครื่องกล Basic Electrical Engineering for Mechanical Engineer	1. ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 14 ปี
CC11109 เทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับวิศวกรเครื่องกล Technology Digital for Mechanical Engineer	1.นายธนะพัฒน์ เชี่ยวชาญวัฒนา วศ.บ. (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 9 ปี
ME12241 อุณหพลศาสตร์ Thermodynamics	1.ผศ.ชิตพล คงศิลา วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 11 ปี 2.ผศ.ดร.วราจิต พยอม วศ.บ.(วิศวกรรมเกษตร-เครื่องจักรกลเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น Ph.D (Biochemistry and Applied Biosciences) Kagoshima University, Japan ประสบการณ์สอน 18 ปี
ME12251 กลศาสตร์ของไหล Fluid Mechanics	1.นายวีระพล แก้วก่า วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 12 ปี 2.รศ.ดร.สุนทร สุทธิบาก วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยศรีปทุม คอ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ประสบการณ์สอน 15 ปี
ME12231 วัสดุวิศวกรรม Engineering Materials	1.นายกวีพงษ์ หงษ์ทอง วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 17 ปี
ME12261 กลศาสตร์ของแข็ง Mechanics of Solid	1.ผศ.อดิศักดิ์ บุตรวงษ์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

สาระการเรียนรู้ของแต่ละวิชา	รายชื่อและคุณวุฒิการศึกษาผู้สอน
	วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประสบการณ์สอน 14 ปี 2.นายวีระพล แก้วก่า วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 12 ปี
ME12281 อาชีวอนามัย ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม Health Safety and Environment	1.นายกวีพงษ์ หงษ์ทอง วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2.นายวีระพล แก้วก่า วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 12 ปี
องค์ความรู้เฉพาะทางวิศวกรรม	
ME21311 ระบบพลศาสตร์และเครื่องจักรกล Dynamics System and Machinery	1.ผศ.อดิศักดิ์ บุตรวงษ์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประสบการณ์สอน 14 ปี 2.นายวีระพล แก้วก่า วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 12 ปี
ME21321 การออกแบบเครื่องจักรกลและเครื่องขับกำลัง Machine Design and Prime Movers	1.ผศ.อดิศักดิ์ บุตรวงษ์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประสบการณ์สอน 14 ปี 2.นายชญานนท์ แสงมณี วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปร.ด.(วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประสบการณ์สอน 3 ปี
ME21351 การถ่ายโอนความร้อน Heat Transfer	1.ผศ.ชิตพล คงศิลา วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 11 ปี 2.ผศ.ดร.วราจิต พยอม วศ.บ.(วิศวกรรมเกษตร-เครื่องจักรกลเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น Ph.D (Biochemistry and Applied Biosciences) Kagoshima University, Japan ประสบการณ์สอน 18 ปี
ME21381 การทำความเย็นและปรับอากาศ Refrigeration and Air Conditioning	1.ผศ.ชิตพล คงศิลา วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 11 ปี 2.นายวีระพล แก้วก่า วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สาระการเรียนรู้ของแต่ละวิชา	รายชื่อและคุณวุฒิการศึกษาผู้สอน
	วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 12 ปี
ME21391 พลังงาน โรงจักรต้นกำลังและระบบทางความร้อน Energy Power Plant and Thermal System	1.ผศ.อดิศักดิ์ บุตรวงษ์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประสบการณ์สอน 14 ปี 2.ผศ.ดร.ปรีชา ทุมมุ ปร.ด. (เทคโนโลยีพลังงาน)(โทควบเอก) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประสบการณ์สอน 4 ปี
ME21331 หุ่นยนต์และการควบคุมอัตโนมัติ Robots and Automatic Control	1.ผศ.อดิศักดิ์ บุตรวงษ์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประสบการณ์สอน 14 ปี 2. ผศ.ดร.นายอภิชาติ ศรีชาติ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 14 ปี
ME21341 การสั่นสะเทือนทางกล Mechanical Vibration	1. ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 14 ปี
ME21411 เศรษฐศาสตร์และการจัดการงานวิศวกรรม Economics and Engineering Management	1.นายวีระพล แก้วก่า วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 12 ปี 2.นายกวีพงษ์ หงษ์ทอง วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 17 ปี
ME14211 สถิติและการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม Statistics and Experimental Design in Engineering	1.นายกวีพงษ์ หงษ์ทอง วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 17 ปี 2.ผศ.รณฤทธิ์ จันทร์ศิริ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 8 ปี
ME21371 การดับเพลิงและระบบป้องกันอัคคีภัย Fire Systems and Fire Protection Systems	1.ผศ.ชิตพล คงศิลา วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 11 ปี 2.ผศ.อดิศักดิ์ บุตรวงษ์ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

สาระการเรียนรู้ของแต่ละวิชา	รายชื่อและคุณวุฒิการศึกษาผู้สอน
	วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ประสบการณ์สอน 14 ปี
ME21361 คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบทางวิศวกรรมเครื่องกล Computer-Aided Mechanical Engineering Design	1.นายกวีพงษ์ หงษ์ทอง วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 17 ปี 2. ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยขอนแก่น วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสบการณ์สอน 14 ปี

ส่วนที่ 5 สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้และการประกันคุณภาพการศึกษา

1. ห้องปฏิบัติการ

1.1. บัญชีรายการของวัสดุ ครุภัณฑ์ และอุปกรณ์การทดลอง

ลำดับที่	รายการ	จำนวน
1	ห้องปฏิบัติการกลศาสตร์ของไหล	1 ห้อง
	- ชุดทดสอบปั๊มแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางแบบขนาน	1 ชุด
	- ชุดเครื่องสอบปั๊ม	1 ชุด
	- ชุดเครื่องทดสอบกังหันเพลตันและฟรานซิส	1 ชุด
	- ชุดเครื่องวิเคราะห์การไหลของอากาศ	1 ชุด
	- ชุดทดสอบการสูญเสียของของไหลในท่อ	1 ชุด
	- เครื่องวัดอัตราการไหลในท่อด้วยระบบอุลตร้าโซนิค	1 เครื่อง
2	ห้องปฏิบัติการยานยนต์	1 ห้อง
	- ชุดทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซิน แบบสูบเดียว	1 ชุด
	- ชุดทดลองระบบเฟืองของรถยนต์ (เกียร์กระปุก)	1 ชุด
	- เครื่องวิเคราะห์ควันดำ	1 ชุด
	- อุปกรณ์หาค่าความร้อนของแก๊ส	1 ชุด
	- ชุดวิเคราะห์แก๊ส	1 ชุด
	- ชุดวิเคราะห์ระบบปรับอากาศในรถยนต์	1 ชุด
	- ชุดแสดงเครื่องยนต์ผ่าซีก	1 ชุด
	- ชุดแสดงระบบเกียร์อัตโนมัติ	1 ชุด
	- ชุดแสดงส่วนประกอบระบบเพลาท้าย	1 ชุด
	- ชุดแสดงระบบเบรก	1 ชุด
	- ชุดแสดงระบบช่วงล่าง	1 ชุด
	- ชุดแสดงระบบบังคับเลี้ยว	1 ชุด
	- ชุดทดสอบจุดติดไฟและจุดวาบไฟแบบปิดของเชื้อเพลิง	1 ชุด
	- ชุดทดสอบความหนืดของน้ำมัน	1 ชุด
	- ชุดทดสอบหาค่าความหนืดของจาระบี	1 ชุด
	- ชุดวิเคราะห์แก๊สไอเสีย	1 ชุด
3	ห้องปฏิบัติการอุณหพลศาสตร์และการถ่ายเทความร้อน	1 ห้อง
	- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์การนำความร้อน	1 ชุด
	- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์การแผ่รังสีความร้อน	1 ชุด
	- ชุดทดลองการพาความร้อนแบบอิสระและบังคับ	1 ชุด
	- ชุดทดลองเครื่องทำความเย็น	1 ชุด

ลำดับที่	รายการ	จำนวน
	- ชุดเครื่องวิเคราะห์ระบบปรับอากาศ	1 ชุด
	- ชุดทดสอบหาความร้อนของเชื้อเพลิง	1 ชุด
	- ชุดทดลองการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบหลายชนิด	1 ชุด
	- ชุดทดลองระบบอัดอากาศหนึ่งขั้นตอน	1 ชุด
	- ชุดสาธิตหม้อต้มไอน้ำแบบต่อกังหันไอน้ำ	1 ชุด
4	ห้องปฏิบัติการพลศาสตร์	1 ห้อง
	- ชุดทดสอบการสมดุลแบบสแตติกส์และไดนามิกส์	1 ชุด
	- ระบบชุดเฟืองทด	1 ชุด
	- ชุดทดสอบแรงบิด	1 ชุด
	- ชุดทดสอบการสั่นสะเทือน	1 ชุด
	- ชุดทดลองไจโรสโคป	1 ชุด
5	ห้องปฏิบัติการวัสดุ	1 ห้อง
	- ชุดทดสอบแรงดึง	1 ชุด
	- ชุดทดสอบความแข็ง	1 ชุด
	- ชุดทดสอบแรงบิด	1 ชุด
	- ชุดทดสอบความล้าของวัสดุ	1 ชุด
	- ชุดทดสอบวัสดุอเนกประสงค์	1 ชุด
	- ชุดทดสอบแรงกระแทก	1 ชุด
	- เครื่องกัดซีเอ็นซี	1 ชุด
	- เครื่องกลึงยันศูนย์เหนือแท่นขนาด 150 มม.	5 ชุด
	- เครื่องกัดเพลาตั้งแบบเทอร์เรท	1 ชุด
	- ชุดฝึกระบบไฮดรอลิกส์	1 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการเชื่อมไฟฟ้า	16 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการเชื่อมอาร์กอน	2 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการเจาะโลหะชนิดตั้งโต๊ะ	5 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการเจาะโลหะชนิดเคลื่อนย้าย	2 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการโต๊ะปากกาจับยึดชิ้นงาน	20 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการโต๊ะแท่นวัดระดับ	1 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการหินเจียรโลหะชนิดตั้งโต๊ะ	8 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการเลื่อยฉลุงานไม้ชนิดตั้งโต๊ะ	1 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการขัดไม้ชนิดตั้งโต๊ะ	1 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการไสไม้ชนิดตั้งโต๊ะ	1 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการเลื่อยวงเดือนงานไม้ชนิดตั้งโต๊ะ	1 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการเลื่อยวงเดือนงานไม้ชนิดเคลื่อนที่	1 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการเลื่อยกลงานเหล็ก	1 ชุด

ลำดับที่	รายการ	จำนวน
6	ห้องปฏิบัติการพื้นฐานทางวิศวกรรม	1 ห้อง
7	ห้องเขียนแบบ	3 ห้อง
	- โต๊ะเขียนแบบ	120 ตัว
8	ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	2 ห้อง
	- เครื่องคอมพิวเตอร์	80 เครื่อง
	- เครื่องซุปเปอร์คอมพิวเตอร์	1 เครื่อง
9	ห้องปฏิบัติการหุ่นยนต์	1 ห้อง
10	ห้องปฏิบัติการวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์กำลัง	1 ห้อง
11	ห้องปฏิบัติการพัสดุและโครงงานวิศวกรรม	1 ห้อง
12	ห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์และระบบอัตโนมัติ	1 ห้อง
13	ห้องปฏิบัติการไฟฟ้าสื่อสาร	1 ห้อง
14	ห้องปฏิบัติการเคมี	1 ห้อง
15	ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์	1 ห้อง
16	ห้องบรรยาย	20 ห้อง
17	ห้องพักอาจารย์	2 ห้อง
18	ห้องเบิกจ่ายวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ	1 ห้อง
19	ห้องปฏิบัติการงานวิจัยสำหรับอาจารย์และนักศึกษา	1 ห้อง

หมายเหตุ: ข้อมูล ณ วันที่ 31 พฤษภาคม 2565

6. สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้

6.1. มีระบบการดำเนินงานของสาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัยโดยมีส่วนร่วมของอาจารย์ประจำหลักสูตรเพื่อให้มีสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้

6.2. จำนวนสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ที่เพียงพอและเหมาะสมต่อการจัดการเรียนการสอน

6.2.1 มีการจัดสรรงบประมาณเพื่อพัฒนานักศึกษา

6.2.2 มีการจัดหาสิ่งอำนวยความสะดวก และสิ่งสนับสนุนการศึกษาที่เอื้อต่อการจัดการศึกษา

6.2.3 มีการประสานงานกับคณะ ในการจัดซื้อหนังสือ ตำราที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนเครื่องช่วยสอน

6.2.3.1 ห้องปฏิบัติการ	จำนวน	1	ห้อง
6.2.3.2 คอมพิวเตอร์	จำนวน	50	เครื่อง
6.2.3.3 เครื่องมัลติมีเดียโปรเจคเตอร์	จำนวน	1	เครื่อง
6.2.3.4 เครื่องถ่ายทอดภาพ 3 มิติ	จำนวน	1	เครื่อง
6.2.3.5 เครื่องฉายข้ามศีรษะ	จำนวน	1	เครื่อง
6.2.3.6 เครื่องปริ้นเตอร์พร้อมเครื่องแสกน	จำนวน	1	เครื่อง
6.2.3.7 โทรทัศน์ระบบสัมผัส	จำนวน	1	เครื่อง

6.2.4 ทรัพยากรขั้นต่ำเพื่อการเรียนการสอนของสาขาวิชา ต้องมีความพร้อมอยู่ในที่ตั้งเดียวกับหลักสูตรที่ขอเปิดดำเนินการ เช่น

6.2.4.1 จำนวนคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องมีเพียงพอกับนักศึกษาอย่างน้อย 1 ชั้นปี

6.2.4.2 ลิขสิทธิ์ของโปรแกรมจะต้องมีอย่างน้อยครึ่งหนึ่งของห้องปฏิบัติการ

6.2.4.3 อุปกรณ์คอมพิวเตอร์จะต้องได้รับการซ่อมบำรุงเป็นประจำตามรอบของการตรวจสภาพ

6.3 ทรัพยากรการเรียนการสอนที่มี

ทางสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ได้มีการสร้างห้องปฏิบัติการไว้รองรับเนื้อหาวิชาใหม่ๆให้เท่าทันกับเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในส่วนของห้องปฏิบัติการที่มีอยู่เดิมประกอบด้วย

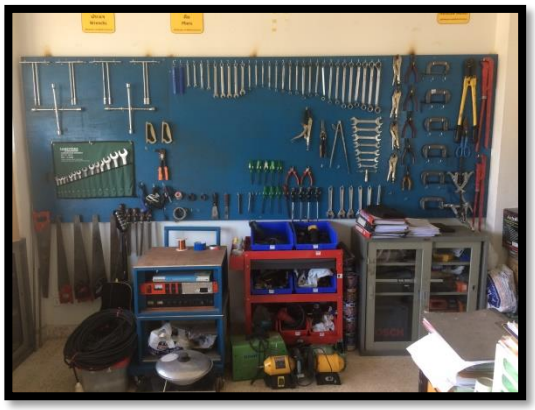
ซึ่งจะมีการปรับปรุงซ่อมแซมเครื่องมือให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้สามารถรองรับการเรียนการสอนในแต่ละภาคเรียนได้เป็นอย่างดี

ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

1. ห้องเครื่องมือและอุปกรณ์ Tools Room











2. ห้องปฏิบัติการพื้นฐานวิศวกรรม Basic Engineering Lab.

















3. ห้องปฏิบัติการเครื่องจักรกลอัตโนมัติ CNC Lab.









เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องกลึง เครื่อง CNC เครื่อง Milling ฯ อุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ในงานอุตสาหกรรม ได้แก่ เครื่องมือวัด เครื่องมือเชื่อม เครื่องมือตัด-เจาะ ฯลฯ ตลอดจนอุปกรณ์ความปลอดภัยในการทำงานภายในตัวอาคาร









4. ห้องปฏิบัติการของไหล (Fluid Mechanics Lab)

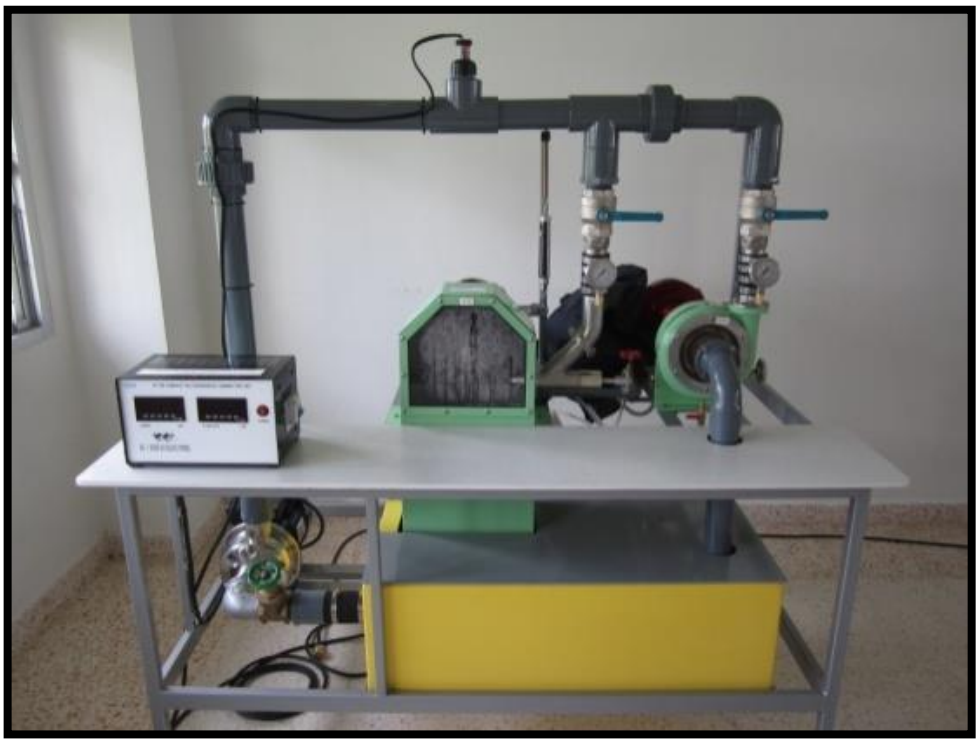
1) Centrifugal pump Test Set



2) Multi-pump Test Set



3) Pelton & Francis Turbine Set



4) Air Flow Test Set



5) Flow or Fiction loss in Pipe





5. ห้องปฏิบัติการยานยนต์ (Automotive Lab)













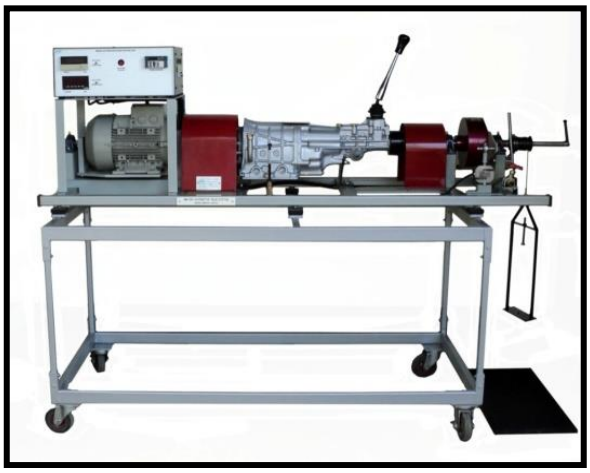






2) Manual Gear Set





3) Exhaust Gas Analyzer & Smoke Detector and Exhaust Gas Calorimeter







4) Air Condition

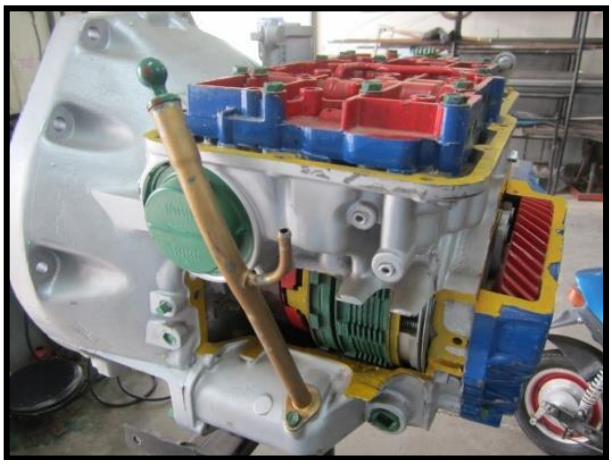


5) Sectioned Engine





6) Automatic Gear Set



7) Real Axle Assembly



8) Drum/Disc Brake Set





9) Suspension Set



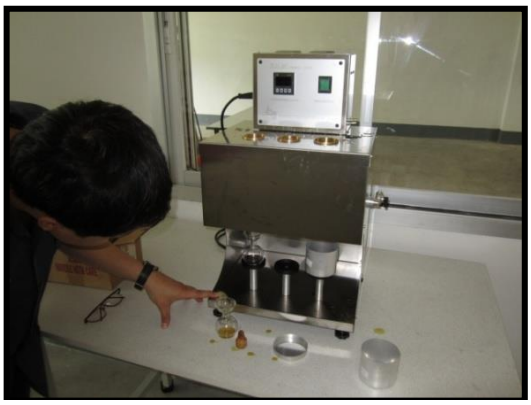
10) Steering Set



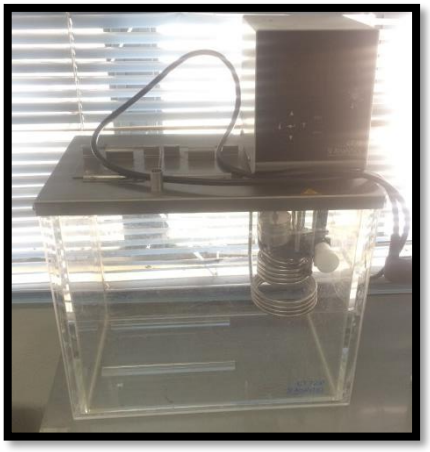
11) ไฟฟ้ารถยนต์



12) เครื่องทดสอบความหนืดของน้ำมันและจาระบี









6. ห้องปฏิบัติการเทอร์โมไดนามิกและการถ่ายเทความร้อน (Thermodynamics & Heat Transfer Lab)

1) Heat Conduction Set



2) Heat Radiation Set



3) Free & Forced Heat Convection Set



4) Refrigeration Unit



5) Air Conditioning Unit



6) Bomb Calorimeter



7) Air Compressor



8) Multi Heat Exchangers



9) FLASH POINT AND FIRE POINT TEST



7. ห้องปฏิบัติการพลศาสตร์ (Dynamics Lab)

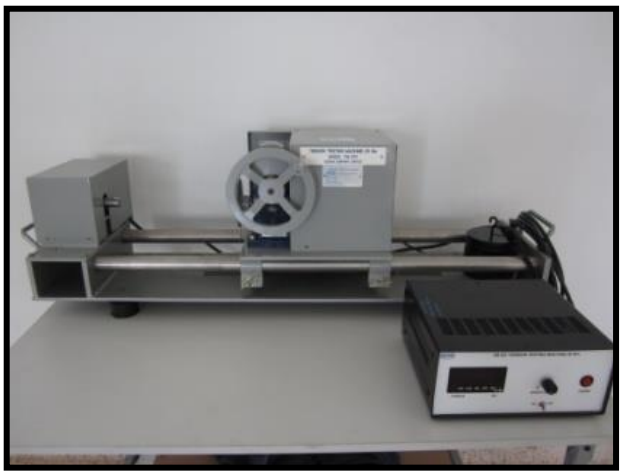
1) Universal Balancing Machine



2) Acceleration of Gear System



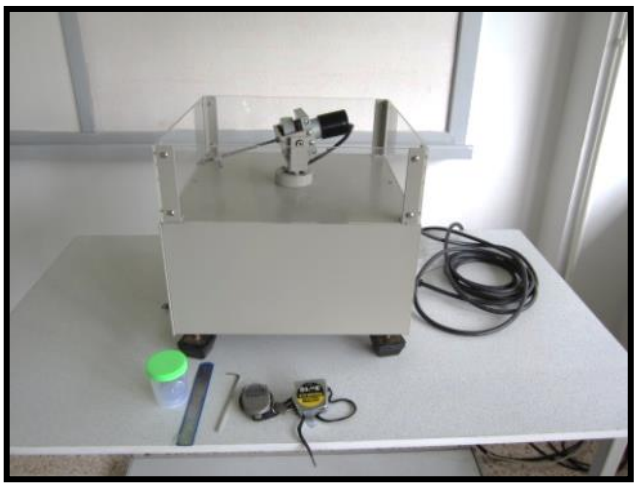
3) Torsion Test Set



4) Vibration Test Set



5) Gyroscope

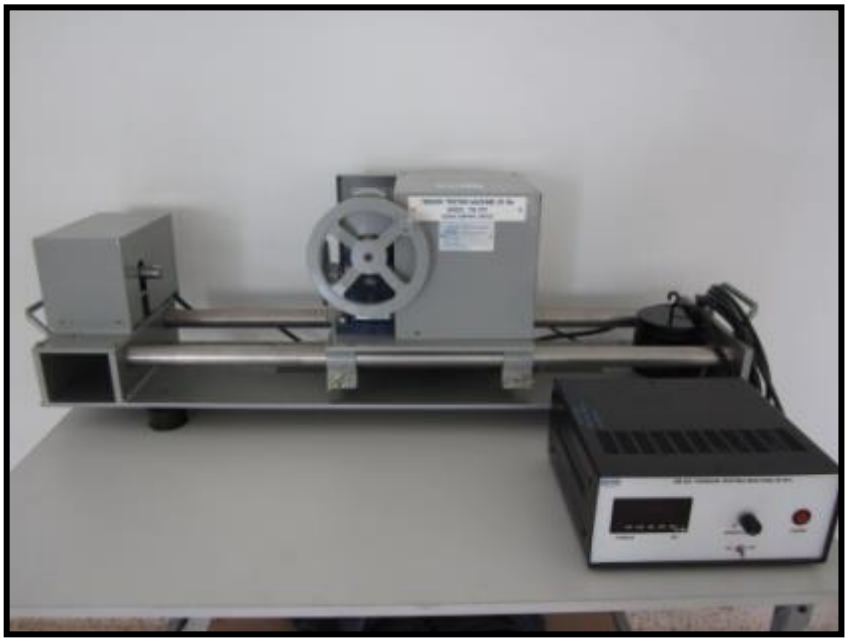


8. ห้องปฏิบัติการวัสดุศาสตร์ (Material Testing Lab)

1) Universal Testing Machine



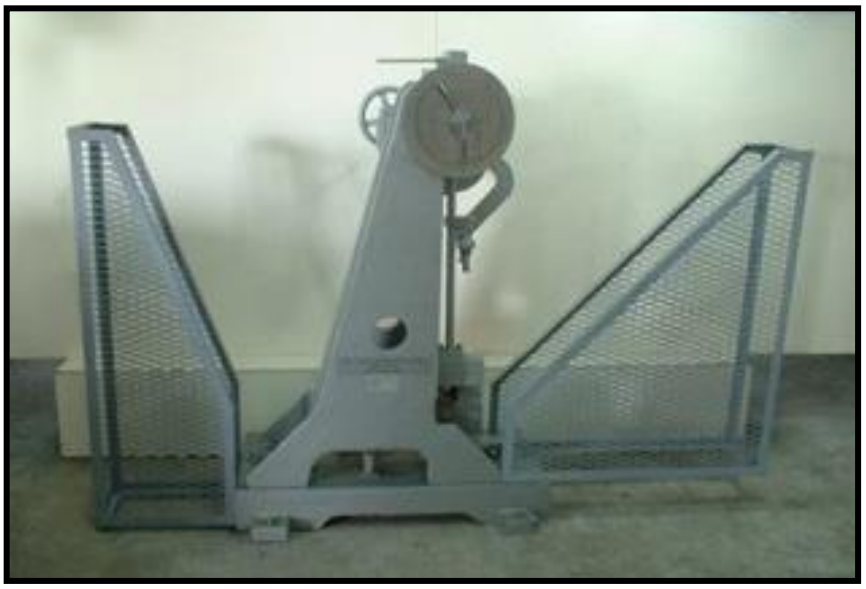
2) Torsion Test set



3) Fatigue Test set



4) Impact Testing



9 ชุดปฏิบัติการเพิ่มเติม

1) Hydraulic Lab.

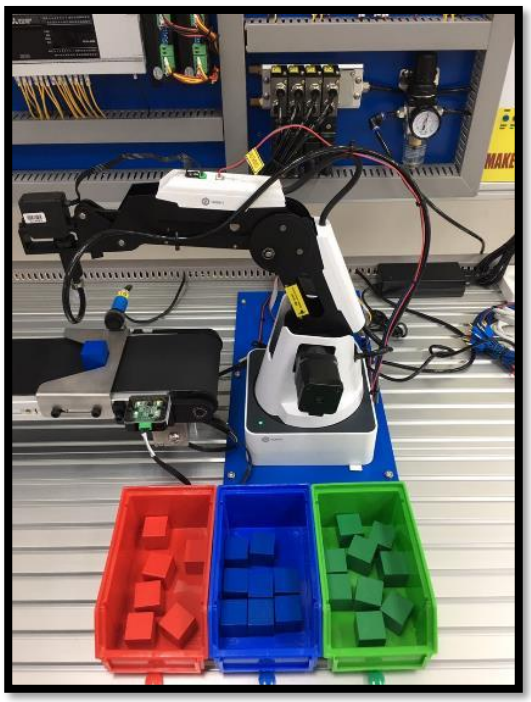


2) ชุดแสดงพฤติกรรมการไหลของอากาศ



3) Automatic Control





4) โรงจักรต้นกำลังไอน้ำขนาดเล็ก



5) ชุดทดลองระบบทำความเย็นพื้นฐาน



6) ชุดสาธิตระบบ Common Rail

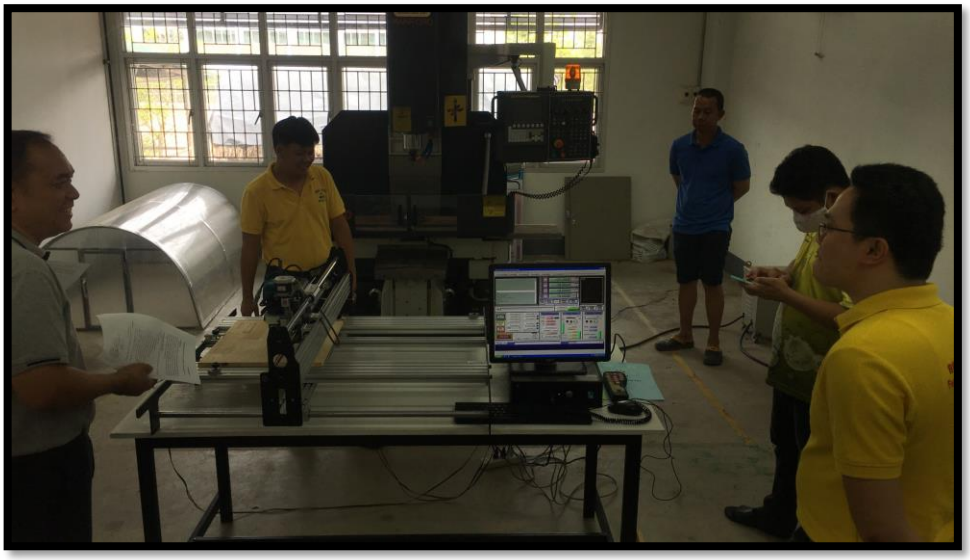


6) ชุดสาธิตระบบยานยนต์สมัยใหม่และยานยนต์ไฟฟ้า





7) เครื่อง CNC ขนาดเล็กสำหรับฝึกเขียน



8) ชุดทดลอง PLC เพื่อการฝึกเขียน



10 ห้องปฏิบัติการไฟฟ้าเบื้องต้น

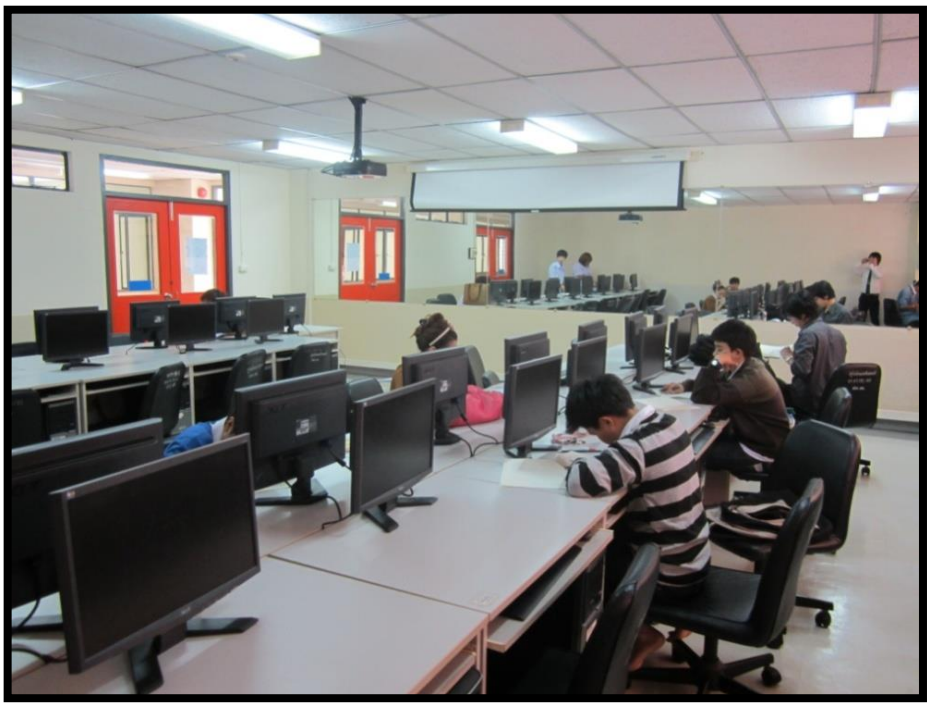






11 ห้องปฏิบัติการเขียนแบบ



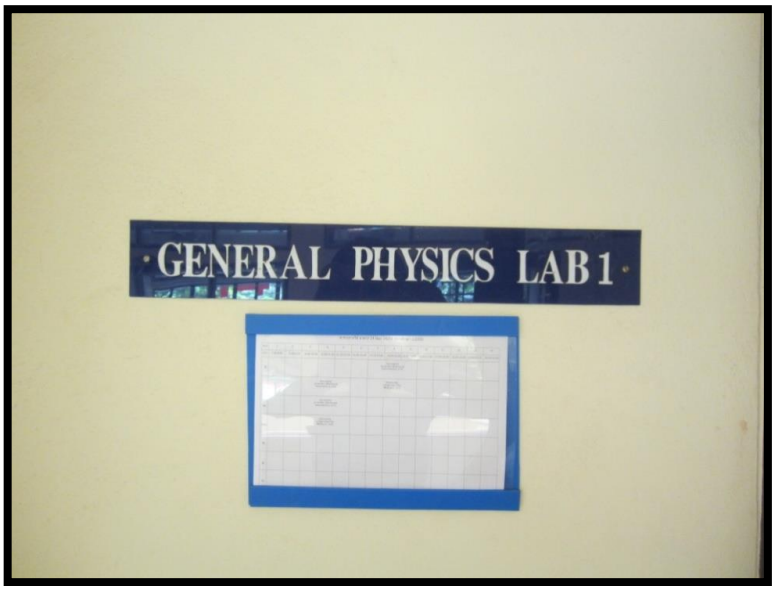


12 ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์





14 ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ 1







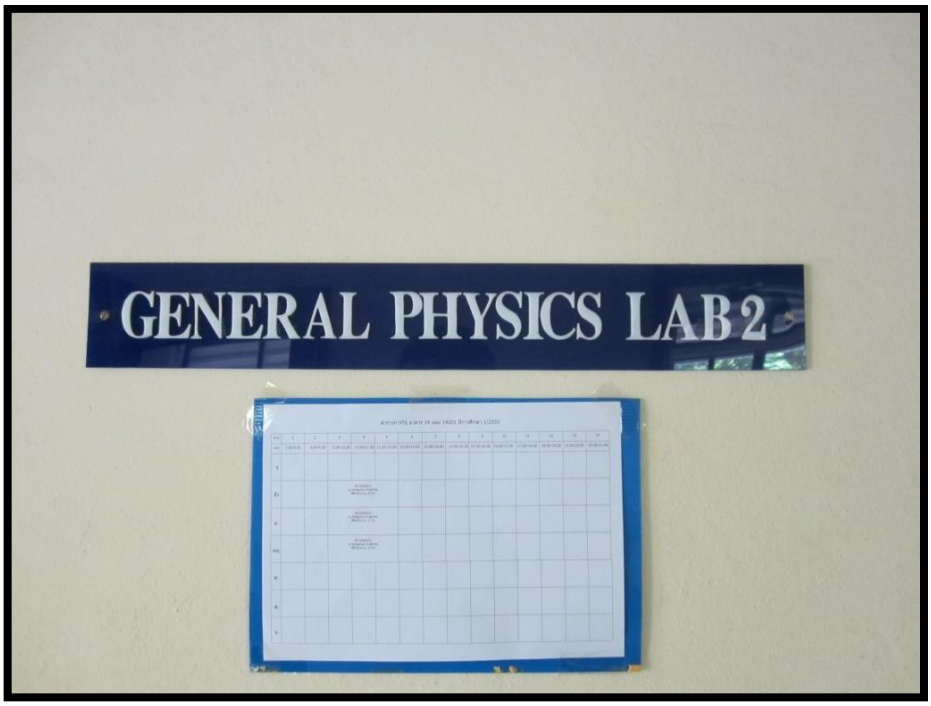
เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ไมโครมิเตอร์ บรรทัดเหล็ก วัตถุรูปทรงต่าง ๆ เช่น เหล็กทรงกลมตัน ทรงกระบอกกลวง ชุดการทดลองของการตกแบบอิสระ ตุ้มน้ำหนัก แป้นรับน้ำหนัก แผ่นน้ำหนักขนาดต่าง ๆ สปริง เชือก เครื่องจับเวลาหรือนาฬิกาจับเวลา ไม้เมตร ตลับเมตร ท่อเรโซแนซ์ เครื่องกำเนิดความถี่ เครื่องกำเนิดคลื่น เครื่องให้ความร้อน เทอร์โมมิเตอร์ แคลอรีมิเตอร์ บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ก้อนโลหะชนิดต่างๆ ชุดการทดลองการขยายตัวเชิงเส้นพร้อมแท่งโลหะชนิดต่าง ๆ ชุดการทดลองมอดูลัสยังและเส้นลวดเหล็กกล้า

หัวข้อการทดลอง ประกอบด้วย

1. การวัดอย่างละเอียด
2. สมดุลของแรง
3. การเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก
4. การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศโดยใช้ท่อเรโซแนนซ์
5. การเคลื่อนที่แบบกลิ้งบนพื้นเอียง
6. คลื่นนิ่งในเส้นเชือก
7. การหาค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดของของเหลว
8. ความจุความร้อนของโลหะ
9. สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นของโลหะ
10. มอดูลัสของยัง

15 ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ 2







เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

มัลลิมิเตอร์ ตัวต้านทาน ที่พักสายหรือ Main bord ถ่านไฟฉาย สายไฟ ปากคีบ มิลลิแอมมิเตอร์โวลต์มิเตอร์ มัลติมิเตอร์ ลวดนิโครม ชุดการทดลองของโอห์ม แท่งแม่เหล็กแบน เข็มหมุด กระดาษ คลิป ขดลวดเหนี่ยวนำ กัลวานอมิเตอร์ ออสซิลโลโคป แหล่งจ่ายกระแสตรง เครื่องกำเนิดสัญญาณ แผงวงจรทดลองกระจกเว้า กระจกนูน เลนส์เว้า เลนส์นูน แผ่นสเกลบอกระยะ Optical Bench ชุดหลอดไฟและฉากรับภาพ

หัวข้อการทดลอง ประกอบด้วย

1. ศึกษาการใช้มัลติมิเตอร์

    1.1 การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

    1.2 การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

1.3 การวัดไฟฟ้ากระแสตรง

1.4 การวัดไฟฟ้ากระแสสลับ

1.5 การวัดความต้านทาน

2. กฎของโอห์ม

2.1 การทดสอบกฎของโอห์มเมื่อตัวต้านทานคงที่

2.2 การตรวจสอบกฎของโอห์มเมื่อแรงดันไฟฟ้าคงที่

2.3 การตรวจสอบกฎของโอห์มเมื่อต่อวงจรที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไหลผ่าน

3. แม่เหล็ก แม่เหล็กไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

3.1 การศึกษาคุณสมบัติของแท่งแม่เหล็ก

3.2 การหาทิศทางของสนามแม่เหล็กรอบตัวนำที่มีกระแส

3.3 การศึกษาการเหนี่ยวนำที่เกิดในขดลวดขณะที่แท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่เข้าออก

4. การใช้ออสซิลโลสโคป

4.1 การวัดรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)

4.2 การวัดแรงดันไฟฟ้าจากความถี่

5. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับอย่างง่าย

5.1 การวัดกระแสเหนี่ยวนำ กระแสสลับ

5.2 การวัดกระแสเหนี่ยวนำ กระแสตรง

6. การหาค่าความยาวโฟกัส กระจกโค้งและเลนส์

16 ห้องปฏิบัติการเคมี









เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

เครื่องแก้ว บีกเกอร์ขนาด 50, 100, 250, 500 มิลลิลิตร กระบอกตวงขนาด 10 ,50 และ 100 มิลลิลิตร ปิเปตขนาด 10 และ 25 มิลลิลิตร บิวเรตขนาด 25 มิลลิลิตร ขวดวัดปริมาตรขนาด 100, 500 มิลลิลิตร ขวดรูปชมพู่ขนาด 125 และ 250 มิลลิลิตร เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง ตะเกียงบุนเสน ลูกยาง แท่งแก้ว ถ้วยกระเบื้อง

ถ้วยกรอง หลอดทดลอง นาฬิกาจับเวลา เครื่องมือวัดค่า pH กระดาษลิตมัส กระดาษกรอง ตู้อบ แคลอริมิเตอร์ และมัลติมิเตอร์

หัวข้อการทดลอง ประกอบด้วย

1. เทคนิคและการใช้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
2. สารเคมี
3. สมบัติ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของสาร
4. ปฏิกิริยาเคมีและผลผลิตร้อยละ
5. ปริมาณสารสัมพันธ์
6. การเตรียมสารละลาย
7. สมดุลเคมี
8. เทคนิคการไตเตรต
9. อุณหเคมี
10. เซลล์กัลป์วานิก

แหล่งบริการข้อมูลทางวิชาการ หนังสือ ตำราและวารสาร จำนวนอุปกรณ์ทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

1.2. โปรแกรมสำเร็จรูป/ซอฟต์แวร์ (Software)

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี มีหน่วยงานย่อย งานเทคโนโลยีดิจิทัล ทำหน้าที่จัดหา ให้บริการ และฝึกอบรมการใช้ซอฟต์แวร์พื้นฐานต่าง โดยมหาวิทยาลัยได้จัดซื้อซอฟต์แวร์ลิขสิทธิ์พื้นฐานซึ่งบุคลากรและนักศึกษาสามารถดาวน์โหลดมาติดตั้งและใช้งานได้ ได้แก่

1. ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows
2. ซอฟต์แวร์สำนักงาน Microsoft Office 365
3. ซอฟต์แวร์สำหรับวาดผังงาน Microsoft Visio

ส่วนของซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาเฉพาะ คณะเทคโนโลยีเป็นผู้ดำเนินการจัดซื้อและติดตั้งลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งให้บริการเฉพาะในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของคณะเท่านั้น ได้แก่

1. โปรแกรมจำลองและโปรแกรมสำหรับการออกแบบ SolidWorks

นอกจากนี้ ทางสาขาวิชายังมีการผลักดันให้นักศึกษาหันมาใช้โปรแกรมประเภทเปิดซอร์ส (open source) หรือซอร์ฟแวร์ฟรี (free software) ได้แก่

1. โปรแกรม Code::Blocks โปรแกรมแปลภาษา C/C++ (C/C++ compiler)
2. โปรแกรมภาษา R สำหรับการคำนวณทางสถิติและวิทยาศาสตร์ข้อมูล
3. โปรแกรมภาษา Python สำหรับการคำนวณทางวิทยาศาสตร์ข้อมูล
4. โปรแกรม Octave สำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

หมายเหตุ

ในปีงบประมาณ 2565 สาขาวิศวกรรมเครื่องกลได้รับอนุมัติงบประมาณในการจัดซื้อโปรแกรม UG-NX เพื่อใช้ในการเรียนการสอนภายในสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและสนับสนุนการเรียนการสอนของสาขาวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยกำลังอยู่ระหว่างการดำเนินการจัดซื้อจัดจ้างตามระบบต่อไป

2. แหล่งบริการข้อมูลทางวิชาการ

2.1 ห้องสมุด

สำนักหอสมุดกลางมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี มีจำนวนหนังสือภาษาไทย 197,996 เล่ม และภาษาอังกฤษ 19,174 เล่ม วารสารภาษาไทยและภาษาอังกฤษมี จำนวน 388 รายการ ซีดีรอมมีจำนวน 2,242 รายการ











2.2 ระบบสารสนเทศและสิ่งอำนวยความสะดวก





2.3 แหล่งบริการข้อมูลทางวิชาการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ได้ให้บริการสืบค้นข้อมูล ออนไลน์ โดยมีระบบฐานข้อมูลออนไลน์ ที่สามารถเข้าไปใช้บริการได้ ดังนี้

1. ABI/INFORM Complete

เป็นฐานข้อมูลที่รวบรวมข้อมูลทางด้านธุรกิจ การโฆษณา การตลาด เศรษฐศาสตร์ การจัดการทรัพยากรมนุษย์ การเงิน ภาษี คอมพิวเตอร์ มากกว่า 1,100 รายการ ซึ่งรวมถึงสารสนเทศของบริษัทต่าง ๆ อีกมากกว่า 60,000 บริษัท และสามารถสืบค้นบทความฉบับเต็มได้จากวารสารทั่วโลกกว่า 800 รายชื่อ

2. ACM Digital Library

เป็นฐานข้อมูลทางด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ จากสิ่งพิมพ์ต่อเนื่อง จดหมายข่าว และเอกสารในการประชุมวิชาการ ที่จัดทำโดย ACM (Association for Computing Machinery) ซึ่งเนื้อหาเอกสารประกอบด้วยข้อมูลที่สำคัญ เช่น รายการบรรณานุกรม สาระสังเขป article reviews และบทความฉบับเต็ม ให้ข้อมูลตั้งแต่ปี 1985 - ปัจจุบัน

3. Wilson Web

เป็นฐานข้อมูลดรรชนี สาระสังเขปและเอกสารฉบับเต็มครอบคลุมทุกสาขาวิชา ดังนี้ Applied Science & Technology, Art, Business, Education, General Science, Humanities, Library and Information Science, Social Sciences, Law, General Interest, Biological & Agricultural Science

4. Proquest Dissertation & Theses

เป็นฐานข้อมูลที่รวบรวมวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท และปริญญาเอก ของสถาบันการศึกษาที่ได้รับการรับรองจากประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนนาดา รวมถึงบางสถาบันการศึกษาจากทวีปยุโรป ออสเตรเลีย เอเชีย และแอฟริกา มากกว่า 1,000 แห่ง ประกอบไปด้วยข้อมูลมากกว่า 2.4 ล้านระเบียน

5. SpringerLink - Journal

เป็นฐานข้อมูลวารสารอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์สุขภาพ ครอบคลุมวารสาร จำนวนเอกสารฉบับเต็ม 1,130 ชื่อ ข้อมูลปี 1997 - ปัจจุบัน

6. Web of Science

7. Academic Search Premier

8. Education Research Complete

9. Computer & Applied Sciences Complete

10. EMERALD MANAGEMENT E-JOURNAL

เป็นฐานข้อมูลครอบคลุมสาขาวิชาทางด้านการจัดการ ได้แก่ การเงินและการบัญชี ระบบอัตโนมัติขั้นสูง กฎหมายและจริยธรรมทางธุรกิจ คณิตศาสตร์คอมพิวเตอร์ เศรษฐศาสตร์การศึกษา การผลิตและบรรจุภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ บริษัทและนวตกรรมการดูแลสุขภาพ การจัดการทรัพยากรมนุษย์ อุตสาหกรรมการจัดการภาครัฐบาล การจัดการข้อมูลข่าวสารและความรู้ ธุรกิจระหว่างประเทศ การเรียนรู้และการพัฒนาการ บรรณารักษ์ศาสตร์และสารสนเทศ วิทยาศาสตร์การจัดการ การจัดการคุณภาพ การตลาด วัสดุศาสตร์และวิศวกรรม การปฏิบัติการและการจัดการการขนส่งสินค้า การจัดองค์กร การจัดการและประเมินผล การเมืองและนโยบาย อสังหาริมทรัพย์ สังคมวิทยาและมานุษยวิทยา

11. American Chemical Society Journal (ACS)

เป็นฐานข้อมูลที่รวบรวมความ และงานวิจัย จากวารสารทางด้านเคมีและวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง โดยรวบรวมจากวารสารทั้งที่พิมพ์เป็นรูปเล่ม วารสารอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Journals) ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นเป็นข้อมูลฉบับเต็ม (Full Text) และรูปภาพ (Image) ย้อนหลังตั้งแต่ปี 1996

12. ScienceDirect

เป็นฐานข้อมูลที่ครอบคลุมสาขาวิชา Physical Sciences and Engineering, Life Sciences, Health Sciences, Social Sciences and Humanities ย้อนหลังตั้งแต่ปี 1995

ทรัพยากรสารสนเทศของสำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ประเภททรัพยากร	จำนวนทรัพยากร	หน่วยนับ
หนังสือทั่วไป (ภาษาไทย)	176,099	เล่ม
หนังสือทั่วไป (ภาษาอังกฤษ)	15,621	เล่ม
วิทยานิพนธ์	6,112	เล่ม
วารสาร	447	เล่ม
สื่อโสตฯ / สื่ออิเล็กทรอนิกส์	6,853	รายการ
รวมทั้งหมด	**205,132 รายการ**	

ทรัพยากรสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิศวกรรมเครื่องกล

ประเภท/รายการ	สำนักวิทยบริการ	หน่วยนับ
หนังสือภาษาไทย	7,802	เล่ม
หนังสือภาษาอังกฤษ	995	เล่ม
วารสารภาษาไทยทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล	14	ชื่อเรื่อง
วารสารภาษาอังกฤษทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล	-	เล่ม
สื่ออิเล็กทรอนิกส์ - ฐานข้อมูลอ้างอิง (Reference Database) - หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	 3 5	 ฐาน เล่ม

ที่มา : มคอ. 02 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรปรับปรุง ปี 2565

2.1. สิ่งอำนวยความสะดวก

(1) ความพร้อมทางกายภาพห้องเรียนและห้องปฏิบัติการ

รายละเอียด	จำนวนห้อง
ห้องเรียนรวม ชั้น 1	1
ห้องเรียนรวม ชั้น 2	5
ห้องปฏิบัติการ CNC และ CAD/CAM	1
ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องมือกล	1
ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมการทดสอบวัสดุ	1
ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมวัดและตรวจสอบ	1
ห้องปฏิบัติการเขียนแบบวิศวกรรม	1
ห้องปฏิบัติการออกแบบและเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์ขั้นสูง	1
ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมงานเชื่อม	1
ห้องปฏิบัติการเชื่อมแก๊สและไฟฟ้า	1

หมายเหตุ: ข้อมูล ณ วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ. 2564

(2) ความพร้อมทางด้านกิจกรรมนักศึกษา

รายละเอียด	จำนวน (ห้อง)
ห้องสโมสรนักศึกษา	1

หมายเหตุ: ข้อมูล ณ วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ. 2564

(3) ความพร้อมของอุปกรณ์ เทคโนโลยี และสิ่งอำนวยความสะดวก

รายละเอียด	จำนวน (เครื่อง)
เครื่องกลึงยันศูนย์	5
เครื่องเลื่อยกล	1
เครื่องกัด	1
เครื่องเจาะตั้งพื้น	1
เครื่องไส	1
เครื่องเชื่อมมิก (MIG)	3
เครื่องเชื่อมระบบทิก (TIG)	3
เครื่องเชื่อม	15
เครื่องตัดระบบหล่อเย็น	1
เครื่องกัด CNC	1
แขนกลอัตโนมัติ	1

หมายเหตุ: ข้อมูล ณ วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ. 2564

ห้องประชุมสัมมนา



โรงอาหาร



ห้องพยาบาล


ห้อง
พยาบาล
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ห้องพยาบาล
งานบริการสุขภาพ
กองพัฒนานักศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ห้องพยาบาล
งานบริการสุขภาพ
กองพัฒนานักศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
WELCOME


2

สนามกีฬา









อาคารจอดรถ





3. การประกันคุณภาพการศึกษา

3.1 การประกันคุณภาพการศึกษาระดับหลักสูตร

กรรมการประเมินคุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตร มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ได้ทำการประเมินคุณภาพการศึกษาหลักสูตรระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ประจำปีการศึกษา 2563 **(1 สิงหาคม 2563 – 31 กรกฎาคม 2564)** โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานหลักสูตร ฉบับ พ.ศ.2558 เมื่อ วันที่ 30 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2564 โดยคณะกรรมการได้ตรวจสอบความถูกต้องจากเอกสารหลักฐานตามรายงานในรายงานการประเมินตนเอง (SAR) ของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและหลักฐานที่เกี่ยวข้อง ตามความสอดคล้อง และตามเกณฑ์การประเมินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพการศึกษาของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้บริหาร อาจารย์ประจำหลักสูตร ผู้แทนนักศึกษา มีผลการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับหลักสูตรดังนี้

ผลการประเมินรายตัวบ่งชี้ระดับหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ประจำปีการศึกษา 2563 เมื่อ วันที่ 30 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2564

ตัวบ่งชี้คุณภาพ	ค่าเป้าหมาย	ผลการดำเนินการ			คะแนนการประเมิน (ตามเกณฑ์ สกอ.)	ระดับคุณภาพ
		ตัวตั้ง / ตัวหาร	ผลลัพธ์ (% หรือสัดส่วน)	√ บรรลุ / × ไม่บรรลุ		
สกอ. 1.1	**หลักสูตรได้มาตรฐาน**				หลักสูตรได้มาตรฐาน	หลักสูตรได้มาตรฐาน
สกอ. 2.1	4			√	4.09 คะแนน	ดีมาก
สกอ. 2.2	4			√	4.30 คะแนน	ดีมาก
สกอ. 3.1	3			√	3 คะแนน	ปานกลาง
สกอ. 3.2	3			√	3 คะแนน	ปานกลาง
สกอ. 3.3	3			√	3 คะแนน	ปานกลาง
สกอ. 4.1	4			√	3 คะแนน	ปานกลาง
สกอ. 4.2	4			√	5 คะแนน	ดีมาก
สกอ. 4.3	4			√	4 คะแนน	ดี
สกอ. 5.1	4			×	3 คะแนน	ปานกลาง
สกอ. 5.2	4			×	3 คะแนน	ปานกลาง
สกอ. 5.3	4			×	3 คะแนน	ปานกลาง
สกอ. 5.4	4			√	5 คะแนน	ดีมาก
สกอ. 6.1	4			×	3 คะแนน	ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 6 องค์ประกอบ 13 ตัวบ่งชี้					**3.57 คะแนน**	**ดี**

การวิเคราะห์คุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ประจำปีการศึกษา 2563 เมื่อ วันที่ 30 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2564

องค์ประกอบที่	คะแนนผ่าน	จำนวนตัวบ่งชี้	I	P	O	คะแนนเฉลี่ย	ผลการประเมิน 0.01 – 2.00 ระดับคุณภาพน้อย 2.01 – 3.00 ระดับคุณภาพปานกลาง 3.01 – 4.00 ระดับคุณภาพดี 4.01 – 5.00 ระดับคุณภาพดีมาก
1	ผ่านการประเมิน						หลักสูตรได้มาตรฐาน
2		2	-	-	4.20	4.20	ดีมาก
3		3	3.00	-	-	3.00	ปานกลาง
4		3	4.00	-	-	4.00	ดี
5		4	3.00	3.67	-	3.50	ดี
6		1	-	3.00	-	3.00	ปานกลาง
รวม		13	3.43	3.50	4.20	3.57	ดี
ผลการประเมิน			ดี	ดี	ดีมาก	ดี	ระดับคุณภาพดี

3.2 การประกันคุณภาพการศึกษา ระดับคณะ

ผลการตรวจประเมินคุณภาพภายในระดับคณะ ปีการศึกษา 2563

คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

สรุปผลคะแนนการประเมินตามมาตรฐานคุณภาพการประกันคุณภาพการศึกษาระดับคณะ 5 มาตรฐาน

องค์ประกอบที่	ตัวบ่งชี้ในการประเมิน	คะแนนประเมินตนเอง	คะแนนผู้ประเมิน
1	ด้านผลลัพธ์ผู้สำเร็จการศึกษา		
	1.1 ผลการบริหารจัดการหลักสูตรโดยรวม	3.21	3.21
	1.2 อาจารยประจำคณะที่มีคุณวุฒิปริญญาเอก	5.00	5.00
	1.3 อาจารย์ประจำคณะที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ	3.75	3.75
	1.4 จำนวนนักศึกษาเต็มเวลาเทียบเท่าต่อจำนวนอาจารย์ประจำ	5.00	5.00
	1.5 การบริการนักศึกษาระดับปริญญาตรี	5.00	5.00
	1.6 กิจกรรมนักศึกษาระดับปริญญาตรี	5.00	5.00
รวมคะแนนเฉลี่ย		4.32	4.32
2	การวิจัย		
	2.1 ระบบและกลไกการบริหารและพัฒนางานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์	5.00	5.00
	2.2 เงินสนับสนุนงานวิจัยและงานสร้างสรรค์	5.00	5.00
	2.3 ผลงานวิชาการของอาจารย์ประจำและนักวิจัย	3.61	3.61
รวมคะแนนเฉลี่ย		4.54	4.54
3	การบริการวิชาการ		
	3.1 การบริการวิชาการแก่สังคม	5.00	5.00
รวมคะแนนเฉลี่ย		5.00	5.00
4	การทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม		
	4.1 ระบบและกลไกการทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม	5.00	5.00
รวมคะแนนเฉลี่ย		5.00	5.00
5	การบริหารจัดการ		
	5.1 การบริหารของคณะเพื่อการกำกับติดตามผลลัพธ์ตามพันธกิจ กลุ่มสถาบัน และ เอกลักษณ์ของคณะ	5.00	5.00
	5.2 ระบบกำกับการประกันคุณภาพหลักสูตร	5.00	5.00
รวมคะแนนเฉลี่ย		5.00	5.00
รวมคะแนนเฉลี่ย 5 มาตรฐาน		4.58	4.58

3.3 การประกันคุณภาพการศึกษา ระดับสถาบันการศึกษา

รายงานผลการประเมินคุณภาพการศึกษา ระดับสถาบัน ประจำปีการศึกษา 2563

(1 มิถุนายน 2563 – 31 พฤษภาคม 2564)

ตัวบ่งชี้	คะแนน	ระดับคุณภาพ
องค์ประกอบที่ 1 การผลิตบัณฑิต		
ตัวบ่งชี้ที่ 1.1 ผลการบริหารจัดการหลักสูตรโดยรวม	3.36	พอใช้
ตัวบ่งชี้ที่ 1.2 อาจารย์ประจำสถาบันที่มีคุณวุฒิปริญญาเอก	4.70	ดีมาก
ตัวบ่งชี้ที่ 1.3 อาจารย์ประจำที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ	3.31	พอใช้
ตัวบ่งชี้ที่ 1.4 การบริการนักศึกษาระดับปริญญาตรี	5.00	ดีมาก
ตัวบ่งชี้ที่ 1.5 กิจกรรมนักศึกษาระดับปริญญาตรี	5.00	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบที่ 1	**4.27**	**ดี**
องค์ประกอบที่ 2 การวิจัย		
ตัวบ่งชี้ที่ 2.1 ระบบและกลไกการบริหารและพัฒนางานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์	5.00	ดีมาก
ตัวบ่งชี้ที่ 2.2 เงินสนับสนุนงานวิจัยและงานสร้างสรรค์	2.03	ต้องปรับปรุง
ตัวบ่งชี้ที่ 2.3 ผลงานทางวิชาการของอาจารย์ประจำและนักวิจัย	4.03	ดี
คะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบที่ 2	**3.68**	**ดี**
องค์ประกอบที่ 3 การบริการวิชาการแก่สังคม		
ตัวบ่งชี้ที่ 3.1 การบริการวิชาการแก่สังคม	5.00	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบที่ 3	**5.00**	ดีมาก
องค์ประกอบที่ 4 การทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม		
ตัวบ่งชี้ที่ 4.1 ระบบและกลไกการทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม	5.00	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบที่ 4	**5.00**	ดีมาก
องค์ประกอบที่ 5 การบริหารจัดการ		
ตัวบ่งชี้ที่ 5.1 การบริหารของสถาบันเพื่อการกำกับติดตามผลลัพธ์ตามพันธกิจกลุ่มสถาบัน และเอกลักษณ์ของสถาบัน	5.00	ดีมาก
ตัวบ่งชี้ที่ 5.2 ผลการบริหารงานของคณะ	4.10	ดี
ตัวบ่งชี้ที่ 5.3 ระบบกำกับการประกันคุณภาพหลักสูตรและคณะ	4.00	ดี
คะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบที่ 5	**4.37**	**ดี**
คะแนนเฉลี่ยรวมทุกตัวบ่งชี้ของทุกองค์ประกอบ	**4.27**	**ดี**

ส่วนที่ 6 ภาคผนวก

ภาคผนวก 1 เอกสาร/หนังสือที่สภาสถาบันการศึกษาอนุมัติหลักสูตร

ภาคผนวก 2 รายละเอียดของหลักสูตร (มคอ.2) ฉบับสมบูรณ์ที่ผ่านการอนุมัติจากสภาสถาบันการศึกษา

ภาคผนวก 3 แผนการสอน (มคอ.3)

ภาคผนวก 4 คู่มือปฏิบัติการที่ใช้ในการเรียนการสอน

ภาคผนวก 5 อื่นๆ

รายงานการประชุมสภามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ครั้งที่ ๑๐/๒๕๖๔
วันเสาร์ที่ ๓๐ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๔
ณ ห้องประชุมสภามหาวิทยาลัย
ชั้น ๘ อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
(การประชุมในรูปแบบผสมผสานกับการสื่อสารทางออนไลน์
ตามมาตรการและการเฝ้าระวังการระบาดของโรคไวรัสโคโรน่า 2019 (โรคโควิด – 19))

ผู้มาประชุม

๑.	ศาสตราจารย์ ดร.วิรุณ ตั้งเจริญ	นายกสภามหาวิทยาลัย
๒.	นายอิทธิศักดิ์ ตันติสุทธาพงศ์	อุปนายกสภามหาวิทยาลัย
๓.	ดร.ชัยพร รัตนนาคะ	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
๔.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา การพานิช	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
๕.	นายสมหมาย ปาริจฉัตต์	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
๖.	ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ปัทมสิริวัฒน์	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
๗.	ศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ประเทพา	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
๘.	ศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย สายสิงห์	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
๙.	ดร.พรเทพ ศักดิ์สุจริต	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
๑๐.	ดร.ชัยรัตน์ หลายวัชระกุล	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
๑๑.	นายประยูร เหง้าพรหมมินทร์	กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
๑๒.	นายวิโรจน์ พิพัฒน์ไชยศิริ	ประธานกรรมการส่งเสริมกิจการมหาวิทยาลัย
๑๓.	อาจารย์สันติภาพ ศิริวัฒนไพบูลย์	ประธานสภาคณาจารย์และข้าราชการ
๑๔.	รองศาสตราจารย์ ดร.ฤทธิชัย พิลาไชย	กรรมการจากผู้ดำรงตำแหน่งบริหาร
๑๕.	อาจารย์ ดร.ศิลปชัย เจริญ	กรรมการจากผู้ดำรงตำแหน่งบริหาร
๑๖.	อาจารย์ ดร.วิบูล เป็นสุข	กรรมการจากผู้ดำรงตำแหน่งบริหาร
๑๗.	อาจารย์ ดร.เอกราช ดีนาง	กรรมการจากผู้ดำรงตำแหน่งบริหาร
๑๘.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัครพล สีหนาท	กรรมการจากคณาจารย์ประจำ
๑๙.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชฎาภรณ์ แสงทามาตย์	กรรมการจากคณาจารย์ประจำ
๒๐.	อาจารย์ศิริสิทธิ์ จิตรสุวรรณ	กรรมการจากคณาจารย์ประจำ
๒๑.	อาจารย์กรณ์ณเศรษฐ์ ชินมหาวงศ์	กรรมการจากคณาจารย์ประจำ
๒๒.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม	เลขานุการสภามหาวิทยาลัย

หมายเหตุ ๑. นายกสภามหาวิทยาลัย อุปนายกสภามหาวิทยาลัย กรรมการสภามหาวิทยาลัยผู้ทรงคุณวุฒิลำดับที่ ๓-๕ ประชุมทางไกลผ่านระบบออนไลน์ร่วมกับการประชุมของกรรมการ ณ ห้องประชุมสภามหาวิทยาลัยชั้น ๘ อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

๒. กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิว่างลง ๑ ตำแหน่ง

รับรองสำเนาถูกต้อง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม)
รองอธิการบดี
เลขานุการสภามหาวิทยาลัย

ผู้ไม่มาประชุม (เนื่องจากติดราชการ/ติดภารกิจ)

๑. นายจรูญ ถาวรจักร์	อธิการบดี

ผู้เข้าร่วมประชุม/ผู้ปฏิบัติงานการประชุม

๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิศรา ธัญสุนทรสกุล	รองอธิการบดี
๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณีญา สุราช	รองอธิการบดี
๓. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กรีฑา พรหมเทพ	(แทน) คณบดีคณะครุศาสตร์
๔. อาจารย์ ดร.อภิรักษ์ ลอยแก้ว	คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
๕. รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สุทธิบาก	คณบดีคณะเทคโนโลยี
๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รชต สวนสวัสดิ์	(แทน) คณบดีคณะวิทยาการจัดการ
๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์ อนันตกุล	คณบดีคณะพยาบาลศาสตร์
๘. นางสาวพิทยาภรณ์ สุทธิอาจ	ผู้อำนวยการสำนักงานอธิการบดี
๙. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัฒนาภรณ์ ชัยประเสริฐ	ผู้อำนวยการสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน
๑๐. อาจารย์ ดร.มงคล ทะกอง	ผู้อำนวยการสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีฯ
๑๑. อาจารย์ระพีพรรณ จันทรสา	ผู้อำนวยการสำนักศิลปะและวัฒนธรรม
๑๒. นางเจริญรัตน์ บุญมาตุ่น	ผู้อำนวยการกองกลาง
๑๓. นางสาวมลฤดี เศษณะเวช	รักษาการหัวหน้างานคลัง
๑๔. นางผ่องพรรณ ชาลีหงษ์	พนักงานธุรการ ส๔/หน.
๑๕. นายพงษ์ภควัตร บุญพา ศรีบุญเรือง	บุคลากรปฏิบัติการ
๑๖. นางสาวพัชรีย์ ทองสมบัติ	นักวิชาการศึกษาปฏิบัติการ
๑๗. นางสาวหทัยนันท์ สุขรมย์	นักวิชาการศึกษาปฏิบัติการ
๑๘. นางอนงค์ กลิ่นสน	เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไปปฏิบัติการ
๑๙. นางนฤมล ฤทธิ์มหา	เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไปปฏิบัติการ
๒๐. นางสาวอรรถวดี ภูมิภาค	เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไปปฏิบัติการ
๒๑. นายพีระพงษ์ น้อมระวี	นักวิชาการโสตทัศนศึกษาปฏิบัติการ
๒๒. นายเกษมพันธ์ หาญชนะวงศ์	ผู้ปฏิบัติงานโสตทัศนูปกรณ์
๒๓. นางสาวประภัสสร ดิลกแพทย์	นักประชาสัมพันธ์ปฏิบัติการ
๒๔. นายพรอนุรักษ์ สุทธิคณะ	อาจารย์สาขาวิชานิติศาสตร์

กรรมการที่ประชุมทางไกลแสดงตนผ่านระบบออนไลน์ก่อนเริ่มประชุม

เริ่มประชุม เวลา ๐๙.๓๐ น.

ศาสตราจารย์ ดร.วิรุณ ตั้งเจริญ นายกสภามหาวิทยาลัย ตรวจสอบจำนวนกรรมการที่ร่วมประชุม แล้วเห็นว่าครบเป็นองค์ประชุมแล้ว จึงได้กล่าวเปิดการประชุมและดำเนินการประชุมตามระเบียบวาระ

รับรองสำเนาถูกต้อง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม)
รองอธิการบดี
เลขานุการสภามหาวิทยาลัย

ระเบียบวาระที่ ๑ เรื่องประธานแจ้งให้ที่ประชุมทราบ

ศาสตราจารย์ ดร.วิรุณ ตั้งเจริญ นายกสภามหาวิทยาลัย แจ้งให้ที่ประชุมทราบว่า เนื่องจากอธิการบดีติดราชการสำคัญ จึงได้แจ้งลาการประชุม

ที่ประชุมรับทราบเรื่องที่ประธานแจ้งให้ทราบ

ระเบียบวาระที่ ๒ เรื่องรับรองรายงานการประชุม

๒.๑ รายงานการประชุมครั้งที่ ๙/๒๕๖๔ ประชุมเมื่อวันที่ ๒๕ กันยายน ๒๕๖๔

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาติชาย ม่วงปฐม เลขานุการสภามหาวิทยาลัย นำเรียนว่า ตามที่มีการประชุมสภามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ครั้งที่ ๙/๒๕๖๔ ประชุมเมื่อวันที่ ๒๕ กันยายน ๒๕๖๔ ณ ห้องประชุมสภามหาวิทยาลัย ชั้น ๘ อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ซึ่งเป็นการประชุมในรูปแบบผสมผสานกับการสื่อสารทางออนไลน์ไปแล้วนั้น งานเลขานุการสภามหาวิทยาลัยจัดทำรายงานการประชุม และได้ส่งให้กรรมการสภามหาวิทยาลัยตรวจสอบก่อนวันประชุม

รายละเอียดในรายงานการประชุมประกอบด้วย

รายชื่อผู้มาประชุมและผู้ไม่มาประชุม

ระเบียบวาระที่ ๑ เรื่องประธานแจ้งให้ที่ประชุมทราบ

ระเบียบวาระที่ ๒ เรื่องรับรองรายงานการประชุม

ระเบียบวาระที่ ๓ เรื่องสืบเนื่อง ได้แก่

๓.๑ รายงานการติดตามการดำเนินงานตามมติสภามหาวิทยาลัย

ระเบียบวาระที่ ๔ เรื่องเสนอเพื่อทราบ ได้แก่

๔.๑ กรรมการสภามหาวิทยาลัยผู้ทรงคุณวุฒิ ลาออกจากตำแหน่ง

๔.๒ รายงานทางการเงินและทรัพย์สินประจำเดือนสิงหาคม ๒๕๖๔

๔.๓ รายงานผลการดำเนินงานแผนงานบูรณาการวิจัยที่นำองค์ความรู้ เทคโนโลยี และนวัตกรรมลงไปยกระดับกลุ่มเกษตรกร และผู้ประกอบการในพื้นที่

เรื่องที่ประธานกรรมการส่งเสริมกิจการมหาวิทยาลัยแจ้งให้ทราบเรื่องการมอบทุนการศึกษา

ระเบียบวาระที่ ๕ เรื่องเสนอเพื่อพิจารณา ได้แก่

๕.๑ การพิจารณา (ร่าง) พระราชกฤษฎีกา ว่าด้วย ปริญญาในสาขาวิชา อักษรย่อสำหรับสาขาวิชา ครุยวิทยฐานะ เข็มวิทยฐานะ ครุยประจำตำแหน่งของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (ฉบับที่..) พ.ศ.....

๕.๒ การกำหนดนโยบายเพื่อเป็นแนวทางในการบริหาร พัฒนามหาวิทยาลัยเพื่อเป็นกรอบในการเสนอชื่อผู้สมควรดำรงตำแหน่งอธิการบดี

๕.๓ การพิจารณาให้ความเห็นชอบ (ร่าง) ประกาศสภามหาวิทยาลัย เรื่อง นโยบาย หลักเกณฑ์และวิธีการรับนิสิตนักศึกษาพิการเข้าศึกษา ประจำปีการศึกษา ๒๕๖๕

๕.๔ การพิจารณาให้ความเห็นชอบหลักสูตรการศึกษา

(หลักสูตรใหม่)

๕.๔.๑ หลักสูตรศิลปศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภาษาอังกฤษธุรกิจ หลักสูตรใหม่ พ.ศ. ๒๕๖๔ (หลักสูตรนานาชาติ)

๕.๔.๒ หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการสอนภาษาอังกฤษสำหรับผู้พูดภาษาอื่น หลักสูตรใหม่ พ.ศ. ๒๕๖๔

รับรองสำเนาถูกต้อง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม)
รองอธิการบดี
เลขานุการสภามหาวิทยาลัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชฎาภรณ์ แสงทามาตย์ และ อาจารย์ศิริสิทธิ์ จิตรสุวรรณ

๖. ประธานสภาคณาจารย์และข้าราชการ เป็นกรรมการโดยตำแหน่ง

๗. ประธานคณะกรรมการส่งเสริมกิจการมหาวิทยาลัย เป็นกรรมการโดยตำแหน่ง

๘. ผู้อำนวยการสำนักงานอธิการบดี เป็นเลขานุการโดยตำแหน่ง

มติที่ประชุม

เห็นชอบให้มีการสรรหากรรมการสภามหาวิทยาลัยผู้ทรงคุณวุฒิแทนผู้พ้นจากตำแหน่งก่อนครบวาระ และพิจารณาดำเนินการให้ได้มาซึ่งคณะกรรมการสรรหา ตามข้อ ๗ ของข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วย คุณสมบัติ หลักเกณฑ์และวิธีการสรรหากรรมการสภามหาวิทยาลัยผู้ทรงคุณวุฒิ พ.ศ. ๒๕๕๘ ดังนี้

๑. อธิการบดี เป็นประธานโดยตำแหน่ง

๒. รองอธิการบดีซึ่งเลือกกันเอง จำนวนสองคน เป็นกรรมการ

มอบหมายเลขานุการสภามหาวิทยาลัยดำเนินการให้ได้มาซึ่งรายชื่อกรรมการที่จะเสนอแต่งตั้ง

๓. คณบดีซึ่งเลือกกันเอง จำนวนสองคน เป็นกรรมการ

มอบหมายเลขานุการสภามหาวิทยาลัยดำเนินการให้ได้มาซึ่งรายชื่อกรรมการที่จะเสนอแต่งตั้ง

๔. ผู้อำนวยการสถาบัน สำนัก ศูนย์ หัวหน้าส่วนราชการ หรือหน่วยงานที่เรียกชื่ออย่างอื่นที่มีฐานะเทียบเท่าคณะซึ่งเลือกกันเอง จำนวนสองคน เป็นกรรมการ

มอบหมายเลขานุการสภามหาวิทยาลัยดำเนินการให้ได้มาซึ่งรายชื่อกรรมการที่จะเสนอแต่งตั้ง

๕. กรรมการสภามหาวิทยาลัยจากผู้แทนคณาจารย์ประจำ ซึ่งเลือกกันเองจำนวนสองคน เป็นกรรมการ

กรรมการสภามหาวิทยาลัยจากผู้แทนคณาจารย์ประจำเลือกกันเองจำนวนสองคนในที่ประชุม ได้แก่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชฎาภรณ์ แสงทามาตย์ และ อาจารย์ศิริสิทธิ์ จิตรสุวรรณ

๖. ประธานสภาคณาจารย์และข้าราชการ เป็นกรรมการโดยตำแหน่ง

๗. ประธานคณะกรรมการส่งเสริมกิจการมหาวิทยาลัย เป็นกรรมการโดยตำแหน่ง

๘. ผู้อำนวยการสำนักงานอธิการบดี เป็นเลขานุการโดยตำแหน่ง

โดยให้นำเสนอรายชื่อเพื่อแต่งตั้งคณะกรรมการสรรหากรรมการสภามหาวิทยาลัยผู้ทรงคุณวุฒิในการประชุมคราวต่อไป

๕.๒ การพิจารณาให้ความเห็นชอบหลักสูตรการศึกษา

ข้อเท็จจริง

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ได้ตระหนักถึงความสำคัญในการจัดทำหลักสูตรการศึกษาให้สอดคล้องและบูรณาการกับพันธกิจด้านการวิจัยและการบริการวิชาการที่มุ่งเน้นการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาท้องถิ่น ยกระดับการพัฒนาไปสู่การเป็นสถาบันอุดมศึกษาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน จึงได้มีการส่งเสริมให้จัดทำหลักสูตรใหม่เพื่อตอบสนองต่อความต้องการและเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตและพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณภาพในศาสตร์ต่างๆ รวมทั้งการปรับปรุงหลักสูตรการศึกษา การปรับเปลี่ยนอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร อาจารย์ประจำหลักสูตร ตลอดจนการปรับปรุงแก้ไขรายละเอียดของหลักสูตรให้เป็นไปตามประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง เกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี พ.ศ. ๒๕๕๘ ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง เกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษา พ.ศ. ๒๕๕๘ และระเบียบ มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ทันต่อความเปลี่ยนแปลง

จึงนำเสนอเพื่อให้สภามหาวิทยาลัยพิจารณาให้ความเห็นชอบหลักสูตรการศึกษา ดังนี้

รับรองสำเนาถูกต้อง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม)
รองอธิการบดี
เลขานุการสภามหาวิทยาลัย

(หลักสูตรปรับปรุง กรณีครบรอบการปรับปรุง)

๕.๒.๑ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.๒๕๖๕

๕.๒.๒ หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษาและสุขศึกษา (๕ ปี) หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๕

(หลักสูตรปรับปรุงเล็กน้อย กรณีปรับเปลี่ยนอาจารย์ประจำหลักสูตร)

๕.๒.๓ หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๕

ทั้งนี้ สภาวิชาการพิจารณาหลักสูตรการศึกษา ตาม ๕.๒.๑ – ๕.๒.๓ ในการประชุมครั้งที่ ๗/๒๕๖๔ เมื่อวันที่ ๑๘ กันยายน ๒๕๖๔ แล้วมีมติให้เสนอสภามหาวิทยาลัยเพื่อพิจารณาให้ความเห็นชอบต่อไป

ข้อกฎหมาย

พระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ.๒๕๔๗

มาตรา ๑๘ บัญญัติว่า “สภามหาวิทยาลัย มีอำนาจและหน้าที่ควบคุมดูแลกิจการทั่วไปของมหาวิทยาลัยและโดยเฉพาะให้มีอำนาจและหน้าที่ ดังนี้

(๗) พิจารณาให้ความเห็นชอบหลักสูตรการศึกษาให้สอดคล้องกับมาตรฐานที่คณะกรรมการการการอุดมศึกษากำหนด

(๑๕) พิจารณาและให้ความเห็นชอบในเรื่องที่เกี่ยวกับกิจการของมหาวิทยาลัยตามที่อธิการบดีหรือสภาวิชาการเสนอ และอาจมอบหมายให้อธิการบดีหรือสภาวิชาการปฏิบัติการอย่างหนึ่งอย่างใดอันอยู่ในอำนาจและหน้าที่ของสภามหาวิทยาลัยได้”

ประเด็นพิจารณา

สภามหาวิทยาลัยพิจารณาให้ความเห็นชอบหลักสูตรการศึกษา

(หลักสูตรปรับปรุง กรณีครบรอบการปรับปรุง)

๕.๒.๑ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๕

(เอกสารประกอบการพิจารณาแยกเล่ม)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ ศรีชาติ ตัวแทนอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร นำเรียนรายละเอียดการปรับปรุงหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๕ สรุปได้ ดังนี้

๑. หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๕ ปรับปรุงมาจากหลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๕๙ ซึ่งเป็นหลักสูตรทางวิชาชีพ โดยมีการแต่งตั้งคณะกรรมการวิพากษ์หลักสูตร และดำเนินการปรับปรุงปรัชญาหลักสูตรให้สอดคล้องกับพันธกิจของมหาวิทยาลัย เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของภาคอุตสาหกรรมในท้องถิ่น แต่ก็ยังคงรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับหลักเกณฑ์ของสภาวิชาชีพ

๒. หลักสูตรมีการอ้างอิงเรื่องการรับรองหลักสูตร ให้สอดคล้องกับระเบียบสภาวิศวกร เรื่องการขอรับรองหลักสูตรที่ต้องขอรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม โครงสร้างหลักสูตรตามที่สภาวิศวกรกำหนด ไม่ได้กำหนดรายวิชาของหลักสูตรเป็นการเฉพาะ แต่กำหนดเป็นองค์ความรู้ที่จะต้องมีในการเรียนตามหลักสูตร ได้แก่ ส่วนที่เป็นองค์ความรู้ที่เป็นวิชาบังคับ และองค์ความรู้ที่เป็นวิชาเลือก

๓. มีการเพิ่มวัตถุประสงค์ของหลักสูตรที่ต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในงานวิศวกรรมเครื่องกล เครื่องจักรกลการเกษตร ระบบควบคุมการผลิต ระบบความรู้สึกและพลังงานเพื่อตอบสนองต่อความต้องการภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่บริการวิชาการและท้องถิ่น และสร้างผู้ประกอบการ Start- up

รับรองสำเนาถูกต้อง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม)
รองอธิการบดี
เลขานุการสภามหาวิทยาลัย

๔. สำหรับโครงสร้างหลักสูตรมีการปรับลดจำนวนหน่วยกิตรวมตลอดหลักสูตรจาก ๑๔๘ หน่วยกิต เป็น ๑๓๘ หน่วยกิต โดยมีการบูรณาการรายวิชาบางรายวิชา ย้ายหมวด ปรับชื่อรายวิชา ปรับคำอธิบายรายวิชาในบางรายวิชา ปรับบางรายวิชาออกจากหลักสูตร เป็นต้น

ศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ประเทพา กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ตั้งข้อสังเกตสรุปได้ว่า หลักสูตรปรับปรุงที่นำเสนอ ระบุรายละเอียดต่างๆ ไว้อย่างครบถ้วนเหมาะสม โดยเฉพาะข้อมูลปรัชญาและวัตถุประสงค์ของหลักสูตรสามารถเรียบเรียงได้ดีมากแสดงให้เห็นถึงความมุ่งมั่นของผู้จัดทำหลักสูตร อย่างไรก็ตาม ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรควรมีการพัฒนาศักยภาพในด้านวุฒิการศึกษาให้สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาเอก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา การพานิช กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ แสดงความคิดเห็นต่อการนำเสนอหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๕ สรุปได้ดังนี้

๑. หลักสูตรสามารถจัดทำรายละเอียดเล่มหลักสูตรได้ดีเกินความคาดหมายทั้งที่เป็นหลักสูตรที่เน้นการปฏิบัติ โดยเฉพาะในหมวดที่ ๒ ข้อมูลเฉพาะของหลักสูตร สามารถเรียบเรียงรายละเอียดได้ดีมาก โดยเฉพาะมีการแสดงตารางจำแนกผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง (Expected Learning Outcomes : ELO) ของหลักสูตร (หน้า ๑๓) เช่นใน ELO1 แสดงผลการเรียนรู้ในด้านการมีคุณธรรมและจริยธรรม โดยคอลัมน์ที่ ๔ มีการแสดงผลการเรียนรู้ตามทฤษฎีของ Bloom's Taxonomy มาใช้จำแนกระดับผลการเรียนรู้เป็น C = Cognitive / AF = Affective / P = Psychomotor ถือว่าเป็นความสามารถของผู้จัดทำหลักสูตรที่สามารถประยุกต์ทฤษฎีการเรียนรู้ตามหลักการจัดการศึกษามาใช้ในการทำเอกสารเล่มหลักสูตร

๒. ในเอกสารเล่มหลักสูตรหมวดที่ ๒ ข้อมูลเฉพาะของหลักสูตร (หน้า ๑๖) มีการแสดงตารางความคาดหวังของผลลัพธ์การเรียนรู้เมื่อสิ้นปีการศึกษาตั้งแต่ปีที่ ๑ ถึง ปีที่ ๔ การกำหนดความคาดหวังผลลัพธ์การเรียนรู้ไว้ในเอกสารเล่มหลักสูตรเป็นสิ่งที่ดีมาก ถือว่าเป็นวิธีการกำกับการเรียนการสอนไม่ว่าในรายวิชาใด เพื่อพัฒนาผู้เรียนมีให้มีความเจริญงอกงาม มีพัฒนาการที่เป็นไปตามผลลัพธ์การเรียนรู้ที่คาดหวังเมื่อสิ้นปีการศึกษา

๓. สิ่งที่จะต้องดำเนินการในการกำหนดความคาดหวังของผลลัพธ์การเรียนรู้เมื่อสิ้นปีการศึกษา คือการระบุรายละเอียดที่ชัดเจนเพื่อให้สื่อสารกับผู้เรียนและผู้สอนได้ตรงกับความคาดหวัง ยกตัวอย่างในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ได้กำหนดความคาดหวังเมื่อสิ้นปีการศึกษาที่ ๑ ว่า นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจในหลักการ ทฤษฎีพื้นฐานทางวิศวกรรมเครื่องกล เพื่อให้การกำหนดความคาดหวังของผลลัพธ์การเรียนรู้เมื่อสิ้นปีการศึกษาเกิดประโยชน์สูงสุด ควรมีการจัดทำแบบฟอร์มในการสำรวจตามที่ได้กำหนดความคาดหวังของผลลัพธ์การเรียนรู้ไว้ นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจในหลักทฤษฎีพื้นฐานมากน้อยเพียงใด ซึ่งเป็นการนำไปสู่การประเมินตนเองของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

ศาสตราจารย์ ดร.วิรุณ ตั้งเจริญ นายกสภามหาวิทยาลัย กล่าวสรุปว่า ขอให้ผู้จัดทำหลักสูตรปรับปรุงตามที่นำเสนอนำข้อสังเกตและข้อเสนอแนะของกรรมการสภามหาวิทยาลัย ไปพิจารณาดำเนินการให้เกิดประโยชน์มากที่สุด หากไม่มีความเห็นประการอื่นขอให้ที่ประชุมเห็นชอบหลักสูตรตามที่นำเสนอ

มติที่ประชุม

๑. เห็นชอบหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๕ โดยให้เปิดสอนในภาคการศึกษาที่ ๑ ปีการศึกษา ๒๕๖๕

๒. มอบหมายให้ผู้รับผิดชอบในการจัดทำหลักสูตรตรวจทานความถูกต้องของรายละเอียดในเล่มหลักสูตร ก่อนนำเสนอหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และให้นำข้อเสนอแนะและข้อสังเกตของกรรมการสภามหาวิทยาลัยไปพิจารณาดำเนินการให้เป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนต่อไป

รับรองสำเนาถูกต้อง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม)
รองอธิการบดี
เลขานุการสภามหาวิทยาลัย

๕.๒.๒ หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษาและสุขศึกษา (๕ ปี) หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๕

(เอกสารประกอบการพิจารณาแยกเล่ม)

อาจารย์วันวิสา ป้อมประสิทธิ์ ตัวแทนอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร นำเรียนรายละเอียดการปรับปรุงหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษาและสุขศึกษา (๕ ปี) หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๕ สรุปได้ว่า กรณีที่มีการปรับปรุง ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรและอาจารย์ประจำหลักสูตร โดยผู้ที่เป็นอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรและอาจารย์ประจำหลักสูตรมีคุณสมบัติและคุณวุฒิเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตร มีการปรับปรัชญาและวัตถุประสงค์ของหลักสูตร ปรับจำนวนหน่วยกิตรวมตลอดหลักสูตรจากไม่น้อยกว่า ๑๗๘ หน่วยกิต เป็นไม่น้อยกว่า ๑๗๑ หน่วยกิต ในส่วนรายวิชามีการบูรณาการรายวิชา เพิ่มรายวิชา ปรับรหัสวิชา ปรับชื่อรายวิชา ปรับคำอธิบายรายวิชา เพื่อให้รายวิชามีความทันสมัยและมีความเหมาะสมกับบริบทในปัจจุบัน

ศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ประเทพา กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ตั้งข้อสังเกตในการนำเสนอการปรับปรุงหลักสูตร สรุปได้ว่า ตำแหน่งทางวิชาการของอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรต้องพัฒนาให้อยู่ในระดับที่สูงขึ้น สำหรับผลงานทางวิชาการของอาจารย์ผู้รับผิดอบหลักสูตรพบว่าส่วนใหญ่เป็นผลงานที่มีการตีพิมพ์เผยแพร่ภายในวารสารของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ควรส่งเสริมให้มีการตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานทางวิชาการในวารสารวิชาการภายนอกที่มีมาตรฐานมากขึ้น นอกจากนี้ อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรควรมีการพัฒนาศักยภาพในด้านวุฒิการศึกษาให้สำเร็จการศึกษาถึงระดับปริญญาเอก

นายสมหมาย ปาริจฉัตต์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ตั้งข้อสังเกตว่า แม้ว่าจะมีการปรับลดจำนวนหน่วยกิตรวมตลอดหลักสูตรจากไม่น้อยกว่า ๑๗๘ หน่วยกิต เป็นไม่น้อยกว่า ๑๗๑ หน่วยกิต ซึ่งยังถือว่าเป็นจำนวนที่มาก เป็นไปได้หรือไม่ที่จะปรับปรุงให้เป็นหลักสูตร ๔ ปี

อาจารย์วันวิสา ป้อมประสิทธิ์ ตัวแทนอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร นำเรียนว่า หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษาและสุขศึกษา (๕ ปี) หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๕ เป็นหลักสูตรเอกคู่ ซึ่งมีข้อกำหนดของคุรุสภาในเรื่องจำนวนหน่วยกิ ทำให้ไม่สามารถปรับปรุงเป็นหลักสูตร ๔ ปีได้

ศาสตราจารย์ ดร.วิรุณ ตั้งเจริญ นายกสภามหาวิทยาลัย หลักสูตรอาจใช้วิธีการบูรณาการการเรียนการสอนเพื่อให้นักศึกษาสำเร็จการศึกษาได้เร็วขึ้น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา การพานิช กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ตั้งข้อสังเกตสรุปได้ดังนี้

๑. หลักสูตรที่นำเสนอเป็นหลักสูตรทางด้านครุศาสตร์ ควรจะเรียบเรียงรายละเอียดในหมวดที่ ๒ ข้อมูลเฉพาะของหลักสูตรได้ดีกว่าที่นำเสนอ โดยเฉพาะควรจะมีการแสดงข้อมูลจำแนกผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง (Expected Learning Outcomes : ELO) ของหลักสูตร ซึ่งโดยปกติจะปรากฏในเอกสารเล่มหลักสูตรไม่ว่าจะเป็นหลักสูตรใหม่หรือหลักสูตรปรับปรุง

๒. หลักสูตรที่นำเสนอควรมีการกำหนดรายละเอียดในรูปแบบตารางแสดงความคาดหวังของผลลัพธ์การเรียนรู้เมื่อสิ้นปีการศึกษา ซึ่งเคยมีบางหลักสูตรที่นำเสนอต่อสภามหาวิทยาลัยระบุไว้ในเล่มหลักสูตร การกำหนดรายละเอียดแสดงความคาดหวังของผลลัพธ์การเรียนรู้เมื่อสิ้นปีการศึกษาปีในแต่ละปี ตั้งแต่ปีที่ ๑ ถึง ปีที่ ๔ ซึ่งเป็นการกำหนดผลลัพธ์ของการเรียนรู้ว่า ความรู้ความเข้าใจทางด้านทักษะ เจตคติใดที่มีการพัฒนาขึ้นหลังจากจบการศึกษาในแต่ละปี เป็นประโยชน์อย่างมากต่อการจัดการเรียนการสอน พร้อมกับจะต้องมีแนวทางในการประเมินด้วยวิธีการในหลายๆ รูปแบบเพื่อให้ทราบว่าผลลัพธ์การเรียนรู้เมื่อสิ้นปีการศึกษาแต่ละปี ผู้เรียนได้พัฒนาเป็นไปตามความคาดหวังของผลลัพธ์การเรียนรู้หรือไม่ประการใด

รับรองสำเนาถูกต้อง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม)
รองอธิการบดี
เลขานุการสภามหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ดร.วิรุณ ตั้งเจริญ นายกสภามหาวิทยาลัย กล่าวสรุปว่า ขอให้ผู้จัดทำหลักสูตรปรับปรุงตามที่นำเสนอนำข้อสังเกตและข้อเสนอแนะของกรรมการสภามหาวิทยาลัย โดยเฉพาะ อย่างยิ่งเรื่องการประเมินผลลัพธ์ทางการศึกษา ไปพิจารณาดำเนินการให้เกิดประโยชน์มากที่สุด หากไม่มีความเห็นประการอื่นขอให้ที่ประชุมเห็นชอบหลักสูตรตามที่นำเสนอ

มติที่ประชุม

๑. เห็นชอบหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษาและสุขศึกษา (๕ ปี) หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๕ โดยให้เปิดสอนในภาคการศึกษาที่ ๑ ปีการศึกษา ๒๕๖๕

๒. มอบหมายให้ผู้รับผิดชอบในการจัดทำหลักสูตรตรวจทานความถูกต้องของรายละเอียดในเล่มหลักสูตร ก่อนนำเสนอหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และให้นำข้อเสนอแนะและข้อสังเกตของกรรมการสภามหาวิทยาลัยไปพิจารณาดำเนินการให้เป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนต่อไป

(หลักสูตรปรับปรุงเล็กน้อย กรณีปรับเปลี่ยนอาจารย์ประจำหลักสูตร)

๕.๒.๓ หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๕

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม เลขานุการสภามหาวิทยาลัย นำเรียนว่า เนื่องด้วยคณะกรรมการบริหารหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๓ มีความประสงค์ในการขอปรับเพิ่มอาจารย์ประจำหลักสูตร คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศศิพงษ์ ศรีสวัสดิ์ เพื่อเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการหลักสูตร โดยโครงสร้างหลักสูตรคงเดิม

(รายละเอียดตามแบบ สมอ.๐๘)

กรรมการสภามหาวิทยาลัยพิจารณาการปรับปรุงเล็กน้อย หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๕

มติที่ประชุม

เห็นชอบในการปรับปรุงเล็กน้อย หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๕ โดยปรับเพิ่ม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศศิพงษ์ ศรีสวัสดิ์ เป็นอาจารย์ประจำหลักสูตร โดยโครงสร้างหลักสูตรคงเดิม

รับรองสำเนาถูกต้อง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม)
รองอธิการบดี
เลขานุการสภามหาวิทยาลัย

สมอ.๐๘

การปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๓
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

๑. หลักสูตรฉบับดังกล่าวนี้ได้รับทราบ/รับรองการเปิดสอนจากสำนักงาน
คณะกรรมการอุดมศึกษา เมื่อวันที่ ๑๑ เดือน มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๓ .

๒. สภามหาวิทยาลัย ได้อนุมัติการปรับปรุงแก้ไข ครั้งนี้แล้ว ในคราวประชุม
ครั้งที่.....เมื่อวันที่..... เดือน..... พ.ศ..... .

๓. หลักสูตรปรับปรุงแก้ไขนี้เริ่มใช้กับนักศึกษารุ่นปีการศึกษา
ตั้งแต่ภาคการศึกษาที่ ๑ ปีการศึกษา ๒๕๖๔

๔. เหตุผลในการปรับปรุงแก้ไข
เป็นตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๕๒ และตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษา พ.ศ. ๒๕๕๘

๕. สาระในการปรับปรุงแก้ไข
เนื่องด้วยคณะกรรมการบริหารหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๓ มีความประสงค์ในการขอปรับเพิ่มอาจารย์ประจำหลักสูตร คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศศิพงษ์ ศรีสวัสดิ์ เพื่อเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการหลักสูตร โดยโครงสร้างหลักสูตรคงเดิม

รับรองสำเนาถูกต้อง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม)
รองอธิการบดี
เลขานุการสภามหาวิทยาลัย

อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร/อาจารย์ประจำหลักสูตร (เดิม)

ที่	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งทางวิชาการ	คุณวุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษา	
				สถาบัน	ปี พ.ศ.
๑	นางทัศนีย์ บุญเติม	รอง ศาสตราจารย์	ค.ด.(หลักสูตรและการสอน) ค.ม.(การศึกษาวิทยาศาสตร์) ค.บ.(ฟิสิกส์-คณิตศาสตร์)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	๒๕๓๘ ๒๕๑๘ ๒๕๑๖
๒	นายชาติชาย ม่วงปฐม	ผู้ช่วย ศาสตราจารย์	ค.ด. (หลักสูตรและการสอน) กศ.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา) กศ.บ. (วิทยาศาสตร์ทั่วไป)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร	๒๕๔๐ ๒๕๓๑ ๒๕๒๗
๓	นางสาวจุฬามาศ จันทร์ศรีสุคต	รอง ศาสตราจารย์	ปร.ด.(หลักสูตรและการเรียนการสอน) ศษ.ม. (การประถมศึกษา) ศษ.บ. (การประถมศึกษา)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น	๒๕๕๓ ๒๕๓๗ ๒๕๓๓
๔	นางสาวรุ่งทิวา จันทน์วัฒนวงษ์	อาจารย์	ศษ.ด. (หลักสูตรและการสอน) ค.ม. (การประถมศึกษา) กศ.บ. (การประถมศึกษา)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน	๒๕๔๙ ๒๕๓๓ ๒๕๒๘
๕	นายอุดม จำรัสพันธุ์	ผู้ช่วย ศาสตราจารย์	ค.ด. (จิตวิทยาการศึกษา) ค.ม. (บริหารการศึกษา) ค.บ. (คณิตศาสตร์)	จุฬาลงกรณ์หาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์หาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์หาวิทยาลัย	๒๕๔๕ ๒๕๓๗ ๒๕๓๕
๖	นางประยงค์ กลั่นฤทธิ์	รอง ศาสตราจารย์	D.Ed. (TESOL) ค.ม. (การนิเทศการศึกษาและพัฒนาหลักสูตร) ค.บ. (ภาษาอังกฤษ)	The University of Melbourne, Australia จุฬาลงกรณ์หาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์หาวิทยาลัย	๒๕๔๘ ๒๕๒๓ ๒๕๑๔
๗	นางสาว พัดตาวัน นาใจแก้ว	ผู้ช่วย ศาสตราจารย์	ปร.ด.(วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศึกษา) ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู วท.บ.(ฟิสิกส์)	มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	๒๕๕๑ ๒๕๔๖ ๒๕๔๕
๘	นางรพีพร สร้อยน้ำ	ผู้ช่วย ศาสตราจารย์	Ph.D. (Education) – TESOL กศ.ม. (ภาษาศาสตร์การศึกษา) กศ.บ. (ภาษาอังกฤษ)	Edith Cowan University, Australia มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก	๒๕๔๘ ๒๕๒๘ ๒๕๒๔

รับรองสำเนาถูกต้อง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม)
รองอธิการบดี
เลขานุการสภามหาวิทยาลัย

ที่	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งทางวิชาการ	คุณวุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษา	
				สถาบัน	ปี พ.ศ.
๙	นางสาวจันทร์ จูมพลหล้า	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	Ph.D.(Science Education)	Banaras Hindu University, India	๒๕๕๑
			กศ.ม.(วิทยาศาสตรศึกษา)	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	๒๕๔๖
			ค.บ.(วิทยาศาสตร์ทั่วไป)	สถาบันราชภัฏสกลนคร	๒๕๔๐
๑๐	นายเอกราช ดีนาง	อาจารย์	Ph.D. (Educational Information and Measurement)	National Taichung University of Education, Taichung City, Taiwan	๒๕๕๘
			กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา)	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	๒๕๔๙
			กศ.บ. (การสอนฟิสิกส์)	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	๒๕๔๒
๑๑	นายทวีชัย บุญเติม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	ค.ด. (การอุดมศึกษา)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	๒๕๔๐
			ค.ม. (การอุดมศึกษา)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	๒๕๒๗
			ค.บ. (พลศึกษา)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	๒๕๑๗

รับรองสำเนาถูกต้อง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม)
รองอธิการบดี
เลขานุการสภามหาวิทยาลัย

อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร/อาจารย์ประจำหลักสูตร (ใหม่)

ที่	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งทางวิชาการ	คุณวุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษา	
				สถาบัน	ปี พ.ศ.
๑	นางทัศนีย์ บุญเติม	รอง ศาสตราจารย์	ค.ด.(หลักสูตรและการสอน) ค.ม.(การศึกษาวิทยาศาสตร์) ค.บ.(ฟิสิกส์-คณิตศาสตร์)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	๒๕๓๘ ๒๕๑๘ ๒๕๑๖
๒	นายชาติชาย ม่วงปฐม	ผู้ช่วย ศาสตราจารย์	ค.ด. (หลักสูตรและการสอน) กศ.ม. (วิทยาศาสตรศึกษา) กศ.บ. (วิทยาศาสตร์ทั่วไป)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทร วิโรฒ ประสานมิตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทร วิโรฒ ประสานมิตร	๒๕๔๐ ๒๕๓๑ ๒๕๒๗
๓	นางสาวจุฬามาศ จันทร์ศรีสุคต	รอง ศาสตราจารย์	ปร.ด.(หลักสูตรและการเรียนการสอน) ศษ.ม. (การประถมศึกษา) ศษ.บ. (การประถมศึกษา)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น	๒๕๕๓ ๒๕๓๗ ๒๕๓๓
๔	นางสาวรุ่งทิวา จันทน์วัฒนวงษ์	อาจารย์	ศษ.ด. (หลักสูตรและการสอน) ค.ม. (การประถมศึกษา) กศ.บ. (การประถมศึกษา)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทร วิโรฒ บางแสน	๒๕๔๙ ๒๕๓๓ ๒๕๒๘
๕	นายอุดม จำรัสพันธุ์	ผู้ช่วย ศาสตราจารย์	ค.ด. (จิตวิทยาการศึกษา) ค.ม. (บริหารการศึกษา) ค.บ. (คณิตศาสตร์)	จุฬาลงกรณ์หาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์หาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์หาวิทยาลัย	๒๕๔๕ ๒๕๓๗ ๒๕๓๕
๖	นางประยงค์ กลั่นฤทธิ์	รอง ศาสตราจารย์	D.Ed. (TESOL) ค.ม. (การนิเทศการศึกษาและพัฒนาหลักสูตร) ค.บ. (ภาษาอังกฤษ)	The University of Melbourne, Australia จุฬาลงกรณ์หาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์หาวิทยาลัย	๒๕๔๘ ๒๕๒๓ ๒๕๑๔
๗	นางสาว พัดตาวัน นาใจแก้ว	ผู้ช่วย ศาสตราจารย์	ปร.ด.(วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศึกษา) ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู วท.บ.(ฟิสิกส์)	มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	๒๕๕๑ ๒๕๔๖ ๒๕๔๕
๘	นางรพีพร สร้อยน้ำ	ผู้ช่วย ศาสตราจารย์	Ph.D. (Education) – TESOL กศ.ม. (ภาษาศาสตร์การศึกษา) กศ.บ. (ภาษาอังกฤษ)	Edith Cowan University, Australia มหาวิทยาลัยศรีนครินทร วิโรฒ ประสานมิตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทร วิโรฒ พิษณุโลก	๒๕๔๘ ๒๕๒๘ ๒๕๒๔
๙	นางสาวจันทร์ จูมพลหล้า	ผู้ช่วย ศาสตราจารย์	Ph.D.(Science Education) กศ.ม.(วิทยาศาสตรศึกษา)	Banaras Hindu University, India มหาวิทยาลัยศรีนครินทร	๒๕๕๑ ๒๕๔๖

รับรองสำเนาถูกต้อง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม)
รองอธิการบดี
เลขานุการสภามหาวิทยาลัย

ที่	ชื่อ-สกุล	ตำแหน่งทางวิชาการ	คุณวุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษา	
				สถาบัน	ปี พ.ศ.
			ค.บ.(วิทยาศาสตร์ทั่วไป)	วิโรฒ สถาบันราชภัฏสกลนคร	๒๕๔๐
๑๐	นายเอกราช ดีนาง	อาจารย์	Ph.D. (Educational Information and Measurement) กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา) กศ.บ. (การสอนฟิสิกส์)	National Taichung University of Education, Taichung City, Taiwan มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	๒๕๕๘ ๒๕๔๙ ๒๕๔๒
๑๑	นายทวีชัย บุญเติม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	ค.ด. (การอุดมศึกษา) ค.ม. (การอุดมศึกษา) ค.บ. (พลศึกษา)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	๒๕๔๐ ๒๕๒๗ ๒๕๑๗
๑๒	*นายศศิพงษ์ ศรีสวัสดิ์*	*ผู้ช่วยศาสตราจารย์*	*ปร.ด.(หลักสูตรและการเรียนการสอน)* *ศษ.ม.(หลักสูตรและการเรียนการสอน)* *ศศ.บ.(ภาษาไทย)*	*มหาวิทยาลัยขอนแก่น* *มหาวิทยาลัยขอนแก่น* *มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*	๒๕๖๓ ๒๕๕๒ ๒๕๔๖

รับรองสำเนาถูกต้อง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม)
รองอธิการบดี
เลขานุการสภามหาวิทยาลัย

๖. โครงสร้างหลักสูตรภายหลังการปรับปรุงแก้ไข (คงเดิม)

โครงสร้างหลักสูตร (เดิม)	โครงสร้างหลักสูตร (หลังปรับปรุง)
๓.๑. หลักสูตร แบบแผน ก แบบ ก๑ **๓.๑.๑ จำนวนหน่วยกิต** หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน แผน ก แบบ ก๑ หน่วยกิตรวมตลอดหลักสูตรไม่น้อยกว่า ๓๖ หน่วยกิต **๓.๑.๒ โครงสร้างหลักสูตร** โครงสร้างหลักสูตร (ไม่ได้รับใบประกอบวิชาชีพ) แบ่งเป็น ๒ หมวดวิชา คือ หมวดวิชาเสริม และวิทยานิพนธ์ ดังนี้ **๓.๑.๓ หมวดวิชาเสริม ไม่นับหน่วยกิต** **๓.๑.๔ วิทยานิพนธ์ ๓๖ หน่วยกิต** **๓.๒ หลักสูตร แบบแผน ก แบบ ก๒** **๓.๒.๑ จำนวนหน่วยกิต** หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน แผน ก แบบ ก๒ หน่วยกิตรวมตลอดหลักสูตรไม่น้อยกว่า ๓๖ หน่วยกิต **๓.๒.๒ โครงสร้างหลักสูตร** หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน (ไม่ได้รับใบประกอบวิชาชีพ) **๓.๒.๒.๑ หมวดวิชาเสริม ไม่นับหน่วยกิต** **๓.๒.๒.๒ หมวดวิชาสัมพันธ์ ๙ หน่วยกิต** **๓.๒.๒.๓ หมวดเฉพาะด้าน ๑๕ หน่วยกิต** ๑) วิชาบังคับ ๑๒ หน่วยกิต ๒) วิชาเลือก ๓ หน่วยกิต **๓.๒.๒.๔ วิทยานิพนธ์ ๑๒ หน่วยกิต**	**๓.๑. หลักสูตร แบบแผน ก แบบ ก๑** **๓.๑.๑ จำนวนหน่วยกิต** หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน แผน ก แบบ ก๑ หน่วยกิตรวมตลอดหลักสูตรไม่น้อยกว่า ๓๖ หน่วยกิต **๓.๑.๒ โครงสร้างหลักสูตร** โครงสร้างหลักสูตร (ไม่ได้รับใบประกอบวิชาชีพ) แบ่งเป็น ๒ หมวดวิชา คือ หมวดวิชาเสริม และวิทยานิพนธ์ ดังนี้ **๓.๑.๓ หมวดวิชาเสริม ไม่นับหน่วยกิต** **๓.๑.๔ วิทยานิพนธ์ ๓๖ หน่วยกิต** **๓.๒ หลักสูตร แบบแผน ก แบบ ก๒** **๓.๒.๑ จำนวนหน่วยกิต** หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน แผน ก แบบ ก๒ หน่วยกิตรวมตลอดหลักสูตรไม่น้อยกว่า ๓๖ หน่วยกิต **๓.๒.๒ โครงสร้างหลักสูตร** หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน (ไม่ได้รับใบประกอบวิชาชีพ) **๓.๒.๒.๑ หมวดวิชาเสริม ไม่นับหน่วยกิต** **๓.๒.๒.๒ หมวดวิชาสัมพันธ์ ๙ หน่วยกิต** **๓.๒.๒.๓ หมวดเฉพาะด้าน ๑๕ หน่วยกิต** ๑) วิชาบังคับ ๑๒ หน่วยกิต ๒) วิชาเลือก ๓ หน่วยกิต **๓.๒.๒.๔ วิทยานิพนธ์ ๑๒ หน่วยกิต**

รับรองสำเนาถูกต้อง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม)
รองอธิการบดี
เลขานุการสภามหาวิทยาลัย

ศักยภาพอาจารย์ประจำหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๓

ชื่อ นายศศิพงษ์ ศรีสวัสดิ์
ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ประวัติการศึกษา

ปร.ด.(หลักสูตรและการเรียนการสอน) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ๒๕๖๓
ศษ.ม.(หลักสูตรและการเรียนการสอน) มหาวิทยาลัยขอนแก่น ๒๕๕๒
ศศ.บ.(ภาษาไทย) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ๒๕๔๖

ผลงานวิชาการ

ศศิพงษ์ ศรีสวัสดิ์ และ ปริณ ทนันชัยบุตร. (๒๕๖๔). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ด้วยวิธีสแกฟโฟลด์ เพื่อส่งเสริมความสามารถการเขียนเชิงสร้างสรรค์ สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี. **วารสารวิชาการเครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ, ๑๑**(๑), ๑๑๑๕-๑๓๐ (TCI กลุ่มที่ ๑ ค่าคะแนนเท่ากับ ๐.๘๐)

ศศิพงษ์ ศรีสวัสดิ์. (๒๕๖๔). การพัฒนาหลักสูตรสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม เรื่องภูมิปัญญาท้องถิ่นหมู่บ้านหินตั้งกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, ๒๓** (๑), ๓๒๑-๓๓๓. (TCI กลุ่มที่ ๑ ค่าคะแนนเท่ากับ ๐.๘๐)

ศศิพงษ์ ศรีสวัสดิ์. (๒๕๖๑). การพัฒนาทักษะการเขียนความเรียงเชิงสร้างสรรค์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีโดยใช้ชุดการสอนการเขียนความเรียงเชิงสร้างสรรค์ด้วยเทคนิคการเรียนการสอนแบบซินเนคติกส์,**วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, ๑๑** ๔.(๒), ๑๙๘-๒๑๐.(TCI กลุ่มที่ ๒ ค่าคะแนนเท่ากับ ๐.๖๐)

ศศิพงษ์ ศรีสวัสดิ์. (๒๕๖๓). การพัฒนาประสิทธิภาพของชุดการสอนการพูดสร้างแรงบันดาลใจตามแนวคิดวิถีพุทธสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี. **การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ ๔** ระหว่างวันที่ ๒๓-๒๔ เมษายน ๒๕๖๓ ณ อาคาร ๒๐ และ ๒๑ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี เขตเหนือ หน้า ๑๒๔๓-๑๒๕๒. (ค่าคะแนนเท่ากับ ๐.๒๐)

ศศิพงษ์ ศรีสวัสดิ์. (๒๕๖๒). การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อสร้างความตระหนักรู้การจัดการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมท้องถิ่นของนักศึกษาระดับปริญญาตรี. **การประชุมวิชาการและการนำเสนอโครงการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัย ด้านหลักสูตรและการสอน ประจำปีการศึกษา ๒๕๖๒** หลักสตูรและการเรียนการสอนสำหรับผู้เรียนที่หลากหลายในศตวรรษที่ ๒๑ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา หน้า ๘-๒๑. (ค่าคะแนนเท่ากับ ๐.๒๐)

ศศิพงษ์ ศรีสวัสดิ์. (๒๕๖๒). การพัฒนาประสิทธิภาพของชุดการสอนวิชาภาษาไทยเพื่อการสื่อสารด้วยสื่อ การสอนเพลงแรปสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี. **การประชุมทางวิชาการระดับชาติ. "พะเยาวิจัย ครั้งที่ ๘"** ระหว่างวันที่ ๒๔-๒๕ มกราคม ๒๕๖๒ ณ หอประชุมพญางำเมืองมหาวิทยาลัยพะเยา หน้า ๑๙๘๙-๑๙๙๖. (ค่าคะแนนเท่ากับ ๐.๒๐)

รับรองสำเนาถูกต้อง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม)
รองอธิการบดี
เลขานุการสภามหาวิทยาลัย

ศศิพงษ์ ศรีสวัสดิ์. (๒๕๖๑). การพัฒนาชุดการสอนอ่านจับใจความเรื่องภูมิปัญญาพื้นถิ่นอุดรธานีสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี. **การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ ๖ งาน เกษตรแฟร์นนทรีอีสานประจำปี ๒๕๖๑** ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ๑๐๑๕-๑๐๒๔. (ค่าคะแนนเท่ากับ ๐.๒๐)

ศศิพงษ์ ศรีสวัสดิ์. (๒๕๖๑). การพัฒนาชุดการสอนการอ่านจับใจความ เรื่องตามรอยพ่อหลวงสำหรับนักเรียนโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านนาชมภู จังหวัดอุดรธานี. **การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ ๔๖** ในวันที่ ๑๗-๑๘ พฤษภาคม ๒๕๖๑ ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติดิเอ็มเพรส โรงแรมดิเอ็มเพรส เชียงใหม่ ๑๓๕๓-๑๓๖๑. (ค่าคะแนนเท่ากับ ๐.๒๐)

ศศิพงษ์ ศรีสวัสดิ์. (๒๕๖๑). การพัฒนาชุดการสอนวิชาภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร โดยใช้บทเพลง ทำนองลูกทุ่งอีสานสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. **การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏเลยวิชาการ ประจำปี ๒๕๖๑**"การบูรณาการภูมิปัญญาสู่นวัตกรรมและ การพัฒนาอย่างยั่งยืน" หน้า ๔๘๑-๔๘๗. (ค่าคะแนนเท่ากับ ๐.๒๐)

ศศิพงษ์ ศรีสวัสดิ์. (๒๕๖๐). การพัฒนาชุดการสอนวิชาภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร โดยใช้บทเพลงช่วยสอนสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. **ในการประชุมวิชาการและประกวดนวัตกรรมบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ ๑** วันที่ ๑๗ –๑๘ สิงหาคม ๒๕๖๐ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ หน้า ๑๗๐๕- ๑๗๑๑. (ค่าคะแนนเท่ากับ ๐.๒๐)

รับรองสำเนาถูกต้อง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม)
รองอธิการบดี
เลขานุการสภามหาวิทยาลัย

เลิกประชุม เวลา ๑๑.๕๕ น.

พรอนุรักษ์ สุทธิคณะ
(นายพรอนุรักษ์ สุทธิคณะ)
จัดทำรายงานการประชุม

ชาติชาย ม่วงปฐม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม)
ผู้ตรวจรายงานการประชุม

รับรองสำเนาถูกต้อง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ม่วงปฐม)
รองอธิการบดี
[illegible]การสงฆ์มหาวิทยาลัย

- 291K Likes
- 199 Tweets
- 47 Purchases
- 32 Emails
- 2178 Photos
- 319 Sales

Toggle navigation

- จำนวนหลักสูตรทั้งหมด หลักสูตร
- จำนวนหลักสูตรที่ส่งไปรับทราบ หลักสูตร

ส่วนที่ 1 | ส่วนที่ 2 | ส่วนที่ 3

25511691104515_2114_IP:หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรปรับปรุง(พ.ศ. 2565)

พิมพ์หน้า

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี

1.1 รหัสและชื่อหลักสูตร

ประเภทการขอรับทราบ	หลักสูตรปรับปรุง (หลักสูตรปรับปรุงตามกำหนดรอบปรับปรุง)
จำนวนปริญญา	หลักสูตรปรับปรุง 1 ปริญญา
เลือกใช้เกณฑ์การประเมิน	2558
วัน/เดือน/ปี ที่สภามหาวิทยาลัยอนุมัติ	30/10/2564
ปีการศึกษาที่สภาอนุมัติให้เปิดสอน	2565
หลักสูตรสังกัดคณะ	คณะเทคโนโลยี
เริ่มใช้มาตั้งแต่ปี พ.ศ.	2551
ปรับปรุงครั้งสุดท้ายเมื่อปี พ.ศ.	2559

1.1.1 ชื่อภาษาไทย	:	หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
1.1.2 ชื่อภาษาอังกฤษ	:	Bachelor of Engineering Program in Mechanical Engineering
1.1.3 สถานที่จัดการเรียนการสอน	:	Main Campus

1.2 ชื่อปริญญาและสาขาวิชา

1.2.1 รูปแบบ :

ระดับ
ปริญญาตรี 4 ปี : ปริญญาตรีทางวิชาชีพ

1.2.2 หลักเกณฑ์การเรียกชื่อ :

ปริญญาที่	หลักเกณฑ์การเรียกชื่อ	ชื่อปริญญา (ภาษาไทย)	ชื่อปริญญา (ภาษาอังกฤษ)	ชื่อย่อปริญญา (ภาษาไทย)	ชื่อย่อปริญญา (ภาษาอังกฤษ)	ชื่อสาขาวิชา
1	เป็นไปตามพระราชกฤษฎีกา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	Bachelor of Engineering	วศ.บ.	B.Eng.	วิศวกรรมเครื่องกล

1.3 ข้อมูลประกอบ :

1.3.1 วิชาเอก		ไม่มี
1.3.2 จำนวนหน่วยกิตตลอดหลักสูตร	:	โครงสร้างหลักสูตร

3.1 หลักสูตร

3.1.1 จำนวนหน่วยกิต รวมตลอดหลักสูตร ไม่น้อยกว่า 138 หน่วยกิต

3.1.2 โครงสร้างหลักสูตร

โครงสร้างหลักสูตรแบ่งเป็น 3 หมวดวิชา ซึ่งสอดคล้องกับที่กำหนดไว้ในเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตร กระทรวงศึกษาธิการว่าด้วยเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตร ระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2558 ดังนี้

3.1.2.1 หมวดวิชาศึกษาทั่วไป	30 หน่วยกิต
3.1.2.2 หมวดวิชาเฉพาะ	102 หน่วยกิต
1) วิชาพื้นฐาน	56 หน่วยกิต
1.1) กลุ่มวิชาพื้นฐานทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์	21 หน่วยกิต
1.2) กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม	35 หน่วยกิต
2) วิชาเฉพาะด้าน	46 หน่วยกิต
2.1) กลุ่มวิชาบังคับทางวิศวกรรม	33 หน่วยกิต
2.2) กลุ่มวิชาเลือกทางวิศวกรรม	13 หน่วยกิต
2.2.1) กลุ่มวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพทางวิศวกรรมเครื่องกล	
2.2.1.1) แบบปกติ	1 หน่วยกิต
2.2.1.2) แบบสหกิจศึกษา	7 หน่วยกิต
2.2.2) กลุ่มวิชาวิศวกรรมเครื่องกล	
2.2.2.1) แบบปกติ	12 หน่วยกิต
2.2.2.2) แบบสหกิจศึกษา	6 หน่วยกิต
3.1.2.3 หมวดวิชาเลือกเสรีไม่น้อยกว่า	6 หน่วยกิต

รูปแบบ	จำนวนหน่วยกิต
ปริญญาตรี 4 ปี : ปริญญาตรีทางวิชาชีพ	138

1.3.3 ภาษาที่ใช้	:	หลักสูตรจัดการศึกษาเป็นภาษาไทย
1.3.4 การรับผู้เข้าศึกษา	:	รับทั้งนักศึกษาไทยและนักศึกษาต่างชาติ
1.3.5 ความร่วมมือกับสถาบันอื่น	:	เป็นหลักสูตรของสถาบันโดยเฉพาะ
1.3.6 การให้ปริญญาแก่ผู้สำเร็จการศึกษา	:	ให้ปริญญาเพียงสาขาวิชาเดียว

© 2018 สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม - All Rights Reserved.

- 291K Likes
- 199 Tweets
- 47 Purchases
- 32 Emails
- 2178 Photos
- 319 Sales

Toggle navigation

ส่วนที่ 1 | ส่วนที่ 2 | ส่วนที่ 3

หลักสูตร 25511691104515_2114_IP:หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรปรับปรุง(พ.ศ. 2565)

พิมพ์หน้า

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี
1.4 สถานภาพหลักสูตรและการพิจารณาอนุมัติ/เห็นชอบหลักสูตร

ภาคเรียนที่ 1 ปี 2565

เอกสารแนบ มติสภา

1_4

Filter by:

Name	Date modified	Size
CouncilApprove.pdf	21/12/2564 15:50:05	3.35 MB

1.4.1 กำหนดเปิดสอน

1.4.2 อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

ตำแหน่งทางวิชาการ	ชื่ออาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร	วุฒิการศึกษาสูงสุด	ประวัติการศึกษา/ผลงานทางวิชาการ
อาจารย์	กวีพงษ์ หงษ์ทอง	วุฒิการศึกษาสูงสุด: ปริญญาโท หลักสูตร: สาขาวิชา: GRAD_PROG_ID จบจาก มหาวิทยาลัย:	More Info...
อาจารย์	ชิตพล คงศิลา	วุฒิการศึกษาสูงสุด: ปริญญาโท หลักสูตร: สาขาวิชา: GRAD_PROG_ID จบจาก มหาวิทยาลัย:	More Info...
อาจารย์	วีระพล แก้วก่า	วุฒิการศึกษาสูงสุด: ปริญญาโท หลักสูตร: สาขาวิชา: GRAD_PROG_ID จบจาก มหาวิทยาลัย:	More Info...
ผู้ช่วยศาสตราจารย์	อดิศักดิ์ บุตรวงษ์	วุฒิการศึกษาสูงสุด: ปริญญาโท หลักสูตร: สาขาวิชา: GRAD_PROG_ID จบจาก มหาวิทยาลัย:	More Info...
อาจารย์	อภิชาติ ศรีชาติ	วุฒิการศึกษาสูงสุด: ปริญญาเอก หลักสูตร: สาขาวิชา: GRAD_PROG_ID จบจาก มหาวิทยาลัย:	More Info...

1.4.3 อาจารย์ประจำหลักสูตร

ตำแหน่งทางวิชาการ	อาจารย์ประจำหลักสูตร	วุฒิการศึกษาสูงสุด	ประวัติการศึกษา/ผลงานทางวิชาการ
อาจารย์	กวีพงษ์ หงษ์ทอง	วุฒิการศึกษาสูงสุด: ปริญญาโท หลักสูตร: สาขาวิชา: GRAD_PROG_ID จบจาก มหาวิทยาลัย:	More Info...
อาจารย์	ชิตพล คงศิลา	วุฒิการศึกษาสูงสุด: ปริญญาโท หลักสูตร: สาขาวิชา: GRAD_PROG_ID จบจาก มหาวิทยาลัย:	More Info...
อาจารย์	วีระพล แก้วก่า	วุฒิการศึกษาสูงสุด: ปริญญาโท หลักสูตร: สาขาวิชา: GRAD_PROG_ID จบจาก มหาวิทยาลัย:	More Info...
ผู้ช่วยศาสตราจารย์	อดิศักดิ์ บุตรวงษ์	วุฒิการศึกษาสูงสุด: ปริญญาโท หลักสูตร: สาขาวิชา: GRAD_PROG_ID จบจาก มหาวิทยาลัย:	More Info...
อาจารย์	อภิชาติ ศรีชาติ	วุฒิการศึกษาสูงสุด: ปริญญาเอก หลักสูตร: สาขาวิชา: GRAD_PROG_ID จบจาก มหาวิทยาลัย:	More Info...

1.5 ระบบจัดการศึกษา

1.5.1 การจัดการศึกษาและโครงสร้าง ระบบทวิภาค โดย 1 ปีการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ภาค การศึกษาปกติ 1 ภาคการศึกษาปกติมีระยะเวลาศึกษาไม่น้อยกว่า 15 สัปดาห์

หลักสูตร	มี
1.5.2 การจัดการศึกษาฤดูร้อน	ภาคฤดูร้อน (ถ้ามี) เดือน มีนาคม – เดือน พฤษภาคม ใช้เวลาการศึกษา ไม่เกิน 8 ปีการศึกษา สำหรับการลงทะเบียนเรียนเต็มเวลาและไม่เกิน 12 ปีการศึกษา สำหรับการลงทะเบียนเรียนไม่เต็มเวลา

© 2018 สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม - All Rights Reserved.

- 291K Likes
- 199 Tweets
- 47 Purchases
- 32 Emails
- 2178 Photos
- 319 Sales

Toggle navigation

ส่วนที่ 1 | ส่วนที่ 2 | ส่วนที่ 3

25511691104515_2114_IP:หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรปรับปรุง(พ.ศ. 2565)

พิมพ์หน้า

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี
1.6 ผลการพัฒนาการเรียนรู้แต่ละด้าน (ผลการเรียนรู้: Learning Outcomes)
1.6.1 ผลการเรียนรู้ หมวดวิชาศึกษาทั่วไป
ผลการพัฒนาการเรียนรู้แต่ละด้าน

	ลำดับที่	รายละเอียด
⊟	หัวข้อ: 1.คุณธรรมจริยธรรม	
	1.7	ตระหนักถึงคุณค่าความสำคัญและการอนุรักษ์สืบทอดเอกลักษณ์ที่ดีงามของไทย ภูมิปัญญาท้องถิ่น และวิถีชุมชน
	1.6	มีความเข้าใจทางประวัติศาสตร์และความหลากหลายทางวัฒนธรรม
	1.5	มีความภาคภูมิใจในความเป็นไทย และศิลปะ วัฒนธรรมไทย
	1.4	กล้าแสดงออกในสิ่งที่ถูกต้องและเป็นธรรมใช้คุณธรรมน่าความรู้
	1.3	สุภาพ อ่อนน้อมถ่อมตน รู้จักกาลเทศะ ใจกว้าง รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
	1.2	มีหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเป็นฐานในการดำเนินชีวิต
	1.1	รู้หน้าที่ มีวินัย ความรับผิดชอบ มีความมุ่งมั่นในการทำงานให้สำเร็จ
⊟	หัวข้อ: 2.ความรู้	
	2.4	มีความเข้าใจ เห็นอกเห็นใจผู้อื่นและเห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวม
	2.3	มีความรู้ และตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากร สิ่งแวดล้อมภูมิปัญญาท้องถิ่นและวิถีชุมชน
	2.2	มีความรู้และรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของสังคมทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับภูมิภาคและระดับโลก
	2.1	มีความรู้ ความเข้าใจ วิเคราะห์ หลักการ แนวคิด ทฤษฎีในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องและสามารถนำไปใช้ในการดำเนินชีวิต
⊟	หัวข้อ: 3.ทักษะทางปัญญา	
	3.8	สามารถใช้ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นในการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ
	3.7	สามารถคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และตัดสินใจได้อย่างเหมาะสม
	3.6	สามารถคิดริเริ่มสร้างสรรค์
	3.5	สามารถคิดอย่างมีระบบ มีเหตุผล มีวิจารณญาณ
	3.4	มีความเป็นผู้นำ และสามารถทำงานเป็นทีมได้
	3.3	มีความรู้ความเข้าใจและเห็นความสำคัญการเสริมสร้างสุขภาพแบบองค์รวม
	3.2	นำความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ในชีวิตประจำวัน วิเคราะห์ ประเมิน และแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม
	3.1	เป็นผู้ใฝ่รู้ และมีความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิต
⊟	หัวข้อ: 4.ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ	
	4.3	เห็นคุณค่าและยอมรับในความแตกต่างหลากหลายของมนุษย์ สังคม และวัฒนธรรม
	4.2	ตระหนักถึง สิทธิ หน้าที่ของตนเอง ผู้อื่นในฐานะพลเมืองไทย และพลเมืองโลก
	4.1	มีจิตอาสาและสำนึกสาธารณะ
⊟	หัวข้อ: 5.ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	
	5.4	สามารถใช้ภาษาในการฟัง พูด อ่าน เขียนอย่างถูกต้องในบริบทที่แตกต่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ
	5.3	สามารถใช้ภาษาในการติดต่อสื่อสารในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ต่างๆ ได้
	5.2	สามารถรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี และเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม
	5.1	สามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการศึกษาค้นคว้า และการคัดเลือกข้อมูลที่เหมาะสมจากแหล่งความรู้ต่างๆ ติดต่อสื่อสารและการนำเสนอสารสนเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

PLO

	การพัฒนาการเรียนรู้แต่ละด้าน

No data to display

ตาราง Maping

PLO	Grand Total
Grand Total	●

แผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จากหลักสูตรสู่รายวิชา (Curriculum Mapping)

1.6.2 ผลการเรียนรู้ หมวดวิชาเฉพาะ

ผลการพัฒนาการเรียนรู้แต่ละด้าน (ผลการเรียนรู้ :Learning Outcomes)

ลำดับที่	รายละเอียด
หัวข้อ: 1.คุณธรรมจริยธรรม	
1.1	เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทยตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรมจริยธรรมเสียสละและซื่อสัตย์สุจริต
1.2	มีวินัยตรงต่อเวลารับผิดชอบต่อตนเองและสังคมเคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม
1.3	มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตามสามารถทำงานเป็นหมู่คณะสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งตามลำดับความสำคัญเคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นรวมทั้งเคารพในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์
1.4	สามารถวิเคราะห์และประเมินผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคลองค์กรสังคมและสิ่งแวดล้อม
1.5	มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพและมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพรวมถึงเข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน
หัวข้อ: 2.ความรู้	
2.1	มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐานวิทยาศาสตร์พื้นฐานวิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้องและการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี
2.2	มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม
2.3	สามารถบูรณาการความรู้ในสาขาวิชา ที่ศึกษากับความรู้ในศาสตร์อื่นๆที่เกี่ยวข้องสามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการที่เหมาะสมรวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมเช่นโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นต้น
2.4	สามารถใช้ความรู้และทักษะในสาขาวิชาของตนในการประยุกต์แก้ไขปัญหาในงานจริงได้
หัวข้อ: 3.ทักษะทางปัญญา	
3.1	มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี
3.2	สามารถรวบรวมศึกษาวิเคราะห์และสรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ
3.3	สามารถคิดวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมได้อย่างมีระบบรวมถึงการใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3.4	มีจินตนาการและความยืดหยุ่นในการปรับใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสมในการพัฒนานวัตกรรมหรือต่อยอดองค์ความรู้จากเดิมได้อย่างสร้างสรรค์
3.5	สามารถสืบค้นข้อมูลและแสวงหาความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเองเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิตและทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ
หัวข้อ: 4.ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ	
4.1	สามารถสื่อสารกับกลุ่มคนที่หลากหลาย และสามารถสนทนาทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถใช้ความรู้ในสาขาวิชาชีพมาสื่อสารต่อสังคมได้ในประเด็นที่เหมาะสม
4.2	สามารถเป็นผู้ริเริ่มแสดงประเด็นในการแก้ไขสถานการณ์เชิงสร้างสรรค์ทั้งส่วนตัวและส่วนรวมพร้อมทั้งแสดงจุดยืนอย่างพอเหมาะทั้งของตนเองและของกลุ่มรวมทั้งให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการแก้ไขปัญหาสถานการณ์ต่างๆ
4.3	สามารถวางแผนและรับผิดชอบในการพัฒนาการเรียนรู้ทั้งของตนเองและสอดคล้องกับทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง
4.4	รู้จักบทบาทหน้าที่และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมายทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ
4.5	มีจิตสำนึกความรับผิดชอบด้านความปลอดภัยในการทำงานและการรักษาสภาพแวดล้อมต่อสังคม
หัวข้อ: 5.ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	
5.1	มีทักษะในการใช้คอมพิวเตอร์สำหรับการทำงานที่เกี่ยวข้องกับวิชาชีพได้เป็นอย่างดี
5.2	มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์
5.3	สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ทันสมัยได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ
5.4	มีทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูดการเขียนและการสื่อความหมายโดยใช้สัญลักษณ์
5.5	สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรมเพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้

PLO

การพัฒนาการเรียนรู้แต่ละด้าน

No data to display

ตาราง Maping

PLO	Grand Total
Grand Total	●

แผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จากหลักสูตรสู่รายวิชา (Curriculum Mapping)

1.6.3 ความคาดหวังของผลลัพธ์การเรียนรู้เมื่อสิ้นปีการศึกษา

ปีที่	รายละเอียด
1	มีความรู้ ความเข้าใจในหลักการทฤษฎีพื้นฐานทางวิศวกรรมเครื่องกล มีทักษะการปฏิบัติพื้นฐานด้านวิศวกรรม มีคุณธรรมจริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ มีวินัย มีความรับผิดชอบทั้งต่อตนเอง วิชาชีพและสังคม ปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต รักและภาคภูมิใจในท้องถิ่น มีมนุษยสัมพันธ์และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี มีทักษะในการทำงานเป็นหมู่คณะ ตระหนักในความแตกต่างหลากหลายทางสังคม
2	มีความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ กระบวนการวิจัยและการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ ในการคิดวิเคราะห์ มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยี
3	มีความรู้ ความเข้าใจในหลักการทฤษฎีเฉพาะด้านทางวิศวกรรมเครื่องกล มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และริเริ่มสร้างสรรค์ โดยใช้ความรู้และประสบการณ์ของตนในการแก้ปัญหาการทำงานและทางวิชาการได้อย่างสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ มีความสามารถในการใช้ศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในการปฏิบัติงานในวิชาชีพวิศวกร มีภาวะผู้นำและพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง
4	มีทักษะและประสบการณ์เพื่อประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล เป็นวิศวกรเครื่องกลที่มีคุณภาพ และตรงกับความต้องการของท้องถิ่น รวมถึงตระหนักในธรรมเนียมปฏิบัติ กฎระเบียบ ข้อบังคับในสาขาวิชาชีพวิศวกร มีความรู้ ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในงานวิศวกรรมเครื่องกล เครื่องจักรกล การเกษตร ระบบควบคุมการผลิต ระบบความร้อนและพลังงานเพื่อตอบสนองต่อความต้องการภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่บริการวิชาการและท้องถิ่น สามารถนำความรู้และประสบการณ์ในการเรียนในงานวิศวกรรมเครื่องกล เครื่องจักรกลการเกษตร ระบบควบคุมการผลิต ระบบความร้อนและพลังงาน ไปใช้เป็นผู้ประกอบการ Start-up ได้

1.7 คุณสมบัติผู้เรียน

2.2 คุณสมบัติของผู้เข้าศึกษา

2.2.1. เป็นผู้สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย หรือเทียบเท่า หรือผู้สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

2.2.2. เป็นผู้สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรชั้นสูง (ปวส.) หรือเทียบเท่า หรืออนุปริญญา ซึ่งต้องผ่านการเทียบโอนรายวิชาเดิมที่เคยศึกษาตามหลักเกณฑ์ของมหาวิทยาลัย

2.2.3. เป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วยการศึกษาระดับปริญญาตรี

1.8 จำนวนนิสิต

1.8.1 จำนวนนิสิต :

ประเภทปริญญา	ชั้นปี	2565	2566	2567	2568	2569
	1	80	80	80	80	80
	2	0	80	80	80	80
	3	0	0	80	80	80
	4	0	0	0	80	80
	A:รวม	80	160	240	320	320
	B:จำนวนนิสิตที่คาดว่าจะจบ	0	0	0	80	80
ปริญญาตรี 4 ปี : ปริญญาตรีทางวิชาชีพ	1	80	80	80	80	80
	2	0	80	80	80	80
	3	0	0	80	80	80
	4	0	0	0	80	80
	A:รวม	80	160	240	320	320
	B:จำนวนนิสิตที่คาดว่าจะจบ	0	0	0	80	80

1.8.2 รูปแบบการศึกษา : แบบชั้นเรียน

1.8.3 ค่าใช้จ่ายต่อหัวต่อปี (สูงสุด) 84000.00 บาท (โครงการปกติ/รับตรง)
84000.00 บาท (โครงการพิเศษ ถ้ามี)

1.9 เกณฑ์การสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตร

3. เกณฑ์การสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตร

3.1. เรียนครบตามจำนวนหน่วยกิตที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

3.2. เกรดคะแนนเฉลี่ยสะสมขั้นต่ำ 2.00 (จากระบบ 4 ระดับคะแนน)

3.3. การสำเร็จการศึกษาเป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วยการศึกษาระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2561 หมวด 10 (ภาคผนวก ค.)

1.10 เอกสารแนบ

Filter by:

1_10

Name	Date modified	Size
มคอ2.pdf	18/5/2565 11:02:46	9.52 MB

© 2018 สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม - All Rights Reserved.



หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
หลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2565

คณะเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี

สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ พ.ศ.2553



หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
หลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2565

คณะเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี

สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ พ.ศ. 2553

สารบัญ

	หน้า
หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป	1
รหัสและชื่อหลักสูตร	1
ชื่อปริญญาและสาขาวิชา	1
วิชาเอกหรือความเชี่ยวชาญเฉพาะของหลักสูตร	1
จำนวนหน่วยกิตที่เรียนตลอดหลักสูตร	2
รูปแบบของหลักสูตร	2
สถานภาพของหลักสูตรและการพิจารณาอนุมัติ/เห็นชอบหลักสูตร	3
ความพร้อมในการเผยแพร่หลักสูตรที่มีคุณภาพและมาตรฐาน	3
อาชีพที่สามารถประกอบได้หลังสำเร็จการศึกษา	3
อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร	4
สถานที่จัดการเรียนการสอน	4
สถานการณ์ภายนอกหรือการพัฒนาที่จำเป็นต้องนำมาพิจารณาในการวางแผนหลักสูตร	4
ผลกระทบจาก 11.1 และ 11.2 ต่อการพัฒนาหลักสูตรและความเกี่ยวข้องกับพันธกิจของมหาวิทยาลัย	7
ความสัมพันธ์กับหลักสูตรอื่นที่เปิดสอนในคณะ/วิชาอื่นของมหาวิทยาลัย	8
หมวดที่ 2 ข้อมูลเฉพาะของหลักสูตร	9
ปรัชญา ความสำคัญและวัตถุประสงค์ของหลักสูตร	9
แผนพัฒนาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565	17
หมวดที่ 3 ระบบการจัดการศึกษา การดำเนินการ และโครงสร้างของหลักสูตร	19
ระบบการจัดการศึกษา	19
การดำเนินการหลักสูตร	19
หลักสูตรและอาจารย์ผู้สอน	23
องค์ประกอบเกี่ยวกับประสบการณ์ภาคสนาม	66
ข้อกำหนดเกี่ยวกับการทำโครงงานหรืองานวิจัย	66
หมวดที่ 4 ผลการเรียนรู้ กลยุทธ์การสอนและประเมินผล	68
การพัฒนาคุณลักษณะพิเศษของนักศึกษา	68

หน้า
การพัฒนาผลการเรียนรู้ในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป 68
การพัฒนาผลการเรียนรู้ในหมวดวิชาเฉพาะด้าน 72
แผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้สู่รายวิชา 78
หมวดที่ 5 หลักเกณฑ์ในการประเมินผลนักศึกษา 86
กฎระเบียบหรือหลักเกณฑ์ในการให้ระดับคะแนน 86
กระบวนการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษา 86
เกณฑ์การสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตร 86
หมวดที่ 6 การพัฒนาคณาจารย์ 87
การเตรียมการสำหรับอาจารย์ใหม่ 87
การพัฒนาความรู้และทักษะให้แก่คณาจารย์ 87
หมวดที่ 7 การประกันคุณภาพหลักสูตร 89
การกำกับมาตรฐาน 89
บัณฑิต 89
นักศึกษา 89
อาจารย์ 90
หลักสูตร การเรียนการสอน การประเมินผู้เรียน 90
สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ 91
ตัวบ่งชี้ผลการดำเนินงาน 97
หมวดที่ 8 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของหลักสูตร 98
การประเมินประสิทธิผลของการสอน 98
การประเมินหลักสูตรในภาพรวม 98
การประเมินผลการดำเนินงานตามรายละเอียดหลักสูตร 98
การทบทวนผลการประเมินและวางแผนปรับปรุงหลักสูตรและแผนกลยุทธ์การสอน 98

ภาคผนวก 101
ภาคผนวก ก ศักยภาพอาจารย์ประจำหลักสูตร 103
ภาคผนวก ข คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการพัฒนาหลักสูตร 115
ภาคผนวก ค ข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วยการศึกษาระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2561 119

หน้า

ภาคผนวก ง ระเบียบมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วย การโอนผลการเรียน การเทียบโอนผลการเรียน และการเทียบโอนความรู้ ทักษะและประสบการณ์ พ.ศ. 2562 135

ภาคผนวก จ สาระการปรับปรุงหลักสูตรปรับปรุง 2559 และ 2565 145

ภาคผนวก ฉ คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการวิพากษ์หลักสูตร 171

ภาคผนวก ช รายละเอียดข้อเสนอแนะคณะกรรมการวิพากษ์หลักสูตร 175

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
คณะ เทคโนโลยี

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อหลักสูตร

1.1 รหัสสาขาวิชา 1302
1.2 รหัสหลักสูตร 25511691104515
1.3 ชื่อหลักสูตร
ภาษาไทย: หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
ภาษาอังกฤษ: Bachelor of Engineering Program in Mechanical Engineering

2. ชื่อปริญญาและสาขาวิชา

ชื่อเต็ม (ไทย): วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)
ชื่อย่อ (ไทย): วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล)
ชื่อเต็ม (อังกฤษ): Bachelor of Engineering (Mechanical Engineering)
ชื่อย่อ (อังกฤษ): B.Eng. (Mechanical Engineering)

3. วิชาเอกหรือความเชี่ยวชาญเฉพาะของหลักสูตร

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ การออกแบบและทักษะในการปฏิบัติการทางวิศวกรรมเครื่องกลที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรกลเกษตร พลังงาน ระบบควบคุมอัตโนมัติ การเขียนแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เข้าใจถึงอุปกรณ์ เครื่องจักรและการบำรุงรักษาในกระบวนการผลิตการแปรรูปอุตสาหกรรมเกษตร รวมถึงการวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องจักรเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อให้ผู้สำเร็จการศึกษาในหลักสูตรสามารถปฏิบัติงานได้ทั้งอุตสาหกรรมทั่วไปและอุตสาหกรรมการแปรรูปเกษตรในพื้นที่บริการ รวมทั้งเป็นวิศวกรเพื่อสังคม สิ่งแวดล้อมอย่างสร้างสรรค์และยั่งยืน

4. จำนวนหน่วยกิตที่เรียนตลอดหลักสูตร

จำนวนหน่วยกิตรวมตลอดหลักสูตรไม่น้อยกว่า 138 หน่วยกิต

5. รูปแบบของหลักสูตร

5.1 รูปแบบ

เป็นหลักสูตรวิชาการระดับปริญญาตรี 4 ตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ พ.ศ. 2553 และเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตร พ.ศ. 2562

5.2 ประเภทหลักสูตร

หลักสูตรปริญญาตรีทางวิชาการ

5.3 ภาษาที่ใช้

เป็นหลักสูตรจัดการศึกษาเป็นภาษาไทย

5.3 การรับเข้าศึกษา

5.3.1 รับนักศึกษาไทยและนักศึกษาต่างชาติที่สามารถพูด อ่าน เขียนภาษาไทยได้เป็นอย่างดี

5.3.2 ให้เป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีว่าด้วย การศึกษาระดับปริญญาตรี พ.ศ.2561 หมวด 5 (ภาคผนวก ค)

5.4 ความร่วมมือกับสถาบันอื่น

เป็นหลักสูตรเฉพาะของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

5.5 การให้ปริญญาแก่ผู้สำเร็จการศึกษา

ให้ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) เพียงสาขาวิชาเดียว

5.6 ใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ

ใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม สาขาเครื่องกล

6. สถานภาพของหลักสูตรและการพิจารณาอนุมัติ /เห็นชอบหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565) ปรับปรุงมาจาก วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2559)

เป็น หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565 เปิดสอนภาคการศึกษาที่ 1 ปี พ.ศ.2565

สภาวิชาการเห็นชอบหลักสูตรในการประชุม ครั้งที่ 7./2564 วันที่ 18 เดือนกันยายน พ.ศ. 2564

สภามหาวิทยาลัย อนุมัติหลักสูตรในการประชุม ครั้งที่ 10/2564 วันที่ 30 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2564

7. ความพร้อมในการเผยแพร่หลักสูตรที่มีคุณภาพและมาตรฐาน

เป็นหลักสูตรที่มีความพร้อมเผยแพร่คุณภาพและตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ พ.ศ.2553 ในปีการศึกษา 2567

8. อาชีพที่สามารถประกอบได้หลังสำเร็จการศึกษา

8.1 วิศวกรเครื่องกล ในหน่วยงานของรัฐและรัฐวิสาหกิจ (ที่ต้องใช้ใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม สาขาเครื่องกล)

8.2 วิศวกรเครื่องกล ในหน่วยงานอื่น ๆ และ บริษัทเอกชน

8.3 นักวิชาการด้านวิศวกรรมเครื่องกล

8.4 นักวิเคราะห์และออกแบบงานด้านวิศวกรรมเครื่องกล

8.5 วิศวกรด้านยานยนต์ ยานยนต์ไฟฟ้า ระบบควบคุม การผลิต เครื่องจักรกลเกษตร พลังงาน และระบบควบคุมอัตโนมัติ

8.6 อาจารย์ในสถานศึกษาระดับอาชีวศึกษา

8.7 ประกอบธุรกิจส่วนตัว

9. อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

ที่	ชื่อ – นามสกุล	ตำแหน่งทางวิชาการ	คุณวุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษา	
				สถาบัน	ปี พ.ศ.
1.	นายอดิศักดิ์ บุตรวงษ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล) วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล)	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	2552 2547
2.	นายกวีพงษ์ หงษ์ทอง	อาจารย์	วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร) วศ.บ.(วิศวกรรมเกษตร-เครื่องจักรกลเกษตร)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2547 2542
3.	นายวีระพล แก้วก่า	อาจารย์	วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล) วศ.บ.(วิศวกรรมเกษตร-เครื่องจักรกลเกษตร)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2553 2550
4.	นายชิตพล คงศิลา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล) วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2550 2546
5.	นายอภิชาติ ศรีชาติ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	ปร.ด.(วิศวกรรมเครื่องกล) วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล) วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2560 2551 2548

10. สถานที่จัดการเรียนการสอน

คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

11. สถานการณ์ภายนอกหรือการพัฒนาที่จำเป็นต้องนำมาพิจารณาในการวางแผนหลักสูตร

11.1 สถานการณ์หรือการพัฒนาทางเศรษฐกิจ

ปัจจุบันการพัฒนาประเทศได้มีการวางแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับปัจจุบันที่กล่าวถึงการปฏิรูปประเทศเพื่อแก้ปัญหาพื้นฐานหลายด้านที่สั่งสมมานานท่ามกลางสถานการณ์โลกที่เปลี่ยนแปลงรวดเร็วและเชื่อมโยงกันใกล้ชิดมากขึ้น การพัฒนาเทคโนโลยีจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและเป็นรูปแบบของวิวัฒนาการที่จะกระทบชีวิตความเป็นอยู่ในสังคมและการดาเนินกิจกรรมทางเศรษฐกิจอย่างมาก ขณะที่ประเทศไทยมีข้อจำกัดต่อการพัฒนาที่รุนแรงขึ้นและเป็นประเด็นท้าทายอย่างมากที่จะต้องเร่งพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมให้เป็นปัจจัยขับเคลื่อนการพัฒนาในทุกด้านภายใต้สถานการณ์ที่ขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศมีข้อจำกัดหลายด้านแต่การแข่งขันในโลกรุนแรงขึ้นมาก ประเทศจะพัฒนาต่อไปให้เป็นประเทศที่พัฒนาแล้วมีความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืนได้ในระยะยาวนั้น ประเทศต้องเร่งเพิ่มการลงทุนเพื่อการวิจัยและพัฒนาเพื่อพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ควบคู่กับการพัฒนาคนให้เป็นคนที่สมบูรณ์ในทุกด้านและในทุกช่วงวัย และพัฒนาโลจิสติกส์ให้เป็นระบบโครงข่ายที่สมบูรณ์และมีประสิทธิภาพ ให้เป็นปัจจัยสนับสนุนการขับเคลื่อนการพัฒนาที่สำคัญขณะเดียวกันการพัฒนาต้องมุ่งเน้นการพัฒนาเชิงพื้นที่และเมืองมากขึ้นเพื่อกระจายโอกาสทางเศรษฐกิจและสังคมให้ทั่วถึงและเป็นการสร้างฐานเศรษฐกิจและรายได้จากพื้นที่เศรษฐกิจใหม่มากขึ้น ซึ่งจะช่วยลดความเหลื่อมล้าภายในสังคมไทยลง และสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันจากการพัฒนาเมืองให้น่าอยู่ภายใต้เงื่อนข้อจากัดของปัจจัยพื้นฐานสาหรับการพัฒนาประเทศไทยทั้งในทุกด้านดังกล่าว ในขณะที่แนวโน้มโลกที่มีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่อย่างรวดเร็ว ประเทศต่างๆ กาลังเร่งพัฒนานวัตกรรมและนำมาใช้ในการเพิ่มมูลค่าผลผลิตและเพิ่มผลิตภาพการผลิตเพื่อเป็นอาวุธสำคัญในการต่อสู้ในสนามแข่งขันของโลกรวมทั้งการใช้ยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน จึงเป็นความท้าทายอย่างยิ่งสาหรับประเทศไทยที่จะต้องเร่งพัฒนานวัตกรรมและนามาใช้ขับเคลื่อนการพัฒนาในทุกๆ ด้านต่อจากนี้ไป โดยต้องผลักดันขับเคลื่อนการปฏิรูปในเรื่องคุณภาพการศึกษาและการเรียนรู้ การลงทุนในการวิจัยและพัฒนา การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีรวมทั้งการสร้างโอกาสการพัฒนาและการใช้นวัตกรรมในระดับชุมชนและพัฒนาด้านสังคมเพื่อปรับโครงสร้างประทศไทยไปสู่ไทยแลนด์ 4.0 ที่ขับเคลื่อนด้วยความรู้และนวัตกรรมและการพัฒนาโดยรวมสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) รวมถึงความตกลงหุ้นส่วนทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาค หรือ RCEP (Regional Comprehensive Economic Partnership) ซึ่งประกอบด้วยชาติสมาชิก 15 ประเทศ ได้แก่ ประเทศสมาชิกอาเซียน 10 ประเทศ รวมกับ Plus 5 คือ จีน ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ ทำให้การเคลื่อนย้ายสินค้าที่เกี่ยวข้องกับการผลิตของไทย เช่น เคมีภัณฑ์ เม็ดพลาสติก ยานยนต์และส่วนประกอบ เซมิคอนดักเตอร์ และ ICs เป็นต้น ทำให้ประเทศไทยสามารถเกาะติดไปกับห่วงโซ่การผลิตของเอเชียได้อย่างเหนียวแน่นยิ่งขึ้น ทั้งนี้การพัฒนาและแก้ไขปัญหาในประเด็นการพัฒนาต่างๆ ดังกล่าวจะสัมฤทธิ์ผลได้นั้นต้องปรับการบริหารจัดการให้มีธรรมาภิบาลในทุกระดับต้องปรับให้สังคมไทยเป็นสังคมคุณภาพ เป็นธรรม มีธรรมาภิบาล และด้วยสภาพปัญหาที่เรื้อรังและเชื่อมโยงกันซับซ้อนรวมทั้งการเปลี่ยนแปลง

ปัจจัยภายนอกประเทศที่ส่งผลต่อการพัฒนาประเทศไทยมากขึ้น การพัฒนาเพื่อเสริมจุดแข็งและแก้ปัญหาจุดอ่อนดังกล่าวให้ปรากฏผลสัมฤทธิ์ได้อย่างจริงจังนั้นนับว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างขนานใหญ่สาหรับประเทศไทย

การพัฒนาในช่วง 5 ปีภายใต้แผนพัฒนาฯ ฉบับปัจจุบัน จึงนับเป็น 5 ปีแรกของการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) สู่การปฏิบัติ โดยที่ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี เป็นแผนแม่บทหลักของการพัฒนาประเทศไทยให้มีความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน โดยได้กำหนดเป้าหมายอนาคตประเทศไทยในระยะ 20 ปีพร้อมทั้งประเด็นยุทธศาสตร์และแนวทางหลักที่จะขับเคลื่อนไปสู่เป้าหมายระยะยาวของประเทศที่ได้กำหนดไว้ โดยมีแผนพัฒนาฯ ฉบับปัจจุบัน เป็นเครื่องมือหรือกลไกที่ถ่ายทอดยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) สู่การปฏิบัติในลาดับแรก และนับว่าเป็นกลไกหรือเครื่องมือที่สำคัญที่สุดในการนายุทธศาสตร์ชาติสู่การปฏิบัติให้บรรลุเป้าหมายในระยะยาวได้ในที่สุด โดยมีกลไกเสริมอื่นๆ ในการขับเคลื่อนสู่การปฏิบัติให้เกิดประสิทธิผลตามเป้าหมาย ทั้งนี้ แผนพัฒนาฯ ฉบับปัจจุบัน ได้กำหนดเป้าหมายที่จะต้องบรรลุใน 5 ปีแรกอย่างชัดเจนทั้งในมิติเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งปัจจัยสนับสนุนต่าง ๆ สาหรับการพัฒนา โดยที่การกำหนดเป้าหมายที่จะบรรลุในระยะ 5 ปีได้พิจารณาและวิเคราะห์ถึงการต่อยอดให้เกิดผลสัมฤทธิ์จากการดำเนินการต่อไปอีกใน 3 แผนจวบจนถึงแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 15 ในช่วงปี พ.ศ. 2575-2579 ซึ่งเป็นช่วงสุดท้ายของยุทธศาสตร์ชาติ การพัฒนาก็จะบรรลุเป้าหมายอนาคตประเทศไทยในปีพ.ศ.2579 ที่กำหนดไว้ในยุทธศาสตร์ชาติ เป้าหมายการพัฒนาในแผนพัฒนาฯ ฉบับปัจจุบัน ทั้งในระดับภาพรวมและรายสาขาของการพัฒนาจึงเป็นรายละเอียดและองค์ประกอบของเป้าหมายของยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปีในทุกด้าน โดยที่แผนพัฒนาฯ ฉบับต่อๆ ไปก็จะกำหนดเป้าหมายและแนวทางการพัฒนามารับช่วงเมื่อผ่าน 5 ปีแรกชองช่วงแผนพัฒนาฯ ฉบับปัจจุบัน ผ่านไป และด้วยสาขาวิศวกรรมเครื่องกล ได้รับการรับรองหลักสูตรในการขอรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ.2564 – 2568 จากสภาวิศวกรไปแล้ว และจะครบกำหนดในการรับรองหลักสูตร จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล เพื่อขอรับรองหลักสูตรในการขอรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ.2564 – 2568 จากสภาวิศวกรในรอบถัดไป โดยการพัฒนาหลักสูตรเพื่อให้มีการบริหารจัดการองค์ความรู้อย่างเป็นระบบ ทั้งการพัฒนาหรือสร้างองค์ความรู้ รวมถึงการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมที่เหมาะสม บูรณาการศาสตร์ต่างๆ รวมถึงบุคลากรซึ่งมีความเชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรม เครื่องมือ-อุปกรณ์ ห้องปฏิบัติการทางด้านวิศวกรรมพื้นฐาน และวิศวกรรมหลักต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล เพื่อใช้ในการเรียนการสอนร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้เรียน อันสอดคล้องกับพันธกิจของมหาวิทยาลัย เพื่อให้บัณฑิตที่จะจบออกไปในอนาคตมีความรู้ ความสามารถที่ทันสมัยทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติ สอดรับกับแผนการพัฒนาประเทศไปสู่ไทยแลนด์ 4.0

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2564 (Bachelor of Engineering Program in Mechanical Engineering)ใช้ชื่อปริญญาคือ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)Bachelor of Engineering (Mechanical Engineering)ชื่อย่อวศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) B.Eng. (Mechanical Engineering) ซึ่งเป็นหลักสูตรที่ต้องขอรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม เพื่อผลิตบัณฑิตทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล ให้มีความรู้ ความสามารถในกระบวนการวิจัย คิดค้น ออกแบบ สร้าง วิเคราะห์ และใช้เทคโนโลยีใหม่ที่ทันสมัยทางวิศวกรรม โดยมุ่งเน้นการพัฒนาบุคลากรและบัณฑิตรองรับ

อุตสาหกรรมและการพัฒนาประเทศ เพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของอุตสาหกรรมโดยรวมและเป็นที่ยอมรับกับผู้ใช้บัณฑิต ต่อไป

11.2 สถานการณ์หรือการพัฒนาทางสังคมและวัฒนธรรม

สถานการณ์หรือการพัฒนาทางสังคมและวัฒนธรรมในปัจจุบันมีความกี่ยวเนื่องอย่างมากในการวางแผนหลักสูตร ทั้งนี้แนวทางการเปลี่ยนแปลงด้านสังคมในปัจจุบันของหลายประเทศกำลังเข้าสู้สังคมผู้สูงอายุโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศที่พัฒนาแล้ว รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงทางด้านวัฒนธรรมต่างๆ ที่มีแนวโน้มไปในทางประเทศที่พัฒนาแล้วมากขึ้น จึงอาจส่งผลให้เกิดภัยคุกคามต่อประเทศจากการใช้เทคโนโลยีต่างๆ ตามประเทศที่พัฒนาแล้ว โดยอาจส่งผลกระทบต่อผู้ที่ใช้และสิ่งแวดล้อมโดยรวม นอกจากนี้อาจทำให้เกิดปัญหาการระบาดของโรคพันธุกรรมใหม่ๆเนื่องจากการใช้เทคโนโลยีฐานไม่เหมาะสมต่อสภาพพื้นที่และความแตกต่างของสังคมและวัฒนธรรม ดังนั้นเมื่อคนเปลี่ยนรูปแบบการใช้ชีวิตตามกระแสของโลก การใช้ชีวิตในสังคมจึงควรให้ความสำคัญกับการรักษาสิ่งแวดล้อมด้วยการพัฒนาของภาคอุตสาหกรรมการผลิตอย่างต่อเนื่องก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสังคม วัฒนธรรม และการเรียนรู้ ดังนั้นการพัฒนาคนนอกจากพัฒนาให้มีความรู้และทักษะความเชี่ยวชาญเฉพาะวิชาชีพแล้ว ยังต้องมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งถึงผลกระทบต่อสังคมและวัฒนธรรมที่เกิดจากการพัฒนาดังกล่าว นอกจากนี้ยังต้องมีจิตสำนึกที่ดีต่อจรรยาบรรณวิชาชีพ มีคุณธรรม จริยธรรม คำนึงถึงผลกระทบต่อวิถีการดำเนินชีวิตของชุมชนที่เกิดจากภาคอุตสาหกรรม รวมถึงมีการเรียนรู้และเข้าใจในการพัฒนาอุตสาหกรรมในรูปแบบที่เหมาะสมกับวิถีสังคมไทย

12. ผลกระทบจากข้อ 11.1 และ 11.2 ต่อการพัฒนาหลักสูตรและความเกี่ยวข้องกับพันธกิจของมหาวิทยาลัย

12.1 การพัฒนาหลักสูตร

การพัฒนาหลักสูตรการพัฒนาและเสริมสร้างองค์ความรู้เทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะทางด้านวิศวกรรมศาสตร์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการผลิตบุคลากรที่มีความรู้ความชำนาญทางสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเพื่อรองรับการปฏิรูปประเทศท่ามกลางสถานการณ์โลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและเชื่อมโยงกันใกล้ชิดกันมากขึ้นรวมทั้งการปรับโครงสร้างประเทศไทยไปสู่ประเทศไทย 4.0 การพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศเป็นการสร้างศักยภาพให้ประเทศสามารถพึ่งพาตนเองทางเทคโนโลยีได้ โดยเน้นการสร้างองค์ความรู้ใหม่เทคโนโลยีทางด้านกระบวนการผลิตการปรับปรุงคุณภาพการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์เศรษฐศาสตร์อุตสาหกรรมและสามารถประยุกต์หรือบูรณาการเทคโนโลยีด้านวิศวกรรมเครื่องกลได้อย่างหลากหลายอาทิด้านพลังงานทดแทนด้านสิ่งแวดล้อมด้านวัสดุและด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นต้นโดยหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลนี้สามารถสร้างวิศวกรที่มีความรู้และความสามารถในการทำงานและการปฏิบัติเพื่อตอบสนองความต้องการด้านแรงงานของประเทศทางด้านเทคโนโลยีสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลในระดับประเทศและสอดคล้องต่อแนวทางการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน

การพัฒนาหลักสูตรจะเน้นการพัฒนาศักยภาพของบุคคลด้านสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล เพื่อให้บัณฑิตมีความรู้ ทักษะ และความชำนาญ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ เพื่อใช้ทดแทนกำลังแรงงานที่

ขาดแคลน รวมถึงการพัฒนาเทคโนโลยีสะอาด เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการใช้พลังงานทดแทน ตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง รวมถึงมุ่งบริการวิชาการและถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่สังคม เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงและความเข้มแข็งของชุมชนในท้องถิ่น ทำนุบำรุงศาสนา อนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรม

12.2 ความเกี่ยวข้องกับพันธกิจของสถาบัน

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเป็นหลักสูตรที่มุ่งเน้นทักษะด้านทฤษฎีร่วมกับด้านปฏิบัติและการสร้างนวัตกรรมที่มีคุณภาพทั้งนี้เป็นไปตามพันธกิจของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ในการจัดการศึกษาวิชาชีพระดับอุดมศึกษาบนพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณภาพรวมถึงการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศรวมทั้งสอดคล้องกับปรัชญาและยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัยฯ นอกจากนี้หลักสูตรยังมีการส่งเสริมความสำคัญของคุณธรรมจริยธรรมทั้งนี้เพื่อให้บัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลตระหนักถึงความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมรวมถึงการทำนุบำรุงศาสนาศิลปะและวัฒนธรรม

13. ความสัมพันธ์กับหลักสูตรอื่นที่เปิดสอนในคณะ/ภาควิชาอื่นของสถาบัน

13.1 กลุ่มวิชา/รายวิชาในหลักสูตรนี้เปิดสอนโดยคณะ/ภาควิชา/หลักสูตรอื่น

วิชาในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป เปิดสอนโดยสำนักวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

วิชาในหมวดวิชาเลือกเสรี เปิดสอนโดยสาขาต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

13.2 กลุ่มวิชา/รายวิชาในหลักสูตรที่เปิดสอนให้ภาควิชา/หลักสูตรอื่นต้องมาเรียน

- ME12031 วัสดุวิศวกรรม
- ME13011 การฝึกปฏิบัติงานในโรงงานวิศวกรรม
- ทุกหลักสูตรในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี สามารถเรียนเป็นวิชาเลือกเสรีได้ในรายวิชาที่หลักสูตรนี้ที่เป็นกลุ่มวิชาเลือกทางวิศวกรรม

13.3 การบริหารจัดการ

บริหารจัดการโดยคณะกรรมการบริหารหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565

หมวดที่ 2 ข้อมูลเฉพาะของหลักสูตร

1. ปรัชญาความสำคัญและวัตถุประสงค์ของหลักสูตร

1.1 ปรัชญา

มุ่งผลิตบัณฑิตให้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการออกแบบและทักษะในการปฏิบัติการทางวิศวกรรมเครื่องกลที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรกลเกษตร ด้านพลังงาน ระบบควบคุมอัตโนมัติ การเขียนแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เข้าใจถึงอุปกรณ์ เครื่องจักรและการบำรุงรักษาในกระบวนการผลิตการแปรรูปอุตสาหกรรมเกษตร รวมถึงการวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องจักรเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน สร้างสรรค์และพัฒนาสิ่งประดิษฐ์เพื่อตอบสนองต่อความต้องการภาคอุตสาหกรรมในท้องถิ่น บนพื้นฐานคุณธรรมและจริยธรรม

1.2 ความสำคัญ

การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) ได้จัดทำบนพื้นฐานของยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) ซึ่งเป็นแผนแม่บทหลักของการพัฒนาประเทศและเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนรวมทั้งการปรับโครงสร้างประเทศไทยไปสู่ประเทศไทย 4.0 ได้ระบุถึงการเร่งพัฒนาความรู้การถ่ายทอดความรู้และการพัฒนาทักษะของคนให้สอดคล้องกับความต้องการในตลาดแรงงานและทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 การเตรียมความพร้อมของกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงโลกในอนาคตสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์โดยตรงจึงเป็นสาขาหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจในภาคอุตสาหกรรมทำให้ต้องมีการพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลอย่างต่อเนื่องการผลิตวิศวกรเครื่องกลที่มีความรู้ทั้งด้านทฤษฎีและปฏิบัติมีคุณธรรมและจริยธรรมในการประกอบวิชาชีพเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศชาติทำให้สามารถพึ่งพาตนเองและเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันในระดับโลกได้

การพัฒนาหลักสูตรเพื่อให้มีการบริหารจัดการองค์ความรู้อย่างเป็นระบบ ทั้งการพัฒนาหรือสร้างองค์ความรู้ รวมถึงการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมที่เหมาะสม บูรณาการศาสตร์ต่างๆ รวมถึงบุคลากรซึ่งมีความเชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรม เครื่องมือ-อุปกรณ์ ห้องปฏิบัติการทางด้านวิศวกรรมพื้นฐานและวิศวกรรมหลักต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล เพื่อใช้ในการเรียนการสอนร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้เรียน อันสอดคล้องกับพันธกิจของมหาวิทยาลัย เพื่อให้บัณฑิตที่จะจบออกไปในอนาคตมีความรู้ ความสามารถที่ทันสมัยทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติ สอดรับกับแผนการพัฒนาประเทศไปสู่ไทยแลนด์ 4.0

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (Bachelor of Engineering Program in Mechanical Engineering) ใช้ชื่อปริญญาคือ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)Bachelor of Engineering (Mechanical Engineering) ชื่อย่อ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) B.Eng. (Mechanical Engineering) มหาวิทยาลัยราช

ภัฏอุดรธานีเป็นหลักสูตรที่ผลิตบัณฑิตเพื่อรองรับความมั่นคงทางวิศวกรรมเครื่องกล ในด้านยานยนต์ ระบบควบคุมเครื่องจักรกลเกษตร การผลิต และพลังงาน ซึ่งเป็นรากฐานที่สำคัญในการพัฒนาวิศวกรให้แก่ท้องถิ่นและประเทศ นอกจากนี้ยังตอบสนองตามกรอบแผนอุดมศึกษาระยะยาว 15 ปี ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2551-2565) แผนยุทธศาสตร์ชาติ แผนยุทธศาสตร์กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน และแผนยุทธศาสตร์จังหวัดอุดรธานี

1.3 วัตถุประสงค์

เพื่อผลิตวิศวกรเครื่องกลให้มีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

1.3.1 มีคุณธรรมจริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ มีวินัย มีความรับผิดชอบทั้งต่อตนเอง วิชาชีพและสังคม ปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต รักและภาคภูมิใจในท้องถิ่น สถาบัน และประเทศชาติ

1.3.2 มีความรู้ความเข้าใจในหลักการทฤษฎีและการปฏิบัติด้านวิศวกรรมเครื่องกล มีทักษะและประสบการณ์เพื่อประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล เป็นวิศวกรเครื่องกลที่มีคุณภาพ และตรงกับความต้องการของท้องถิ่น รวมถึงตระหนักในธรรมเนียมปฏิบัติ กฎระเบียบ ข้อบังคับในสาขาวิชาชีพวิศวกร

1.3.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถค้นหา ตีความ และประเมินสารสนเทศ และมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และริเริ่มสร้างสรรค์ โดยใช้ความรู้และประสบการณ์ของตนในการแก้ปัญหาการทำงานและทางวิชาการได้อย่างสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.3.4 มีมนุษยสัมพันธ์และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี มีทักษะในการทำงานเป็นหมู่คณะ ตระหนักในความแตกต่างหลากหลายทางสังคม มีภาวะผู้นำและมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง

1.3.5 มีความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ กระบวนการวิจัยและการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ ในการคิดวิเคราะห์ รวมถึงสามารถในการใช้ศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในการปฏิบัติงานในวิชาชีพวิศวกร

1.3.6 มีความรู้ ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในงานวิศวกรรมเครื่องกล เครื่องจักรกลการเกษตร ระบบควบคุมการผลิต ระบบความร้อนและพลังงานเพื่อตอบสนองต่อความต้องการภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่บริการวิชาการและท้องถิ่น และสร้างผู้ประกอบการ Start-up

ตาราง เปรียบเทียบวัตถุประสงค์ของหลักสูตรกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังที่จะทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ของหลักสูตร

วัตถุประสงค์หลักสูตร	**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังที่จะทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ของหลักสูตร**
1 มีคุณธรรมจริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ มีวินัย มีความรับผิดชอบทั้งต่อตนเอง วิชาชีพและสังคม ปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต รักและภาคภูมิใจในท้องถิ่น สถาบัน และประเทศชาติ	ELO 1 มีคุณธรรมจริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ มีวินัย มีความรับผิดชอบทั้งต่อตนเอง วิชาชีพและสังคม ปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต รักและภาคภูมิใจในท้องถิ่น สถาบัน และประเทศชาติ
2) มีความรู้ความเข้าใจในหลักการทฤษฎีและการปฏิบัติด้านวิศวกรรมเครื่องกล มีทักษะและประสบการณ์เพื่อประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล เป็นวิศวกรเครื่องกลที่มีคุณภาพ และตรงกับความต้องการของท้องถิ่น รวมถึงตระหนักในธรรมเนียมปฏิบัติ กฎระเบียบข้อบังคับในสาขาวิชาชีพวิศวกร	ELO 2 มีความรู้ความเข้าใจในหลักการทฤษฎีและการปฏิบัติด้านวิศวกรรมเครื่องกล ELO 3 มีทักษะและประสบการณ์เพื่อประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล ELO 4 เป็นวิศวกรเครื่องกลที่มีคุณภาพ และตรงกับความต้องการของท้องถิ่น รวมถึงตระหนักในธรรมเนียมปฏิบัติ กฎระเบียบ ข้อบังคับในสาขาวิชาชีพวิศวกร
3) มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถค้นหา ตีความ และประเมินสารสนเทศ และมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และริเริ่มสร้างสรรค์ โดยใช้ความรู้และประสบการณ์ของตนในการแก้ปัญหาการทำงานและทางวิชาการได้อย่างสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ	ELO 5 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถค้นหา ตีความ และประเมินสารสนเทศ ELO 6 มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และริเริ่มสร้างสรรค์ โดยใช้ความรู้และประสบการณ์ของตนในการแก้ปัญหาการทำงานและทางวิชาการได้อย่างสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

วัตถุประสงค์หลักสูตร	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังที่จะทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ของหลักสูตร
4) มีมนุษยสัมพันธ์และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี มีทักษะในการทำงานเป็นหมู่คณะ ตระหนักในความแตกต่างหลากหลายทางสังคม มีภาวะผู้นำและมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง	**ELO 7** มีมนุษยสัมพันธ์และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี มีทักษะในการทำงานเป็นหมู่คณะ ตระหนักในความแตกต่างหลากหลายทางสังคม **ELO 8** มีภาวะผู้นำและมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง
5) มีความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ กระบวนการวิจัยและการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ ในการคิดวิเคราะห์ รวมถึงสามารถในการใช้ศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในการปฏิบัติงานในวิชาชีพวิศวกร	**ELO 9** มีความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ กระบวนการวิจัยและการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ ในการคิดวิเคราะห์ **ELO 10** มีความสามารถในการใช้ศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในการปฏิบัติงานในวิชาชีพวิศวกร
6) มีความรู้ ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในงานวิศวกรรมเครื่องกล เครื่องจักรกลการเกษตร ระบบควบคุมการผลิต ระบบความร้อนและพลังงาน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่บริการวิชาการและท้องถิ่น และสร้างผู้ประกอบการ Start-up	**ELO 11** มีความรู้ ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในงานวิศวกรรมเครื่องกล เครื่องจักรกลการเกษตร ระบบควบคุมการผลิต ระบบความร้อนและพลังงานเพื่อตอบสนองต่อความต้องการภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่บริการวิชาการและท้องถิ่น **ELO 12** สามารถนำความรู้และประสบการณ์ในการเรียนในงานวิศวกรรมเครื่องกล เครื่องจักรกลการเกษตร ระบบควบคุมการผลิต ระบบความร้อนและพลังงาน ไปใช้เป็นผู้ประกอบการ Start-up ได้

ตารางจำแนกผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง (Expected Learning Outcomes : ELO) ของหลักสูตร

ผลการเรียนรู้ (Program Learning Outcomes : PLO)		ผลการเรียนรู้ทั่วไป (General LO)	ผลการเรียนรู้เฉพาะสาขา (Specific LO)	Bloom's Taxonomy C (U, A, E) AF P	TQF
PLO	Outcome Statement				
ELO 1	มีคุณธรรมจริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ มีวินัย มีความรับผิดชอบทั้งต่อตนเอง วิชาชีพและสังคม ปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต รักและภาคภูมิใจในท้องถิ่น สถาบัน และประเทศชาติ	X		AF P	1
ELO 2	มีความรู้ความเข้าใจในหลักการทฤษฎีและการปฏิบัติด้านวิศวกรรมเครื่องกล		X	C; (U)	2
ELO 3	มีทักษะและประสบการณ์เพื่อประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล		X	C; (A)	3
ELO 4	เป็นวิศวกรเครื่องกลที่มีคุณภาพ และตรงกับความต้องการของท้องถิ่น รวมถึงตระหนักในธรรมเนียมปฏิบัติ กฎระเบียบ ข้อบังคับในสาขาวิชาชีพวิศวกร	X		AF P	1
ELO 5	มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถค้นหา ตีความ และประเมินสารสนเทศ		X	C; (E)	3
ELO 6	มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และริเริ่มสร้างสรรค์ โดยใช้ความรู้และประสบการณ์ของตนในการแก้ปัญหาการทำงานและทางวิชาการได้อย่างสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ		X	C; (A, E) P	3

ผลการเรียนรู้ (Program Learning Outcomes : PLO)		ผลการเรียนรู้ทั่วไป (General LO)	ผลการเรียนรู้เฉพาะสาขา (Specific LO)	Bloom's Taxonomy C (U, A, E) AF P	TQF
PLO	Outcome Statement				
ELO 7	มีมนุษยสัมพันธ์และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี มีทักษะในการทำงานเป็นหมู่คณะ ตระหนักในความแตกต่างหลากหลายทางสังคม	X		AF P	4
ELO 8	มีภาวะผู้นำและมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง	X		AF P	4
ELO 9	มีความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ กระบวนการวิจัยและการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ ในการคิดวิเคราะห์	X	X	C; (A, E) P	5
ELO 10	มีความสามารถในการใช้ศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในการปฏิบัติงานในวิชาชีพวิศวกร	X	X	C; (A, E) P	5
ELO 11	มีความรู้ ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในงานวิศวกรรมเครื่องกล เครื่องจักรกล การเกษตร ระบบควบคุมการผลิต ระบบความร้อนและพลังงานเพื่อตอบสนองต่อความต้องการภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่บริการวิชาการและท้องถิ่น	X	X	C; (A, E) AF P	5
ELO 12	สามารถนำความรู้และประสบการณ์ในการเรียนในงานวิศวกรรมเครื่องกล เครื่องจักรกล การเกษตร ระบบควบคุมการผลิต ระบบความร้อนและพลังงาน ไปใช้เป็นผู้ประกอบการ Start-up ได้	X	X	C; (A, E) AF P	5

หมายเหตุ

C = Cognitive (U = Remebering/Understanding, A = Applying/Analyzing, E = Evaluation/Creating)

AF = Affective

P = Psychomotor

ความคาดหวังของผลลัพธ์การเรียนรู้เมื่อสิ้นปีการศึกษา

ปีที่	รายละเอียด
1	- มีความรู้ ความเข้าใจในหลักการทฤษฎีพื้นฐานทางวิศวกรรมเครื่องกล - มีทักษะการปฏิบัติพื้นฐานด้านวิศวกรรม - มีคุณธรรมจริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ มีวินัย มีความรับผิดชอบทั้งต่อตนเอง วิชาชีพและสังคม ปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต รักและภาคภูมิใจในท้องถิ่น สถาบัน และประเทศชาติ - มีมนุษยสัมพันธ์และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี มีทักษะในการทำงานเป็นหมู่คณะ ตระหนักในความแตกต่างหลากหลายทางสังคม
2	- มีความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ กระบวนการวิจัยและการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ ในการคิดวิเคราะห์ - มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถค้นหา ตีความและประเมินสารสนเทศ
3	- มีความรู้ ความเข้าใจในหลักการทฤษฎีเฉพาะด้านทางวิศวกรรมเครื่องกล - มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และริเริ่มสร้างสรรค์ โดยใช้ความรู้และประสบการณ์ของตนในการแก้ปัญหาการทำงานและทางวิชาการได้อย่างสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ - มีความสามารถในการใช้ศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในการปฏิบัติงานในวิชาชีพวิศวกร - มีภาวะผู้นำและมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง
4	- มีทักษะและประสบการณ์เพื่อประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล - เป็นวิศวกรเครื่องกลที่มีคุณภาพ และตรงกับความต้องการของท้องถิ่น รวมถึงตระหนักในธรรมเนียมปฏิบัติ กฎระเบียบ ข้อบังคับในสาขาวิชาชีพวิศวกร - มีความรู้ ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในงานวิศวกรรมเครื่องกล เครื่องจักรกลการเกษตร ระบบควบคุมการผลิต ระบบความร้อนและพลังงานเพื่อตอบสนองต่อความต้องการภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่บริการวิชาการและท้องถิ่น - สามารถนำความรู้และประสบการณ์ในการเรียนในงานวิศวกรรมเครื่องกล เครื่องจักรกลการเกษตร ระบบควบคุมการผลิต ระบบความร้อนและพลังงาน ไปใช้เป็นผู้ประกอบการ Start-up ได้

2. แผนพัฒนาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565

แผนการพัฒนา/เปลี่ยนแปลง	กลยุทธ์	หลักฐาน/ตัวบ่งชี้
1. ปรับปรุงหลักสูตรวิศวกรรม เครื่องกล ตามมาตรฐานเกณฑ์ของ สกอ.	พัฒนาหลักสูตรโดยมีพื้นฐานจากหลักสูตรในระดับสากลและตามกรอบวิชาชีพวิศวกรรม	1.เอกสารการปรับปรุงหลักสูตร 2.รายงานผลการประเมินหลักสูตร 3.คำสั่งเรื่องการพัฒนาหลักสูตร
2. ปรับปรุงหลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลตามมาตรฐาน คณะกรรมการควบคุมการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม (ก.ว.)	พัฒนาหลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลมีคุณภาพ	หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรม เครื่องกล ได้รับการรับรองคณะกรรมการควบคุมการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม (ก.ว.)
3. จัดทำแผนการเรียนแบบเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	ผลิตบัณฑิตวิศวกรรมเครื่องกลให้มีคุณภาพ	รายงานผลการศึกษาของนักศึกษา งานวิจัยในชั้นเรียน
4. แผนพัฒนาบุคลากร	จัดการเรียนการสอนหลักสูตรวิศวกรรม เครื่องกลให้มีคุณภาพ ส่งเสริมให้อาจารย์ทำผลงานวิชาการเพิ่มขึ้น	1.จำนวนอาจารย์ที่ศึกษาต่อปริญญาเอก 2.จำนวนอาจารย์ผ่านการอบรม / สัมมนา 3.จำนวนอาจารย์ที่มีผลงานทางวิชาการ 4.การจัดสรรงบประมาณสนับสนุน5.การจัดทำผลงานวิชาการ
5. แผนพัฒนาห้องปฏิบัติการและจัดหาครุภัณฑ์	พัฒนาห้อง ปฏิบัติการและจัดหาครุภัณฑ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล	1.จำนวนห้องปฏิบัติการที่ได้รับการปรับปรุง 2.จำนวนงบประมาณจัดหาครุภัณฑ์ 3.จำนวนครุภัณฑ์
6. แผนการประเมินผลการผลิตบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล	พัฒนาการเรียนการสอนหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์สาขาวิชาวิศวกรรม เครื่องกล	1.รายงานผลความพึงพอใจของบัณฑิต 2.รายงานผลความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิตหลักสูตรที่ปรับปรุง

หมวดที่ 3 ระบบการจัดการศึกษาการดำเนินการและโครงสร้างหลักสูตร

1. ระบบการจัดการศึกษา

1.1 ระบบ

การจัดการศึกษาเป็นระบบทวิภาคโดยหนึ่งปีการศึกษา แบ่งเป็น 2 ภาคการศึกษาปกติ มีระยะเวลาศึกษาไม่น้อยกว่า 15 สัปดาห์ และอาจจัดให้มีภาคฤดูร้อน โดยกำหนดระยะเวลาไม่น้อยกว่า 8 สัปดาห์

1.2 การจัดการศึกษาภาคฤดูร้อน

การจัดการเรียนการสอนภาคฤดูร้อนขึ้นอยู่กับการพิจารณาของคณะกรรมการบริหารหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลอาจจัดให้มีภาคฤดูร้อน โดยกำหนดระยะเวลา ไม่น้อยกว่า 8 สัปดาห์ทั้งนี้ การกำหนดระยะเวลาและจำนวนหน่วยกิต ให้มีสัดส่วนเทียบเคียงได้กับภาคการศึกษาปกติ

1.3 การเทียบเคียงหน่วยกิตในระบบทวิภาค

ไม่มี

2. การดำเนินการหลักสูตร

2.1 วัน-เวลาในดำเนินการเรียนการสอน

2.1.1 ระยะเวลาการศึกษา

2.1.1.1 ภาคการศึกษาที่ 1	เดือน มิถุนายน - เดือน กันยายน
2.1.1.2 ภาคการศึกษาที่ 2	เดือน พฤศจิกายน – เดือน กุมภาพันธ์
2.1.1.3 ภาคฤดูร้อน (ถ้ามี)	เดือน มีนาคม – เดือน พฤษภาคม

ใช้เวลาการศึกษา ไม่เกิน 8 ปีการศึกษา สำหรับการลงทะเบียนเรียนเต็มเวลาและไม่เกิน 12 ปีการศึกษา สำหรับการลงทะเบียนเรียนไม่เต็มเวลา

2.1.2 การลงทะเบียนเรียน

2.1.2.1 จำนวนหน่วยกิตการลงทะเบียนเรียน

ให้ลงทะเบียนได้ไม่น้อยกว่า 9 หน่วยกิต และไม่เกิน 22 หน่วยกิต ในแต่ละภาคการศึกษาปกติ และไม่เกิน 9 หน่วยกิต สำหรับการศึกษาภาคฤดูร้อน หากต้องลงทะเบียนเรียนนอกเหนือจากนี้ให้เป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วยการศึกษาระดับปริญญาตรี พ.ศ.2561 หมวด 6 (ภาคผนวก ค.)

2.1.2.2 ระยะเวลาการลงทะเบียนเรียน

ให้เป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วยการศึกษาระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2561 หมวด 6 (ภาคผนวก ค)

2.1.3 การวัดผลและการสำเร็จการศึกษา

เป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีว่าด้วย การศึกษาระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2561 หมวด 9 และหมวด 10 (ภาคผนวก ค)

2.2 คุณสมบัติของผู้เข้าศึกษา

2.2.1. เป็นผู้สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย หรือเทียบเท่า หรือผู้สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

2.2.2. เป็นผู้สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรชั้นสูง (ปวส.) หรือเทียบเท่า หรืออนุปริญญา ซึ่งต้องผ่านการเทียบโอนรายวิชาเดิมที่เคยศึกษาตามหลักเกณฑ์ของมหาวิทยาลัย

2.2.3. เป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วยการศึกษาระดับปริญญาตรี

2.3 ปัญหาของนักศึกษาแรกเข้า

นักศึกษามีข้อจำกัดทางทักษะด้านภาษาอังกฤษ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องทำการปรับพื้นฐานเพิ่มเติมความรู้ให้กับนักศึกษาเพื่อให้ผลการสอบมาตรฐานด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ไม่ต่ำกว่าที่สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลกำหนดไว้ในระเบียบการคัดเลือกเข้าเรียน รวมถึงเรื่องการปรับตัวในการเรียนในระดับอุดมศึกษาซึ่งแตกต่างจากมัธยมศึกษาที่มีรูปแบบการดำเนินชีวิตแตกต่างกัน ทั้งกิจกรรมและการเรียนนักศึกษาต้องบริหารเวลาให้เหมาะสม

2.4 กลยุทธ์ในการดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหา/ข้อจำกัดของนักศึกษาในข้อ2.3

2.4.1 จัดกิจกรรม/โครงการปรับพื้นฐานให้กับนักศึกษา

2.4.2 จัดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความสัมพันธ์ของนักศึกษาและการดูแลนักศึกษา

2.4.3 มอบหมายหน้าที่อาจารย์ที่ปรึกษาให้แก่อาจารย์ทุกคน ทำหน้าที่สอดส่องดูแล ตักเตือน ให้คำแนะนำแก่นักศึกษา

2.5 แผนการรับนักศึกษาและผู้สำเร็จการศึกษาในระยะ 5 ปี

ชั้นปีที่	ปีการศึกษา/จำนวนนักศึกษา (คน)				
	2565	2566	2567	2568	2569
1	80	80	80	80	80
2	-	80	80	80	80
3	-	-	80	80	80
4	-	-		80	80
รวม	80	160	240	320	320
นักศึกษาที่คาดว่าจะสำเร็จ	**-**	**-**	**-**	**80**	**80**

2.6 งบประมาณตามแผน

2.6.1 งบประมาณรายรับ (หน่วย:บาท)

รายละเอียดรายรับ	ปีงบประมาณ				
	2565	2566	2567	2568	2569
ค่าบำรุงการศึกษา	1,440,000	2,880,000	4,320,000	5,760,000	5,760,000
ค่าอุดหนุนจากรัฐบาล	240,000	480,000	720,000	960,000	960,000
รวมรายรับ	1,680,000	3,360,000	5,040,000	6,720,000	6,720,000

2.6.2 งบประมาณรายจ่าย (หน่วย:บาท)

หมวดเงิน	ปีงบประมาณ				
	2565	2566	2567	2568	2569
ก.งบดำเนินการ					
1.ค่าใช้จ่ายบุคลากรพิเศษ	160,000	320,000	480,000	640,000	640,000
2.ค่าใช้จ่ายดำเนินงาน (วัสดุสำนักงาน)	240,000	480,000	720,000	960,000	960,000
3.ทุนการศึกษา	40,000	80,000	120,000	160,000	160,000
4.รายจ่ายสนับสนุนสิ่งประดิษฐ์	240,000	480,000	720,000	960,000	960,000
5.วัสดุฝึกประกอบการเรียนคิดต่อหัวต่อปี	80,000	160,000	240,000	320,000	320,000
6.กิจกรรมและโครงการพัฒนานักศึกษาและสาขาวิชา	320,000	640,000	960,000	1,280,000	1,280,000
รวม (ก)	**1,080,000**	**2,160,000**	**3,240,000**	**4,320,000**	**4,320,000**

หมวดเงิน	ปีงบประมาณ				
	2565	2566	2567	2568	2569
ข.งบลงทุน					
ค่าครุภัณฑ์	600,00	1,200,000	1,800,000	2,400,000	2,400,000
รวม(ข)	**600,00**	**1,200,000**	**1,800,000**	**2,400,000**	**2,400,000**
รวม (ก) + (ข)	**1,680,000**	**3,360,000**	**5,040,000**	**6,720,000**	**6,720,000**
จำนวนนักศึกษา	80	160	240	320	320
ค่าใช้จ่ายต่อหัวนักศึกษา	**21,000**	**21,000**	**21,000**	**21,000**	**21,000**

*ค่าใช้จ่ายตลอดหลักสูตรต่อหัวนักศึกษา **84,000** บาท

2.7 ระบบการศึกษา

เป็นแบบชั้นเรียน

2.8 การเทียบโอนหน่วยกิต รายวิชาและการลงทะเบียนเรียนข้ามสถาบันอุดมศึกษา

เป็นไปตามระเบียบมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วย การโอนผลการเรียน การเทียบโอนผลการเรียน และการเทียบโอนความรู้ ทักษะและประสบการณ์ พ.ศ. 2562 (ภาคผนวก ง)

3. หลักสูตรและอาจารย์ผู้สอน

3.1 หลักสูตร

3.1.1 จำนวนหน่วยกิต รวมตลอดหลักสูตร ไม่น้อยกว่า 138 หน่วยกิต

3.1.2 โครงสร้างหลักสูตร

โครงสร้างหลักสูตรแบ่งเป็น 3 หมวดวิชา ซึ่งสอดคล้องกับที่กำหนดไว้ในเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตร กระทรวงศึกษาธิการว่าด้วยเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตร ระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2558 ดังนี้

3.1.2.1 หมวดวิชาศึกษาทั่วไป 30 หน่วยกิต

3.1.2.2 หมวดวิชาเฉพาะ 102 หน่วยกิต

1) วิชาพื้นฐาน 56 หน่วยกิต

1.1) กลุ่มวิชาพื้นฐานทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ 21 หน่วยกิต

1.2) กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม 35 หน่วยกิต

2) วิชาเฉพาะด้าน 46 หน่วยกิต

2.1) กลุ่มวิชาบังคับทางวิศวกรรม 33 หน่วยกิต

2.2) กลุ่มวิชาเลือกทางวิศวกรรม 13 หน่วยกิต

2.2.1) กลุ่มวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพทางวิศวกรรมเครื่องกล

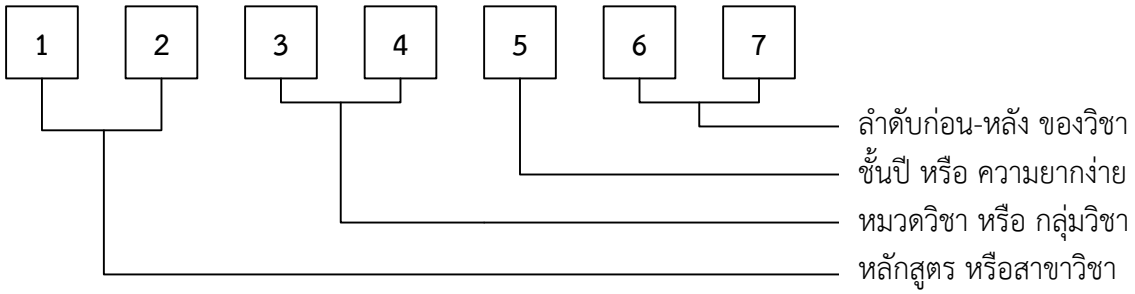
2.2.1.1) แบบปกติ 1 หน่วยกิต

2.2.1.2) แบบสหกิจศึกษา 7 หน่วยกิต
2.2.2) กลุ่มวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
2.2.2.1) แบบปกติ 12 หน่วยกิต
2.2.2.2) แบบสหกิจศึกษา 6 หน่วยกิต
3.1.2.3 หมวดวิชาเลือกเสรีไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต

3.1.3 รายวิชา

หลักเกณฑ์การใช้รหัสวิชาในหลักสูตร

ให้มีรหัสจำนวน 7 ตำแหน่ง ประกอบด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ 2 ตำแหน่ง และตัวเลข 5 ตำแหน่ง โดยมีความหมายดังนี้



เลขตัวที่ 1-2(ตัวอักษร) หมายถึงหลักสูตร หรือ สาขาวิชา
ME หมายถึง สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
GE หมายถึงหมวดวิชาศึกษาทั่วไป
CC หมายถึง สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร
CH หมายถึง สาขาวิชาเคมี
PY หมายถึง สาขาวิชาฟิสิกส์
เลขตัวที่ 3 - 4 หมายถึงหมวดวิชา หรือ กลุ่มวิชา
1X หมายถึง กลุ่มวิชาพื้นฐานวิศวกรรม
2X หมายถึง กลุ่มวิชาเอกบังคับ
3X หมายถึงกลุ่มวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพ
4X หมายถึง กลุ่มวิชาเอกเลือก
เลขตัวที่ 5 หมายถึงชั้นปี หรือ ความยากง่าย
เลขตัวที่ 6 - 7 หมายถึงลำดับ ก่อน-หลัง ของวิชา

1) หมวดวิชาศึกษาทั่วไป จำนวนไม่น้อยกว่า 30 หน่วยกิต

GE11001	ศาสตร์พระราชาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น King's Philosophy for Local Development	6(3-6-9)
GE22001	ความดีงามแห่งชีวิต Virtue of Life	6(3-6-9)
GE33001	วิทยาศาสตร์และประเด็นร่วมสมัย Science and Contemporary Issues	6(3-6-9)
GE33002	รู้ทันโลกดิจิทัล Digital literacy	3(2-2-5)
GE44001	ภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร Thai for Communication	3(2-2-5)
GE44002	ภาษาอังกฤษในชีวิตประจำวันและการทำงาน English for Life and Work	3(2-2-5)
GE44003	ภาษาอังกฤษเพื่อการนำไปใช้ English in Use	3(2-2-5)

2) หมวดวิชาเฉพาะ 102 หน่วยกิต

2.1) วิชาแกน 56 หน่วยกิต

2.1.1) กลุ่มวิชาพื้นฐานทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ 21 หน่วยกิต

PY01101	ฟิสิกส์ 1 Physics 1	3(3-0-6)
PY01102	การปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 Physics Laboratory 1	1(0-3-2)
PY01103	ฟิสิกส์ 2 Physics 2	3(3-0-6)
PY01104	การปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 Physics Laboratory 2	1(0-3-2)
CH01107	เคมีสำหรับวิศวกร Chemistry for Engineers	3(3-0-6)
CH01108	การปฏิบัติการเคมีสำหรับวิศวกร Chemistry for Engineers Laboratory	1(0-3-2)
ME11111	คณิตศาสตร์วิศวกรรม 1 Engineering Mathematics 1	3(3-0-6)

ME11112	คณิตศาสตร์วิศวกรรม 2 Engineering Mathematics 2	3(3-0-6)
ME11213	คณิตศาสตร์วิศวกรรม 3 Engineering Mathematics 3	3(3-0-6)

2.1.2) กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม 35 หน่วยกิต

CC11109	เทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับวิศวกรเครื่องกล Technology Digital for Mechanical Engineer	3(2-2-5)
ME12111	การเขียนแบบวิศวกรรมเครื่องกลและเขียนด้วยโปรแกรม Mechanical Engineering Drawing and Drawing Program	4(2-4-4)
ME12121	สถิตยศาสตร์และพลศาสตร์ Static and Dynamics	3(3-0-6)
ME12231	วัสดุวิศวกรรม Engineering Materials	3(3-0-6)
ME12241	อุณหพลศาสตร์ Thermodynamics	3(3-0-6)
ME12251	กลศาสตร์ของไหล Fluid Mechanics	3(3-0-6)
ME12261	กลศาสตร์ของแข็ง Mechanics of Solid	3(3-0-6)
ME12271	กรรมวิธีการผลิต Manufacturing Processes	3(3-0-6)
ME12281	อาชีวอนามัย ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม Health Safety and Environment	3(3-0-6)
ME13111	การฝึกปฏิบัติงานในโรงงานวิศวกรรม Engineering Workshop Practice	1(0-3-0)
ME14211	สถิติและการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม Statistics and Experimental Design in Engineering	3(3-0-6)
ME14212	วิศวกรรมไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับวิศวกรเครื่องกล Basic Electrical Engineering for Mechanical Enginee	3(2-2-5)

2.2) วิชาเฉพาะด้าน **49 หน่วยกิต**

2.2.1) กลุ่มวิชาบังคับทางวิศวกรรม **33 หน่วยกิต**

ME21311	ระบบพลศาสตร์และเครื่องจักรกล Dynamics System and Machinery	3(3-0-6)
ME21321	การออกแบบเครื่องจักรกลและเครื่องขับกำลัง Machine Design and Prime Movers	3(3-0-6)
ME21331	หุ่นยนต์และการควบคุมอัตโนมัติ Robots and Automatic Control	3(2-2-5)
ME21341	การสั่นสะเทือนทางกล Mechanical Vibration	3(3-0-6)
ME21351	การถ่ายเทความร้อน Heat Transfer	3(3-0-6)
ME21361	การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับงานวิศวกรรมเครื่องกล Computer Aided Mechanical Engineering Design	3(2-2-5)
ME21371	การดับเพลิงและระบบป้องกันอัคคีภัย Fire Systems and Fire Protection Systems	3(3-0-6)
ME21381	การทำความเย็นและการปรับอากาศ Refrigeration and Air Conditioning	3(3-0-6)
ME21391	พลังงาน โรงจักรต้นกำลังและระบบทางความร้อน Energy Power Plant and Thermal System	3(3-0-6)
ME21411	เศรษฐศาสตร์และการจัดการงานวิศวกรรม Economics and Engineering Managememt	3(3-0-6)
ME22421	การเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล Mechanical Engineering Pre-Project	1(0-3-0)
ME22422	โครงงานวิศวกรรมเครื่องกล Mechanical Engineering Project	2(0-4-2)

2.2.2) กลุ่มวิชาเลือกทางวิศวกรรม 13 หน่วยกิต

1) กลุ่มวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพทางวิศวกรรมเครื่องกล 1 หรือ 7 หน่วยกิต

นักศึกษาชั้นปีที่ 4 จะต้องเลือกรายวิชาในกลุ่มฝึกงาน หรือ กลุ่มสหกิจศึกษาจำนวน 1 กลุ่ม เพื่อให้สาขาวิชาพิจารณาโดยนักศึกษาที่เลือกกลุ่มวิชาฝึกงานจะต้องเรียน 1 หน่วยกิต ส่วนนักศึกษากลุ่มสหกิจศึกษาจะต้องเรียน 7 หน่วยกิต

- กลุ่มฝึกงาน 1 หน่วยกิต

ME31411	การฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล Mechanical Engineering Training	1(240)

- กลุ่มสหกิจศึกษา 7 หน่วยกิต

ME32411	การเตรียมความพร้อมสหกิจศึกษา Pre-cooperative Education	1(0-3-0)
ME32412	สหกิจศึกษา Cooperative Education	6(480)

2) กลุ่มวิชาวิศวกรรมเครื่องกล 6 หรือ 12 หน่วยกิต

นักศึกษาชั้นปีที่ 3 กลุ่มสหกิจศึกษาจะต้องเลือกเรียนวิชาเอกเลือกไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต ส่วนนักศึกษาที่เรียนกลุ่มฝึกงานจะต้องเลือกเรียนวิชาเอกเลือกไม่น้อยกว่า 12 หน่วยกิต

ME41401	พลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ Solar Energy and Applications	3(3-0-6)
ME41402	เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า Electrical Vehicle Technology	3(3-0-6)
ME41403	การอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน Energy Conservation and Management	3(3-0-6)
ME41404	เทคโนโลยีวิศวกรรมการอบแห้ง Drying Engineering Technology	3(3-0-6)
ME41405	การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องจักรในโรงงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน Machine Efficiency Analysis for Energy Conservation in Factories	3(2-2-5)

ME41406	แหล่งพลังงานทดแทนและพลังงานหมุนเวียน Renewable and Sustainable Energy Resources	3(2-2-5)
ME41407	การอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม Building and Industrial Energy Conservation	3(3-0-6)
ME41408	การออกแบบระบบทางความร้อนขั้นสูง Advance Thermal System Design	3(3-0-6)
ME41409	การขนถ่ายวัสดุ Material Handling	3(2-2-5)
ME41410	การควบคุมระบบไฮดรอลิกและระบบนิวเมติกส์ Hydraulic and Pneumatics Control System	3(2-2-5)
ME41411	การออกแบบระบบท่อทางวิศวกรรม Engineering Piping System Design	3(3-0-6)
ME41412	วิศวกรรมยานยนต์ Automotive Engineering	3(2-2-5)
ME41413	ระบบการควบคุมแขนหุ่นยนต์ Robot Arm Control System	3(2-2-5)
ME41414	เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว Post-Harvest Technology	3(3-0-6)
ME41415	เทคโนโลยีการผลิตน้ำตาล Cane Sugar Manufacturing Technology	3(3-0-6)
ME41416	การเป็นผู้ประกอบการสำหรับวิศวกรเครื่องกล Entrepreneurship for Mechanical Engineer (Strat-up)	3(2-2-5)

3) หมวดวิชาเลือกเสรี **6 หน่วยกิต**

ให้เลือกเรียนรายวิชาที่เปิดสอนในหลักสูตรระดับปริญญาตรีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีโดยไม่ซ้ำกับรายวิชาที่เรียนมาแล้วและต้องไม่เป็นรายวิชาที่กำหนดให้เรียนโดยไม่นับหน่วยกิต

3.1.4 แผนการศึกษา

ชั้นปีที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 1			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
ศึกษาทั่วไป	GEXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป	6
เฉพาะ	PY01101	ฟิสิกส์ 1	3(3-0-6)
	PY01102	การปฏิบัติการฟิสิกส์ 1	1(0-3-2)
	CH01107	เคมีสำหรับวิศวกร	3(3-0-6)
	CH01108	การปฏิบัติการเคมีสำหรับวิศวกร	1(0-3-2)
	CC11109	เทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับวิศวกรเครื่องกล	3(2-2-5)
	ME11111	คณิตศาสตร์วิศวกรรม 1	3(3-0-6)
	ME13111	การฝึกปฏิบัติงานในโรงงานวิศวกรรม	1(0-3-0)
รวม			21

ชั้นปีที่ 1 ภาคการศึกษาที่ 2			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
ศึกษาทั่วไป	GEXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป	6
เฉพาะ	PY01103	ฟิสิกส์ 2	3(3-0-6)
	PY01104	การปฏิบัติการฟิสิกส์ 2	1(0-3-2)
	ME11112	คณิตศาสตร์วิศวกรรม 2	3(3-0-6)
	ME12111	การเขียนแบบวิศวกรรมเครื่องกลและเขียนด้วยโปรแกรม	4(2-4-4)
	ME12121	สถิตยศาสตร์และพลศาสตร์	3(3-0-6)
รวม			20

ชั้นปีที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 1			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
ศึกษาทั่วไป	GEXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป	6
เฉพาะ	ME11213	คณิตศาสตร์วิศวกรรม 3	3(3-0-6)
	ME12231	วัสดุวิศวกรรม	3(3-0-6)
	ME12241	อุณหพลศาสตร์	3(3-0-6)
	ME12251	กลศาสตร์ของไหล	3(3-0-6)
	ME12281	อาชีวอนามัย ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม	3(3-0-6)
รวม			21

ชั้นปีที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 2			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
ศึกษาทั่วไป	GEXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป	6
เฉพาะ	ME12261	กลศาสตร์ของแข็ง	3(3-0-6)
	ME12271	กรรมวิธีการผลิต	3(3-0-6)
	ME14212	วิศวกรรมไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับวิศวกรเครื่องกล	3(2-2-5)
รวม			15

ชั้นปีที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 1			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
ศึกษาทั่วไป	GEXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป	6
เฉพาะ	ME14211	สถิติและการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม	3(3-0-6)
	ME21311	ระบบพลศาสตร์และเครื่องจักรกล	3(3-0-6)
	ME21321	การออกแบบเครื่องจักรกลและเครื่องขับกำลัง	3(3-0-6)
	ME21341	การสั่นสะเทือนทางกล	3(3-0-6)
	ME21351	การถ่ายเทความร้อน	3(3-0-6)
รวม			21

สำหรับนักศึกษากลุ่มฝึกงาน

ชั้นปีที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 2			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
เฉพาะ	ME21331	หุ่นยนต์และการควบคุมอัตโนมัติ	3(2-2-5)
	ME21361	การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับงานวิศวกรรมเครื่องกล	3(2-2-5)
	ME21391	พลังงาน โรงจักรต้นกำลังและระบบทางความร้อน	3(3-0-6)
	ME22421	การเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	1(0-3-0)
	ME22422	การฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล	1(240)
เลือกเสรี	XXXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาเลือกเสรี	3
รวม			14

ชั้นปีที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 1			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
เฉพาะ	ME23422	โครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	2(0-4-2)
	ME21411	เศรษฐศาสตร์และการจัดการงานวิศวกรรม	3(3-0-6)
วิชาเลือก	ME4XXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาเอกเลือก	6
เลือกเสรี	XXXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาเลือกเสรี	3
รวม			14

ชั้นปีที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 2			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
เฉพาะ	ME21371	การดับเพลิงและระบบป้องกันอัคคีภัย	3(3-0-6)
	ME21381	การทำความเย็นและการปรับอากาศ	3(3-0-6)
วิชาเลือก	ME4XXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาเอกเลือก	6
รวม			12

สำหรับนักศึกษากลุ่มสหกิจศึกษา

ชั้นปีที่ 3 ภาคการศึกษาที่ 2			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
เฉพาะ	ME21331	หุ่นยนต์และการควบคุมอัตโนมัติ	3(2-2-5)
	ME21361	การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับงานวิศวกรรมเครื่องกล	3(2-2-5)
	ME21371	การดับเพลิงและระบบป้องกันอัคคีภัย	3(3-0-6)
	ME21381	การทำความเย็นและการปรับอากาศ	3(3-0-6)
	ME21391	พลังงาน โรงจักรต้นกำลังและระบบทางความร้อน	3(3-0-6)
	ME22421	การเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	1(0-3-0)
เลือกเสรี	XXXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาเลือกเสรี	3
รวม			19

ชั้นปีที่ 4

ชั้นปีที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 1			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
	ME32411	การเตรียมความพร้อมสหกิจศึกษา	1(0-3-0)
เฉพาะ	ME23422	โครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	2(0-4-2)
	ME21411	เศรษฐศาสตร์และการจัดการงานวิศวกรรม	3(3-0-6)
วิชาเลือก	ME4XXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาเอกเลือก	6
เลือกเสรี	XXXXXXX	เลือกเรียนในหมวดวิชาเลือกเสรี	3
รวม			15

ชั้นปีที่ 4 ภาคการศึกษาที่ 2			
หมวดวิชา	**รหัสวิชา**	**ชื่อวิชา**	**จำนวนหน่วยกิต**
เฉพาะ	ME32412	สหกิจศึกษา	6(480)
รวม			6

3.1.5.1. หมวดวิชาศึกษาทั่วไป

1) หมวดวิชาศึกษาทั่วไป

GE11001 ศาสตร์พระราชาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น 6 (3-6-9)

King's Philosophy for Local Development

พระราชประวัติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช แนวคิดและหลักการทรงงาน หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ กฎหมายในชีวิตประจำวันและการต่อต้านทุจริต ความเป็นพลเมืองในระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นพระประมุข การส่งเสริมและการพัฒนาผู้เรียนให้มีจิตอาสาพัฒนาท้องถิ่นตามศาสตร์พระราชาสู่การพัฒนาอย่างเป็นรูปธรรม การบูรณาการทำงานแบบองค์รวมกับภาคีเครือข่ายในการแก้ปัญหา

Biography of the King Bhumibol the Great; concepts and principles of His Majesty's work; philosophy of sufficiency economy; projects initiated by His Majesty the King; everyday-life laws and anticorruption; citizenship in the constitutional monarchy; support and development of learners' volunteer mind to develop locality based on His Majesty's philosophy substantially; integration of holistic cooperation with associate network for solving problems

GE22001 ความดีงามแห่งชีวิต 6(3-6-9)

Virtue of Life

การวิเคราะห์โลกทัศน์ในการดำเนินชีวิต การประยุกต์ใช้หลักธรรมในการครองตน การครองคน การครองงาน และการครองเรือน การฝึกปฏิบัติพัฒนาจิตตามคำสอนของพระพุทธศาสนา การชื่นชมและเห็นคุณค่าของวัฒนธรรมไทยผ่านโครงงานทางสุนทรียะด้านดนตรี นาฏศิลป์ และศิลปะ การสร้างทักษะชีวิตผ่านการฝึกสังเกตและทำความเข้าใจตนเองและผู้อื่น การวิเคราะห์กรณีศึกษา การเกิดสำนึกสาธารณะผ่านโครงการจิตอาสาพัฒนาท้องถิ่น

Analysis of living vision; application of dharmic principles for living, governing people, working, and wedding; practice of mental development based on Buddhist doctrine; admiration and appreciation of Thai cultures through aesthetic projects regarding music, classical dance, and arts; Fostering life skills through observing and recognizing oneself and others; analysis of case studies; encouragement of public mind through volunteer-minded projects to develop locality

GE33001 วิทยาศาสตร์และประเด็นร่วมสมัย 6(3-6-9)

Science and Contemporary Issues

การคิดและการตัดสินใจ การฝึกกระบวนคิด ตรรกศาสตร์เพื่อการตัดสินใจ คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การส่งเสริมสุขภาพและสิ่งแวดล้อม โภชนาการและการออกกำลังกาย

การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ การจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน การวิเคราะห์สถานการณ์วิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมร่วมสมัย กิจกรรมวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมเพื่อท้องถิ่น การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

Thinking and decision making, practice of thinking process, logic for decision making, mathematics in everyday life; scientific process; health and environment promotion; nutrition and exercise; conservation of natural resources; suitable management of environment; analysis of contemporary issues regarding science and environment, scientific and environmental activities for local development; suitable application of scientific knowledge to everyday life

GE33002 รู้ทันโลกดิจิทัล 3(2-2-5)

Digital Literacy

ทักษะ 5C เพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 แนวคิดเกี่ยวกับสารสนเทศและเทคโนโลยี การสืบค้นสารสนเทศ การรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ทักษะการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการจัดการสารสนเทศอย่างสร้างสรรค์การตระหนักถึงประเด็นความปลอดภัยบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต คุณธรรมจริยธรรมการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในโลกดิจิทัล

5Cs skills for learning in the 21st century skills; notions of information and technology; information retrieval; online social- media literacy; creative application skills of information technology and information management; awareness of security issues on the internet network; morality and ethics of utilizing information technology in the digital age

GE44001 ภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร 3(2-2-5)

Thai for Communication

ภาษาไทยในการสื่อสาร ความคิดกับการใช้ภาษา ภาษากับสังคมการพัฒนาทักษะการใช้ภาษาไทยในการฟัง พูด อ่าน และเขียนได้อย่างสร้างสรรค์และมีประสิทธิภาพ

Thai in communication; thoughts and language use; language and society; enhancing Thai listening, speaking, reading, and writing skills creatively and effectively

GE44002 ภาษาอังกฤษในชีวิตประจำวันและการทำงาน 3(2-2-5)

English for Life and Work

ทักษะการฟัง การพูด การอ่าน และการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารในชีวิตประจำวันและในสถานที่ทำงาน การใช้ภาษาอังกฤษในการสนทนาอย่างคล่องแคล่วและเป็นธรรมชาติ การเขียนประวัติส่วนตัวโดยสังเขป การเขียนจดหมายสมัครงาน การสัมภาษณ์งาน สำนวนภาษา โครงสร้างไวยากรณ์สำหรับการพูดและการเขียนภาษาอังกฤษ มารยาทและวัฒนธรรมของเจ้าของภาษาการฝึกปฏิบัติทักษะการสื่อสารในสถานการณ์ที่หลากหลาย

English listening, speaking, reading, and writing skills for communication in everyday life and in workplace; fluent and natural use of English in communication; curriculum vitae writing, application letter writing, interview;language expressions; grammatical structures for English speaking and writing; native-speaker' setiquettes and cultures; practice of communication skills in different situations

GE44003 ภาษาอังกฤษเพื่อการนำไปใช้ 3(2-2-5)

English in Use

การอ่านเพื่อความเข้าใจ การพัฒนาทักษะการอ่านโดยการบูรณาการทักษะการอ่านและทักษะการเขียน การเดาความหมายจากร่องรอยในบริบท การสร้างคำการใช้พจนานุกรมภาษาอังกฤษ การอธิบายลำดับขั้นตอน การเขียนบรรยายเกี่ยวกับตนเองและผู้อื่นการกรอกแบบฟอร์มต่างๆ การฝึกปฏิบัติทักษะภาษาอังกฤษผ่านโครงงานภาษาอังกฤษ

Reading comprehension; development of reading skills with integration to reading and writing skills; guessing meanings with context clues; word formation; use of English dictionary; description of instructions; writing about oneself and other people; filling in different forms; practice of English skills through English projects

3.1.5.2 รายวิชาเฉพาะ

1) รายวิชาพื้นฐาน

1.1) รายวิชาพื้นฐานทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์

PY01101 ฟิสิกส์ 1 3(3-0-6)

Physics 1

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ไม่มี

การวัด หน่วย สเกลาร์และเวกเตอร์ จลนศาสตร์ของอนุภาค พลศาสตร์ของอนุภาค งานและพลังงาน โมเมนตัม ระบบอนุภาค วัตถุแข็งเกร็ง สมบัติเชิงกลของสสาร ความโน้มถ่วง กลศาสตร์ของไหล การแกว่งกวัด คลื่นกล เสียง อุณหพลศาสตร์

Measurement, units, scalar and vector, kinematics of a particle, dynamics of a particle, work and energy, momentum, system of particles, rigid body, mechanical properties of matter, gravitation, fluid mechanics, oscillation, mechanical wave, sound, thermodynamics.

PY01102 การปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 1(0-3-2)

Physics Laboratory 1

รายวิชาที่ต้องผ่าน หรือ รายวิชาเรียนร่วม : PY01101 ฟิสิกส์ 1

ปฏิบัติการเกี่ยวกับการวัด หน่วย สเกลาร์และเวกเตอร์ จลนศาสตร์ของอนุภาค พลศาสตร์ของอนุภาค งานและพลังงาน โมเมนตัมระบบอนุภาค วัตถุแข็งเกร็ง สมบัติเชิงกลของสสาร ความโน้มถ่วง กลศาสตร์ของไหล การแกว่งกวัด คลื่นกล เสียง อุณหพลศาสตร์ จำนวน 8-10 ปฏิบัติการ

Laboratory in measurement, units, scalar and vector, kinematics of a particle, dynamics of a particle, work and energy, momentum, system of particles, rigid body, mechanical properties of matter, gravitation, fluid mechanics, oscillation, mechanical wave, sound, thermodynamics consist of 8-10 experiments.

PY01103 ฟิสิกส์ 2 3(3-0-6)

Physics 2

รายวิชาที่ต้องผ่าน : PY01101 ฟิสิกส์ 1

ไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง แม่เหล็กสถิต ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงและทัศนศาสตร์ แนวคิดรากฐานของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ แนวคิดรากฐานของฟิสิกส์ควอนตัม ฟิสิกส์นิวเคลียร์

Electrostatics, direct- current circuits, magnetostatics, alternating current, electromagnetic waves, light and optics, fundamental concepts of special relativity, fundamental concepts of quantum physics, nuclear physics.

PY01104 การปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 1(0-3-2)

Physics Laboratory 2

รายวิชาที่ต้องผ่าน หรือ รายวิชาเรียนร่วม : PY01103 ฟิสิกส์ 2

ปฏิบัติการเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง แม่เหล็กสถิต ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงและทัศนศาสตร์ เสียง แนวคิดรากฐานของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ แนวคิดรากฐานของฟิสิกส์ควอนตัม ฟิสิกส์นิวเคลียร์ จำนวน 8-10 ปฏิบัติการ

Laboratory in electrostatics, direct- current circuits, magnetostatics, alternating current, electromagnetic waves, light and optics, sound, fundamental concepts of special relativity, fundamental concepts of quantum physics, nuclear physics consist of 8-10 experiments.

CH01107 เคมีสำหรับวิศวกร 3(3-0-6)

Chemistry for Engineers

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ไม่มี

โครงสร้างอะตอม การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม สมบัติของธาตุตามตารางธาตุ ธาตุเรพรีเซนเททีฟ อโลหะ โลหะทรานซิชัน พันธะเคมี ปริมาณสารสัมพันธ์ สมบัติของแก๊ส ของแข็ง ของเหลวและสารละลาย สมดุลเคมี สมดุลไอออนิก และจลนพลศาสตร์เคมี

Atomic structure, electron configuration in atom, properties of elements from periodic table, representative elements, transition metals, chemical bonding, stoichiometry, properties of gas, solid, liquid and solution, chemical equilibrium, ionic equilibrium, chemical kinetics.

CH01108 การปฏิบัติการเคมีสำหรับวิศวกร 1(0-3-2)

Chemistry for Engineers Laboratory

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ไม่มี

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ สารเคมี สมบัติทางเคมีและทางกายภาพ ปฏิกิริยาเคมีและผลผลิตร้อยละ ปริมาตรโมลาร์ของแก๊สและค่าคงที่แก๊ส จุดเดือดและจุดหลอมเหลว การเตรียมสารละลาย การแยกของผสม สมดุลเคมี

Basic knowledge of laboratory equipment, chemical reagents, chemical and physical properties, chemical reaction and percent yield, molar volume of a gas and gas constant, boiling point and melting point, preparation of solution, separation of mixture, chemical equilibrium.

ME11111 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 1 3(3-0-6)

Engineering Mathematics 1

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ไม่มี

ลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน เมทริกซ์ อนุพันธ์ของของฟังก์ชันหนึ่งตัวแปรและการประยุกต์ ปริพันธ์ของของฟังก์ชันหนึ่งตัวแปรและการประยุกต์ฟังก์ชันอดิสัย เทคนิคการหาอนุพันธ์และปริพันธ์ไม่ตรงแบบ

Limits and continuity of valued function, Matrix algebra, The derivative of an one variable functionand applications,integration of an one variable functionand applications, transcendental function, derivative and integration techniques in improper function.

ME11112 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 2 3(3-0-6)

Engineering Mathematics 2

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME11111 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 1

ลำดับและอนุกรมของตัวเลข เวกเตอร์และการเคลื่อนที่ในปริภูมิสามมิติ อนุพันธ์ของฟังก์ชันหลายตัวแปรและการประยุกต์ ปริพันธ์ของฟังก์ชันหลายตัวแปรและการประยุกต์

Sequences and series of numbers, vector and motion in space, derivativesofseveral variablefunctionsand their applications,integration ofseveral variable functionsand their applications.

ME11213 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 3 3(3-0-6)
Engineering Mathematics 3
รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME11112 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 2

ปริพันธ์ในสนามเชิงเวกเตอร์สมการเชิงอนุพันธ์อันดับหนึ่ง สมการเชิงอนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ สมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้นที่มีสัมประสิทธิ์เป็นค่าคงที่และตัวแปร ระบบสมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้น ผลการแปลงลาปราซและการประยุกต์ในปัญหาค่าขอบเขต

Integration in vector fields,first order differential equations, higher order differential equations and applications, linear differential equations with constant and variable coefficients, system of differential equations, Laplace transforms and applications in boundary value problem.

1.2) รายวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม

CC11109 เทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับวิศวกรเครื่องกล 3(2-2-5)
Technology Digital for Mechanical Engineer
รายวิชาที่ต้องผ่าน : ไม่มี

ระบบคอมพิวเตอร์เบื้องต้น ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ การปฏิสัมพันธ์ระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ภาษาคอมพิวเตอร์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน การออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ผังงาน ความแตกต่างของการเขียนโปรแกรมแบบโครงสร้าง และการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ การเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานกับข้อมูลที่มีชนิดหรือโครงสร้าง อาร์เรย์ และเรคคอร์ด การประมวลผลกับแฟ้มข้อมูล

An introduction to computer systems, computer components, hardware and software, interaction between computer hardware and software, some widely used programming languages, program design and development, flowchart, differences between structural programming and objected oriented programming, programming for handling different data types or structures, arrays and records, file manipulation.

ME12111 การเขียนแบบวิศวกรรมเครื่องกลและเขียนด้วยโปรแกรม 4(2-4-4)
Mechanical Engineering Drawing and Drawing Program
รายวิชาที่ต้องผ่าน : ไม่มี

การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ การคัดตัวอักษรและตัวเลข การเขียนรูปทรงเรขาคณิตประยุกต์ การเขียนภาพสเก็ตซ์ การฉายและเขียนภาพออโธกราฟฟิก การเขียนภาพ 3 มิติ การบอกขนาดและค่าความคลาดเคลื่อน การเขียนภาพตัด การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบขั้นแนะนำในการเขียนแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ การเขียนภาพเพื่อใช้งาน การเขียนภาพแยกส่วนและภาพประกอบด้วยโปรแกรม CAD การประยุกต์ใช้งานทางวิศวกรรมเครื่องกล

Instruments and their uses,lettering,applied geometry, freehand sketches, orthographic projection and orthographic drawing, pictorial drawing, dimensioning and tolerancing,sectional,Introduction to computer-aided design,2 and 3 dimensional drawing, working drawing detail and assembly by CAD, application to mechanical engineering work.

ME12121 สถิตยศาสตร์และพลศาสตร์ 3(3-0-6)

Static and Dynamics

รายวิชาที่ต้องผ่าน : PY01101 ฟิสิกส์ 1

ระบบแรงและโมเมนต์ ผลลัพธ์การรวมแรง สมดุลของอนุภาคและวัตถุแข็งเกร็งแรงเสียดทาน การหาจุดศูนย์และจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุ โมเมนต์ความเฉื่อย จลนศาสตร์และจลนพลศาสตร์ของอนุภาคและวัตถุแข็งเกร็ง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันหลักของงานและพลังงาน กฎการอนุรักษ์พลังงาน การชนหลักการดลและโมเมนตัม

Force system, forces resultance, equilibrium of particles and rigid bodies,, friction forces, area moment of inertia and mass moment of inertia, Kinematics and kinetics of particles and rigid bodies, newton’s second law of motion, work and energy, impact, momentum and impulse.

ME12231 วัสดุวิศวกรรม 3(3-0-6)

Engineering Materials

รายวิชาที่ต้องผ่าน : CH01107 เคมีสำหรับวิศวกร

ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างมหภาคและโครงสร้างจุลภาค แผนภาพสมดุลเฟส และการแปลความหมาย สมบัติ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์โดยใช้วัสดุวิศวกรรม การใช้งานในกลุ่มวัสดุวิศวกรรมหลัก โลหะ โพลีเมอร์ เซรามิก และวัสดุผสม การทดสอบและความหมายของสมบัติทางกล การย่อยสลาย การเสื่อมสภาพและการวิบัติของวัสดุ

Relationship between structures,phase equilibrium diagrams and their interpretation, properties, production processes and applications of main groups of engineering materials metals, polymers, ceramics and composites, mechanical properties and materials degradation.

ME12241 อุณหพลศาสตร์ 3(3-0-6)

Thermodynamics

รายวิชาที่ต้องผ่าน : PY01101 ฟิสิกส์ 1

คำจำกัดความและแนวคิดพื้นฐานคุณสมบัติของสารบริสุทธิ์ แก๊สอุดมคติ กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ กฎข้อที่สองของอุณหพลศาสตร์และวัฏจักรคาร์โนต์งาน ความร้อน และพลังงานเอนโทรปี วัฏจักรกำลังไอ วัฏจักรการทำความเย็น แก๊ส-ไอ และการปรับอากาศ

Basic concepts and definitions. properties of pure substance. ideal gas. first law of thermodynamics. second law of thermodynamicsand Carnot cycle. work heat and energy. entropy. vapor power cycle. refrigeration cycle. gas–vapor mixtures and air-conditioning.

ME12251 กลศาสตร์ของไหล 3(3-0-6)

Fluid Mechanics

รายวิชาที่ต้องผ่าน : PY01101 ฟิสิกส์ 1

สมบัติของไหลสถิตยศาสตร์ของไหลสมการความต่อเนื่องสมการโมเมนตัมสมการพลังงานสมการเบอร์นูลลี่ พลศาสตร์ของการไหลของของไหลที่ไม่ยุบตัวและไม่มีความหนืดการวิเคราะห์มิติและความคล้ายคลึงการไหลของของไหลที่ไม่ยุบตัวและมีความหนืดการไหลในท่อ

Properties of fluid, fluid statics, continuity equation, momentumequation, energy equation,Bernoulli's equetion,dynamics of incompressible and inviscid fluid flow, dimensional analysis and similitude, incompressible and viscous flow, flow in pipes.

ME12261 กลศาสตร์ของแข็ง 3(3-0-6)

Mechanics of Solid

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME12121 สถิตยศาสตร์และพลศาสตร์

แรงและความเค้น ความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียดความเค้นในคาน การเขียนไดอะแกรมแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด การโก่งของคานการบิดของเพลา การงอของเสา วงกลมมอร์และความเค้นผสมความวิบัติ

Forces and stresses, stresses and strains relationship, stresses in beams, shear force and bending moment diagrams, deflection of beams, torsion, buckling of columns, Mohr’s circle and combined stresses, failure criterion.

ME12271 กรรมวิธีการผลิต 3(3-0-6)

Manufacturing Processes

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME12231 วัสดุวิศวกรรม

กระบวนการผลิตเบื้องต้น ทฤษฎีและแนวคิดของกระบวนการผลิต การหล่อ การขึ้นรูป การตัดเฉือน และการเชื่อมประสาน ความสัมพันธ์ของวัสดุและกระบวนการผลิต หลักมูลของต้นทุนการผลิต กระบวนการผลิตในเทคโนโลยีสมัยใหม่

Introduction to manufacturing processes, theory and concept of manufacturing processes such as casting, forming, machining and welding, material and manufacturing processes relationships, fundamentals of manufacturing cost, modern technology in manufacturing processes.

ME12281 อาชีวอนามัย ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม 3(3-0-6)

Health Safety and Environment

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ไม่มี

หลักการป้องกันการสูญเสีย การออกแบบ วิเคราะห์ และการควบคุมภัยอันตรายจากสถานที่ทำงานต่อส่วนต่างๆ ของร่างกายผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต่อมนุษย์จากการกระจายของมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม เทคนิคด้านความปลอดภัยเชิงระบบ การวิเคราะห์ระบบความปลอดภัย และระบบการป้องกันอุปกรณ์ด้านความปลอดภัย หลักการจัดการความปลอดภัยและกฎหมายด้านความปลอดภัย

Principles of loss prevention, design, analysis and control hazards from the workplace to the rest of the body,impact ofpollution on the environment and human, technical security systems, security systems analysis and defense systems, safety devices, principles of safety management and laws of safety.

ME13111 การฝึกปฏิบัติงานในโรงงานวิศวกรรม 1(0-3-0)

Engineering Workshop Practice

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ไม่มี

ฝึกปฏิบัติการเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในงานอุตสาหกรรม เครื่องมือวัด เครื่องมือเชื่อม เครื่องมือตัดและเครื่องมือเจาะ เครื่องมือไสและแต่งผิวตลอดจนการฝึกปฏิบัติการประกอบชิ้นงานและความปลอดภัยในการทำงาน

Practice using industrial equipment and tool; measuring tool, welding tool, cutting and drilling tool, shaping and finishing tool, assembly and safety in the workplace.

ME14211 สถิติและการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม 3(3-0-6)

Statistics and Experimental Design in Engineering

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ไม่มี

ความรู้พื้นฐานสถิติศาสตร์ ข้อมูลและการแจกแจงข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยวิธีการสำรวจ สถิติสำหรับบรรยายลักษณะของข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการประมาณค่าและโดยการทดสอบสมมุติฐาน การ

เก็บรวบรวมข้อมูลโดยวิธีการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการออกแบบเชิงสุ่มสมบูรณ์ และการออกแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปร

Fundamental of statistics, data and distributions,bdata collection by surveying, statistics for data description, data analysis byestimation and hypothesis testing,data collection by the experiment,data analysis for completely randomized design (CRD) and randomized completely block design (RCBD), andanalysis of variable relationship.

ME14212 วิศวกรรมไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับวิศวกรเครื่องกล 3(2-2-5)

Basic Electrical Engineering for Mechanical Engineer

รายวิชาที่ต้องผ่าน : PY01103 ฟิสิกส์ 2

ศึกษาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ องค์ประกอบวงจรไฟฟ้า องค์ประกอบระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม เครื่องกำเนิดไฟฟ้า มอเตอร์ ระบบไฟฟ้าหนึ่งเฟสและสามเฟส ระบบไฟฟ้ากำลังเบื้องต้น ปฏิบัติการเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ เครื่องจักรกลไฟฟ้า การวัดกำลังไฟฟ้า

Electrical Engineering Study of DC circuits, AC circuits, circuit elements, electrical components in the industrial factory, electricity generator, motor, single-phase and three-phase power system, introduction of power system. AC and DC circuits laboratory. Electrical Machinery laboratory. The Electrical power measurement.

3.1.5.3 รายวิชาเฉพาะด้าน

1) รายวิชาบังคับทางวิศวกรรม

ME21311 ระบบพลศาสตร์และเครื่องจักรกล 3(3-0-6)

Dynamics System and Machinery

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME12121 สถิตยศาสตร์และพลศาสตร์

การวิเคราะห์ความเร็วและความเร่งการขจัด การวิเคราะห์แรงจลศาสตร์และแรงทางพลศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนทางกล ชิ้นต่อโยง ขบวนเฟืองและระบบทางพลศาสตร์ การสมดุลของมวลหมุนและมวลเคลื่อนที่กลับไปกลับมา

Velocity and acceleration analysis, kinematics and dynamics force analysis of mechanical devices, linkages, gear trains and dynamic systems, balancing of rotating and reciprocating mass.

ME21321 การออกแบบเครื่องจักรกลและเครื่องขับกำลัง 3(3-0-6)

Machine Design and Prime Movers

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME12261 กลศาสตร์วัสดุ

การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอย่างง่าย คุณสมบัติของวัสดุ ทฤษฎีความเสียหาย การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอย่างง่าย การยึดด้วยหมุดย้ำ การต่อด้วยรอยเชื่อม การยึดด้วยสกรู ลิ่มและสลัก การออกแบบเพลา สปริงการออกแบบเฟืองตรง เฟืองฮีลิก เฟืองดอกจอก และเฟืองเกลียวหนอนสกรูกำลังคัปปลิงการออกแบบตลับลูกปืน เบรก คลัทช์ สานพาน การออกแบบโซ่ การออกแบบชิ้นงานอย่างง่าย ระบบขับต้นกำลัง เครื่องยนต์และเครื่องจักรกลไฟฟ้า

Fundamental of mechanical design, properties of materials, theories of failure, design of simple machine elements, rivets, welding, screw fasteners, keys and pins, shafts, springs, gears, power screws, couplings, bearings, brakes, clutches, belts, chains, design project, power drive system, engine and electrical machinery.

ME21331 หุ่นยนต์และการควบคุมอัตโนมัติ 3(2-2-5)

Robots and Automatic Control

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME11213 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 3

ความเป็นมาของเทคโนโลยีแมคคาทรอนิกส์ แขนกลและหุ่นยนต์ ประเภทและส่วนประกอบของหุ่นยนต์ การออกแบบกลไกเชื่อมต่อ ชุดเกียร์ ลูกเบี้ยว กลไกการส่งกำลัง การวิเคราะห์จลนพลศาสตร์ สมการพิกัดอ้างอิง สมการการเคลื่อนที่แบบ 2 มิติ 3 มิติ เส้นทางการเคลื่อนที่ การจำลองระบบการทำงาน การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงาน หลักการการควบคุมอัตโนมัติ การวิเคราะห์และการสร้างแบบจำลองของอุปกรณ์ควบคุมเชิงเส้น เสถียรภาพของระบบย้อนกลับเชิงเส้น การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบพลศาสตร์ การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงเส้นในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ การสร้างแบบจำลองการชดเชยระบบด้วยตัวแปรสถานะ การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ การเรียนรู้ด้วยเครื่องจักร การนำไปประยุกต์ใช้งานกับอุตสาหกรรมการผลิต การวางแผนการบำรุงรักษาหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

Introduction of mechatronic, mechanical arm and robotic technology, classification and components of robots, design linkage mechanism, gear set, cam, power transmission mechanism, dyanamic analysis of mechanism, reference coordinates equations, equations of motion in 2 and 3 dimensions, path of motion, simulation of robotic system, programming for robotic operation control, automatic control principles, analysis and modeling of linear control elements, stability of linear feedback system, mathematical modeling of dynamic systems, linear system analysis and design in the time and frequency domains, modeling system compensation with state variables, big data analysis, machine leaning, application to manufacturing industry, maintenance planning of industrial robot.

ME21341 การสั่นสะเทือนทางกล 3(3-0-6)

Mechanical Vibration

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME12121สถิตยศาสตร์และพลศาสตร์

การสั่นสะเทือนของระบบในระดับความเสรีขั้นเดียว,การสั่นสะเทือนแบบบิด การสั่นสะเทือนแบบอิสระและแบบบังคับ ระเบียบวิธีระบบสมมูล การสั่นสะเทือนของระบบในระดับความเสรีหลายขั้น เทคนิคและวิธีการลดและควบคุมการสั่นสะเทือน

Systems with one degree of freedom, torsional vibration, free and forced vibration, method of equivalent systems, systems having several degrees of freedom, techniques and methods to reduce and control vibration.

ME21351 การถ่ายเทความร้อน 3(3-0-6)

Heat Transfer

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME12241 อุณหพลศาสตร์และ ME12251กลศาสตร์ของไหล

ลักษณะการถ่ายเทความร้อน สภาพการนำความร้อน สมการการนำความร้อน การนำความร้อนในสถานะคงตัวแบบ 1 และ 2 มิติ การนำความร้อนในสถานะไม่คงที่ การพาความร้อนแบบบังคับและแบบธรรมชาติ การถ่ายเทความร้อนขณะเกิดการเดือดและขณะเกิดการควบแน่น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน การแผ่รังสี

Modes of heat transfer. thermal conductivity. heat conduction equations. steady-state one and two dimensional heat conduction. unsteady-state heat conduction. force and natural convection. boiling and condensation. heat exchangers.radiation.

ME21361 การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับงานวิศวกรรมเครื่องกล 3(2-2-5)

Computer Aided Mechanical Engineering Design

การใช้คอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบและวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกล แบบจำลองทางกายภาพและการจำลองเสมือนจริงของปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกล การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการทดลองการวัดและการควบคุมด้วย Lab view การศึกษาระบบการส่งข้อมูลในระยะไกลแบบ SCADA การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในงานทางวิศวกรรมด้วยวิธีการ FEM และการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม ANSYS การประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวข้อง

Use of computer for design and analysis of mechanical engineering problems, physical modeling and simulations of mechanical engineering problems, computer programs using for experiments, measurements and controls by Lab view, studying of SCADA for remote transmission system, applications using for computer-aided engineering by FEM methods and modeling with ANSYS program, related applications.

ME21371 การดับเพลิงและระบบป้องกันอัคคีภัย 3(3-0-6)

Fire Systems and Fire Protection Systems

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME12251 กลศาสตร์ของไหล

ประเภท สาเหตุและทฤษฎีการเกิดอัคคีภัย อันตรายจากอัคคีภัยหรืออุบัติภัยอื่น ๆ มาตรฐานและกฎหมายเกี่ยวกับอัคคีภัย การจัดเตรียมและออกแบบระบบป้องกัน ควบคุมและระงับอัคคีภัย การเขียนแผนการฝึกซ้อมดับเพลิงเบื้องต้น การอพยพหนีไฟและการตอบโต้อัคคีภัย ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ อุปกรณ์ดับเพลิงและเครื่องดับเพลิงแบบมือถือ ระบบน้ำดับเพลิง ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง การคำนวณทางชลศาสตร์สำหรับระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง การออกแบบระบบท่อยืน ระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง การออกแบบระบบน้ำฝอยดับเพลิง การออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิง การตรวจสอบ ทดสอบ บำรุงรักษาระบบและอุปกรณ์ต่างๆ

Category, causes and theory of fire, fire hazard or other accidents, standards and laws related to fire, preparation and design of protection, control and extinguish fire systems, writing an introductory fire drill training plan, fire evacuation and fire response, fire alarm systems, fire fighting equipment and hand-held fire extinguishers, fire water systems, sprinkler water systems, hydro calculation for sprinkler system, standing pipe design system, fire pump system, fire extinguishing design system, water mist design system, inspection, testing and maintenance of systems and other equipments.

ME21381 การทำความเย็นและการปรับอากาศ 3(3-0-6)

Refrigeration and Air Conditioning

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME21351 การถ่ายเทความร้อน

ทบทวนหลักการทางอุณหพลศาสตร์ หลักการทำความเย็น และระบบทำความเย็นแบบต่าง ๆ การทำความเย็นแบบอัดไอโดยวิธีกล แบบการอัดชั้นเดียวและหลายชั้น อุปกรณ์หลักของระบบทำความเย็น เช่น เครื่องอัดไอ เครื่องควบแน่น เครื่องทำระเหย อุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารทำความเย็น และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ การทำความเย็นแบบดูดซึม สารทำความเย็น ไซโครเมตริก แนะนำเทคโนโลยีร่วมสมัยด้าน การทำความเย็น และ การปรับอากาศ การคำนวณภาระทำความเย็นสำหรับระบบทำความเย็นและปรับ อากาศ การแช่แข็งอาหาร การออกแบบท่อลม การออกแบบการกระจายลม หลักการเลือกหัวจ่ายลมเย็น

Reviews of thermodynamics principles. principles of refrigeration and various refrigeration systems. single stage and two stages mechanical vapor compression refrigeration cycles. main components such as compressor, condenser, evaporator, refrigerant flow control equipment. auxiliary equipment. absorption refrigeration. refrigerants. psychrometrics. air conditioning system design. introduction to current refrigeration and air conditioning technology. cooling load calculation for refrigeration and air conditioning systems. freezing of foods. duct design. principles of air distribution and diffuser selection.

ME21391 พลังงาน โรงจักรต้นกำลังและระบบทางความร้อน 3(3-0-6)

Energy Power Plant and Thermal System

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME21351 การถ่ายเทความร้อน

หลักการเปลี่ยนรูปพลังงานและแนวทางในการนำไปใช้วัฏจักรกำลังไอน้ำการวิเคราะห์เชื้อเพลิงและการเผาไหม้และการศึกษาส่วนประกอบของโรงจักรต้นกำลังไอน้ำกังหันก๊าซและเครื่องยนต์สันดาปภายในวัฏจักรผลิตความร้อนร่วมและระบบผลิตพลังงานร่วมโรงไฟฟ้าพลังน้ำโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เครื่องมือวัดและการควบคุมเศรษฐศาสตร์โรงจักรต้นกำลังและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์และการออกแบบระบบทางความร้อน วิธีเลือกและออกแบบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบการไหลและระบบทางความร้อน

Energy conversion principles and availability concept, steam power circle, fuels and combustion analysis and component study of steam, gas turbine and internal combustion engine power plants, combined cycle and cogeneration, hydro power plant, nuclear power plant, control and instrumentation, power plant economics and environmental impacts. Analysis and design of thermal systems. Selection of equipment in fluid systems and thermal systems.

ME21411 เศรษฐศาสตร์และการจัดการงานวิศวกรรม 3(3-0-6)

Economics and Engineering Management

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ไม่มี

นิยามต่าง ๆ ทางเศรษฐศาสตร์ ค่าเงินที่เปลี่ยนตามเวลาและค่าเทียบเท่า วิธีการเปรียบเทียบแบบต่าง ๆ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน การประเมินการทดแทน การประมาณต้นทุน ต้นทุนมาตรฐาน ค่าเสื่อมราคา ประมาณการผลภาษีเงินได้ ความเสี่ยงและความไม่แน่นอน การศึกษาหลักการด้านการจัดการอุตสาหกรรม กลยุทธ์การผลิตและการแข่งขันในอุตสาหกรรม การจัดการคุณภาพโดยรวมและการควบคุมคุณภาพด้วยหลักสถิติ ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีและแบบลีน การวางแผนกำลังการผลิต และการจัดตารางการผลิต

Definitionof economic terms, money-time relationships and equivalence, methods of comparison, break- even analysis, evaluation of replacement, cost estimation, standard cost, depreciation, estimating income tax consequences, risk and uncertainty. Study of industrial management concepts, production strategy and competitiveness, total quality management and statistical quality control, just in time system and lean manufacturing, capacity planning and production scheduling.

ME22421 การเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล 1(0-3-0)

Mechanical Engineering Pre-Project

การคัดเลือกหัวข้อโครงการโดยได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษา การวางแผนโครงการ วัตถุประสงค์ ขอบข่ายและแผนงาน ศึกษาวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การส่งรายงานและ นำเสนอรายงานด้วยปากเปล่า

Project topic selection with approval of academic staff; project planning with clear objective, scope, and work plan; literature and theoretical background review, report submission and oral presentation.

ME22422 โครงงานวิศวกรรมเครื่องกล 2(0-4-2)

Mechanical Engineering Project

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME22421 การเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

การดำเนินงานโครงการที่ได้ศึกษาไว้ในวิชาการเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล ให้เสร็จสมบูรณ์ภายในหนึ่งภาคการศึกษา การเขียนรายงานที่สมบูรณ์และสอบปากเปล่า เกี่ยวกับโครงงานนั้น

Carrying out and completion of the assignedin one semester; report writing and oral presentation complete.

2) รายวิชาเลือกทางวิศวกรรม

2.1) รายวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพทางวิศวกรรมเครื่องกล

ME31411 การฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล 1(240)

Mechanical Engineering Training

ฝึกงานในโรงงานอุตสาหกรรม หน่วยงานราชการ หรือรัฐวิสาหกิจ ที่ประกอบกิจการประเภทอุตสาหกรรมทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลหรือ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยจะต้องฝึกงานเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 2 เดือน และมีชั่วโมงการทำงานไม่น้อยกว่า 240 ชั่วโมง

Factory training in industrial plants government organizations or state enterprises in the work field of mechanical engineering industry or related industries;with the minimum internship of 2 months and minimum work hour of 240 hours.

ME32411 การเตรียมความพร้อมสหกิจศึกษา 1(0-3-0)

Pre-cooperative Education

แนวคิด และกระบวนการของสหกิจศึกษา และระเบียบ ข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง ความรู้พื้นฐาน และเทคนิคในการสมัครงานของอาชีพวิศวกรรมเครื่องกล ความรู้พื้นฐานในการปฏิบัติงาน จริยธรรมในการประกอบอาชีพ การสื่อสาร มนุษยสัมพันธ์ในการทำงานร่วมกับผู้ร่วมงาน การพัฒนาบุคลิกภาพ เพื่อการปฏิบัติงานในสถานประกอบการ การบริหารงานคุณภาพในสถานประกอบการ เทคนิคการเขียนรายงานและการนำเสนอโครงงานทางสารสนเทศ

Concepts and processes of cooperative education andrelated regulations, basic knowledge and skills in job application in the field of mechanical engineering, fundamental work knowledge, code of ethics, communication, human relation with co- workers, personality

development for working in the workplace, quality management in the workplace, techniquesofreport writingand presentation of information project.

ME32412 สหกิจศึกษา 6(480)

Cooperative Education

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME32411 การเตรียมความพร้อมสหกิจศึกษา

การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในสถานประกอบการของภาคอุตสาหกรรมด้านวิศวกรรมเครื่องกล 1 ภาคการศึกษา โดยความร่วมมือระหว่างสถาบันกับสถานประกอบการ เสมือนเป็นพนักงานของสถานประกอบการ การจัดทำรายงาน และการนำเสนอผลงาน การประเมินผลร่วมกันระหว่างอาจารย์ที่ปรึกษา หัวหน้า หรือพี่เลี้ยงในสถานประกอบการที่ดูแลรับผิดชอบการปฏิบัติงานของนักศึกษา

Practice of cooperative education in workplace of mechanical engineering for one semester with the cooperation between the university and the workplace; by working as workplacepersonnel;performance report writing and presentation, co-evaluation of the students performance by both cooperative instruction and workplace head or mentor.

2.2) รายวิชาเอกเลือกวิศวกรรมเครื่องกล

ME41401 พลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ 3(3-0-6)

Solar Energy and Applications

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ไม่มี

วิศวกรรมพลังงานแสงอาทิตย์ การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ การวัดและการวิเคราะห์ข้อมูลการแผ่รังสี ทฤษฎีของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นราบและแบบโฟกัส เทคโนโลยีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ การใช้งานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ การวิเคราะห์ระบบและเศรษฐศาสตร์ หลักการเปลี่ยนรูปพลังงาน การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ด้านระบบความร้อน การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้า การคำนวณหาขนาดการติดตั้งการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ การพิจารณาทางเศรษฐศาสตร์ ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้งานพลังงานแสงอาทิตย์

Solar energy engineering, nature of solar radiation, measurement and analysis of localsolar radiation data, theories of flat plate and focus collectors, solar energy technology, uses of solar energy system, systemand economics analysis, principles of energy conversion, uses of thermal solar energy system, use of solar energy in electric power generation, calculation of the installation size of solar electricity, economic consideration,examples of solar energy applications.

ME41402 เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า 3(3-0-6)

Electrical Vehicle Technology

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ไม่มี

การศึกษาเกียวกับชิ้นส่วนอุปกรณ์ขับเคลื่อนไฟฟ้า ลักษณะภาระของระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า ระบบเบรคการทำงานของมอเตอร์ ระบบส่งกำลังและขนาดชุดส่งกำลัง ความสัมพันธ์ของความเร็วแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้า ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ ระบบควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ ระบบการควบคุมการประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า การประยุกต์การใช้งานของระบบขับเคลื่อนในยานยนต์ไฟฟ้า การออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า การวิเคราะห์โครงสร้างด้วยหลักอากาศพลศาสตร์ ระบบความปลอดภัยในยานยนต์ไฟฟ้า และการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของยานยนต์ไฟฟ้า

Study on the parts of electric drive devices. Load characteristics of the electric drive system. Brake system operation of the motor. Power transmission system and power transmission unit size. Relationship of torque speed of electric motor. Driving system of DC and AC electric motors. Motor driving control system. Electric vehicle battery charge control system. Applications of driving systems in electric vehicles. Electric vehicle parts design. Structural analysis with aerodynamics. Safety systems in electric vehicles and Economic analysis of electric vehicles.

ME41403 การอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน 3(3-0-6)

Energy Conservation and Management

รายวิชาที่ต้องผ่าน :ไม่มี

หลักการเบื้องต้นของการอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน สมดุลพลังงานในการอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน หม้อแปลงไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า ไฟแสงสว่าง หม้อไอน้ำ เครื่องปรับอากาศ เครื่องอัดอากาศ และอาคารสิ่งปลูกสร้าง การตรวจวัดการใช้พลังงาน เครื่องมือและเทคนิคในการตรวจวัด การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และแผนอนุรักษ์พลังงาน กฎหมายที่เกี่ยวข้อง กรณีศึกษา

A study of basic principles of conservation and energy management. Balancing for energy conservation and energy management. Electric transformers, electric motors, lighting, boilers, air conditioning. Air compressors and buildings. Measuring power consumption. Tools and techniques to measuring. Economic and energy conservation plans. Laws. A case studies.

ME41404 เทคโนโลยีวิศวกรรมการอบแห้ง 3(3-0-6)

Drying Engineering Technology

รายวิชาที่ต้องผ่าน :ไม่มี

การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ การวัดและการวิเคราะห์ข้อมูลการแผ่รังสีที่ส่งผ่านและการดูดกลืนรังสีของตัวกลางกึ่งโปร่งใส ลักษณะพื้นที่ ทฤษฎีของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นราบและแบบโฟกัสคุณสมบัติของอากาศชื้น การไหลของอากาศ ความชื้นสมดุล คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของอาหารและเมล็ดพืชระบบอบแห้ง การวิเคราะห์การ

อบแห้งอย่างง่ายและแม่นยำ เทคโนโลยีการอบแห้ง การอบแห้งเมล็ดเดี่ยว การอบแห้งแบบชั้นบาง การอบแห้งแบบชั้นหนา การวิเคราะห์การอบแห้งอาหาร การอบแห้งแบบชั้นเมล็ดพืชนิ่งและชั้นเมล็ดพืชเคลื่อนที่การอบแห้งแบบพ่นฝอย การอบแห้งแบบถังหมุน

Solar radiation, measurement and analysis data of solar radiation which is transmission and absorption to partially transparent media, area characteristics, theories of flat plate and focus collectors, moist air properties, air movement, equilibrium of moisture, physical properties of drying for food and grains, accurate and simplified analysis of drying, drying technologies, single grain drying, thin layer drying, and thick layer drying, analysis of food drying, fixed-bed and moving-bed drying, spray drying, rotary drying.

ME41405 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องจักรในโรงงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน 3(2-2-5)

Machine Efficiency Analysis for Energy Conservation in Factories

รายวิชาที่ต้องผ่าน :ไม่มี

ความสำคัญของการอนุรักษ์พลังงานหลักการเบื้องต้นของการอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน ระเบียบ กฎหมายที่เกี่ยวข้องการจัดการพลังงานและขั้นตอนการจัดการพลังงานการกำหนดและวาง แผนการทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานการประเมินศักยภาพภาพการอนุรักษ์พลังงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ ค่ามาตรฐานต่าง ๆ เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ขั้นตอนการตรวจวัดและการรวบรวมข้อมูลเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน การประเมินประสิทธิภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ตัวแปรปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์ เครื่องมือและเทคนิคในการตรวจวัด มาตรการการอนุรักษ์ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และแผนอนุรักษ์พลังงาน กรณีศึกษามาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงาน

The importance of energy conservation, basic principles of energy conservation and management, order and related legal, energy management and energy management procedures, determination and planning of energy conservation management, a potential assessment of the energy conservation of machineries and equipment, standard values for energy conservation, measurement procedures and data collection for energy conservation, performance evaluation of machineries and equipment for energy conservation, factors affecting to efficiency of machineries and equipment, measurement instruments and techniques, energy conservation measures, economic analysis and energy conservation plan, case studies of energy conservation measures in buildings and factories.

ME41406 แหล่งพลังงานทดแทนและพลังงานหมุนเวียน 3(2-2-5)
Renewable and Sustainable Energy Resources

รายวิชาที่ต้องผ่าน :ไม่มี

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับแหล่งพลังงานทดแทน ปริมาณการใช้พลังงานหลักและพลังงานทดแทน ศักยภาพการผลิตพลังงานหลักและพลังงานทดแทน แผนการใช้พลังงานหลักและพลังงานทดแทน แหล่งพลังงานหลักและพลังงานทดแทน เทคโนโลยีการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนทั้งทางด้านเทคนิค เศรษฐกิจ และสังคม ตัวอย่างการใช้พลังงานทดแทนและการประยุกต์ใช้งาน

Studies and practice for renewable energy resources,quantity of consumption for the primary energy and renewable energy, potential of production for primary energy and renewable energy, plan of use for primary energy and renewable energy, primary energy and renewable energy resources, Production energy technology and use of renewable energy with technical of use, economic and social, examples of the use of renewable energy and their applications.

ME41407 การอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม 3(3-0-6)
Building and Industrial Energy Conservation

รายวิชาที่ต้องผ่าน :ไม่มี

ความต้องการในการใช้พลังงานในอาคารและโรงงาน ภาระความร้อนในอาคารและโรงงาน การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ผลของความร้อนและแสงต่ออาคารและโรงงาน เทคโนโลยีการปรับอากาศและการระบายอากาศ วัสดุในการทำฉนวน การอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงาน การคำนวณการประหยัดพลังงาน การใช้เครื่องมือการวิเคราะห์การใช้พลังงาน การประมาณศักยภาพการประหยัดพลังงาน ผลตอบแทนการลงทุน ระบบและอุปกรณ์และเครื่องจักรที่มีใช้พลังงานในอาคารและโรงงาน การประหยัดพลังงานในระบบไอน้ำ การเผาไหม้ เตาอบ มอเตอร์ไฟฟ้า การปรับอากาศและการระบายอากาศ ปั๊ม และอุปกรณ์ที่สำคัญอื่น ๆ การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ เทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม

Energy needs in buildings and factories, heat load in buildings and factories, solar radiation, effects of heat and lights in buildings and factories, air-conditioning and ventilation technology, insulation materials, energy conservation in buildings and factories, energy saving calculation, use of tools, energy consumption analysis, estimating energy saving potential, return on investment, systems and equipment and machines that use energy in buildings and factories, energy conservation in steam system, combustion, oven, electrical motors, air conditioning and ventilation, pumps and other essential equipment, reuse of waste heat, cogenerationof heat and electricity technology.

ME41408 การออกแบบระบบทางความร้อนขั้นสูง 3(3-0-6)

Advance Thermal System Design

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME21391 พลังงาน โรงจักรต้นกำลังและระบบทางความร้อน และ ME21351 การถ่ายเทความร้อน

การวิเคราะห์และการออกแบบระบบทางความร้อนขั้นสูง วิธีเลือกและออกแบบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบการไหลและระบบทางความร้อนการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบทางความร้อนการสร้างสมการแบบจำลองของอุปกรณ์ทางความร้อน การจำลองระบบ การหาค่าเหมาะสมที่สุด

Analysis and design of advance thermal systems, หelection of equipment in fluid systems and thermal systems, economic analysis on thermal systems, equation fitting, model of thermal equipment, system simulation, optimization

ME41409 การขนถ่ายวัสดุ 3(2-2-5)

Material Handling

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ไม่มี

ศึกษาการวิเคราะห์และวางแผนการขนถ่ายวัสดุ การเปรียบเทียบและการคัดเลือกเครื่องมือขนถ่ายวัสดุ การวางผังขนถ่ายวัสดุ การออกแบบระบบเครื่องมือขนถ่ายวัสดุ ระบบต้นกำลังของการขนถ่ายวัสดุ การขนถ่ายด้วยเกลียวลำเลียง กะพ้อ สายพานลำเลียง โซ่ลำเลียง การลำเลียงแบบสั่น การลำเลียงในท่อ การวัสดุขึ้น-ลง ลิฟท์ บันไดเลื่อนและทางเลื่อน เครน รถขนส่งวัสดุอัตโนมัติ ระบบการจัดการคลังสินค้าและการลำเลียงอัตโนมัติ

Studies of analysis and planning materials transportation, comparison and selection tools for materials handling,layout of materials handling, materials handling tools system design, power system of material handling, spiral conveyors, belt conveyers, chain conveyors, vibrating conveyers, pipeconveyers, elevators, escalators and moving walkways, crane, automatic guiding vehicle, automated warehouse management systems.

ME41410 การควบคุมระบบไฮดรอลิกและระบบนิวเมติกส์ 3(2-2-5)

Hydralics and Pneumatics Control System

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME21241 อุณหพลศาสตร์และ ME21251กลศาสตร์ของไหล

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์ ชิ้นส่วนและอุปรณ์ของระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์ สัญลักษณ์และวงจรพื้นฐานของระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์ การควบคุมระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์ แบบธรรมดาและไฟฟ้า การวิเคราะห์ปัญหาและแก้ไขระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์ การบำรุงรักษาระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์

Studies and practice for hydraulic and pneumatic system, parts and components of a hydraulic and pneumatic system, symbol and basic circuit of hydraulic and pneumatic system,

regular and electrical hydraulic and pneumatic controlling system, problem analysis and solution in hydraulic and pneumatic system, hydraulic and pneumatic system maintenance.

ME41411 การออกแบบระบบท่อทางวิศวกรรม 3(3-0-6)

Engineering Piping System Design

รายวิชาที่ต้องผ่าน :ME21251กลศาสตร์ของไหล

การกำหนดขนาด และออกแบบระบบท่อต่าง ๆ เช่น ท่อน้ำร้อนและน้ำเย็น ท่อสำหรับอากาศอัดและก๊าซชนิดต่าง ๆ การออกแบบท่อน้ำทิ้ง และท่อระบายอากาศ การออกแบบระบบท่อไอน้ำ และน้ำที่ได้ จากการควบแน่น การใช้ตัวดักไอน้ำ การลดความดันในท่อ การเลือกใช้อุปกรณ์และส่วนประกอบในระบบท่อ เช่น วาล์วประเภทต่าง ๆ ท่อและข้อต่อ กรอง อุปกรณ์แขวนท่อ ฉนวน เป็นต้น เทคนิคการติดตั้งระบบท่อ การตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบท่อ

Design and specification of various piping systems such as hot and chilled water piping, compressed air and gas piping, drainage and vent piping, steam and condensate piping. steam trapping. pressure reduction in pipes. selection of equipment and accessories in piping system such as various types of valves, pipes and fittings, strainer, pipe hanger, insulation etc. installation techniques. inspection and maintenance of piping systems.

ME41412 วิศวกรรมยานยนต์ 3(2-2-5)

Automotive Engineering

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ไม่มี

ศึกษาการหาค่ากำลังของยานพาหนะ แรงต้านทานการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ แรงฉุดลาก ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของเครื่องยนต์กับความเร็วของรถยนต์ กราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ อัตราเร่ง อัตราหน่วง เสถียรภาพบนทางลาดและบนทางเอียง เสถียรภาพในขณะเลี้ยว

Study of power value of the vehicles. Irresistible force to the movement of vehicles. Traction force. The relationship between the engine speeds to the speed of the car. The graph shows the performance of the engine, acceleration, rate of delay, stability on the slope and on the slant. Stability of the returning.

ME41413 ระบบการควบคุมแขนหุ่นยนต์ 3(2-2-5)

Robot Arm Control System

รายวิชาที่ต้องผ่าน :ไม่มี

การรับภาพ เทคนิคแสง การประมวลผลภาพและการวิเคราะห์ เทคนิคการประมวลผลภาพ เทคนิคแมชชีนวิชั่น (3D) การออกแบบพื้นที่ทำงานของหุ่นยนต์และการควบคุม การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์ การจำลองด้วยกราฟฟิกส์ของพื้นที่ทำงานหุ่นยนต์ การประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ในการผลิต การทำงานของเครื่องจักรกลเอ็นซีและซีเอ็นซี ระบบควบคุมเครื่องจักรกลด้วยตัวเลข ระบบ ควบคุมซีเอ็นซี ระบบโคออดิเนท จุดศูนย์และจุดอ้างอิง การกำหนดขนาดเอ็นซี การสร้างโปรแกรมและการเขียนโปรแกรมคำสั่งในโปรแกรมซีเอ็นซี คำสั่งชดเชยขนาดตามเส้นขอบรูป การจัดการในระบบเอ็นซี ฝึกปฏิบัติการเขียนโปรแกรม ทดลองใช้โปรแกรมและฝึกปฏิบัติงานกับเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

Acquisition of images, lighting techniques, image processing and analysis, image-processing techniques, image analysis, machine vision technique (3D), robot cell design and control, hardware interfacing, graphical simulation of robotic workcell, robot applications in manufacturing Introduces the concepts and capabilities of CNC (Computer numerical control) machine. Topics include settings, operation of machine NC and CNC, machine control system by numerical, CNC control systems, coordinate systems, origin (Zero) point and reference point, NC size definitions, creating a program and command programming in CNC.

ME41414 เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว 3(3-0-6)

Post-Harvest Technology

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ไม่มี

สถานการณ์ปัจจุบันของการผลิตและการบริโภค สมบัติทางกายภาพและทางชีวเคมีของพืช มาตรฐาน การเก็บเกี่ยวและการนวด การอบแห้ง การเก็บรักษา การสีและระบบการขนถ่ายและการลำเลียง ผลิตภัณฑ์จากพืชและการใช้ประโยชน์

Current situation of corps production and consumption,physical and biochemical properties of corps, standards,harvesting and threshing, drying, storage, milling andsystems, handling and conveying, corps products and utilization.

ME41415 เทคโนโลยีการผลิตน้ำตาล 3(3-0-6)

Cane Sugar Manufacturing Technology

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ไม่มี

แนะนำอุตสาหกรรมน้ำตาล การหีบอ้อย การทำน้ำอ้อยรวมให้ใส การต้มระเหยน้ำอ้อย การต้มเคี่ยวน้ำตาล การตกผลึกน้ำตาล การปั่นแยกน้ำตาลการอบแห้งน้ำตาล การผลิตน้ำตาลทรายบริสุทธิ์ การจัดเก็บรักษาน้ำตาล

Introduction to sugar industry, sugarcane milling, mixed juice clarification, juice evaporation, sugar boiling, sugar crystallization, sugar centrifugation, sugar drying, refined sugar manufacturing, sugar storage.

ME41416 การเป็นผู้ประกอบการสำหรับวิศวกรเครื่องกล 3(2-2-5)

Entrepreneurship for Mechanical Engineer (Strat-up)

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ไม่มี

หลักการและแนวคิดการจัดตั้งองค์กรทางธุรกิจ กระบวนการบริหารธุรกิจ การบริหารการผลิต การวางแผนทางการเงิน การบริหารทรัพยากรมนุษย์แผนธุรกิจและแผนการตลาด กฎหมายธุรกิจ จริยธรรมจรรยาบรรณทางธุรกิจและผลกระทบของธุรกิจต่อสิ่งแวดล้อม

Setting up of a business organization, business administration processes, business planning and marketing plans, writing and implementing of business and marketing plans, practice setting up a business organization

3.2 ชื่อ-สกุลตำแหน่งทางวิชาการ คุณวุฒิ/สาขาวิชา สถาบันและปี พ.ศ. ที่สำเร็จการศึกษา

3.2.1 อาจารย์ประจำหลักสูตร

ที่	ชื่อ – นามสกุล	ตำแหน่งทางวิชาการ	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สำเร็จการศึกษา	
				สถาบัน	ปี พ.ศ.
1.	นายอดิศักดิ์ บุตรวงษ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล) วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล)	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	2552 2547
2.	นายกวีพงษ์ หงษ์ทอง	อาจารย์	วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร) วศ.บ.(วิศวกรรมเกษตร-เครื่องจักรกลเกษตร)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2547 2542
3.	นายวีระพล แก้วก่า	อาจารย์	วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล) วศ.บ.(วิศวกรรมเกษตร-เครื่องจักรกลเกษตร)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2553 2550
4.	นายชิตพล คงศิลา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล) วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2550 2546
5.	นายอภิชาติ ศรีชาติ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	ปร.ด.(วิศวกรรมเครื่องกล) วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล) วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2560 2551 2548

3.2.2 อาจารย์ผู้สอน

ที่	ชื่อ – นามสกุล	ตำแหน่งทางวิชาการ	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สำเร็จการศึกษา	
				สถาบัน	ปี พ.ศ.
1.	นายคมสัน ตันติชูเกียรติ	อาจารย์	วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล) วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2556 2552
2.	นายรณฤทธิ์ จันทร์ศิริ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2553 2548
3.	นางสาววิภา เหลืองบุตรนาค	อาจารย์	M.Eng (Energy) วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล)	Asian Institute of Technology, Thailand มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2556 2551
4.	นายสรวินท์ ปูคะภาค	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยบูรพา	2555 2552
5.	นายปรีชา ทุมมุ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	ปร.ด. (เทคโนโลยีพลังงาน)(โทควบเอก) วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	2559 2549
6.	นายกมลรัตน์ ดีสภา	อาจารย์	วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน (วข.ขอนแก่น) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร	2559 2552
7.	นายสุนทร สุทธิบาก	รองศาสตราจารย์	ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล) ค.อ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล)	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยศรีปทุม	2555 2549 2541
8.	นางสาววราจิต พยอม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	Ph.D (Biochemistry and Applied Biosciences) วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร) วศ.บ.(วิศวกรรมเกษตร-เครื่องจักรกลเกษตร)	Kagoshima University, Japan มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2555 2545 2541

ที่	ชื่อ – นามสกุล	ตำแหน่งทางวิชาการ	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สำเร็จการศึกษา	
				สถาบัน	ปี พ.ศ.
9.	นายสุทิน พลบูรณ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2552 2544
10.	นายชญานนท์ แสงมณี	อาจารย์	ปร.ด.(วิศวกรรมเครื่องกล) วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล)	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	2559 2552 2547

3.2.3 อาจารย์พิเศษ

ที่	ชื่อ – นามสกุล	ตำแหน่งทางวิชาการ	คุณวุฒิ/สาขาวิชา	สำเร็จการศึกษา	
				สถาบัน	ปี พ.ศ.
1.	กุลเชษฐ์ เพียรทอง	รองศาสตราจารย์	Ph.D.(Mechanical Engineering) M.Eng.(Mechanical Engineering) วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล)	The University of New South Wales The University of New South Wales มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	2545 2540 2535
2.	ธนรัฐ ศรีวีระกุล	รองศาสตราจารย์	Ph.D.(Mechanical Engineering) M.Eng.(Mechanical Engineering) วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล)	สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ The University of New South Wales มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2551 2541 2537
3.	นายสุภกิจ รูปขันธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	ปร.ด.(วิศวกรรมเครื่องกล) วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล) วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2552 2546 2542

4. องค์ประกอบเกี่ยวกับประสบการณ์ภาคสนาม

จากผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้บัณฑิต ต้องการบัณฑิตที่มีความรู้ ทักษะที่ผ่านการฝึกงาน หรือผ่านสหกิจศึกษาก่อนเข้าสู่ทำงานจริง ดังนั้นในหลักสูตรนักศึกษาจึงมีทั้งแนวทางสหกิจศึกษา และแนวทางฝึกงาน เพื่อให้นักศึกษาเลือกแนวทางที่เหมาะสมกับตนเองและมีคณะกรรมการสาขาวิชาร่วมพิจารณา

4.1 มาตรฐานผลการเรียนรู้ของประสบการณ์ภาคสนาม

ความคาดหวังในผลการเรียนรู้ประสบการณ์ภาคสนามของนักศึกษามีดังนี้

4.1.1 ทักษะในการปฏิบัติงานจากสถานประกอบการ ตลอดจนมีความเข้าใจในหลักการความจำเป็นในการเรียนรู้ทฤษฎีมากยิ่งขึ้น

4.1.2 บูรณาการความรู้ที่เรียนมาเพื่อนำไปแก้ปัญหาทางอุตสาหกรรม และปัญหาด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมเครื่องกลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.1.3 มีมนุษยสัมพันธ์และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี

4.1.4 มีระเบียบวินัย ตรงเวลา และเข้าใจวัฒนธรรมขององค์กร ตลอดจนสามารถปรับตัวให้เข้ากับสถานประกอบการได้

4.1.5 มีความกล้าในการแสดงออก และนำความคิดสร้างสรรค์ไปใช้ประโยชน์ในงานได้

4.2 ช่วงเวลา

ภาคการศึกษาที่3ของปีการศึกษาที่3สำหรับนักศึกษากลุ่มฝึกงานและภาคการศึกษาที่ 2 ของปีการศึกษาที่ 4 สำหรับนักศึกษากลุ่มสหกิจศึกษา

4.3 การจัดเวลาและตารางสอน

จัดเต็มเวลาใน 1 ภาคการศึกษา

5. ข้อกำหนดเกี่ยวกับการทำโครงงานหรืองานวิจัย

หลักสูตรได้กำหนดรายวิชางานโครงงานวิศวกรรมเครื่องกลสำหรับนักศึกษากลุ่มฝึกงาน ซึ่งเป็นวิชาที่ให้นักศึกษา ได้ศึกษาปัญหาด้านเครื่องจักรกล การแก้ไขปัญหา โดยใช้หลักวิชาชีพพื้นฐานวิศวกรรมและวิชาชีพวิศวกรรมภายใต้คำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา และรายงานที่ต้องนำส่งตามรูปแบบและระยะเวลาที่หลักสูตรกำหนด สำหรับนักศึกษากลุ่มสหกิจศึกษาบริษัทต้องมีโครงงานให้นักศึกษาทำอย่างชัดเจน สาขาวิชาจึงจะพิจารณาให้ออกปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

5.1 คำอธิบายโดยย่อ

นักศึกษามีความรู้เข้าใจในกระบวนการทำโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล สามารถทำโครงงานได้ และสามารถนำผลงานไปใช้ประโยชน์ในทางปฏิบัติได้จริง

5.2 มาตรฐานผลการเรียนรู้

นักศึกษาสามารถทำงานร่วมกันมีความเชี่ยวชาญในการใช้เครื่องมือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการทำโครงงานรวมไปถึงการพัฒนาทักษะการนำเสนอ

5.3 ช่วงเวลา

ภาคการศึกษาที่ 2 ของปีการศึกษาที่ 3 และภาคการศึกษาที่ 1 ของปีการศึกษาที่ 4

5.4 จำนวนหน่วยกิต

3 หน่วยกิต

5.5 การเตรียมการ

5.5.1. นักศึกษาเสนอโครงงานต่อคณะกรรมการสาขาวิชา

5.5.2. อาจารย์ที่ปรึกษาให้คำปรึกษาในโครงงานที่ได้รับเป็นที่ปรึกษา

5.5.3. นักศึกษานำเสนอผลงานต่อคณะกรรมการสอบเพื่อรับข้อเสนอแนะและประเมินผล

5.6 กระบวนการประเมินผล

5.6.1. ผู้สอนและผู้เรียนกำหนดหัวข้อและเกณฑ์การประเมินผลทวนสอบมาตรฐาน โดยกำหนดเกณฑ์/มาตรฐานการประเมินผลรายวิชา

5.6.2. ผู้เรียนประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองตามแบบฟอร์ม

5.6.3. ผู้สอนประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามแบบฟอร์ม

5.6.4. ทั้งผู้สอนและผู้เรียนประเมินผลการเรียนรู้ร่วมกัน

5.6.5. ผู้เรียนเสนอผลการศึกษาและรับการประเมินโดยผู้สอนประจำรายวิชาทุกคนซึ่งเข้าร่วมฟังการนำเสนอผลการศึกษา

5.6.6. ผู้สอนทุกคนเข้าร่วมฟังการนำเสนอผลผลการศึกษาของผู้เรียน

5.6.7. ผู้ประสานรายวิชานำคำแนะนำทุกส่วนเสนอขอความเห็นชอบจากอาจารย์ประจำวิชาทุกคนผ่านคณะกรรมการหลักสูตรและคณะกรรมการบริหารคณะ

หมวดที่ 4 ผลการเรียนรู้ กลยุทธ์การสอนและการประเมินผล

1. การพัฒนาคุณลักษณะพิเศษของนักศึกษา

คุณลักษณะพิเศษ	กลยุทธ์หรือกิจกรรมของนักศึกษา
1. มีความสามารถในการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน	1. ส่งเสริมการทำโครงงานร่วมกับชุมชน และสถานประกอบการ 2. ส่งเสริมการมีส่วนร่วมกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน
2.ด้านคุณธรรมจริยธรรม และจรรยาบรรณวิชาชีพ	1. ส่งเสริมให้นักศึกษารู้จักซื่อสัตย์ สุจริต รู้ผิดชอบชั่วดี โดยสอดแทรกในการเรียนการสอน 2. อบรมความรู้ด้านจรรยาบรรณของวีชาชีพวิศวกร
3.มีภาวะความเป็นผู้นำ กล้าแสดงออกแสดงความคิดอย่างมีเหตุผล	1. ส่งเสริมให้นักศึกษาเข้าร่วมกิจกรรมของมหาวิทยาลัย และส่งเสริมให้นักศึกษามีส่วนร่วมในการเป็นผู้นำกลุ่ม 2. ส่งเสริมให้จัดกิจกรรมระหว่างชั้นปี เพื่อให้นักศึกษารุ่นพี่มีบทบาทในการเป็นผู้นำรุ่นน้องจัดกิจกรรม 3. ตั้งคำถามแบบเปิด ฝึกให้นักศึกษา แสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล

2. การพัฒนาผลการเรียนรู้ในหมวดวิชาศึกษาทั่วไป

2.1 ด้านคุณธรรม จริยธรรม

2.1.1 ผลการเรียนรู้ ด้านคุณธรรม จริยธรรม

1) รู้หน้าที่ มีวินัย ความรับผิดชอบ มีความมุ่งมั่นในการทำงานให้สำเร็จ
2) มีหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเป็นฐานในการดำเนินชีวิต
3) สุภาพ อ่อนน้อมถ่อมตน รู้จักกาลเทศะ ใจกว้าง รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
4) กล้าแสดงออกในสิ่งที่ถูกต้องและเป็นธรรมใช้คุณธรรมนำความรู้
5) มีความภาคภูมิใจในความเป็นไทย และศิลปะ วัฒนธรรมไทย
6) มีความเข้าใจทางประวัติศาสตร์และความหลากหลายทางวัฒนธรรม
7) ตระหนักถึงคุณค่าความสำคัญและการอนุรักษ์สืบทอดเอกลักษณ์ที่ดีงามของไทย ภูมิปัญญาท้องถิ่น และวิถีชุมชน

2.1.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านคุณธรรมจริยธรรม

1) กำหนด กติกาในการเรียนการสอน
2) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่แสดงออกถึงการสำนึกความเป็นไทย

3) สอดแทรกเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจพอเพียง
4) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สะท้อนให้เห็นถึงคุณธรรมจริยธรรมผ่านการอภิปรายกลุ่ม
5) บรรยายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ และผู้สอนประพฤติตนให้เป็นแบบอย่างที่ดี
6) อภิปรายกลุ่มย่อยตามหัวข้อที่ได้รับมอบหมาย
7) จัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

2.1.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านคุณธรรม จริยธรรม

1) สังเกต ประเมินพฤติกรรม การเข้าชั้นเรียน การส่งงาน
2) ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม
3) ประเมินจากความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย
4) ประเมินจากแบบประเมินกิจกรรม
5) ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย

2.2 ด้านความรู้

2.2.1 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้

1) มีความรู้ ความเข้าใจ วิเคราะห์ หลักการ แนวคิด ทฤษฎีในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องและสามารถนำไปใช้ในการดำเนินชีวิต
2) มีความรู้และรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของสังคมทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับภูมิภาคและระดับโลก
3) มีความรู้ และตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากร สิ่งแวดล้อมภูมิปัญญาท้องถิ่นและวิถีชุมชน
4) มีความเข้าใจ เห็นอกเห็นใจผู้อื่นและเห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวม

2.2.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านความรู้

1) จัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เช่น การเรียนรู้โดยใช้ทีมเป็นฐาน (Team-based learning) การเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมเป็นฐาน (Activity-based learning)เป็นต้น
2) จัดการเรียนการสอนโดยใช้กรณีศึกษา

2.2.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้

1) ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม
2) ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย
3) ประเมินจากการนำเสนอ
4) ประเมินจากแบบทดสอบ

2.3 ด้านทักษะทางปัญญา

2.3.1 ผลการเรียนรู้ ด้านทักษะทางปัญญา

1) เป็นผู้ใฝ่รู้ และมีความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิต
2) นำความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ในชีวิตประจำวัน วิเคราะห์ ประเมิน และแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม
3) มีความรู้ความเข้าใจและเห็นความสำคัญการเสริมสร้างสุขภาพแบบองค์รวม

4) มีความเป็นผู้นำ และสามารถทำงานเป็นทีมได้
5) สามารถคิดอย่างมีระบบ มีเหตุผล มีวิจารณญาณ
6) สามารถคิดริเริ่มสร้างสรรค์
7) สามารถคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และตัดสินใจได้อย่างเหมาะสม
8) สามารถใช้ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นในการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ

2.3.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ทักษะทางปัญญา

1) จัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญเช่น การเรียนรู้ที่ใช่โครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) Co-5 STEPS และ STEM เป็นต้น
2) จัดกิจกรรมที่เน้นการแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวัน/กรณีศึกษา
3) อภิปรายและแสดงความคิดเห็น
4) มอบหมายงานเป็นรายกลุ่ม/ รายบุคคล

2.3.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะการแสวงหาความรู้ตลอดชีวิต

1) ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม
2) ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย
3) ประเมินจากแบบทดสอบ

2.4 ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

2.4.1 ผลการเรียนรู้ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

1) มีจิตอาสาและสำนึกสาธารณะ
2) ตระหนักถึง สิทธิ หน้าที่ของตนเอง ผู้อื่นในฐานะพลเมืองไทย และพลเมืองโลก
3) เห็นคุณค่าและยอมรับในความแตกต่างหลากหลายของมนุษย์ สังคม และวัฒนธรรม

2.4.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

1) จัดการเรียนการสอนที่เน้นการเรียนรู้เป็นทีม (Team-based learning)โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based learning)เป็นต้น
2) บูรณาการการจัดการเรียนการสอนไปยังกลุ่มวิชาหรือรายวิชาอื่นๆ
3) มอบหมายงานเป็นรายกลุ่ม/ รายบุคคล

2.4.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

1) ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมในกิจกรรม
2) ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย
3) ประเมินจากแบบทดสอบ

2.5 ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

2.5.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี สารสนเทศ

1) สามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการศึกษาค้นคว้า และการคัดเลือกข้อมูลที่เหมาะสมจากแหล่งความรู้ต่างๆ ติดต่อสื่อสารและการนำเสนอสารสนเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) สามารถรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี และเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม

3) สามารถใช้ภาษาในการติดต่อสื่อสารในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ต่างๆ ได้

4) สามารถใช้ภาษาในการฟัง พูด อ่าน เขียนอย่างถูกต้องในบริบทที่แตกต่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.2. กลยุทธ์การสอนที่ใช้ในการพัฒนาผลการเรียนรู้ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

1) จัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based learning)การเรียนรู้โดยใช้แหล่งความรู้เป็นฐาน (Resource-based learning) เป็นต้น

2) บรรยายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ

3) อภิปรายกลุ่มย่อยตามหัวข้อที่ได้รับมอบหมาย

4) มอบหมายงานเป็นรายกลุ่ม / รายบุคคล

2.5.1 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

1) ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย

2) ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมในกิจกรรม

3) ประเมินจากความถูกต้องของแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ

4) ประเมินจากแบบทดสอบ

3. การพัฒนาผลการเรียนรู้ในหมวดวิชาเฉพาะด้าน

3.1 ด้านคุณธรรมจริยธรรม

3.1.1 ผลการเรียนรู้ด้านคุณธรรม จริยธรรม

3.1.1.1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทยตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรมจริยธรรมเสียสละและซื่อสัตย์สุจริต

3.1.1.2 มีวินัยตรงต่อเวลารับผิดชอบต่อตนเองและสังคมเคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม

3.1.1.3 มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตามสามารถทำงานเป็นหมู่คณะสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งตามลำดับความสำคัญเคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นรวมทั้งเคารพในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์

3.1.1.4 สามารถวิเคราะห์และประเมินผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคลองค์กรสังคมและสิ่งแวดล้อม

3.1.1.5 มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพและมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพรวมถึงเข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

3.1.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านคุณธรรม จริยธรรม

3.1.2.1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และความซื่อสัตย์ต่อตนเองและสังคมปลูกฝังความซื่อสัตย์สุจริต

3.1.2.2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนดเน้นเรื่องการแต่งกายและการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย

3.1.2.3 มอบหมายให้นักศึกษาทำงานกลุ่ม ฝึกภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตาม ให้นักศึกษามีส่วนร่วมในกิจกรรมของคณะ มหาวิทยาลัย และชุมชน

3.1.2.4 เปิดโอกาสให้นักศึกษาใช้ความรู้ทางวิศวกรรม ทำกิจกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อสังคมและจิตสาธารณะ

3.1.2.5 ปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรมและผู้สอนประพฤติตนเป็นแบบอย่างที่ดี

3.1.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านคุณธรรม จริยธรรม

3.1.3.1 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ การลอกการบ้าน

3.1.3.2 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การแต่งกาย การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลาสังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ

3.1.3.3 ประเมินผลจากความประพฤติในการทำงานเป็นกลุ่ม รวมถึงทำกิจกรรมต่างๆ

3.1.3.4 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาประเมินผลจากการทำกิจกรรม

3.1.3.5 ประเมินจากพฤติกรรมของนักศึกษา มีความประพฤติตามจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม

3.2 ด้านความรู้

3.2.1 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้

3.2.1.1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐานวิทยาศาสตร์พื้นฐานวิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้องและการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี

3.2.1.2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม

3.2.1.3 สามารถบูรณาการความรู้ในสาขาวิชา ที่ศึกษากับความรู้ในศาสตร์อื่นๆที่เกี่ยวข้องสามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการที่เหมาะสมรวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมเช่นโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นต้น

3.2.1.4 สามารถใช้ความรู้และทักษะในสาขาวิชาของตนในการประยุกต์แก้ไขปัญหาในงานจริงได้

3.2.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้พัฒนาการเรียนรู้ด้านความรู้

3.2.2.1 สอนความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์วิทยาศาสตร์วิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์ทางทฤษฎีและการปฏิบัติ เพื่อให้ประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ได้

3.2.2.2 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรม

3.2.2.3 มีรายวิชาโครงงานวิศวกรรม มอบหมายงานให้นักศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเอง และการนำเสนอผลการศึกษา

3.2.2.4 การจัดกิจกรรมโครงการฝึกประสบการณ์วิชาชีพและสหกิจศึกษา

3.2.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้

3.2.3.1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติในวิชาพื้นฐานทางคณิตศาสตร์วิทยาศาสตร์วิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์

3.2.3.2 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติ ในรายวิชาทางวิศวกรรม

3.2.3.3 ประเมินจากโครงงานวิศวกรรม และงานที่มอบหมาย

3.2.3.4 ประเมินจากกิจกรรมและรายงานโครงการฝึกประสบการณ์วิชาชีพและสหกิจศึกษาในสถานประกอบการจริง

3.3 ทักษะทางปัญญา

3.3.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะทางปัญญา

3.3.1.1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี

3.3.1.2 สามารถรวบรวมศึกษาวิเคราะห์และสรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ

3.3.1.3 สามารถคิดวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมได้อย่างมีระบบรวมถึงการใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.3.1.4 มีจินตนาการและความยืดหยุ่นในการปรับใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสมในการพัฒนานวัตกรรมหรือต่อยอดองค์ความรู้จากเดิมได้อย่างสร้างสรรค์

3.3.1.5 สามารถสืบค้นข้อมูลและแสวงหาความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเองเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิตและทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ

3.3.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะทางปัญญา

3.3.2.1 มอบหมายงานให้นักศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเอง และการนำเสนอผลการศึกษา

3.3.2.2 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์

3.3.2.3 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลอย่างเป็นระบบโดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์

3.3.2.4 มอบหมายโครงงานวิศวกรรม ที่เน้นการพัฒนานวัตกรรมหรือต่อยอดองค์ความรู้จากเดิมได้อย่างสร้างสรรค์

3.3.2.5 การศึกษาค้นคว้าและการรายงานความรู้ทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลที่ทันสมัย

3.3.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะทางปัญญา

3.3.3.1 ประเมินจากการรายงานผลการดำเนินงานและการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

3.3.3.2 ประเมินจากการวิเคราะห์และสรุปผลงานที่ได้มอบหมาย

3.3.3.3 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

3.3.3.4 ประเมินจากโครงงานวิศวกรรม โดยเน้นจินตนาการในการพัฒนานวัตกรรมหรือต่อยอดองค์ความรู้จากเดิมได้อย่างสร้างสรรค์

3.3.3.5 ประเมินจากทักษะการศึกษาค้นคว้า ผลงานและการรายงาน

3.4 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

3.4.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างตัวบุคคล และความสามารถในการ รับผิดชอบ

3.4.1.1 สามารถสื่อสารกับกลุ่มคนที่หลากหลาย และสามารถสนทนาทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถใช้ความรู้ในสาขาวิชาชีพมาสื่อสารต่อสังคมได้ในประเด็นที่เหมาะสม

3.4.1.2 สามารถเป็นผู้ริเริ่มแสดงประเด็นในการแก้ไขสถานการณ์เชิงสร้างสรรค์ทั้งส่วนตัวและส่วนรวมพร้อมทั้งแสดงจุดยืนอย่างพอเหมาะทั้งของตนเองและของกลุ่มรวมทั้งให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการแก้ไขปัญหาสถานการณ์ต่างๆ

3.4.1.3 สามารถวางแผนและรับผิดชอบในการพัฒนาการเรียนรู้ทั้งของตนเองและสอดคล้องกับทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง

3.4.1.4 รู้จักบทบาทหน้าที่และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมายทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ

3.4.1.5 มีจิตสำนึกความรับผิดชอบด้านความปลอดภัยในการทำงานและการรักษาสภาพแวดล้อมต่อสังคม

3.4.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

3.4.2.1 ส่งเสริมให้นักศึกษาฝึกใช้ภาษาอังกฤษในการสื่อสาร โดยเน้นสื่อการเรียนการสอนเป็นภาษาอังกฤษ ให้นักศึกษาเข้าค่ายภาษาอังกฤษหรืออบรมภาษาอังกฤษของมหาวิทยาลัย

3.4.2.2 ส่งเสริมให้นักศึกษากล้าแสดงออกและกล้าแสดงความคิดเห็นส่งเสริมการเคารพสิทธิและการรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะ มหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม

3.4.2.3 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง รวมถึงการอบรมทางวิชาชีพของนักศึกษา

3.4.2.4 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม การแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ

3.4.2.5 ปลูกฝังจิตสำนึกและให้ความรู้ด้านความปลอดภัยในการทำงานและการรักษาสภาพแวดล้อมต่อสังคม

3.4.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

3.4.3.1 ประเมินพฤติกรรมการสื่อสารของนักศึกษากับบุคคลอื่นๆทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ รวมถึงการเข้าร่วมอบรมภาษาอังกฤษของมหาวิทยาลัย

3.4.3.2 ประเมินจากการรายงานหน้าชั้นเรียนโดยอาจารย์และนักศึกษา รวมถึงการแสดงความคิดเห็นในกลุ่ม

3.4.3.3ประเมินกระบวนการทำงานของนักศึกษา และการพัฒนาตนเอง

3.4.3.4 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดีพิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษาสังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

3.4.3.5 ประเมินพฤติกรรมเกี่ยวความปลอดภัยในการทำงานและจิตสำนึกการรักษาสภาพแวดล้อมต่อสังคม

3.5 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

3.5.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะในการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

3.5.1.1 มีทักษะในการใช้คอมพิวเตอร์สำหรับการทำงานที่เกี่ยวข้องกับวิชาชีพได้เป็นอย่างดี

3.5.1.2 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์

3.5.1.3 สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ทันสมัยได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

3.5.1.4 มีทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูดการเขียนและการสื่อความหมายโดยใช้สัญลักษณ์

3.5.1.5 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรมเพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้

3.5.2 กลยุทธ์การสอนที่ใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ด้านทักษะในการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

3.5.2.1 ส่งเสริมให้นักศึกษาใช้คอมพิวเตอร์ สำหรับการทำงาน เช่น การเขียนแบบทางคอมพิวเตอร์ แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

3.5.2.2 ส่งเสริมให้นักศึกษาใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติมีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง

3.5.2.3 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย

3.5.2.4 มอบหมายงานที่เน้นการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูดการเขียนและการสื่อความหมายโดยใช้สัญลักษณ์

3.5.2.5 ฝึกทักษะการใช้เครื่องคำนวณในรายวิชาทางทฤษฎี และเครื่องมือทางวิศวกรรม ในรายวิชาการปฏิบัติการทางวิศวกรรม

3.5.3 กลยุทธ์การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะในการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

3.5.3.1 ประเมินจากผลงาน และทักษะการใช้คอมพิวเตอร์ของนักศึกษา

3.5.3.2 สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาด้านความมีเหตุมีผล การวิเคราะห์ข้อมูล การคิดและการตัดสินใจ

3.5.3.3 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

3.5.3.4 ประเมินจากการรายงานหน้าชั้นเรียนการตอบคำถาม การเรียนรายงาน

3.5.3.5ประเมินจากทักษะการใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม

4. แผนที่การกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้สู่รายวิชา (Curriculum Mapping)

4.1 หมวดวิชาศึกษาทั่วไป

□ ความรับผิดชอบหลัก o ความรับผิดชอบรอง

ผลการเรียนรู้ Learning Outcomes 5 ด้าน	1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม							2. ด้านความรู้				3. ด้านทักษะทางปัญญา								4. ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ			5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยี			
รายวิชา	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	5.3	5.4
GE11001 ศาสตร์พระราชาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น	o	●	o	o	o	●	●	●			o	o	●		●					●	●	o	o			
GE22001 ความดีงามแห่งชีวิต	●		●	●	●			●			●		●		●		o			●		●				
GE33001 วิทยาศาสตร์และประเด็นร่วมสมัย				o				●	o	●		●	●	●		●	o	●	●				o	o		
GE33002 รู้ทันโลกดิจิทัล	o			o			o	●				●	●		o	o	●	o		o	o		●	●		
GE44001 ภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร	o		o					o							o	o	o			o			o	o	●	●
GE44002 ภาษาอังกฤษในชีวิตประจำวันและการทำงาน	o						o	●					●				o					o	o		●	●
GE44003 ภาษาอังกฤษเพื่อการนำไปใช้	o									o			o									o			●	●

คำอธิบายการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้สู่รายวิชาหมวดวิชาศึกษาทั่วไป

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม	2. ด้านความรู้	3 ด้านทักษะทางปัญญา	4.ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ	5.ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขและการสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยี
1. รู้หน้าที่ มีวินัย ความรับผิดชอบ มีความมุ่งมั่นในการทำงานให้สำเร็จ 2. มีหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเป็นฐานในการดำเนินชีวิต 3. สุภาพ อ่อนน้อมถ่อมตน รู้จักกาลเทศะ ใจกว้าง รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น 4. กล้าแสดงออกในสิ่งที่ถูกต้องและเป็นธรรมใช้คุณธรรมนำความรู้ 5. มีความภาคภูมิใจในความเป็นไทย และศิลปะ วัฒนธรรมไทย 6. มีความเข้าใจทางประวัติศาสตร์และความหลากหลายทางวัฒนธรรม 7. ตระหนักถึงคุณค่าความสำคัญและการอนุรักษ์สืบทอดเอกลักษณ์ที่ดีงามของไทย ภูมิปัญญาท้องถิ่น และวิถีชุมชน	1. มีความรู้ ความเข้าใจ วิเคราะห์หลักการ แนวคิด ทฤษฎีในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องและสามารถนำไปใช้ในการดำเนินชีวิต 2. มีความรู้และรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของสังคมทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับภูมิภาค และระดับโลก 3. มีความรู้ และตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากร สิ่งแวดล้อม ภูมิปัญญาท้องถิ่น และวิถีชุมชน 4. มีความเข้าใจ เห็นอกเห็นใจผู้อื่นและเห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวม	1. เป็นผู้ใฝ่รู้ และมีความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิต 2. นำความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ในชีวิตประจำวัน วิเคราะห์ ประเมิน และแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม 3. มีความรู้ความเข้าใจและเห็นความสำคัญการเสริมสร้างสุขภาพแบบองค์รวม 4. มีความเป็นผู้นำ และสามารถทำงานเป็นทีมได้ 5. สามารถคิดอย่างมีระบบ มีเหตุผล มีวิจารณญาณ 6. สามารถคิดริเริ่มสร้างสรรค์ 7. สามารถคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และตัดสินใจได้อย่างเหมาะสม 8. สามารถใช้ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นในการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ	1. มีจิตอาสาและสำนึกสาธารณะ 2. ตระหนักถึง สิทธิ หน้าที่ของตนเอง ผู้อื่นในฐานะพลเมืองไทย และพลเมืองโลก 3. เห็นคุณค่าและยอมรับในความแตกต่างหลากหลายของมนุษย์ สังคม และวัฒนธรรม	8. สามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการศึกษาค้นคว้า และการคัดเลือกข้อมูลที่เหมาะสมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ มีการติดต่อสื่อสารและการนำเสนอสารสนเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ 9. สามารถรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม 10. สามารถใช้ภาษาในการติดต่อสื่อสารในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ 11. สามารถใช้ภาษาในการฟัง พูด อ่าน เขียนอย่างถูกต้องในบริบทที่แตกต่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 หมวดวิชาเฉพาะ

4.2.1 รายวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม

 ความรับผิดชอบหลัก o ความรับผิดชอบรอง

รหัสวิชา/รายวิชา	1. คุณธรรม จริยธรรม					2. ความรู้				3. ทักษะทางปัญญา					4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ					5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ				
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
PY01101 ฟิสิกส์ 1	●	●	○			●	●	○	○	●	●	●		○	○			○	●	○	●	○		
PY01102 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 1	●	●	○			●	●	○	○	●	●	●		○	○	○		○	●	○	●	○		
PY01103 ฟิสิกส์ 2	●	●	○			●	●	○	○	●	●	●		○	○			○	●	○	●	○		
PY01104 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2	●	●	○			●	●	○	○	●	●	●		○	○	○		○	●	○	●	○		
CH01107 เคมีทั่วไปสำหรับวิศวกร	●	●	○	○	○	●	●	○	○	○	●	●	○	○	○	○	○	●	●	○	○	○	●	
CH01108 ปฏิบัติการเคมีสำหรับวิศวกร	●	●	●	●	○	●	●	○	○	○	●	●	●	○	●	○	○	●	●	○	●	○	○	
CC11109 เทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับวิศวกรเครื่องกล	○	●	○	○	●	●	●	○	●	○	○			●		○		●		●	●	●	○	

4.2 หมวดวิชาเฉพาะ

4.2.1 รายวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม

□ ความรับผิดชอบหลัก o ความรับผิดชอบรอง

รหัสวิชา/รายวิชา	1. คุณธรรม จริยธรรม					2. ความรู้				3. ทักษะทางปัญญา					4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ					5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ				
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
ME11111 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 1	○	●	○		○	●	●		○	●	○	●					○		○	○		○	○	●
ME11112 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 2	○	●	○		○	●	●		○	●	○	●					○		○	○		○	○	●
ME11213 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 3	○	●	○		○	●	●		○	●	○	●					○		○	○		○	○	●
ME12111 การเขียนแบบวิศวกรรมเครื่องกล และเขียนด้วยโปรแกรม		●	○		○	●	●	○	●	●	○	○			○	○		●	○	●		○	●	●
ME12121 สถิตยศาสตร์และพลศาสตร์	○	●	○			●	○		●	○	●	●	○	○			○	●	○	○	○	○	○	●
ME12231 วัสดุวิศวกรรม		●	●	○	○	●	○		○	●	○	●	○	●		○			○	●	○		○	○
ME12241 อุณหพลศาสตร์	○	●	○	●	○	●	●		○	○	●	●		○	○		○	●	○		●	○	●	●
ME12251 กลศาสตร์ของไหล		●	○	○		●	○		○	●	●	○	○	○			○		○	●	○		○	●
ME12261 กลศาสตร์ของแข็ง	○	●		●		●	○		○	●	○	○		○			○	○	●	○		○	○	●
ME12271 กรรมวิธีการผลิต		●	○	●	○	●	●		○	●	●	○		○		○			●	●			●	●
ME12281 อาชีวอนามัย ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม	○	●	●	○	●	○	●			○	●	○	●	○		○	●	●	●	○		○	○	●
ME13111 การฝึกปฏิบัติงานในโรงงานวิศวกรรม	○	●	●	○	●	○	●			○	●	○	●	○		○	●	●	●	○		○	○	●
ME14211 สถิติและการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม		●	○	●		●	●	●		●	●	●	○		○		○		○	●	●	●	○	●
ME14212 วิศวกรรมไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับวิศวกรเครื่องกล		●	○		○	●	●	○	●	●	○	○			○	○		●	○	●		○	●	●

4.2.2 รายวิชาเฉพาะด้าน

4.2.2.1 รายวิชาบังคับทางวิศวกรรม

□ ความรับผิดชอบหลัก o ความรับผิดชอบรอง

รหัสวิชา/รายวิชา	1. คุณธรรม จริยธรรม					2. ความรู้				3. ทักษะทางปัญญา					4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ					5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ				
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
ME21311 ระบบพลศาสตร์และเครื่องจักรกล		●	●	○	○	●	○			●	○	●	○		○		○		○		○	○	○	●
ME21321 การออกแบบเครื่องจักรกลและเครื่องขับกำลัง		●	○	○	●	●	○			○	●	●		○	○				●	○		●	○	●
ME21331 หุ่นยนต์และการควบคุมอัตโนมัติ		●	○	○		●	○			●	○	●	○		○		○	●	○		●	○		●
ME21341 การสั่นสะเทือนทางกล	○	●	○	○		●	○			●	○	●	○		○		○		○	○	○	○	○	●
ME21351 การถ่ายเทความร้อน		●	○	●	○	●	○			○	●		○		○				○		●	○		●
ME21361 การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล	○	●	○		○	○	●	●	●	○	●	○	●	○	●	○	○	●	●	●	○	●	○	○
ME21371 การดับเพลิงและระบบป้องกันอัคคีภัย		●		●	○	●	○	○		○	●	●			○				○		○	○	●	●
ME21381 การทำความเย็นและการปรับอากาศ		●		○	●	●	○	○		○	●	○		○	○			●	○				○	●
ME21391 พลังงาน โรงจักรต้นกำลังและระบบทางความร้อน		●		●	●	●	○	○		○	●	○			○				○		○		○	●
ME21411 เศรษฐศาสตร์และการจัดการงานวิศวกรรม		●		○	○	●	●		○	●	●		○	○			○		○		○		○	●
ME22421 การเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	○	●	●	○	●	●	○	●	●	○	●	●	●	●	○		○	●	●	●	○	○	○	
ME22422 โครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	○	●	●	○	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	○		○	●	●	●	●	●	○	●

4.2.2.2 รายวิชาเลือกทางวิศวกรรม

1) รายวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพทางวิศวกรรมเครื่องกล

□ ความรับผิดชอบหลัก o ความรับผิดชอบรอง

รหัสวิชา/รายวิชา	1. คุณธรรม จริยธรรม					2. ความรู้				3. ทักษะทางปัญญา					4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ					5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ				
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
ME31411 การฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล	○	●	●	○	●	●	●	●	●	○	●	●		○	●	○	○	●	●	●	○	●	●	●
ME32411 การเตรียมความพร้อมสหกิจศึกษา	○	●	●	○	●	●	○	●	●	○	●	●		○	○	○	○	●	●	●	○	○	○	
ME32412 สหกิจศึกษา	○	●	●	○	●	●	●	●	●	○	●	●	●	○	●	○	○	●	●	●	●	●	●	●

2) รายวิชาเอกเลือกวิศวกรรมเครื่องกล

□ ความรับผิดชอบหลัก O ความรับผิดชอบรอง

รหัสวิชา/รายวิชา	1. คุณธรรม จริยธรรม					2. ความรู้				3. ทักษะทางปัญญา					4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ					5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ				
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
ME41401 พลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์	○	●	○	●	○		●	○	●	●	○	○		●		○	○	●	●	●	○	●	●	○
ME41402 เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า		●	○	○		○	●	●			●	●	○		○		○		○	●	○	○	●	●
ME41403 การอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน	○	●	●	●	○		●	○	●	●	○	○		●		○	○	●	●	●	○	●	●	○
ME41404 เทคโนโลยีวิศวกรรมการอบแห้ง		●	○		○	○	●	○		●	○	○	○	●		○	○		●			●	○	
ME41405 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องจักรในโรงงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน	○	●	●	●	○		●	○	●	●	○	○		●	●		○	●	●	●	○	●	●	○
ME41406 แหล่งพลังงานทดแทนและพลังงานหมุนเวียน	○	●	●	●	○		●	○	●	●	○	○		●	●		○	●	●	●	○	●	●	○
ME41407 การอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม	○	●	●	●	○		●	○	●	●	○	○		●		○	○	●	●	●	○	●	●	○
ME41408 การออกแบบระบบทางความร้อนขั้นสูง		●		○	○		●	○	●	○	○	●	○		○		○		○	○		○	○	●
ME41409 การขนถ่ายวัสดุ		●	●		○		●	●	●	○	●		●	○				●	○	●	○	●	○	●
ME41410 การควบคุมระบบไฮดรอลิกและระบบนิวแมติกส์		●		○	○	○	●		○	●	○	○		●		○		○	○	●	○		○	
ME41411 การออกแบบระบบท่อทางวิศวกรรม		●	●		○		●	●	●	○	●		●	○				●	○	●	○	●	○	●
ME41412 วิศวกรรมยานยนต์		●	○		○	○	●	○		●	○	○	○	●		○	○		●			●	○	
ME41413 ระบบการควบคุมแขนหุ่นยนต์		●			○		●	●	○	○	●	○		○					○	●		●	○	●
ME41414 เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว		●		○	○	●	●		○	●	●		○	○			○		○		○		○	●
ME41415 เทคโนโลยีการผลิตน้ำตาล		●	○	○			●	○	○	●	○	●	○			○			○		○		○	●
ME41416 การเป็นผู้ประกอบการสำหรับวิศวกรเครื่องกล		●	○	○			●	○	○	●	○	●	○			○			○		○		○	●

คำอธิบายแผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จากหลักสูตรสู่รายวิชาหมวดวิชาเฉพาะด้านสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

1. คุณธรรม จริยธรรม	2. ความรู้	3. ทักษะทางปัญญา	4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ	5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยี
1.1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละและซื่อสัตย์สุจริต 1.2มีวินัยตรงต่อเวลารับผิดชอบต่อตนเองและสังคมเคารพกฎระเบียบ และข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม 1.3 มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตามสามารถทำงานเป็นหมู่คณะสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งตามลำดับความสำคัญเคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นรวมทั้งเคารพในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์ 1.4 สามารถวิเคราะห์และประเมินผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคลองค์กรสังคมและสิ่งแวดล้อม 1.5 มีจรรยาบรรณทางวิชาการและ วิชาชีพและมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพรวมถึงเข้าใจ ถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน	2.1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ พื้นฐานวิทยาศาสตร์ พื้นฐานวิศวกรรม พื้นฐานและ เศรษฐศาสตร์เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้องและการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2.2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม 2.3 สามารถบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาที่ศึกษากับความรู้ในศาสตร์อื่นๆที่เกี่ยวข้องสามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการที่เหมาะสมรวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม เช่นโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นต้น 2.4 สามารถใช้ความรู้และทักษะในสาขาวิชาของตนในการประยุกต์แก้ไขปัญหาในงานจริงได้	3.1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี 3.2 สามารถรวบรวมศึกษาวิเคราะห์และสรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ 3.3 สามารถคิดวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมได้อย่างมีระบบรวมถึงการใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ 3.4 มีจินตนาการและความยืดหยุ่นในการปรับใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสมในการพัฒนานวัตกรรมหรือต่อยอดองค์ความรู้จากเดิมได้อย่างสร้างสรรค์ 3.5 สามารถสืบค้นข้อมูลและแสวงหาความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเองเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิตและทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ	4.1 สามารถสื่อสารกับกลุ่มคนที่หลากหลาย และสามารถสนทนาทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถใช้ความรู้ในสาขาวิชาชีพมาสื่อสารต่อสังคมได้ในประเด็นที่เหมาะสม 4.2 สามารถเป็นผู้ริเริ่มแสดงประเด็นในการแก้ไขสถานการณ์เชิงสร้างสรรค์ทั้งส่วนตัวและส่วนรวมพร้อมทั้งแสดงจุดยืนอย่างพอเหมาะทั้งของตนเองและของกลุ่มรวมทั้งให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการแก้ไขปัญหาสถานการณ์ต่างๆ 4.3 สามารถวางแผนและรับผิดชอบในการพัฒนาการเรียนรู้ทั้งของตนเองและสอดคล้องกับทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง 4.4 รู้จักบทบาทหน้าที่และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมายทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ 4.5 มีจิตสำนึกความรับผิดชอบด้านความปลอดภัยในการทำงานและการรักษาสภาพแวดล้อมต่อสังคม	5.1 มีทักษะในการใช้คอมพิวเตอร์สำหรับการทำงานที่เกี่ยวข้องกับวิชาชีพได้เป็นอย่างดี 5.2 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 5.3 สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ทันสมัยได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ 5.4 มีทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูดการเขียนและการสื่อความหมายโดยใช้สัญลักษณ์ 5.5 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรมเพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้

หมวดที่ 5 หลักเกณฑ์ในการประเมินผลนักศึกษา

1. กฎระเบียบหรือหลักเกณฑ์ในการให้ระดับคะแนน (เกรด)

การวัดผลและการสำเร็จการศึกษาเป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วยการศึกษาระดับปริญญาตรี พ.ศ.2561 หมวด 9 (ภาคผนวก ค)

2. กระบวนการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษา

2.1 การทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ขณะนักศึกษายังไม่สำเร็จการศึกษา

2.1.1 การทวนสอบในระดับรายวิชา

มีการประเมินการเรียนการสอนในระดับรายวิชาทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติและมีคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาข้อสอบในการวัดผลการเรียนรู้ตามที่กำหนดไว้ให้เป็นไปตามแผนการสอน

2.1.2 การทวนสอบในระดับหลักสูตร

มีระบบประกันคุณภาพภายในเพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษามีการประเมินการสอนของผู้สอนโดยนักศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ของนักศึกษา

2.2 การทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้หลังนักศึกษาสำเร็จการศึกษา

2.2.1 ภาวการณ์ได้งานทำของบัณฑิต โดยประเมินจากบัณฑิตแต่ละรุ่นที่จบการศึกษา ในด้านของระยะเวลาในการหางานทำความเห็นต่อความรู้ความสามารถความมั่นใจของบัณฑิตในการประกอบการงานอาชีพ

2.2.2 การตรวจสอบจากผู้ประกอบการ โดยการขอเข้าสัมภาษณ์ หรือ การส่งแบบสอบถาม เพื่อประเมินความพึงพอใจในบัณฑิตที่จบการศึกษา และเข้าทำงานในสถานประกอบการนั้น ๆ

2.2.3 การประเมินจากสถานศึกษาอื่นถึงระดับความพึงพอใจในด้านความรู้ความพร้อมและคุณสมบัติด้านอื่นๆของบัณฑิตที่เข้าศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษาในสถานศึกษานั้นๆ

2.2.4 การประเมินจากบัณฑิตที่ไปประกอบอาชีพในส่วนของความพร้อมและความรู้จากสาขาวิชาที่เรียนตามหลักสูตรเพื่อนำมาใช้ในการปรับหลักสูตรให้ดียิ่งขึ้น

2.2.5มีการเชิญผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกและผู้ประกอบการมาประเมินหลักสูตรหรือเป็นอาจารย์พิเศษเพื่อเพิ่มประสบการณ์เรียนรู้และการพัฒนาองค์ความรู้ของนักศึกษา

3. เกณฑ์การสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตร

3.1. เรียนครบตามจำนวนหน่วยกิตที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

3.2. เกรดคะแนนเฉลี่ยสะสมขั้นต่ำ 2.00 (จากระบบ 4 ระดับคะแนน)

3.3. การสำเร็จการศึกษาเป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วยการศึกษาระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2561 หมวด 10 (ภาคผนวก ค.)

หมวดที่ 6 การพัฒนาอาจารย์

1. การเตรียมการสำหรับอาจารย์ใหม่

1.1 มีการปฐมนิเทศแนะแนวการเป็นครูแก่อาจารย์ใหม่ให้มีความรู้และเข้าใจในนโยบายของมหาวิทยาลัย/สถาบันคณะตลอดจนในหลักสูตรที่สอน

1.2 ส่งเสริมอาจารย์ให้มีการเพิ่มพูนความรู้สร้างเสริมประสบการณ์เพื่อส่งเสริมการสอนและการวิจัยอย่างต่อเนื่องโดยผ่านการทำวิจัยสายตรงเป็นอันดับแรกการสนับสนุนด้านการศึกษาต่อฝึกอบรมดูงานทางวิชาการและวิชาชีพในองค์กรต่างๆการประชุมทางวิชาการทั้งในประเทศและ/หรือต่างประเทศหรือการลาเพื่อเพิ่มพูนประสบการณ์

2. การพัฒนาความรู้และทักษะให้แก่อาจารย์

2.1 การพัฒนาทักษะการจัดการเรียนการสอนการวัดและการประเมินผล

2.1.1 สนับสนุนการอบรมเพื่อพัฒนาทักษะวิชาชีพเฉพาะด้านและส่งเสริมความเป็นเอกลักษณ์ทางวิชาชีพให้แก่อาจารย์ รวมถึงการจัดอบรมการถ่ายทอดและบริการวิชาการ เช่นหลักสูตรผู้ควบคุมหม้อน้ำการอนุรักษ์พลังงานและการออกแบบและเขียนแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ฯลฯ

2.1.2 จัดระบบการประเมินการเรียนการสอน แบบมีส่วนร่วม ระหว่างคณะกรรมการผู้สอนและผู้เรียน

2.1.3 สนับสนุนให้อบรมเกี่ยวกับทักษะการสอนและการประเมินผล

2.1.4 สนับสนุนให้อาจารย์เข้าร่วมประชุมทางวิชาการทั้งในประเทศหรือต่างประเทศและศึกษาดูงานเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนและการประเมินผล

2.1.5 จัดอาจารย์พี่เลี้ยงให้แก่อาจารย์ใหม่

2.1.6 พัฒนาระบบการประเมินผล

2.1.7 กำหนดให้มีการวิจัยในห้องเรียน

2.1.8 พัฒนาทักษะและการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมทางการศึกษา

2.2 การพัฒนาวิชาการและวิชาชีพด้านต่างๆ

2.2.1 สนับสนุนให้อาจารย์เข้าฝึกอบรมในการสอนวิชาปฏิบัติ

2.2.2 ส่งเสริมให้อาจารย์สอบใบประกอบวิชาชีพในระดับที่สูงขึ้น

2.2.3 จัดให้อาจารย์ร่วมสอนในรายวิชาปฏิบัติวิชาชีพ

2.2.4 ส่งเสริมให้อาจารย์ศึกษาต่อ

2.2.5 สนับสนุนให้อาจารย์ไปศึกษาดูงานทั้งในและต่างประเทศ

2.2.6 สนับสนุนให้อาจารย์ทำวิจัยและขอทุนวิจัยจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

หมวดที่ 7 การประกันคุณภาพหลักสูตร

1. การกำกับมาตรฐาน

1.1 มีอาจารย์ประจำหลักสูตรจำนวน 5 คน และประจำหลักสูตรตลอดระยะเวลาที่จัดการศึกษา

1.2 มีอาจารย์ประจำหลักสูตรที่มีคุณวุฒิระดับปริญญาโทหรือเทียบเท่า หรือดำรงตำแหน่งทางวิชาการไม่ต่ำกว่าผู้ช่วยศาสตราจารย์ ในสาขาที่ตรงและสัมพันธ์กับรายวิชาที่เปิดสอน และเป็นไปตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ พ.ศ. 2553 และตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตร พ.ศ. 2558

2. บัณฑิต

2.1 มีการกำหนดคุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ครอบคลุมและสอดคล้องกับมาตรฐานผลการเรียนรู้ที่ระบุไว้ในรายละเอียดของหลักสูตรตามที่ มคอ.2 ที่สอดคล้องกับกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2552

2.2 มีการสำรวจภาวการณ์ได้งานทำของบัณฑิต

3. นักศึกษา

3.1 การรับนักศึกษา

3.1.1. มีการกำหนดคุณสมบัติของนักศึกษาในหลักสูตร

3.1.2. มีการกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกที่มีความโปร่งใส ชัดเจนและสอดคล้องกับคุณสมบัติของนักศึกษาที่กำหนดในหลักสูตร

3.1.3. มีเครื่องมือในการสอบคัดเลือก ข้อมูลหรือวิธีการคัดเลือก

3.2 มีการเตรียมความพร้อมให้นักศึกษาก่อนเข้ารับการศึกษา

3.2.1. มีกลไกในการพัฒนาความรู้พื้นฐานหรือการเตรียมความพร้อมทางการเรียนแก่นักศึกษา เพื่อให้มีความสามารถในการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษาได้อย่างมีความสุข เพื่อส่งผลให้อัตราการลาออกกลางคันลดน้อยลง

3.2.2. ระหว่างการศึกษามีการจัดกิจกรรมการพัฒนาความรู้ความสามารถในรูปแบบต่างๆ ทั้งกิจกรรมในห้องเรียนและนอกห้องเรียน

3.2.3. มีกิจกรรมเสริมสร้างความเป็นพลเมืองดีที่มีจิตสำนักสาธารณะ

3.2.4. มีการวางระบบการดูแลให้คำปรึกษาจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิชาการ

3.3 มีการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการบริหารจัดการหลักสูตร อัตราการอยู่ ข้อร้องเรียนของนักศึกษา ตลอดจนการสำเร็จการศึกษา

4. อาจารย์

4.1 การบริหารและพัฒนาอาจารย์

4.1.1. การรับอาจารย์ใหม่ได้กำหนดเกณฑ์คุณสมบัติที่สอดคล้องกับสภาพบริบท ปรัชญา วิสัยทัศน์ของสถาบัน

4.1.2. มีกลไกการคัดเลือก อาจารย์ที่เหมาะสมโปร่งใส

4.1.3. มีระบบการบริหารอาจารย์โดยกำหนดนโยบาย แผนระยะยาว เพื่อให้ได้อาจารย์ที่มีคุณสมบัติทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรที่กำหนดโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

4.1.4. มีระบบการส่งเสริมและพัฒนาอาจารย์ มีการวางแผนและการลงทุน งบประมาณและทรัพยากรและกิจกรรมการดำเนินงาน ตลอดจนการกำกับดูแล และการพัฒนาคุณภาพอาจารย์

4.2 มีการสนับสนุนและส่งเสริมอาจารย์ให้พัฒนาศักยภาพทางด้านวิชาการอย่างต่อเนื่อง

4.3 มีการประเมินความพึงพอใจของอาจารย์ต่อการบริหารจัดการหลักสูตร

5. หลักสูตร การเรียนการสอน การประเมินผู้เรียน

5.1. สาระของรายวิชาในหลักสูตร

5.1.1. ผลการประเมินหลักสูตร

5.1.2. ผลการประเมินจากบัณฑิต

5.1.3. มีความสอดคล้องตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ พ.ศ. 2553

5.1.4.มีการกำหนดสาระทั้งทางทฤษฎีและปฏิบัติเพื่อพัฒนาความรู้และทักษะของผู้เรียนให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิต ตลอดจนการปรับปรุงเนื้อหาของรายวิชาในหลักสูตรให้สอดคล้องกับความก้าวหน้าทางวิชาการและความต้องการของผู้ใช้บัณฑิต

5.1.5. มีการปรับปรุงหลักสูตรให้ทันสมัยตามความก้าวหน้าในศาสตร์สาขา

5.2. การวางระบบผู้สอนและกระบวนการจัดการเรียนการสอน

5.2.1. มีการวางระบบผู้สอนในแต่ละรายวิชา โดยคำนึงถึงความรู้ ความสามารถและความเชี่ยวชาญในวิชาที่สอน และเป็นความรู้ที่ทันสมัยของอาจารย์ที่มอบหมายให้สอนในวิชานั้นๆ เพื่อให้นักศึกษาได้รับความรู้ประสบการณ์และได้รับการพัฒนาความสามารถจากผู้รู้จริง

5.2.2. อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรมีการกำกับ ติดตาม และตรวจสอบการจัดทำแผนการเรียนรู้ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลการเรียนรู้

5.2.3. การจัดการเรียนการสอนได้เน้นการพัฒนานักศึกษาให้มีความรู้ตามโครงสร้างหลักสูตรที่กำหนด และได้รับการพัฒนาตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิ คุณธรรมจริยธรรมทักษะการเรียนรู้ โดยเฉพาะทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง ทักษะทางภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ ทักษะการทำงานแบบมีส่วนร่วม ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี ความสามารถในการดูแลสุขภาพ ฯลฯ การเรียนการสอนสมัยใหม่มีการใช้สื่อเทคโนโลยี และทำให้นักศึกษาเรียนรู้ได้ตลอดเวลาและในสถานที่ใดก็ได้ผู้สอนมีหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกให้เกิดการเรียนรู้ และสนับสนุนการเรียนรู้

5.2.4. การจัดการเรียนการสอนเป็นตามมาตรฐานผลการเรียนรู้

5.3. การประเมินผู้เรียน

5.3.1. มีการประเมินผลการเรียนรู้ตามมาตรฐานผลการเรียนรู้ 5 ด้าน

5.3.2. มีการตรวจสอบการประเมินผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5.3.3. มีความเหมาะสมของระบบประเมิน เพื่อให้สอดคล้องกับความสำคัญกับการกำหนดเกณฑ์การประเมิน มีวิธีการประเมิน เครื่องมือประเมินที่มีคุณภาพ และวีการให้เกรดที่สะท้อนผลการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม

5.3.4. มีการกำกับการประเมินการจัดการเรียนการสอนและประเมินหลักสูตร

5.3.5. มีการกำกับให้มีการประเมินตามสภาพจริง มีการใช้วิธีการประเมินที่หลากหลาย ให้ผลการประเมินที่สะท้อนความสามารถในการปฏิบัติงานในโลกแห่งความเป็นจริง

6. สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้

6.1. มีระบบการดำเนินงานของสาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัยโดยมีส่วนร่วมของอาจารย์ประจำหลักสูตรเพื่อให้มีสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้

6.2. จำนวนสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ที่เพียงพอและเหมาะสมต่อการจัดการเรียนการสอน

6.2.1 มีการจัดสรรงบประมาณเพื่อพัฒนานักศึกษา

6.2.2 มีการจัดหาสิ่งอำนวยความสะดวก และสิ่งสนับสนุนการศึกษาที่เอื้อต่อการจัดการศึกษา

6.2.3 มีการประสานงานกับคณะ ในการจัดซื้อหนังสือ ตำราที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนเครื่องช่วยสอน

6.2.3.1 ห้องปฏิบัติการ	จำนวน	1	ห้อง
6.2.3.2 คอมพิวเตอร์	จำนวน	50	เครื่อง
6.2.3.3 เครื่องมัลติมีเดียโปรเจคเตอร์	จำนวน	1	เครื่อง
6.2.3.4 เครื่องถ่ายทอดภาพ 3 มิติ	จำนวน	1	เครื่อง
6.2.3.5 เครื่องฉายข้ามศีรษะ	จำนวน	1	เครื่อง
6.2.3.6 เครื่องปริ้นเตอร์พร้อมเครื่องแสกน	จำนวน	1	เครื่อง
6.2.3.7 โทรทัศน์ระบบสัมผัส	จำนวน	1	เครื่อง

6.2.4 ทรัพยากรขั้นต่ำเพื่อการเรียนการสอนของสาขาวิชา ต้องมีความพร้อมอยู่ในที่ตั้งเดียวกับหลักสูตรที่ขอเปิดดำเนินการ เช่น

6.2.4.1 จำนวนคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องมีเพียงพอกับนักศึกษาอย่างน้อย 1 ชั้นปี

6.2.4.2 ลิขสิทธิ์ของโปรแกรมจะต้องมีอย่างน้อยครึ่งหนึ่งของห้องปฏิบัติการ

6.2.4.3 อุปกรณ์คอมพิวเตอร์จะต้องได้รับการซ่อมบำรุงเป็นประจำตามรอบของการตรวจสภาพ

6.3 ทรัพยากรการเรียนการสอนที่มี

ทางสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ได้มีการสร้างห้องปฏิบัติการไว้รองรับเนื้อหาวิชาใหม่ๆให้เท่าทันกับเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในส่วนของห้องปฏิบัติการที่มีอยู่เดิมประกอบด้วย

ลำดับที่	รายการ	จำนวน
1	ห้องปฏิบัติการกลศาสตร์ของไหล	1 ห้อง
	- ชุดทดสอบปั๊มแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางแบบขนาน	1 ชุด
	- ชุดเครื่องสอบปั๊ม	1 ชุด
	- ชุดเครื่องทดสอบกังหันเพลตันและฟรานซิส	1 ชุด
	- ชุดเครื่องวิเคราะห์การไหลของอากาศ	1 ชุด
	- ชุดทดสอบการสูญเสียของของไหลในท่อ	1 ชุด
	- เครื่องวัดอัตราการไหลในท่อด้วยระบบอุลตร้าโซนิค	1 เครื่อง
2	ห้องปฏิบัติการยานยนต์	1 ห้อง
	- ชุดทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลและเบนซิน แบบสูบเดียว	1 ชุด
	- ชุดทดลองระบบเฟืองของรถยนต์ (เกียร์กระปุก)	1 ชุด
	- เครื่องวิเคราะห์ควันดำ	1 ชุด
	- อุปกรณ์หาค่าความร้อนของแก๊ส	1 ชุด
	- ชุดวิเคราะห์แก๊ส	1 ชุด
	- ชุดวิเคราะห์ระบบปรับอากาศในรถยนต์	1 ชุด
	- ชุดแสดงเครื่องยนต์ผ่าซีก	1 ชุด
	- ชุดแสดงระบบเกียร์อัตโนมัติ	1 ชุด
	- ชุดแสดงส่วนประกอบระบบเพลาท้าย	1 ชุด
	- ชุดแสดงระบบเบรก	1 ชุด
	- ชุดแสดงระบบช่วงล่าง	1 ชุด
	- ชุดแสดงระบบบังคับเลี้ยว	1 ชุด
	- ชุดทดสอบจุดติดไฟและจุดวาบไฟแบบปิดของเชื้อเพลิง	1 ชุด
	- ชุดทดสอบความหนืดของน้ำมัน	1 ชุด
	- ชุดทดสอบหาค่าความหนืดของจาระบี	1 ชุด
	- ชุดวิเคราะห์แก๊สไอเสีย	1 ชุด

ลำดับที่	รายการ	จำนวน
3	ห้องปฏิบัติการอุณหพลศาสตร์และการถ่ายเทความร้อน	1 ห้อง
	- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์การนำความร้อน	1 ชุด
	- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์การแผ่รังสีความร้อน	1 ชุด
	- ชุดทดลองการพาความร้อนแบบอิสระและบังคับ	1 ชุด
	- ชุดทดลองเครื่องทำความเย็น	1 ชุด
	- ชุดเครื่องวิเคราะห์ระบบปรับอากาศ	1 ชุด
	- ชุดทดสอบหาความร้อนของเชื้อเพลิง	1 ชุด
	- ชุดทดลองการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบหลายชนิด	1 ชุด
	- ชุดทดลองระบบอัดอากาศหนึ่งขั้นตอน	1 ชุด
	- ชุดสาธิตหม้อต้มไอน้ำแบบต่อกังหันไอน้ำ	1 ชุด
4	ห้องปฏิบัติการพลศาสตร์	1 ห้อง
	- ชุดทดสอบการสมดุลแบบสแตติกส์และไดนามิกส์	1 ชุด
	- ระบบชุดเฟืองทด	1 ชุด
	- ชุดทดสอบแรงบิด	1 ชุด
	- ชุดทดสอบการสั่นสะเทือน	1 ชุด
	- ชุดทดลองไจโรสโคป	1 ชุด
5	ห้องปฏิบัติการวัสดุ	1 ห้อง
	- ชุดทดสอบแรงดึง	1 ชุด
	- ชุดทดสอบความแข็ง	1 ชุด
	- ชุดทดสอบแรงบิด	1 ชุด
	- ชุดทดสอบความล้าของวัสดุ	1 ชุด
	- ชุดทดสอบวัสดุอเนกประสงค์	1 ชุด
	- ชุดทดสอบแรงกระแทก	1 ชุด

ลำดับที่	รายการ	จำนวน
6	ห้องปฏิบัติการพื้นฐานทางวิศวกรรม	1 ห้อง
	- เครื่องกัดซีเอ็นซี	1 ชุด
	- เครื่องกลึงยันศูนย์เหนือแท่นขนาด 150 มม.	5 ชุด
	- เครื่องกัดเพลาตั้งแบบเทอร์เรท	1 ชุด
	- ชุดฝึกระบบไฮดรอลิกส์	1 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการเชื่อมไฟฟ้า	16 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการเชื่อมอาร์กอน	2 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการเจาะโลหะชนิดตั้งโต๊ะ	5 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการเจาะโลหะชนิดเคลื่อนย้าย	2 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการโต๊ะปากกาจับยึดชิ้นงาน	20 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการโต๊ะแท่นวัดระดับ	1 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการหินเจียรโลหะชนิดตั้งโต๊ะ	8 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการเลื่อยฉลุงานไม้ชนิดตั้งโต๊ะ	1 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการขัดไม้ชนิดตั้งโต๊ะ	1 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการไสไม้ชนิดตั้งโต๊ะ	1 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการเลื่อยวงเดือนงานไม้ชนิดตั้งโต๊ะ	1 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการเลื่อยวงเดือนงานไม้ชนิดเคลื่อนที่	1 ชุด
	- ชุดปฏิบัติการเลื่อยกลงานเหล็ก	1 ชุด
7	ห้องเขียนแบบ	3 ห้อง
	- โต๊ะเขียนแบบ	120 ตัว
8	ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	2 ห้อง
	- เครื่องคอมพิวเตอร์	80 เครื่อง
	- เครื่องซุปเปอร์คอมพิวเตอร์	1 เครื่อง

ลำดับที่	รายการ	จำนวน
9	ห้องปฏิบัติการหุ่นยนต์	1 ห้อง
10	ห้องปฏิบัติการวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์กำลัง	1 ห้อง
11	ห้องปฏิบัติการพัสดุและโครงงานวิศวกรรม	1 ห้อง
12	ห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์และระบบอัตโนมัติ	1 ห้อง
13	ห้องปฏิบัติการไฟฟ้าสื่อสาร	1 ห้อง
14	ห้องปฏิบัติการเคมี	1 ห้อง
15	ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์	1 ห้อง
16	ห้องบรรยาย	20 ห้อง
17	ห้องพักอาจารย์	2 ห้อง
18	ห้องเบิกจ่ายวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ	1 ห้อง
19	ห้องปฏิบัติการงานวิจัยสำหรับอาจารย์และนักศึกษา	1 ห้อง

ซึ่งจะมีการปรับปรุงซ่อมแซมเครื่องมือให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้สามารถรองรับการเรียนการสอนในแต่ละภาคเรียนได้เป็นอย่างดี

6.4 มีกระบวนการปรับปรุงตามผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาและอาจารย์ต่อสิ่งสนับสนุนการเรียนรู้

7. ตัวบ่งชี้ผลการดำเนินงาน key Performance Indicators

ดัชนีบ่งชี้ผลการดำเนินงาน	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5
1. อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรอย่างน้อยร้อยละ 80 มีส่วนร่วมในการประชุมเพื่อวางแผนติดตามและทบทวนการดำเนินงานหลักสูตร	x	x	x	x	x
2.มีรายละเอียดของหลักสูตรตามแบบมคอ.2 ที่สอดคล้องตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ พ.ศ.2553	x	x	x	x	x
3.มีรายละเอียดของรายวิชาและประสบการณ์ภาคสนาม (ถ้ามี) ตามแบบมคอ.3 และ มคอ. 4 อย่างน้อยก่อนการเปิดสอนในแต่ละภาคการศึกษาให้ครบทุกรายวิชา	x	x	x	x	x
4.จัดทำรายงานผลการดำเนินการของรายวิชาและประสบการณ์ภาคสนาม (ถ้ามี) ตามแบบมคอ.5 และ มคอ.6 ภายใน 30 วันหลังสิ้นสุดภาคการศึกษาที่เปิดสอนให้ครบทุกรายวิชา	x	x	x	x	x
5.จัดทำรายงานผลการดำเนินการของหลักสูตรตามแบบมคอ.7 ภายใน 60 วันหลังสิ้นสุดปีการศึกษา	x	x	x	x	x
6.มีการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาตามมาตรฐานผลการเรียนรู้ที่กำหนดในมคอ. 3 และ มคอ.4 (ถ้ามี) อย่างน้อยร้อยละ 25 ของรายวิชาที่เปิดสอนในแต่ละปีการศึกษา	x	x	x	x	x
7.มีการพัฒนาปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนกลยุทธ์การสอนหรือ การประเมินผลการเรียนรู้จากผลการประเมินการดำเนินงานที่รายงานในมคอ.7 ปีที่แล้ว		x	x	x	x
8.อาจารย์ใหม่ (ถ้ามี) ทุกคนได้รับการปฐมนิเทศหรือคำแนะนำด้านการจัดการเรียนการสอน	x	x	x	x	x
9.อาจารย์ประจำหลักสูตรทุกคนได้รับการพัฒนาทางวิชาการ หรือ วิชาชีพอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง	x	x	x	x	x
10. จำนวนบุคลากรสนับสนุนการเรียนการสอน) ถ้ามี (ได้รับการพัฒนาวิชาการหรือวิชาชีพไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ต่อปี	x	x	x	x	x
11. ระดับความพึงพอใจของนักศึกษาปีสุดท้ายบัณฑิตใหม่ที่มีต่อคุณภาพหลักสูตรเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 3.5 จากคะแนนเต็ม 5.0				x	x
12. ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อบัณฑิตใหม่เฉลี่ยไม่น้อยกว่า 3.5 จากคะแนนเต็ม 5.0					x
รวมตัวบ่งชี้ (ข้อ) ในแต่ละปี	9	10	10	11	12
ตัวบ่งชี้บังคับ (ข้อที่)	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5
ตัวบ่งชี้ต้องผ่านรวม (ข้อ)	9	10	10	11	12

หมายเหตุ: *x คือเกณฑ์การประเมินที่ต้องการประเมิน*

หมวดที่ 8 การประเมิน และปรับปรุงการดำเนินการของหลักสูตร

1. การประเมินประสิทธิผลของการสอน

1.1 การประเมินกลยุทธ์การสอน

1.1.1 ประเมินกลยุทธ์การสอนจากผลการเรียนรู้ของนักศึกษา จากพฤติกรรมการแสดงออก การอภิปราย โต้ตอบ การตอบคำถาม การทำกิจกรรมในชั้นเรียน และผลการสอบ

1.1.2 มีการประชุมร่วมกันของอาจารย์ในสาขาวิชา เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกระบวนการประเมิน และกลยุทธ์การสอน

1.1.3 ประเมินจากการสอบถามนักศึกษาโดยตรง

1.2 การประเมินทักษะของอาจารย์ในการใช้แผนกลยุทธ์การสอน

1.2.1 ประเมินจากนักศึกษาเกี่ยวกับการสอนของอาจารย์ในทุกด้าน เช่น กลวิธีการสอน การตรงต่อเวลา การชี้แจงเป้าหมาย วัตถุประสงค์ของรายวิชา เกณฑ์การวัดและประเมินผล และการใช้สื่อการสอน

1.2.2 ประเมินโดยตัวอาจารย์เองและผู้ร่วมงาน

2. การประเมินหลักสูตรในภาพรวม

2.1 ประเมินหลักสูตรในภาพรวมโดยนักศึกษาชั้นปีสุดท้าย

2.2 ประชุมผู้แทนนักศึกษากับผู้แทนอาจารย์

2.3 ประเมินโดยที่ปรึกษาหรือผู้ทรงคุณวุฒิจากรายงานผลการดำเนินการหลักสูตร

2.4 ประเมินโดยผู้ใช้บัณฑิตหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่น ๆ

3. การประเมินผลการดำเนินงานตามรายละเอียดหลักสูตร

3.1 คณาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

3.2 คณะกรรมการประเมินคุณภาพภายในระดับสาขาวิชา

4. การทบทวนผลการประเมินและวางแผนปรับปรุงหลักสูตรและแผนกลยุทธ์การสอน

4.1 อาจารย์ประจำวิชาทบทวนผลการการประเมินประสิทธิผลของการสอนในรายวิชาที่รับผิดชอบในระหว่างภาค โดยปรับปรุงทันทีจากข้อมูลที่ได้รับ

4.2 อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรสรุปผลการดำเนินการประจำปีเสนอหัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต

4.3 มีดำเนินการปรับปรุงหลักสูตรทุก 5 ปี ทั้งนี้เพื่อให้หลักสูตรมีความทันสมัยและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้บัณฑิต โดยพิจารณาจากสรุปผลการดำเนินงานของหลักสูตร รวมทั้งความเห็นของทรงคุณวุฒิ

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ศักยภาพอาจารย์ประจำหลักสูตร

ศักยภาพอาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565

1. ชื่อ-สกุล นายอดิศักดิ์ บุตรวงษ์

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พ.ศ. 2552

วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พ.ศ. 2547

ผลงานทางวิชาการ

1. บทความวิจัย/บทความวิชาการที่ตีพิมพ์

1.1 ระดับนานาชาติ

-

1.2 ระดับชาติ

อดิศักดิ์ บุตรวงษ์, วีระพล แก้วก่า, กวีพงษ์ หงษ์ทอง, ธวัชชัย สีลาโส และอภิชาติ ศรีชาติ.(2562). การศึกษาผลกระทบของการควบคุมอัตราการไหลของลมในระบบนิวเมติกในเครื่องเทถังเก็บน้ำนมดิบ. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม** ปีที่ 38 ฉบับที่ 5 (กันยายน - ตุลาคม 2562) หน้า 478 – 494. (ค่าคะแนน 14/0.8)

อดิศักดิ์ บุตรวงษ์, ธวัชชัย สีลาโส, กวีพงษ์ หงษ์ทอง, วีระพล แก้วก่า และอภิชาติ ศรีชาติ.(2563). การพัฒนาเครื่องเทถังเก็บน้ำนมดิบโนมัติ. **วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ** ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2563) หน้า 21 – 28. (ค่าคะแนน 10/0.6)

1.3 ตีพิมพ์ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ(Proceedings) ระดับนานาชาติ

-

1.4 ตีพิมพ์ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ(Proceedings) ระดับชาติ

-

2. **ผลงานที่ได้รับการจดสิทธิบัตร**

   -

3. **ตำรา/หนังสือ**

   -

4. **ผลงานวิชาการในลักษณะอื่น** เช่น สิ่งประดิษฐ์ หรืองานสร้างสรรค์ งานแปล

   -

5. **ผลงานทางวิชาการที่รับสังคม**

   -

รายวิชาที่สอน

ME12261	กลศาสตร์ของแข็ง
ME21311	ระบบกลศาสตร์และเครื่องจักรกล
ME21321	การออกแบบเครื่องจักรกลและเครื่องขับกำลัง
ME21331	หุ่นยนต์และการควบคุมอัตโนมัติ
ME21391	พลังงาน โรงจักรต้นกำลังและระบบทำความร้อน

2. ชื่อ-สกุล นายกวีพงษ์ หงษ์ทอง

ตำแหน่ง อาจารย์

ประวัติการศึกษา

วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	พ.ศ. 2547
วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร-เครื่องจักรกลเกษตร)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	พ.ศ. 2542

ผลงานทางวิชาการ

1. บทความวิจัย/บทความวิชาการที่ตีพิมพ์

1.1 ระดับนานาชาติ

- Aphichat Srichat, Ponthep Vengsungnle, Kaweepong Hongtong, Weeraphon Kaewka and Jarinee Jongpluempiti.(2018). Comparison of the heat for rectangular and circle salt boiling stove in Ban Dung area, Udon Thani Province. **MATEC Web of Conferences** 192,(02031) pp 1-4. (Impact factor 13/1)

- Aphichat Srichat, Ponthep Vengsungnle, Kaweepong Hongtong, Weeraphon Kaewka and Jarinee Jongpluempiti. (2 0 1 9) A Comparison of Temperature for Parabola and Sinusoidal Greenhouse Solar Dryer by CFD. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. 501 (012006) pp 1-9. (Impact factor 13/1)

1.2 ระดับชาติ

-กวีพงษ์ หงษ์ทอง และวีระพล แก้วก่า. (2561).การพัฒนาเครื่องสลัดน้ำล้างถั่วงอกด้วยการเป่าลมแบบสายพาน.**วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ** ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2561) หน้า 9 – 17. (ค่าคะแนน 10/0.6)

-อภิชาติ ศรีชาติ, วีระพล แก้วก่า และ กวีพงษ์ หงษ์ทอง.(2562). การพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์แนวนอนด้วยใบกวน 2 ชั้น. **วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ** ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม 2562) หน้า 38 – 48(ค่าคะแนน 10/0.6)

-อดิศักดิ์ บุตรวงษ์, วีระพล แก้วก่า, กวีพงษ์ หงษ์ทอง, ธวัชชัย สีลาโส, อภิชาติ ศรีชาติ.(2562). การศึกษาผลกระทบของการควบคุมอัตราการไหลของลมในระบบนิวเมติกในเครื่องเทถังเก็บน้ำนมดิบ.**วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม** ปีที่ 38 ฉบับที่ 5 กันยายน - ตุลาคม 2562 หน้า 487 – 494. (ค่าคะแนน 14/0.8)

-อดิศักดิ์ บุตรวงษ์, ธวัชชัย สีลาโส, กวีพงษ์ หงษ์ทอง, วีระพล แก้วก่า และอภิชาติ ศรีชาติ.(2563). การพัฒนาเครื่องเทถังเก็บน้ำนมดิบโนมัติ. **วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ** ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2563) หน้า 21 – 28. (ค่าคะแนน 10/0.6)

1.3 ตีพิมพ์ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ(Proceedings) ระดับนานาชาติ

-

1.4 ตีพิมพ์ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ(Proceedings) ระดับชาติ

-

2. ผลงานที่ได้รับการจดสิทธิบัตร

-

3. ตำรา/หนังสือ

-

4. ผลงานวิชาการในลักษณะอื่น เช่น สิ่งประดิษฐ์ หรืองานสร้างสรรค์ งานแปล

-

5. ผลงานทางวิชาการที่รับสังคม

-

รายวิชาที่สอน

ME12231	วัสดุวิศวกรรม
ME12271	กรรมวิธีการผลิต
ME14211	สถิติและการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม
ME12281	อาชีวะอนามัย ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม
ME21361	การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับงานวิศวกรรมเครื่องกล
ME22421	การเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

3. ชื่อ-สกุล นายวีระพล แก้วก่า

ตำแหน่ง อาจารย์

ประวัติการศึกษา

วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2553

วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร-เครื่องจักรกลเกษตร) มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2550

ผลงานทางวิชาการ

1. บทความวิจัย/บทความวิชาการที่ตีพิมพ์

1.1 ระดับนานาชาติ

Aphichat Srichat, Ponthep Vengsungnle, Kaweepongt Hongtong, Weeraphon Kaewka and Jarinee Jongpluempiti.(2018). Comparison of the heat for rectangular and circle salt boiling stove in Ban Dung area, Udon Thani Province.**MATEC Web of Conferences** 192, (02031) pp 1-4 (Impact factor 13/1)

1.2 ระดับชาติ

วีระพล แก้วก่า และอภิชาติ ศรีชาติ.(2561). การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกกลีบกระเทียมด้วยแรงดันลมแบบหมุนเวียน. **วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ** ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2561) หน้า 1 – 8. (ค่าคะแนน 10/0.6)

อดิศักดิ์ บุตรวงษ์, วีระพล แก้วก่า, กวีพงษ์ หงษ์ทอง, ธวัชชัย สีลาโส และอภิชาติ ศรีชาติ.(2562). การศึกษาผลกระทบของการควบคุมอัตราการไหลของลมในระบบนิวเมติกในเครื่องเทถังเก็บน้ำนมดิบ. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม** ปีที่ 38 ฉบับที่ 5 (กันยายน - ตุลาคม 2562) หน้า 478 – 494. (ค่าคะแนน 14/0.8)

อภิชาติ ศรีชาติ, วีระพล แก้วก่า และ กวีพงษ์ หงษ์ทอง.(2562). การพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์แนวนอนด้วยใบกวน 2 ชั้น. **วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ** ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม 2562) หน้า 38 – 48. (ค่าคะแนน 10/0.6)

อดิศักดิ์ บุตรวงษ์, ธวัชชัย สีลาโส, กวีพงษ์ หงษ์ทอง, วีระพล แก้วก่า และอภิชาติ ศรีชาติ.(2563). การพัฒนาเครื่องเทถังเก็บน้ำนมดิบโนมัติ. **วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ** ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2563) หน้า 21 – 28. (ค่าคะแนน 10/0.6)

1.3 ตีพิมพ์ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ(Proceedings) ระดับนานาชาติ

-

1.4 ตีพิมพ์ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ(Proceedings) ระดับชาติ

-

2. ผลงานที่ได้รับการจดสิทธิบัตร

-

3. ตำรา/หนังสือ

-

4. ผลงานวิชาการในลักษณะอื่น เช่น สิ่งประดิษฐ์ หรืองานสร้างสรรค์ งานแปล

-

5. ผลงานทางวิชาการที่รับสังคม

-

รายวิชาที่สอน

ME12111	การเขียนแบบวิศวกรรมเครื่องกล
ME12121	สถิตยศาสตร์และพลศาสตร์
ME12251	กลศาสตร์ของไหล
ME21411	เศรษฐศาสตร์และการจัดการงานวิศวกรรม
ME32411	การเตรียมความพร้อมสหกิจศึกษา
ME32412	สหกิจศึกษา

4. ชื่อ-สกุล นายชิตพล คงศิลา

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

วศ.ม.(วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2550

วศ.บ.(วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2546

ผลงานทางวิชาการ

1. บทความวิจัย/บทความวิชาการที่ตีพิมพ์

1.1 ระดับนานาชาติ

-

1.2 ระดับชาติ

ศิริพงษ์ ตรีรัตน์, เฉลิมชาติ เมฆเมืองทอง และ ชิตพล คงศิลา (2563). การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในก๊าซชีวภาพโดยใช้เม็ดดินเผาเคลือบด้วยสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์, **วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต**, 10, กันยายน-ธันวาคม 2563, หน้า 120–132. (ค่าคะแนน 10/0.6)

1.3 ตีพิมพ์ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ(Proceedings) ระดับนานาชาติ

-

1.4 ตีพิมพ์ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ(Proceedings) ระดับชาติ

ชิตพล คงศิลา. (2561). อิทธิพลของการผสมปุ๋ยอินทรีย์ด้วยเครื่องผสมแบบถังแกว่งต่อปริมาณธาตุอาหารหลัก. **การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 32** : วันที่ 3-6 กรกฎาคม 2561. มุกดาหาร : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.หน้า 50 – 57 (ค่าคะแนน 11/0.2)

2. ผลงานที่ได้รับการจดสิทธิบัตร

-

3. ตำรา/หนังสือ

-

4. ผลงานวิชาการในลักษณะอื่น เช่น สิ่งประดิษฐ์ หรืองานสร้างสรรค์ งานแปล

-

5. ผลงานทางวิชาการที่รับสังคม

-

รายวิชาที่สอน

ME12111	การเขียนแบบวิศวกรรมเครื่องกล
ME12241	อุณหพลศาสตร์
ME21351	การถ่ายเทความร้อน
ME21371	การออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัยที่ใช้น้ำเป็นองค์ประกอบหลัก
ME21381	การทำความเย็นและปรับอากาศ
ME42401	การออกแบบระบบทางความร้อน
ME42404	การออกแบบระบบท่อทางวิศวกรรม

5. ชื่อ-สกุล นายอภิชาติ ศรีชาติ

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2560

วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2551

วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2548

ผลงานทางวิชาการ

1. บทความวิจัย/บทความวิชาการที่ตีพิมพ์

1.1 ระดับนานาชาติ

Aphichat Srichat, Ponthep Vengsungnle, Kaweepongt Hongtong, Weeraphon Kaewka and Jarinee Jongpluempiti. (2018). Comparison of the heat for rectangular and circle salt boiling stove in Ban Dung area, Udon Thani Province. **MATEC Web of Conferences** 192, (02031) pp 1-4. (Impact factor: 13/1)

Aphichat Srichat, Ponthep Vengsungnle, Kaweepong Hongtong, Weeraphon Kaewka and Jarinee Jongpluempiti. (2019). A Comparison of Temperature for Parabola and Sinusoidal Greenhouse Solar Dryer by CFD. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. 501, (012006) pp 1-9. (Impact factor: 13/1)

S. Wiriyasart, C. Hommalee, R. Prurapark, A. Srichat and P. Naphon. (2019). Thermal efficiency enhancement of thermoelectric module system for cold-hot water dispenser; Phase II**. Case Studies in Thermal Engineering**. 15, (1005200) pp 1-8. (Impact factor: 13/1)

A. Siricharoenpanich, S. Wiriyasart, A. Srichat and P. Naphon. (2019). Thermal management system of CPU cooling with a novel short heat pipe cooling system. **Case Studies in Thermal Engineering**. 15, (100545) pp 1-8. (Impact factor: 13/1)

P. Naphon, T. Arisariyawong, S. Wiriyasart and A. Srichat. (2020). ANFIS for analysis friction factor and Nusselt number of pulsating nanofluids flow in the fluted tube under magnetic field. **Case Studies in Thermal Engineering**. 18, (100605) pp 1-13. (Impact factor: 13/1)

A. Siricharoenpanicha, S. Wiriyasart, A. Srichat and P. Naphon. (2020). Thermal cooling system with Ag/Fe3O4 nanofluids mixture as coolant for electronic devices cooling**. Case Studies in Thermal Engineering**. 20, (100641) pp 1-10. (Impact factor: 13/1)

P. Vengsungnle, J. Jongpluempit, A. Srichat, S. Wiriyasart and P. Naphon. (2020). Thermal performance of the photovoltaic–ventilated mixed mode greenhouse solar dryer with automatic closed loop control for Ganoderma drying. **Case Studies in Thermal Engineering**. 21, (100659) pp1-10. (Impact factor: 13/1)

P. Naphon, S. Wiriyasart and A. Srichat. (2021). Experimental study of the effect of the helical ribs in a spirally coiled tube on the friction reactor and the Nusselt number of a nanofluid flow in it. **Journal of Engineering Physics and Thermophysics**. Vol. 94, No. 3, pp 614 – 622. (Impact factor: 13/1)

1.2 ระดับชาติ

วีระพล แก้วก่า และอภิชาติ ศรีชาติ.(2561). การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกกลีบกระเทียมด้วยแรงดันลมแบบหมุนเวียน. **วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ ปีที่ 4 ฉบับที่ 1** (มกราคม – มิถุนายน 2561) หน้า 1 – 8. (ค่าคะแนน 10/0.6)

อดิศักดิ์ บุตรวงษ์, วีระพล แก้วก่า, กวีพงษ์ หงษ์ทอง, ธวัชชัย สีลาโส และอภิชาติ ศรีชาติ.(2562). การศึกษาผลกระทบของการควบคุมอัตราการไหลของลมในระบบนิวเมติกในเครื่องเทถังเก็บน้ำนมดิบ. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่ 38 ฉบับที่ 5** (กันยายน - ตุลาคม 2562) หน้า 478 – 494. (ค่าคะแนน 14/0.8)

อภิชาติ ศรีชาติ, วีระพล แก้วก่า และ กวีพงษ์ หงษ์ทอง.(2562). การพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์แนวนอนด้วยใบกวน 2 ชั้น. **วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ** ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม 2562) หน้า 38 – 48. (ค่าคะแนน 10/0.6)

อภิชาติ ศรีชาติ, ธวัชชัย สีลาโส, รัชดา หมอยาดี และ อภิฌาน กาญจนวาปสถิตย์. (2562). การพัฒนาเครื่องหว่านอาหารปลาแบบตั้งเวลาอัตโนมัติ 7 ระดับ. **วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ** ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม – ธันวาคม 2562) หน้า 68 – 76. (ค่าคะแนน 10/0.6)

อดิศักดิ์ บุตรวงษ์, ธวัชชัย สีลาโส, กวีพงษ์ หงษ์ทอง, วีระพล แก้วก่า และอภิชาติ ศรีชาติ.(2563). การพัฒนาเครื่องเทถังเก็บน้ำนมดิบโนมัติ. **วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ** ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2563) หน้า 21 – 28. (ค่าคะแนน 10/0.6)

1.3 ตีพิมพ์ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ(Proceedings) ระดับนานาชาติ

-

1.4 ตีพิมพ์ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ(Proceedings) ระดับชาติ

-

2. ผลงานที่ได้รับการจดสิทธิบัตร

-

3. ตำรา/หนังสือ

-

4. ผลงานวิชาการในลักษณะอื่น เช่น สิ่งประดิษฐ์ หรืองานสร้างสรรค์ งานแปล

-

5. ผลงานทางวิชาการที่รับสังคม

-

รายวิชาที่สอน

ME11111	คณิตศาสตร์วิศวกรรม 1
ME11112	คณิตศาสตร์วิศวกรรม 2
ME11213	คณิตศาสตร์วิศวกรรม 3
ME21341	การสั่นสะเทือนทางกล
ME41401	พลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์
ME41403	เทคโนโลยีวิศวกรรมการอบแห้ง
ME41405	แหล่งพลังงานทดแทน

ภาคผนวก ข
คำสั่งแต่งตั้งกรรมการพัฒนาหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล



คำสั่งคณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ที่ ๒๓๐/๒๕๖๓

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๔)

ด้วย สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล จะดำเนินโครงการพัฒนาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๔) ซึ่งเป็นหลักสูตรที่ต้องขอรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม เพื่อผลิตบัณฑิตทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล ให้มีความรู้ความสามารถ ในกระบวนการวิจัย คิดค้น ออกแบบ สร้าง วิเคราะห์และใช้เทคโนโลยีใหม่ที่ทันสมัยทางวิศวกรรม โดยมุ่งเน้นการพัฒนาบุคลากรและบัณฑิตรองรับอุตสาหกรรมและการพัฒนาประเทศ เพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของอุตสาหกรรมโดยรวมและเป็นที่ยอมรับกับผู้ใช้งานบัณฑิต

ฉะนั้น จึงอาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๖ แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. ๒๕๔๗ จึงแต่งตั้งคณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๔) รายนามดังนี้

๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อดิศักดิ์ บุตรวงษ์	ประธานกรรมการ
๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ ศรีชาติ	รองประธาน
๓. นายชิตพล คงศิลา	กรรมการ
๔. นายกวีพงษ์ หงษ์ทอง	กรรมการ
๕. นายคมสัน ตันติชูเกียรติ	กรรมการ
๖. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภกิจ รูปขันธ์	ผู้ทรงคุณวุฒิ
๗. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิต มานะธุระ	ผู้ทรงคุณวุฒิ
๘. ดร.จาริณี จงปลื้มปิติ	ผู้ทรงคุณวุฒิ
๙. ดร.ธีระพล อุปชาบาล	ผู้ทรงคุณวุฒิ
๑๐.นายวีระพล แก้วก่า	กรรมการและเลขานุการ

ทำหน้าที่ พัฒนาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๔) ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความเรียบร้อย

สั่ง ณ วันที่ ๒๗ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๓

(นายสุทธิพงศ์ เปรื่องค้า)
คณบดีคณะเทคโนโลยี

ภาคผนวก ค
ข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ว่าด้วยการศึกษาระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2561



ข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ว่าด้วย การศึกษาระดับปริญญาตรี
พ.ศ. ๒๕๖๑

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วย การศึกษาระดับปริญญาตรี เพื่อให้สามารถนำแนวทางการศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัยตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๔๒ และที่แก้ไขเพิ่มเติม มาปรับใช้กับการศึกษาระดับปริญญาตรีของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ให้รองรับสถานการณ์ความเปลี่ยนแปลงควบคู่กับการจัดการศึกษาที่มีคุณภาพ

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๘ (๒) (๓) และ (๔) ประกอบกับมาตรา ๕๗ และมาตรา ๕๘ แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. ๒๕๔๗ และโดยความเห็นชอบของสภามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ในคราวประชุม ครั้งที่ ๑๒/๒๕๖๑ เมื่อวันที่ ๒๗ ตุลาคม ๒๕๖๑ จึงออกข้อบังคับไว้ดังต่อไปนี้

หมวดที่ ๑
บททั่วไป

ข้อ ๑ ข้อบังคับนี้เรียกว่า "ข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วย การศึกษาระดับปริญญาตรี พ.ศ. ๒๕๖๑

ข้อ ๒ ข้อบังคับนี้ให้ใช้บังคับกับนักศึกษาที่เข้าศึกษาตั้งแต่ปีการศึกษา ๒๕๖๒ เป็นต้นไป

ข้อ ๓ ภายใต้บังคับข้อ ๓๕ ให้ยกเลิกข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วย การศึกษาระดับปริญญาตรี พ.ศ. ๒๕๕๙

ข้อ ๔ ในข้อบังคับนี้

"มหาวิทยาลัย" หมายถึง มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

"สภามหาวิทยาลัย" หมายถึง สภามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

"สภาวิชาการ" หมายถึง สภาวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

"อธิการบดี" หมายถึง อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

"คณะ" หมายถึง หน่วยงานภายในมหาวิทยาลัยที่มีการแบ่งส่วนราชการเป็นคณะ หรือหน่วยงานที่เรียกชื่ออย่างอื่นที่มีฐานะเทียบเท่าคณะ ตามกฎกระทรวงจัดตั้งส่วนราชการในมหาวิทยาลัย ประกาศกระทรวง เรื่อง การแบ่งส่วนราชการในมหาวิทยาลัย และประกาศของสภามหาวิทยาลัยตามพระราชบัญญัติการบริหารส่วนงานภายในของสถาบันอุดมศึกษา พ.ศ. ๒๕๕๐ ที่มีการจัดการเรียนการสอน

"คณบดี" หมายถึง คณบดีในสังกัดมหาวิทยาลัย และให้หมายความรวมถึงหัวหน้าหน่วยงานอื่นที่มีฐานะเทียบเท่าคณะที่มีการจัดการเรียนการสอน

"คณะกรรมการประจำคณะ" หมายถึง คณะกรรมการตามมาตรา ๔๑ วรรคสอง แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. ๒๕๔๗ และให้หมายความรวมถึงคณะกรรมการประจำในหน่วยงานที่เรียกชื่ออย่างอื่นที่ดำเนินการจัดการเรียนการสอน และมีฐานะเทียบเท่าคณะ

"สถาบันอุดมศึกษาอื่น" หมายถึง สถาบันอุดมศึกษาอื่นทั้งในและต่างประเทศที่สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษารับรองมาตรฐานการศึกษา

"สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน" หมายความว่า สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

"นักศึกษา" หมายถึง นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

"หัวหน้าสาขาวิชา" หมายถึง หัวหน้าสาขาวิชาของคณะในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

"การศึกษาในระบบ" หมายถึง การศึกษาที่กำหนดจุดมุ่งหมาย วิธีการศึกษา หลักสูตร ระยะเวลาของการศึกษา การวัดและประเมินผล ซึ่งเป็นเงื่อนไขของการสำเร็จการศึกษาที่แน่นอน

"การศึกษานอกระบบ" หมายถึง การศึกษาที่มีความยืดหยุ่นในการกำหนดจุดมุ่งหมาย รูปแบบ วิธีการจัดการศึกษา ระยะเวลาของการศึกษา การวัดและประเมินผล ซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญของการสำเร็จการศึกษา โดยเนื้อหาและหลักสูตรจะต้องมีความเหมาะสมสอดคล้องกับสภาพปัญหาและความต้องการของบุคคลแต่ละกลุ่ม

"การศึกษาตามอัธยาศัย" หมายถึง การศึกษาที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองตามความสนใจ ศักยภาพ ความพร้อม และโอกาส โดยศึกษาจากบุคคล ประสบการณ์ สังคม สภาพแวดล้อม สื่อ หรือแหล่งความรู้อื่นๆ

"การขึ้นทะเบียนนักศึกษา" หมายถึง การที่มหาวิทยาลัยให้สภาพการเป็นนักศึกษาแก่ผู้ที่มหาวิทยาลัยรับเข้าศึกษา และชำระค่าธรรมเนียม ตามประกาศมหาวิทยาลัย

ข้อ ๕ ให้อธิการบดีเป็นผู้รักษาการตามข้อบังคับนี้ มีอำนาจออกระเบียบ ประกาศ หรือ คำสั่ง เพื่อประโยชน์ในการปฏิบัติตามข้อบังคับนี้

ในกรณีมีปัญหาในการปฏิบัติตามข้อบังคับ หรือในกรณีไม่อาจปฏิบัติตามข้อกำหนดในข้อบังคับนี้ ให้อธิการบดีมีอำนาจวินิจฉัยชี้ขาด และให้ถือเป็นที่สุด

หมวด ๒
ระบบการศึกษา

ข้อ ๖ มหาวิทยาลัยอาจจัดการศึกษารูปแบบการศึกษาในระบบ การศึกษานอกระบบ หรือการศึกษาตามอัธยาศัย ในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งหรือทั้งสามรูปแบบก็ได้ โดยจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๔๒ และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๔๕ (ฉบับที่ ๓) พ.ศ. ๒๕๕๓ และประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง เกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี พ.ศ. ๒๕๕๘ ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง มาตรฐานการอุดมศึกษา พ.ศ. ๒๕๖๑

รูปแบบ การรับบุคคลเข้าศึกษา วิธีการจัดการศึกษา ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา วิธีการวัดผลประเมินผล การสำเร็จการศึกษาตามแนวทางของการศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัยที่จะนำมาใช้กับการจัดการศึกษาของมหาวิทยาลัย ให้เป็นไปตามที่มหาวิทยาลัยประกาศกำหนด โดยความเห็นชอบของสภามหาวิทยาลัย

ข้อ ๗ การจัดการศึกษา จัดเป็นระบบทวิภาค โดย ๑ ปีการศึกษา แบ่งออกเป็น ๒ ภาคการศึกษาปกติ แต่ละภาคการศึกษาปกติ มีระยะเวลาการศึกษาไม่น้อยกว่า ๑๕ สัปดาห์ มหาวิทยาลัยอาจจัดการศึกษาภาคฤดูร้อนได้ตามความจำเป็นของแต่ละหลักสูตร โดยมีเวลาไม่น้อยกว่า ๘ สัปดาห์ ทั้งนี้ การกำหนดระยะเวลาและจำนวนหน่วยกิต ให้มีสัดส่วนเทียบเคียงได้กับภาคการศึกษาปกติ

มหาวิทยาลัยอาจจัดการศึกษาเป็นระบบอื่นได้ และให้แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับระบบการศึกษานั้น รวมทั้งรายละเอียดการเทียบเคียงหน่วยกิตกับระบบทวิภาคไว้ในหลักสูตรให้ชัดเจนด้วย

ข้อ ๘ การคิดหน่วยกิต ในระบบทวิภาค

๘.๑ รายวิชาภาคทฤษฎี ที่ใช้เวลาบรรยายหรืออภิปรายปัญหาไม่น้อยกว่า ๑๕ ชั่วโมงต่อภาคการศึกษาปกติ ให้มีค่าเท่ากับ ๑ หน่วยกิต

๘.๒ รายวิชาภาคปฏิบัติ ที่ใช้เวลาฝึกหรือทดลองไม่น้อยกว่า ๓๐ ชั่วโมงต่อภาคการศึกษาปกติ ให้มีค่าเท่ากับ ๑ หน่วยกิต

๘.๓ การฝึกประสบการณ์วิชาชีพหรือฝึกภาคสนาม ที่ใช้เวลาฝึกไม่น้อยกว่า ๔๕ ชั่วโมงต่อภาคการศึกษาปกติ ให้มีค่าเท่ากับ ๑ หน่วยกิต

๘.๔ การทำโครงการหรือกิจกรรมการเรียนอื่นใดตามที่ได้รับมอบหมาย ที่ใช้เวลาทำโครงการหรือกิจกรรมนั้น ๆ ไม่น้อยกว่า ๔๕ ชั่วโมงต่อภาคการศึกษาปกติ ให้มีค่าเท่ากับ ๑ หน่วยกิต

ในกรณีที่มหาวิทยาลัยใช้วิธีการจัดภาคการศึกษาในระบบอื่น การคิดหน่วยกิต ให้แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับระบบการศึกษานั้น รวมทั้งรายละเอียดการเทียบเคียงหน่วยกิตกับระบบทวิภาคไว้ในหลักสูตรให้ชัดเจนด้วย

หมวด ๓
หลักสูตร

ข้อ ๙ หลักสูตรที่เปิดสอนในระดับปริญญาตรี ต้องเป็นหลักสูตรที่ทันสมัย สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ แผนปฏิรูปประเทศ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ แผนการศึกษาแห่งชาติ แผนการศึกษาระดับอุดมศึกษา ปรัชญาของการอุดมศึกษา ปรัชญาของมหาวิทยาลัย และมาตรฐานการอุดมศึกษาและวิชาชีพ ตามที่สภามหาวิทยาลัยเห็นสมควรกำหนด ทั้งนี้ ให้เป็นไปตามประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง เกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี พ.ศ. ๒๕๕๘ และที่จะมีการแก้ไขเพิ่มเติม

ข้อ ๑๐ หลักสูตรระดับปริญญาตรี แบ่งออกเป็น ๒ กลุ่ม ดังนี้

๑๐.๑ หลักสูตรปริญญาตรีทางวิชาการ แบ่งเป็น ๒ แบบ ได้แก่

๑๐.๑.๑ หลักสูตรปริญญาตรีทางวิชาการ ที่มุ่งผลิตบัณฑิตให้มีความรอบรู้ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ เน้นความรู้และทักษะด้านวิชาการ สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้อย่างสร้างสรรค์

๑๐.๑.๒ หลักสูตรปริญญาตรีแบบก้าวหน้าทางวิชาการ ซึ่งเป็นหลักสูตรปริญญาตรีสำหรับผู้เรียนที่มีความสามารถพิเศษ มุ่งเน้นผลิตบัณฑิตที่มีความรู้ ความสามารถระดับสูงโดยใช้หลักสูตรปกติที่เปิดสอนอยู่แล้ว ให้รองรับศักยภาพของผู้เรียน โดยกำหนดให้ผู้เรียนได้ศึกษาบางรายวิชาในระดับบัณฑิตศึกษาที่เปิดสอนอยู่แล้ว และสนับสนุนให้ผู้เรียนได้ทำวิจัยที่ลุ่มลึกทางวิชาการ

๑๐.๒ หลักสูตรปริญญาตรีทางวิชาชีพหรือปฏิบัติการแบ่งเป็น ๒ แบบ ได้แก่

๑๐.๒.๑ หลักสูตรปริญญาตรีทางวิชาชีพหรือปฏิบัติการ ที่มุ่งผลิตบัณฑิตให้มีความรอบรู้ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ เน้นความรู้ สมรรถนะและทักษะด้านวิชาชีพตามข้อกำหนดของมาตรฐานวิชาชีพหรือสมรรถนะและทักษะด้านการปฏิบัติเชิงเทคนิคในศาสตร์สาขาวิชานั้น ๆ โดยผ่านการฝึกงานในสถานประกอบการ หรือสหกิจศึกษา

หลักสูตรปริญญาตรีทางวิชาชีพหรือปฏิบัติการเท่านั้นที่จัดหลักสูตรปริญญาตรี (ต่อเนื่อง) ได้ เพราะมุ่งผลิตบัณฑิตที่มีทักษะการปฏิบัติการอยู่แล้ว ให้มีความรู้ทางวิชาการมากยิ่งขึ้น รวมทั้งได้รับการฝึกปฏิบัติขั้นสูงเพิ่มเติม

หลักสูตรปริญญาตรี (ต่อเนื่อง) ถือเป็นส่วนหนึ่งของปริญญาตรี และจะต้องสะท้อนปรัชญาและเนื้อหาสาระของหลักสูตรปริญญาตรีนั้นๆ โดยครบถ้วน และให้ระบุคำว่า “ต่อเนื่อง” ในวงเล็บท้ายชื่อหลักสูตร

๑๐.๒.๒ หลักสูตรปริญญาตรีแบบก้าวหน้าทางวิชาชีพหรือปฏิบัติการ ซึ่งเป็นหลักสูตรสำหรับผู้เรียนที่มีความสามารถพิเศษ มุ่งเน้นผลิตบัณฑิตที่มีความรู้ สมรรถนะทางวิชาชีพหรือปฏิบัติการขั้นสูง โดยใช้หลักสูตรปกติที่เปิดสอนอยู่แล้ว ให้รองรับศักยภาพของผู้เรียน โดยกำหนดให้ผู้เรียนได้ศึกษาบางรายวิชาในระดับบัณฑิตศึกษาที่เปิดสอนอยู่แล้ว และทำวิจัยที่ลุ่มลึกหรือได้รับการฝึกปฏิบัติขั้นสูงในหน่วยงาน องค์กรหรือสถานประกอบการ

หลักสูตรปริญญาตรีแบบก้าวหน้าทางวิชาการหรือทางวิชาชีพหรือปฏิบัติการต้องมีการเรียนรายวิชาระดับบัณฑิตศึกษาไม่น้อยกว่า ๑๒ หน่วยกิต

ในกรณีที่แผนพัฒนาการศึกษาระดับอุดมศึกษาของชาติ ความต้องการในการพัฒนากำลังคนมีความเปลี่ยนแปลง สภามหาวิทยาลัยอาจกำหนดให้มีการจัดการศึกษาโดยมีปรัชญาและวัตถุประสงค์ของหลักสูตรที่แตกต่างจากที่กำหนดไว้

ข้อ ๑๑ การจัดหลักสูตร

๑๑.๑ หลักสูตรปริญญาตรี (๔ ปี) ให้มีจำนวนหน่วยกิตรวมไม่น้อยกว่า ๑๒๐ หน่วยกิต และไม่เกิน ๑๕๐ หน่วยกิต ใช้เวลาศึกษาไม่น้อยกว่า ๖ ภาคการศึกษาปกติ และไม่เกิน ๘ ปีการศึกษา สำหรับการลงทะเบียนเรียนเต็มเวลา และไม่น้อยกว่า ๑๔ ภาคการศึกษาปกติ และไม่เกิน ๑๒ ปีการศึกษา สำหรับการลงทะเบียนไม่เต็มเวลา

๑๑.๒ หลักสูตรปริญญาตรี (๕ ปี) ให้มีจำนวนหน่วยกิตรวมไม่น้อยกว่า ๑๕๐ หน่วยกิต และไม่เกิน ๑๘๘ หน่วยกิต ใช้เวลาศึกษาไม่น้อยกว่า ๘ ภาคการศึกษาปกติ และไม่เกิน ๑๐ ปีการศึกษา สำหรับการลงทะเบียนเรียนเต็มเวลา และไม่น้อยกว่า ๑๗ ภาคการศึกษาปกติ และไม่เกิน ๑๕ ปีการศึกษา สำหรับการลงทะเบียนเรียนไม่เต็มเวลา

๑๑.๓ หลักสูตรปริญญาตรี (ไม่น้อยกว่า ๖ ปี) ให้มีจำนวนหน่วยกิตรวมไม่น้อยกว่า ๑๘๐ หน่วยกิต และไม่เกิน ๒๒๕ หน่วยกิต ใช้เวลาศึกษาไม่น้อยกว่า ๑๐ ภาคการศึกษาปกติ และไม่เกิน ๑๒ ปีการศึกษา สำหรับการลงทะเบียนเรียนเต็มเวลา และไม่น้อยกว่า ๒๐ ภาคการศึกษาปกติ และไม่เกิน ๑๘ ปีการศึกษา สำหรับการลงทะเบียนเรียนไม่เต็มเวลา

๑๑.๔ หลักสูตรปริญญาตรี (ต่อเนื่อง) ให้มีจำนวนหน่วยกิตรวมไม่น้อยกว่า ๗๒ หน่วยกิต และไม่เกิน ๙๐ หน่วยกิต ใช้เวลาศึกษาไม่น้อยกว่า ๔ ภาคการศึกษาปกติ และไม่เกิน ๔ ปีการศึกษา สำหรับการลงทะเบียนเรียนเต็มเวลา และไม่น้อยกว่า ๘ ภาคการศึกษาปกติ และไม่เกิน ๖ ปีการศึกษา สำหรับการลงทะเบียนเรียนไม่เต็มเวลา

ทั้งนี้ ให้นับเวลาศึกษาจากวันที่เปิดภาคการศึกษาแรกที่รับเข้าศึกษาในหลักสูตรนั้น

ข้อ ๑๒ โครงสร้างหลักสูตรประกอบด้วยหมวดวิชาศึกษาทั่วไป หมวดวิชาเฉพาะ และหมวดวิชาเลือกเสรี โดยสัดส่วนหน่วยกิตแต่ละหมวดวิชา ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในรายละเอียดของหลักสูตรนั้น ๆ และสอดคล้องกับประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง เกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี พ.ศ. ๒๕๕๘ และที่จะแก้ไขเพิ่มเติม

ข้อ ๑๓ การประกันคุณภาพของหลักสูตรทุกหลักสูตรต้องกำหนดระบบประกันคุณภาพของหลักสูตรตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์ตามประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง เกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี พ.ศ. ๒๕๕๘ และที่จะแก้ไขเพิ่มเติม ประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง มาตรฐานการอุดมศึกษา พ.ศ. ๒๕๖๑ และแนวปฏิบัติเกี่ยวกับการประกันคุณภาพภายในระดับอุดมศึกษาของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

หมวด ๔
จำนวน คุณวุฒิและคุณสมบัติของอาจารย์

ข้อ ๑๔ จำนวน คุณวุฒิและคุณสมบัติของอาจารย์ประจำหลักสูตร อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร อาจารย์ผู้สอน และอาจารย์พิเศษ ให้เป็นไปตามประกาศของมหาวิทยาลัย ซึ่งจะต้องมีมาตรฐานไม่ต่ำกว่าที่กำหนดในประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง เกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี

หมวด ๕
การเข้าศึกษา

ข้อ ๑๕ ผู้มีสิทธิสมัครเข้าศึกษา ต้องมีคุณสมบัติดังนี้

๑๕.๑ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่า หรือสำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงหรือเทียบเท่า หรือระดับอนุปริญญา หรือเทียบเท่า ทั้งนี้ ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในหลักสูตรนั้น ๆ

๑๕.๒ เป็นผู้มีความประพฤติดี

๑๕.๓ ไม่เป็นโรคที่จะเป็นอุปสรรคต่อการศึกษา

๑๕.๔ ไม่เป็นบุคคลวิกลจริต

๑๕.๕ มีคุณสมบัติอื่นครบถ้วน ตามที่มหาวิทยาลัยอนุมัติให้เป็นกรณีพิเศษ

ข้อ ๑๖ การรับเข้าศึกษา

มหาวิทยาลัยจะรับสมัครผู้เข้าศึกษาปีละครั้งหรือหลายครั้ง ทั้งนี้ ให้เป็นไปตามประกาศของมหาวิทยาลัย

กำหนดการและวิธีการรับเข้าเป็นนักศึกษา ให้เป็นไปตามประกาศของมหาวิทยาลัย

สำหรับผู้ที่มหาวิทยาลัยอนุมัติให้เข้าศึกษาเป็นกรณีพิเศษ มหาวิทยาลัยจะกำหนดให้ยกเว้นวิธีการที่กำหนดไว้ก็ได้

ข้อ ๑๗ การขึ้นทะเบียนเป็นนักศึกษา

นักศึกษา จะมีสถานภาพเป็นนักศึกษา เมื่อได้ขึ้นทะเบียนนักศึกษาเรียบร้อยแล้ว ตามประกาศของมหาวิทยาลัย

ข้อ ๑๘ สถานภาพการเป็นนักศึกษาสิ้นสุดด้วยเหตุดังต่อไปนี้

๑๘.๑ ขาดคุณสมบัติตามข้อ ๑๕

๑๘.๒ ตาย

๑๘.๓ ลาออก

๑๘.๔ ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมไม่เป็นไปตามเกณฑ์ของมหาวิทยาลัย ซึ่งมหาวิทยาลัยจะกระทำทุกสิ้นภาคการศึกษาที่ ๒ ในแต่ละปีการศึกษา เว้นแต่ในกรณีลงทะเบียนเรียนภาคฤดูร้อน จะประเมินหลังจากสิ้นสุดภาคฤดูร้อน โดยนักศึกษาที่ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมต่ำกว่า ๑.๕๐ เมื่อสิ้นภาคการศึกษาที่ ๒ หรือได้ระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมต่ำกว่า ๑.๖๐ เมื่อสิ้นภาคการศึกษาที่ ๔ หรือได้ระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมต่ำกว่า ๑.๗๐ เมื่อสิ้นภาคเรียนที่ ๖ หรือได้ระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมต่ำกว่า ๑.๘๐ เมื่อสิ้นภาคเรียนที่ ๘

กรณีนักศึกษาหลักสูตรระดับปริญญาตรี ๕ ปี และระดับปริญญาตรี ๖ ปี การพ้นสภาพนักศึกษาให้เป็นไปตามวรรคแรก และได้ระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมต่ำกว่า ๑.๘๐ เมื่อสิ้นภาคการศึกษาที่ ๑๐ และภาคการศึกษาที่ ๑๒ ตามลำดับ

๑๘.๕ ไม่สำเร็จการศึกษาตามหลักสูตรภายในระยะเวลาที่กำหนดตามข้อ ๑๑

๑๘.๖ กระทำการทุจริต หรือมีความประพฤติอันเป็นการเสื่อมเสียแก่มหาวิทยาลัย และมหาวิทยาลัยเห็นสมควรให้พ้นสถานภาพนักศึกษาตามข้อบังคับของมหาวิทยาลัย ว่าด้วย วินัยนักศึกษา

๑๘.๗ ต้องโทษโดยคำพิพากษาถึงที่สุดให้จำคุก เว้นแต่ความผิดที่เป็นลหุโทษ หรือความผิดอันได้กระทำโดยประมาท

ข้อ ๑๙ การคืนสถานภาพนักศึกษา

นักศึกษาที่พ้นสถานภาพนักศึกษาตามข้อ ๑๘.๓ และข้อ ๑๘.๗ อาจขอคืนสถานภาพนักศึกษาได้ ทั้งนี้ต้องได้รับอนุมัติจากอธิการบดี และต้องชำระค่าธรรมเนียมการคืนสถานภาพนักศึกษา

หมวด ๖
การลงทะเบียนเรียน

ข้อ ๒๐ การลงทะเบียนเรียน

กำหนดการ ขั้นตอน และวิธีการลงทะเบียนรายวิชาเรียน ความสมบูรณ์ของการลงทะเบียน ให้เป็นไปตามประกาศของมหาวิทยาลัย

ข้อ ๒๑ จำนวนหน่วยกิตแต่ละภาคการศึกษา

ให้มหาวิทยาลัยประกาศกำหนดการลงทะเบียนเรียนรายวิชาแต่ละภาคการศึกษา ให้เป็นไปตามความพร้อม และความสนใจของผู้เรียน โดยให้สอดคล้องกับประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง เกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี พ.ศ. ๒๕๕๘ และที่จะแก้ไขเพิ่มเติม ว่าด้วยการลงทะเบียนเรียน

หากมหาวิทยาลัยมีเหตุผลและความจำเป็น หรือมีข้อตกลงเฉพาะในการจัดการศึกษาร่วมกับหน่วยงานอื่นหรือสถาบันอุดมศึกษาอื่น อธิการบดีอาจอนุมัติให้ลงทะเบียนเรียนที่มีจำนวนหน่วยกิตแตกต่างไปจากที่กำหนดไว้ข้างต้นได้ แต่ต้องไม่กระทบต่อมาตรฐานและคุณภาพการศึกษา ทั้งนี้ ต้องเรียนให้ครบตามจำนวนหน่วยกิตตามที่ระบุไว้ในหลักสูตร

หมวด ๗
การโอนย้ายนักศึกษา

ข้อ ๒๒ การเปลี่ยนสาขาวิชาในคณะเดียวกัน

๒๒.๑ นักศึกษาที่จะเปลี่ยนสาขาวิชา จะต้องมีเวลาศึกษาอยู่ในสาขาวิชาเดิมมาแล้วไม่น้อยกว่า ๑ ภาคการศึกษา

๒๒.๒ การเปลี่ยนสาขาวิชาจะกระทำได้ก็ต่อเมื่อได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษา หัวหน้าสาขาวิชาเดิม หัวหน้าสาขาวิชาที่นักศึกษาขอย้ายเข้า และได้รับอนุมัติจากคณบดี แล้วแจ้งสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียนทราบ

๒๒.๓ ระยะเวลาการศึกษาของนักศึกษาที่ย้ายสาขาวิชา ให้นับตั้งแต่เริ่มเข้าศึกษาในสาขาวิชาเดิม

๒๒.๔ นักศึกษาที่ได้รับอนุมัติให้ย้ายสาขาวิชา จะต้องชำระค่าธรรมเนียมตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด

๒๒.๕ ให้คำนวณระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมจากรายวิชาทั้งหมดที่ได้รับอนุมัติให้โอนมาจากสาขาวิชาเดิม รวมกับรายวิชาที่เรียนในสาขาวิชาที่รับเข้าด้วย

ข้อ ๒๓ การย้ายคณะ

๒๓.๑ นักศึกษาที่จะขอย้ายคณะ ต้องได้เรียนตามหลักสูตรในคณะเดิมมาแล้วไม่น้อยกว่า ๑ ปีการศึกษา และมีหน่วยกิตสะสมไม่น้อยกว่า ๓๐ หน่วยกิต และมีคุณสมบัติอื่นตามที่คณะที่นักศึกษาขอย้ายเข้ากำหนด

๒๓.๒ นักศึกษาที่ประสงค์จะย้ายคณะ จะต้องยื่นเอกสารต่าง ๆ ตามที่มหาวิทยาลัยกำหนดต่อสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน ภายใน ๑ สัปดาห์ นับจากวันเปิดภาคการศึกษา

๒๓.๓ การย้ายคณะจะกระทำได้เมื่อได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษา หัวหน้าสาขาวิชาเดิม คณบดีเดิม หัวหน้าสาขาวิชาที่นักศึกษาขอย้ายเข้า และได้รับอนุมัติจากคณบดีคณะที่นักศึกษาขอย้ายเข้าศึกษา แล้วแจ้งสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียนทราบ

๒๓.๔ นักศึกษาที่ย้ายคณะจะต้องมีเวลาศึกษาอยู่ในคณะที่ตนย้ายเข้าอย่างน้อย ๒ ปีการศึกษาก่อนสำเร็จการศึกษา

๒๓.๕ ระยะเวลาการศึกษา ให้นับตั้งแต่เข้าศึกษาในคณะเดิม

๒๓.๖ นักศึกษาที่ได้รับอนุมัติให้ย้ายคณะ จะต้องชำระค่าธรรมเนียมตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด

๒๓.๗ การโอนผลการเรียนและจำนวนรายวิชาที่จะโอนต้องได้รับอนุมัติจากคณบดีที่นักศึกษาย้ายเข้า

๒๓.๘ นักศึกษาที่ย้ายคณะให้คำนวณระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมจากรายวิชาทั้งหมดที่ได้รับอนุมัติให้โอนมาจากคณะเดิมรวมกับรายวิชาที่เรียนในคณะที่รับเข้าศึกษาด้วย

ข้อ ๒๔ การรับโอนนักศึกษา

มหาวิทยาลัยอาจพิจารณารับโอนนิสิตหรือนักศึกษาจากสถาบันอุดมศึกษาอื่น ที่สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษารับรอง และกำลังศึกษาในหลักสูตรที่มีระดับและมาตรฐานเทียบเคียงกับหลักสูตรของมหาวิทยาลัย โดยที่การพิจารณารับโอนให้อยู่ในดุลพินิจของอธิการบดี

ทั้งนี้ การเปลี่ยนสาขาวิชา และการรับโอนนักศึกษา ต้องคำนึงถึงมาตรฐานวิชาการ มาตรฐานวิชาชีพและคุณภาพการศึกษา

ข้อ ๒๕ การลาพักการศึกษา

๒๕.๑ นักศึกษาอาจยื่นคำร้องลาพักการศึกษาได้ในกรณีใดกรณีหนึ่ง ดังต่อไปนี้

๒๕.๑.๑ ถูกเกณฑ์ หรือระดมพลเข้ารับราชการทหารกองประจำการ

๒๕.๑.๒ ได้รับทุนแลกเปลี่ยนนักศึกษาระหว่างประเทศ หรือทุนอื่นใดที่มหาวิทยาลัยเห็นสมควรสนับสนุน

๒๕.๑.๓ ประสบอุบัติเหตุ ภยันตราย หรือเจ็บป่วยจนต้องพักรักษาตัวเป็นเวลานาน ตามคำสั่งแพทย์ โดยมีใบรับรองแพทย์จากสถานพยาบาลที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด

๒๕.๑.๔ เมื่อนักศึกษามีความจำเป็นส่วนตัว อาจยื่นคำร้องขอลาพักการศึกษาได้

๒๕.๒ การลาพักการศึกษาให้คณบดีเป็นผู้พิจารณาอนุมัติ และให้แจ้งสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน

๒๕.๓ นักศึกษาที่ลาพักการศึกษา ต้องลงทะเบียนเพื่อรักษาสภาพนักศึกษาและชำระเงินค่าธรรมเนียมรักษาสภาพนักศึกษา ทั้งนี้ ให้เป็นไปตามประกาศที่มหาวิทยาลัยกำหนด

๘

หมวด ๘
การโอนและการเทียบโอนผลการเรียน

ข้อ ๒๖ การโอนและการเทียบโอนผลการเรียน

หลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขในการโอนและการเทียบโอนผลการเรียน ให้เป็นไปตามระเบียบมหาวิทยาลัย ว่าด้วย การโอนผลการเรียน การเทียบโอนผลการเรียน และการเทียบโอนความรู้ ทักษะและประสบการณ์ตามหลักสูตรของมหาวิทยาลัย

ข้อ ๒๗ การเทียบโอนความรู้ ทักษะ และประสบการณ์

การขอเทียบโอนความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ จากการศึกษานอกระบบ และหรือการศึกษาตามอัธยาศัย ของนักศึกษาเพื่อนับหน่วยกิตเทียบเท่ารายวิชาตามหลักสูตรการศึกษาในมหาวิทยาลัย ให้อยู่ในดุลพินิจของคณะกรรมการบริหารหลักสูตร ทั้งนี้ ให้เป็นไปตามระเบียบมหาวิทยาลัย ว่าด้วย การโอนผลการเรียน การเทียบโอนผลการเรียน และการเทียบโอนความรู้ ทักษะและประสบการณ์ตามหลักสูตรของมหาวิทยาลัย

หมวด ๙
การวัดและประเมินผลการศึกษา

ข้อ ๒๘ ระเบียบการสอบ

๒๘.๑ การกำหนดจำนวนครั้งและวิธีการสอบให้อยู่ในดุลยพินิจของอาจารย์ประจำวิชา

๒๘.๒ ระเบียบการสอบให้เป็นไปตามประกาศของมหาวิทยาลัย

ข้อ ๒๙ การวัดผลการศึกษา

การวัดผลการศึกษาแต่ละรายวิชาที่ศึกษาในภาคการศึกษานั้น ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในรายละเอียดของรายวิชา

ข้อ ๓๐ การประเมินผลการศึกษา

๓๐.๑ กำหนดระบบระดับคะแนนตัวอักษร ความหมาย และระดับคะแนน ดังนี้

ระดับคะแนนตัวอักษร	ความหมาย	ระดับคะแนน
A	ดีเยี่ยม (Excellent)	๔.๐๐
B+	ดีมาก (Very Good)	๓.๕๐
B	ดี (Good)	๓.๐๐
C+	ค่อนข้างดี (Fairly Good)	๒.๕๐
C	พอใช้ (Fair)	๒.๐๐
D+	อ่อน (Poor)	๑.๕๐
D	อ่อนมาก (Very Poor)	๑.๐๐
F	ตก (Failed)	๐.๐๐

๓๐.๑.๑ ถ้านักศึกษาได้ระดับคะแนนตัวอักษรในรายวิชาใดเป็น F ต้องลงทะเบียนเรียนซ้ำจนกว่าจะสอบได้ ยกเว้นรายวิชาเลือกสามารถลงทะเบียนและเรียนรายวิชาอื่นที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันแทนได้

๓๐.๑.๒ การประเมินรายวิชาเตรียมฝึกประสบการณ์วิชาชีพ รายวิชาการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และสหกิจศึกษา ถ้านักศึกษาได้ระดับคะแนนตัวอักษรต่ำกว่า C นักศึกษาจะต้องลงทะเบียนเรียนซ้ำจนกว่าได้ระดับคะแนนตัวอักษร มากกว่าหรือเท่ากับ C

๓๐.๒ การประเมินรายวิชาที่หลักสูตรบังคับให้เรียนเพิ่มเติมตามข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละหลักสูตรและรายวิชา ที่มหาวิทยาลัยกำหนดให้เรียนเพิ่มเติม ที่ไม่สามารถประเมินผลเป็นค่าระดับคะแนนตัวอักษรได้ ให้ประเมินผลโดยใช้สัญลักษณ์ ดังนี้

ตัวอักษร	ความหมาย
S	ผลการประเมินผ่านเกณฑ์ (Satisfactory)
U	ผลการประเมินไม่ผ่านเกณฑ์ (Unsatisfactory)
I	ผลการประเมินยังไม่สมบูรณ์ (Incomplete)
W	การถอนรายวิชาเรียนโดยได้รับอนุมัติ (Withdrawn)
AU	การเรียนรายวิชาที่ไม่นับหน่วยกิต (Audit)
R	การลงทะเบียนเรียนซ้ำหรือเรียนแทน (Repeated or Replaced)
NA	ไม่มีผลการประเมิน (Not available)

รายวิชาที่ได้ผลประเมินเป็นตัวอักษร U นักศึกษาจะต้องลงทะเบียนเรียนซ้ำจนกว่าจะได้ผลประเมินเป็นตัวอักษร S

๓๐.๓ การให้ผลการประเมินเป็นตัวอักษร I ในรายวิชาใดจะกระทำได้ในกรณีต่อไปนี้

๓๐.๓.๑ นักศึกษาขาดสอบปลายภาคเนื่องจากป่วยหรือเหตุสุดวิสัย

๓๐.๓.๒ อาจารย์ผู้สอน หรือคณบดีเห็นสมควรให้รอผลการเรียน เพราะนักศึกษายังปฏิบัติงานซึ่งเป็นส่วนประกอบการศึกษารายวิชานั้นไม่สมบูรณ์

๓๐.๔ นักศึกษาที่ได้ผลการประเมินเป็นตัวอักษร I จะต้องดำเนินการขอรับการประเมินผลเพื่อเปลี่ยนผลการประเมินเป็นระดับคะแนนตัวอักษรอื่นให้เสร็จสิ้นภายในภาคการศึกษาถัดไป หากพ้นกำหนดดังกล่าวให้อาจารย์ผู้สอนพิจารณาประเมินผลจากคะแนนที่มีอยู่แล้ว และหากอาจารย์ผู้สอนไม่ส่งผลการประเมินใหม่ภายในภาคการศึกษาถัดไป ให้นายทะเบียนของมหาวิทยาลัยเปลี่ยนเป็นตัวอักษร F หรือ U แล้วแต่กรณี เว้นแต่อธิการบดีอนุมัติให้ขยายเวลา

๓๐.๕ การให้ผลการประเมินเป็นตัวอักษร S หรือ U ใช้สำหรับประเมินรายวิชาเรียนที่ไม่นำหน่วยกิตมาคำนวณระดับคะแนนเฉลี่ยสะสม

๓๐.๖ การให้ W ในรายวิชาใดจะกระทำได้ในกรณีต่อไปนี้

๓๐.๖.๑ นักศึกษาได้รับอนุมัติให้ถอนรายวิชาเรียน

๓๐.๖.๒ นักศึกษาได้รับอนุมัติให้ลาพักการศึกษา

๓๐.๖.๓ นักศึกษาได้รับอนุมัติจากคณบดี ให้เปลี่ยนจาก I ที่นักศึกษาได้รับตามข้อ ๓๐.๓.๑ และครบกำหนดเวลาการเปลี่ยน I แล้ว แต่การป่วยหรือเหตุสุดวิสัยยังไม่สิ้นสุด โดยมีหลักฐานที่เชื่อถือได้

๓๐.๗ การให้ผลการประเมินเป็นตัวอักษร AU ใช้สำหรับกรณีที่นักศึกษาลงทะเบียนเรียน โดยไม่นับหน่วยกิต และเรียนครบตามเกณฑ์การประเมินของรายวิชา

๓๐.๘ การให้ผลการประเมินเป็นตัวอักษร NA ใช้สำหรับกรณีที่นักศึกษาลงทะเบียนเรียนแต่ไม่มีผลการเรียน โดยไม่นำหน่วยกิตมาคำนวณระดับคะแนนเฉลี่ยสะสม

๓๐.๙ การนับจำนวนหน่วยกิต

๓๐.๙.๑ การนับจำนวนหน่วยกิต เพื่อใช้ในการคำนวณหาระดับคะแนนเฉลี่ย ให้นับจากทุกรายวิชาที่มีระบบการให้คะแนนแบบระดับคะแนน ในกรณีนักศึกษาลงทะเบียนเรียนซ้ำหรือเรียนแทนในรายวิชาใด ให้นำจำนวนหน่วยกิตและระดับคะแนนที่ได้ไปใช้ในการคำนวณหาระดับคะแนนเฉลี่ย

๓๐.๙.๒ การนับจำนวนหน่วยกิตสะสมของนักศึกษา เพื่อให้ครบหลักสูตรให้นับเฉพาะหน่วยกิตของรายวิชาที่สอบได้เท่านั้น

๓๐.๑๐ การคำนวณระดับคะแนนเฉลี่ย

๓๐.๑๐.๑ ระดับคะแนนเฉลี่ยเฉพาะรายภาค (GPA) ให้คำนวณจากผลการเรียนของนักศึกษาในภาคการศึกษานั้น โดยนำผลรวมของผลคูณของจำนวนหน่วยกิตกับระดับคะแนนของแต่ละรายวิชาเป็นตัวตั้ง หารด้วยจำนวนหน่วยกิตรวมของภาคการศึกษานั้น

๓๐.๑๐.๒ ระดับคะแนนเฉลี่ยสะสม (GPAX) ให้คำนวณจากผลการเรียนของนักศึกษาตั้งแต่เริ่มเข้าศึกษาจนถึงภาคการศึกษาสุดท้าย โดยนำผลรวมของผลคูณของจำนวนหน่วยกิตกับระดับคะแนนของแต่ละรายวิชาที่เรียนทั้งหมดเป็นตัวตั้ง หารด้วยจำนวนหน่วยกิตรวมทั้งหมด

การคำนวณดังกล่าวให้ตั้งหารถึงทศนิยม ๓ ตำแหน่ง หากได้ทศนิยมตำแหน่งที่สามตั้งแต่ห้าขึ้นไปให้ปัดเศษขึ้น สำหรับรายวิชาที่ยังมีผลการประเมินเป็นตัวอักษร I ไม่ให้นำหน่วยกิตรวมเป็นตัวหารเฉลี่ย

๓๐.๑๐.๓ การคำนวณระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมของนักศึกษาที่ย้ายสาขาวิชา ให้คำนวณระดับคะแนนของทุกรายวิชาที่มีปรากฏในหลักสูตรสาขาวิชาที่รับเข้า

๓๐.๑๐.๔ การคำนวณระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมที่โอนมาจากสถานศึกษาอื่น และนักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาระดับอนุปริญญาหรือเทียบเท่าและได้อนุมัติให้เข้าศึกษาต่อ ให้คิดเฉพาะระดับคะแนนของรายวิชาที่เรียนใหม่เท่านั้น

๓๐.๑๑ การแจ้งผลการเรียน

มหาวิทยาลัยจะแจ้งผลการเรียนภายหลังจากการประมวลผลการเรียนแล้วเสร็จในแต่ละภาคการศึกษา ทั้งนี้ มหาวิทยาลัยจะระงับการแจ้งผลการเรียนให้แก่นักศึกษากรณีนักศึกษาไม่ปฏิบัติตามข้อบังคับ ระเบียบ ประกาศหรือคำสั่งของมหาวิทยาลัย

ข้อ ๓๑ การเรียนซ้ำหรือเรียนแทน

๓๑.๑ ในกรณีที่นักศึกษาลงทะเบียนเรียนครบหน่วยกิตตามแผนการเรียนของหลักสูตรที่ศึกษาแล้ว มีระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมต่ำว่า ๒.๐๐ นักศึกษาอาจขอลงทะเบียนเรียนซ้ำรายวิชาที่สอบได้ต่ำกว่าระดับคะแนนตัวอักษร B หรือจะเลือกเรียนวิชาอื่นแทนก็ได้ โดยให้อยู่ในดุลพินิจของหัวหน้าสาขาวิชา

๓๑.๒ ในกรณีที่นักศึกษาสอบตกหรือได้ระดับคะแนนตัวอักษร F จะต้องลงทะเบียนเรียนรายวิชานั้นซ้ำอีก หรืออาจเลือกเรียนรายวิชาอื่นในหมวดเดียวกันแทนได้ โดยให้อยู่ในดุลพินิจของหัวหน้าสาขาวิชา

๓๑.๓ ในกรณีที่นักศึกษาต้องการเปลี่ยนระดับคะแนนเฉลี่ย หรือระดับคะแนนเฉลี่ยสะสม นักศึกษาอาจลงทะเบียนเรียนซ้ำรายวิชาที่สอบได้ต่ำกว่าระดับคะแนนตัวอักษร B

รายวิชาใดที่เรียนซ้ำหรือเรียนแทนให้นำระดับคะแนนที่ได้ไปคิดระดับคะแนนเฉลี่ยและระดับคะแนนเฉลี่ยสะสม โดยระดับคะแนนตัวอักษรที่ได้จากรายวิชาเดิมจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญลักษณ์ R

๓๑.๔ กรณีนักศึกษาเข้ารับการศึกษาในหลักสูตรปริญญาตรีต่อเนื่อง จะลงทะเบียนรายวิชาซ้ำหรือเทียบเท่ากับรายวิชาที่เคยศึกษามาแล้วในระดับอนุปริญญาไม่ได้

หมวด ๑๐
การสำเร็จการศึกษา และการอนุมัติปริญญา

ข้อ ๓๒ ผู้สำเร็จการศึกษาและสมควรได้รับปริญญาบัตร ต้องมีคุณสมบัติครบถ้วน ดังนี้

๓๒.๑ มีความประพฤติดีและมีคุณธรรม

๓๒.๒ เรียนครบตามจำนวนหน่วยกิตที่กำหนดไว้ในหลักสูตร และผ่านเกณฑ์การวัดผลขั้นต่ำแต่ละรายวิชาตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด และเกณฑ์การสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตร
ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมไม่ต่ำกว่า ๒.๐๐ จากระบบ ๔ ระดับคะแนนหรือเทียบเท่า และ

๓๒.๓ ใช้ระยะเวลาศึกษาไม่น้อยและไม่เกินกว่าที่กำหนดในข้อ ๑๑

ในกรณีที่มีคุณสมบัติตามข้อนี้ครบถ้วนแล้ว แต่ใช้ระยะเวลาศึกษาน้อยกว่าที่กำหนดในข้อ ๑๑ ให้ยื่นคำร้องขอสำเร็จการศึกษาได้

๓๒.๔ ต้องไม่อยู่ระหว่างการถูกสอบสวนทางวินัยอย่างร้ายแรง ตามข้อบังคับมหาวิทยาลัย ว่าด้วยวินัยนักศึกษา

๓๒.๕ นักศึกษาต้องไม่มีพันธะด้านหนี้สินใด ๆ ต่อมหาวิทยาลัย

ข้อ ๓๓ การให้และอนุมัติปริญญาบัตร

๓๓.๑ นักศึกษาที่คาดว่าจะสำเร็จการศึกษา และมีคุณสมบัติครบตามข้อ ๓๒ ให้ยื่นคำร้องขอสำเร็จการศึกษาที่สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน และให้ถือวันที่สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียนตรวจสอบคุณสมบัติว่าครบถ้วน เป็นวันสำเร็จการศึกษา

๓๓.๒ ให้คณะกรรมการประจำคณะพิจารณาให้การรับรองการสำเร็จการศึกษา

๓๓.๓ ให้สภาวิชาการพิจารณาให้ความเห็นชอบผู้สมควรได้รับปริญญาบัตร และเสนอสภามหาวิทยาลัยเพื่อพิจารณาอนุมัติปริญญาบัตร

๓๓.๔ การให้ปริญญาเกียรตินิยม

มหาวิทยาลัยจะพิจารณาให้ปริญญาเกียรตินิยมแก่ผู้สำเร็จการศึกษาตามเกณฑ์ดังต่อไปนี้

๓๓.๔.๑ สอบได้ในรายวิชาใด ๆ ไม่ต่ำกว่าระดับคะแนนตัวอักษร C ตามระบบระดับคะแนนตัวอักษรหรือไม่ได้ U ตามระบบสัญลักษณ์

๓๓.๔.๒ ไม่เคยลงทะเบียนเรียนซ้ำ หรือเรียนแทนรายวิชาใด

๓๓.๔.๓ ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมตั้งแต่ ๓.๖๐ ขึ้นไป สำหรับปริญญาเกียรตินิยมอันดับ ๑ หรือได้ระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมตั้งแต่ ๓.๒๕ ขึ้นไป สำหรับปริญญาเกียรตินิยมอันดับ ๒

๓๓.๔.๔ นักศึกษาหลักสูตรปริญญาตรีต่อเนื่อง ไม่มีสิทธิได้รับปริญญาเกียรตินิยม

๓๓.๔.๕ สำเร็จการศึกษาภายในกำหนดเวลาไม่เกินจำนวนปีการศึกษาที่ระบุไว้ในหลักสูตร

๓๓.๔.๖ นักศึกษาที่ขอเทียบโอนรายวิชาไม่มีสิทธิได้รับปริญญาเกียรตินิยม

๓๓.๕ นักศึกษาอาจยื่นคำร้องขอรับอนุปริญญาได้ กรณีที่เป็นไปตามตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับอนุปริญญา และมหาวิทยาลัยอาจให้ประกาศนียบัตร แก่ผู้สำเร็จการศึกษาตามรายวิชาหนึ่งรายวิชาใดที่เปิดสอนในมหาวิทยาลัยได้

การยื่นคำร้องขอรับอนุปริญญา ประกาศนียบัตร หลักเกณฑ์และเงื่อนไขในการพิจารณาให้เป็นไปตามประกาศของมหาวิทยาลัย

๓๓.๖ เกียรติบัตรการเรียน

คณะกรรมการประจำคณะอาจพิจารณานักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาและมีผลการเรียนดี เพื่ออนุมัติให้เกียรติบัตรการเรียนดี และดีเยี่ยมแก่ผู้สำเร็จการศึกษาที่มีผลการเรียนดีแต่ไม่ได้รับปริญญาเกียรตินิยมตามเกณฑ์ดังต่อไปนี้

๓๓.๖.๑ นักศึกษาผู้มีสิทธิได้รับเกียรติบัตรผู้มีผลการเรียนดีเยี่ยม ต้องสอบได้จำนวนหน่วยกิตครบตามหลักสูตร และได้ระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมตั้งแต่ ๓.๖๐ ขึ้นไป

๓๓.๖.๒ นักศึกษาผู้มีสิทธิได้รับเกียรติบัตรผู้มีผลการเรียนดี ต้องสอบได้จำนวนหน่วยกิตครบตามหลักสูตร และได้ระดับคะแนนเฉลี่ยสะสมตั้งแต่ ๓.๒๕ ขึ้นไป

หมวด ๑๑
บทเฉพาะกาล

ข้อ ๓๔ ในระหว่างที่ยังไม่ได้ออกประกาศ ระเบียบ ข้อกำหนด หรือหลักเกณฑ์ใด เพื่อปฏิบัติตามข้อบังคับนี้ ให้นำประกาศ ระเบียบ ข้อกำหนด หรือหลักเกณฑ์เกี่ยวกับการศึกษาระดับปริญญาตรีที่มีผลใช้บังคับอยู่ก่อนวันที่ใช้ข้อบังคับนี้มาใช้บังคับโดยอนุโลม จนกว่าจะได้มีการออกประกาศ ระเบียบ ข้อกำหนดหรือหลักเกณฑ์ตามข้อบังคับนี้

ข้อ ๓๕ เว้นแต่กรณีตามข้อ ๓๓.๔.๓ ให้นำข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วย การศึกษาระดับปริญญาตรี พ.ศ. ๒๕๕๙ รวมทั้งประกาศและคำสั่งของมหาวิทยาลัยซึ่งใช้บังคับอยู่ในขณะที่นักศึกษาผู้นั้นเข้าศึกษาในมหาวิทยาลัย มาใช้บังคับกับการศึกษาในระดับปริญญาตรีของนักศึกษาซึ่งเข้าศึกษาก่อนปีการศึกษา ๒๕๖๒ จนกว่าจะพ้นสถานภาพการเป็นนักศึกษา

ประกาศ ณ วันที่ ๒๗ ตุลาคม ๒๕๖๑

(ดร.ชัยพร รัตนนาคะ)
นายกสภามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

หมายเหตุ :- เพื่อให้การจัดการศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีก้าวทันยุคเทคโนโลยีดิจิทัล สังคมผู้สูงวัย ตอบสนองความต้องการกำลังคนในภาคส่วนต่างๆ ความต้องการของบุคคลในการนำความรู้ไปประกอบอาชีพ พัฒนาตนเองและเสริมสร้างศักยภาพที่มีอยู่เดิม การให้ความรู้เฉพาะทางแก่กลุ่มเป้าหมาย ตลอดจนมีระบบการจัดการเรียนการสอนที่มีความยืดหยุ่น สร้างโอกาสให้แก่ประชาชน โดยมีมาตรฐานไม่ต่ำกว่าที่หน่วยงานเกี่ยวข้องกำหนดขึ้น มหาวิทยาลัยสามารถดำเนินการได้โดยนำหลักการที่บัญญัติไว้ในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๔๒ และที่แก้ไขเพิ่มเติม โดยเฉพาะเรื่องการศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัย ตลอดจนระเบียบปฏิบัติที่หน่วยงานด้านการศึกษาวางแนวทางไว้ มากำหนดเป็นหลักปฏิบัติที่เป็นรูปธรรมยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงวิธีการจัดการศึกษาในรายละเอียดบางเรื่องที่ใช้สำหรับการจัดการศึกษาในระบบอยู่แล้ว เพื่อให้นโยบายและหลักการต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดการศึกษาสำหรับประชาชนนำไปสู่การปฏิบัติที่มีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องออกข้อบังคับนี้

ภาคผนวก ง
ระเบียบมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วย
การเทียบโอนผลการเรียน และการเทียบโอนความรู้ ทักษะและประสบการณ์ ตามหลักสูตร
ของมหาวิทยาลัย พ.ศ. 2562



ระเบียบมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ว่าด้วย การโอนผลการเรียน การเทียบโอนผลการเรียน
และการเทียบโอนความรู้ ทักษะและประสบการณ์
พ.ศ. ๒๕๖๒

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงระเบียบมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วย การโอนผลการเรียน การเทียบโอนผลการเรียน และการเทียบโอนความรู้ ทักษะและประสบการณ์ ตามหลักสูตรของมหาวิทยาลัย พ.ศ.๒๕๔๙

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๘ (๒) แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. ๒๕๔๗ มาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๔๒ ประกาศทบวงมหาวิทยาลัย เรื่อง หลักเกณฑ์การเทียบโอนผลการเรียนระดับปริญญาเข้าสู่การศึกษาในระบบ พ.ศ. ๒๕๔๕ และโดยมติสภามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ในคราวประชุม ครั้งที่ ๑/๒๕๖๒ เมื่อวันที่ ๒๖ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๒ จึงวางระเบียบเกี่ยวกับการโอนผลการเรียน การเทียบโอนผลการเรียน และการเทียบโอนความรู้ ทักษะและประสบการณ์ ดังนี้

ข้อ ๑ ระเบียบนี้เรียกว่า “ระเบียบมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีว่าด้วย การโอนผลการเรียนการเทียบโอนผลการเรียน และการเทียบโอนความรู้ ทักษะและประสบการณ์ พ.ศ. ๒๕๖๒”

ข้อ ๒ ระเบียบนี้ให้ใช้บังคับสำหรับนักศึกษาที่เข้าศึกษาตั้งแต่ปีการศึกษา ๒๕๖๒ เป็นต้นไป

ข้อ ๓ ภายใต้บังคับข้อ ๒๔ ให้ยกเลิกระเบียบมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วย การโอนผลการเรียน การเทียบโอนผลการเรียน และการเทียบโอนความรู้ ทักษะและประสบการณ์ ตามหลักสูตรของมหาวิทยาลัย พ.ศ.๒๕๔๙

ข้อ ๔ บรรดาข้อบังคับ ระเบียบ คำสั่งหรือประกาศอื่นใด ซึ่งขัดหรือแย้งกับระเบียบนี้ให้ใช้ระเบียบนี้แทน

ข้อ ๕ ในระเบียบนี้

“มหาวิทยาลัย”	หมายความว่า มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
“สภามหาวิทยาลัย”	หมายความว่า สภามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
“อธิการบดี”	หมายความว่า อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

"หลักสูตร" หมายความว่า หลักสูตรระดับปริญญาตรีและระดับบัณฑิตศึกษาที่สภามหาวิทยาลัยอนุมัติ และหลักสูตรของสถาบันอุดมศึกษาอื่นที่หน่วยงานของรัฐที่มีอำนาจตามกฎหมายรับรอง

"รายวิชา" หมายความว่า รายวิชา ชุดวิชา กระบวนวิชาที่อยู่ในหลักสูตรที่สถาบันอุดมศึกษารับรอง

"นักศึกษา" หมายความว่า นักศึกษาระดับปริญญาตรีและระดับบัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

"การโอนผลการเรียน" หมายความว่า การขอโอนหน่วยกิตและระดับคะแนนของรายวิชาในระดับเดียวกัน ที่ได้เคยศึกษามาแล้วจากมหาวิทยาลัยเพื่อใช้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในมหาวิทยาลัย

"การเทียบโอนผลการเรียน" หมายความว่า การขอเทียบโอนหน่วยกิตของรายวิชาในระดับเดียวกันที่ได้เคยศึกษามาแล้วจากสถาบันอุดมศึกษาอื่นที่หน่วยงานของรัฐที่มีอำนาจตามกฎหมายรับรอง เพื่อใช้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในมหาวิทยาลัย

"การเทียบโอนความรู้ ทักษะและประสบการณ์" หมายความว่า การนำผลงาน ความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ ตลอดจนผลการศึกษา จากการศึกษานอกระบบและหรือการศึกษาตามอัธยาศัย เช่น การศึกษาหลักสูตรระยะสั้น การศึกษาเพื่อเพิ่มพูนประสบการณ์ การอบรมเพื่อเพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์ หรือจากประสบการณ์การทำงานมาประเมินเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรของมหาวิทยาลัย

ข้อ ๖ ให้อธิการบดีรักษาการตามระเบียบนี้ กรณีมีปัญหาเกี่ยวกับการปฏิบัติตามระเบียบนี้ให้อธิการบดีเป็นผู้วินิจฉัยและให้ถือเป็นที่สุด

หมวดที่ ๑
การโอนผลการเรียนและการเทียบโอนผลการเรียน

ข้อ ๗ การโอนผลการเรียน มีหลักเกณฑ์ ดังนี้

๗.๑ นักศึกษาที่เคยศึกษาในหลักสูตรที่เปิดสอนในมหาวิทยาลัยมาแล้วไม่เกิน ๕ ปี หรือสำเร็จการศึกษาจากมหาวิทยาลัยมาแล้วไม่เกิน ๕ ปี หรือระยะเวลาที่อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรเห็นสมควร อาจขอโอนหน่วยกิตและระดับคะแนนของรายวิชาในระดับเดียวกันที่ได้เคยศึกษามาแล้ว เพื่อใช้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา โดยยื่นคำร้องต่อคณะภายในภาคเรียนแรกของปีการศึกษาที่เข้าศึกษา

๗.๒ รายวิชาที่นำมาขอโอนผลการเรียนต้องมีเนื้อหาสาระครอบคลุมไม่น้อยกว่าสามในสี่ของรายวิชาใหม่ที่ขอโอน และจำนวนหน่วยกิตที่ขอโอนได้จะต้องไม่เกินสามในสี่ของจำนวนหน่วยกิตรวมของหลักสูตรระดับปริญญาตรีที่รับโอน หรือไม่เกินหนึ่งในสามของจำนวนหน่วยกิตรวมของหลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษาที่รับโอน มหาวิทยาลัยอาจให้โอนหน่วยกิตรายวิชาดุษฎีนิพนธ์ วิทยานิพนธ์หรือการค้นคว้า

อิสระ ทั้งนี้ให้เป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วย การศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา พ.ศ. ๒๕๕๙ ข้อ ๖๙

ในกรณีที่การขอโอนหน่วยกิตไม่เป็นไปตามข้อ ๗.๑ และ ๗.๒ ให้อยู่ในดุลพินิจของคณบดี

๗.๓ ให้อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรสาขาวิชาที่จะรับโอนพิจารณาดำเนินการโอนผลการเรียนของนักศึกษาที่ยื่นคำร้อง เฉพาะรายวิชาที่มีผลการเรียนในหลักสูตรระดับปริญญาตรีไม่ต่ำกว่าระดับ C หรือ S แล้วแต่กรณี และในหลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับ B หรือ S หรือ P แล้วแต่กรณี แล้วนำเสนอคณบดีเพื่อพิจารณาอนุมัติ

๗.๔ นักศึกษาต้องชำระค่าธรรมเนียมการโอนผลการเรียน ตามที่มหาวิทยาลัยกำหนดทั้งนี้จำนวนรายวิชาและผลการเรียนที่โอนได้ ให้นับรวมเป็นหน่วยกิตตามหลักสูตรที่ศึกษาได้และนำไปคิดระดับคะแนนเฉลี่ยสะสม

๗.๕ นักศึกษาต้องลงทะเบียนและต้องมีเวลาศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยอย่างน้อยหนึ่งปีการศึกษา

ข้อ ๘ การเทียบโอนผลการเรียน มีหลักเกณฑ์ ดังนี้

๘.๑ นักศึกษาที่เคยศึกษาในหลักสูตรที่เปิดสอนในสถาบันอุดมศึกษาอื่นที่หน่วยงานของรัฐที่มีอำนาจตามกฎหมายรับรองมาแล้วไม่เกิน ๕ ปี หรือสำเร็จการศึกษาจากสถาบันอุดมศึกษาอื่นที่หน่วยงานของรัฐที่มีอำนาจตามกฎหมายรับรองมาแล้วไม่เกิน ๕ ปี อาจขอเทียบโอนหน่วยกิตรายวิชาในระดับเดียวกันที่ได้เคยศึกษามาแล้ว เพื่อใช้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา โดยยื่นคำร้องต่อคณะ ภายในภาคเรียนแรกของปีการศึกษาที่เข้าศึกษา

๘.๒ รายวิชาที่นำมาขอเทียบโอนผลการเรียน ต้องมีเนื้อหาสาระครอบคลุมไม่น้อยกว่าสามในสี่ของรายวิชาใหม่ที่ขอเทียบ และจำนวนหน่วยกิตที่เทียบโอนได้จะต้องไม่เกินสามในสี่ของจำนวนหน่วยกิตรวมของหลักสูตรระดับปริญญาตรีที่รับโอน หรือไม่เกินหนึ่งในสามของจำนวนหน่วยกิตระดับบัณฑิตศึกษาที่รับโอน และมหาวิทยาลัยอาจให้โอนหน่วยกิตรายวิชาดุษฎีนิพนธ์ วิทยานิพนธ์หรือการค้นคว้าอิสระ ทั้งนี้ ให้เป็นไปตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วย การศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา พ.ศ. ๒๕๕๙ ข้อ ๖๙

๘.๓ ให้อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรสาขาที่จะเทียบโอนพิจารณาดำเนินการเทียบโอนผลการเรียนของนักศึกษาที่ยื่นคำร้อง เฉพาะรายวิชาที่มีผลการเรียนในหลักสูตรระดับปริญญาตรีไม่ต่ำกว่าระดับ C หรือ S แล้วแต่กรณี และในหลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับ B หรือ S หรือ P แล้วแต่กรณี แล้วนำเสนอคณบดีเพื่อพิจารณาอนุมัติ

๘.๔ นักศึกษาต้องชำระค่าธรรมเนียมการเทียบโอนผลการเรียนตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด ทั้งนี้จำนวนรายวิชาและผลการเรียนที่เทียบโอนได้ ให้นับรวมเป็นหน่วยกิตตามหลักสูตรที่ศึกษาได้แต่ไม่นำผลการเรียนไปคิดระดับคะแนนเฉลี่ยสะสม

๘.๕ นักศึกษาต้องลงทะเบียนและต้องมีเวลาศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยอย่างน้อยหนึ่งปีการศึกษา

ข้อ ๙ ในกรณีที่มหาวิทยาลัยเปิดหลักสูตรใหม่ จะโอนหรือเทียบโอนนักศึกษาเข้าศึกษาได้ไม่เกินกว่าชั้นปีและภาคการศึกษาที่ได้รับอนุญาตให้มีนักศึกษาเรียนอยู่ตามหลักสูตรที่ได้รับความเห็นชอบแล้ว

ข้อ ๑๐ ผู้สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรีมาแล้วและเข้าศึกษาในระดับปริญญาตรีในอีกสาขาวิชาหนึ่ง ให้ได้รับการโอนผลการเรียนหรือเทียบโอนผลการเรียนในหมวดวิชาศึกษาทั่วไปทั้งหมด โดยไม่นำเงื่อนไขในข้อ ๗.๑ ๗.๒ ๗.๓ ๘.๑ ๘.๒ และข้อ ๘.๓ มาพิจารณา

ข้อ ๑๑ รายวิชาที่ได้รับการโอนผลการเรียนหรือเทียบโอนผลการเรียนตามข้อ ๑๐ ให้นับหน่วยกิตของหมวดวิชาศึกษาทั่วไปรวมในเกณฑ์การสำเร็จการศึกษา โดยไม่ต้องบันทึกผลการเรียนเป็นรายวิชา

หมวดที่ ๒
การเทียบโอนความรู้ ทักษะและประสบการณ์

ข้อ ๑๒ ให้มหาวิทยาลัยประกาศให้ทราบถึงระดับการศึกษา หลักสูตรและรายวิชาหรือกลุ่มรายวิชาที่จะเทียบโอนความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ และผลการศึกษาจากการศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัย คุณสมบัติของผู้มีสิทธิขอเทียบโอน

ข้อ ๑๓ เมื่อมีกรณีที่จะดำเนินการเทียบโอนความรู้ ทักษา ประสบการณ์ ผลการศึกษาจากการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยให้คณะแต่งตั้งคณะกรรมการเพื่อดำเนินการตามหลักเกณฑ์และวิธีการในประกาศนี้ ประกอบด้วย

๑๓.๑ คณบดีหรือผู้อำนวยการ หรือนองคณบดีหรือรองผู้อำนวยการ ที่รับผิดชอบงานด้านวิชาการ เป็นประธานกรรมการ

๑๓.๒ หัวหน้าสาขาวิชา เป็นกรรมการ

๑๓.๓ อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร เป็นกรรมการ

๑๓.๔ อาจารย์ผู้รับผิดชอบราวิชา เป็นกรรมการและเลขานุการ

กรณีรายวิชาที่ต้องการเทียบโอนเป็นรายวิชาของหลักสูตรอื่นในคณะเดียวกัน ให้อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรตามข้อ ๑๓.๓ ของหลักสูตรอื่นนั้น เป็นกรรมการ

ข้อ ๑๔ ให้คณะกรรมการ มีอำนาจและหน้าที่ ดังนี้

๑๔.๑ กำหนดวิธีการประเมินและเกณฑ์การวัดผลในการประเมินความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ และผลการศึกษาจากการศึกษานอกระบบ หรือการศึกษาตามอัธยาศัยของแต่ละรายวิชาหรือกลุ่มรายวิชา หรือหลักสูตรฝึกอบรม ด้วยวิธีการที่หลากหลาย

๑๔.๒ ดำเนินการประเมินเพื่อเทียบความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ ผลการศึกษาจากการศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัยของแต่ละรายวิชาหรือกลุ่มรายวิชาหรือหลักสูตรฝึกอบรม และให้หน่วยกิต

๑๔.๓ แจ้งผลการประเมินต่อคณะกรรมการประจำคณะที่นักศึกษาสังกัด

ข้อ ๑๕ การเทียบความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ ผลการศึกษาจากการศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัย อาจเทียบเป็นรายวิชาหรือกลุ่มรายวิชาตามหลักสูตรและระดับการศึกษาที่เปิดสอนในมหาวิทยาลัย

ข้อ ๑๖ การเทียบโอนความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ ผลการศึกษาจากการศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัย ให้หน่วยกิตได้รวมกันไม่เกินสามในสี่ของจำนวนหน่วยกิตรวมของหลักสูตรระดับปริญญาตรีที่ขอเทียบ และไม่เกินหนึ่งในสี่ของจำนวนหน่วยกิตรวมของหลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษาที่ขอเทียบโอน

ข้อ ๑๗ ผลการทดสอบหรือผลการประเมิน ต้องเทียบได้ไม่ต่ำกว่าสัญลักษณ์ C หรือระดับคะแนน ๒.๐๐ สำหรับหลักสูตรระดับปริญญาตรี หรือต้องเทียบได้ไม่ต่ำกว่าสัญลักษณ์ B หรือระดับคะแนน ๓.๐๐ สำหรับหลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษา จึงจะกำหนดให้จำนวนหน่วยกิตในรายวิชาของหลักสูตรที่ศึกษา แต่จะไม่นำมาใช้ในการคำนวณระดับคะแนนเฉลี่ยสะสม

ข้อ ๑๘ นักศึกษาต้องมีเวลาศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยอย่างน้อย ๒ ภาคการศึกษาปกติ

ข้อ ๑๙ การเทียบโอนความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ ผลการศึกษาจากการศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัย ให้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

๑๙.๑ นักศึกษาแจ้งความประสงค์ต่อคณะที่ตนเองศึกษา พร้อมเสนอหลักฐาน ผลงาน ความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ ผลการศึกษาจากการศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัย

๑๙.๒ ให้คณะแต่งตั้งคณะกรรมการตามข้อ ๑๓

กรณีรายวิชาที่ต้องการเทียบโอนเป็นรายวิชาในหลักสูตรอื่นของคณะอื่น ให้คณะตามข้อ ๑๙.๑ แจ้งให้คณะอื่นนั้นแต่งตั้งคณะกรรมการตามข้อ ๑๓

๑๙.๓ ให้คณะกรรมการพิจารณากำหนดวิธีการประเมินผลงาน ความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ ผลการศึกษาจากการศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัย ดังนี้

๑๙.๓.๑ การศึกษาหลักสูตรระยะสั้น การศึกษาเพื่อเพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์ การอบรมเพิ่มพูนความรู้และประสบการณ์ที่มหาวิทยาลัยจัดขึ้น

๑๙.๓.๒ การทดสอบมาตรฐาน (Standardized Tests)

๑๙.๓.๓ การทดสอบที่หลักสูตรจัดสอบเอง (Examination) โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการประจำหลักสูตร

๑๙.๓.๔ การประเมินการศึกษา/อบรม (Training) ที่จัดโดยสมาคมวิชาชีพ หรือหน่วยงานที่ไม่ใช่สถาบันการศึกษา และต้องเป็นการอบรมที่สามารถเทียบเคียงมาตรฐานการศึกษาได้ตามมาตรฐานการศึกษาระดับปริญญาตรี หรือระดับบัณฑิตศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

๑๙.๓.๕ การเสนอแฟ้มสะสมผลงาม (Portfolio)

๑๙.๓..๖ ประสบการณ์จากการทำงานที่ต้องคำนึงถึงความรู้ที่ได้จากประสบการณ์เป็นหลัก

๑๙.๔ กรณีที่มีผลการศึกษาจากการศึกษาจากการศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัยที่จัดการศึกษาโดยมหาวิทยาลัย ที่สามารถเทียบได้กับการศึกษาตามหลักสูตร ให้บันทึกผลการเรียนตามระดับผลการศึกษา นอกจากนี้ให้บันทึกผลการเรียนตามวิธีการประเมิน ดังนี้

๑๙.๔.๑ หน่วยกิตที่ได้จากการทดสอบมาตรฐานให้บันทึก “CS” (Credits from Standardized Tests)

๑๙.๔.๒ หน่วยกิตที่ได้จากการทดสอบที่คณะกรรมการบริหารหลักสูตรจัดสอบให้บันทึก “CE” (Credits from Examination)

๑๙.๔.๓ หน่วยกิตที่ได้จากการประเมิน หรืออบรมที่จัดโดยหน่วยงานต่างๆ ให้บันทึก “CT” (Credits from Training)

๑๙.๔.๔ หน่วยกิตที่ได้จากการเสนอแฟ้มสะสมงานให้บันทึก “CP” (Credits from Portfolio)

๑๙.๕ ให้คณะกรรมการระบุผลการประเมินที่นักศึกษาได้รับ และให้ส่งผลการเทียบโอนให้คณะกรรมการประจำคณะพิจารณาอนุมัติ

ข้อ ๒๐ การเทียบโอนผลการศึกษาจากการศึกษานอกระบบ และหรือการศึกษาตามอัธยาศัย ให้นักศึกษาดำเนินการขอเทียบโอนผลการเรียนที่ขึ้นทะเบียนนักศึกษา และให้หลักสูตรและคณะดำเนินการเทียบโอนผลการศึกษาให้เสร็จสิ้นภายในภาคเรียนเดียวกัน เพื่อให้นักศึกษาได้ทราบจำนวนรายวิชาและจำนวนหน่วยกิตที่จะต้องศึกษาเพิ่มเติมตามหลักสูตร กรณีมีเหตุจำเป็นไม่สามารถดำเนินการเทียบโอนผลการเรียนภายในกำหนดระยะเวลาได้ ให้อยู่ในดุลยพินิจของคณบดี

หมวด ๓
การรับและเทียบโอนหน่วยกิตเพื่อการพิจารณามากกว่า ๑ ปริญญา

ข้อ ๒๑ นักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาในหลักสูตรหนึ่ง อาจขอให้นำหน่วยกิตและระดับคะแนนที่ได้จากรายวิชาหรือที่เกิดจากการเทียบโอนความรู้ ทักษะและประสบการณ์ ซึ่งตรงหรือสอดคล้องกับรายวิชาในหลักสูตรอื่นที่สามารถเทียบกันได้ หรือจากที่มหาวิทยาลัยกำหนดเป็นรายวิชาที่สามารถเรียนร่วมกันได้มาใช้เป็นหน่วยกิตและระดับคะแนนเพื่อการพิจารณาให้ปริญญาในอีกหลักสูตรหนึ่งได้ตามข้อบังคับมหาวิทยาลัยว่าด้วยการศึกษาระดับปริญญา

หลักเกณฑ์และเงื่อนไขในการศึกษา การขอให้พิจารณาการให้ปริญญา ให้เป็นไปตามที่มหาวิทยาลัยประกาศกำหนด

หมวด ๔
ค่าธรรมเนียม

ข้อ ๒๒ ค่าธรรมเนียมการศึกษา ค่าลงทะเบียนเรียน และค่าบำรุงมหาวิทยาลัย ให้เป็นไปตามประกาศของมหาวิทยาลัย

ข้อ ๒๓ นักศึกษาที่ได้รับอนุมัติให้โอนผลการเรียน เทียบโอนผลการเรียน และเทียบโอนความรู้ ทักษะและประสบการณ์ ต้องลงทะเบียนรายวิชาและชำระเงินค่าหน่วยกิตรายวิชา ตามอัตราค่าหน่วยกิตของรายวิชาที่ได้รับอนุมัติให้โอนผลการเรียน เทียบโอนผลการเรียน และเทียบโอนความรู้ ทักษะและประสบการณ์โดนไม่ต้องเข้าศึกษาในรายวิชา แต่จะได้รับผลการประเมินตามข้อ ๑๙.๔

บทเฉพาะกาล

ข้อ ๒๔ นักศึกษาระดับปริญญาตรีและระดับบัณฑิตศึกษาซึ่งเข้าศึกษาก่อนปีการศึกษา ๒๕๖๒ ให้นำหลักเกณฑ์เรื่องการโอนผลการเรียนและการเทียบโอนผลการเรียนซึ่งใช้บังคับในขณะที่นักศึกษาผู้นั้นเข้าศึกษาในมหาวิทยาลัยมาใช้บังคับ

ให้นำหลักเกณฑ์เรื่องการเทียบโอนความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ตามระเบียบนี้ มาใช้บังคับกับนักศึกษาระดับปริญญาตรีและระดับบัณฑิตศึกษาซึ่งเข้าศึกษาก่อนปีการศึกษา ๒๕๖๒

ประกาศ ณ วันที่ ๒๖ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๒

(ศาสตราจารย์ ดร.วิรุณ ตั้งเจริญ)
นายกสภามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

หมายเหตุ :- โดยที่ระเบียบมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วย การโอนผลการเรียน การเทียบโอนผลการเรียน และการเทียบโอนความรู้ ทักษะและประสบการณ์ ตามหลักสูตรของมหาวิทยาลัย พ.ศ.๒๕๕๙ ยังไม่ได้กำหนดแนวทางและวิธีปฏิบัติที่จะทำให้ดำเนินการได้ตามวัตถุประสงค์ จึงได้กำหนดหลักเกณฑ์ที่เป็นแนวทางและวิธีปฏิบัติในการเทียบโอนความรู้ ทักษะและประสบการณ์ ให้สอดคล้องกับการจัดการศึกษาตามอัธยาศัยเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิตที่ผู้เรียนสามารถเลือกศึกษาตามความถนัดและตามความประสงค์และสามารถนำผลการศึกษามาใช้เพื่อการศึกษาระดับปริญญา อันเป็นการเพิ่มโอกาสทางการศึกษาที่กว้างขวาง รวมถึงกำหนดให้มหาวิทยาลัยสามารถพิจารณาให้ปริญญามากกว่า ๑ ปริญญา โดยคำนึงถึงหน่วยกิตและ ระดับคะแนนที่ได้จากรายวิชาหรือที่เกิดจากการเทียบโอนความรู้ ทักษะและประสบการณ์ ซึ่งตรงหรือสอดคล้องกับรายวิชาในหลักสูตรอื่นที่สามารถเทียบกันได้ หรือจากที่มหาวิทยาลัยกำหนดเป็นรายวิชาที่สามารถเรียนร่วมกันได้ จึงจำเป็นต้องออกระเบียบนี้

ภาคผนวก จ
สาระการปรับปรุงหลักสูตรหลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2559 และหลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565

ตารางเปรียบเทียบหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ. 2559 กับหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ. 2564

1. ชื่อหลักสูตร

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2559	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	สาระในการปรับปรุง
- หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล - Bachelor of Engineering Program in Mechanical Engineering	- หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล - Bachelor of Engineering Program in Mechanical Engineering	คงเดิม

2. ชื่อปริญญา

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2559	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	สาระในการปรับปรุง
ชื่อเต็ม (ไทย) :วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) ชื่อย่อ (ไทย) : วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) ชื่อเต็ม (อังกฤษ) : Bachelor of Engineering (Mechanical Engineering) ชื่อย่อ (อังกฤษ) : B.Eng. (Mechanical Engineering)	ชื่อเต็ม (ไทย) :วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) ชื่อย่อ (ไทย) : วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) ชื่อเต็ม (อังกฤษ) : Bachelor of Engineering (Mechanical Engineering) ชื่อย่อ (อังกฤษ) : B.Eng. (Mechanical Engineering)	คงเดิม

3. อาจารย์

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2559	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	สาระในการปรับปรุง
3.1 อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร	**3.1 อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร**	
นายอดิศักดิ์ บุตรวงษ์	นายอดิศักดิ์ บุตรวงษ์	คงเดิม
นายกวีพงษ์ หงษ์ทอง	นายกวีพงษ์ หงษ์ทอง	คงเดิม
นายวีระพล แก้วก่า	นายวีระพล แก้วก่า	คงเดิม
นายชิตพล คงศิลา	นายชิตพล คงศิลา	คงเดิม
นายอภิชาติ ศรีชาติ	นายอภิชาติ ศรีชาติ	คงเดิม
3.2 อาจารย์ประจำหลักสูตร	**3.2 อาจารย์ประจำหลักสูตร**	
นายอดิศักดิ์ บุตรวงษ์	นายอดิศักดิ์ บุตรวงษ์	คงเดิม
นายกวีพงษ์ หงษ์ทอง	นายกวีพงษ์ หงษ์ทอง	คงเดิม
นายวีระพล แก้วก่า	นายวีระพล แก้วก่า	คงเดิม
นายชิตพล คงศิลา	นายชิตพล คงศิลา	คงเดิม
นายอภิชาติ ศรีชาติ	นายอภิชาติ ศรีชาติ	คงเดิม

4. วัตถุประสงค์ของหลักสูตร

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2559	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	สาระในการปรับปรุง
ปรัชญา มุ่งผลิตบัณฑิตให้มีความรู้ความสามารถในงานวิศวกรรมเครื่องกล ยานยนต์ ระบบควบคุม เครื่องจักรกลการเกษตร การผลิต และพลังงาน สร้างสรรค์และพัฒนาสิ่งประดิษฐ์เพื่อตอบสนองต่อความต้องการภาคอุตสาหกรรมในท้องถิ่น บนพื้นฐานคุณธรรมและจริยธรรม	**ปรัชญา** มุ่งผลิตบัณฑิตให้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการออกแบบและทักษะในการปฏิบัติการทางวิศวกรรมเครื่องกลที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรกลเกษตร ด้านพลังงาน ระบบควบคุมอัตโนมัติ การเขียนแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เข้าใจถึงอุปกรณ์ เครื่องจักรและการบำรุงรักษาในกระบวนการผลิตการแปรรูปอุตสาหกรรมเกษตร รวมถึงการวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องจักรเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน สร้างสรรค์และพัฒนาสิ่งประดิษฐ์เพื่อตอบสนองต่อความต้องการภาคอุตสาหกรรมในท้องถิ่น บนพื้นฐานคุณธรรมและจริยธรรม	ปรับข้อความ

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2559	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	สาระในการปรับปรุง
วัตถุประสงค์ของหลักสูตร 1. มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ มีวินัย มีความรับผิดชอบทั้งต่อตนเอง วิชาชีพและสังคมปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต รักและภาคภูมิใจในท้องถิ่น สถาบัน และประเทศชาติ 2. มีความรู้ความเข้าใจในหลักการทฤษฎีและการปฏิบัติด้านวิศวกรรมเครื่องกล มีทักษะและประสบการณ์เพื่อประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล เป็นวิศวกรเครื่องกลที่มีคุณภาพ และตรงกับความต้องการของท้องถิ่นรวมถึงตระหนักในธรรมเนียมปฏิบัติ กฎระเบียบ ข้อบังคับในสาขาวิชาชีพวิศวกร 3. มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถค้นหา ตีความ และประเมินสารสนเทศ และมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และริเริ่มสร้างสรรค์ โดยใช้ความรู้และประสบการณ์ของตนในการแก้ปัญหาการทำงานและทางวิชาการได้อย่างสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ	**วัตถุประสงค์ของหลักสูตร** 1.มีคุณธรรมจริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ มีวินัย มีความรับผิดชอบทั้งต่อตนเอง วิชาชีพและสังคม ปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต รักและภาคภูมิใจในท้องถิ่น สถาบัน และประเทศชาติ 2. มีความรู้ความเข้าใจในหลักการทฤษฎีและการปฏิบัติด้านวิศวกรรมเครื่องกล มีทักษะและประสบการณ์เพื่อประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับวิศวกรรมเครื่องกล เป็นวิศวกรเครื่องกลที่มีคุณภาพ และตรงกับความต้องการของท้องถิ่น รวมถึงตระหนักในธรรมเนียมปฏิบัติ กฎระเบียบ ข้อบังคับในสาขาวิชาชีพวิศวกร 3. มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถค้นหา ตีความ และประเมินสารสนเทศ และมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์และริเริ่มสร้างสรรค์ โดยใช้ความรู้และประสบการณ์ของตนในการแก้ปัญหาการทำงานและทางวิชาการได้อย่างสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ	ปรับข้อความ

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2559	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	สาระในการปรับปรุง
4. มีมนุษยสัมพันธ์และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี มีทักษะในการทำงานเป็นหมู่คณะ ตระหนักในความแตกต่างหลากหลายทางสังคม มีภาวะผู้นำและมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง 5.มีความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ กระบวนการวิจัยและการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ ในการคิดวิเคราะห์ รวมถึงสามารถในการใช้ศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในการปฏิบัติงานในวิชาชีพวิศวกร	4. มีมนุษยสัมพันธ์และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี มีทักษะในการทำงานเป็นหมู่คณะ ตระหนักในความแตกต่างหลากหลายทางสังคม มีภาวะผู้นำและมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง 5.มีความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ กระบวนการวิจัยและการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และสารสนเทศในการคิดวิเคราะห์ รวมถึงสามารถในการใช้ศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในการปฏิบัติงานในวิชาชีพวิศวกร 6.มีความรู้ ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในงานวิศวกรรมเครื่องกล เครื่องจักรกลการเกษตร ระบบควบคุมการผลิต ระบบความร้อนและพลังงานเพื่อตอบสนองต่อความต้องการภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่บริการวิชาการและท้องถิ่น และสร้างผู้ประกอบการ Start-up	

5. ระบบการศึกษา

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2559	หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565	สาระในการปรับปรุง
ระบบการศึกษา การจัดการศึกษาเป็นระบบทวิภาคโดยหนึ่งปีการศึกษา แบ่งเป็น 2 ภาคการศึกษาปกติ มีระยะเวลาศึกษาไม่น้อยกว่า 15 สัปดาห์และอาจจัดให้มีภาคฤดูร้อน โดยกำหนดระยะเวลา ไม่น้อยกว่า 8 สัปดาห์	**ระบบการศึกษา** การจัดการศึกษาเป็นระบบทวิภาคโดยหนึ่งปีการศึกษาแบ่งเป็น 2 ภาคการศึกษาปกติ มีระยะเวลาศึกษาไม่น้อยกว่า 15 สัปดาห์และอาจจัดให้มีภาคฤดูร้อน โดยกำหนดระยะเวลา ไม่น้อยกว่า 8 สัปดาห์	คงเดิม

6. โครงสร้างหลักสูตร

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2559		หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565		สาระในการปรับปรุง
จำนวนหน่วยกิตตลอดหลักสูตร 148 นก		**จำนวนหน่วยกิตตลอดหลักสูตร 138 นก**		ลดหน่วยกิต
1 หมวดวิชาศึกษาทั่วไป	33 หน่วยกิต	1 หมวดวิชาศึกษาทั่วไป	30 หน่วยกิต	ลดหน่วยกิต
2. หมวดวิชาเฉพาะ	109 หน่วยกิต	2. หมวดวิชาเฉพาะ	102 หน่วยกิต	ลดหน่วยกิต
1) กลุ่มวิชาพื้นฐานวิศวกรรม	59 หน่วยกิต	1) กลุ่มวิชาพื้นฐาน	56 หน่วยกิต	ลดหน่วยกิต
1.1) กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์	21 หน่วยกิต	1.1) กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์	21 หน่วยกิต	คงเดิม
1.2) วิชาพื้นฐานวิศวกรรม	38 หน่วยกิต	1.2) วิชาพื้นฐานวิศวกรรม	35 หน่วยกิต	ลดหน่วยกิต
2) กลุ่มวิชาเฉพาะด้าน	50 หน่วยกิต	2) กลุ่มวิชาเฉพาะด้าน	46 หน่วยกิต	เพิ่มหน่วยกิต
2.1) กลุ่มวิชาบังคับ	37 หน่วยกิต	2.1) กลุ่มวิชาบังคับ	33 หน่วยกิต	ลดหน่วยกิต
2.2) กลุ่มวิชาเอกเลือก	16 หน่วยกิต	2.2) กลุ่มวิชาเอกเลือก	13 หน่วยกิต	คงเดิม
3. หมวดวิชาเลือกเสรี	6 หน่วยกิต	3. หมวดวิชาเลือกเสรี	6 หน่วยกิต	คงเดิม

7. หมวดวิชาศึกษาทั่วไป ของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ.2559 และ 2565

โครงสร้างหลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2559		โครงสร้างหลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565		
รหัสวิชา/ชื่อวิชา	**นก**	**รหัสวิชา/ชื่อวิชา**	**นก**	**สาระในการปรับปรุง**
หมวดวิชาศึกษาทั่วไปจำนวน 33 นก		**หมวดวิชาศึกษาทั่วไปจำนวน 30 นก**		ลดหน่วยกิต
GE30001 วิถีชีวิตพื้นถิ่นอุดรธานี	2(1-2-3)	GE11001 ศาสตร์พระราชาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น	6(3-6-9)	บูรณาการรายวิชาโดยรวม 6 รายวิชา เป็น 1 วิชา ปรับรหัสวิชา ปรับชื่อรายวิชา ปรับคำอธิบายรายวิชา ปรับเพิ่มหน่วยกิต
GE30004 สังคมและวัฒนธรรมไทย	2(1-2-3)			
GE30005 พลวัตกับสังคมโลก	2(1-2-3)			
GE30006 ลุ่มน้ำโขงกับโลกสมัยใหม่	2(1-2-3)			
GE30007 กฎหมายเพื่อความเข้าใจสังคม	2(1-2-3)			
GE30008 กฎหมายในชีวิตประจำวัน	2(1-2-3)			
GE40001 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม	2(1-2-3)			
GE20001 จริยธรรมเพื่อการดำรงชีวิต	2(1-2-3)	GE22001 ความดีงามแห่งชีวิต	6(3-6-9)	บูรณาการรายวิชาโดยรวม 6 รายวิชา เป็น 1 วิชา ปรับรหัสวิชา ปรับชื่อรายวิชา ปรับคำอธิบายรายวิชา ปรับเพิ่มหน่วยกิต
GE20002 สุนทรียภาพเพื่อชีวิต	3(3-0-6)			
GE20003 พฤติกรรมมนุษย์เพื่อการพัฒนาตน	2(1-2-3)			
GE20005 ศาสนาเพื่อการดำรงชีวิต	2(1-2-3)			
GE20006 สุนทรียภาพในอีสาน	3(3-0-6)			
GE20007 จิตวิทยาการพัฒนาตนในสังคมยุคใหม่	2(1-2-3)			
GE40001 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม	2(1-2-3)	GE33001 วิทยาศาสตร์และประเด็นร่วมสมัย	6(3-6-9)	บูรณาการรายวิชาโดยรวม 6 รายวิชา เป็น 1 วิชา ปรับรหัสวิชา ปรับชื่อรายวิชา ปรับคำอธิบายรายวิชา ปรับเพิ่มหน่วยกิต
GE40002 วิทยาศาสตร์เพื่อคุณภาพชีวิต	2(1-2-3)			
GE40003 การคิดและการตัดสินใจ	2(1-2-3)			
GE40005 สิ่งแวดล้อมกับการเปลี่ยนแปลง	2(1-2-3)			
GE40006 วิทยาศาสตร์เพื่ออนาคต	2(1-2-3)			
GE40007 การคิดและคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน	2(1-2-3)			
GE20004 การรู้สารสนเทศ	2(1-2-3)	GE33002 รู้ทันโลกดิจิทัล	3(2-2-5)	บูรณาการรายวิชาโดยรวม 4 รายวิชา เป็น 1 วิชา ปรับรหัสวิชา ปรับชื่อรายวิชา ปรับคำอธิบายรายวิชา ปรับเพิ่มหน่วยกิต
GE20008 ทักษะสารสนเทศในชีวิตประจำวัน	2(1-2-3)			
GE40004 เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้	3(2-2-5)			
GE40008 รู้ทันโลกเทคโนโลยี	3(2-2-5)			
GE10001 ภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร	3(3-0-6)	GE44001 ภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร	3(2-2-5)	บูรณาการรายวิชาโดยรวม2 รายวิชา เป็น 1 วิชา ปรับรหัสวิชา ปรับชื่อรายวิชา ปรับคำอธิบายรายวิชา
GE10004 สุนทรียภาพในภาษาไทย	3(3-0-6)			
GE10002 ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสาร	3(3-0-6)	GE44002 ภาษาอังกฤษในชีวิตประจำวันและการทำงาน	3(2-2-5)	บูรณาการรายวิชาโดยรวม 2 รายวิชา เป็น 1 วิชา ปรับรหัสวิชา ปรับชื่อรายวิชา ปรับคำอธิบายรายวิชา
GE10005ภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารในสถานการณ์เฉพาะหน้า	3(3-0-6)			
GE10003 การอ่านและการเขียน ภาษาอังกฤษเพื่อจุดประสงค์ทั่วไป	3(3-0-6)	GE44003 ภาษาอังกฤษเพื่อการนำไปใช้	3(2-2-5)	บูรณาการรายวิชาโดยรวม 2 รายวิชา เป็น 1 วิชา ปรับรหัสวิชา ปรับชื่อรายวิชา ปรับคำอธิบายรายวิชา
GE10006 การอ่านและการเขียน ภาษาอังกฤษเพื่อการนำไปใช้	3(3-0-6)			

8. หมวดวิชาศึกษาเฉพาะของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ.2559 และ 2565

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2559		หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565		
รหัสวิชา/ชื่อวิชา	**นก**	**รหัสวิชา/ชื่อวิชา**	**นก**	**สาระในการปรับปรุง**
หมวดวิชาเฉพาะ จำนวน 109 นก		**หมวดวิชาเฉพาะ จำนวน 102 นก**		ลดหน่วยกิต
หมวดวิชาพื้นฐาน จำนวน 59 นก.		**หมวดวิชาพื้นฐาน จำนวน 50 นก.**		ลดหน่วยกิต
- กลุ่มวิชาพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ 21 นก และวิทยาศาสตร์		**- กลุ่มวิชาพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ 21 นก และวิทยาศาสตร์**		คงเดิม
PY01101 ฟิสิกส์ 1 การวัด หน่วย สเกลาร์และเวกเตอร์ จลนศาสตร์ของอนุภาค พลศาสตร์ของอนุภาค งานและพลังงาน โมเมนตัม ระบบอนุภาค วัตถุแข็งเกร็ง สมบัติเชิงกลของสสาร ความโน้มถ่วง กลศาสตร์ของไหล การแกว่งกวัด คลื่นกล เสียง อุณหพลศาสตร์	3(3-0-6)	PY01101 ฟิสิกส์ 1 การวัด หน่วย สเกลาร์และเวกเตอร์ จลนศาสตร์ของอนุภาค พลศาสตร์ของอนุภาค งานและพลังงาน โมเมนตัม ระบบอนุภาค วัตถุแข็งเกร็ง สมบัติเชิงกลของสสาร ความโน้มถ่วง กลศาสตร์ของไหล การแกว่งกวัด คลื่นกล เสียง อุณหพลศาสตร์	3(3-0-6)	คงเดิม
PY01102 การปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 ปฏิบัติการเกี่ยวกับการวัด หน่วย สเกลาร์และเวกเตอร์ จลนศาสตร์ของอนุภาค พลศาสตร์ของอนุภาค งานและพลังงาน โมเมนตัมระบบอนุภาค วัตถุแข็งเกร็ง สมบัติเชิงกลของสสาร ความโน้มถ่วง กลศาสตร์ของไหล การแกว่งกวัด คลื่นกล เสียง อุณหพลศาสตร์ จำนวน 8-10 ปฏิบัติการ	1(0-3-0)	PY01102 การปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 ปฏิบัติการเกี่ยวกับการวัด หน่วย สเกลาร์และเวกเตอร์ จลนศาสตร์ของอนุภาค พลศาสตร์ของอนุภาค งานและพลังงาน โมเมนตัมระบบอนุภาค วัตถุแข็งเกร็ง สมบัติเชิงกลของสสาร ความโน้มถ่วง กลศาสตร์ของไหล การแกว่งกวัด คลื่นกล เสียง อุณหพลศาสตร์ จำนวน 8-10 ปฏิบัติการ	1(0-3-0)	คงเดิม
PY01103 ฟิสิกส์ 2 ไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง แม่เหล็กสถิต ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงและทัศนศาสตร์ แนวคิดรากฐานของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ แนวคิดรากฐานของฟิสิกส์ควอนตัม ฟิสิกส์นิวเคลียร์	3(3-0-6)	PY01103 ฟิสิกส์ 2 ไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง แม่เหล็กสถิต ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงและทัศนศาสตร์ แนวคิดรากฐานของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ แนวคิดรากฐานของฟิสิกส์ควอนตัม ฟิสิกส์นิวเคลียร์	3(3-0-6)	คงเดิม
PY01104 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 ปฏิบัติการเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง แม่เหล็กสถิต ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงและทัศนศาสตร์ เสียง แนวคิดรากฐานของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ แนวคิดรากฐานของฟิสิกส์ควอนตัม ฟิสิกส์นิวเคลียร์ จำนวน 8-10 ปฏิบัติการ	1(0-3-0)	PY01104 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 ปฏิบัติการเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง แม่เหล็กสถิต ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงและทัศนศาสตร์ เสียง แนวคิดรากฐานของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ แนวคิดรากฐานของฟิสิกส์ควอนตัม ฟิสิกส์นิวเคลียร์ จำนวน 8-10 ปฏิบัติการ	1(0-3-0)	คงเดิม

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2559		หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565		
รหัสวิชา/ชื่อวิชา	**นก**	**รหัสวิชา/ชื่อวิชา**	**นก**	**สาระในการปรับปรุง**
CH01107 เคมีสำหรับวิศวกร โครงสร้างอะตอม การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม สมบัติของธาตุตามตารางธาตุ ธาตุเรพรีเซนเททีฟ อโลหะ โลหะทรานซิชัน พันธะเคมี ปริมาณสารสัมพันธ์ สมบัติของแก๊ส ของแข็ง ของเหลวและสารละลาย สมดุลเคมี สมดุลไอออนิก และจลนพลศาสตร์เคมี	3(3-0-6)	CH01107 เคมีสำหรับวิศวกร โครงสร้างอะตอม การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม สมบัติของธาตุตามตารางธาตุ ธาตุเรพรีเซนเททีฟ อโลหะ โลหะทรานซิชัน พันธะเคมี ปริมาณสารสัมพันธ์ สมบัติของแก๊ส ของแข็ง ของเหลวและสารละลาย สมดุลเคมี สมดุลไอออนิก และจลนพลศาสตร์เคมี	3(3-0-6)	คงเดิม
CH01108 การปฏิบัติการเคมีสำหรับวิศวกร ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ สารเคมี สมบัติทางเคมีและทางกายภาพ ปฏิกิริยาเคมีและผลผลิตร้อยละ ปริมาตรโมลาร์ของแก๊สและค่าคงที่แก๊ส จุดเดือดและ จุดหลอมเหลว การเตรียสารละลาย การแยกของผสม สมดุลเคมี	1(0-3-0)	CH01108 การปฏิบัติการเคมีสำหรับวิศวกร ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ สารเคมี สมบัติทางเคมีและทางกายภาพ ปฏิกิริยาเคมีและผลผลิตร้อยละ ปริมาตรโมลาร์ของแก๊สและค่าคงที่แก๊ส จุดเดือดและจุดหลอมเหลว การเตรียมสารละลาย การแยกของผสม สมดุลเคมี	1(0-3-0)	คงเดิม
ME11111 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 1 พีชคณิตของเวกเตอร์ใน 2 มิติและ 3 มิติ เรขาคณิตวิเคราะห์ ลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชันค่าจริงตัวแปรเดียว พิกัดเชิงขั้ว จำนวนเชิงซ้อน อนุพันธ์ของจำนวนจริงและการประยุกต์ ปริพันธ์ขั้นเบื้องต้น ปริพันธ์ของจำนวนจริง เทคนิคการหาปริพันธ์ ปริพันธ์เชิงตัวเลข ปริพันธ์ตามเส้น ปริพันธ์ไม่ตรงแบบและการประยุกต์	3(3-0-6)	ME11111 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 1 ลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน เมทริกซ์ อนุพันธ์ของของฟังก์ชันหนึ่งตัวแปรและการประยุกต์ ปริพันธ์ของของฟังก์ชันหนึ่งตัวแปรและการประยุกต์ฟังก์ชันอดิสัย เทคนิคการหาอนุพันธ์และปริพันธ์ไม่ตรงแบบ	3(3-0-6)	ปรับคำอธิบายรายวิชา
ME11112 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 2 เมทริกซ์สำหรับการหาผลเฉลยของระบบสมการเชิงเส้น การหาอนุพันธ์และการหาปริพันธ์ฟังก์ชันค่าจริงหลายตัวแปร อนุพันธ์และปริพันธ์ของฟังก์ชันค่าเวกเตอร์ และการประยุกต์ เทคนิคของการหาอนุพันธ์และปริพันธ์ ลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชันหลายตัวแปร อนุพันธ์ย่อย ลำดับและอนุกรมของตัวเลข การกระจายด้วยวิธีอนุกรมเทย์เลอร์ของฟังก์ชันมูลฐาน อุปนัยเชิงคณิตศาสตร์	3(3-0-6)	ME11112 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 2 ลำดับและอนุกรมของตัวเลข เวกเตอร์และการเคลื่อนที่ในปริภูมิสามมิติ อนุพันธ์ของฟังก์ชันหลายตัวแปรและการประยุกต์ ปริพันธ์ของฟังก์ชันหลายตัวแปรและการประยุกต์	3(3-0-6)	ปรับคำอธิบายรายวิชา

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2559		หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565		
รหัสวิชา/ชื่อวิชา	**นก**	**รหัสวิชา/ชื่อวิชา**	**นก**	**สาระในการปรับปรุง**
ME11213 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 3 การหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันหลายตัวแปร อนุพันธ์ระบุทิศทาง การประยุกต์ของอนุพันธ์ของฟังก์ชันหลายตัวแปร ปริพันธ์หลายชั้น ระบบพิกัดและการหาปริพันธ์ในระบบต่าง ๆ ปริพันธ์ตามเส้น ปริพันธ์ตามผิว ทฤษฎีบทปริพันธ์ สมการเชิงอนุพันธ์อันดับหนึ่ง สมการเชิงอนุพันธ์อันดับสอง สมการ เชิงอนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ สมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้นที่มีสัมประสิทธิ์เป็นตัวแปร ระบบสมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้น ผลการแปลงลาปลาซ และการประยุกต์ อนุกรมฟูเรียร์ ข้อปัญหาค่าขอบ สมการเชิงอนุพันธ์ย่อยเบื้องต้น	3(3-0-6)	ME11213 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 3 ปริพันธ์ในสนามเชิงเวกเตอร์สมการเชิงอนุพันธ์อันดับหนึ่ง สมการเชิงอนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ สมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้นที่มีสัมประสิทธิ์เป็นค่าคงที่และตัวแปร ระบบสมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้น ผลการแปลงลาปราซและการประยุกต์ในปัญหาค่าขอบเขต	3(3-0-6)	ปรับคำอธิบายรายวิชา

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2559		หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565		
รหัสวิชา/ชื่อวิชา	**นก**	**รหัสวิชา/ชื่อวิชา**	**นก**	**สาระในการปรับปรุง**
- กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม 38 นก		**- กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม 35 นก**		ลดหน่วยกิต
CC11103 การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ระบบคอมพิวเตอร์เบื้องต้น ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ การปฏิสัมพันธ์ระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ภาษาคอมพิวเตอร์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน การออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ผังงาน ความแตกต่างของการเขียนโปรแกรมแบบโครงสร้าง และการเขียนโปรแกรม เชิงวัตถุ การเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานกับข้อมูลที่มีชนิดหรือโครงสร้าง อาร์เรย์ และเรคคอร์ด การประมวลผลกับแฟ้มข้อมูล	3(2-2-5)	CC11109 เทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับวิศวกรเครื่องกล ระบบคอมพิวเตอร์เบื้องต้น ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ การปฏิสัมพันธ์ระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ภาษาคอมพิวเตอร์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน การออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ผังงาน ความแตกต่างของการเขียนโปรแกรมแบบโครงสร้างและการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ การเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานกับข้อมูลที่มีชนิดหรือโครงสร้าง อาร์เรย์ และเรคคอร์ด การประมวลผลกับแฟ้มข้อมูล	3(2-2-5)	เปลี่ยนรหัส ปรับชื่อและปรับ คำอธิบายรายวิชาให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน
ME12111 การเขียนแบบวิศวกรรม 1 การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ การคัดตัวอักษรและตัวเลข การเขียนรูปทรงเรขาคณิตประยุกต์ การเขียนภาพสเก็ตช์ การฉายและเขียนภาพออโธกราฟฟิก การเขียนภาพ 3 มิติ การบอกขนาดและค่าความคลาดเคลื่อน การเขียนภาพตัด ภาพช่วยและภาพคลี่ สลักเกลียว การเขียนภาพเพื่อใช้งาน การเขียนภาพแยกส่วนและภาพประกอบ การเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์เบื้องต้น	3(2-2-5)	ME12111 การเขียนแบบวิศวกรรมเครื่องกลและเขียนด้วยโปรแกรม การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ การคัดตัวอักษรและตัวเลข การเขียนรูปทรงเรขาคณิตประยุกต์ การเขียนภาพสเก็ตช์ การฉายและเขียนภาพออโธกราฟฟิก การเขียนภาพ 3 มิติ การบอกขนาดและค่าความคลาดเคลื่อน การเขียนภาพตัด การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบขั้นแนะนำในการเขียนแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ การเขียนภาพเพื่อใช้งาน การเขียนภาพแยกส่วนและภาพประกอบด้วยโปรแกรม CAD การประยุกต์ใช้งานทางวิศวกรรมเครื่องกล	4(2-4-4)	บูรณาการรายวิชาโดยรวม 2 รายวิชา เป็น 1 วิชา ปรับชื่อรายวิชา ปรับคำอธิบายรายวิชา ปรับหน่วยกิต
ME12112 การเขียนแบบวิศวกรรม 2 การออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์เบื้องต้น การเขียนแบบ 2 มิติและ 3 มิติ ด้วยโปรแกรม CAD การประยุกต์ใช้งานวิศวกรรมเครื่องกล	3(2-2-5)			
ME12121 กลศาสตร์วิศวกรรม 1 ระบบแรงและโมเมนต์ แรงลัพธ์ สมดุลของอนุภาคและวัตถุแข็งเกร็ง แรงกระจายและของไหลสถิตย์ แรงเสียดทาน โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ และโมเมนต์ความเฉื่อยของมวล หลักการของงานเสมือนและความมั่นคง	3(3-0-6)	ME12121 สถิตยศาสตร์และพลศาสตร์ ระบบแรงและโมเมนต์ ผลลัพธ์การรวมแรง สมดุลของอนุภาคและวัตถุแข็งเกร็งแรงเสียดทาน การหาจุดศูนย์และจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุ โมเมนต์ความเฉื่อย จลนศาสตร์และจลนพลศาสตร์ของอนุภาคและวัตถุแข็งเกร็ง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันหลักของงานและพลังงาน กฎการอนุรักษ์พลังงาน การชนหลักการดลและโมเมนตัม	3(3-0-6)	บูรณาการรายวิชาโดยรวม 2 รายวิชา เป็น 1 วิชา ปรับชื่อรายวิชา ปรับคำอธิบายรายวิชา ปรับหน่วยกิต
ME12222 กลศาสตร์วิศวกรรม 2 จลนศาสตร์และจลนพลศาสตร์ของอนุภาคและวัตถุแข็งเกร็ง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน งานและพลังงาน กฎการอนุรักษ์พลังงาน การชน หลักการดลและโมเมนตัม	3(3-0-6)			

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2559		หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565		
รหัสวิชา/ชื่อวิชา	**นก**	**รหัสวิชา/ชื่อวิชา**	**นก**	**สาระในการปรับปรุง**
EL04201 วิศวกรรมไฟฟ้า วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ เครื่องจักรกลไฟฟ้า การควบคุมเครื่องจักรกลไฟฟ้า ยานยนต์ไฟฟ้า ระบบไฟฟ้ากำลัง การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า	2(2-0-4)	ME14212 วิศวกรรมไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับวิศวกรเครื่องกล ศึกษาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ องค์ประกอบวงจรไฟฟ้า องค์ประกอบระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม เครื่องกำเนิดไฟฟ้า มอเตอร์ ระบบไฟฟ้าหนึ่งเฟสและสามเฟส ระบบไฟฟ้ากำลังเบื้องต้น ปฏิบัติการเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ เครื่องจักรกลไฟฟ้า การวัดกำลังไฟฟ้า	3(2-2-5)	บูรณาการรายวิชา โดยรวม 2 รายวิชา เป็น 1 วิชา ปรับชื่อรายวิชา ปรับคำอธิบายรายวิชา ปรับหน่วยกิต
EL04202 การปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า ปฏิบัติการเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ เครื่องจักรกลไฟฟ้า ระบบไฟฟ้ากำลัง การควบคุมเครื่องจักรกลไฟฟ้าอัตโนมัติ	1(0-3-0)			
ME12231 วัสดุวิศวกรรม ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างมหภาคและโครงสร้างจุลภาค แผนภาพสมดุลเฟส และการแปลความหมาย สมบัติ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์โดยใช้วัสดุวิศวกรรม การใช้งานในกลุ่มวัสดุวิศวกรรมหลัก โลหะ โพลีเมอร์ เซรามิก และวัสดุผสม การทดสอบและความหมายของสมบัติทางกล การย่อยสลาย การเสื่อมสภาพและการวิบัติของวัสดุ	3(3-0-6)	ME12231 วัสดุวิศวกรรม ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างมหภาคและโครงสร้างจุลภาค แผนภาพสมดุลเฟส และการแปลความหมาย สมบัติ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์โดยใช้วัสดุวิศวกรรม การใช้งานในกลุ่มวัสดุวิศวกรรมหลัก โลหะ โพลีเมอร์ เซรามิก และวัสดุผสม การทดสอบและความหมายของสมบัติทางกล การย่อยสลาย การเสื่อมสภาพและการวิบัติของวัสดุ	3(3-0-6)	คงเดิม
ME12241 อุณหพลศาสตร์ แนวคิดและคำจำกัดความทางอุณหพลศาสตร์ การเปลี่ยนรูปของพลังงานและการวิเคราะห์พลังงานเบื้องต้น กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ สมบัติของสารบริสุทธิ์ กฎข้อที่สองของอุณหพลศาสตร์ วัฏจักรคาร์โนต์ เอนโทรปี พื้นฐานการถ่ายเทความร้อน	3(3-0-6)	ME12241 อุณหพลศาสตร์ คำจำกัดความและแนวคิดพื้นฐาน คุณสมบัติของสารบริสุทธิ์ แก๊สอุดมคติ กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ กฎข้อที่สองของอุณหพลศาสตร์และวัฏจักรคาร์โนต์งาน ความร้อนและพลังงานเอนโทรปี วัฏจักรกำลังไอ วัฏจักรการทำความเย็น แก๊ส-ไอ และการปรับอากาศ	3(3-0-6)	ปรับคำอธิบายรายวิชา
ME12251 กลศาสตร์ของไหล สมบัติของไหล สถิตยศาสตร์ของไหล สมการความต่อเนื่อง สมการโมเมนตัม สมการพลังงาน สมการเบอร์นูลลี่ พลศาสตร์ของการไหลของของไหลที่ไม่ยุบตัวและไม่มีความหนืด การวิเคราะห์มิติและความคล้ายคลึง การไหลของของไหลที่ไม่ยุบตัวและมีความหนืด การไหลในท่อ	3(3-0-6)	ME12251 กลศาสตร์ของไหล สมบัติของไหลสถิตยศาสตร์ของไหล สมการความต่อเนื่องสมการโมเมนตัมสมการพลังงานสมการเบอร์นูลลี่ พลศาสตร์ของการไหลของของไหลที่ไม่ยุบตัวและไม่มีความหนืด การวิเคราะห์มิติและความคล้ายคลึงการไหลของของไหลที่ไม่ยุบตัวและมีความหนืดการไหลในท่อ	3(3-0-6)	คงเดิม

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2559		หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565		
ME12261 กลศาสตร์วัสดุ แรงและความเค้น ความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียด ความเค้นในคาน การเขียนไดอะแกรมแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด การโก่งของคาน การบิดของเพลา การงอของเสาวงกลมมอร์และความเค้นผสม ความวิบัติ	3(3-0-6)	ME12261 กลศาสตร์ของแข็ง แรงและความเค้น ความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียดความเค้นในคาน การเขียนไดอะแกรมแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด การโก่งของคานการบิดของเพลา การงอของเสาวงกลมมอร์และความเค้นผสม ความวิบัติ	3(3-0-6)	ปรับชื่อรายวิชา
ME12271 กรรมวิธีการผลิต กระบวนการผลิตเบื้องต้น ทฤษฎีและแนวคิดของกระบวนการผลิต การหล่อ การขึ้นรูป การตัดเฉือน และการเชื่อมประสาน ความสัมพันธ์ของวัสดุและกระบวนการผลิต หลักมูลของต้นทุนการผลิต เทคโนโลยีสมัยใหม่ในกระบวนการผลิต	3(3-0-6)	ME12271 กรรมวิธีการผลิต กระบวนการผลิตเบื้องต้น ทฤษฎีและแนวคิดของกระบวนการผลิต การหล่อ การขึ้นรูป การตัดเฉือน และการเชื่อมประสาน ความสัมพันธ์ของวัสดุและกระบวนการผลิต หลักมูลของต้นทุนการผลิต กระบวนการผลิตในเทคโนโลยีสมัยใหม่	3(3-0-6)	คงเดิม
ME23421 วิศวกรรมความปลอดภัย หลักการป้องกันการสูญเสีย การออกแบบวิเคราะห์ และการควบคุมภัยอันตรายจากสถานที่ทำงานต่อส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เทคนิคด้านความปลอดภัยเชิงระบบ การวิเคราะห์ระบบความปลอดภัย และระบบการป้องกัน อุปกรณ์ด้านความปลอดภัย หลักการจัดการความปลอดภัย และกฎหมายด้านความปลอดภัย	3(3-0-6)	ME12281 อาชีวะอนามัยความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม หลักการป้องกันการสูญเสีย การออกแบบวิเคราะห์ และการควบคุมภัยอันตรายจากสถานที่ทำงานต่อส่วนต่างๆ ของร่างกาย ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต่อมนุษย์จากการกระจายของมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม เทคนิคด้านความปลอดภัยเชิงระบบ การวิเคราะห์ระบบความปลอดภัย และระบบการป้องกัน อุปกรณ์ด้านความปลอดภัย หลักการจัดการความปลอดภัยและกฎหมายด้านความปลอดภัย	3(3-0-6)	ย้ายหมวด ปรับรหัสวิชา ปรับชื่อรายวิชา ปรับคำอธิบายรายวิชา
ME130111 การฝึกปฏิบัติงานในโรงงานวิศวกรรม การฝึกปฏิบัติการเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในงานอุตสาหกรรม เครื่องมือวัด เครื่องมือเชื่อม เครื่องมือตัดและเครื่องมือเจาะ เครื่องมือไสและแต่งผิว ตลอดจนการฝึกปฏิบัติการประกอบชิ้นงานและความปลอดภัยในการทำงาน	1(0-3-0)	ME13111 การฝึกปฏิบัติงานในโรงงานวิศวกรรม ฝึกปฏิบัติการเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในงานอุตสาหกรรม เครื่องมือวัด เครื่องมือเชื่อม เครื่องมือตัดและเครื่องมือเจาะ เครื่องมือไสและแต่งผิวตลอดจนการฝึกปฏิบัติการประกอบชิ้นงานและความปลอดภัยในการทำงาน	1(0-3-0)	คงเดิม

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2559		หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565		
รหัสวิชา/ชื่อวิชา	**นก**	**รหัสวิชา/ชื่อวิชา**	**นก**	**สาระในการปรับปรุง**
ME14211 สถิติศาสตร์และการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม ความรู้พื้นฐานสถิติศาสตร์ ข้อมูลและการแจกแจงข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยวิธีการสำรวจ สถิติสำหรับบรรยายลักษณะของข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการประมาณค่าและโดยการทดสอบสมมุติฐาน การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยวิธีการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการออกแบบ เชิงสุ่มสมบูรณ์และการออกแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปร	3(3-0-6)	ME14211 สถิติศาสตร์และการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม ความรู้พื้นฐานสถิติศาสตร์ ข้อมูลและการแจกแจงข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยวิธีการสำรวจ สถิติสำหรับบรรยายลักษณะของข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการประมาณค่าและโดยการทดสอบสมมุติฐาน การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยวิธีการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการออกแบบเชิงสุ่มสมบูรณ์ และการออกแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปร	3(3-0-6)	คงเดิม
ME13212 การฝึกปฏิบัติงานเครื่องมือกลซีเอ็นซีเบื้องต้น ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องจักรกลซีเอ็นซี ระบบแกน การกำหนดตำแหน่งและระนาบ การเขียนโปรแกรมงานกัดซีเอ็นซี ความปลอดภัย และวินัยในการปฏิบัติงานในโรงงานฝึกปฏิบัติงานกัดซีเอ็นซี	1(0-3-0)			ปรับออกเพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน
ME21311 กลศาสตร์เครื่องจักรกล การวิเคราะห์ความเร็วและความเร่งการขจัด การวิเคราะห์แรงจลศาสตร์และแรงทางพลศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนทางกล ชิ้นต่อโยง ขบวนเฟืองและระบบทางกล การสมดุลของมวลหมุนและมวลเคลื่อนที่กลับไปกลับมา	3(3-0-6)	ME21311 ระบบพลศาสตร์และเครื่องจักรกล การวิเคราะห์ความเร็วและความเร่งการขจัด การวิเคราะห์แรงจลศาสตร์และแรงทางพลศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนทางกล ชิ้นต่อโยง ขบวนเฟืองและระบบทางพลศาสตร์ การสมดุลของมวลหมุนและมวลเคลื่อนที่กลับไปกลับมา	3(3-0-6)	เปลี่ยนชื่อวิชา
ME21321 การออกแบบเครื่องจักรกล พื้นฐานการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล คุณสมบัติของวัสดุ ทฤษฎีความเสียหาย การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอย่างง่าย การยึดด้วยหมุดย้ำ การต่อด้วยรอยเชื่อม การยึดด้วยสกรู ลิ่มและสลัก การออกแบบเพลา สปริง การออกแบบเฟืองตรง เฟืองฮีลิก เฟืองดอกจอก และเฟืองเกลียวหนอน สกรูกำลัง คัปปลิง การออกแบบตลับลูกปืน เบรก คลัทช์ สายพาน การออกแบบโซ่ การออกแบบชิ้นงานจริง	3(3-0-6)	ME21321 การออกแบบเครื่องจักรกลและเครื่องขับกำลัง การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอย่างง่าย คุณสมบัติของวัสดุ ทฤษฎีความเสียหาย การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอย่างง่าย การยึดด้วยหมุดย้ำ การต่อด้วยรอยเชื่อม การยึดด้วยสกรู ลิ่มและสลัก การออกแบบเพลา สปริง การออกแบบเฟืองตรง เฟืองฮีลิก เฟืองดอกจอก และเฟืองเกลียวหนอนสกรูกำลังคัปปลิงการออกแบบตลับลูกปืน เบรก คลัทช์ สานพาน การออกแบบโซ่ การออกแบบชิ้นงานอย่างง่าย ระบบขับต้นกำลัง เครื่องยนต์และเครื่องจักรกลไฟฟ้า	3(3-0-6)	เปลี่ยนชื่อวิชาและเพิ่มเนื้อหา

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2559		หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565		
รหัสวิชา/ชื่อวิชา	**นก**	**รหัสวิชา/ชื่อวิชา**	**นก**	**สาระในการปรับปรุง**
หมวดวิชาเฉพาะด้าน จำนวน 50 นก.		**หมวดวิชาเฉพาะด้าน จำนวน 52 นก.**		เพิ่มหน่วยกิต
กลุ่มวิชาบังคับทางวิศวกรรม 37 นก.		**กลุ่มวิชาบังคับทางวิศวกรรม 33 นก.**		ลดหน่วยกิต
ME21331 การควบคุมอัตโนมัติ หลักการควบคุมอัตโนมัติ การวิเคราะห์และการสร้างแบบจำลองของอุปกรณ์ควบคุมเชิงเส้น เสถียรภาพของระบบย้อนกลับเชิงเส้น การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบพลศาสตร์ การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงเส้นในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ การวิเคราะห์ การออกแบบและชดเชยระบบควบคุม	3(3-0-6)	ME21331 หุ่นยนต์และการควบคุมอัตโนมัติ ความเป็นมาของเทคโนโลยีแมคคาทรอนิกส์ แขนกลและหุ่นยนต์ ประเภทและส่วนประกอบของหุ่นยนต์ การออกแบบกลไกเชื่อมต่อ ชุดเกียร์ ลูกเบี้ยว กลไกการส่งกำลัง การวิเคราะห์จลนพลศาสตร์ สมการพิกัดอ้างอิง สมการการเคลื่อนที่แบบ 2 มิติ 3 มิติ เส้นทางการเคลื่อนที่ การจำลองระบบการทำงาน การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงาน หลักการการควบคุมอัตโนมัติ การวิเคราะห์และการสร้างแบบจำลองของอุปกรณ์ควบคุมเชิงเส้น เสถียรภาพของระบบย้อนกลับเชิงเส้น การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบพลศาสตร์ การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงเส้นในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ การสร้างแบบจำลองการชดเชยระบบด้วยตัวแปรสถานะ การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ การเรียนรู้ด้วยเครื่องจักร การนำไปประยุกต์ใช้งานกับอุตสาหกรรมการผลิต การวางแผนการบำรุงรักษาหุ่นยนต์อุตสาหกรรม	3(3-0-6)	เปลี่ยนชื่อวิชาและเพิ่มเนื้อหา
ME21341 การสั่นสะเทือนทางกล การสั่นสะเทือนของระบบในระดับความเสรีขั้นเดียว การสั่นสะเทือนแบบบิด การสั่นสะเทือนแบบอิสระและแบบบังคับ ระเบียบวิธีระบบสมมูล การสั่นสะเทือนของระบบในระดับความเสรีหลายขั้น เทคนิคและวิธีการลดและควบคุมการสั่นสะเทือน	3(3-0-6)	ME21341 การสั่นสะเทือนทางกล การสั่นสะเทือนของระบบในระดับความเสรีขั้นเดียว,การสั่นสะเทือนแบบบิด การสั่นสะเทือนแบบอิสระและแบบบังคับ ระเบียบวิธีระบบสมมูล การสั่นสะเทือนของระบบในระดับความเสรีหลายขั้น เทคนิคและวิธีการลดและควบคุมการสั่นสะเทือน	3(3-0-6)	คงเดิม
ME21351 การถ่ายเทความร้อน รูปแบบของการถ่ายเทความร้อน การนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน และการประยุกต์ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน การเดือดและการควบแน่น	3(3-0-6)	ME21351 การถ่ายเทความร้อน ลักษณะการถ่ายเทความร้อน สภาพการนำความร้อน สมการการนำความร้อน การนำความร้อนในสถานะคงตัวแบบ 1 และ 2 มิติ การนำความร้อนในสถานะไม่คงที่ การพาความร้อนแบบบังคับและแบบธรรมชาติ การถ่ายเทความร้อนขณะเกิดการเดือดและขณะเกิดการควบแน่น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน การแผ่รังสี	3(3-0-6)	ปรับคำอธิบายรายวิชา

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2559		หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565		
รหัสวิชา/ชื่อวิชา	**นก**	**รหัสวิชา/ชื่อวิชา**	**นก**	**สาระในการปรับปรุง**
ME210361 การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับงานวิศวกรรมเครื่องกล การใช้คอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบและวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกล แบบจำลองทางกายภาพและการจำลองเสมือนจริงของปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกล รวมถึงการประยุกต์ใช้ที่เกี่ยวข้อง	3(2-2-5)	ME21361 การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับงานวิศวกรรมเครื่องกล การใช้คอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบและวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกล แบบจำลองทางกายภาพและการจำลองเสมือนจริงของปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกล การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการทดลองการวัดและการควบคุมด้วย Lab view การศึกษาระบบการส่งข้อมูลในระยะไกลแบบ SCADA การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในงานทางวิศวกรรมด้วยวิธีการ FEM และการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม ANSYS การประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวข้อง	3(2-2-5)	ปรับคำอธิบายรายวิชา
		ME21371 การดับเพลิงและระบบป้องกันอัคคีภัย ประเภท สาเหตุและทฤษฎีการเกิดอัคคีภัย อันตรายจากอัคคีภัยหรืออุบัติภัยอื่น ๆ มาตรฐานและกฎหมายเกี่ยวกับอัคคีภัย การจัดเตรียมและออกแบบระบบป้องกันควบคุมและระงับอัคคีภัย การเขียนแผนการฝึกซ้อมดับเพลิงเบื้องต้น การอพยพหนีไฟและการตอบโต้อัคคีภัย ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ อุปกรณ์ดับเพลิงและเครื่องดับเพลิงแบบมือถือ ระบบน้ำดับเพลิง ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง การคำนวณทางชลศาสตร์สำหรับระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง การออกแบบระบบท่อยืน ระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง การออกแบบระบบน้ำฝอยดับเพลิง การออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิง การตรวจสอบ ทดสอบ บำรุงรักษาระบบและอุปกรณ์ต่างๆ		
ME21381 การทำความเย็นและปรับอากาศ ความรู้พื้นฐานการทำความเย็นและสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ การประยุกต์วัฏจักรแบบอัดไอในวัฏจักรการทำความเย็น การวิเคราะห์ส่วนประกอบของระบบ คุณสมบัติของสารทำความเย็น ระบบทำความเย็นชนิดต่างๆ คอมเพรสเซอร์ อีวาปโปเรเตอร์ คอนเดนเซอร์ หอผึ่งลมเย็น การคำนวณภาระการทำความเย็นของห้องเย็น การประมาณภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ การกระจายลม การออกแบบระบบท่อ และเทคนิคไครโอเจนิกส์	3(3-0-6)	ME21381 การทำความเย็นและปรับอากาศ ทบทวนหลักการทางอุณหพลศาสตร์ หลักการทำความเย็น และระบบทำความเย็นแบบต่าง ๆ การทำความเย็นแบบอัดไอโดยวิธีกล แบบการอัดชั้นเดียวและหลายชั้น อุปกรณ์หลักของระบบทำความเย็น เช่น เครื่องอัดไอ เครื่องควบแน่น เครื่องทำระเหย อุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารทำความเย็น และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ การทำความเย็นแบบดูดซึม สารทำความเย็นไซโครเมตริก แนะนำเทคโนโลยีร่วมสมัยด้าน การทำความเย็น และ การปรับอากาศ การคำนวณภาระทำความเย็นสำหรับระบบทำความเย็นและปรับ อากาศ การแช่แข็งอาหาร การออกแบบท่อลม การออกแบบการกระจายลม หลักการเลือกหัวจ่ายลมเย็น		ปรับคำอธิบายรายวิชา

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2559		หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565		
รหัสวิชา/ชื่อวิชา	**นก**	**รหัสวิชา/ชื่อวิชา**	**นก**	**สาระในการปรับปรุง**
ME21391 วิศวกรรมโรงจักรต้นกำลัง หลักการเปลี่ยนรูปพลังงานและแนวทางในการนำไปใช้ วัฏจักรกำลังไอน้ำ การวิเคราะห์เชื้อเพลิงและการเผาไหม้ และการศึกษาส่วนประกอบของโรงจักรต้นกำลังไอน้ำ กังหันก๊าซและเครื่องยนต์สันดาปภายใน วัฏจักรผลิต ความร้อนร่วมและระบบผลิตพลังงานร่วม โรงไฟฟ้าพลังน้ำ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เครื่องมือวัดและการควบคุมเศรษฐศาสตร์โรงจักรต้นกำลังและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	3(3-0-6)	ME21391 พลังงาน โรงจักรต้นกำลัง และระบบทำความร้อน หลักการเปลี่ยนรูปพลังงานและแนวทางในการนำไปใช้วัฏจักรกำลังไอน้ำการวิเคราะห์เชื้อเพลิงและการเผาไหม้และการศึกษาส่วนประกอบของโรงจักรต้นกำลังไอน้ำกังหันก๊าซและเครื่องยนต์สันดาปภายในวัฏจักรผลิตความร้อนร่วมและระบบผลิตพลังงานร่วมโรงไฟฟ้าพลังน้ำโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เครื่องมือวัดและการควบคุมเศรษฐศาสตร์โรงจักรต้นกำลังและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์และการออกแบบระบบทางความร้อน วิธีเลือกและออกแบบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบการไหลและระบบทางความร้อน	3(3-0-6)	เปลี่ยนชื่อวิชาและเพิ่มเนื้อหา
ME41411เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม แนวคิดพื้นฐานของการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ แนวความคิดเกี่ยวกับต้นทุน มูลค่าเงินที่เปลี่ยนตามเวลา การวัดเพื่อ เปรียบเทียบโครงการเชิงเศรษฐศาสตร์ค่าเสื่อมราคาและภาษีรายได้ การวิเคราะห์การทดแทนทรัพย์สิน การตัดสินใจภายใต้ความ เสี่ยงและความไม่แน่นอน การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน	3(3-0-6)	ME21411เศรษฐศาสตร์และการจัดการงานวิศวกรรม นิยามต่าง ๆ ทางเศรษฐศาสตร์ ค่าเงินที่เปลี่ยนตามเวลาและค่าเทียบเท่า วิธีการเปรียบเทียบแบบต่าง ๆ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน การประเมินการทดแทน การประมาณต้นทุน ต้นทุนมาตรฐาน ค่าเสื่อมราคา ประมาณการผลภาษีเงินได้ ความเสี่ยงและความไม่แน่นอน การศึกษาหลักการด้านการจัดการอุตสาหกรรม กลยุทธ์การผลิตและการแข่งขันในอุตสาหกรรม การจัดการคุณภาพโดยรวมและการควบคุมคุณภาพด้วยหลักสถิติ ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีและแบบลีน การวางแผนกำลังการผลิต และการจัดตารางการผลิต		ย้ายหมวดวิชา เปลี่ยนชื่อรายวิชา เพิ่มเนื้อหา
ME31421 การเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล การคัดเลือกหัวข้อโครงการโดยได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษา การวางแผนโครงการ วัตถุประสงค์ ขอบข่ายและแผนงาน ศึกษาวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การส่งรายงานและ นำเสนอรายงานด้วยปากเปล่า	1(0-3-0)	ME22421 การเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล การคัดเลือกหัวข้อโครงการโดยได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษา การวางแผนโครงการ วัตถุประสงค์ ขอบข่ายและแผนงาน ศึกษาวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การส่งรายงานและ นำเสนอรายงานด้วยปากเปล่า	1(0-3-0)	ย้ายหมวดวิชา
ME31422 โครงงานวิศวกรรมเครื่องกล การดำเนินงานโครงการที่ได้ศึกษาไว้ในวิชาการเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล ให้เสร็จสมบูรณ์ภายในหนึ่งภาคการศึกษา การเขียนรายงานที่สมบูรณ์และสอบปากเปล่าเกี่ยวกับโครงงานวิศวกรรมเครื่องกลนั้น	2(0-4-2)	ME22422 โครงงานวิศวกรรมเครื่องกล การดำเนินงานโครงการที่ได้ศึกษาไว้ในวิชาการเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล ให้เสร็จสมบูรณ์ภายในหนึ่งภาคการศึกษา การเขียนรายงานที่สมบูรณ์และสอบปากเปล่า เกี่ยวกับโครงงานนั้น	2(0-4-2)	ย้ายหมวดวิชา

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2559		หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565		
รหัสวิชา/ชื่อวิชา	**นก**	**รหัสวิชา/ชื่อวิชา**	**นก**	**สาระในการปรับปรุง**
ME21371 เครื่องยนต์สันดาปภายใน หลักพื้นฐานของเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน การเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิด ด้วยประกายไฟ และการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด เชื้อเพลิงและการเผาไหม้ ระบบ จุดระเบิด สมบัติของแก๊สผสม วัฏจักรเชื้อเพลิงอากาศทางอุดมคติ การอัดบรรจุอากาศและการไล่ไอเสีย สมรรถนะและการทดสอบเครื่องยนต์ การหล่อลื่น	3(3-0-6)			ปิดรายวิชา
ME22211 การปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 1 การวัดทางวิศวกรรม การทดสอบสมบัติวัสดุวิศวกรรม (การทดสอบสมบัติทางกล สมบัติทางกายภาพ) การทดลองที่เกี่ยวข้องกับการไหลและเทอร์โมไดนามิกส์ จำนวนไม่น้อยกว่า 10 ปฏิบัติการ	1(0-3-0)			ปิดรายวิชา
ME22312 การปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 2 การทดลองที่เกี่ยวข้องการถ่ายเทความร้อน และกลศาสตร์วัสดุ จำนวนไม่น้อยกว่า 10 ปฏิบัติการ	1(0-3-0)			ปิดรายวิชา
ME22313 การปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 3 การทดลองที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ ระบบควบคุมอัตโนมัติ โรงจักรต้นกำลัง และการสั่นสะเทือนทางกล จำนวนไม่น้อยกว่า 10 ปฏิบัติการ	1(0-3-0)			ปิดรายวิชา
ME23411 การเตรียมความพร้อมของการเป็นวิศวกร คุณลักษณะและคุณสมบัติของวิศวกร การแนะแนวทางอาชีพวิศวกรรม การเตรียมความพร้อมสำหรับวิศวกรอาเซียน เกณฑ์ข้อบังคับของสภาวิศวกร จริยธรรมและจรรยาบรรณของวิศวกร การขอรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม การประยุกต์คอมพิวเตอร์ในงานทางวิศวกรรมขั้นต้น ความปลอดภัยในงานวิชาชีพวิศวกรรม เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ทักษะการเขียนรายงานทางเทคนิค การบริหารจัดการเบื้องต้น ความคาดหวังต่ออาชีพวิศวกรและความคาดหวังของผู้ประกอบการ เส้นทางสู่การประสบความสำเร็จในอาชีพวิศวกร	1(0-3-0)			ปิดรายวิชา
ME23431 ระบบการจัดการและมาตรฐานอุตสาหกรรม หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับมาตรฐานอุตสาหกรรมที่สาคัญ เช่น ISO9000, ISO14000, TS16949, ISO18000, GMP, HACCP, TQA หลักการและแนวคิดเกี่ยวกับระบบการจัดการอุตสาหกรรม เช่น LEAN, TPM, Six-Sigma มุ่งเน้นระบบการจัดการและมาตรฐานอุตสาหกรรมสมัยใหม่ที่ใช้ อย่างแพร่หลาย รวมถึงเทคนิคการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อช่วยเพิ่มผลิตภาพและประสิทธิภาพการผลิต เช่น KAIZEN, QCC	3(3-0-6)			ปิดรายวิชา

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2559		หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565		
รหัสวิชา/ชื่อวิชา	**นก**	**รหัสวิชา/ชื่อวิชา**	**นก**	**สาระในการปรับปรุง**
กลุ่มวิชาเลือกทางวิศวกรรม 16 นก.		**กลุ่มวิชาเลือกทางวิศวกรรม 16 นก.**		คงเดิม
- กลุ่มวิชาฝึกประสบการณ์วิชาชีพ 4-7 นก		**- กลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม 1-7 นก**		ลดหน่วยกิตในกลุ่มฝึกงาน
ME31411 การฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล ฝึกงานในโรงงานอุตสาหกรรม หน่วยงานราชการ หรือรัฐวิสาหกิจ ที่ประกอบกิจการประเภทอุตสาหกรรมทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล หรือ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยจะต้องฝึกงานเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 2 เดือน และมีชั่วโมงการทำงานไม่น้อยกว่า 240 ชั่วโมง	1(240)	ME31411 การฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล ฝึกงานในโรงงานอุตสาหกรรม หน่วยงานราชการ หรือรัฐวิสาหกิจ ที่ประกอบกิจการประเภทอุตสาหกรรมทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล หรือ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยจะต้องฝึกงานเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 2 เดือน และมีชั่วโมงการทำงานไม่น้อยกว่า 240 ชั่วโมง	1(240)	คงเดิม
ME32411 การเตรียมความพร้อมสหกิจศึกษา แนวคิด และกระบวนการของสหกิจศึกษาและระเบียบ ข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง ความรู้พื้นฐานและเทคนิคในการสมัครงานของอาชีพวิศวกรรมเครื่องกล ความรู้พื้นฐานในการปฏิบัติงาน จริยธรรมในการประกอบอาชีพ การสื่อสาร มนุษยสัมพันธ์ในการทำงานร่วมกับผู้ร่วมงาน การพัฒนาบุคลิกภาพ เพื่อการปฏิบัติงานในสถานประกอบการ การบริหารงานคุณภาพในสถานประกอบการ เทคนิคการเขียนรายงานและการนำเสนอโครงงานทางสารสนเทศ	1(0-3-0)	ME32411 การเตรียมความพร้อมสหกิจศึกษา แนวคิด และกระบวนการของสหกิจศึกษาและระเบียบ ข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง ความรู้พื้นฐานและเทคนิคในการสมัครงานของอาชีพวิศวกรรมเครื่องกล ความรู้พื้นฐานในการปฏิบัติงาน จริยธรรมในการประกอบอาชีพ การสื่อสาร มนุษยสัมพันธ์ในการทำงานร่วมกับผู้ร่วมงาน การพัฒนาบุคลิกภาพ เพื่อการปฏิบัติงานในสถานประกอบการ การบริหารงานคุณภาพในสถานประกอบการ เทคนิคการเขียนรายงานและการนำเสนอโครงงานทางสารสนเทศ	1(0-3-0)	คงเดิม
ME32412 สหกิจศึกษา การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในสถานประกอบการของภาคอุตสาหกรรมด้านวิศวกรรมเครื่องกล 1 ภาคการศึกษา โดยความร่วมมือระหว่างสถาบันกับสถานประกอบการเสมือนเป็นพนักงานของสถานประกอบการ การจัดทำรายงาน และการนำเสนอผลงาน การประเมินผลร่วมกันระหว่างอาจารย์ที่ปรึกษาหัวหน้า หรือพี่เลี้ยงในสถานประกอบการที่ดูแลรับผิดชอบการปฏิบัติงานของนักศึกษา	6(480)	ME32412 สหกิจศึกษา การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในสถานประกอบการของภาคอุตสาหกรรมด้านวิศวกรรมเครื่องกล 1 ภาคการศึกษา โดยความร่วมมือระหว่างสถาบันกับสถานประกอบการเสมือนเป็นพนักงานของสถานประกอบการ การจัดทำรายงาน และการนำเสนอผลงาน การประเมินผลร่วมกันระหว่างอาจารย์ที่ปรึกษาหัวหน้า หรือพี่เลี้ยงในสถานประกอบการที่ดูแลรับผิดชอบการปฏิบัติงานของนักศึกษา	6(480)	คงเดิม

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2559		หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565		
รหัสวิชา/ชื่อวิชา	**นก**	**รหัสวิชา/ชื่อวิชา**	**นก**	**สาระในการปรับปรุง**
กลุ่มวิชาวิศวกรรมเครื่องกล 9-6 นก		**กลุ่มวิชาวิศวกรรมเครื่องกล 12-6 นก**		เพิ่มหน่วยกิต
ME41415 พลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ วิศวกรรมพลังงานแสงอาทิตย์ การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ การวัดและการวิเคราะห์ข้อมูลการแผ่รังสี เฉพาะที่การส่งผ่านและการดูดกลืนรังสีของตัวกลางกึ่งโปร่งใส ลักษณะพื้นที่ ทฤษฎีของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นราบและแบบโฟกัส สมการฮอทเท็ลวิลเลียร์ การผลิตกำลังไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และการแปลงสภาวะโฟโตโวตาอิค การใช้งานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ การวิเคราะห์ระบบ และเศรษฐศาสตร์ หลักการเปลี่ยนรูปพลังงาน ทฤษฎีเบื้องต้นของสารกึ่งตัวนำและรอยต่อพี-เอ็น ทฤษฎีเซลล์แสงอาทิตย์ที่เกิดจากปรากฏการณ์โฟโตโวลทาอิค ลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด วัสดุและเทคโนโลยี การใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้บรรยากาศโลก การคำนวณหาขนาด การพิจารณาทางเศรษฐศาสตร์ ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์	3(3-0-6)	ME41401 พลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์ วิศวกรรมพลังงานแสงอาทิตย์ การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ การวัดและการวิเคราะห์ข้อมูลการแผ่รังสี ทฤษฎีของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นราบและแบบโฟกัส เทคโนโลยีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ การใช้งานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ การวิเคราะห์ระบบและเศรษฐศาสตร์ หลักการเปลี่ยนรูปพลังงาน การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ด้านระบบความร้อน การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้า การคำนวณหาขนาดการติดตั้งการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ การพิจารณาทางเศรษฐศาสตร์ ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้งานพลังงานแสงอาทิตย์	3(3-0-6)	เปลี่ยนรหัสวิชา ปรับคำอธิบายวิชา
		ME41402 ยานยนต์ไฟฟ้า การศึกษาเกี่ยวกับชิ้นส่วนอุปกรณ์ขับเคลื่อนไฟฟ้า ลักษณะภาระของระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า ระบบเบรคการทำงานของมอเตอร์ ระบบส่งกำลังและขนาดชุดส่งกำลัง ความสัมพันธ์ของความเร็วแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้า ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ ระบบควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ ระบบการควบคุมการประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า การประยุกต์การใช้งานของระบบขับเคลื่อนในยานยนต์ไฟฟ้า การออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า การวิเคราะห์โครงสร้างด้วยหลักอากาศพลศาสตร์ ระบบความปลอดภัยในยานยนต์ไฟฟ้า และการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของยานยนต์ไฟฟ้า	3(3-0-6)	รายวิชาใหม่

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2559		หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565		
รหัสวิชา/ชื่อวิชา	**นก**	**รหัสวิชา/ชื่อวิชา**	**นก**	**สาระในการปรับปรุง**
ME41406 การอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน หลักการเบื้องต้นของการอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน สมดุลพลังงานในการอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน หม้อแปลงไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า ไฟแสงสว่าง หม้อไอน้ำ เครื่องปรับอากาศ เครื่องอัดอากาศ และอาคารสิ่งปลูกสร้าง การตรวจวัดการใช้พลังงาน เครื่องมือและเทคนิคในการตรวจวัด การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และแผนอนุรักษ์พลังงาน กฎหมายที่เกี่ยวข้อง กรณีศึกษา	3(3-0-6)	ME41403 การอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน หลักการเบื้องต้นของการอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน สมดุลพลังงานในการอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน หม้อแปลงไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า ไฟแสงสว่าง หม้อไอน้ำ เครื่องปรับอากาศ เครื่องอัดอากาศ และอาคารสิ่งปลูกสร้าง การตรวจวัดการใช้พลังงาน เครื่องมือและเทคนิคในการตรวจวัด การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และแผนอนุรักษ์พลังงาน กฎหมายที่เกี่ยวข้อง กรณีศึกษา	3(3-0-6)	เปลี่ยนรหัสวิชา
		ME41404 เทคโนโลยีการอบแห้ง การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ การวัดและการวิเคราะห์ข้อมูลการแผ่รังสีที่ส่งผ่านและการดูดกลืนรังสีของตัวกลางกึ่งโปร่งใส ลักษณะพื้นที่ ทฤษฎีของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นราบและแบบโฟกัสคุณสมบัติของอากาศชื้น การไหลของอากาศ ความชื้นสมดุล คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของอาหารและเมล็ดพืชระบบอบแห้ง การวิเคราะห์การอบแห้งอย่างง่ายและแม่นยำ เทคโนโลยีการอบแห้ง การอบแห้งเมล็ดเดี่ยว การอบแห้งแบบชั้นบาง การอบแห้งแบบชั้นหนา การวิเคราะห์การอบแห้งอาหาร การอบแห้งแบบชั้นเมล็ดพืชนิ่งและชั้นเมล็ดพืชเคลื่อนที่การอบแห้งแบบพ่นฝอย การอบแห้งแบบถังหมุน	3(3-0-6)	รายวิชาใหม่
		ME41405 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องจักรในโรงงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ความสำคัญของการอนุรักษ์พลังงานหลักการเบื้องต้นของการอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน ระเบียบ กฎหมายที่เกี่ยวข้องการจัดการพลังงานและขั้นตอนการจัดการพลังงานการกำหนดและวางแผนการทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานการประเมินศักยภาพภาพการอนุรักษ์พลังงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ ค่ามาตรฐานต่าง ๆ เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ขั้นตอนการตรวจวัดและการรวบรวมข้อมูลเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน การประเมินประสิทธิภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ตัวแปรปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์ เครื่องมือและเทคนิคในการตรวจวัด มาตรการการอนุรักษ์ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และแผนอนุรักษ์พลังงาน กรณีศึกษามาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงาน	3(2-2-5)	รายวิชาใหม่

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2559		หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565		
รหัสวิชา/ชื่อวิชา	**นก**	**รหัสวิชา/ชื่อวิชา**	**นก**	**สาระในการปรับปรุง**
ME41405 พลังงานทดแทน ปฏิบัติการเกี่ยวกับแหล่งพลังงานทดแทน การใช้พลังงานทดแทน การทดสอบ พัฒนาและสาธิตตลอดจนส่งเสริมและเผยแพร่พลังงานทดแทน ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในท้องถิ่น พลังงานลม แสงอาทิตย์ ชีวมวล น้ำ ไฮโดรเจน ไบโอดีเซล เอทานอล ก๊าซธรรมชาติ และชนิดที่มีใช้ตามความเหมาะสม ทั้งทางด้านเทคนิค เศรษฐกิจ และสังคมการประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนให้สอดคล้องกับโครงการที่เกี่ยวข้องกับแผนงานพัฒนาพลังงานทดแทนของรัฐบาล นโยบายพลังงาน	3(2-2-5)	ME41406 พลังงานทดแทนและการหมุนเวียน ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับแหล่งพลังงานทดแทน ปริมาณการใช้พลังงานหลักและพลังงานทดแทน ศักยภาพการผลิตพลังงานหลักและพลังงานทดแทน แผนการใช้พลังงานหลักและพลังงานทดแทน แหล่งพลังงานหลักและพลังงานทดแทน เทคโนโลยีการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนทั้งทางด้านเทคนิค เศรษฐกิจ และสังคม ตัวอย่างการใช้พลังงานทดแทนและการประยุกต์ใช้งาน	3(2-2-5)	ปรับชื่อวิชา ปรับคำอธิบายวิชา
		ME41407 การอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม ความต้องการในการใช้พลังงานในอาคารและโรงงาน ภาระความร้อนในอาคารและโรงงาน การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ผลของความร้อนและแสงต่ออาคารและโรงงาน เทคโนโลยีการปรับอากาศและการระบายอากาศ วัสดุในการทำฉนวน การอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงาน การคำนวณการประหยัดพลังงาน การใช้เครื่องมือ การวิเคราะห์การใช้พลังงาน การประมาณศักยภาพการประหยัดพลังงาน ผลตอบแทนการลงทุน ระบบและอุปกรณ์และเครื่องจักรที่มีใช้พลังงานในอาคารและโรงงาน การประหยัดพลังงานในระบบไอน้ำ การเผาไหม้ เตาอบ มอเตอร์ไฟฟ้า การปรับอากาศและการระบายอากาศ ปั๊ม และอุปกรณ์ที่สำคัญอื่น ๆ การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ เทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม	3(3-0-6)	รายวิชาใหม่
		ME41408 การออกแบบระบบทางความร้อนขั้นสูง การวิเคราะห์และการออกแบบระบบทางความร้อนขั้นสูง วิธีเลือกและออกแบบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบการไหลและระบบทางความร้อนการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบทางความร้อนการสร้างสมการแบบจำลองของอุปกรณ์ทางความร้อน การจำลองระบบ การหาค่าเหมาะสมที่สุด	3(3-0-6)	รายวิชาใหม่

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2559		หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565		
รหัสวิชา/ชื่อวิชา	**นก**	**รหัสวิชา/ชื่อวิชา**	**นก**	**สาระในการปรับปรุง**
ME41414 การขนถ่ายวัสดุ การวิเคราะห์และวางแผนการขนถ่ายวัสดุ การเปรียบเทียบและการคัดเลือกเครื่องมือ ขนถ่ายวัสดุ การวางผังขนถ่ายวัสดุ การออกแบบระบบเครื่องมือขนถ่ายวัสดุ การขนถ่ายโดยแรงดึงดูดโลก เกลียวลำเลียง กะพ้อ สายพานลำเลียง โซ่ลำเลียง เครื่องลำเลียงโดยการสั่น การกำจัดฝุ่นและการออกแบบระบบท่อ และการขนถ่ายวัสดุเหลว	3(3-0-6)	ME41409 การขนถ่ายวัสดุ ศึกษาการวิเคราะห์และวางแผนการขนถ่ายวัสดุ การเปรียบเทียบและการคัดเลือกเครื่องมือขนถ่ายวัสดุ การวางผังขนถ่ายวัสดุ การออกแบบระบบเครื่องมือขนถ่ายวัสดุ ระบบต้นกำลังของการขนถ่ายวัสดุ การขนถ่ายด้วยเกลียวลำเลียง กะพ้อ สายพานลำเลียง โซ่ลำเลียง การลำเลียงแบบสั่น การลำเลียงในท่อ การวัสดุขึ้น-ลง ลิฟท์ บันไดเลื่อนและทางเลื่อน เครน รถขนส่งวัสดุอัตโนมัติ ระบบการจัดการคลังสินค้าและการลำเลียงอัตโนมัติ	3(2-2-5)	ปรับหน่วยกิต เพิ่มเนื้อหา
ME41404 การควบคุมระบบไฮดรอลิกและระบบนิวเมติกส์ ระบบพื้นฐานการควบคุม การควบคุมแบบตรรกะ การควบคุมแบบป้อนกลับ การออกแบบระบบควบคุม การออกแบบระบบควบคุมในยานยนต์ : แบบจำลองระบบ ตัวขับเคลื่อน ตัวตรวจวัด และระบบควบคุมอีเลคทรอนิกส์ กรณีศึกษาระบบควบคุมในยานยนต์ เช่น ระบบจัดการเครื่องยนต์และชุดส่งกำลัง ระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติ ระบบควบคุมเบรก ระบบควบคุมการส่งถ่ายแรง ระบบควบคุมการทรงตัว เป็นต้น หลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ ทั้งทางกลและไฟฟ้า การวัดระยะทาง ความเร็ว ความเร่ง ขนาดและทิศทางของแรง ความเครียด ความเค้น ความดัน อัตราไหล อุณหภูมิ อุปกรณ์ปรับสถานะสัญญาณ อุปกรณ์ส่งสัญญาณ และอุปกรณ์ประมวลและแสดงผล โดยใช้เทคโนโลยีเกี่ยวกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในการควบคุม	3(3-0-6)	ME41410 การควบคุมระบบไฮดรอลิกและระบบนิวเมติกส์ ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์ ชิ้นส่วนและอุปรณ์ของระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์ สัญลักษณ์และวงจรพื้นฐานของระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์ การควบคุมระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์ แบบธรรมดาและไฟฟ้า การวิเคราะห์ปัญหาและแก้ไขระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์ การบำรุงรักษาระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์	3(2-2-5)	ปรับหน่วยกิต เปลี่ยนรหัสวิชา ปรับคำอธิบายรายวิชา
		ME41411 การออกแบบระบบท่อทางวิศวกรรม การกำหนดขนาด และออกแบบระบบท่อต่าง ๆ เช่น ท่อน้ำร้อนและน้ำเย็น ท่อสำหรับอากาศอัด และก๊าซชนิดต่าง ๆ การออกแบบท่อน้ำทิ้ง และท่อระบายอากาศ การออกแบบระบบท่อไอน้ำ และน้ำที่ได้ จากการควบแน่น การใช้ตัวดักไอน้ำ การลดความดันในท่อ การเลือกใช้อุปกรณ์และส่วนประกอบในระบบท่อ เช่น วาล์วประเภทต่าง ๆ ท่อและข้อต่อ กรอง อุปกรณ์แขวนท่อ ฉนวน เป็นต้น เทคนิคการติดตั้งระบบท่อ การตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบท่อ	3(3-0-6)	รายวิชาใหม่

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2559		หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565		
รหัสวิชา/ชื่อวิชา	**นก**	**รหัสวิชา/ชื่อวิชา**	**นก**	**สาระในการปรับปรุง**
		ME41412 วิศวกรรมยานยนต์ ศึกษาการหาค่ากำลังของยานพาหนะ แรงต้านทานการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ แรงฉุดลาก ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของเครื่องยนต์กับความเร็วของรถยนต์ กราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ อัตราเร่ง อัตราหน่วง เสถียรภาพบนทางลาดและบนทางเอียง เสถียรภาพในขณะเลี้ยว	3(2-2-5)	รายวิชาใหม่
		ME42406 ระบบการควบคุมแขนหุ่นยนต์ การรับภาพ เทคนิคแสง การประมวลผลภาพและการวิเคราะห์ เทคนิคการประมวลผลภาพ เทคนิคแมชชีนวิชั่น (3D) การออกแบบพื้นที่ทำงานของหุ่นยนต์และการควบคุม การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์ การจำลองด้วยกราฟฟิกส์ของพื้นที่ทำงานหุ่นยนต์ การประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ในการผลิต การทำงานของเครื่องจักรกลเอ็นซีและซีเอ็นซี ระบบควบคุมเครื่องจักรกลด้วยตัวเลข ระบบ ควบคุมซีเอ็นซี ระบบโคออดิเนท จุดศูนย์และจุดอ้างอิง การกำหนดขนาดเอ็นซี การสร้างโปรแกรมและการเขียนโปรแกรมคำสั่งในโปรแกรมซีเอ็นซี คำสั่งชดเชยขนาดตามเส้นขอบรูป การจัดการในระบบเอ็นซี ฝึกปฏิบัติการเขียนโปรแกรม ทดลองใช้โปรแกรมและฝึกปฏิบัติงานกับเครื่องจักรกลซีเอ็นซี	3(3-0-6)	รายวิชาใหม่
		ME42407 เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถานการณ์ปัจจุบันของการผลิตและการบริโภค สมบัติทางกายภาพและทางชีวเคมีของพืชมาตรฐาน การเก็บเกี่ยวและการนวด การอบแห้ง การเก็บรักษา การสีและระบบการขนถ่ายและการลำเลียง ผลิตภัณฑ์จากพืชและการใช้ประโยชน์	3(3-0-6)	รายวิชาใหม่
		ME42408 เทคโนโลยีการผลิตน้ำตาลทราย แนะนำอุตสาหกรรมน้ำตาล การหีบอ้อย การทำน้ำอ้อยรวมให้ใส การต้มระเหยน้ำอ้อย การต้มเคี่ยวน้ำตาล การตกผลึกน้ำตาล การปั่นแยกน้ำตาลการอบแห้งน้ำตาล การผลิตน้ำตาลทรายบริสุทธิ์ การจัดเก็บรักษาน้ำตาล	3(3-0-6)	รายวิชาใหม่
		MK12402 การเป็นผู้ประกอบการสำหรับวิศวกรเครื่องกล หลักการและแนวคิดการจัดตั้งองค์กรทางธุรกิจ กระบวนการบริหารธุรกิจ การบริหารการผลิต การวางแผนทางการเงิน การบริหารทรัพยากรมนุษย์แผนธุรกิจและแผนการตลาด กฎหมายธุรกิจ จริยธรรม จรรยาบรรณทางธุรกิจและผลกระทบของธุรกิจต่อสิ่งแวดล้อม	3(2-2-5)	รายวิชาใหม่

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2559		หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565		
รหัสวิชา/ชื่อวิชา	**นก**	**รหัสวิชา/ชื่อวิชา**	**นก**	**สาระในการปรับปรุง**
ME41401 การบริหารงานในอุตสาหกรรม ทฤษฎีและโครงสร้างขององค์กรอย่างมีแบบแผน หน้าที่ของการบริหาร การจัดการ การแก้ปัญหาในงานอุตสาหกรรม ศึกษาเฉพาะกรณีในการวิเคราะห์ปัญหาการบริหารและการตัดสินใจ	3(3-0-6)			ปิดรายวิชา
ME41402 การเผาไหม้และการควบคุมมลพิษในอุตสาหกรรม หลักการการเผาไหม้เบื้องต้น มลพิษจากการเผาไหม้ภายในและการควบคุม แหล่งกำเนิด ประเภทของมลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้ ผลกระทบของมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและต่อมนุษย์ การกระจายของมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมและการควบคุม เทคโนโลยีที่ใช้ควบคุมคุณภาพสิ่งแวดล้อมจากการเผาไหม้	3(3-0-6)			ปิดรายวิชา
ME41403 เทคโนโลยีเครื่องจักรกลและหุ่นยนต์ทางการเกษตร โครงสร้างและหลักการการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตรแต่ละชนิด เครื่องมือปลูก อุปกรณ์ต่อพ่วง เครื่องมือเตรียมดิน เครื่องมือดูแลบำรุงรักษา เครื่องมือเก็บเกี่ยว หลักการทดสอบเพื่อประเมินสมรรถนะและหาประสิทธิภาพของเครื่องจักรกลแต่ละชนิดที่ใช้ในการเกษตร การวิเคราะห์และออกแบบเครื่องมือสำหรับกระบวนการผลิตและการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร เครื่องมือคัดแยกขนาด การทำความสะอาดและการลดขนาด เทคนิคและการใช้อุปกรณ์การถ่ายเทความร้อน การกลั่น การสกัดและการบรรจุ การควบคุมและบันทึกสภาพการแปรรูป การลดความชื้นและการอบแห้ง การแปรสภาพด้วยความร้อนและเก็บรักษาในห้องเย็น ปฏิบัติการเกี่ยวกับหลักการไซโล ระบบลำเลียงสำหรับไซโลในอุตสาหกรรม ชนิดของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุเกษตรแบบต่างๆ หลักการออกแบบระบบการขนถ่าย ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหุ่นยนต์ที่ใช้ทางการเกษตรและการนำไปใช้งานทางการเกษตร ส่วนประกอบและโครงสร้างของหุ่นยนต์ การนำไปประยุกต์ใช้งานกับอุตสาหกรรมการผลิต และการเลือกใช้งานหุ่นยนต์	3(3-0-6)			ปิดรายวิชา
ME41407 การวัดและเครื่องมือวัด ปฏิบัติการเกี่ยวกับระบบเครื่องมือวัดโดยทั่วไป การบอกลักษณะของเครื่องมือวัด ความไว ความถูกต้อง และผลตอบสนองความถี่ การประยุกต์ใช้หลักทางสถิติในการวิเคราะห์และปรับปรุงข้อมูล หลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ ทั้งทางกลและไฟฟ้า การวัดระยะทาง ความเร็ว ความเร่ง ขนาดและทิศทางของแรง ความเครียด ความเค้น ความดัน อัตราไหล อุณหภูมิ อุปกรณ์ปรับสถานะสัญญาณ อุปกรณ์ส่งสัญญาณ อุปกรณ์ประมวลและแสดงผล	3(2-2-5)			ปิดรายวิชา
ME41408 ระบบควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรม หลักการควบคุมอัตโนมัติ การวิเคราะห์และจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบทางกล ระบบไฟฟ้า ระบบของไหล-ความร้อน ระบบไฮดรอลิกส์ ระบบนิวเมติกส์ ระบบอัตโนมัติสำหรับอุตสาหกรรม เซนเซอร์สำหรับระบบอัตโนมัติ อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมเครื่องจักรอัตโนมัติแต่งละแบบ PLC ไมโครคอนโทลเลอร์ อุปกรณ์กระตุ้นที่ใช้ในระบบอัตโนมัติ มอเตอร์ ลูกสูบ ระบบอัตโนมัติที่ใช้ระบบนิวเมติกส์ ระบบไฮดรอลิกส์และระบบไฟฟ้า ส่วนประกอบของระบบควบคุม เสถียรภาพและสมรรถนะของระบบควบคุมแบบป้อนกลับเชิงเส้น การออกแบบและวิเคราะห์ระบบควบคุมบนโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ แบบจำลองปริภูมิสเตท ระบบควบคุมแบบปัจจุบันเบื้องต้น	3(2-2-5)			ปิดรายวิชา

หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2559		หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2565		
รหัสวิชา/ชื่อวิชา	**นก**	**รหัสวิชา/ชื่อวิชา**	**นก**	**สาระในการปรับปรุง**
ME41409 การควบคุมคุณภาพ หลักการการควบคุมคุณภาพ ขอบข่ายงานควบคุมคุณภาพในวิศวกรรมเกษตร การจัดองค์กรและบริหารงานควบคุมคุณภาพ การใช้เทคนิคทางสถิติในการควบคุมคุณภาพ การผันแปรและความสามารถของขบวนการ แผนภูมิการควบคุมและการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบ การออกแบบข้อกำหนด การควบคุม และวิธีการดำเนินการตรวจสอบ วิธีการใช้ตารางสุ่มตัวอย่างมาตรฐาน การศึกษาความน่าเชื่อถือ				
ME41410 พัดลม ปั๊มและ คอมเพรสเซอร์ ปฏิบัติเกี่ยวกับลักษณะและการทำงานของพัดลม ปั๊ม และคอมเพรสเซอร์ แต่ละประเภท ลักษณะใบพัด การไหลในท่อปิด กราฟเฮดของระบบวอเตอร์แฮมเมอร์ คุณสมบัติของปั๊มแบบเซ็นติฟูกอล คาวิเตชั่น การออกแบบระบบสูบน้ำ การออกแบบบ่อสูบ การติดตั้งปั๊มและอุปกรณ์ การใช้งานและการบำรุงรักษา การกำหนดรายละเอียดเพื่อการจัดซื้อ	3(3-0-6)			ปิดรายวิชา
ME41412 เครื่องยนต์กังหันแก๊ส ชนิดของเครื่องยนต์และการทำงานกังหัน หลักมูลทางอุณหพลศาสตร์ วัฏจักรการทำงานของกังหันแก๊ส การปรับปรุงประสิทธิภาพของกังหันแก๊ส เครื่องยนต์กังหันแก๊สที่ใช้กับรถยนต์ ส่วนควบคุมของเครื่องยนต์กังหันแก๊ส มูลฐานของพลศาสตร์ของแก๊ส การออกแบบ หัวฉีด การแลกเปลี่ยนพลังงานในเครื่องจักรกลของไหล การออกแบบช่องทางการไหลของตัวกังหัน การออกแบบกังหันด้านเครื่องกล	3(3-0-6)			ปิดรายวิชา
ME41416 การบำบัดน้ำเสียและพลังงานชีวภาพ การบำบัดน้ำเสียวิธีการที่ใช้อากาศและไม่ใช้อากาศในเครื่องปฏิกรณ์ การจัดการและกำจัดตะกอนน้ำเสีย การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ อัตราการไหลของน้ำทิ้ง ลักษณะเฉพาะของน้ำเสีย การปฏิบัติการของหน่วยทางกายภาพ กระบวนการของหน่วยทางเคมี กระบวนการของหน่วยทางชีวภาพ เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสีย การผลิตก๊าซชีวภาพ เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ การบำบัดก๊าซชีวภาพ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ การใช้งานก๊าซชีวภาพและกากของเสีย และการประยุกต์	3(3-0-6)			ปิดรายวิชา
ME41413 วิศวกรรมรถแทรกเตอร์ ปฏิบัติการเกี่ยวกับชนิดและโครงสร้างมูลฐานของรถแทรกเตอร์ กลศาสตร์ของตัวรถแทรกเตอร์ การทรงตัว ระบบส่งถ่ายกำลัง ระบบไฟฟ้า ระบบติดพ่วง ระบบไฮดรอลิกส์ การฉุดลาก และเครื่องช่วยการฉุดลาก ความปลอดภัยในการใช้ รถแทรกเตอร์แต่ละชนิด การทดสอบ การซ่อมบำรุงรักษา และหลักการออกแบบ	3(2-2-5)			ปิดรายวิชา

ภาคผนวก ฉ
คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการวิพากษ์หลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล



คำสั่งคณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ที่ ๒๔๓/๒๕๖๓

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการวิพากษ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๔)

ด้วย สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล จะดำเนินโครงการพัฒนาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๔) ซึ่งเป็นหลักสูตรที่ต้องขอรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม เพื่อผลิตบัณฑิตทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล ให้มีความรู้ความสามารถ ในกระบวนการวิจัย คิดค้น ออกแบบ สร้าง วิเคราะห์และใช้เทคโนโลยีใหม่ที่ทันสมัยทางวิศวกรรม โดยมุ่งเน้นการพัฒนาบุคลากรและบัณฑิตรองรับอุตสาหกรรมและการพัฒนาประเทศ เพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของอุตสาหกรรมโดยรวมและเป็นที่ยอมรับกับผู้ใช้งานบัณฑิต

ฉะนั้น จึงอาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๖ แห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. ๒๕๔๗ แต่งตั้งคณะกรรมการวิพากษ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๔) ในวันที่ ๒๗ พฤศจิกายน ๒๕๖๓ รายนามดังนี้

๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อดิศักดิ์ บุตรวงษ์	ประธานกรรมการ
๒. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชาติ ศรีชาติ	รองประธาน
๓. นายชิตพล คงศิลา	กรรมการ
๔. นายกวีพงษ์ หงษ์ทอง	กรรมการ
๕. นายคมสัน ตันติชูเกียรติ	กรรมการ
๖. นายมานิตย์ กู้ธนพัฒน์	ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
๗. ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล นาผล	ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
๘. รองศาสตราจารย์ ดร.รัชพล สันติวรากร	ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
๙. นายวีระพล แก้วก่า	กรรมการและเลขานุการ

ทำหน้าที่ วิพากษ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๔) ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความเรียบร้อย

สั่ง ณ วันที่ ๑๖ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๓

(นายสุทธิพงศ์ เปรื่องค้า)
คณบดีคณะเทคโนโลยี

ภาคผนวก ช
รายละเอียดข้อเสนอแนะคณะกรรมการวิพากษ์หลักสูตร

ข้อเสนอแนะคณะกรรมการวิพากษ์หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
(หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2564)

วันที่ 27 พฤศจิกายน 2563

กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิวิพากษ์หลักสูตร ประกอบด้วย

1. นายมานิตย์ กู้ธนพัฒน์	กรรมการสภาวิศวกร ประธานอนุกรรมการรับรองปริญญา ประกาศนียบัตร หรือ วุฒิบัตรในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ประธานอนุกรรมการอบรมและทดสอบความรู้เกี่ยวกับความพร้อมในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม
2. ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล นาผล	หัวหน้าศูนย์วิจัย Thermo-Fluids and Heat Transfer Enhancement Lab. (TFHT) อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์
3. รองศาสตราจารย์ ดร.รัชพล สันติวรากร	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รายละเอียดข้อเสนอแนะคณะกรรมการวิพากษ์หลักสูตร

หัวข้อ	ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ	คำชี้แจงและการดำเนินการของคณะกรรมการบริหารหลักสูตร
1	เพิ่มเติมประเด็นหัวข้อ RCEP	- เพิ่มเติมรายละเอียดเรียบร้อยแล้ว รวมถึงความตกลงหุ้นส่วนทางเศรษฐกิจระดับภูมิภาค หรือ RCEP (Regional Comprehensive Economic Partnership) ซึ่ ง ประกอบด้วยชาติสมาชิก 15 ประเทศ ได้แก่ ประเทศสมาชิกอาเซียน 10 ประเทศ รวมกับ Plus 5 คือ จีน ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ ทำให้การเคลื่อนย้ายสินค้าที่เกี่ยวข้องกับการผลิตของไทย เช่น เคมีภัณฑ์ เม็ดพลาสติก ยานยนต์และส่วนประกอบ เซมิคอนดักเตอร์ และ ICs เป็นต้น ทำให้ประเทศไทยสามารถเกาะติดไปกับห่วงโซ่การผลิตของเอเชียได้อย่างเหนียวแน่นยิ่งขึ้น
2	พิจารณารูปแบบการเรียนการสอน แบบปกติในชั้นเรียน และแบบ Online	- แก้ไขเพิ่มเติมรายละเอียดแล้ว เป็นแบบชั้นเรียน และ/หรือเป็นแบบ Online และ/หรือแบบอื่น ๆ ที่ เป็ นไปตามระเบียบมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ว่าด้วยการศึกษาระดับปริญญาตรี
3	ความชัดเจนในการปรับปรุงหลักสูตร สาเหตุของการปรับปรุงหลักสูตร	- แก้ไขเพิ่มเติมรายละเอียดแล้ว การพัฒนาในช่วง 5 ปี ภายใต้แผนพัฒนาฯ ฉบับปัจจุบัน จึงนับเป็น 5 ปีแรกของการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) สู่การปฏิบัติ โดยที่ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี เป็นแผนแม่บทหลักของการพัฒนาประเทศไทยให้มีความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน โดยได้กำหนดเป้าหมายอนาคตประเทศไทยในระยะ 20 ปี การพัฒนาหลักสูตรเพื่อให้มีการบริหารจัดการองค์ความรู้อย่างเป็นระบบ ทั้งการพัฒนาหรือสร้างองค์ความรู้ รวมถึงการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมที่เหมาะสม บูรณาการศาสตร์ต่างๆ รวมถึงบุคลากรซึ่งมีความเชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรม เครื่องมือ-อุปกรณ์ ห้องปฏิบัติการทางด้านวิศวกรรมพื้ นฐาน และวิ ศวกรรมหลักต่ างๆ ที่ เกี่ ยวข้ องทางด้ านวิศวกรรมเครื่องกล เพื่อใช้ในการเรียนการสอนร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้เรียน อันสอดคล้องกับพันธกิจของ

หัวข้อ	ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ	คำชี้แจงและการดำเนินการของคณะกรรมการบริหารหลักสูตร
		มหาวิทยาลัย เพื่อให้บัณฑิตที่จะจบออกไปในอนาคตมีความรู้ความสามารถที่ทันสมัยทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติ สอดรับกับแผนการพัฒนาประเทศไปสู่ไทยแลนด์ 4.0
4	วัตถุประสงค์ควรเพิ่มรายละเอียดส่วนด้านการเกษตรและพลังงาน รวมถึงการสร้างผู้ประกอบการ Start-up	- แก้ไขเพิ่มเติมรายละเอียดแล้ว มีความรู้ ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในงานวิศวกรรมเครื่องกล เครื่องจักรกลการเกษตร ระบบควบคุมการผลิต ระบบความร้อนและพลังงานเพื่อตอบสนองต่อความต้องการภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่บริการวิชาการและท้องถิ่น และสร้างผู้ประกอบการ Start-up
5	เพิ่มรายละเอียดผลการเรียนรู้ที่คาดหวังที่จะทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ของหลักสูตร	- แก้ไขเพิ่มเติมรายละเอียดแล้ว ในตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ของหลักสูตรกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังที่จะทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ของหลักสูตร
6	เพิ่มรายละเอียดผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง (Expected Learning Outcomes : ELO) ของหลักสูตร และผลการเรียนรู้ (Program Learning Outcomes : PLO)	- แก้ไขเพิ่มเติมรายละเอียดแล้ว ในตารางตารางจำแนกผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง (Expected Learning Outcomes : ELO) ของหลักสูตร
7	เพิ่มรายละเอียดความคาดหวังของผลลัพธ์การเรียนรู้เมื่อสิ้นปีการศึกษา	- แก้ไขเพิ่มเติมรายละเอียดแล้ว ในตารางความคาดหวังของผลลัพธ์การเรียนรู้เมื่อสิ้นปีการศึกษา
8	GE รู้ทันโลกดิจิทัล ย้ายไปเป็นวิชาบังคับ	- แก้ไขรายละเอียดแล้ว ให้นักศึกษาลงทะเบียนเรียนในวิชาศึกษาทั่วไป
9	เปลี่ยนชื่อวิชา	
	- การเขียนแบบวิศวกรรมเครื่องกล	เปลี่ยนเป็น การเขียนแบบวิศวกรรมเครื่องกลและเขียนด้วยโปรแกรม
	- ระบบกลศาสตร์และเครื่องจักรกล	เปลี่ยนเป็น ระบบพลศาสตร์และเครื่องจักรกล
	- การออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัยที่ใช้น้ำเป็นองค์ประกอบหลัก	เปลี่ยนเป็น ระบบดับเพลิงและป้องกันอัคคีภัย
	- พลังงาน โรงจักรต้นกำลังและระบบทำความร้อน	เปลี่ยนเป็น พลังงาน โรงจักรต้นกำลังและระบบทางความร้อน
	- แหล่งพลังงานทดแทน	เปลี่ยนเป็น แหล่งพลังงานทดแทนและพลังงานหมุนเวียน
	- การออกแบบระบบทางความร้อน	เปลี่ยนเป็น การออกแบบระบบทางความร้อนขั้นสูง
	- วิศวกรรมยานยนต์	เปลี่ยนเป็น วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร

หัวข้อ	ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ	คำชี้แจงและการดำเนินการของคณะกรรมการบริหารหลักสูตร
10	เพิ่มวิชาทางไฟฟ้า	เพิ่มรายวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับวิศวกรเครื่องกล
11	เพิ่มวิชาผู้ประกอบการ + Start-up	เพิ่มรายวิชา การเป็นผู้ประกอบการสำหรับวิศวกรเครื่องกล
12	เพิ่มรายละเอียดด้านการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ การเรียนรู้ด้วยเครื่องจักร รายวิชาหุ่นยนต์และการควบคุมอัตโนมัติ	- แก้ไขเพิ่มเติมรายละเอียดแล้ว เพิ่มรายละเอียดวิชา
13	เพิ่มรายละเอียดด้านการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการทดลองการวัดและการควบคุมด้วย Lab view การศึกษาระบบการส่งข้อมูลในระยะไกลแบบ SCADA การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในงานทางวิศวกรรมด้วยวิธีการ FEM และการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม ANSYS ในรายวิชาการออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับงานวิศวกรรมเครื่องกล	- แก้ไขเพิ่มเติมรายละเอียดแล้ว เพิ่มรายละเอียดวิชา
14	แก้ไขรายละเอียดรายวิชาการดับเพลิงและระบบป้องกันอัคคีภัย ให้ครบถ้วนตามข้อกำหนดด้านการดับเพลิงและระบบป้องกันอัคคีภัยตามมาตรฐาน วสท.	- แก้ไขเพิ่มเติมรายละเอียดแล้ว เพิ่มรายละเอียดวิชา
15	เพิ่มรายละเอียดด้านการวิเคราะห์และการออกแบบระบบทางความร้อนขั้นสูง และวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน คือ รายวิชาพลังงาน โรงจักรต้นกำลังและระบบทางความร้อน ในรายวิชาการออกแบบระบบทางความร้อนขั้นสูง	- แก้ไขเพิ่มเติมรายละเอียดแล้ว เพิ่มรายละเอียดวิชา
16	แก้ไขรายละเอียดวิชา วิศวกรรมยานยนต์ ให้เป็นเครื่องจักรกลเกษตรเพื่อตอบโจทย์การบริการวิชาการในพื้นที่	- แก้ไขเพิ่มเติมรายละเอียดแล้ว เพิ่มรายละเอียดวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

GE11001
ศาสตร์พระราชาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น
King's Philosophy for Local Development

2. จำนวนหน่วยกิต

6(3-6-9)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

รายวิชาสำนักวิชาศึกษาทั่วไป สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ทุกหลักสูตร

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

1 .ผศ.นวรัตน์ บุญภิละ
2. ผศ.ณัฏฐนันท์ สุวรรณวงก์
3. ผศ.ธรรมเนียบ แก้วหอมคำ
4. ผศ.ศรัณญา ฉัตรเดชา
5. อ.สัติยะติ คชมิตร
6. อ.ฐากูร สรวงศ์สิริ
7. อ.สุนิตย์ เหมนิล
8. อ.ศิริสิทธิ์ จิตรสุวรรณ
9. อ.กัญญาภัค บึงไสย์
10. อ.ทศพร วรวงศ์เทพ
11. อ.ธัชวรรธน์ หนูแก้ว
12. อ.ปิยะนุช พุทธวงศ์

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ 1-2

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/06/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษาเกิดการเรียนรู้ มีความสามารถ เกิดสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาทางเลือกของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว และสามารถประยุกต์ใช้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในการดำเนินชีวิตได้อย่างเหมาะสม
2. เพื่อให้นักศึกษามีทักษะในการปรับตัว แก้ไขปัญหาและรู้ทันการเปลี่ยนแปลงของสังคมและท้องถิ่น
3. เพื่อให้นักศึกษาเป็นผู้มีความรับผิดชอบ และมีทัศนคติที่ดีต่อการอยู่ร่วมกันของคนในสังคมปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว
4. เพื่อให้นักศึกษามีจิตสำนึกรักบ้านเกิดและเห็นคุณค่าในบทบาทของตนเองและสังคมในการมีส่วนร่วมพัฒนาท้องถิ่นของตนเองในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายบริบทศาสตร์ของพระราชาและมีความพร้อมในการนำความรู้ไปปรับใช้ในชีวิชีตประจำวันไว้
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถบอกถึงแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับโครงการในพระราชดำริและวิเคราะห์ปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นให้สามารถปรับตัวและรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงได้
3. เพื่อให้นักศึกษามีปฏิสัมพันธ์ที่ดีในการอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข
4. เพื่อให้นักศึกษาเป็นผู้มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เข้าใจบริบทของสังคมไทย เข้าใจปัญหาและพลวัตทางสังคมในฐานะสมาชิกที่ดีของสังคม
5. เพื่อพัฒนารายวิชาให้เนื้อหาเป็นปัจจุบันทันสมัย ตรงตามหลักวิชา สอดคล้องกับปรากฏการณ์และพลวัตทางสังคม

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

พระราชประวัติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช แนวคิดและหลักการทรงงาน หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ กฎหมายในชีวิตประจำวันและการต่อต้านทุจริต ความเป็นพลเมืองในระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นพระประมุข การส่งเสริมและการพัฒนาผู้เรียนให้มีจิตอาสาพัฒนาท้องถิ่นตามศาสตร์พระราชาสู่การพัฒนาอย่างเป็นรูปธรรม การบูรณาการทำงานแบบองค์รวมกับภาคีเครือข่ายในการแก้ปัญหา

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
42 ชั่วโมง	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	จำนวน 84 ชั่วโมง	การศึกษาด้วยตนเอง 126 ชั่วโมง

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

ให้คำแนะนำเป็นครั้ง ๆ ตามประเด็นปัญหาของนักศึกษา (ไม่นับเป็นชั่วโมง)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
-ตระหนักในคุณธรรม จริยธรรม เสียสละ ซื่อสัตย์ สุจริต -รับฟังความคิดเห็นที่แตกต่างของเพื่อน -มีระเบียบวินัย ตรงต่อเวลา มีความรับผิดชอบในหน้าที่ -เป็นสมาชิกที่ดีของสังคมและมีส่วนร่วมในกิจกรรมเพื่อการพัฒนา	-การสอนแบบ Active Learning -กรณีศึกษา -อาจารย์ปฏิบัติตนเป็นตัวอย่าง Role Model -ยกตัวอย่างประสบการณ์ และเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในสังคมมาอภิปรายในชั้นเรียน -Problem base learning: PBL	-ประเมินผลพฤติกรรมที่แสดงออกในชั้นเรียน/ กิจกรรม (การมีวินัยต่อการเรียน การเข้าห้องตรงเวลา การส่งรายงานตรงเวลา ฯลฯ) -ประเมินการรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นโดยนักศึกษาอื่นในรายวิชา/ในกลุ่ม -นักศึกษาประเมินตนเอง -ประเมินแบบเสริมพลัง Empowerment

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
-มีความรู้ ความเข้าใจแนวทางการพัฒนาประเทศในกระแสหลักและกระแสทางเลือก -มีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถประยุกต์ใช้ “ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง” ในการดำเนินชีวิต -มีความรู้ ความเข้าใจถึงการปรับตัวและความเปลี่ยนแปลงเชิงตำแหน่งแห่งที่และความสัมพันธ์ของสังคมไทยระดับต่างๆ	-สอนโดยยึดหลักผู้เรียนเป็นสำคัญ -แลกเปลี่ยนกันเองในกลุ่มย่อย -สานเสวนา dialog -แสดงบทบาทสมมติ -ชมวีดีทัศน์ -ลงพื้นที่ศึกษาและฝึกปฏิบัติในภาคสนาม	-ใช้แบบทดสอบ -ประเมินจากการเข้าร่วมกิจกรรม -สังเกตพฤติกรรม -ประเมินจากการตอบคำถาม -ผลงานจากการศึกษาแหล่งเรียนรู้ -ประเมินแบบเสริมพลัง Empowerment -ประเมินรายงาน -ประเมินหลังเสร็จสิ้นการปฏิบัติงาน After Action Review

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
-ทักษะตั้งคำถาม คิดวิเคราะห์ การวิพากษ์วิจารณ์ และใช้ความรู้เป็นตัวหนุนเสริมการพัฒนาศักยภาพตนเองในชั้นเรียนและสถานการณ์จริง -สามารถประยุกต์ใช้ความรู้วิเคราะห์ปรับตัวอย่างเข้าอกเข้าใจ ผู้คนในสังคมที่มีความแตกต่างหลากหลายทางวัฒนธรรม ตัวตน และตำแหน่งแห่งที่ทางสังคมได้อย่างสันติและสร้างสรรค์	-Problem based learning : PBL -ฝึกตอบปัญหาและแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน -จัดอภิปรายกลุ่ม วิเคราะห์ปรากฏการณ์ทางสังคม วิเคราะห์สภาพปัญหา และหาแนวทางแก้ไข -ปฏิบัติการภาคสนาม	-ประเมินจากการตอบปัญหา -ใช้แบบทดสอบ -สังเกตพฤติกรรม -ประเมินใบงาน -ประเมินจากผลการปฏิบัติการในภาคสนาม -ประเมินหลังเสร็จสิ้นการปฏิบัติงาน After Action Review

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
-ประเมินการปรับตัวในการทำงานร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียนแลผู้อื่นในการฝึกปฏิบัติภาคสนาม -ประเมินความรับผิดชอบในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย -ประเมินการวางตัวและท่าทีในการแสดงความคิดเห็นในกลุ่มอย่างเคารพผู้อื่น	-Problem based learning : PBL -ฝึกตอบปัญหาและแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน -จัดอภิปรายกลุ่ม วิเคราะห์ปรากฏการณ์ทางสังคม วิเคราะห์สภาพปัญหา และหาแนวทางแก้ไข	-ประเมินจากการตอบปัญหา -ใช้แบบทดสอบ -สังเกตพฤติกรรม -ประเมินใบงาน -ประเมินจากผลการปฏิบัติการในภาคสนาม -ประเมินหลังเสร็จสิ้นการปฏิบัติงาน After Action Review

	-ปฏิบัติการภาคสนาม	-ประเมินแบบเสริมพลัง Empowerment

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
-คัดเลือกแหล่งข้อมูล -ค้นคว้า/ติดตาม ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงทางอินเตอร์เน็ต -ใช้ Power point VDO ในการนำเสนองาน -ใช้ภาษาไทยในการนำเสนองานทั้งการเขียน การพูดได้อย่างเหมาะสม -ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการติดต่อสื่อสาร นำเสนอข้อมูล อธิบายและค้นคว้าข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ	-Power point -นำเสนอโดยการใช้โปสเตอร์ -อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น -ฝึกปฏิบัติ/ทดลองปฏิบัติ -ใบงาน -นำเสนอผลงานโดย Power point presentation และ VDO -จัดกระบวนการถกประเด็น	-ประเมินใบงาน -สังเกตพฤติกรรม -แบบทดสอบ

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน**	**สื่อที่ใช้**
1	หน่วยที่ 1 ศาสตร์พระราชา -พระราชประวัติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช -หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง -พระราชอัจฉริยภาพ -หลักการทรงงานในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว	9	-แนะนำรายวิชา กติกา ในการเรียนการสอน -ทำแบบทดสอบ pre-test -บรรยายประกอบ slide -แบ่งอภิปรายและแสดงความคิดเห็น โดยผ่านระบบออนไลน์	-แผนบริหารการสอน -แบบทดสอบก่อนเรียน -Power point -วิดีทัศน์ โดยผ่านระบบออนไลน์
2-3	หน่วยที่ 2 หลักปรัชญาของเศรฐกิจพอเพียงและ	18	-บรรยายประกอบ slide -แบ่งกลุ่มศึกษาด้วยตนเอง ผ่าน	- Power point -วิดีทัศน์ โดยผ่านระบบ

	โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ -หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง -โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ -ศาสตร์พระราชากับการพัฒนาท้องถิ่น		การชมภาพยนตร์วิดิทัศน์เกี่ยวกับเศรษฐกิจพอเพียงและโครงการในพระราชดำริ -วิเคราะห์และอภิปรายโดยผ่านระบบออนไลน์	ออนไลน์
4-5	หน่วยที่ 3 กฎหมายเบื้องต้นในชีวิตประจำวัน - ความหมายความสำคัญของกฎหมาย - สิทธิและเสรีภาพของพลเมืองตามรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย - หลักกฎหมายอาญาเบื้องต้น - กระบวนการยุติธรรมทางอาญาเบื้องต้น	18	-บรรยาย อภิปรายซักถามร่วมกันแสดงความคิดเห็น -มอบหมายงานให้นักศึกษาค้นคว้าทั้งรายบุคคลและรายกลุ่ม -กิจกรรมบทบาทสมมุติ โดยผ่านระบบออนไลน์	- Power point และ/หรือ VDO /วิดิทัศน์ - ฐานข้อข้มูลออนไลน์โดยผ่านระบบออนไลน์
6	หน่วยที่ 4 การทุจริต - ความหมายการทุจริต - สาเหตุและผลกระทบจากการทุจริต - ตัวอย่างและแนวทางแก้ไข	9	1.สร้างประเด็นด้วยการ ดูวีดิทัศน์เกี่ยวกับการทุจริต 2.ปรับพื้นฐานการคิดโดยให้นักศึกษาเล่าประสบการณ์การณ์ทุจริตที่พบในชีวิชีตประจำวันอภิปรายถึงสาเหตุ ผลเสีย ผลกระทบร่วมกัน 3.ผู้สอนเชื่อมโยงเหตุการ ณ์กับเนื้อหาการทุจริต 4.ร่วมกันสรุปโดยผ่านระบบออนไลน์	- Flow chart - วีดิทัศน์ โดยผ่านระบบออนไลน์
7	หน่วยที่ 5 ความเป็นพลเมืองและจิตอาสาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น -ทักษะการคิดวิเคราะห์ -การมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา พัฒนาสังคม ด้วยโครงการจิตอาสา	9	-แบ่งกลุ่มนักศึกษาศึกษาเกี่ยวกับประชาธิปไตยใน ใจฉัน -แสดงบทบาทสมมุติ Role Play โดยผ่านระบบออนไลน์	-แบบทดสอบก่อนเรียน -Power point -วิดีทัศน์ โดยผ่านระบบออนไลน์

	-ทักษะการทำงานร่วมกับชุมชน/การลงพื้นพื้ -ทักษะการนำเสนอ			
8-9	หน่วยที่ 6 โครงการจิตอาสากับการพัฒนาท้องถิ่น -เขียนโครงการเสนอ -ลงพื้นที่ดำเนินโครงการ Project Based Learning -นำเสนอโครงการ	18	-แบ่งกลุ่มลศึกษาเกี่ยวกับโครงการ -ยกตัวอย่างประสบการณ์จริงทั้งผู้สอนและผู้เรียนหรือกรณีศึกษา -กิจกรรมนอกชั้นเรียนด้วยการสังเกตบริเวณรอบๆ มหาวิทยาลัยที่มีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดปัญหา -นำเสนอผลงานและหาทางแก้ปัญหาเบื้องต้น -ตระหนักถึงการส่งเสริม จิตอาสาโดยผ่านระบบออนไลน์	-ใบกิจกรรม กิ -Power point -วิดีทัศน์ โดยผ่านระบบออนไลน์
10	กระบวนการจัดทำโครงการจิตอาสา “นวัตกรรมทางสังคม 7 ขั้นตอน" ช่วงที่ ๑ ขั้นตอนที่ ๑ ระดมความคิด (Brain storming and Group challenges) -แนวคิดที่จะผนวกสิ่งที่สนใจหรือแรงบันดาลใจเข้ากับการแก้ไขปัญหาสังคม (Dream It Do It challenge) -กิจกรรมกลุ่มในการตัดสินใจร่วมกัน (Idea Selection) ช่วงที่ ๒ ขั้นตอนที่ ๒ และ ๓ วางแผนการเก็บข้อข้มูล (Problem Research Planning and Problem Situation) -วางแผนการเก็บข้อมูลจากผู้	9	ช่วงที่ ๑ -บรรยายประกอบ slide -ยกตัวอย่างกรณีศึกษา -แบ่งกลุ่มสร้างแผนที่ความคิด mind map ในกระดาษ flow chart (มากกว่า 30 ตัวอย่าง) -นำเสนอ -วิเคราะห์และอภิปรายร่วมกัน ช่วงที่ ๒ -ทำใบกิจกรรมเพื่อสรุป -บรรยายประกอบ slide -แบ่งกลุ่มศึกษาด้วยตนเองวางแผนกระบวนการเก็บข้อมูล -ใบงาน -แบบเก็บข้อมูลสาเหตุและปัญหา โดยผ่านระบบออนไลน์	-Power point -ใบกิจกรรม -แบบเก็บข้อมูล -กระดาษ Flow Chart โดยผ่านระบบออนไลน์

	ที่มีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อทำความเข้าใจสภาพปัญหาตามความเป็นจริง -ทำความเข้าใจปัญหาอย่างรอบด้าน (Problem Situation) -แนะนำกระบวนการการลงเก็บข้อข้มูลเบื้องต้นครั้งแรก			
11	-พื้นที่เก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่และปัญหาที่เลือกโดยผ่านระบบออนไลน์	9	เก็บข้อมูลโดยผ่านระบบออนไลน์	แบบฟอร์มการเก็บข้อมูลโดยผ่านระบบออนไลน์
12	ช่วงที่ ๑ ขั้นตอนที่ ๔ วิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา (Root Cause Analysis) และขั้นตอนที่ ๕ brain storming & ขั้นตอนที่ ๖ Idea selection -นำปัญหาที่ได้จากการลงพื้นที่มาวิเคราะห์และระดมสมองในการแก้ไขปัญหา -เลือกประเด็นที่ต้องการศึกษา ช่วงที่ ๒ ขั้นตอนที่ ๗ วางเป้าหมายของโครงการและทำให้บรรลุเป้าหมาย (Theory of change) -ก่อนลงมือทำจริง ควรมีการสรุปข้อมูลทั้งหมด ให้ได้ออกมาเป็นแนวคิด ทฤษฎี ๑. กลุ่มเป้าหมาย ๒. สถานการณ์ปัญหา ๓. ภาพความสำเร็จที่เรา	9	ช่วงที่ ๑ -บรรยายประกอบ slide -ทำใบกิจกรรมเศรษฐกิจพอเพียงในชีวิตประจำวันของฉัน -นำเสนอผลงาน ช่วงที่ ๒ -สรุปข้อข้มูลร่วมกันจนตกผลึกและได้แนวคิด ทฤษฎีในการเปลี่ยนแปลงของโครงการโดยผ่านระบบออนไลน์	-Power point -ใบกิจกรรมโดยผ่านระบบออนไลน์
13	ลงพื้นที่เก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่ (Final)	9	ลงพื้นที่ภาคสนาม	แบบฟอร์มเก็บข้อมูล

14	นำเสนอผลงานย่อยเพื่อคัดเลือกไปนำเสนอรอบประกวดโครงการ -คัดเลือกผลงานที่ดีที่สุดของแต่ละกลุ่ม -ร่วมกันสรุปประเด็นที่ได้เพื่อเตรียมความพร้อมครั้งสุดท้าย	9	-นำเสนอกิจกรรมหรือโครงการร่วมของนักศึกษาทุกกลุ่ม -จัดนิทรรศการโครงการในห้องเรียน โดยผ่านระบบออนไลน์	-Flow chart โดยผ่านระบบออนไลน์
15	นำเสนอผลงานกิจกรรมใหญ่	9	-นำเสนอกิจกรรมหรือโครงการร่วมของนักศึกษาทุกกลุ่ม -จัดนิทรรศการโครงการใหญ่โดยผ่านระบบออนไลน์	-อุปกรณ์นำนำเสนอ –Power point -ป้ายไวนิลโดยผ่านระบบออนไลน์
16	สอบประมวลผลปลายภาค	3	ทดสอบ	แบบทดสอบปลายภาค

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	ด้านคุณธรรมและจริยธรรม	การเข้าชั้นเรียน การร่วมกิจกรรมกลุ่ม การมีส่วนร่วมและความเอาใจใส่ในการเรียน	ตลอดภาคการศึกษา	10%
2	ด้านความรู้	-การประเมินการทำงานผลงานที่ได้รับมอบหมายหรือกิจกรรมในชั้นเรียน -ทดสอบกลางภาค 1 ครั้ง	ตลอดภาคการศึกษา 8	30% 15%
3-5	-ทักษะการปฏิสัมพันธ์, การทำ งานร่วมกับผู้อื่น, ความรับผิดชอบ, การสื่อสารและการใช้ เทคโนโลยีสารสนเทศ -ทักษะการคิดวิเคราะห์และความรับผิดชอบ -ทักษะการวิเคราะห์เชิงชิตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ	วิเคราะห์ ค้นคว้า จัดทำรายงานและการนำเสนอ โครงงานการสำรวจภาคสนามของโครงการจิตอาสาพัฒนาท้องถิ่น	ตลอดภาคการศึกษา	45%

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารคำสอนรายวิชา วิถีชีวิตพื้นถิ่นอุดรธานี

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ยุค ศรีอาริยะ. ๒๕๔๒ “ภูมิปัญญาบูรณาการ” มติชนรายสัปดาห์. ๙๙๑-๑๐๐๐ : สิงหาคม – ตุลาคม

สถาบันราชภัฏ. ๒๕๔๒. ศูนย์การพัฒนาการเสริมสร้างความเข้มแข็งของชุมชนท้องถิ่นตามแนวพระราชดำริ. เอกสารโรเนียว.

อภิชัย พันธุเสน. ๒๕๔๑. “วิกฤติเศรษฐกิจเอเชีย วิกฤติเศรษฐกิจกระแสหลัก บทวิเคราะห์

สนธยา พลศรี.หลักสังคมวิทยา. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์. ๒๕๔๕

คณาจารย์ภาควิชาสังคมวิทยาและมานุษยวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สังคมและวัฒนธรรม : พิมพ์ครั้งที่ ๖. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.๒๕๔๐

ณรงค์ เส็งประชา. มนุษย์กับสังคม. พิมพ์ครั้งที่ ๔. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, ๒๕๔๑

บุญเดิม พันรอบ. สังคมวิทยา – มานุษยวิทยา. กรุงเทพฯ : ศิลปะบรรณาการ, ๒๕๒๘

นิยพรรณ วรรณศิริ. มานุษยวิทยาสังคมและวัฒนธรรม. พิมพ์ครั้งที่ ๒. กรุงเทพฯ ;

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกฎหมาย รศ.ปรสิทธิ์ ปิวาวัฒนพานิช
- สัมมนากฎหมายอาญา ศ.ดร.ทวีเกียรติ มีนะกนิษฐ
- สังคมกับกฎหมาย ศ.ดร.ทวีเกียรติ มีนะกนิษฐ
- สัมมนากฎหมายแพ่งและพาณิชย์ รศ.อุดมศักดิ์ สินธิพงษ์
- สิทธิมนุษยชน รศ.นพนิธิ สุริยะ

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

1. ตำรา ภูมิปัญญาท้องถิ่นจังหวัดอุดรธานี

2. ตำราภูมิปัญญาอาหารพื้นถิ่นชาวผู้ไท

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำที่นักศึกษาควรศึกษาเพิ่มเติม

เกษียร เตชะพีระ (2551) “เราจะฝ่าความขัดแย้งทางการเมืองไปได้อย่างไร” ในนิตยสารสารคดี ฉบับเดือนพฤษภาคม 2551

ธงชัย วินิจจะกูล (2550) “ข้ามไม่พ้นประชาธิปไตยแบบหลัง 14 ตุลา: ประชาธิปไตยแบบใสสะอาดของอภิชนกับการรัฐประหาร 19 กันยายน 2549” ในรัฐประหาร 19 กันยาฯ

นิตยสารฟ้าเดียวกัน เล่ม “ชำแหละรัฐ-ชาติ” ฉบับ ตุลาคม-ธันวาคม 2550.

นิธิ เอียวศรีวงศ์ (2536) ลัทธิพิธิเสด็จพ่อ ร.5. กรุงเทพฯ: มติชน.

http://www.rdpb.go.th/home/detailH.asp?lang=TH&file=concept&subject=002 . 3/05/2548.

4.- เอกสารประกอบการสอนรายวิชากฎหมายในชีวิตประจำวัน

- ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกฎหมายทั่วไป รศ.มานิตย์ จุมปา

5.- ห้องสมุดอิเล็กทรอนิกส์ศาลยุติธรรม www.library.coj.go.th

- เว็บไซต์สำนักงานอัยการสูงสุด www.ago.go.th
- เว็บไซต์สำนักงานตำรวจแห่งชาติ www.royalthaipolice.go.th
- เว็บไซต์กรมราชทัณฑ์ www.correct.go.th
- เว็บไซต์คณะกรรมการสิทธิมนุษยชนแห่งชาติ www.nhrc.or.th

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

1.1 นักศึกษาประเมินตนเองในด้านต่างๆ (พุทธพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย) ก่อนและหลังการเรียนรายวิชานี้

1.2 ส่งเสริมให้นักศึกษาแสดงความคิดเห็นต่อการเรียนการสอนในชั้นเรียน

1.3 จัดทำแบบประเมินผู้สอนและแบบประเมินรายวิชาโดยให้นักศึกษาเป็นผู้ประเมิน

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1.1 ประเมินจากผลการเรียนและผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษา

1.2 สังเกตการณ์การสอนของผู้ร่วมทีมการสอน

1.3 ถอดบทเรียนและแลกเปลี่ยนประสบการณ์การสอนของผู้สอน

3. การปรับปรุงการสอน

3.1 จัดประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

3.2 นำข้อเสนอแนะจากการประเมินการสอนของนักศึกษามาใช้ปรับปรุงการสอน

3.3 ทำวิจัยในชั้นเรียน

3.4 ค้นคว้าและนำเทคนิคการสอนจากการศึกษาดูงาน หรือการค้นด้วยตนเองมาปรับปรุงการสอนให้สอดคล้องและทันสมัยอยู่ตลอดเวลา

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

4.1 สอบถามนักศึกษาหรือการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษา รวมถึงพิจารณาจากผลการทดสอบย่อยและหลังการออกผลการเรียนรายวิชา

4.2 ทวนสอบการให้คะแนนโดยใช้วิธีการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษาโดยอาจารย์อื่นหรือผู้ทรงคุณวุฒิที่ไม่ใช่อาจารย์ประจำหลักสูตร

4.3 ตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชาตรวจสอบผลการประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยตรวจสอบข้อสอบ รายงาน วิธีการให้คะแนนสอบและการให้คะแนนพฤติกรรม

4.4 นำผลการเรียนของผู้เรียนเข้าสู่ที่ประชุมรายวิชา ก่อนประเมินผลการเรียนในแต่ละภาคการศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

5.1 นำผลการวิเคราะห์จากข้อ 1 ข้อ 2 และข้อ 3 มาปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนในภาคการศึกษาถัดไป

5.2 ปรับปรุงการเรียนการสอนโดยการพัฒนาเนื้อหาสาระให้ทันสมัย เป็นปัจจุบันและสอดคล้องเท่าทันการเปลี่ยนแปลง

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

GE22001
ความดีงามแห่งชีวิต
Virtue of Life

2. จำนวนหน่วยกิต

6(3-6-9)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

รายวิชาสำนักวิชาศึกษาทั่วไป สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ทุกหลักสูตร

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

รศ.ธนัญญา ธีระอกนิษฐ์
ผศ.ดร.ไกรฤกษ์ ศิลาคม
ผศ.ดร.ชาตรี ชุมเสน
ผศ.หัสดิน แก้ววิชิต
ดร.ณัชปภา วาสิงหน
ดร.กานต์ณรัน สีหมากสุก
อ.สุพัฒน์ ศรีชมชื่น
อ.อรรคนนท์ ดวงสุวรรณ
อ.สุณิสา ดีนาง
อ.กนกอร สุขุมาลพงษ์
อ.สมบูรณ์ ชำนาญ
อ.นงพงา เรืองยศ
อ.วราวุฒิ ทิวะสิงห์
อ.ณัฐวัชร เดชมาลา
อ.ทิพยเนตร จันทกรณ์
อ.ณัฐพล ศรีสมบูรณ์
อ.พงษ์ศักดิ์ อัครวัฒนากุล

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ 1-4

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (ในเมือง)

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2562

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1.1 มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวิต การแก้ปัญหาชีวิตและการพัฒนาชีวิตตามหลักพุทธศาสนา

1.2 เห็นคุณค่าของวัฒนธรรมไทย ทั้งด้านดนตรี นาฏศิลป์ และศิลปะ

1.3 มีทักษะในการตระหนักรู้ในตนเอง บริหาร จัดการอารมณ์และความเครียด ตระหนักรู้ในความแตกต่างและสามารถสร้างสัมพันธภาพที่ดีกับผู้อื่นได้ สามารถตัดสินใจและแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์

1.4 มีสำนึกสาธารณะและจิตอาสาเพื่อท้องถิ่น

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

2.1 อธิบายความรู้เกี่ยวกับชีวิต การแก้ปัญหาชีวิตและการพัฒนาชีวิตตามหลักพุทธศาสนา

2.2 นำเสนอสุนทรียภาพทางด้านดนตรี นาฏศิลป์ และศิลปะ ตามความสามารถและความถนัดของตนเองได้

2.3 พูดและแสดงออกเพื่อการสื่อสารในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

2.4 สร้างผลงานเกี่ยวกับการมีสำนึกสาธารณะและจิตอาสาเพื่อท้องถิ่น

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

การวิเคราะห์โลกทัศน์ในการดำเนินชีวิต การประยุกต์ใช้หลักธรรมในการครองตน การครองคน การครองงาน และการครองเรือน การฝึกปฏิบัติพัฒนาจิตตามคำสอนของพระพุทธศาสนา การชื่นชมและเห็นคุณค่าของ

วัฒนธรรมไทยผ่านโครงงานทางสุนทรียะด้านดนตรี นาฏศิลป์ และศิลปะ การสร้างทักษะชีวิตผ่านการฝึกสังเกตและทำความเข้าใจตนเองและผู้อื่น การวิเคราะห์กรณีศึกษา การเกิดสำนึกสาธารณะผ่านโครงการจิตอาสาพัฒนาท้องถิ่น

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
48 ชั่วโมง	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	จำนวน 96 ชั่วโมง	-

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

ให้คำแนะนำเป็นครั้ง ๆ ตามประเด็นปัญหาของนักศึกษา (ไม่นับเป็นชั่วโมง)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1.1.1 รู้หน้าที่ มีวินัย ความรับผิดชอบ มีความมุ่งมั่นในการทำงานให้เร็จ 1.1.2 สุภาพอ่อนน้อมถ่อมตน รู้จักกาลเทศะ ใจกว้าง รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น 1.1.3 กล้าแสดงออกในสิ่งที่ถูกต้องและเป็นธรรม ใช้คุณธรรมนำความรู้ 1.1.4 มีความภาคภูมิใจในความเป็นไทยและศิลปะวัฒนธรรมไทย	1. บรรยายอภิปราย 2. กรณีศึกษา 3. Active Learning 4. บทบาทสมมุติ 5. บูรณาการการเรียนการสอนกับการพัฒนาท้องถิ่น	1. สังเกตพฤติกรรม 2. การมีส่วนร่วม 3. ทดสอบ

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
2.1.1 มีความรู้ ความเข้าใจ วิเคราะห์หลักการแนวคิดคิ ทฤษฎีในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องและสามารถนำไปใช้ในการดำเนินชีวิต	1. บรรยายอภิปราย 2. กรณีศึกษา 3. Active Learning 4. บทบาทสมมุติ	1. สังเกตพฤติกรรม 2. การมีส่วนร่วม 3. ทดสอบ

2.1.2 มีความเข้าใจ เห็นอกเห็นใจผู้อื่นและเห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวม	5. บูรณาการการเรียนการสอนกับการพัฒนาท้องถิ่น	

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
3.1.1 นำความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ในชีวิตประจำวัน วิเคราะห์ ประเมิน และแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม 3.1.2 สามารถคิด ริเริ่มสร้างสรรค์	1. บรรยายอภิปราย 2. กรณีศึกษา 3. Active Learning 4. บทบาทสมมุติ 5. บูรณาการการเรียนการสอนกับการพัฒนาท้องถิ่น	1. สังเกตพฤติกรรม 2. การมีส่วนร่วม 3. ทดสอบ

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
4.1.1 มีจิตอาสาและสำนึกสาธารณะ 4.1.2 เห็นคุณค่าและยอมรับในความแตกต่างหลากหลายของมนุษย์ สังคมและวัฒนธรรม	1. บรรยายอภิปราย 2. กรณีศึกษา 3. Active Learning 4. บทบาทสมมุติ 5. บูรณาการการเรียนการสอนกับการพัฒนาท้องถิ่น	1. สังเกตพฤติกรรม 2. การมีส่วนร่วม 3. ทดสอบ

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
-	-	-

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน**	**สื่อที่ใช้**
1	ความหมายของสุนทรียี ดนตรี นาฏศิลป์ ศิลปะ	3	-สรุปและอภิปรายความหมายของ	- เอกสาร - ประกอบการ

			สุนทรียภาพทาง ด้านดนตรี นาฏศิลป์ และศิลปะ	สอน - Power point วิดิทัศน์
2	องค์ประกอบของดนตรี นาฏศิลป์ ศิลปะ	9	-สรุปและอภิปรายความหมายขององค์ประกอบทางดนตรี นาฏศิลป์ และ ศิลปะ	เอกสาร - ประกอบการสอน - Power point วิดิทัศน์
3	ความงามในดนตรีไทย นาฏศิลป์ไทย ศิลปะไทย	12	-สรุปและอภิปรายความงามในดนตรี นาฏศิลป์และศิลปะไทย	เอกสาร - ประกอบการสอน - Power point วิดิทัศน์
4	ความงามในดนตรีสากล นาฏศิลป์สากล ศิลปะสากล	9	-สรุปและอภิปรายความงามในดนตรี นาฏศิลป์และศิลปะสากล	เอกสาร - ประกอบการสอน - Power point วิดิทัศน์
5	กิจกรรม นำเสนอผลงานสร้างสรรค์	9	-นำเสนอผลงานสร้างสรรค์จากองค์ความรู้ด้าน สุนทรียะ	เอกสาร - ประกอบการสอน - Power point วิดิทัศน์
6	โลกทัศน์ของมนุษย์ ปรัชญา การดำเนินชีวิต (ชีวิตตามทัศนะของปรัชญา ชีวิตตามทัศนะของศาสนา ชีวิตตามทัศนะวิทยาศาสตร์)	9	บรรยาย อภิปราย/ซักถาม วิดีทัศน์ มอบหมายงานศึกษาค้นคว้า	เอกสาร - ประกอบการสอน - Power point วิดิทัศน์
7	ธรรมชาติของชีวิตในพุทธศาสนาและปรัชญา	9	บรรยาย อภิปราย/ซักถาม วิดีทัศน์	เอกสาร - ประกอบการสอน - Power point วิดิทัศน์
8	การแก้ปัญหาชีวิตในพุทธศาสนาและปรัชญา	9	บรรยาย อภิปราย/ซักถาม วิดีทัศน์	เอกสาร - ประกอบการสอน - Power point

				วิดิทัศน์
9	การพัฒนาจิต คุณภาพชีวิต (การครองตน การครองงาน การครองเรือน)	9	บรรยาย อภิปราย/ ซักถาม วิดีทัศน์	เอกสาร - ประกอบการสอน - Power point วิดิทัศน์
10	ธรรมะภาคปฏิบัติ (หลักการพัฒนาจิต มารยาททางสังคม)	9	บรรยาย อภิปราย/ ซักถาม วิดีทัศน์ ปฏิบัติธรรม	เอกสาร - ประกอบการสอน - Power point วิดิทัศน์
11	การตระหนักรู้และเห็นคุณค่าในตนเองและผู้อื่น - ความรู้ ความถนัด ความสามารถของบุคคล - รู้จุดเด่น จุดด้อยของตนเอง - ความแตกต่างของบุคคล - การเห็นคุณค่าและภาคภูมิใจในตนเองและผู้อื่น - เป้าหมายในชีวิตและมีความรับผิดชอบต่อสังคม	9	1. บรรยายสรุปเนื้อหานี้ 2. อภิปรายกลุ่ม 3. อภิปรายซักถามในชั้นเรียน 4. ดู VDO/ ดูวิดีทัศน์ 5. มอบหมายงานศึกษาค้นคว้า	เอกสาร - ประกอบการสอน - Power point วิดิทัศน์
12	การคิดวิเคราะห์ ตัดสินใจ และแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ - การแยกแยะข้อมูลข่าวสาร ปัญหาและสถานการณ์รอบตัว - วิพากษ์วิจารณ์และประเมินสถานการณ์รอบตัวด้วยหลักเหตุผลและข้อมูลที่ถูกต้อง - รับรู้ปัญหา สาเหตุของปัญหา และหาทางเลือกที่เหมาะสม - การตัดสินใจในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างสร้างสรรค์	9	1. บรรยายสรุปเนื้อหานี้ 2. อภิปรายกลุ่ม 3. อภิปรายซักถามในชั้นเรียน 4. มอบหมายงานศึกษาค้นคว้า	เอกสาร - ประกอบการสอน - Power point วิดิทัศน์
13	การจัดการกับอารมณ์และความเครียด - ความเข้าใจและรู้เท่าทันภาวะอารมณ์ของบุคคล - สาเหตุของความเครียด รู้วิธีการควบคุมอารมณ์และความเครียด - วิธีผ่อนคลาย หลีกเลี่ยง และปรับเปลี่ยนพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดอารมณ์ไม่พึงประสงค์	9	1. บรรยายสรุปเนื้อหานี้ 2. บทบาทสมมติ 3. จำลองสถานการณ์ 4. กรณีศึกษา 5. อภิปรายซักถามในชั้นเรียน 6. มอบหมายงานศึกษา	เอกสาร - ประกอบการสอน - Power point วิดิทัศน์

			ค้นคว้า	
14	การสร้างสัมพันธภาพที่ดีกับผู้อื่น - การเข้าใจ มุมมอง อารมณ์ ความรู้สึกของผู้อื่น - การใช้ภาษาพูดและภาษากายเพื่อสื่อสาร - การวางตัวได้ถูกต้องเหมาะสมในสถานการณ์ต่างๆ - การสื่อสารที่สร้างสัมพันธภาพที่ดี - สร้างความร่วมมือและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข	9	1. บรรยายสรุปเนื้อหานี้ 2. อภิปรายกลุ่มเกี่ยวกับเทคนิคการ สร้างมนุษยสัมพันธ์ 3. กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ 4. กิจกรรมการติดต่อสื่อสาร	เอกสาร - ประกอบการสอน - Power point วิดิทัศน์
15	นำเสนอผลงาน	9	นำเสนอผลงาน	ผลงาน
16	นำเสนอผลงานกิจกรรมจิตอาสา	9	นำเสนอผลงานกิจกรรมจิตอาสา	ผลงานกิจกรรมจิตอาสา

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	ด้านคุณธรรม จริยธรรม	สังเกตพฤติกรรม การเข้าชั้นเรียน การแต่งกาย การร่วมกิจกรรมสาธารณะ	ทุกสัปดาห์	40%
2	ด้านความรู้ ความเข้าใจ	การทดสอบ การตอบคำถาม	ทุกสัปดาห์	20%
3	ด้านทักษะทางปัญญา	การร่วมกิจกรรม	ทุกสัปดาห์	20%
4	ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ	การร่วมกิจกรรม	ทุกสัปดาห์	20%

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D

0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

ธนัญญา ธีระอกนิษฐ์. (2560). เอกสารคำสอนรายวิชาจิตวิทยาการพัฒนาตน. สำนักวิชาศึกษาทั่วไป. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

ธนัญญา ธีระอกนิษฐ์. (2555). เอกสารประกอบการสอนรายวิชาพฤติกรรมมนุษย์เพื่อการพัฒนาตน. สำนักวิชาศึกษาทั่วไป. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

หัสดิน แก้ววิชิต. (2559). เอกสารประกอบการสอนรายวิชาพฤติกรรมมนุษย์เพื่อการพัฒนาตน. สำนักวิชาศึกษาทั่วไป. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

สมบูรณ์ ชำนาญ. (2560). เอกสารประกอบการสอนรายวิชาสุนทรียภาพเพื่อชีวิตทางดนตรี. สำนักวิชาศึกษาทั่วไป. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

กนกอร สุขุมาลพงษ์. (2559). เอกสารประกอบการสอนรายวิชาสุนทรียภาพเพื่อชีวิตทางนาฏศิลป์. สำนักวิชาศึกษาทั่วไป. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

นพดล มีไชยโย. (2546). จิตวิทยา . ขอนแก่น : พิมพ์ครั้งที่ 1 คลังนานาวิทยา.

นพดล มีไชยโย และพรรณทิวาทิ รุจิพร. (2546). จิตวิทยา. ขอนแก่น : พิมพ์ครั้งที่ 1 คลังนานาวิทยา

ประสาท อิศรปรีดา. (2546). จิตวิทยาการศึกษา. มหาสารคาม : พิมพ์ครั้งที่ 3 โครงการตำราคณะศึกษาศาสตร์

ประสิทธิ์ ทองอุ่น. (2540). จิตวิทยาและพุทธศาสตร์. สำนักส่งเสริมวิชาการ สถาบันราชภัฏสุรินทร์

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2534). จิตวิทยาการศึกษา.กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมกรุงเทพฯ

พระเทพเวที (ป.อ.ปยุตโต). (2531). พัฒนาตน. กรุงเทพฯ : มูลนิธิโกมลคีมทอง

พีรพล เทพประสิทธิ์. (2549). จิตวิทยาทั่วไป. กรุงเทพฯ : พิมพ์ครั้งที่ 1 ทริปเปิ้ลกรุ๊ป

ไพศาล ไกรสิทธิ์. (2542). การพัฒนาตน. ราชบุรี : สถาบันราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

รัตนา ศิริศิพานิช. (2547). จิตวิทยาทั่วไป. กรุงเทพฯ : พิมพ์ครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

1.1 นักศึกษาประเมินตนเองในด้านต่างๆ (พุทธพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย) ก่อนและหลังการเรียนรายวิชานี้

1.2 ส่งเสริมให้นักศึกษาแสดงความคิดเห็นต่อการเรียนการสอนในชั้นเรียน

1.3 จัดทำแบบประเมินผู้สอนและแบบประเมินรายวิชาโดยให้นักศึกษาเป็นผู้ประเมิน

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1.1 ประเมินจากผลการเรียนและผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษา

1.2 สังเกตการณ์การสอนของผู้ร่วมทีมการสอน

1.3 ถอดบทเรียนและแลกเปลี่ยนประสบการณ์การสอนของผู้สอน

3. การปรับปรุงการสอน

3.1 จัดประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

3.2 นำข้อเสนอแนะจากการประเมินการสอนของนักศึกษามาใช้ปรับปรุงการสอน

3.3 ทำวิจัยในชั้นเรียน

3.4 ค้นคว้าและนำเทคนิคการสอนจากการศึกษาดูงาน หรือการค้นด้วยตนเองมาปรับปรุงการสอนให้สอดคล้องและทันสมัยอยู่ตลอดเวลา

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

4.1 สอบถามนักศึกษาหรือการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษา รวมถึงพิจารณาจากผลการทดสอบย่อยและหลังการออกผลการเรียนรายวิชา

4.2 ทวนสอบการให้คะแนนโดยใช้วิธีการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษาโดยอาจารย์อื่นหรือผู้ทรงคุณวุฒิที่ไม่ใม่อาจารย์ประจำหลักสูตร

4.3 ตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชาตรวจสอบผลการประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยตรวจสอบข้อสอบ รายงาน วิธีการให้คะแนนสอบและการให้คะแนนพฤติกรรม

4.4 นำผลการเรียนของผู้เรียนเข้าสู่ทีประชุมรายวิชา ก่อนประเมินผลการเรียนในแต่ละภาคการศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

5.1 นำผลการวิเคราะห์จากข้อ 1 ข้อ 2 และข้อ 3 มาปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนในภาคการศึกษาถัดไป

5.2 ปรับปรุงการเรียนการสอนโดยการพัฒนาเนื้อหาสาระให้ทันสมัย เป็นปัจจุบันและสอดคล้องเท่าทันการเปลี่ยนแปลง

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

GE33001
วิทยาศาสตร์และประเด็นร่วมสมัย
Science and Contemporary Issues

2. จำนวนหน่วยกิต

6(3-6-9)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

รายวิชาสำนักวิชาศึกษาทั่วไป สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ทุกหลักสูตร

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.วรวัฒน์ ทิพจ้อย
อ.ดรุณี มณีทัศน์
อ.ชยานนท์ ฮมแสน
ดร.อัจฉราพร สมภาร
ผศ.เอกชัย จารุเนตรวิลาส
อ.อนงค์นุช เวชประชา
ดร.อริตา อินทสิน
อ.ลภัสรดา ศรีระประทิ
อ.ณรงค์ ขันดีศรีไพบูลย์

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1-2 / ชั้นปีที่ 1-4

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (ในเมือง)

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2562

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1.เพื่อให้นักศึกษา มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการและกระบวนการคิดของมนุษย์ ตรรกศาสตร์และการใช้เหตุผล กระบวนการตัดสินใจและทฤษฎี การตัดสินใจ

2. เพื่อให้นักศึกษา มีความรู้ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์

3. เพื่อให้นักศึกษาสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ในการส่งเสริมสุขภาพและสิ่งแวดล้อม โภชนาการและการออกกำลังกาย

4.เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจในความสำคัญของสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์สถานการณ์วิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมร่วมสมัย

5.เพื่อให้นักศึกษาสามารถจัดกิจกรรม วิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมเพื่อท้องถิ่น และสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. นักศึกษาสามารถอธิบาย/บรรยายเกี่ยวกับหลักการและกระบวนการคิดของมนุษย์ตรรกศาสตร์และการใช้เหตุผลกระบวนการตัดสินใจและทฤษฎีการตัดสินใจ และการใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวันได้

2. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์

3. นักศึกษาสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ในการส่งเสริมสุขภาพและสิ่งแวดล้อม โภชนาการและการออกกำลังกายได้

4. นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจในความสำคัญของสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์สถานการณ์วิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมร่วมสมัย

5. นักศึกษาสามารถจัดกิจกรรมวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมเพื่อท้องถิ่น และสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

การคิดและการตัดสินใจ การฝึกกระบวนคิด ตรรกศาสตร์เพื่อการตัดสินใจ คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การส่งเสริมสุขภาพและสิ่งแวดล้อม โภชนาการและการออกกำลังกาย การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ การจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน การวิเคราะห์สถานการณ์วิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมร่วมสมัย กิจกรรมวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมเพื่อท้องถิ่น การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
48 ชั่วโมง	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	จำนวน 96 ชั่วโมง	จำนวน 144 ชั่วโมง

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1. อาจารย์ประจำ รายวิชาจะใช้เวลา 10-15 นาที ให้คำปรึกษา แนะนำ และตอบข้อซักถามต่างๆ ในชั่วโมงสุดท้ายของการเรียนการสอนแต่ละสัปดาห์

2. ทุกวันพุธในคาบกิจกรรม โฮม รูม (Home Room) เวลา 13.00-16.00 น. ณ ห้องพักอาจารย์สำนักวิชาศึกษาทั่วไปและห้องพักอาจารย์ศูนย์สามพร้าว

3. ให้คำปรึกษาผ่านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือผ่านทางเครือข่ายออนไลน์ www.facebook.com ประมาณสัปดาห์ละ 0.5 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1. มีระเบียบวินัยในการแต่งกาย ตรงต่อเวลาในการเข้าเรียน 2. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและผู้อื่น 3. เคารพตามกฎระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4. รับฟังความคิดเห็นและเคารพใน	บรรยายประกอบ Power point เครื่องฉายภาพทึบแสง (Visualizer) และการทำกิจกรรมกลุ่มในชั้นเรียนและนอกชั้นเรียน	1. ประเมินผลพฤติกรรมที่แสดงออกในชั้นเรียน 2. ตรวจสอบการมีวินัยต่อการเรียน การเข้าห้องตรงเวลา การส่งรายงานตรงเวลา 3. ประเมินการรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น โดยนักศึกษาอื่นใน

สิทธิของผู้อื่น		รายวิชา/ในกลุ่ม 4. แบบสังเกตพฤติกรรม

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1. ความรู้ ความเข้าใจ ในหลักการและกระบวนการคิดของมนุษย์ ความคิดสร้างสรรค์ และคิดวิเคราะห์ตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2. รู้จักใช้กระบวนการตัดสินใจในการแก้ปัญหาให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ 3. นำกระบวนการคิดมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน	บรรยายประกอบ Power point เครื่องฉายภาพทึบแสง (Visualizer) และการทำกิจกรรมกลุ่มในชั้นเรียน มอบหมายงานให้ค้นคว้าเพิ่มเติม	1. ประเมินผลพฤติกรรมที่แสดงออกในชั้นเรียนกิจกรรม 2. ประเมินจากรายงานและนำเสนอกิจกรรมกลุ่ม 3. แบบฝึกหัดท้ายบท 4. แบบทดสอบย่อย (ระหว่างเรียน) และแบบทดสอบปลายภาค

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
สามารถใช้ความรู้ ความเข้าใจในหลักการของกระบวนการตัดสินใจและความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงได้	ฝึกทำกิจกรรม ตอบปัญหาแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียนและงานกลุ่ม	1. ประเมินจากการตอบปัญหา 2. ประเมินจากรายงานและการนำเสนอกิจกรรมกลุ่ม

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1. ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น 2. ความรับผิดชอบต่อตนเองและผู้อื่นในบทบาทต่างๆ เมื่อทำงานเป็นทีม เช่น หัวหน้ากลุ่ม และสมาชิกที่ดี 3. การยอมรับฟังความคิดเห็นที่แตกต่าง	กิจกรรมกลุ่มในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมกลุ่มในชั้นเรียน

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล

สามารถคัดเลือกแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน สามารถค้นคว้า/ติดตามข้อมูล การเปลี่ยนแปลงทางอินเตอร์เน็ตและสามารถนำเสนองานในรูปแบบที่หลากหลายได้	-ทำกิจกรรมกลุ่มและนำเสนอในชั้นเรียน มอบหมายงานให้ค้นคว้าเพิ่มเติม	ประเมินจากการทำกิจกรรมกลุ่ม

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	แนะนำแผนบริหารการสอนและเนื้อหาเรื่อง การคิดและกระบวนการคิดของมนุษย์ 1. ความหมายของการคิด 2. โครงสร้างและการทำงานของสมองกับการคิด 3. กระบวนการของการคิด 4. ประเภทของการคิด 5. การฝึกทักษะการคิดและลักษณะการคิด 6. การพัฒนากระบวนการคิด 7. การสร้างสรรค์งานตามแนวคิดเพื่อพัฒนาท้องถิ่น	9	- บรรยายสรุปเนื้อหา - อภิปราย - กิจกรรมบทบาทสมมติ - ทำแบบฝึกหัด - การศึกษาเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (Active Learning) เพื่อสร้างผลงานในการประยุกต์ใช้ในท้องถิ่น	- เอกสารประกอบการสอน -เครื่องฉายภาพทึบแสง (Visualizer) - Power Point
2	เนื้อหาเรื่อง ตรรกศาสตร์และการให้เหตุผล 1. ความหมายของตรรกศาสตร์ 2. ตรรกศาสตร์สัญลักษณ์ 3. การให้เหตุผล 4. การตรวจสอบความสมเหตุสมผล 5. การตรวจสอบความสมเหตุสมผลโดยใช้แผนภาพ	9	- บรรยายสรุปเนื้อหา - อภิปราย - ซักถามในชั้นเรียน - ทำแบบฝึกหัด	- เอกสารประกอบการสอน -เครื่องฉายภาพทึบแสง (Visualizer) - Power Point
3	เนื้อหาเรื่อง การวิเคราะห์	9	- บรรยายสรุปเนื้อหา	- เอกสารประกอบการสอน

	ข้อมูลเบื้องต้น 1. การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง 2. การวัดการกระจายของข้อมูล 3. คณิตศาสตร์ในประเด็นร่วมสมัย		- อภิปราย - ซักถามในชั้นเรียน - ทำแบบฝึกหัด	-เครื่องฉายภาพทึบแสง (Visualizer) - Power Point
4	เนื้อหาเรื่อง กระบวนการตัดสินใจ 1. แนวคิดของกระบวนการตัดสินใจ 2. โครงสร้างของปัญหาการตัดสินใจ 3. ประเภทของการตัดสินใจ	9	- บรรยายสรุปเนื้อหา - อภิปราย - ซักถามในชั้นเรียน - ทำแบบฝึกหัด	- เอกสารประกอบการสอน -เครื่องฉายภาพทึบแสง (Visualizer) - Power Point
5	1. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 2. สุขภาพ	9	- บรรยายสรุปเนื้อหา - อภิปราย - ซักถามในชั้นเรียน - ทำแบบฝึกหัด	- เอกสารประกอบการสอน -เครื่องฉายภาพทึบแสง (Visualizer) - Power Point
6	1. โภชนาการ 2. การออกกำลังกาย	9	- บรรยายสรุปเนื้อหา - อภิปราย - ซักถามในชั้นเรียน - ทำแบบฝึกหัด	- เอกสารประกอบการสอน -เครื่องฉายภาพทึบแสง (Visualizer) - Power Point
7	1. การวิเคราะห์สถานการณ์วิทยาศาสตร์ร่วมสมัย 2. กิจกรรมวิทยาศาสตร์เพื่อท้องถิ่น	9	- บรรยายสรุปเนื้อหา - อภิปราย - ซักถามในชั้นเรียน - ทำแบบฝึกหัด	- เอกสารประกอบการสอน -เครื่องฉายภาพทึบแสง (Visualizer) - Power Point
8	1.การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้	9	- บรรยายสรุปเนื้อหา - อภิปราย - ซักถามในชั้นเรียน - ทำแบบฝึกหัด	- เอกสารประกอบการสอน -เครื่องฉายภาพทึบแสง (Visualizer) - Power Point
9	1. พื้นฐานสิ่งแวดล้อม	9	- บรรยายสรุปเนื้อหา - อภิปราย - ทำกิจกรรมเชิงปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม	- เอกสารประกอบการสอน -เครื่องฉายภาพทึบแสง (Visualizer) - Power Point
10	2. พื้นฐานระบบนิเวศ	9	- บรรยายสรุปเนื้อหา	- เอกสารประกอบการสอน

			- อภิปราย - ทำกิจกรรมเชิงปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม	-เครื่องฉายภาพทึบแสง (Visualizer) - Power Point
11	3.สถานการณ์ปัญหาสิ่งแวดล้อม	9	- บรรยายสรุปเนื้อหา - อภิปราย - ทำกิจกรรมเชิงปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม	- เอกสารประกอบการสอน -เครื่องฉายภาพทึบแสง (Visualizer) - Power Point
12	4. การแก้ไขและรับมือกับปัญหาร่วมสมัย เช่น ปัญหามลพิษ ปัญหาขยะมูลฝอย ภาวะโลกร้อน ปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรและปัญหาสังคม	9	- บรรยายสรุปเนื้อหา - อภิปราย - ทำกิจกรรมเชิงปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม	- เอกสารประกอบการสอน -เครื่องฉายภาพทึบแสง (Visualizer) - Power Point
13	บทปฏิบัติการในประเด็นร่วมสมัย	9	กิจกรรมพิเศษและบทปฏิบัติการ	- เอกสารประกอบการสอน -เครื่องฉายภาพทึบแสง (Visualizer) - Power Point
14	บทปฏิบัติการในประเด็นร่วมสมัย	9	กิจกรรมพิเศษและบทปฏิบัติการ	- เอกสารประกอบการสอน -เครื่องฉายภาพทึบแสง (Visualizer) - Power Point
15	บทปฏิบัติการในประเด็นร่วมสมัย	9	กิจกรรมพิเศษและบทปฏิบัติการ	- เอกสารประกอบการสอน -เครื่องฉายภาพทึบแสง (Visualizer) - Power Point
16	สอบปลายภาค	1.5	สอบ	ข้อสอบปลาย ข้ ภาค

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	ความรู้ (2)	จากการสอบ - สอบปลายภาค	16	20%
2	คุณธรรม จริยธรรม (1)	จากการเข้าชั้นเรียน การมีส่วนร่วมในกิจกรรม ความตั้งใจในการเรียน	ตลอดภาคการศึกษา	15%

3	ทักษะทางปัญญา (3)	ใบงานและกิจกรรมท้ายบท	ตลอดภาคการศึกษา	45%
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ (4)	กิจกรรรมกลุ่มและการนำเสนอ	13 14 15	20%
5	ทักษะการวิเคราะห์ทางตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (5)			

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

ไม่มี

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

พลอยระดา ภูมี. (2555). เอกสารประกอบการสอนวิชาชีวิตกับสิ่งแวดล้อม. สำนักวิชาศึกษาทั่วไป : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

สุปรีชา วงศ์อารีย์. (2555). เอกสารประกอบการสอนวิชาการคิดการตัดสินใจ. สำนักวิชาศึกษาทั่วไป : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

หมวดการศึกษาทั่วไป. (2554). เอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อคุณภาพชีวิต. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- แบบประเมินการจัดการเรียนการสอน
- ข้อเสนอแนะผ่านการประเมินการจัดการเรียนการสอน

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน
- การตอบคำถามของนักศึกษาระหว่างเรียน
- ผลการสอบ

3. การปรับปรุงการสอน

- การประชุมเชิงปฏิบัติการกลุ่มอาจารย์ผู้สอนเพื่อหาแนวทางและวางแผนปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน
- การวิจัยในและนอกชั้นเรียน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

- มีคณะกรรมการฝ่ายวิชาการของสำนักวิชาฯ ทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษารายวิชาทั้งการออกข้อสอบและการตัดเกรดเป็นไปตามระเบียบข้อปฏิบัติของมหาวิทยาลัย

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

นำข้อมูลที่ได้จากการประเมิน ข้อ 1 ข้อ 2 และข้อ 3 มาวางแผนเพื่อปรับปรุงคุณภาพการสอน

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

GE33002
รู้ทันโลกดิจิทัล
Digital literacy

2. จำนวนหน่วยกิต

3(2-2-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

รายวิชาสำนักวิชาศึกษาทั่วไป สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ทุกหลักสูตร

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

๑. ดร.จุฬาวดี มีวันคำ
๒. ดร.มงคล ทะกอง
๓. ดร.ธีรวัชร์ คำก้อน
๔. อ.นัฏฐิยา ฐิติเจริญธรรม
๕. อ.อรอนงค์ ทองหล่อ ทะกอง
๖. อ.วรนิตย์ ทองอยู่
๗. อ.วิศรุต เพชรจรัส
๘. ผศ.จรินทิพย์ ประทุมรัตน์
๙. อ.ผจงจิตต์ ประชุมชาติ
๑๐. อ.คนางค์ มาตรา
๑๑. อ.อุษณีย์ ศรีสารคาม
๑๒. อ.สุวรรณี พันธ์โอภาส

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1-2-3 / ชั้นปีที่ 1-4

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (ในเมือง)
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

10/06/2562

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

๑. เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดหลักการสารสนเทศและเทคโนโลยี
๒. เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในยุคดิจิทัล
๓. เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครือข่ายคอมพิวเตอร์และประยุกต์ใช้งานอินเตอร์เน็ตได้
๔. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสืบค้นสารสนเทศและรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์
๕. เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจการจัดการสารสนเทศในยุคดิจิทัล
๖. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถน าสารสนเทศและเทคโนโลยีไปใช้ในการบริการชุมชนได้อย่างสร้างสรรค์
๗. เพื่อให้ผู้เรียนมีคุณธรรม จริยธรรมการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในโลกดิจิทัล

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีในยุคดิจิทัล

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

ทักษะ 5C เพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 แนวคิดเกี่ยวกับสารสนเทศและเทคโนโลยี การสืบค้นสารสนเทศ การรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ทักษะการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการจัดการสารสนเทศอย่างสร้างสรรค์การตระหนักถึงประเด็นความปลอดภัยบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต คุณธรรมจริยธรรมการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในโลกดิจิทัล

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
2 ชั่วโมง/สัปดาห์	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	2 ชั่วโมง/สัปดาห์	5 ชั่วโมง/สัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

ไม่มี

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
- รู้หน้าที่ มีวินัย ความรับผิดชอบ มีความมุ่งมั่นในการทำงานให้สำเร็จ - กล้าแสดงออกในสิ่งที่ถูกต้องและเป็นธรรมใช้คุณธรรมนำความรู้ - ตระหนักถึงคุณค่าความสำคัญและการอนุรักษ์สืบทอดเอกลักษณ์ที่ดีงามของไทย - ภูมิปัญญาท้องถิ่น และวิถีชุมชน	- กำหนด กติกาในการเรียนการสอน - จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่แสดงออกถึงการสำนึกความเป็นไทย - สอดแทรกเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจพอเพียง - จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สะท้อนให้เห็นถึงคุณธรรมจริยธรรมผ่านการอภิปรายกลุ่ม - บรรยายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ และผู้สอนประพฤติตนให้เป็นแบบอย่างที่ดี - อภิปรายกลุ่มย่อยตามหัวข้อที่ได้รับมอบหมาย - จัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	- สังเกต ประเมินพฤติกรรม การเข้าชั้นเรียน การส่งงาน - ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม - ประเมินจากความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย - ประเมินจากแบบประเมินกิจกรรม - ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
- มีความรู้ ความเข้าใจ วิเคราะห์หลักการ แนวคิด ทฤษฎีในศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และสามารถ นำไปใช้ในการดำเนินชีวิต	- จัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ - จัดการเรียนการสอนโดยใช้กรณีศึกษา - จัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบฝึกปฏิบัติใบงาน โปรแกรมประยุกต์และ Application ต่าง ๆ	- ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม - ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย - ประเมินจากการนำเสนอ - ประเมินจากแบบทดสอบ

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
- เป็นผู้ใฝ่รู้ และมีความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิต - นำความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ในชีวิตประจำวัน วิเคราะห์ ประเมิน และแก้ไขปัญหา ได้อย่างเหมาะสม - มีความเป็นผู้นำ และสามารถทำงานเป็นทีม - สามารถคิดอย่างมีระบบ มีเหตุผล มีวิจารณญาณ - สามารถคิดริเริ่มสร้างสรรค์ - สามารถคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และตัดสินใจได้อย่างเหมาะสม	- จัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ - จัดกิจกรรมที่เน้นการแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวัน - อภิปรายและแสดงความคิดเห็น - มอบหมายงานเป็นรายกลุ่ม/รายบุคคล	- ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมในกิจกรรม - ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย - ประเมินจากแบบทดสอบ

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
- มีจิตอาสาและสำนึกสาธารณะ - เห็นคุณค่าและยอมรับในความแตกต่างหลากหลายของมนุษย์ สังคม และวัฒนธรรม	- จัดการเรียนการสอนที่เน้นการทำงานร่วมกันเป็นทีม - บูรณาการการจัดการเรียนการสอนไปยังกลุ่มวิชาหรือรายวิชาอื่นๆ - มอบหมายงานเป็นรายกลุ่ม/รายบุคคล – จัดการเรียนการสอนโดยใช้กรณีศึกษา	- ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมในกิจกรรม - ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย - ประเมินจากแบบทดสอบ

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
	- จัดการเรียนการสอนโดยใช้กรณีศึกษา - บรรยายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ	- ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย - ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมในกิจกรรม

	- อภิปรายกลุ่มย่อยตามหัวข้อที่ได้รับมอบหมาย - การฝึกปฏิบัติ และผู้สอนสะท้อนผลการฝึกปฏิบัติ - มอบหมายงานเป็นรายกลุ่ม / รายบุคคล	- ประเมินจากความถูกต้องของแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ - ประเมินจากแบบทดสอบ

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	คาบบรรยาย - แผนการสอน - กฎระเบียบการเข้าเรียน การแต่งกาย - กฎระเบียบการใช้ห้องเรียนและห้องปฏิบัติการ บทที่ ๑ สารสนเทศ เทคโนโลยีและทักษะการเรียนรู้ใน ศตวรรษที่ ๒๑ - ความรู้เกี่ยวกับข้อมูลและสารสนเทศ - เทคโนโลยีสารสนเทศ ● เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ● เทคโนโลยีโทรคมนาคม - บทบาท/ความสำคัญของเทคโนโลยีสารสนเทศ คาบปฏิบัติ - การใช้ Class Room	4	กิจกรรมการเรียนการสอน - อธิบายแผนการสอน จุดประสงค์รายวิชา การจัดเก็บคะแนน กฎระเบียบต่าง ๆในการเข้า เรียน และการใช้ห้องเรียนและห้องปฏิบัติการ - อธิบายเนื้อหาบทที่ ๑ - อธิบายการใช้ Class Room และการใช้ Email ของมหาวิทยาลัย - ฝึกปฏิบัติ การวัดและการประเมินผล - ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย - ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วม ในกิจกรรม - ประเมินจากความถูกต้องของแบบฝึกหัด	สื่อการสอน - ใบงาน ใบความรู้ PP แนะนำวิชา
2	คาบบรรยาย บทที่ ๑ สารสนเทศ เทคโนโลยีและทักษะการเรียนรู้ใน ศตวรรษที่ ๒๑ (ต่อ)	4	ิจกรรมการเรียนการสอน - อธิบายเนื้อหาบทที่ ๑ - การใช้ E-mail ของมหาวิทยาลัย	สื่อการสอน - ใบงาน ใบความรู้ PP เนื้อหาวิชา

	- ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ ๒๑ คาบปฏิบัติ - การใช้ E-mail ของมหาวิทยาลัย		- ฝึกปฏิบัติ การวัดและการประเมินผล - ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย - ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วม ในกิจกรรม	
3	คาบบรรยาย บทที่ ๒ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ - อธิบายเกี่ยวกับ Microsoft Office คำนิยาม ความสำคัญ - การใช้ Windows - การใช้ Microsoft Word คาบปฏิบัติ - ฝึกหัดเกี่ยวกับการใช้ Windows - ฝึกหัดการใช้ Microsoft Word	4	ิจกรรมการเรียนการสอน - อธิบายเนื้อหาบทที่ ๒ - อธิบายเกี่ยวกับ Microsoft Office คำนิยาม ความสำคัญ - การใช้ Microsoft Word การวัดและการประเมินผล - ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย - ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมใน กิจกรรม	สื่อการสอน - ใบงาน ใบความรู้ PP เนื้อหาวิชา
4	คาบบรรยาย บทที่ ๒ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ต่อ) - อธิบายเกี่ยวกับ Microsoft Office คำนิยาม ความสำคัญ - อธิบายการใช้Microsoft Excel - อธิบายการใช้Microsoft PowerPoint คาบปฏิบัติ - ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้ Windows - ฝึกหัดการใช้ Microsoft Excel - ฝึกหัดการใช้ Microsoft PowerPoint	4	กิจกรรมการเรียนการสอน - อธิบายเนื้อหาบทที่ ๒ - อธิบายเกี่ยวกับ Microsoft Office คำนิยาม ความสำคัญ - การใช้Microsoft Excel - การใช้Microsoft PowerPoint การวัดและการประเมินผล - ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย - ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมใน กิจกรรม	สื่อการสอน - ใบงาน ใบความรู้ PP เนื้อหาวิชา
5	คาบบรรยาย บทที่ ๒ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ต่อ) - อธิบายความหมาย ความสำคัญ	4	กิจกรรมการเรียนการสอน - อธิบายเนื้อหาบทที่ ๒ (ต่อ) - ฝึกปฏิบัติ Mobile application	สื่อการสอน - ใบงาน ใบความรู้ PP เนื้อหาวิชา

	บทบาทของ Mobile Application - อธิบายความหมาย ความสำคัญ บทบาทของ Education Application คาบปฏิบัติ - ฝึกปฏิบัติ Mobile application - ฝึกปฏิบัติ Education Application		- ฝึกปฏิบัติ Education Application การวัดและการประเมินผล - ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย - ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมใน กิจกรรม	
6	คาบบรรยาย บทที่ ๒ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ (ต่อ) - อธิบายความหมาย ความสำคัญ บทบาทของ Digital Marketing - การผลิตสื่อและนำเสนอสารสนเทศ - การเลือกใช้สื่อได้อย่างเหมาะสม การนำเสนอ สารสนเทศในรูปแบบต่างๆ ได้ คาบปฏิบัติ - การใช้ Application สำหรับ Digital marketing - การทำรายงาน โปสเตอร์ แผ่นพับ สื่อ อิเล็กทรอนิกส์ อีบุ๊ก	4	กิจกรรมการเรียนการสอน - อธิบายเนื้อหาบทที่ ๒ (ต่อ) - ฝึกปฏิบัติ Mobile application - ฝึกปฏิบัติการทำโปสเตอร์ แผ่นพับ สื่อ อิเล็กทรอนิกส์ อีบุ๊ก - แบ่งกลุ่ม ๕ คน เพื่อเตรียมผลิตสื่อ การวัดและการประเมินผล - ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย - ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมใน กิจกรรม - การนำเสนองานกลุ่ม	สื่อการสอน - ใบงาน ใบความรู้ PP เนื้อหาวิชา
7	คาบบรรยาย บทที่ ๓ เครือข่ายคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต - ความหมาย ประโยชน์ของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ - ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์สำหรับเครือข่าย - รูปแบบเครือข่าย (internet Intranet Extranet) คาบปฏิบัติ	4	กิจกรรมการเรียนการสอน - อธิบายเนื้อหาบทที่ ๓ - ฝึกปฏิบัติ การใช้ระบบเครือข่าย การวัดและการประเมินผล - ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย - ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมใน กิจกรรม	สื่อการสอน - ใบงาน ใบความรู้ PP เนื้อหาวิชา

	- ฝึกปฏิบัติการใช้ระบบเครือข่าย			
8	คาบบรรยาย บทที่ ๓ เครือข่ายคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต (ต่อ) - ความหมาย ประโยชน์ของเครือข่ายอินเทอร์เน็ต - ความหมาย ประโยชน์ Internet of Think คาบปฏิบัติ - ฝึกปฏิบัติการใช้ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต	4	กิจกรรมการเรียนการสอน - อธิบายเนื้อหาบทที่ ๓ อินเตอร์เน็ต - ฝึกปฏิบัติ การใช้ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การวัดและการประเมินผล - ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย - ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมใน กิจกรรม	สื่อการสอน - ใบงาน ใบความรู้ PP เนื้อหาวิชา
9	คาบบรรยาย บทที่ ๔ ฐานข้อมูล และระบบสารสนเทศ - ความหมาย แนวคิดเกี่ยวกับฐานข้อมูล - ระบบสารสนเทศ คาบปฏิบัติ - ฝึกปฏิบัติการใช้ฐานข้อมูล	4	กิจกรรมการเรียนการสอน - อธิบายเนื้อหาบทที่ ๔ ฐานข้อมูลและระบบ สารสนเทศ - ฝึกปฏิบัติการใช้ฐานข้อมูล การวัดและการประเมินผล - ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย - ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมใน กิจกรรม	สื่อการสอน - ใบงาน ใบความรู้ PP เนื้อหาวิชา
10	คาบบรรยาย บทที่ ๔ ฐานข้อมูล และระบบสารสนเทศ (ต่อ) - ความหมาย แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการ สารสนเทศ - การจัดหมวดหมู่หนังสือห้องสมุด คาบปฏิบัติ - กิจกรรม library tour	4	กิจกรรมการเรียนการสอน - อธิบายเนื้อหาบทที่ ๔ การจัดการสารสนเทศ และการจัดหมวดหมู่หนังสือห้องสมุด - ฝึกปฏิบัติการใช้งานห้องสมุดของมหาวิทยาลัย การวัดและการประเมินผล - ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย - ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมใน กิจกรรม	สื่อการสอน - ใบงาน ใบความรู้ PP เนื้อหาวิชา
11	คาบบรรยาย บทที่ ๕ การสืบค้นสารสนเทศ การ	4	กิจกรรมการเรียนการสอน - อธิบายเนื้อหาบทที่ ๕ การ	สื่อการสอน - ใบงาน ใบความรู้

	อ้างอิงและ บรรณานุกรม - การสืบค้นทรัพยากรสารสนเทศห้องสมุด (OPAC) - ฐานข้อมูลออนไลน์ คาบปฏิบัติ - ฝึกปฏิบัติการสืบค้นทรัพยากรห้องสมุดและการ สืบค้นออนไลน์		สืบค้นสารสนเทศ การอ้างอิงและบรรณานุกรม - ฝึกปฏิบัติการสืบค้นทรัพยากรห้องสมุดและ การสืบค้นออนไลน์ การวัดและการประเมินผล - ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย - ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมใน กิจกรรม	PP เนื้อหาวิชา
12	คาบบรรยาย บทที่ ๕ การสืบค้นสารสนเทศ การอ้างอิงและ บรรณานุกรม (ต่อ) - Search engine - การอ้างอิงและบรรณานุกรม (APA) คาบปฏิบัติ - ฝึกปฏิบัติการสืบค้นโดยใช้ Search engine - การฝึกเขียนอ้างอิงและบรรณานุกรม (APA)	4	กิจกรรมการเรียนการสอน - อธิบายเนื้อหาบทที่ ๕ Search engine การอ้างอิงและบรรณานุกรม (APA) - ฝึกปฏิบัติการสืบค้นโดยใช้ Search engine - การฝึกเขียนอ้างอิงและบรรณานุกรม (APA) การวัดและการประเมินผล - ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย - ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมใน กิจกรรม	สื่อการสอน - ใบงาน ใบความรู้ PP เนื้อหาวิชา
13	คาบบรรยาย บทที่ ๖ คุณธรรมจริยธรรมในโลกดิจิทัล - ความมั่นคงปลอดภัยในการใช้อินเทอร์เน็ต - การรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ คาบปฏิบัติ - สืบค้นข้อมูล เหตุการณ์กรณีศึกษา	4	กิจกรรมการเรียนการสอน - อธิบายเนื้อหาบทที่ ๖ ความมั่นคงปลอดภัยใน การใช้อินเทอร์เน็ต - อภิปรายการรู้เท่าทันสื่อสังคมออนไลน์ - ฝึกปฏิบัติการสืบค้นสืบค้นข้อมูลเหตุการณ์ กรณีศึกษา สื่อการสอน - ใบงาน ใบความรู้ PP เนื้อหาวิชา การวัดและการประเมินผล - ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย	สื่อการสอน - ใบงาน ใบความรู้ PP เนื้อหาวิชา
14	คาบบรรยาย	4	ิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อการสอน

	บทที่ ๖ คุณธรรมจริยธรรมในโลกดิจิทัล (ต่อ) - ลิขสิทธิ์ สิทธิบัตร - พ.ร.บ.คอมพิวเตอร์ คาบปฏิบัติ - สืบค้นข้อมูล เหตุการณ์ กรณีศึกษา		- อธิบายเนื้อหาบทที่ ๖ ลิขสิทธิ์ สิทธิบัตร พ.ร.บ.คอมพิวเตอร์ - ฝึกปฏิบัติการสืบค้นสืบค้นข้อมูล เหตุการณ์ กรณีศึกษา การวัดและการประเมินผล - ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย - ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมใน กิจกรรม	- ใบงาน ใบความรู้ PP เนื้อหาวิชา
15	คาบบรรยาย+คาบปฏิบัติ เสนอผลงานผลิตสื่อสารสนเทศ	4	กิจกรรมการเรียนการสอน - นำเสนอผลงานการผลิตสื่อ การวัดและการประเมินผล - ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย	
16	สอบปลายภาค			

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	สอบปลายภาค	๑. มีความรู้ ความเข้าใจ วิเคราะห์หลักการ แนวคิด ทฤษฎีในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องและ สามารถนำไปใช้ในการดำเนินชีวิต ๑. ทักษะการแสวงหาความรู้ตลอดชีวิต ๒. มีทักษะการคิดแบบองค์รวม ๓. ใช้เทคโนโลยีสารเทศอย่างรู้ทัน	ตลอดภาคการเรียน	30%
2	การนำเสนอการผลิตสื่อสารสนเทศ	๑. มีความรู้ และตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากร สิ่งแวดล้อม ภูมิปัญญาท้องถิ่น และวิถีชุมชน	ตลอดภาคการเรียน	20%
3	ใบงานและกิจกรรมท้ายบท งานเดี่ยว/งานกลุ่ม	๑. ทักษะการแสวงหาความรู้ตลอดชีวิต ๒. มีทักษะการคิดแบบองค์รวม ๓. ใช้เทคโนโลยีสารเทศอย่างรู้ทัน 40%	ตลอดภาคการเรียน	40%

		๔ จิตพิสัย		
4	จิตพิสัย	๑. มีคุณธรรม จริยธรรมในการดำเนินชีวิต บนพื้นฐานปรัชญาเศรษฐกิจความพอเพียง	ตลอดภาคการเรียน	10%

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอนวิชาก้าวทันเทคโนโลยียุคดิจิทัล. สำนักวิชาศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

สื่อการสอน PowerPoint และแบบฝึกหัด

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

เอกสารที่เกี่ยวกับเทคโนโลยียุคดิจิทัล

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- การสนทนากลุ่มระหว่างผู้สอนและผู้เรียน
- การสังเกตการณ์จากพฤติกรรมของผู้เรียน
- แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การสังเกตการณ์สอนของผู้สอน
- ผลการสอบ
- การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

- สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

- การทวนสอบการให้คะแนนจากการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษาโดยอาจารย์อื่น หรือ ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ไม่ใช่อาจารย์ประจ าหลักสูตร

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

- ปรับปรุงรายวิชาทุกปี หรือตามข้อเสนอแนะและผลการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ตามข้อ 4

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

GE44001
ภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร
Thai for Communication

2. จำนวนหน่วยกิต

3(2-2-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

รายวิชาสำนักวิชาศึกษาทั่วไป สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ทุกหลักสูตร

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศศิพงษ์ ศรีสวัสดิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุทธิวรรณ อินทะกนก
อาจารย์ปาริฉัตร พรมสอน
อาจารย์สริรัตน์ จันทร์มาลา
อาจารย์นุชนาฏ สระกาศ
อาจารย์ปิยกนิษฐ์ สาธารณ์

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1-2-3 / ชั้นปีที่ 1-4

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (ในเมือง)

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

30/05/2563

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้ภาษาไทยได้อย่างถูกต้อง

2. มีความรู้และเกิดทักษะการสื่อสารทางภาษาไทย ทั้งด้านทักษะการฟัง การพูด การอ่าน และการเขียนไปใช้ในการสื่อสารได้อย่างสร้างสรรค์และเหมาะสม

3. มีเจตคติที่ดีต่อการใช้ภาษาไทย

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. นักศึกษาสามารถอธิบายความหมายและความสำคัญของการใช้ภาษาไทยได้อย่างถูกต้องตามกาลเทศะ

2. นักศึกษาสามารถนำทักษะการฟัง การพูด การอ่าน และการเขียนมาประยุกต์ใช้ในการสื่อสารในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. นักศึกษาตระหนักถึงความสำคัญและทัศนคติที่ดีต่อการใช้ภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

ภาษาไทยในการสื่อสาร ความคิดกับการใช้ภาษา ภาษากับสังคมการพัฒนาทักษะการใช้ภาษาไทยในการฟัง พูด อ่าน และเขียนได้อย่างสร้างสรรค์และมีประสิทธิภาพ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
30 ชั่วโมง/ต่อภาคการศึกษา	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	30 ชั่วโมง/ต่อภาคการศึกษา	6 ชั่วโมง/สัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

การให้คำปรึกษานักศึกษาเกี่ยวกับรายวิชานี้ ดำเนินการ 2 วิธี คือ การให้คำปรึกษานักศึกษารายบุคคลและเป็นกลุ่มในห้องเรียนหรือนอกห้องเรียน ประมาณสัปดาห์ละ 1 ชั่วโมง

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1.1.1 มีวินัยในตนเอง ตรงต่อเวลา 1.1.2 รู้จักกาลเทศะ สุภาพ อ่อนน้อมถ่อมตน 1.1.3 ตระหนักและเห็นคุณค่าของภูมิปัญญาไทย	1.2.1 การบรรยายสอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม 1.2.2 มอบหมายงานรายบุคคลและรายกลุ่ม 1.2.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างหรือสถานการณ์ที่กำหนด 1.2.4 ใช้สื่อประสมในการสอน	1.3.1 สังเกตและบันทึกพฤติกรรมผู้เรียน 1.3.2 ตรวจสอบการเข้าเรียน 1.3.3 ตรวจสอบการส่งงานตามกำหนดเวลา 1.3.4 ผลงานการทำกิจกรรมรายบุคคล และรายกลุ่ม 1.3.5 ผลการสอบเก็บคะแนนระหว่างภาคเรียนและปลายภาคเรียน

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
2.1.1 มีความรู้ความเข้าใจและตระหนักถึงความสำคัญของภาษาไทย 2.1.2 มีความรู้ความสามารถใช้ทักษะทางภาษาเพื่อพัฒนาปัญญา ขยายผลการศึกษา ค้นคว้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2.1.3 ใช้ภาษาในการสื่อสารในชีวิตประจำวันได้อย่างสร้างสรรค์และถูกกาลเทศะ	2.2.1 การบรรยาย 2.2.2 การรายงาน 2.2.3 การศึกษาด้วยตนเอง 2.2.4 การอภิปราย	2.3.1 ตรวจแบบฝึกหัดและผลงานผู้เรียน 2.3.2 สังเกตและบันทึกพฤติกรรมผู้เรียน 2.3.3 รายงานการศึกษาด้วยตนเอง 2.3.4 ทดสอบผลการเรียนรู้

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
3.1.1 เป็นผู้ใฝ่รู้และมีความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิต 3.1.2 สามารถคิดวิเคราะห์ และ	3.2.1 การบรรยาย 3.2.2 การอภิปราย 3.2.3 การรายงานกลุ่ม	3.3.1 ทดสอบผลการเรียนรู้ 3.3.2 บันทึกผลการตอบปัญหา และแสดงความคิดเห็น

ตัดสินใจบนพื้นฐานของเหตุผล 3.1.3 มีวิสัยทัศน์ และความคิดสร้างสรรค์มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม	3.2.4 ฝึกตอบปัญหาและแสดงความคิดเห็น 3.2.5 คิดวิเคราะห์ วินิจสารจากสถานการณ์ที่กำหนด	3.3.3 แบบสังเกตและบันทึกพฤติกรรมผู้เรียน

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
4.1.1 การสร้างความสัมพันธภาพระหว่างผู้เรียนด้วยกัน 4.1.2 ความสามารถในการทำงานเป็นทีม มีภาวะผู้นำและผู้ตามที่ดี 4.1.3 พัฒนาการเรียนรู้ด้วยตนเองและมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายครบถ้วน	4.2.1 จัดกิจกรรมกลุ่ม 4.2.2 มอบหมายงานรายบุคคล 4.2.3 มอบหมายรายงานกลุ่ม	4.3.1 สังเกตและบันทึกพฤติกรรมผู้เรียน 4.3.2 การนำเสนอและรายงานกลุ่ม 4.3.3 รายงานการศึกษาด้วยตนเอง 4.3.4 ประเมินภาระงานที่ได้รับมอบหมาย

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
5.1.1 ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการสื่อสาร ศึกษา ค้นคว้า วิเคราะห์และคัดเลือกข้อมูลจากแหล่งความรู้ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม 5.1.2 ใช้สื่อประสมให้เหมาะกับสถานการณ์สื่อสาร 5.1.3 สามารถคิดวิเคราะห์ วินิจสารในสถานการณ์สื่อสารได้ดี 5.1.4 ใช้ภาษาไทยในการติดต่อสื่อสารได้ดีทั้งการฟัง พูด อ่าน เขียน	5.2.1 มอบหมายงานให้ค้นคว้าแหล่งข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 5.2.2 ฝึกการวิเคราะห์ความและสังเคราะห์สถานการณ์ การสื่อสารจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ 5.2.3 ร่วมกิจกรรมกลุ่มสร้างสรรค์ผลงาน	5.3.1 รายงานและนำเสนอการคิดวิเคราะห์ ตีความในสถานการณ์สื่อสาร 5.3.2 ความสามารถในการอธิบายและเทคนิคการนำเสนอผลงาน 5.3.3 การมีส่วนร่วมในการนำเสนอผลงาน 5.3.4 รายงานการสืบค้นข้อมูล

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน**	**สื่อที่ใช้**
1	แนะนำเนื้อหารายวิชา บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสื่อสาร - ความหมายของการสื่อสาร - ความสำคัญของการสื่อสาร - องค์ประกอบของการสื่อสาร	4	- ชี้แจงการเรียนการสอน - นำเข้าสู่บทเรียน - กิจกรรมกลุ่ม -แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน - มอบหมายงาน	สื่ออิเล็กทรอนิกส์/สื่อออนไลน์ (Power point, You tube, ภาพยนตร์, ละคร, รายการเกมโชว์)
2	- ภาษาที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร - วัตถุประสงค์ในการสื่อสาร - ประเภทของการสื่อสาร - อุปสรรคในการสื่อสาร	4	นำเข้าสู่บทเรียน -บรรยายตามหัวข้อที่กำหนด -แบ่งกลุ่มผู้เรียนแลกเปลี่ยนความรู้วัจนภาษา และอวัจนภาษาจากสื่อสิ่งพิมพ์ -ให้ผู้เรียนนำเสนองานกลุ่มกิจกรรมแสดงบทบาทสมมติ (role play) ชื่อ "สื่อสารอย่างสร้างสรรค์" (กลุ่มละ 30 นาที) -ร่วมกันสรุปกิจกรรม -เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	-สื่อบุคคล, สื่ออิเล็กทรอนิกส์/สื่อออนไลน์ (Power point, You tube, การแสดงบทบาทสมมติ) -สื่อสิ่งพิมพ์ (หนังสือพิมพ์, วารสาร, นิตยสาร) -กิจกรรมกลุ่ม -แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
3	บทที่ 2 กลวิธีการใช้ภาษาเพื่อการสื่อสาร -การใช้คำ -การใช้ประโยค	4	-นำเข้าสู่บทเรียน -บรรยาย เรื่องการใช้คำ, การใช้ ประโยค -มอบหมายงาน	-บรรยายประกอบสื่ออิเล็กทรอนิกส์/สื่อออนไลน์ (Power point) -กิจกรรมกลุ่ม -แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
4	-การใช้สำนวนโวหาร	4	-นำเข้าสู่บทเรียน	-บรรยายประกอบ

	-การใช้ระดับภาษา		-บรรยาย เรื่องการใช้สำนวน, การใช้ระดับภาษา -มอบหมายงาน	สื่ออิเล็กทรอนิกส์/การบรรยายด้วยสื่อออนไลน์ (Power point) -กิจกรรมกลุ่ม -แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
5	บทที่ 3 ทักษะการฟังและการดู -ความหมายของการฟังและดู -ความสำคัญของการฟังและดู -วัตถุประสงค์ในการฟังและดู -ประเภทของการฟังและดู	4	-นำเข้าสู่บทเรียน -บรรยายเรื่องทักษะการฟังและ ดู -แบ่งกลุ่มผู้เรียนแลกเปลี่ยนความรู้และร่วมทำกิจกรรม -มอบหมายงาน -นำเสนองาน	-บรรยายประกอบสื่ออิเล็กทรอนิกส์/บรรยายประกอบสื่อด้วยสื่อออนไลน์ (Power point, You tube) -เพลง, บทสัมภาษณ์การฟัง -ภาพยนตร์ -กิจกรรมกลุ่ม
6	-หลักการฟังและดูที่มีประสิทธิภาพ -มารยาทในการฟังและดู -การพัฒนาทักษะการฟังและการดู	4	-บรรยายเรื่องหลักการฟังและ ดู -แบ่งกลุ่มผู้เรียนแลกเปลี่ยนความรู้และทำกิจกรรม -จัดกิจกรรมพัฒนาทักษะการฟังและดู -มอบหมายงาน -นำเสนอ	-บรรยายด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์/บรรยายประกอบด้วยสื่อออนไลน์ - สื่ออิเล็กทรอนิกส์/สื่อออนไลน์ (Power point, You tube) -กิจกรรมกลุ่ม -แบบฝึดหัดท้ายบทเรียน
7	บทที่ 4 ทักษะการพูด -ความหมายและความสำคัญของการพูด -คุณธรรมและจรรยาบรรณของผู้พูด -การพัฒนาสมรรถนะและบุคลิกภาพในการพูด	4	บรรยายความหมายและความ สำคัญของทักษะการพูด คุณธรรมและจรรยาบรรณของผู้พูด	-บรรยายประกอบสื่ออิเล็กทรอนิกส์/บรรยายประกอบด้วยสื่อออนไลน์ -วีดิทัศน์เกี่ยวกับทักษะการพูด -ชมรายการตัวอย่าง

				ภาษาพาเพลิน
8	ทักษะการพูด -พูดให้เป็นพูดให้ฟัง -ขั้นตอนสู่การพูดในที่ประชุมชน -ชีวิตรุ่งเพราะการพูด -การพูดสร้างแรงบันดาลใจ	4	-แบ่งกลุ่มศึกษาการพูดแต่ละประเภท -ฝึกทักษะการพูดนำเสนอผล งานหน้าชั้นเรียนแบบกลุ่ม -ฝึกทักษะการพูดแบบเดี่ยวหน้าชั้นเรียน	-บรรยายประกอบสื่ออิเล็กทรอนิกส์/บรรยายประกอบด้วยสื่อออนไลน์ -วีดิทัศน์เกี่ยวกับทักษะการพูด
9	บทที่ 5 ทักษะการอ่าน -ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหลักการอ่าน -ความหมายของการอ่าน -ความสำคัญของการอ่าน -ประโยชน์ที่ได้จากการอ่าน -จุดมุ่งหมายของการอ่าน -กระบวนการอ่าน -ประเภทของการอ่าน	4	บรรยายเรื่องทักษะการอ่าน -แบ่งกลุ่มผู้เรียน สนทนาแลก เปลี่ยนความรู้ -มอบหมายงาน	-บรรยายประกอบสื่ออิเล็กทรอนิกส์/บรรยายประกอบด้วยสื่อออนไลน์ -ฝึกอ่านจับใจความจากสื่อออนไลน์ -แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
10	ทักษะการอ่าน -การอ่านวิเคราะห์ จับใจความสำคัญและตีความในชีวิตประจำวัน	4	-ศึกษาเรื่องทักษะการอ่าน -ฝึกเก็บใจความสำคัญจากเรื่องที่อ่าน -ฝึกตอบคำถามวิเคราะห์และตีความจากเรื่องที่อ่าน -ฝึกอ่านเรื่องแล้วให้นักศึกษาประเมินคุณค่าเรื่องที่ได้อ่าน -มอบหมายงานให้ศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเองและฝึกทักษะการอ่านโดยเลือกบทอ่าน	-บรรยายประกอบสื่ออิเล็กทรอนิกส์/บรรยายประกอบด้วยสื่อออนไลน์ -หนังสือภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร -แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน -แบบฝึกหัดอ่านจับใจความ, แบบฝึกหัดการอ่านวิเคราะห์, แบบฝึกหัดการอ่านตีความ, บทอ่านวรรณกรรมท้องถิ่นอุดรธานี
11	บทที่ 6 ทักษะการเขียนเพื่อการสื่อสาร -ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการเขียน -การเขียนย่อหน้า	4	-บรรยายเรื่องการเขียน -มอบหมายรายบุคคล -ฝึกเขียนย่อหน้า	-บรรยายด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์/บรรยาย

				ประกอบด้วยสื่อออนไลน์ -ตัวอย่างการเขียนย่อหน้า -เอกสารประกอบคำ สอน
12	การเขียนเพื่อการสื่อสาร (ต่อ) -การเขียนบทความ -การเขียนในสื่อออนไลน์ Blog, Page	4	-บรรยายประเภทบทความ -ฝึกเขียน Blog, Page -มอบหมายงาน	บรรยายด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์/บรรยาย ประกอบด้วยสื่อออนไลน์ -ตัวอย่างบทความ -ตัวอย่างสื่อบันเทิงคดี Blog, Page -เอกสารประกอบคำ สอน
13	การเขียนเพื่อการสื่อสาร (ต่อ) -การเขียนบันทึกอย่างเป็นทางการและไม่เป็นทางการ	4	-บรรยายประเภทบันทึก -มอบหมายงานกลุ่ม	-บรรยายด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์/บรรยาย ประกอบด้วยสื่อออนไลน์ -ตัวอย่างบันทึก -สื่ออิเล็กทรอนิกส์
14	กิจกรรมสื่อสร้างสรรค์ ครั้งที่ 1	4	-แบ่งกลุ่มทำกิจกรรม -รับฟังปัญหาแลกเปลี่ยนข้อมูล -นำเสนอความก้าวหน้าครั้งที่ 1	-บรรยายด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์/บรรยาย ประกอบด้วยสื่อออนไลน์ -การอบรมเชิงปฏิบัติบการ -การรับชมรูปแบบการสร้างสื่อผ่าน You tube -เอกสารประกอบ -สื่ออิเล็กทรอนิกส์ (Power Point)
15	กิจกรรมสื่อสร้างสรรค์ ครั้งที่ 2	4	-แบ่งกลุ่มทำกิจกรรม	-บรรยายด้วยสื่อ

			-รับฟังปัญหาแลกเปลี่ยนข้อมูล -นำเสนอความก้าวหน้าครั้งที่ 2	อิเล็กทรอนิกส์/บรรยายประกอบด้วยสื่อออนไลน์ -การอบรมเชิงปฏิบัติการ -การรับชมรูปแบบการสร้างสื่อผ่าน You tube -เอกสารประกอบ -สื่ออิเล็กทรอนิกส์ (Power Point)
16	การนำเสนอผลงานสร้างสรรค์ สรุปบทเรียนและประเมินผลงาน รายการ You tube เด้อ	4	นำเสนอผลงานสร้างสรรค์	ผลงานสร้างสรรค์

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	1.1,1.3	สังเกตและบันทึกพฤติกรรมผู้เรียน	ทุกสัปดาห์	5
2	2.1	ผลคะแนนสอบกลางภาค ผลคะแนนสอบปลายภาค	6 17	20 20
3	3.4, 3.5, 3.6	ทดสอบผลการเรียนรู้/ตรวจแบบฝึกทักษะ/ตรวจผลงานที่มอบหมาย/สังเกตพฤติกรรมผู้เรียน	ทุกสัปดาห์	30
4	4.1	สังเกตและบันทึกพฤติกรรมผู้เรียน/ประเมินภาระงานที่ได้รับมอบหมาย	6	5
5	5.1, 5.2, 5.3, 5.4	การนำเสนอผลงานสร้างสรรค์ที่ได้รับมอบหมายและร่วมแสดงความคิดเห็นและอภิปรายต่อผลงาน	16	20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A

75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

สำนักวิชาศึกษาทั่วไป. (๒๕๖๐). เอกสารประกอบการสอนรายวิชาภาษาไทยเพื่อสาร. อุดรธานี : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2557). เขียนให้เป็นชนะด้วยปากกา. พิมพ์ครั้งที่ ๒. กรุงเทพฯ : ซัคเซสมีเดีย.

จิรวัฒน์ เพชรรัตน์ และอัมพร ทองใบ. (2555). ภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

_____. (2556). การอ่านเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ธนู ทดแทนคุณ และรวี แพทย์พิทักษ์. (2552). ภาษาไทยเพื่อการสื่อสาร. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

บุญยงค์ เกศเทศ. (2557). คิดคม เขียนคำ . มหาสารคาม : กากะเยีย.

เบญญาภา บุญพรรคนาวิก. (2558). พูดดี ชีวิตพุ่ง. กรุงเทพฯ : สต็อกทูมอร์โรว์.

รงค์ ประพันธ์งศ์. (2560). คำเครื่องมือช่วยการเขียน. กรุงเทพฯ : สถาพรบุ๊คส์.

รสริน ดิษฐบรรจง. (2555). หลักการอ่านการเขียนคำไทย. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

วรวรรธน์ ศรียาภัย. (2557). การเขียนเพื่อการสื่อสาร. พิมพ์ครั้งที่ ๒. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.

วิสูตร แสงอรุณเลิศ. (2554). มองไกล บนไหล่ยักษ์. กรุงเทพฯ: สต็อกทูมอร์โรว์.

สวนิต ยมาภัย. (2551). หลักการพูด. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย.

สุทธิชัย ปัญญโรจน์. (2556). พูดขั้นเทพฯ. กรุงเทพฯ: เพชรประกาย.

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

1.1 ให้นักศึกษาแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพื่อปรับปรุงแก้ไขในระหว่างเรียน

1.2 จัดให้มีการประเมินประสิทธิผลของรายวิชาในสัปดาห์สุดท้ายของการเรียนโดยผู้เรียน

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

2.1 การประเมินตามสภาพจริงและให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักศึกษาทุกสัปดาห์

2.2 ทดสอบผลการเรียนรู้กลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน โดยใช้ข้อสอบกลาง

3. การปรับปรุงการสอน

จัดให้มีการประชุมหรือพูดคุยเกี่ยวกับผลการจัดการเรียนการสอน และผู้สอนร่วมกันกำหนดแนวทางพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

จัดให้มีการประเมินโดยคณะกรรมการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาสำนักวิชาศึกษาทั่วไปดำเนินการทวนสอบด้วยวิธีการสุ่มตรวจการให้คะแนนของอาจารย์ผู้สอน ผู้ทวนสอบ

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

5.1 ทบทวนและปรับปรุงหัวข้อการสอน กลยุทธ์การสอนวิธีการสอน วิธีการวัดผลประเมินผลตามผลการประเมินที่พบ

5.2 ปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชา ทุก 5 ปี ตามข้อมูล ที่ได้รับจากข้อ 4

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

GE44002
ภาษาอังกฤษในชีวิตประจำวันและการทำงาน
English for Life and Work

2. จำนวนหน่วยกิต

3(2-2-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

รายวิชาสำนักวิชาศึกษาทั่วไป สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ทุกหลักสูตร

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันวิสาข์ คงธนกุลบวร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วชิรเกียรติ เบ้าทองจันทร์
ดร.ธีรัชพล คำสะอาด
อาจารย์วิศรุต ไหลหาโคตร
อาจารย์มธุรส ศิลาคม
อาจารย์อลงกรณ์ เชิดชิศิริ

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1-2-3 / ชั้นปีที่ 1-4

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (ในเมือง)

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

31/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อพัฒนาทักษะด้านการสื่อสารภาษาอังกฤษในชีวิตประจำวันและการทำงาน

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

2.1 สามารถใช้ภาษาอังกฤษในการทักทายและแนะนำตนเองได้

2.2 สามารถใช้ภาษาอังกฤษในการบอกและถามทางได้

2.3 สามารถบรรยายลักษณะของบุคคล สิ่งของ และสถานที่เป็นภาษาอังกฤษได้

2.4 สามารถใช้ภาษาอังกฤษในสถานการณ์การซื้อ-ขาย สินค้าได้

2.5 สามารถสนทนาทางโทรศัพท์เป็นภาษาอังกฤษได้

2.6 สามารถบรรยายอุปกรณ์สิ่งอำนวยความสะดวกในสำนักงานได้

2.7 สามารถเขียนบรรยายประวัติส่วนตัวเขียนจดหมายสมัครงานได้

2.8 สามารถใช้ภาษาอังกฤษเพื่อแสดงความรู้สึก พูดคุย ติดต่องานในสำนักงานในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

ทักษะการฟัง การพูด การอ่าน และการเขียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารในชีวิตประจำวันและในสถานที่ทำงาน การใช้ภาษาอังกฤษในการสนทนาอย่างคล่องแคล่วและเป็นธรรมชาติ การเขียนประวัติส่วนตัวโดยสังเขป การเขียนจดหมายสมัครงาน การสัมภาษณ์งาน สำนวนภาษา โครงสร้างไวยากรณ์สำหรับการพูดและการเขียนภาษาอังกฤษ มารยาทและวัฒนธรรมของเจ้าของภาษาการฝึกปฏิบัติทักษะการสื่อสารในสถานการณ์ที่หลากหลาย

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
32 ชั่วโมง/ต่อภาคการศึกษา	-	32 ชั่วโมง/ต่อภาคการศึกษา	80 ชั่วโมง/สัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

อาจารย์ผู้สอนให้คำปรึกษาในห้องเรียนและนอกห้องเรียนเป็นรายบุคคล และให้คำปรึกษาผ่านสื่อสังคมออนไลน์หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ และให้คำปรึกษาทุกวันพุธ เวลา 13.00-16.00 น. (3 ชั่วโมง)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
- มีวินัยต่อตนเองสุภาพเรียบร้อย รู้จักกาลเทศะ - ตรงต่อเวลาในการเข้าเรียน - มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นและกล้าแสดงออกในสิ่งที่ถูกต้องดีงาม - มีน้ำใจ รู้จักเห็นอกเห็นใจผู้อื่นและเห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวม	- สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม ที่เกี่ยวข้องในเนื้อหาที่สอน - ชี้แจงกฎกติกา ข้อตกลงในการเรียนการสอนของรายวิชาเพื่อสร้างวินัยต่อตนเอง - มอบหมายงานเป็นรายบุคคลและรายกลุ่ม - ให้นักศึกษานำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียนเพื่อเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้แสดงออกในทางที่ดีและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น	- สังเกตจากพฤติกรรม เช่น แต่งกายสุภาพเรียบร้อย เข้าเรียนตรงเวลา ส่งงานตรงเวลา ไม่คัดลอกงานผู้อื่น - ประเมินจากการทำแบบฝึกหัด ใบงานและโครงงาน - ประเมินโดยให้นักศึกษาที่ทำงานร่วมกันเป็นผู้ประเมิน - ประเมินโดยให้นักศึกษาประเมินตนเอง

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
- มีความรู้ความเข้าใจ ด้านทักษะการสื่อสารภาษาอังกฤษในสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวันและการทำงาน - มีความรู้ความเข้าใจการใช้ภาษาทางการและไม่เป็นทางการ - การนำความรู้ไปบูรณาการและประยุกต์ใช้กับรายวิชาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง	- บรรยาย - ฝึกฟังบทสนทนา - ฝึกพูดบทสนทนาเป็นคู่/กลุ่ม - ฝึกการใช้ภาษาผ่านการแสดงบทบาทสมมติ (Role-play) - การทำงานที่ได้รับมอบหมาย	- ประเมินจากการสอบกลางภาคและปลายภาค - ประเมินจากใบงานและงานที่มอบหมาย - ประเมินจากการแสดงบทบาทสมมติ (Role-play)

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
- มีทักษะในการสืบค้นหาข้อมูลด้านภาษาเพื่อการสื่อสารจากแหล่ง	- มอบหมายงานให้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ภายใต้คำแนะนำของ	- ประเมินจากงาน มิ ที่มอบหมาย ที่ – สังเกตจากพฤติกรรม การมีส่วน

สารสนเทศที่หลากหลายแล้วนำมาวิเคราะห์ก่อนนำไปใช้กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันและการทำงาน สามารถประยุกต์กระบวนการเรียนไปใช้ในการแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเองเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต	อาจารย์ผู้สอน - มอบหมายงานให้คิดวิเคราะห์การใช้ภาษาทางการและไม่เป็นทางการและฝึกทักษะการสื่อสารผ่านการแสดงบทบาทสมมติ (Role-play)	ร่วมในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน - ประเมินจากการสอบกลางภาคและปลายภาคโดยข้อสอบมีการวิเคราะห์การใช้ภาษา

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
- มีทักษะการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนด้วยกัน และสามารถปรับตัวให้เข้ากับผู้อื่นในการทำงานกลุ่ม - มีทักษะความเป็นผู้นำผู้ตามที่ดีและการมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	- มอบหมายงานรายบุคคล รายคู่ และรายกลุ่ม	- ประเมินจากความก้าวหน้าของงานกลุ่ม - ประเมินจากพฤติกรรมการมีส่วนร่วมในการทำงานเป็นทีม และการแสดงออกในฐานะผู้นำและผู้ตาม - ประเมินโดยให้นักศึกษา ที่ทำงานร่วมกันเป็นผู้ประเมิน

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
- ทักษะในการสื่อสาร ทั้งทักษะการพูด การฟัง การอ่าน และการเขียนเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้และถ่ายทอดความรู้แก่ผู้อื่นได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ	- มอบหมายงานให้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองภายใต้คำแนะนำของอาจารย์ผู้สอน ผ่านสื่อสังคมออนไลน์ - การนำเสนอผลงานที่มีความถูกต้องโดยใช้ภาษาและสื่อเทคโนโลยีที่เหมาะสม	- ประเมินการใช้ภาษาในการสื่อสารและการใช้สื่อเทคโนโลยีในการนำเสนอผลงาน - ประเมินจากแบบทดสอบกลางภาคและปลายภาค

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1-4	Unit 1:	12	- Ss listen to	เอกสาร ประกอบ

	Greetings and Introductions - Greetings - Introducing oneself - Introducing someone else - Taking leave - small talk		conversations and repeat. - T explains the use of language expressions for greeting, introducing oneself and others, and taking leave. - Ss practice the dialogues in pair and later in group. - Ss complete the exercises. - Ss demonstrate the role-play.	การสอน - PowerPoint - Worksheet - Audio tape
4-8	Unit 2: Asking for and Giving Directions - Asking for directions - Giving directions - Prepositions of place - Imperatives	12	- Ss listen to conversations and repeat. - T explains the use of language expressions for greeting, introducing oneself and others, and taking leave. - Ss practice the dialogues in pair and later in group. - Ss complete the exercises. - Ss demonstrate the role-play.	เอกสาร ประกอบการสอน - PowerPoint - Worksheet - Audio tape - City map - Direction signs
9-12	Unit 3: Describing Things, Places, and People - Describing things - Describing houses - Describing people - Comparison degree of adjectives - Order of adjectives	12	- Ss listen to conversations and repeat. - T explains the use of language expressions for greeting, introducing oneself and others, and taking leave. - Ss practice the dialogues in pair and later in group. - Ss complete the exercises.	เอกสาร ประกอบการสอน - PowerPoint - Worksheet - Audio tape - Pictures of things, houses, and people - Authentic objects. - Word card

			- Ss demonstrate the role-play.	
13-16	Unit: 4 E-mail -Parts of e-mail -Type of e-mail -How to compose the e-mail - Business e- mail - Personal e-mail - Essential Phase in e-mail	12	- Ss listen to conversations and repeat. - T explains the use of language expressions for greeting, introducing oneself and others, and taking leave. - Ss practice the dialogues in pair and later in group. - Ss complete the exercises. - Ss demonstrate the role-play.	เอกสาร ประกอบการสอน - PowerPoint - Worksheet - Audio tape

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	ด้านคุณธรรมจริยธรรม	การเข้าชั้นเรียน การมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม การอภิปรายและแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน	ตลอดภาคการศึกษา	5%
2	ด้านความรู้	-สอบกลางภาค -สอบปลายภาค	9 18	20% 40%
3	ด้านทักษะปัญญา	รายงานและการนำเสนอผลงาน/ใบงาน/งานที่ได้รับมอบหมาย/การศึกษาด้วยตนเองด้วยโปรแกรม	ตลอดภาคการศึกษา	20%
4	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ	สอบทักษะการฟังและการพูด	10, 16	5%
5	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ	การแสดงบทบาทสมมุติมุ (Role-play)	15	10%

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

Wachirakiat Baothongchan. (2014). English for Communication. Udon Thani: Udon Thani Rajabhat University Book Center.

Wanwisa Khongtanakunbawon. (2017). English for Communication. Udon Thani: Udon Thani Rajabhat University Book Center.

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

Blackwell, A., & Naber, T. (2003). English KnowHow: Student book 1. New York: Oxford University Press.

Harrison, R. (1998). Headway Pre-Intermediate Student's Book. In Liz & S. John (Eds.). Hong Kong: Oxford University Press.

Jones, L. (2002). Let's Talk 3 (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.

Kirkpatrick, B. (2005). English for Social Interaction: Social Expressions. Singapore: Learners Publishing.

Richards, J. C. (1998). New Interchange 3. Cambridge: Cambridge University Press.

Viney, P., & Viney, K. (1997). Handshake: A Course in Communication (Student's book). Hong Kong: Oxford University Press.

.

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- การประเมินการบรรลุวัตถุประสงค์ของรายวิชาที่กำหนดไว้โดยการสอบถามผู้เรียนเมื่อสิ้นสุดภาคการศึกษา
- แบบประเมินผู้สอนและแบบประเมินรายวิชา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- การประเมินการสอนโดยผู้เรียน
- ประเมินโดยพิจารณาจากผลการเรียนรู้ของนักศึกษาทั้ง 5 ด้าน

3. การปรับปรุงการสอน

- โดยการวิจัยในชั้นเรียนแล้วนำผลที่ได้จากการวิจัยมาใช้ในการวางแผนเพื่อปรับปรุงการสอน
- สนทนากลุ่มระหว่างอาจารย์ผู้สอนเรื่องการจัดการเรียนการสอน
- สรุปภาพรวม ปัญหาและอุปสรรคจาก มคอ.5 เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงการสอนร่วมกันระหว่างอาจารย์ผู้สอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

- ผู้ประสานงานรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน มีการจัดประชุมเกี่ยวกับการทวนสอบผลการเรียนนักศึกษาโดยสุ่มประเมินจากความเหมาะสมของการให้คะแนน และการให้คะแนนพฤติกรรม
- การทวนสอบการให้คะแนนจากการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษาโดยอาจารย์ผู้สอนอื่น

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

- ปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนรายวิชาทุกภาคเรียนตามผลทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของรายวิชา
- มีกระบวนการให้นักศึกษาสามารถขอตรวจสอบการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักศึกษาได้เป็นแต่ละกรณีโดยผ่านคณะกรรมการ
- นำข้อเสนอแนะจากการประเมินผู้สอนและรายวิชามาปรับปรุงเนื้อหารายวิชา
- ปรับปรุงแผนการสอนและแนวการสอนรายวิชาทุกปีการศึกษา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

GE44003
ภาษาอังกฤษเพื่อการนำไปใช้
English in Use

2. จำนวนหน่วยกิต

3(2-2-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

รายวิชาสำนักวิชาศึกษาทั่วไป สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ทุกหลักสูตร

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อาจารย์จุฑามาส สุทธิปัญโญ
อาจารย์โสภิดา บุญจำนง
อาจารย์ปิยนุช โทมล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วราวดี ณ หนองคาย

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1-2-3 / ชั้นปีที่ 1-4

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อม (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (ในเมือง)
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/06/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1. เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับภาษาอังกฤษพื้นบานที่พบเห็นในชีวิตประจำวันได้
2. เพื่อให้นักศึกษามีทักษะในการประยุกต์ใช้ภาษาอังกฤษสื่อสารในชีวิตประจำวันได้
3. เพื่อให้นักศึกษามีวามรับผิดชอบและมีวินัยในการเรียน

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. นักศึกษาสามารถระบุตัวชี้แนะในบริบทแต่ละประเภทและเดาความหมายคำศัพท์ตามบริบทได้
2. นักศึกษาสามารถอธิบายส่วนประกอบของคำศัพท์ภาษาอังกฤษ และเดาความหมายคำศัพท์จากส่วนประกอบของคำได้
3. นักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้กลยุทธ์การอ่านเพื่ออ่านข้อความภาษาอังกฤษต่าง ๆ ได้
4. นักศึกษาสามารถใช้พจนานุกรมภาษาอังกฤษ ภาษาอังกฤษเพื่อค้นหาความหมายของคำศัพท์ วิธีการออกเสียง ประเภทของคำ คำเหมือน คำตรงข้าม และสำนวนได้
5. นักศึกษาสามารถอธิบายลำดับขั้นตอนเป็นภาษาอังกฤษได้
6. นักศึกษาสามารถประยุกต์ใช้เทคนิคการเขียนเพื่อเขียนบรรยายเกี่ยวกับตนเองและผู้อื่นได้
7. นักศึกษาสามารถบูรณาการทักษะการอ่านและทักษะการเขียนผ่านโครงงานภาษาอังกฤษได้
8. นักศึกษาเป็นผู้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้านระเบียบวินัยและด้านความรับผิดชอบ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

การอ่านเพื่อความเข้าใจ การพัฒนาทักษะการอ่านโดยการบูรณาการทักษะการอ่านและทักษะการเขียน การเดาความหมายจากร่องรอยในบริบท การสร้างคำการใช้พจนานุกรมภาษาอังกฤษ การอธิบายลำดับขั้นตอน การเขียนบรรยายเกี่ยวกับตนเองและผู้อื่นการกรอกแบบฟอร์มต่างๆ การฝึกปฏิบัติทักษะภาษาอังกฤษผ่านโครงงานภาษาอังกฤษ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
48 ชั่วโมง/ต่อภาคการศึกษา	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	0 ชั่วโมง/ต่อภาคการศึกษา	96 ชั่วโมง

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1 ชั่วโมง/สัปดาห์ (สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1.1 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา พัฒนาผู้เรียนให้รู้หน้าที่ มีวินัย มีความรับผิดชอบ และมีความมุ่งมั่นในการทำงานให้สำเร็จ	- กำหนด กติกาในการเรียนการสอน - สอดแทรกหลักคุณธรรมจริยธรรมในการเรียนการสอน - มอบหมายงานเป็นรายกลุ่ม/รายบุคคล	- สังเกต ประเมินพฤติกรรม การเข้าชั้นเรียน การส่งงาน - ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมในกิจกรรม - ประเมินจากความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
พัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ความเข้าใจ วิเคราะห์ หลักการ แนวคิด ทฤษฎีในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องและสามารถนำไปใช้ในการดำเนินชีวิต	- จัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ - จัดการเรียนการสอนโดยใช้กรณีศึกษา	- ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมในกิจกรรม - ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย - ประเมินจากการนำเสนอ - ประเมินจากแบบทดสอบ

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
สามารถนำภาษาอังกฤษไปคิดวิเคราะห์ แสดงความคิดเห็น ใช้ความรู้ในการพัฒนาปรับปรุงการปฏิบัติงานในสถานการณ์ต่างๆ ได้	การมอบหมายให้นักศึกษาค้นคว้าและนำเสนอผลการศึกษาอภิปรายกลุ่ม	สอบกลางภาคและปลายภาค โดยเน้นข้อสอบที่เน้นการบูรณาการจากบทเรียน

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
- พัฒนาทักษะในการสร้างสัมพันธภาพระหว่างผู้เรียนด้วยกัน - พัฒนาความเป็นผู้นำและผู้ตามในการ	- จัดกิจกรรมกลุ่มในการสรุปเนื้อหารายวิชา - มอบหมายงานรายกลุ่มและ	- ประเมินจากการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน - ประเมินความรับผิดชอบงานกลุ่ม

ทำงานเป็นทีม - พัฒนาการเรียนรู้ด้วยตนเอง และมีความรับผิดชอบในงานที่มอบหมายให้ครบถ้วนตามกำหนดเวลา	รายบุคคล - การนำเสนอรายงาน	-นักศึกษาประเมินสมาชิกในกลุ่ม

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
พัฒนาผู้เรียนให้สามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการศึกษาค้นคว้า และการคัดเลือกข้อมูลที่เหมาะสมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ มีการติดต่อสื่อสารและการนำเสนอสารสนเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ	- มอบหมายงานเป็นรายกลุ่ม/รายบุคคลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือหลายๆ แหล่ง พร้อมทั้งอ้างอิงแหล่งที่มาให้ถูกต้อง - มอบหมายงานเป็นรายกลุ่ม/รายบุคคลและนำเสนองานโดยใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น Power point หรือ VDO clip	- ประเมินจากผลงานที่ได้รับมอบหมาย - ประเมินจากการแสดงออกการมีส่วนร่วมในกิจกรรม

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	แนะนำเนื้อหารายวิชา	3	ชี้แจงการเรียนแบบ/วิธีที่ใช้ในการสอน) การสืบค้นข้อมูล การทำรายงาน การนำเสนอ งาน การวัดและประเมินผล	
2	บทที่ 1 การสร้างคำ (Word formation) - รากศัพท์ (root) - คำอุปสรรค (prefix) - คำปัจจัย(suffix)	3	1.นำเข้าสู่บทเรียน 2.บรรยายเรื่องการสร้างคำ 3.นักศึกษาทำกิจกรรมเรื่องการสร้างคำ 4.มอบหมายงาน 5.ผู้สอนแบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ กลุ่มละ 4-5 คน ให้นักศึกษาเลือก root word ที่นักศึกษาสนใจพร้อมทั้งหาคำศัพท์ที่เกิดจาก root word ตัวเดียวกันมาอย่าง น้อย 5 คำ	- เอกสารประกอบการเรียนการสอน - Power point - วิดิทัศน์เรื่องการสร้างคำ
3	บทที่ 1 การสร้างคำ (Word formation)	3	1. ผู้สอนอธิบาย prefixes ความหมาย ประเภท วิธีการใช้	- เอกสารประกอบการเรียน

	- รากศัพท์ (root) - คำอุปสรรค (prefix) - คำปัจจัย(suffix)		2. ผู้สอนอธิบาย suffixes ความหมาย ประเภท วิธีการใช้ 3. ผู้สอนแบ่ง นักศึกษาออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ กลุ่มละ 4-5 คน โดยผู้สอนจะกำหนด prefixes และ suffixes ให้แต่ละกลุ่มสร้างคำศัพท์จากคำที่กาหนดให้อย่างน้อย 5 คำ จากนั้นส่งตัวแทนออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียนเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและหาข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นและเรียนรู้ร่วมกัน 4. ผู้สอนสรุปการนำเสนอ รวมถึงสรุปข้อผิดพลาด พร้อมทั้งแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น 5. ผู้สอนให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดท้ายบทเป็นการทบทวนความรู้ก่อนขั้นหัวข้อใหม่	การสอน - Power point
4	บทที่ 1 ร่องรอยในบริบท (Context Clues) การให้นิยาม การอธิบาย นำ การบอกเหตุและผล การขัดแย้ง การยก ตัวอย่าง การขยายความ	3	1. ผู้สอนอธิบายเกี่ยวกับการเดาความหมายของคำศัพท์จากบริบท ประเภทและตัว แนะต่างๆ 2. ผู้สอนแบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ กลุ่มละ 4-5 คน โดยนักศึกษา ใบงานเกี่ยวกับ context dues ประเภทต่างๆ เพื่อนำาเสนอหน้าชั้นเรียน 3. ผู้สอนสรุปการนำเสนอ รวมถึงสรุปข้อผิดพลาด พร้อมทั้งแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น 4. ผู้สอนให้นักศึกษาทำ mind mapping สรุปเกี่ยวกับหัวข้อที่เรียน	- เอกสารประกอบการเรียนการสอน - Power point
5	บทที่ 2 กลยุทธ์การอ่าน: การอ่าน แบบสกิมมิ่ง การอ่านแบบ สแกนนิ่ง การอ่านแบบ ละเอียด (Reading techniques: Skimming, Scanning, Detailed Reading)	3	1. นำเข้าสู่บทเรียน 2. บรรยายเรื่องกลยุทธ์การอ่าน: การอ่านแบบสกิมมิ่ง การอ่านแบบสแกนนิ่ง การอ่าน แบบละเอียด 3. นักศึกษาทำกิจกรรมฝึกอ่านโดยการใช้กลยุทธ์ทั้งสาม 4. ผู้สอนให้นักศึกษาลองอ่านบทความในเอกสารประกอบการสอนพร้อมทั้งนำการอ่านทั้งสามแบบมาประยุกต์ใช้	เอกสารประกอบการเรียนการสอน - Power point - วิดิทัศน์เรื่องการสร้างคำ

6	บทที่ 2 กลยุทธ์การอ่าน: การอ่าน แบบสกิมมิ่ง การอ่านแบบ สแกนนิง การอ่านแบบ ละเอียด (Reading techniques: Skimming, Scanning, Detailed Reading)	3	1.นักศึกษาแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน 2. ผู้สอนนำบทความต่าง ๆ ที่มีความยาว 2-3 ย่อหน้า จำนวน 20 เรื่อง มาให้แต่ละกลุ่ม 3. สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอ่านบทความให้เข้าใจ และตั้งคำถามจากบทความโดยให้คำถามสอดคล้องกับการใช้เทคนิคการอ่านแบบสกิมมิ่ง การอ่านแบบสแกนนิ่ง และการเรียนการสอน อ่านแบบละเอียดบทความและตอบคำถามให้ครบถ้วน 4. นำบทความและคำถามแลกกับเพื่อนกลุ่มข้างเคียง จากนั้นอ่านทำความเข้าใจ 5. แลกกันตรวจคำตอบให้ถูกต้อง 6. ให้แต่ละกลุ่มมาอธิบายเนื้อเรื่องที่อ่านไปหน้าชั้นเรียน และผู้สอนสรุปเนื้อเรื่องให้เข้าใจตรงกัน	- เอกสารประกอบการเรียนการสอน - Power point - บทความภาษาอังกฤษ
6	บทที่ 2 กลยุทธ์การอ่าน: การอ่าน แบบสกิมมิ่ง การอ่านแบบ สแกนนิง การอ่านแบบ ละเอียด (Reading techniques: Skimming, Scanning, Detailed Reading)	3	1.นักศึกษาแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน 2. ผู้สอนนำบทความต่าง ๆ ที่มีความยาว 2-3 ย่อหน้า จำนวน 20 เรื่อง มาให้แต่ละกลุ่ม 3. สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอ่านบทความให้เข้าใจ และตั้งคำถามจากบทความโดยให้คำถามสอดคล้องกับการใช้เทคนิคการอ่านแบบสกิมมิ่ง การอ่านแบบสแกนนิ่ง และการเรียนการสอน อ่านแบบละเอียดบทความและตอบคำถามให้ครบถ้วน 4. นำบทความและคำถามแลกกับเพื่อนกลุ่มข้างเคียง จากนั้นอ่านทำความเข้าใจ 5. แลกกันตรวจคำตอบให้ถูกต้อง 6. ให้แต่ละกลุ่มมาอธิบายเนื้อเรื่องที่อ่านไปหน้าชั้นเรียน และผู้สอนสรุปเนื้อเรื่องให้เข้าใจตรงกัน	- เอกสารประกอบการเรียนการสอน - Power point - บทความภาษาอังกฤษ
7	บทที่ 3 ทักษะการใช พจนานุกรม ภาษาอังกฤษ (English Dictionary	3	1. ผู้สอนให้นักศึกษาอธิบายความรู้ที่ตนเองทราบเกี่ยวกับ พจนานุกรมว่ามีประโยชน์ พจนานุกรมอย่างไรบ้าง และ	- เอกสารประกอบการเรียนการสอน

	Skills)		วิธีการใช้งานอย่างไร 2. ผู้สอนให้นักศึกษาบอกว่ารู้จักพจนานุกรมประเภทใดบ้าง และมีปัญหาในการใช้พจนานุกรมอย่างไรบ้าง 3. ผู้สอนให้นักศึกษาจับคู่และช่วยกันเรียงคำตามพจนานุกรมจำนวน 20 คำ โดยกำหนดเวลาภายใน 10 นาที 4. ผู้สอนสุ่มนักศึกษา 5 คู่นำเสนองานหน้าชั้น โดยมีเพื่อนๆ ในห้องเรียนร่วมกันตรวจคำตอบ 5. ผู้สอนยกตัวอย่างประเภทของพจนานุกรมหลาย ๆ ประเภท และอธิบายให้นักศึกษา ฟังคร่าว ๆ 6. ผู้สอนอธิบายถึงส่วนประกอบของพจนานุกรมภาษาอังกฤษ-อังกฤษ โดยละเอียด ดังนี้ คำหลัก การสะกดคำ การอ่านออกเสียง หน้าที่ของคำ ที่มาของคำ ความหมายของคำ ความเหมาะสมในการใช้ภาษา ตัวย่อและสัญลักษณ์ต่าง ๆ สำนวน การแตกรูปของคำ คำที่มีความหมายเหมือนและตรงกันข้าม 7. ผู้สอนให้นักศึกษาแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน หาแบบทดสอบ แต่ละกลุ่มจะได้รับพจนานุกรมภาษาอังกฤษ – อังกฤษ 1 หน้าที่ต่างกัน โดยให้บอกส่วนประกอบของพจนานุกรมภาษาอังกฤษ-อังกฤษ ครบทุกส่วนประกอบโดยให้เวลาในการทำ 20 นาที 8. ผู้สอนให้นักศึกษาแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอส่วนประกอบของพจนานุกรมภาษาอังกฤษ-อังกฤษ ใบมอบหมายหน้าชั้นเรียน	- Power point - พจนานุกรมภาษาอังกฤษ-ภาษาอังกฤษ
8	บทที่ 3 ทักษะการใช้พจนานุกรม ภาษาอังกฤษ (English Dictionary Skills)	3	1. นักศึกษาทำแบบทดสอบทบทวนความรู้เรื่องพจนานุกรมภาษาอังกฤษ – อังกฤษ (20 นาที) 2. นักศึกษาแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้พจนานุกรมที่เป็นรูปเล่นและ	- เอกสารประกอบการเรียนการสอน - Power point - สื่อทาง

			ประเภทอื่นๆ เรียนการสอน 3. นักศึกษาแสดงความคิดเห็นตามประสบการณ์ที่ใช้จริงในการหาความหมายของคำศัพท์ 4. ผู้สอนอธิบายการหาความหมายของคำศัพท์จากพจนานุกรมที่เป็นเล่มหนังสือและสื่ออีกหลายประเภทที่สามารถใช้ได้ และมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกัน เช่น สื่ออิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น อินเทอร์เน็ต และแอปพลิเคชั่นทางโทรศัพท์สมาร์ทโฟน และสาธิตวิธี ต่างๆ การหาความหมายของคำศัพท์ 5. นักศึกษาหาความหมายของคำศัพท์ที่กำหนดให้โดยใช้อินเทอร์เน็ตหรือระบบแอป พลิเคชั่นจำนวน 10 คำ ในเวลา 10 นาที 6. นักศึกษาแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน แล้วจับสลากเพื่อจับคู่แข่งขันหาความหมายของ คำศัพท์โดยใช้สื่อทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้สอนให้นักศึกษาส่งตัวแทนของแต่ละกลุ่ม ออกมาหน้าชั้นเรียนโดยมีสื่อทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้หาความหมายของคำศัพท์ จากนั้นผู้สอนกำหนดคำศัพท์และให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มแข่งกันหาความหมาย กลุ่มที่ได้คำตอบที่ถูกต้องก่อน ได้ 1 คะแนน เมื่อได้ครบ 3 คะแนนก่อนเป็นฝ่ายชนะ แข่งขันกันจนได้ตัวแทน 2 กลุ่มสุดท้ายเพื่อชิงชนะเลิศและได้รับรางวัลในการแข่งขัน 7. ผู้สอนสรุปเรื่องการเลือกใช้พจนานุกรม และวิธีการใช้	อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ
9	สอบกลางภาค	3	สอบกลางภาคในเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที	ข้อสอบกลางภาค แบบ ปรนัย จำนวน 60 ข้อ
10	ทที่ 4 การอ่านคำแนะนำ (Reading Instructions)	3	1. ผู้สอนเกริ่นที่มาของเนื้อหาเรื่อง Reading Instructions อย่างคร่าวๆ ให้	- เอกสารประกอบการเรียน

	- Infinitive Verbs		นักศึกษาฟัง และให้นักศึกษาวิเคราะห์ความแตกต่างในการใช้ประโยคคำสั่งทั้งในประโยคภาษาไทย และประโยคภาษาอังกฤษ 2. ผู้สอนอธิบายเรื่องข้อสังเกตของการใช้ infinitive verbs ในการขึ้นต้นประโยค Command sentence 3. ผู้สอนให้นักศึกษาจับคู่ และให้สร้างประโยคภาษาอังกฤษง่ายๆ ที่ขึ้นต้นด้วย infinitive verbs 4. ผู้สอนสุ่มนักศึกษา 5 คู่นำเสนองานหน้าชั้น โดยมีเพื่อน ๆ ในห้องเรียนร่วมวิเคราะห์ ประโยคเหล่านั้น 5. ผู้สอนเกริ่นนำเรื่องประชาคมอาเซียน แล้วซักถามความรู้เบื้องต้นที่นักศึกษามีต่อประชาคมอาเซียน 6. ผู้สอนแบ่งนักศึกษาออกเป็น 5 กลุ่ม แล้ว ให้นักศึกษาแต่ละกลุ่มอ่านเรื่อง ขั้นตอน การเต้นพื้นเมืองของประเทศฟิลิปปินส์ และขั้นตอนการเล่นเกมส์พื้นเมืองอินโดนีเซียในเอกสารประกอบการสอนและเตรียมนำเสนอหน้าชั้นเรียน ภายในเวลา 15 นาที 7. แต่ละกลุ่มออกมานำเสนอวิธีการเดินและวิธีการเล่นเกมตามเนื้อหาที่อ่าน 8. ผู้สอนให้คำแนะนำและประเมินความเข้าใจของนักศึกษาในแต่ละกลุ่ม 9. ผู้สอนสรุปเนื้อเรื่องให้นักศึกษาทราบอีกครั้ง 10. ผู้สอนมอบการบ้านให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดเรื่อง Instruction ต่างๆ และนัดส่งใน คาบเรียนถัดไป	การสอน - Power point
10	ทที่ 4 การอ่านคำแนะนำ (Reading Instructions) - Infinitive Verbs	3	1. ผู้สอนเกริ่นที่มาของเนื้อหาเรื่อง Reading Instructions อย่างคร่าวๆ ให้นักศึกษาฟัง และให้นักศึกษาวิเคราะห์ความแตกต่างในการใช้ประโยคคำสั่งทั้ง	- เอกสารประกอบการเรียนการสอน - Power point

			ในประโยคภาษาไทย และประโยคภาษาอังกฤษ 2. ผู้สอนอธิบายเรื่องข้อสังเกตของการใช้ infinitive verbs ในการขึ้นต้นประโยค Command sentence 3. ผู้สอนให้นักศึกษาจับคู่ และให้สร้างประโยคภาษาอังกฤษง่ายๆ ที่ขึ้นต้นด้วย infinitive verbs 4. ผู้สอนสุ่มนักศึกษา 5 คู่นำเสนองานหน้าชั้น โดยมีเพื่อน ๆ ในห้องเรียนร่วมวิเคราะห์ ประโยคเหล่านั้น 5. ผู้สอนเกริ่นนำเรื่องประชาคมอาเซียน แล้วซักถามความรู้เบื้องต้นที่นักศึกษามีต่อประชาคมอาเซียน 6. ผู้สอนแบ่งนักศึกษาออกเป็น 5 กลุ่ม แล้ว ให้นักศึกษาแต่ละกลุ่มอ่านเรื่อง ขั้นตอน การเต้นพื้นเมืองของประเทศฟิลิปปินส์ และขั้นตอนการเล่นเกมส์พื้นเมืองอินโดนีเซียในเอกสารประกอบการสอนและเตรียมนำเสนอหน้าชั้นเรียน ภายในเวลา 15 นาที 7. แต่ละกลุ่มออกมานำเสนอวิธีการเดินและวิธีการเล่นเกมตามเนื้อหาที่อ่าน 8. ผู้สอนให้คำแนะนำและประเมินความเข้าใจของนักศึกษาในแต่ละกลุ่ม 9. ผู้สอนสรุปเนื้อเรื่องให้นักศึกษาทราบอีกครั้ง 10. ผู้สอนมอบการบ้านให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดเรื่อง Instruction ต่างๆ และนัดส่งใน คาบเรียนถัดไป	
11	บทที่ 4 การอ่านคำแนะนำ (Reading Instructions) - Northeastern Thai Identities	3	1. ผู้สอนเฉลยแบบฝึกหัด 2. ผู้สอนแจกใบงานภาษาอังกฤษ ให้นักศึกษา จับคู่อาหารอีสานกับภาษาอังกฤษ จากนั้นผู้สอนเฉลย 3. ผู้สอนให้ตัวอย่างขั้นตอนวิธีการทำอาหารอีสาน เรื่อง การทำลาบหมูเป็นภาษาอังกฤษให้นักศึกษาดู จากนั้น	- เอกสารประกอบการเรียนการสอน - Power point

			ให้นักศึกษาวงกลม infinitive verbs ในประโยค Command sentence 4. ผู้สอนให้นักศึกษาแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน จากนั้น ผู้สอนให้แต่ละกลุ่มจับสลากเพื่อเลือกหัวข้อและนำเสนอขั้นตอนตามหัวข้อที่กลุ่มตนได้รับเป็นภาษาอังกฤษ โดยเนื้อหานักศึกษาสามารถค้นหาจากอินเตอร์เน็ตในโทรศัพท์มือถือของนักศึกษา หัวข้อดังกล่าวมีดังต่อไปนี้; -วิธีการหาอาหารอีสาน เช่น การทำชุปหน่อไม้ -วิธีการแต่งกายอีสาน เช่น การผูกผ้าขาวม้า -วิธีแก้เคล็ด เช่น การซ้อนขวัญ (การเรียกขวัญ) -วิธีเสี่ยงดวงเสี่ยงโชค เช่น การสู่ขวัญข้าว -วิธีการท่าของหวานอีสาน เช่น การทำข้าวตอกแตก หรือข้าวสำมะปี (ข้าวปาด) -วิธีชะลอความแก่ของชาวอีสาน -วิธีรักษาโรคภัยตามความเชื่อของชาวอีสาน -วิธีเกี้ยวพาราสีของคนอีสาน -วิธีการขอฝนของชาวอีสาน -เรื่องอื่นๆ ที่น่าสนใจ 5. แต่ละกลุ่มนำเสนองานที่ค้นจากอินเตอร์เน็ต โดยใช้ projector และ visualizer 6. ผู้สอนและเพื่อนร่วมห้องร่วมกันวิเคราะห์การนำเสนอของแต่ละกลุ่ม พร้อมทั้งสอบถาม หากมีข้อสงสัย โดยแต่ละกลุ่มมีเวลาในการนำเสนอไม่เกิน 10 นาที 7. ผู้สอนสรุปเนื้อหาเรื่อง Reading for Instructions และสุ่มนักศึกษา 3 คน เพื่อให้ อธิบายสรุปเรื่องดังกล่าวเพิ่มเติม 7. ผู้สอนประเมินผลการเรียนรู้ของ	

			นักศึกษาจากการสังเกตและการนำเสนองานหน้าชั้นเรียนของนักศึกษา	
12	บทที่ 5 การเขียนบรรยายเรื่องราว เกี่ยวกับตนเองและผู้อื่น (Writing about Oneself and Other People)	3	1. นักศึกษาจับกลุ่มๆ ละ 5 คน ช่วยกันคิดคำศัพท์ที่ใชบรรยายลักษณะรูปร่างหน้าตา นิสัยของคน แล้วเขียนบนกระดาน 2. นักศึกษานำคำศัพท์ที่ได้มาแต่งเป็นประโยคสั้นๆ บรรยายลักษณะนิสัยของตนเอง 5 ประโยค ผู้สอนเดินตรวจดูประโยคที่นักศึกษาเขียนแล้วให้ตัวแทนกลุ่มไปเขียนประโยคบนกระดาน 3. ผู้สอนและนักศึกษาช่วยกันตรวจสอบความถูกต้องของประโยคและช่วยกันแก้ไข ตัวอย่างที่ผิดให้ถูกต้อง นักศึกษาทั้งหมดตรวจทานประโยคที่ตนเองเขียนอีกครั้งแล้วแลกกับเพื่อนในกลุ่มช่วยกันตรวจ 4. ผู้สอนบรรยายขั้นตอนในการเขียนแนะนำตนเอง โดยเริ่มจากขั้นรวบรวมข้อมูล เรียบ เรียงข้อมูลด้วย Mind Map การเขียนฉบับร่าง ขั้นเขียนจริงและตรวจสอบความถูกต้อง ของงานเขียนตามลำดับ ผู้สอนแสดงตัวอย่างงานเขียนทีดีของนักศึกษาในภาคเรียนที่ผ่านมาพร้อมบรรยายหลักไวยกรณ์ที่เกี่ยวข้องคร่าว ๆ 5. นักศึกษาฝึกรวบรวมข้อมูลจากการเขียน Mind Map โดยนำประโยคสั้นๆ ที่เขียนใน กิจกรรมแรกมาเรียบเรียงให้อยู่ในประเด็นเดียวกัน และเพิ่มเติมประเด็นสำคัญอื่น ๆ 6. นักศึกษาจับคู่กันและช่วยกันตรวจความถูกต้องของ Mind Map และแก้ไขข้อผิดพลาดในงานของตนเอง 7. ผู้สอนบรรยายเทคนิคการเชื่อมประโยคด้วยคำสันธานกลุ่ม FANBOYS พร้อมเขียนให้ดูเป็นตัวอย่าง	- เอกสารประกอบการเรียนการสอน - Power point - ตัวอย่างงานเขียน

			8. นักศึกษาหาข้อมูลจาก Mind Map มาเรียบเรียงเขียนใหม่และฝึกใช้ FANBOYS เชื่อมประโยคให้เหมาะสม จับคู่กับเพื่อน ช่วยกันตรวจดูความถูกต้องของงานเขียนฉบับร่างให้เรียบร้อย หากมั่นใจว่าไม่มีข้อผิดพลาดแล้วให้ลงมือเขียนฉบับจริง 9. ผู้สอนมอบหมายให้นักศึกษาไปเขียนแนะนำตนเองแล้วนำมาส่งในคาบเรียนถัดไป	
13	บทที่ 5 เรื่องราวเกี่ยวกับตนเองและผู้อื่น (Writing about Oneself and Other People)	3	1. ผู้สอนนำเสนอภาพดารานักร้อง นักแสดง จำนวน 3 ภาพ ผ่านจอ computer พร้อมกับเสนอรายละเอียดเป็น Mind mapping ให้นักศึกษาดูจนครบทั้ง 3 ภาพ จากนั้นผู้สอนถามคำถามให้นักศึกษาช่วยกันตอบเพื่อทดสอบความเข้าใจของนักศึกษา 2. ผู้สอนแจกแบบทดสอบจากข้อมูลใน Mind mapping ให้นักศึกษาคนละ 1 แผ่น เป็นแบบทดสอบแบบ True or False จำนวน 15 ข้อ (ใช้เวลา10นาที) โดยให้นักศึกษาสลับคู่กันและช่วยกันตอบคำถาม แล้วเปลี่ยนกันตรวจ กับนักศึกษาคู่อื่น (ผู้สอนเฉลยคำตอบโดยใช้ power points) 3. แบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มๆ ละ 5-6 คน แล้วให้นักศึกษาเลือกดารา นักร้อง หรือบุคคลที่สมาชิกชื่นชอบมาเป็นหัวข้อในงานเขียนเกี่ยวกับผู้อื่น จากนั้นออกแบบ Mind Map และตกแต่งให้สวยงาม 4. ผู้สอนประเมินกิจกรรมจากความคิดสร้างสรรค์ของผลงาน ความสามัคคีในกลุ่ม ความรวดเร็วทันเวลา ตามลำดับ 5. ให้นักศึกษาลงมือทำงานเป็นกลุ่มให้เสร็จเรียบร้อย ผู้สอนคอยสังเกต	- เอกสารประกอบการเรียนการสอน - Power point -ภาพประกอบ

			พฤติกรรมของ ผู้เรียน และให้คำแนะนำอย่างทั่วถึง เพื่อเตรียมนำเสนอผลงาน 6. ผู้สอนช่วยสรุปและติชมผลงานของกลุ่มที่นำเสนอจนครบทุกกลุ่ม 7. ผู้สอนมอบหมายงานให้นักศึกษาเขียน Mind Map และเขียนแนะนำเกี่ยวกับผู้อื่นมาส่งในคาบเรียนถัดไป	
14	โครงงานภาษาอังกฤษ การบูรณาการทักษะการอ่านและทักษะการเขียนผ่านโครงงานภาษา อังกฤษ (ขั้นเตรียมงาน)	3	1.แบ่งกลุ่มนักศึกษาออกเป็นกลุ่มละ 5 คน 2.ระดมสมองเกี่ยวกับทิศทางการทำโครงงานภาษาอังกฤษโดยการบูรณาการทักษะ การอ่านและทักษะการเขียนที่เรียนมาแล้วให้เหมาะสมภายใต้หัวข้อ "I-San Cool" 3.ให้นักศึกษาวางแผนการทำโครงงานร่วมกันในกลุ่ม 4.นำเสนอแนวคิดโครงงานให้ผู้สอนทราบ ผู้สอนแนะนำข้อคิดเห็นเพิ่มเติม	- ตัวอย่างโครงงานภาษาอังกฤษรูปแบบต่าง ๆ - Power point - แบบบันทึกความคืบหน้าโครงงาน - ตัวอย่างการเขียนรูปเล่มรายงานโครงงานภาษาอังกฤษ
15	โครงงานภาษาอังกฤษ การบูรณาการทักษะการอ่านและทักษะการเขียนผ่านโครงงานภาษา อังกฤษ (ขั้นเก็บข้อมูล)	3	นักศึกษาแต่ละกลุ่มลงมือทำโครงงานตามที่วางแผนเอาไว้ พร้อมรายงานความคืบหน้า ให้ผู้สอนทราบ	- แบบบันทึกความคืบหน้าโครงงาน
16	โครงงานภาษาอังกฤษ การบูรณาการทักษะการอ่านและทักษะการเขียนผ่านโครงงานภาษา อังกฤษ (ขั้นนำเสนอ)	3	นักศึกษาแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานในรูปแบบนิทรรศการความรู้ และส่งรูปเล่มรายงาน แก่ผู้สอน	-บอร์ดจัดนิทรรศการ -คอมพิวเตอร์และสื่ออิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	ด้านคุณธรรม จริยธรรม ผู้เรียนรู้หน้าที่ มีวินัย มีความรับผิดชอบ และมีความมุ่งมั่นในการ ทำงานให้สำเร็จ	80% ของการเข้าชั้นเรียน 100% ของการส่งงาน	ตลอดภาคการศึกษา	5%
2	ด้านความตระหนักและสำนึกในความเป็นไทย	ประเมินการนำเสนอ	ตลอดภาคการศึกษา	5%

	ผู้เรียนตระหนักถึงคุณค่าความสำคัญและการอนุรักษ์สืบทอด เอกลักษณ์ที่ดีงามของไทย ภูมิปัญญาท้องถิ่น และวิถีชุมชน	ผลงานทางวัฒนธรรม		
3	ด้านความรู้ ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ วิเคราะห์ หลักการ แนวคิด ทฤษฎี ใน ศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และสามารถนำไปใช้ในการดำเนินชีวิต	-การนำเสนอผลงาน -ใบงาน / แบบทดสอบย่อย	ตลอดภาคการศึกษา	35%
4	ด้านทักษะการแสวงหาความรู้ตลอดชีวิต ผู้เรียนนำความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ในชีวิตประจำวัน วิเคราะห์ ประเมิน และแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม	ผลงานรายบุคคล/กลุ่มตามที่ได้รับมอบหมายในแต่ละบท	ตลอดภาคการศึกษา	5%
5	ด้านทักษะการคิดแบบองค์รวม ผู้เรียนให้สามารถคิดริเริ่มสร้างสรรค์	ผลงานและการนำเสนอผลงานที่มีความริเริ่มสร้างสรรค์	ตลอดภาคการศึกษา	5%
6	ด้านจิตอาสาและสำนึกสาธารณะ ผู้เรียนเห็นคุณค่าและยอมรับในความแตกต่างหลากหลายของมนุษย์ สังคม และวัฒนธรรม	สังเกตพฤติกรรมในการเข้าร่วมกิจกรรมกลุ่ม	ตลอดภาคการศึกษา	5%
7	ด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ผู้เรียนสามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการศึกษาค้นคว้า และ การคัดเลือกข้อมูลที่เหมาะสมจากแหล่งความรู้ต่างๆ มีการติดต่อสื่อสารและการนำเสนอสารสนเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ	ชิ้นงานและการนำเสนอผลงานที่ใช้เทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ	ตลอดภาคการศึกษา	5%
8	ด้านภาษา - ผู้เรียนสามารถใช้ภาษาในการติดต่อสื่อสารในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ต่างๆ ได้ - ผู้เรียนสามารใช้ภาษาในการฟัง พูด อ่าน เขียนอย่างถูกต้องใน บริบทที่แตกต่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ	-การนำเสนอผลงาน -ใบงาน / แบบทดสอบย่อย -สอบกลางภาค และ สอบปลายภาค	ตลอดภาคการศึกษา	35%

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+

70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

สำนักวิชาศึกษาทั่วไป. ภาษาอังกฤษเพื่อการนำไปใช้. เอกสารประกอบการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. 2562.

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

- เว็บไซต์ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อในกาประมวลรายวิชา

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

การประเมินประสิทธิผลในรายวิชาโดยนักศึกษา จัดทำโดยให้นักศึกษาทำการประเมินผู้สอบผ่านแบบการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนในเว็บไซต์ ของมหาวิทยาลัย

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

ในการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินการสอน ได้มีกลยุทธ์ดังนี้

- ผลสอบของนักศึกษา
- การสังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในเรื่องของความสนใจ การให้ความร่วมมือ รวมถึงความกระตือรือร้นในการเรียน

3. การปรับปรุงการสอน

หลังจากผลการประเมินการสอนในข้อ 2 จึงมีการปรับปรุงการสอน โดยการจัดกิจกรรมในการระดมสมองและหาข้อมูลเพิ่มเติมในการปรับปรุงการสอน ดังนี้

- สัมมนาการจัดการเรียนการสอน
- การวิจัยในและนอกชั้นเรียน

- การประชุมผู้สอนเพื่อหารือปัญหาการเรียนรู้ของนักศึกษาและหาแนวทางแก้ไข

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

จัดให้มีการประเมินผลงานของนักศึกษาตามสภาพจริง และสอบวัดผลการเรียนรู้ รวมถึงพิจารณาลักษณะการกระจายของข้อมูลจากผลการประเมิน แต่ละกลุ่มเรียน

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

5.1 ทบทวนและปรับปรุงหัวข้อการสอน กลยุทธ์การสอน วิธีการสอน วิธีการวัดผลประเมินผลตามผลการประเมินที่พบ

5.2 ปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาทุก 5 ปี ตามข้อมูลที่ได้รับจากข้อ 4

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

PY01101
ฟิสิกส์ 1
Physics 1

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อาจารย์ภากร ไทยพิทักษ์

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ 1

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

อาคารเรียนรวมคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ศูนย์สามพร้าว SCB3305

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

25/07/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1.1 เพื่อให้นักศึกษามีความรู้เกี่ยวกับขอบข่าย กฎเกณฑ์และรายละเอียดของวิชาฟิสิกส์

1.2 เพื่อให้สามารถอธิบายความหมายและหลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ตาม คำอธิบายรายวิชา

1.3 เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและเป็นพื้นฐานในการศึกษาขั้นสูงต่อไป

1.4 เพื่อให้สามารถทำการทดลองเกี่ยวกับปฏิบัติการฟิสิกส์ได้อย่างเหมาะสม

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

วัตถุประสงค์ของรายวิชาเพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องของฟิสิกส์ ตลอดจนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ โดยแยกเป็นประเด็นได้ดังนี้

2.1 เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายในเรื่องของฟิสิกส์ได้

2.2 เพื่อให้นักศึกษาสามารถนำความรู้ทางฟิสิกส์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

2.3 เพื่อให้นักศึกษาสามารถปรับตัวเข้ากับสังคมยุคปัจจุบันที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในชีวิตและสามารถใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้เกิดประโยชน์สูงสุด

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

การวัด หน่วย สเกลาร์และเวกเตอร์ จลนศาสตร์ของอนุภาค พลศาสตร์ของอนุภาค งานและพลังงาน โมเมนตัมระบบอนุภาค วัตถุแข็งเกร็ง สมบัติเชิงกลของสสาร ความโน้มถ่วง กลศาสตร์ของไหล การแกว่งกวัด คลื่นกล เสียง อุณหพลศาสตร์

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์หรือปฏิบัติการ 45 ชั่วโมง ต่อภาคการศึกษา	ตามความต้องการของนักศึกษา	ไม่มี	6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมงเพื่อให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษา

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1.1.1 แสดงความซื่อสัตย์สุจริต อย่างสม่ำเสมอ 1.1.2 มีระเบียบวินัย และมีความรับผิดชอบต่อตนเอง	ความซื่อสัตย์ในหน้าที่และความที่รับผิดชอบต่อตนเอง สามารถสั่งสอนได้ผ่านทางเชิญชวนให้นักศึกษาทบทวนบทเรียน และทำการบ้านด้วยตัวเอง และบังคับให้นักศึกษาเข้าห้องเรียนสม่ำเสมอ	1.3.1. แนวข้อสอบส่วนอัตนัยจะมีโจทย์บางข้อที่เป็นแนวเดียวกันกับการบ้าน หากนักศึกษาหมั่นทำการบ้านด้วยตนเอง (มิใช่ทำเพื่อคะแนนเก็บก็ไม่มีความหมาย) นักศึกษาย่อมทำข้อสอบได้ 1.3.2. คะแนนเข้าห้องคิดเป็นคะแนนพิเศษ 10 คะแนนของคอร์สนี้ 1.3.3. หากนักศึกษาประพฤติตัวไม่เหมาะสม ก่อกวนการเรียนการสอน นักศึกษาจะถูกหักคะแนนในเรื่องวินัย 1.3.4. หากนักศึกษาทุจริตการสอบจะได้ F

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
2.1.1. มีความรู้ในหลักการและทฤษฎีทางด้านฟิสิกส์	สอนให้นักศึกษารู้ที่มาและข้อจำกัดของสูตร โดยการสอบจะประกอบด้วย บรรยาย ถามตอบ ทำตัวอย่าง และให้นักศึกษาลองทำตัวอย่างด้วยตัวเอง	ในการสอบจะมีข้อสอบปรนัยที่วัดความรู้ในทางทฤษฎี เช่น ข้อจำกัดของสูตร สถานะการณ์การใช้สูตร การแทนค่า คะแนนจากความรู้ในหลักการและทฤษฎีทางด้านฟิสิกส์คิดเป็นไม่ต่ำกว่า 30 คะแนนของคอร์ส

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
3.1.1 สามารถคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ และมีเหตุผลตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ 3.1.2 นำความรู้ทางฟิสิกส์ไป	สอนให้นักศึกษารู้ที่มาและข้อจำกัดของสูตร โดยการสอบจะประกอบด้วย บรรยาย ถามตอบ ทำตัวอย่าง และให้นักศึกษาลอง	ในการสอบส่วนอัตนัย จะมีโจทย์ที่มีเนื้อหาเกินกว่าหรือยากกว่าแนวการบ้านเล็กน้อย เพื่อวัดความสามารถในการวิเคราะห์และ

ประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	ทำตัวอย่างด้วยตัวเอง	ประยุกต์ของนักศึกษา

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

แผนการสอนสัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	เลขนัยสำคัญ การแปลงหน่วย เวคเตอร์	3	บรรยาย	
2	จลนศาสตร์ของอนุภาค เน้นที่ 1 หรือ 2 มิติ สำหรับระบบที่มีความเร่งคงที่	3	บรรยาย	
3	จลนศาสตร์ของอนุภาค เน้นที่ 1 หรือ 2 มิติ โดยใช้แคลคูลัส	3	บรรยาย	
4	พลศาสตร์ของวัตถุ กฎสามข้อของนิวตัน	3	บรรยาย	
5	สอบครั้งที่ 1	3	สอบครั้งที่ 1	
6	งาน พลังงาน โมเมนตัม	3	บรรยาย	
7	ระบบอนุภาค วัตถุแข็งเกร็ง	3	บรรยาย	
8	กฎความโน้มถ่วงของนิวตัน และการเคลื่อนที่ภายใต้ความโน้มถ่วง	3	บรรยาย	
9	สอบครั้งที่ 2	3	สอบครั้งที่ 2	
10	การแกว่งกวัด	3	บรรยาย	
11	การเคลื่อนที่แบบวงกลม และการโคจร	3	บรรยาย	
12	กลศาสตร์ของของไหล	3	บรรยาย	
13	สอบครั้งที่ 3	3	สอบครั้งที่ 3	
14	คลื่นกล และเสียง	3	บรรยาย	
15	อุณหพลศาสตร์	3	บรรยาย	

16	อุณหพลศาสตร์	3	บรรยาย	
17	สอบปลายภาค	3	สอบปลายภาค	

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	เลขนัยสำคัญ การแปลงหน่วย เวคเตอร์ จลนศาสตร์ และพลศาสตร์	สอบครั้งที่ 1	ตามความเหมาะสม	25
2	งาน พลังงาน โมเมนตัม ระบบอนุภาค วัตถุแข็งเกร็ง ความโน้มถ่วง	สอบครั้งที่ 2	ตามความเหมาะสม	25
3	การแกว่งกวัด การเคลื่อนที่แบบวงกลม และการโคจร กลศาสตร์ของไหล	สอบครั้งที่ 3	ตามความเหมาะสม	25
4	คลื่นกลและเสียง อุณหพลศาสตร์	สอบปลายภาค	จัดโดยมหาวิทยาลัย	25
5	ระเบียบวินัยในตนเอง	คะแนนเข้าห้อง	ทุกสัปดาห์	10

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอนวิชาฟิสิกส์ 1 ภาควิชาวิฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

Serway and Jewett - Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

ให้นักศึกษาประเมินประสิทธิผลของรายวิชา โดยใช้แบบประเมินของมหาวิทยาลัยในด้านวิธีการสอน สื่อประกอบการสอน กิจกรรมการเรียนการสอน และสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอนอื่นๆ ซึ่งมีผลกระทบต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษาตามที่รายวิชานี้ต้องรับผิดชอบ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

ประเมินตามระบบและกลไกที่มหาวิทยาลัยกำหนด อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง เช่น การเชิญผู้มีประสบการณ์ในคณะหรือสาขาวิชาให้มาสังเกตการสอนพร้อมให้ข้อเสนอแนะ การประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนของนักศึกษาในชั้นเรียนรวม ทั้งมีการประเมินหลายครั้งเพื่อความน่าเชื่อถือของผลที่ได้

3. การปรับปรุงการสอน

สาขาวิชาได้กำหนดกลไกในการปรับปรุงการสอน โดยทุกรายวิชาต้องดำเนินการทั้งข้อ 1 และข้อ 2 แล้วนำข้อเสนอแนะมาใช้ในการปรับปรุงวิธีการสอนหรือปรับปรุงสื่อหรือกิจกรรมที่จะสามารถทำให้นิสิตมีความเข้าใจในเนื้อหาได้ดีขึ้น นอกจากนี้ผลจากการทดสอบย่อย หรือจากรายงานผลการทดลอง ก็สามารถสะท้อนถึกระบวนการจัดการเรียนการสอน ว่าสามารถทำให้นักศึกษามีความเข้าใจหรือไม่ โดยสรุป คือ มีการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

เพื่อเป็นการยืนยันว่านักศึกษามีมาตรฐานผลสัมฤทธิ์เป็นไปตามที่กำหนดในหลักสูตร โดยรายวิชานี้ต้องรับผิดชอบผลการเรียนรู้ ทั้งความรับผิดชอบหลัก 8 ข้อ และความรับผิดชอบรอง 11 ข้อ รายวิชานี้จะดำเนินการทวนสอบตามกลไกของคณะในเฉพาะส่วนที่เกี่ยวกับการทวนสอบจากคะแนนข้อสอบและคะแนนที่กำหนดตามแผนการประเมิน

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

สาขาวิชาได้มีการกำหนดให้มีการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา ผลการประเมินโดยผู้มีประสบการณ์ ตลอดจนติดตามจากการไปประกอบอาชีพของบัณฑิตว่ารายวิชานี้มีประโยชน์หรือมีประสิทธิผลมากพอสำหรับหลักสูตรหรือไม่ แล้วนำผลทั้งหมดมาเป็นข้อเสนอหรือเป็นแนวทางสำหรับการปรับปรุงหลักสูตร เมื่อหลักสูตรใช้ครบรอบที่ต้องปรับปรุง

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

PY01102
การปฏิบัติการฟิสิกส์ 1
Physics Laboratory 1

2. จำนวนหน่วยกิต

1(0-3-2)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อาจารย์ภากร ไทยพิทักษ์

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ 1

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

อาคารเรียนรวมคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ศูนย์สามพร้าว SCB1407

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

10/05/2563

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1.1 เพื่อให้สามารถทำการทดลองปฏิบัติการทางฟิสิกส์ได้

1.2 เพื่อให้มีทักษะและความคุ้นเคยในการใช้เครื่องมือการทดลองทางฟิสิกส์ และการนำเสนอผลการทดลองทางด้านฟิสิกส์

1.3 เพื่อให้สามารถนำความรู้จากทฤษฎีเชื่อมโยงเข้ากันกับการทดลองได้

1.4 ฝึกฝนให้วิเคราะห์ผลการทดลอง การเปรียบเทียบเชิงตัวเลข

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อให้เป็นรายวิชาที่นักศึกษาสามารถนำความรู้ทางด้านเคมี ไปเป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนรายวิชาอื่น ๆ ในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ รวมไปถึงการประยุกต์ใช้สำหรับวิชาชีพวิศวกรในอนาคต

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน หรือ รายวิชาเรียนร่วม : PY01101 ฟิสิกส์ 1

ปฏิบัติการเกี่ยวกับการวัด หน่วย สเกลาร์และเวกเตอร์ จลนศาสตร์ของอนุภาค พลศาสตร์ของอนุภาค งานและพลังงาน โมเมนตัมระบบอนุภาค วัตถุแข็งเกร็ง สมบัติเชิงกลของสสาร ความโน้มถ่วง กลศาสตร์ของไหล การแกว่งกวัด คลื่นกล เสียง อุณหพลศาสตร์ จำนวน 8-10 ปฏิบัติการ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
ไม่มี	ไม่มี	3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์หรือปฏิบัติการ 45 ชั่วโมง ต่อภาคการศึกษา	ไม่มี

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

สัปดาห์ละ 1 ชั่วโมงเพื่อให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษา

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1.1.1 แสดงความซื่อสัตย์สุจริต อย่าง	1.2.1 มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือ	1.3.1 ประเมินจากการตรงต่อเวลา

สม่ำเสมอ 1.1.2 มีระเบียบวินัย และมีความรับผิดชอบต่อตนเอง 1.1.3 เคารพสิทธิและความคิดเห็นของผู้อื่น	ปฏิบัติและทดลอง เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจเนื้อหาทางฟิสิกส์ ด้วยตนเอง 1.2.2 กำหนดกติกาในการเข้าชั้นเรียน การปฏิบัติตนระหว่างเรียน 1.2.3 ส่งเสริมให้นักศึกษาทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม	ในการเข้าชั้นเรียน 1.3.2 สังเกตและประเมินพฤติกรรมระหว่างการปฏิบัติงาน ตลอดจนการนำเสนอผลปฏิบัติงานที่ได้ 1.3.3 ประเมินจากความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย การส่งรายงานผลการทดลองได้ตรงตามกำหนดเวลา

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
มีความรู้ในหลักการและทฤษฎีทางด้านฟิสิกส์	นักศึกษาหาความรู้ได้จากการศึกษาเอกสาร โดยศึกษาจากเอกสารคู่มือปฏิบัติการก่อนเข้าเรียนหรือแสวงหาความรู้เพิ่มเติมได้จากแหล่งความรู้อื่นที่มีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน นักศึกษาทำการการทดลองและเรียนรู้จากการทำงาน โดยทำการทดลองเก็บข้อมูลด้วยตนเองตามกลุ่มการทดลอง โดยอาจารย์ทำหน้าที่บรรยายสั้นๆ เกี่ยวกับการทดลอง แนะนำการใช้เครื่องมือ คอยควบคุมและให้คำปรึกษา นักศึกษาเรียนรู้เป็นรายบุคคล โดยนักศึกษาจัดทำรายงานผลการทดลองของตนเองหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง ทุกครั้งเพื่อประมวลความรู้ที่ได้จากการทดลอง	สอบปลายภาค

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
3.1.1 สามารถคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ และมีเหตุผลตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ 3.1.2 นำความรู้ทางฟิสิกส์ไป	ทำการการทดลองเพื่อเชื่อมโยงทฤษฎีที่ได้เรียนมาเข้ากับประสบการณ์จริงที่เกิดขึ้นจากการได้ทดลองด้วยตนเอง โดย	การตรวจสอบจากรายงานผลการทดลองให้มีความถูกต้องในการคิดวิเคราะห์

ประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	นักศึกษาทำการทดลอง เก็บข้อมูลใช้สูตรจากทฤษฎีในการคำนวณและวิเคราะห์การทดลอง เปรียบเทียบผลจากการทดลองและผลคำนวณทางทฤษฎี การเรียนรู้เป็นรายบุคคล โดยการจัดทำรายงานผลการทดลองของตนเองหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง โดยในรายงานประกอบไปด้วยการคำนวณปริมาณทางฟิสิกส์ การวิเคราะห์ผลการทดลอง การวิเคราะห์ผลข้อมูลที่ได้จากกราฟ	

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
มีภาวะผู้นำโดยสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นในฐานะผู้นำและสมาชิกที่ดีที่	4.2.1 การทำการทดลองเป็นกลุ่มทำให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดและความรู้ เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันระหว่างสมาชิกภายในกลุ่ม รวมทั้งเป็นการฝึกความรับผิดชอบต่อกลุ่มของตน 4.2.2 นักศึกษาร่วมกันคิดหาวิธีในการแก้ปัญหาในระหว่างการทำงานร่วมกัน	4.3.1 ประเมินจากพฤติกรรมและการแสดงออกของนักศึกษาในกิจกรรมที่ทำร่วมกัน 4.3.2 การสอบถามในชั้นเรียน การมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน และการยอมรับเหตุผลของผู้ที่มีความคิดเห็นแตกต่าง

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
สามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเก็บรวมรวบ สืบค้น และนำเสนอข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับสถานการณ์	5.2.1 การเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีเป็นฐาน มีการคำนวณปริมาณทางฟิสิกส์ในการทดลอง การประมวลผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม	ประเมินจากการทำรายงานผลการทดลองที่มีการใช้คณิตศาสตร์และสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลมีการประมวลผลที่ถูกต้องและสื่อสารได้เหมาะสม

	คอมพิวเตอร์ หรือเครื่องมือในการคำนวณ 5.2.2 การเรียนรู้แบบแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยการสืบค้น ข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อประกอบการทำรายงานผลการทดลอง	

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	อธิบายเนื้อหารายวิชาและ ทำความตกลงเกี่ยวกับเกณฑ์การประเมิน	3	บรรยาย ซักถาม ชี้แจง ข้อตกลง	เอกสารประกอบการสอน และ Power Point
2	การทดลองที่ 1 การวัดอย่างละเอียด	3	ทำการทดลอง/ ส่งรายงานผลการทดลอง	เวอร์เนีย ไมโครมิเตอร์
3	การทดลองที่ 2 การเคลื่อนที่แบบโปรเจคไตล์	3	ทำการทดลอง/ ส่งรายงานผลการทดลอง	ชุดดีดลูกบอล ตลับเมตร
4	การทดลองที่ 3 พลังงานและโมเมนตัม	3	ทำการทดลอง/ ส่งรายงานผลการทดลอง	รางปล่อยลูกเหล็กให้ชนกัน
5	การทดลองที่ 4 การเคลื่อนที่แบบกลิ้งบนพื้นเอียง	3	ทำการทดลอง/ ส่งรายงานผลการทดลอง	รางกลิ้งวัตถุ
6	การทดลองที่ 5 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	3	ทำการทดลอง/ ส่งรายงานผลการทดลอง	ชุดการแกว่งแบบลูกตุ้ม
7	การทดลองที่ 6 คลื่นนิ่งในเส้นเชือก	3	ทำการทดลอง/ ส่งรายงานผลการทดลอง	เครื่องเคาะสัญญาณเวลา
8	การทดลองที่ 7 การสั่นพ้องของเสียงในท่อเรโซแนนซ์	3	ทำการทดลอง/ ส่งรายงานผลการทดลอง	ใช้โทรศัพท์มือถือเป็นแหล่งกำเนิดเสียง และท่อปลายปิดหนึ่งด้านเปิดหนึ่งด้านแบบใช้น้ำ
9	การทดลองที่ 8 สัมประสิทธิ์ความหนืดของของเหลว	3	ทำการทดลอง/ ส่งรายงานผลการทดลอง	ลูกเหล็ก และท่อสูงบรรจุของเหลว

				หนืด
10	การทดลองที่ 9 การขยายตัวเชิงของโลหะ	3	ทำการทดลอง/ ส่งรายงานผลการทดลอง	ชุดทดลองการขยายตัวเชิงความร้อนกับโลหะเหล็ก ทองแดง และอลูมิเนียม
11	การทดลองที่ 10 ความจุความร้อนของเหล็ก	3	ทำการทดลอง/ ส่งรายงานผลการทดลอง	แก้วเก็บความร้อน เทอร์มอมิเตอร์ เครื่องต้มน้ำ น๊อตโลหะ
12	ทำการทดลองชดเชย	3	ทำการศึกษาด้วยตนเอง	
13	ทำการทดลองชดเชย	3	ทำการศึกษาด้วยตนเอง	
14	ทำการทดลองชดเชย	3	ทำการศึกษาด้วยตนเอง	
15	ทบทวนปฏิบัติการ	3	ทำการศึกษาด้วยตนเอง	
16	สอบปลายภาค (นอกตาราง)	3	สอบปลายภาค	

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	ระเบียบวินัย ความระมัดระวังการใช้อุปกรณ์	สังเกตพฤติกรรมการเข้าชั้นเรียน การทำการทดลอง	ทุกสัปดาห์	
2	การส่งรายงานปฏิบัติการ	ส่งรายงานปฏิบัติการ	ทุกสัปดาห์	70%
3	สอบปลายภาค	สอบทางทฤษฎีหรือปฏิบัติการ	16	30%

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+

50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอนวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 ภาควิชาวิฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

2.1 ภาควิชาฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ฟิสิกส์ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 8, กรุงเทพฯ 2554.

2.2 ภาควิชาฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ฟิสิกส์ 2. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 12, กรุงเทพฯ 2556.

2.3 ก่องกัญจน์ ภัทรากาญจน์ และ ธนกาญจน์ ภัทรากาญจน์, ฟิสิกส์ 1 ตัวอย่างและโจทย์ พร้อมคำเฉลย. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ 2552.

2.4 JJ W Jewett Jr and RA Serway Physics for scientist. W. Jewett, Jr. and R. A. Serway, Physics for scientist and engineers with modern physics, 6th Ed., Brook/Cole, Singapore, 2008

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

ให้นักศึกษาประเมินประสิทธิผลของรายวิชา โดยใช้แบบประเมินของมหาวิทยาลัยในด้านวิธีการสอน สื่อประกอบการสอน กิจกรรมการเรียนการสอน และสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอนอื่นๆ ซึ่งมีผลกระทบต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษาตามที่รายวิชานี้ต้องรับผิดชอบ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

ประเมินตามระบบและกลไกที่มหาวิทยาลัยกำหนด อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง เช่น การเชิญผู้มีประสบการณ์ในคณะหรือสาขาวิชาให้มาสังเกตการสอนพร้อมให้ข้อเสนอแนะ การประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนของนักศึกษาในชั้นเรียนรวม ทั้งมีการประเมินหลายครั้งเพื่อความน่าเชื่อถือของผลที่ได้

3. การปรับปรุงการสอน

สาขาวิชาได้กำหนดกลไกในการปรับปรุงการสอน โดยทุกรายวิชาต้องดำเนินการทั้งข้อ 1 และข้อ 2 แล้วนำข้อเสนอแนะมาใช้ในการปรับปรุงวิธีการสอนหรือปรับปรุงสื่อหรือกิจกรรมที่จะสามารถทำให้นิสิตมีความเข้าใจในเนื้อหาได้ดีขึ้น นอกจากนี้ผลจากการทดสอบย่อย หรือจากรายงานผลการทดลอง ก็สามารถสะท้อนถึกระบวนการจัดการเรียนการสอน ว่าสามารถทำให้นักศึกษามีความเข้าใจหรือไม่ โดยสรุป คือ มีการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

เพื่อเป็นการยืนยันว่านักศึกษามีมาตรฐานผลสัมฤทธิ์เป็นไปตามที่กำหนดในหลักสูตร โดยรายวิชานี้ต้องรับผิดชอบผลการเรียนรู้ ทั้งความรับผิดชอบหลัก 8 ข้อ และความรับผิดชอบรอง 11 ข้อ รายวิชานี้จะดำเนินการทวนสอบตามกลไกของคณะในเฉพาะส่วนที่เกี่ยวกับการทวนสอบจากคะแนนข้อสอบและคะแนนที่กำหนดตามแผนการประเมิน

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

สาขาวิชาได้มีการกำหนดให้มีการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา ผลการประเมินโดยผู้มีประสบการณ์ ตลอดจนติดตามจากการไปประกอบอาชีพของบัณฑิตว่ารายวิชานี้มีประโยชน์หรือมีประสิทธิผลมากพอสำหรับหลักสูตรหรือไม่ แล้วนำผลทั้งหมดมาเป็นข้อเสนอหรือเป็นแนวทางสำหรับการปรับปรุงหลักสูตร เมื่อหลักสูตรใช้ครบรอบที่ต้องปรับปรุง

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

PY01103
ฟิสิกส์ 2
Physics 2

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อาจารย์ภากร ไทยพิทักษ์
ดร. สุมารินทร์ พ่อค้า

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ 1

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

PY01101

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

อาคารเรียนรวมคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ศูนย์สามพร้าว SCB3305

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

24/12/2561

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องของฟิสิกส์ นักศึกษาควรแสดงพฤติกรรม ดังต่อไปนี้

1.1 นักศึกษาควรเขียนหรืออธิบายกฎเกณฑ์และที่มาที่ไปของความรู้ทางฟิสิกส์ในประเด็นที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

1.2 ในหัวข้อที่กำหนดให้นักศึกษาควรรู้สูตรที่สำคัญ และอธิบายความหมายของสูตรได้

1.3 นักศึกษาต้องทำโจทย์คณิตศาสตร์ที่ใช้ความรู้ในวิชาแคลคูลัสได้อย่างถูกต้อง

1.4 นักศึกษาต้องใช้ความรู้แคลคูลัสตามจุดมุ่งหมาย ข้อ 1.3 เพื่อแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง และสรุปคำตอบได้อย่างเหมาะสม

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

วัตถุประสงค์ของรายวิชาเพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องของฟิสิกส์ ตลอดจนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ โดยแยกเป็นประเด็นได้ดังนี้

2.1 เพื่อให้นักศึกษาสามารถอธิบายในเรื่องของฟิสิกส์ได้

2.2 เพื่อให้นักศึกษาสามารถนำความรู้ทางฟิสิกส์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

2.3 เพื่อให้นักศึกษาสามารถปรับตัวเข้ากับสังคมยุคปัจจุบันที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในชีวิตและสามารถใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้เกิดประโยชน์สูงสุด

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

ไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง แม่เหล็กสถิต ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงและทัศนศาสตร์ แนวคิดรากฐานของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ แนวคิดรากฐานของฟิสิกส์ควอนตัม ฟิสิกส์นิวเคลียร์

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์หรือปฏิบัติการ 45 ชั่วโมง ต่อภาคการศึกษา	ตามความต้องการของนักศึกษา	ไม่มี	6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมงเพื่อให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษา

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1.1.1 แสดงความซื่อสัตย์สุจริตอย่างสม่ำเสมอ 1.1.2 มีระเบียบวินัย และมีความรับผิดชอบต่อตนเอง	1.2.1 ผู้สอนผลักดันให้นักศึกษาทำการบ้านด้วยตัวเอง ไม่ลอกผลงานหรือผลของความพยายามจากนักศึกษาคนอื่นมาเป็นผลงานของตัวเอง 1.2.2 ผู้สอนสนับสนุนหาความรู้ในหัวข้อที่กำหนดให้หรือเพื่อทำการบ้านจากอินเตอร์เน็ต และสนับสนุนให้นักศึกษากล้าถาม สิ่งที่ตนไม่รู้กับผู้สอน 1.2.3 ผู้สอนจะว่ากล่าวตักเตือนเรื่องการแต่งกาย ความตรงต่อเวลาในการเข้าห้องเรียน และความตรงต่อเวลาของการส่งงาน	1.3.1. แนวข้อสอบส่วนอัตนัยจะมีโจทย์บางข้อที่เป็นแนวเดียวกันกับการบ้าน หากนักศึกษาหมั่นทำการบ้านด้วยตนเอง (มิใช่ทำเพื่อคะแนนเก็บก็ไม่มีความหมาย) นักศึกษาย่อมทำข้อสอบได้ 1.3.2. คะแนนเข้าห้องคิดเป็นคะแนนพิเศษ 10 คะแนนของคอร์สนี้ 1.3.3. หากนักศึกษาประพฤติตัวไม่เหมาะสม ก่อกวนการเรียนการสอน นักศึกษาจะถูกหักคะแนนในเรื่องวินัย 1.3.4. หากนักศึกษาทุจริตการสอบจะได้ F

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
2.1.1. มีความรู้ในหลักการและทฤษฎีทางด้านฟิสิกส์	เน้นการสอนที่ผู้เรียนสามารถแสวงหาความรู้เพิ่มเติมจากงานที่มอบหมาย เชิญวิทยากรพิเศษมาให้ความรู้ รวมทั้งกฎหมายที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมในวิชาต่าง ๆ และวิชาสัมมนาจัดการเรียนแบบอภิปรายกลุ่ม ถึงหลักการและทฤษฎีต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ถ่องแท้	การประเมินจากคะแนนการบ้าน คะแนนสอบกลางภาค และคะแนนสอบปลายภาค

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
3.1.1 สามารถคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ และมีเหตุผลตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์	3.2.1 ในระหว่างบรรยาย ผู้สอนจะถามประเด็นต่างๆ เล่นการตีความ การแทนค่าจากสมการที่	สังเกตจากการลักษณะการเขียนตอบในงานหรือการบ้านที่กำหนดให้ เช่น ลำดับการคำนวณ ขั้นตอนและ

3.1.2 นำความรู้ทางฟิสิกส์ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	กำลังสอน และการวิเคราะห์คำตอบ เพื่อให้นักศึกษาได้มีส่วนร่วมในการคิด 3.2.2 เฉลยคำถามจากข้อ 3.2.1 พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลว่าผิดหรือถูกอย่างไร	วิธีการทำและการสรุปคำตอบ คะแนนที่ได้จากส่วนนี้จะใช้เป็นส่วนหนึ่งของคะแนนในการคำนวณเกรด

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	บทนำ	3	บรรยาย	
2	ไฟฟ้าสถิต กฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า	3	บรรยาย	
3	ไฟฟ้าสถิต ศักย์ไฟฟ้า ค่าความจุไฟฟ้า วงจรตัวเก็บประจุ	3	บรรยาย	
4	สอบย่อยครั้งที่ 1	3	สอบครั้งที่ 1	
5	ไฟฟ้ากระแสตรง กฎของโอห์ม กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน	3	บรรยาย	
6	ไฟฟ้ากระแสตรง กฎของเคอร์ชอฟฟ์ วงจรตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ	3	บรรยาย	
7	แม่เหล็กไฟฟ้า	3	บรรยาย	
8	สอบกลางภาค	3	สอบกลางภาค	

9	การเหนี่ยวนำไฟฟ้ากระแสสลับ	3		
10	วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ RC RL และ RLC	3	บรรยาย	
11	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	3	บรรยาย	
12	สอบย่อยครั้งที่ 2	3	สอบครั้งที่ 2	
13	แสงและทัศนศาสตร์	3	บรรยาย	
14	ทฤษฎีสัมพันธภาพพิเศษ	3	บรรยาย	
15	ฟิสิกส์นิวเคลียร์	3	บรรยาย	
16	ฟิสิกส์นิวเคลียร์	3	บรรยาย	
17	สอบปลายภาค	3	สอบปลายภาค	

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	งานที่ได้รับมอบหมาย รายงาน การเข้าชั้นเรียน	-	ตลอดเทอมการเรียนการสอน	20
2	ไฟฟ้าสถิต	สอบครั้งที่ 1	4 หรือ นอกเวลา	15
3	ไฟฟ้ากระแสตรง แม่เหล็กไฟฟ้า	สอบกลางภาค	8	20
4	ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	สอบครั้งที่ 2	12 หรือ นอกเวลา	15
5	ทัศนศาสตร์ ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ ฟิสิกส์ควอนตัมเบื้องต้น ฟิสิกส์นิวเคลียร์	สอบปลายภาค	เวลาเป็นไปตามข้อกำหนดของมหาวิทยาลัย	30

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D

0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอนวิชาฟิสิกส์ 2 ภาควิชาวิฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

2.1 ภาควิชาฟิสิกส์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ฟิสิกส์ 2. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 JJ W Jewett Jr and RA Serway Physics for scientist. W. Jewett, Jr. and R. A. Serway, Physics for scientist and engineers with modern physics, 6th Ed., Brook/Cole, Singapore, 2008.

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

3.1 www.rmutphysics.com

3.2 www.physicsclassroom.com

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

ให้นักศึกษาประเมินประสิทธิผลของรายวิชา โดยใช้แบบประเมินของมหาวิทยาลัยในด้านวิธีการสอน สื่อประกอบการสอน กิจกรรมการเรียนการสอน และสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอนอื่นๆ ซึ่งมีผลกระทบต่อผลการเรียนรู้ของนิสิตตามที่รายวิชานี้ต้องรับผิดชอบ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

2.1. ประเมินตามระบบและกลไกที่มหาวิทยาลัยกำหนด อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง เช่น การเชิญผู้มีประสบการณ์ในคณะหรือสาขาวิชาให้มาสังเกตการสอนพร้อมให้ข้อเสนอแนะ นอกจากนี้อาจประเมินจากการทดสอบย่อยว่านักศึกษามีความเข้าใจในเนื้อหาที่สอนมากน้อยเพียงใด

2.2. จะมีการทวนสอบผลการเรียนหากวิชานี้มีเกรดไม่ปกติ

3. การปรับปรุงการสอน

3.1. สอนเนื้อหาให้ถึงเรื่องฟิสิกส์นิวเคลียร์

3.2. เพิ่มคะแนนการบ้านและคะแนนเข้าร่วมกิจกรรมเตรียมความพร้อมคณิตศาสตร์กับนักศึกษาแรกเข้า

3.3. วิชานี้จะมีอาจารย์สอนสองท่าน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

เพื่อเป็นการยืนยันว่านักศึกษามีมาตรฐานผลสัมฤทธิ์เป็นไปตามที่กำหนดในหลักสูตร โดยรายวิชานี้ต้องรับผิดชอบผลการเรียนรู้ ทั้งความรับผิดชอบหลัก 8 ข้อ และความรับผิดชอบรอง 11 ข้อ รายวิชานี้จะดำเนินการ

ทวนสอบตามกลไกของคณะในเฉพาะส่วนที่เกี่ยวกับการทวนสอบจากคะแนนข้อสอบและคะแนนที่กำหนดตามแผนการประเมิน

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

สาขาวิชาได้มีการกำหนดให้มีการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา ผลการประเมินโดยผู้มีประสบการณ์ ตลอดจนติดตามจากการไปประกอบอาชีพของบัณฑิตว่ารายวิชานี้มีประโยชน์หรือมีประสิทธิผลมากพอสำหรับหลักสูตรหรือไม่ แล้วนำผลทั้งหมดมาเป็นข้อเสนอหรือเป็นแนวทางสำหรับการปรับปรุงหลักสูตร เมื่อหลักสูตรใช้ครบรอบที่ต้องปรับปรุง

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

PY01104
การปฏิบัติการฟิสิกส์ 2
Physics Laboratory 2

2. จำนวนหน่วยกิต

1(0-3-2)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อาจารย์ภากร ไทยพิทักษ์

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ 1

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

อาคารเรียนรวมคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ศูนย์สามพร้าว SCB1407

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1.1 เพื่อให้สามารถทำการทดลองปฏิบัติการทางฟิสิกส์ได้

1.2 เพื่อให้มีทักษะและความคุ้นเคยในการใช้เครื่องมือการทดลองทางฟิสิกส์ และการนำเสนอผลการทดลองทางด้านฟิสิกส์

1.3 ฝึกฝนให้วิเคราะห์ผลการทดลอง การเปรียบเทียบเชิงตัวเลขและการยอมรับความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

2.1 เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาของวิชาฟิสิกส์ จากการได้ทดลองและปฏิบัติด้วยตนเอง

2.2 เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ทางด้านทักษะกระบวนการทดลองทางวิทยาศาสตร์ และสามารถนำความรู้จากการทดลองไปใช้ให้เกิดประโยชน์

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน หรือ รายวิชาเรียนร่วม : PY01103 ฟิสิกส์ 2

ปฏิบัติการเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง แม่เหล็กสถิต ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงและทัศนศาสตร์ เสียง แนวคิดรากฐานของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ แนวคิดรากฐานของฟิสิกส์ควอนตัม ฟิสิกส์นิวเคลียร์ จำนวน 8-10 ปฏิบัติการ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
ไม่มี	ไม่มี	3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์หรือปฏิบัติการ 45 ชั่วโมง ต่อภาคการศึกษา	ไม่มี

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

สัปดาห์ละ 1 ชั่วโมงเพื่อให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษา

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1.1.1 แสดงความซื่อสัตย์สุจริต อย่างสม่ำเสมอ 1.1.2 มีระเบียบวินัย และมีความรับผิดชอบต่อตนเอง 1.1.3 เคารพสิทธิและความคิดเห็นของผู้อื่น	1.2.1 มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและทดลอง เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจเนื้อหาทางฟิสิกส์ ด้วยตนเอง 1.2.2 กำหนดกติกาในการเข้าชั้นเรียน การปฏิบัติตนระหว่างเรียน 1.2.3 ส่งเสริมให้นักศึกษาทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม	1.3.1 ประเมินจากการตรงต่อเวลาในการเข้าชั้นเรียน 1.3.2 สังเกตและประเมินพฤติกรรมระหว่างการปฏิบัติงาน ตลอดจนการนำเสนอผลปฏิบัติงานที่ได้ 1.3.3 ประเมินจากความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย การส่งรายงานผลการทดลองได้ตรงตามกำหนดเวลา

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
มีความรู้ในหลักการและทฤษฎีทางด้านฟิสิกส์	นักศึกษาหาความรู้ได้จากการศึกษาเอกสาร โดยศึกษาจากเอกสารคู่มือปฏิบัติการก่อนเข้าเรียนหรือแสวงหาความรู้เพิ่มเติมได้จากแหล่งความรู้อื่นที่มีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน นักศึกษาทำการการทดลองและเรียนรู้จากการทำงาน โดยทำการทดลองเก็บข้อมูลด้วยตนเองตามกลุ่มการทดลอง โดยอาจารย์ทำหน้าที่บรรยายสั้นๆ เกี่ยวกับการทดลอง แนะนำการใช้เครื่องมือ คอยควบคุมและให้คำปรึกษา นักศึกษาเรียนรู้เป็นรายบุคคล โดยนักศึกษาจัดทำรายงานผลการทดลองของตนเองหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง ทุกครั้งเพื่อประมวลความรู้ที่ได้จากการทดลอง	สอบปลายภาค

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
3.1.1 สามารถคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ และมีเหตุผลตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ 3.1.2 นำความรู้ทางฟิสิกส์ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	ทำการการทดลองเพื่อเชื่อมโยงทฤษฎีที่ได้เรียนมาเข้ากับประสบการณ์จริงที่เกิดขึ้นจากการได้ทดลองด้วยตนเอง โดยนักศึกษาทำการทดลอง เก็บข้อมูลใช้สูตรจากทฤษฎีในการคำนวณและวิเคราะห์การทดลอง เปรียบเทียบผลจากการทดลองและผลคำนวณทางทฤษฎี การเรียนรู้เป็นรายบุคคล โดยการจัดทำรายงานผลการทดลองของตนเองหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง โดยในรายงานประกอบไปด้วยการคำนวณปริมาณทางฟิสิกส์ การวิเคราะห์ผลการทดลอง การวิเคราะห์ผลข้อมูลที่ได้จากกราฟ	การตรวจสอบจากรายงานผลการทดลองให้มีความถูกต้องในการคิดวิเคราะห์

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
มีภาวะผู้นำโดยสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นในฐานะผู้นำและสมาชิกที่ดีที่	4.2.1 การทำการทดลองเป็นกลุ่มทำให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดและความรู้ เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันระหว่างสมาชิกภายในกลุ่ม รวมทั้งเป็นการฝึกความรับผิดชอบต่อกลุ่มของตน 4.2.2 นักศึกษาร่วมกันคิดหาวิธีในการแก้ปัญหาในระหว่างการทำงานร่วมกัน	4.3.1 ประเมินจากพฤติกรรมและการแสดงออกของนักศึกษาในกิจกรรมที่ทำร่วมกัน 4.3.2 การสอบถามในชั้นเรียน การมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน และการยอมรับเหตุผลของผู้ที่มีความคิดเห็นแตกต่าง

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
สามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเก็บรวมรวบ สืบค้น และนำเสนอข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับสถานการณ์	5.2.1 การเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีเป็นฐาน มีการคำนวณปริมาณทางฟิสิกส์ในการทดลอง การประมวลผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือเครื่องมือในการคำนวณ 5.2.2 การเรียนรู้แบบแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยการสืบค้น ข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อประกอบการทำรายงานผลการทดลอง	ประเมินจากการทำรายงานผลการทดลองที่มีการใช้คณิตศาสตร์และสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลมีการประมวลผลที่ถูกต้องและสื่อสารได้เหมาะสม

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	อธิบายเนื้อหารายวิชาและ ทำความตกลงเกี่ยวกับเกณฑ์การประเมิน	3	บรรยาย ซักถาม ชี้แจง ข้อตกลง	เอกสารประกอบการสอน และ Power Point
2	การทดลองที่ 1 การใช้มัลติมิเตอร์เพื่อวัดค่าแรงดัน กระแส และความต้านทาน	3	ทำการทดลอง/ ส่งรายงานผลการทดลอง	มัลติมิเตอร์ ถาดน้ำ ขั้วโลหะแบบต่างๆ
3	การทดลองที่ 2 การวาดเส้นสมศักย์และเส้นแรงสนามไฟฟ้า	3	ทำการทดลอง/ ส่งรายงานผลการทดลอง	มัลติมิเตอร์ ถาดน้ำ ขั้วโลหะแบบต่างๆ
4	การทดลองที่ 3 เรื่องกฎของโอห์มและการต่อวงจรที่มีตัวต้านทานล้วน	3	ทำการทดลอง/ ส่งรายงานผลการทดลอง	มัลติมิเตอร์ โฟโต้บอร์ด แหล่งจ่ายไฟ ตัวต้านทาน
5	การทดลองที่ 4 แม่เหล็กแม่เหล็กไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	3	ทำการทดลอง/ ส่งรายงานผลการทดลอง	แท่งแม่เหล็ก เข็มทิศ ผงตะไบเหล็ก

6	การทดลองที่ 5 การหาที่ค่าความจุของตัวเก็บประจุในวงจร RC ไฟฟ้ากระแสตรง	3	ทำการทดลอง/ ส่งรายงานผลการทดลอง	มัลติมิเตอร์ แหล่งจ่ายไฟ ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ โฟโต้บอร์ด
7	การทดลองที่ 6 การศึกษากฎของสเนล และโพลาไรเซชันของแสง	3	ทำการทดลอง/ ส่งรายงานผลการทดลอง	หลอดเลเซอร์ แก้วครึ่งวงกลม แผ่นโพลารอยด์
8	การทดลองที่ 7 การศึกษาการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง	3	ทำการทดลอง/ ส่งรายงานผลการทดลอง	หลอดเลเซอร์ แผ่นเกรติง แผ่นสลิท
9	การทดลองที่ 8 การหาระยะโฟกัสของกระจกโค้งและเลนส์โค้งด้วยวิธีวิพารัลแล็กซ์	3	ทำการทดลอง/ ส่งรายงานผลการทดลอง	เลนส์นูน เลนส์เว้า กระจกนูน กระจกเว้นว้ กระจกราบ ราง โคมไฟ
10	การทดลองที่ 9 การใช้เครื่องออสซิโลสโคปเพื่อวัด สัญญาณแรงดันไฟฟ้า	3	ทำการทดลอง/ ส่งรายงานผลการทดลอง	เครื่องออสรี่ ซิโลสโคป เคซิรี่ เครื่องกำเนิดสัญญาณ
11	ปฏิบัติการชดเชย	3	สำหรับนักศึกษาที่ไม่ได้ทำในปฏิบัติการ	
12	ปฏิบัติการชดเชย	3	สำหรับนักศึกษาที่ไม่ได้ทำในปฏิบัติการ	
13	ปฏิบัติการชดเชย	3	สำหรับนักศึกษาที่ไม่ได้ทำในปฏิบัติการ	
14	ทบทวนการทดลอง	3		
15	ทบทวนการทดลอง	3		
16	สอบปลายภาค	3	สอบปลายภาค	

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	ระเบียบวินัย ความระมัดระวังการใช้อุปกรณ์	สังเกตพฤติกรรมการเข้าชั้นเรียน การทำการทดลอง	ทุกสัปดาห์	
2	การส่งรายงานปฏิบัติการ	ส่งรายงานปฏิบัติการ	ทุกสัปดาห์	70%
3	สอบปลายภาค	สอบทางทฤษฎีหรือปฏิบัติการ	16	30%

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอนวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ 2 ภาควิชาวิฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

2.1 ภาควิชาฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ฟิสิกส์ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 8, กรุงเทพฯ 2554.

2.2 ภาควิชาฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ฟิสิกส์ 2. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 12, กรุงเทพฯ 2556.

2.3 ก่องกัญจน์ ภัทรากาญจน์ และ ธนกาญจน์ ภัทรากาญจน์, ฟิสิกส์ 1 ตัวอย่างและโจทย์ พร้อมคำเฉลย. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ 2552.

2.4 JJ W Jewett Jr and RA Serway Physics for scientist. W. Jewett, Jr. and R. A. Serway, Physics for scientist and engineers with modern physics, 6th Ed., Brook/Cole, Singapore, 2008

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

ให้นักศึกษาประเมินประสิทธิผลของรายวิชา โดยใช้แบบประเมินของมหาวิทยาลัยในด้านวิธีการสอน สื่อประกอบการสอน กิจกรรมการเรียนการสอน และสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอนอื่นๆ ซึ่งมีผลกระทบต่อผลการเรียนรู้ของนักศึกษาตามที่รายวิชานี้ต้องรับผิดชอบ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

ประเมินตามระบบและกลไกที่มหาวิทยาลัยกำหนด อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง เช่น การเชิญผู้มีประสบการณ์ในคณะหรือสาขาวิชาให้มาสังเกตการสอนพร้อมให้ข้อเสนอแนะ การประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนของนักศึกษาในชั้นเรียนรวม ทั้งมีการประเมินหลายครั้งเพื่อความน่าเชื่อถือของผลที่ได้

3. การปรับปรุงการสอน

สาขาวิชาได้กำหนดกลไกในการปรับปรุงการสอน โดยทุกรายวิชาต้องดำเนินการทั้งข้อ 1 และข้อ 2 แล้วนำข้อเสนอแนะมาใช้ในการปรับปรุงวิธีการสอนหรือปรับปรุงสื่อหรือกิจกรรมที่จะสามารถทำให้นิสิตมีความเข้าใจในเนื้อหาได้ดีขึ้น นอกจากนี้ผลจากการทดสอบย่อย หรือจากรายงานผลการทดลอง ก็สามารถสะท้อนถึกระบวนการจัดการเรียนการสอน ว่าสามารถทำให้นักศึกษามีความเข้าใจหรือไม่ โดยสรุป คือ มีการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

เพื่อเป็นการยืนยันว่านักศึกษามีมาตรฐานผลสัมฤทธิ์เป็นไปตามที่กำหนดในหลักสูตร โดยรายวิชานี้ต้องรับผิดชอบผลการเรียนรู้ ทั้งความรับผิดชอบหลัก 8 ข้อ และความรับผิดชอบรอง 11 ข้อ รายวิชานี้จะดำเนินการทวนสอบตามกลไกของคณะในเฉพาะส่วนที่เกี่ยวกับการทวนสอบจากคะแนนข้อสอบและคะแนนที่กำหนดตามแผนการประเมิน

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

สาขาวิชาได้มีการกำหนดให้มีการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา ผลการประเมินโดยผู้มีประสบการณ์ ตลอดจนติดตามจากการไปประกอบอาชีพของบัณฑิตว่ารายวิชานี้มีประโยชน์หรือมีประสิทธิผลมากพอสำหรับหลักสูตรหรือไม่ แล้วนำผลทั้งหมดมาเป็นข้อเสนอหรือเป็นแนวทางสำหรับการปรับปรุงหลักสูตร เมื่อหลักสูตรใช้ครบรอบที่ต้องปรับปรุง

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

CH01107
เคมีสำหรับวิศวกร
Engineering Chemistry

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ดร.เพียว ผาใต้ piawtee99@hotmail.com โทร. 0-4221-1040 ต่อ 206

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ 1

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

คณะวิทยาศาสตร์ สาขาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (ศูนย์สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1. เข้าใจทฤษฎีอะตอม โครงสร้างอะตอม และบอกจำนวนโปรตอน นิวตรอนและอิเล็กตรอนของธาตุได้
2. เขียนสูตรและเรียกชื่อสารประกอบได้
3. เข้าใจกลศาสตร์ควอนตัม บอกเลขควอนตัมที่สัมพันธ์กับออร์บิทัลต่างๆ และเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอมได้
4. บอกแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสมบัติต่างๆ ตามตารางธาตุได้
5. เขียนโครงสร้างลิวอีส อธิบายการเกิดพันธะเคมีแบบต่างๆ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเกิดพันธะเคมีได้
6. อธิบายและคำนวณปริมาณสารสัมพันธ์ได้
7. เข้าใจทฤษฎีกฎของแก๊ส และคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบแก๊สได้
8. เข้าใจชนิดและความแตกต่างของผลึกแต่ละชนิด พร้อมทั้งอธิบายความไม่สมบูรณ์ของผลึกได้
9. ระบุชนิดของแรงระหว่างโมเลกุลที่กระทำระหว่างคู่สารได้
10. คำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับของเหลวได้
11. เข้าใจและอธิบายแผนผังการเปลี่ยนแปลงวัฏภาคได้
12. เข้าใจระบบของสารละลายและสามารถคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสารละลายได้
13. อธิบายเกี่ยวกับภาวะสมดุล หลักของเลอชาเตอลิเลียร์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมดุลเคมีได้
14. อธิบายนิยามของกรด-เบส และคำนวณหา pH และ pOH ของสารละลายได้
15. เข้าใจทฤษฎีของจลนศาสตร์เคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับจลนศาสตร์เคมีได้

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อให้เป็นรายวิชาที่นักศึกษาสามารถนำความรู้ทางด้านเคมี ไปเป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนรายวิชาอื่น ๆ ในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ รวมไปถึงการประยุกต์ใช้สำหรับวิชาชีพวิศวกรในอนาคต

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

โครงสร้างอะตอม การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม สมบัติของธาตุตามตารางธาตุ ธาตุเรพรีเซนเททีฟ อโลหะ โลหะทรานซิชัน พันธะเคมี ปริมาณสารสัมพันธ์ สมบัติของแก๊ส ของแข็ง ของเหลวและสารละลาย สมดุลเคมี สมดุลไอออนิก และจลนพลศาสตร์เคมี

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
บรรยาย 45 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย		มีเวลาในการค้นคว้าศึกษาด้วยตนเอง และ ฝึกปฏิบัติ อย่างน้อย 90 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและ	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน

เศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความ	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

	ร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน**	**สื่อที่ใช้**
1	ปฐมนิเทศและอธิบายแนวทางในการเรียนการสอนรายวิชา บทที่ 1 อะตอม โมเลกุล และไอออน 1. ทฤษฎีอะตอม 2. โครงสร้างอะตอม 3. เลขอะตอม เลขมวล ไอโซโทป 4. โมเลกุลและไอออน 5. สูตรเคมี 6. การเรียกชื่อสารประกอบ	3	1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. แสดงวีดีโอประกอบการสอน 4. ทดสอบหลังเรียน	1. แผนการสอนรายวิชา 2. เอกสารการสอน 3. วีดีโอประกอบการสอน 4. แบบทดสอบ
2	บทที่ 2 การจัดเรียงอิเอิล็กตรอนและตารางธาตุ	3	1. การบรรยาย 2. อภิปรายและ	1. เอกสารการสอน 2. แบบทดสอบ

	1. ทฤษฎีควอนตัม 2. เลขควอนตัม 3. การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม 4. การจำแนกธาตุตามตารางธาตุ		ซักถาม 3. ทดสอบหลังเรียน	
4	บทที่ 3 พันธะเคมี 1. การเขียนโครงสร้างลิวอีส 2. พันธะไอออนิก 3. พันธะโคเวเลนต์ 4. พันธะโลหะ 5. พันธะไฮโดรเจน	3	1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบหลังเรียน	1. เอกสารการสอน 2. แบบทดสอบ
5	บทที่ 4 ปริมาณสารสัมพันธ์ 1. มวลอะตอม 2. มวลโมเลกุล 3. โมล 4. สมการเคม	3	1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบหลังเรียน	1. เอกสารการสอน 2. แบบทดสอบ
6	5. การคำ นวณเกี่ยวกับสมการเคมี 6. สารกำ หนดปริมาณ 7. ผลผลิตลิตามทฤษฎี ผลผลิตลิ จริง และผลผลิตลิ ร้อร้ยละ	3	1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบหลังเรียน	1. เอกสารการสอน 2. แบบทดสอบ
7	บทที่ 5 สมบัติขติองแก๊ส 1. การวัดปริมาตร อุณหภูมิ และความดัน 2. กฎของแก๊สและทฤษฎีจฎีลน์ของแก๊ส 4. การแจกแจงความเร็วโมเลกุล 5. พฤติกติรรม	3	1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบหลังเรียน	1. เอกสารการสอน 2. แบบทดสอบ
8	สอบกลางภาค			
9	บทที่ 6 สมบัติของของแข็ง 1. ลักษณะทั่วไปของของแข็ง 2. ระบบของผลึก 3. โครงสร้างผลึกสามัญบางชนิด 4. ความไม่สมบูรณ์ของผลึก 5. การเปลี่ยนวัฏภาค		1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบหลังเรียน	1. เอกสารการสอน 2. แบบทดสอบ
10	บทที่ 7 สมบัติของของเหลวและสารละลาย 1. สมบัติทั่วไปของของเหลว 2. การหาค่าความดันไอและสมการ		1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบหลัง	1. เอกสารการสอน 2. แบบทดสอบ

	คลอเซียซีส-คลาเปย์รอง 3. แผนผังวัฏภาค 4. ชนิดของสารละลาย		เรียน	
11	5. ความเข้มข้นของสารละลาย 6. สารละลายสมบูรณ์แบบและสารละลายไม่สมบูรณ์แบบ 7. สมบัติคติอลลิเลิกตีฟ		1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบหลังเรียน	1. เอกสารการสอน 2. แบบทดสอบ
12	บทที่ 8 สมดุลเคมี 1. ลักษณะทั่วไปของสภาวะสมดุล 2. ค่าคงที่สมดุล 3. ข้อสรุปในการใช้ค่าคงที่สมดุล 4. หลักของเลอชาเตอลิเลียร์		1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบหลังเรียน	1. เอกสารการสอน 2. แบบทดสอบ
13	บทที่ 9 สมดุลไอออนิก 1. นิยามของกรดและเบส 2. ความแรงของกรด-เบส และการคำนวณหาค่า pH 3. ไฮโดรลิซิลิส 4. สารละลายบัฟเฟอร์ 5. การไตเตรตกรด-เบส		1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบหลังเรียน	1. เอกสารการสอน 2. แบบทดสอบ
14	บทที่ 10 จลนพลศาสตร์ 1. อัตราการเกิดกิปฏิกิริยา 2. ความเข้มข้นและอัตราการเกิดกิปฏิกิริยา 3. กฎอัตราอินทริเกรต		1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบหลังเรียน	1. เอกสารการสอน 2. แบบทดสอบ
15	4. ผลของอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา 5. กลไกของปฏิกิริยาและอัตราการเกิดปฏิกิริยา 6. ตัวเร่งและอัตราการเกิดปฏิกิริยา		1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบหลังเรียน	1. เอกสารการสอน 2. แบบทดสอบ
16	สอบปลายภาค			

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	หมวดที่ 1.1, 1.2,	- การเข้าชั้นเรียน	ตลอดภาค	5%

	4.2	- การมีส่วนร่วม อภิปราย เสนอความคิดเห็นในชั้นเรียน	การศึกศึษา	
2	หมวดที่ 2.1, 2.3, 3.1, 3.2, 5.1, 5.4	- แบบฝึกหัดและการทำรายงาน	-ตลอดภาค การศึกศึษา	10%
		- ทดสอบย่อย	-ตลอดภาค การศึกศึษา	15%
		- การสอบกลางภาค	8	30%
		- การสอบปลายภาค	15	40%

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

(1) กฤษณา ชุติมา. (2551). หลักการเคมีทั่วไป เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 18. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
(2) ทวีชัย อมรศักดิ์ชัย และคณะ. (2551). เคมี เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 2.กรุงเทพฯ: แมคกรอ-ฮิลฮ์.
(3) ทบวงมหาวิทยาลัย. (2541). เคมี เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 11.กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์.

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

การประเมินประสิทธิภาพในรายวิชานี้ จัดทำโดยนักศึกษาโดยจัดกิจกรรมในการนำแนวคิดและความเห็นจากนักศึกษาด้วยวิธีการดังนี้

(1) การสนทนากลุ่มระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน

(2) การสังเกตการณ์จากพฤติกรรมของผู้เรียน

(3) แบบประเมินผู้สอน

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการสอบ

2) แบบประเมินการสอน

3. การปรับปรุงการสอน

หลังจากการประเมินการสอนในข้อ 2 จึงมีการปรับปรุงการสอนโดย

(1) จัดทำสื่อการสอนแบบใหม่ๆ ที่ช่วยให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้

(2) พูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างอาจารย์ผู้สอนด้วยกัน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

ในระหว่างกระบวนการสอนรายวิชา มีการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ในรายหัวข้อตามที่คาดหวังจากการเรียนรู้ในรายวิชา ได้จากการสอบถามนักศึกษา หรือ การสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษา รวมถึงพิจารณาจากผลการทดสอบย่อย และหลังจากออกผลการเรียนรายวิชา โดยมีการตั้งคณะกรรมการ ตรวจสอบผล การประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยตรวจสอบข้อสอบ วิธีการให้คะแนนสอบ และผลการสอบของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

จากผลการประเมิน จึงได้มีการวางแผนการปรับปรุงการสอนและรายละเอียดวิชา เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนี้

(1) ปรับปรุงรายวิชาทุกทุ ๆ ปี

(2) ปรับปรุงข้อสอบ วิธีการประเมินผลทุก ๆ ปี

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

CH01108
การปฏิบัติการเคมีสำหรับวิศวกร
Engineering Chemistry Laboratory

2. จำนวนหน่วยกิต

1(0-3-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ดร. บัวหลัน คุ้มไพทูลย์ email: bualan.kh@udru.ac.th

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ 1

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (Prerequisite Subject) (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

คณะวิทยาศาสตร์ สาขาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (ศูนย์สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

26/11/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

1. นักศึกษามีทักษะในการใช้อุปกรณ์ทางเคมี
2. นักศึกษามีความรู้และทักษะในปฏิบัติการเนื้อหาเคมีพื้นฐาน
3. นักศึกษาสามารถเขียนรายงานได้ถูกต้อง หลังจากปฏิบัติการแล้ว
4. นักศึกษานำความรู้และเทคนิคไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานทางเคมีได้
5. นักศึกษานำความรู้ไปออกแบบการทดลองได้

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อให้เป็นรายวิชาที่นักศึกษาสามารถนำความรู้ทางด้านเคมี ไปเป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนรายวิชาอื่น ๆ ในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ รวมไปถึงการประยุกต์ใช้สำหรับวิชาชีพวิศวกรในอนาคต

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ สารเคมี สมบัติทางเคมีและทางกายภาพ ปฏิกิริยาเคมี และผลผลิตร้อยละ ปริมาตรโมลาร์ของแก๊สและค่าคงที่แก๊ส จุดเดือดและจุดหลอมเหลว การเตรียมสารละลาย การแยกของผสม สมดุลเคมี

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
		ปฏิบัติการ 45 ชั่วโมง ต่อภาคการศึกษา	มีเวลาในการค้นคว้าศึกษาด้วยตนเอง และ ฝึกปฏิบัติ อย่างน้อย 90 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่าง	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

	เป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการ	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

เกี่ยวข้องได้	อ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	ปฐมนิเทศและอธิบายแนวทางในการเรียนการสอน รายวิชา - บรรยายขอบเขตเนื้อหานี้ - แนะนำอุปกรณ์ - การเขียนรายงาน - ซักถาม ตอบคำถาม - ความปลอดภัย ข้อแนะนำ บางประการที่ควรปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ	3	1. อธิบายหลักปฏิบัติและข้อกำหนดในการใช้ห้องปฏิบัติการ 2. ชี้แจงเกณฑ์การวัดและประเมินผล 3. คู่มือปฏิบัติการ 4. มคอ. 3	1. แผนการสอนรายวิชา 2. เอกสารการสอน 3. อุปกรณ์ทางเคมี 4. มคอ 3
2	ปฏิบัติการที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ	3	1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบก่อนเรียน	1. เอกสารการสอน 2. อุปกรณ์ทางเคมี 3. แบบทดสอบ
3	ปฏิบัติการที่ 2 สารเคมี	3	1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบก่อนเรียน	1. เอกสารการสอน 2. อุปกรณ์ทางเคมี 3. แบบทดสอบ
4	ปฏิบัติการที่ 3 สมบัติท การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของสาร	3	1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบก่อนเรียน	1. เอกสารการสอน 2. อุปกรณ์ทางเคมี 3. แบบทดสอบ
5	ปฏิบัติการที่ 4 ปฏิกิริยาเคมีและผลผลิตร้อยละ	3	1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบก่อนเรียน	1. เอกสารการสอน 2. อุปกรณ์ทางเคมี 3. แบบทดสอบ
6	ปฏิบัติการที่ 5 การหาปริมาตรโมลาร์ของแก๊สและค่าคงที่	3	1. การบรรยาย 2. อภิปรายและ	1. เอกสารการสอน 2. อุปกรณ์ทางเคมี

	แก๊ส		ซักถาม 3. ทดสอบก่อนเรียน	3. แบบทดสอบ
7	สอบกลางภาค	3	สอบกลางภาค	ข้อสอบสอบกลางภาค
8	ปฏิบัติการที่ 6 การหาจุดหลอมเหลว	3	1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบก่อนเรียน	1. เอกสารการสอน 2. อุปกรณ์ทางเคมี 3. แบบทดสอบ
9	ปฏิบัติการที่ 7 การหาจุดเดือดด้วยวิธีการไมโคร	3	1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบก่อนเรียน	1. เอกสารการสอน 2. อุปกรณ์ทางเคมี 3. แบบทดสอบ
10	ปฏิบัติการที่ 8 การเตรียมสารละลาย	3	1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบก่อนเรียน	1. เอกสารการสอน 2. อุปกรณ์ทางเคมี 3. แบบทดสอบ
11	ปฏิบัติการที่ 9 การแยกของผสม	3	1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบก่อนเรียน	1. เอกสารการสอน 2. อุปกรณ์ทางเคมี 3. แบบทดสอบ
12	ปฏิบัติการที่ 10 สมดุลเคมี	3	1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบก่อนเรียน	1. เอกสารการสอน 2. อุปกรณ์ทางเคมี 3. แบบทดสอบ
13	ทบทวน	3	1. การบรรยาย 2. อภิปรายและซักถาม 3. ทดสอบก่อนเรียน	1. เอกสารการสอน 2. อุปกรณ์ทางเคมี 3. แบบทดสอบ
14-15	สอบปลายภาค (แบ่งสอบ 2 สัปดาห์)	6	สอบปลายภาค	ข้อสอบสอบปลายภาค

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	หมวดที่ ที่ 1.1, 1.2, 1.3, 4.1	- การเข้าชั้นเรียน - การมีส่วนร่วม อภิปราย เสนอความคิดเห็นในชั้นเรียน	ตลอดภาคการศึกษา	5%
2	หมวดที่ 2.1, 2.3, 2.3, 3.3, 3.4, 5.3	- คะแนนรายงานปฏิบัติการ	-ตลอดภาคการศึกษา	50%
		- การสอบปลายภาค	15-16	30%
		- ทดสอบก่อนทำปฏิบัติการ (Quiz)	-ตลอดภาคการศึกษา	10%
		- การทำผังงานการทดลอง (flowchart)	-ตลอดภาคการศึกษา	5%

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

(1) กฤษณา ชุติมา. (2551). หลักการเคมีทั่วไป เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 18. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
(2) ทบวงมหาวิทยาลัย. (2541). เคมี เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 11.กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์.

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

การประเมินประสิทธิภาพในรายวิชานี้ จัดทำโดยนักศึกษาโดยจัดกิจกรรมในการนำแนวคิดและความเห็นจากนักศึกษาด้วยวิธีการดังนี้

(1) การสนทนากลุ่มระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน

(2) การสังเกตการณ์จากพฤติกรรมของผู้เรียน

(3) แบบประเมินผู้สอน

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการสอบ

2) แบบประเมินการสอน

3. การปรับปรุงการสอน

หลังจากการประเมินการสอนในข้อ 2 จึงมีการปรับปรุงการสอนโดย

(1) จัดทำสื่อการสอนแบบใหม่ๆ ที่ช่วยให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้

(2) พูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างอาจารย์ผู้สอนด้วยกัน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

ในระหว่างกระบวนการสอนรายวิชา มีการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ในรายหัวข้อตามที่คาดหวังจากการเรียนรู้ในรายวิชา ได้จากการสอบถามนักศึกษา หรือ การสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษา รวมถึงพิจารณาจากผลการทดสอบย่อย และหลังจากออกผลการเรียนรายวิชา โดยมีการตั้งคณะกรรมการ ตรวจสอบผล การประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยตรวจสอบข้อสอบ วิธีการให้คะแนนสอบ และผลการสอบของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

จากผลการประเมิน จึงได้มีการวางแผนการปรับปรุงการสอนและรายละเอียดวิชา เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนี้

(1) ปรับปรุงรายวิชาทุกทุ ๆ ปี

(2) ปรับปรุงข้อสอบ วิธีการประเมินผลทุก ๆ ปี

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME11111
คณิตศาสตร์วิศวกรรม 1
Engineering Mathematics 1

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ 1

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1.นักศึกษามีความรู้และสามารถแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับเรขาคณิตวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง

2.นักศึกษามีความรู้และสามารถแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับพิกัดเชิงขั้ว สมการอิงตัวแปรเสริม พีชคณิตของเวกเตอร์ได้อย่างถูกต้อง

3.นักศึกษามีความรู้และสามารถแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับเส้นตรงและระนาบในปริภูมิสามมิติได้อย่างถูกต้อง

4.นักศึกษามีความรู้และสามารถแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับลิมิตและความต่อเนื่องได้อย่างถูกต้อง

5.นักศึกษามีความรู้และสามารถแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการหาอนุพันธ์ฟังก์ชันค่าจริงของหนึ่งตัวแปรจริง การประยุกต์ของอนุพันธ์และหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันรูปแบบยังไม่กำหนดได้อย่างถูกต้อง

6.นักศึกษามีความรู้และสามารถแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการหาอินทิเกรตฟังก์ชันค่าจริงของหนึ่งตัวแปรจริง การประยุกต์ของการอินทิเกรตและหาค่าอินทิเกตของฟังก์ชันรูปแบบยังไม่กำหนดได้อย่างถูกต้อง

7.นักศึกษามีความรู้และสามารถแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับเทคนิคการอินทิเกรต การอินเกรตเชิงตัวเลข อินทิกรัลไม่ตรงแบบได้อย่างถูกต้อง

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

พีชคณิตของเวกเตอร์ใน 2 มิติและ 3 มิติ เรขาคณิตวิเคราะห์ ลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชันค่าจริงตัวแปรเดียว พิกัดเชิงขั้ว จำนวนเชิงซ้อน อนุพันธ์ของจำนวนจริงและการประยุกต์ ปริพันธ์ขั้นเบื้องต้น ปริพันธ์ของจำนวนจริง เทคนิคการหาปริพันธ์ ปริพันธ์เชิงตัวเลขปริพันธ์ตามเส้น ปริพันธ์ไม่ตรงแบบและการประยุกต์

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
48 ชั่วโมง	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย		การศึกษาด้วยตนเอง 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับ	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียน	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

งานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

	5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน**	**สื่อที่ใช้**
1	อธิบายเค้าโครง , ข้อตกลงและแนะนำแนวทางในการเรียน	3	อธิบาย	- Power Point - กระดาน - Visual Projector
2	บทที่ 1 เรขาคณิตวิเคราะห์	3	- บรรยาย - แสดงตัวอย่าง - การบ้าน	- Power Point - กระดาน - Visual Projector
3	บทที่ 1 เรขาคณิตวิเคราะห์	3	- บรรยาย - แสดงตัวอย่าง - การบ้าน	- Power Point - กระดาน - Visual Projector

			- นัดสอบย่อยครั้งที่ 1	
4	บทที่ 2 เวกเตอร์ พิกัดเชิงขั้ว และการเคลื่อนที่ในสามมิติ	3	- บรรยาย - แสดงตัวอย่าง - การบ้าน	- Power Point - กระดาน - Visual Projector
5	บทที่ 2 เวกเตอร์ พิกัดเชิงขั้ว และการเคลื่อนที่ในสามมิติ	3	- บรรยาย - แสดงตัวอย่าง - การบ้าน - นัดสอบย่อยครั้งที่ 2	- Power Point - กระดาน - Visual Projector
6	บทที่ 3 ลิมิตและความต่อเนื่อง	3	- บรรยาย - แสดงตัวอย่าง - การบ้าน	- Power Point - กระดาน - Visual Projector
7	บทที่ 3 ลิมิตและความต่อเนื่อง	3	- บรรยาย - แสดงตัวอย่าง - การบ้าน	- Power Point - กระดาน - Visual Projector
8	บทที่ 3 ลิมิตและความต่อเนื่อง	3	- บรรยาย - แสดงตัวอย่าง - การบ้าน - นัดสอบย่อยครั้งที่ 3	- Power Point - กระดาน - Visual Projector
9	บทที่ 4 อนุพันธ์ของฟังก์ชันและการประยุกต์	3	- บรรยาย - แสดงตัวอย่าง - การบ้าน	- Power Point - กระดาน - Visual Projector
10	บทที่ 4 อนุพันธ์ของฟังก์ชันและการประยุกต์	3	- บรรยาย - แสดงตัวอย่าง - การบ้าน	- Power Point - กระดาน - Visual Projector
11	บทที่ 4 อนุพันธ์ของฟังก์ชันและการประยุกต์	3	- บรรยาย - แสดง	- Power Point - กระดาน

			ตัวอย่าง - การบ้าน	- Visual Projector
12	บทที่ 4 อนุพันธ์ของฟังก์ชันและการประยุกต์	3	- บรรยาย - แสดงตัวอย่าง - การบ้าน - นัดสอบย่อยครั้งที่ 4	- Power Point - กระดาน - Visual Projector
13	บทที่ 5 การอินทิกรัลและการประยุกต์	3	- บรรยาย - แสดงตัวอย่าง - การบ้าน	- Power Point - กระดาน - Visual Projector
14	บทที่ 5 การอินทิกรัลและการประยุกต์	3	- บรรยาย - แสดงตัวอย่าง - การบ้าน	- Power Point - กระดาน - Visual Projector
15	บทที่ 5 การอินทิกรัลและการประยุกต์	3	- บรรยาย - แสดงตัวอย่าง - การบ้าน	- Power Point - กระดาน - Visual Projector
16	สอบปลายภาค			

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของ	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30

		ผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา		
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือเทคโนโลยี เพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอนรายวิชา ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1. แคลคูลัส 1(CALCULUS 1) ดำรงค์ ทิพย์โยธา และคณะ สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

- หนังสือเรียนคณิตศาสตร์ทั่วไป
- หนังสือคณิตศาสตร์สำหรับวิศวกร
- หนังสือ Text Book

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME11112
คณิตศาสตร์วิศวกรรม 2
Engineering Mathematics 2

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ 1

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ME11111 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 1

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจในหลักคณิตศาสตร์เบื้องต้น สำหรับงานวิศวกรรมทั่วไป สามารถวิเคราะห์โจทย์และแก้ปัญหาในรูปแบบต่างๆ ได้ โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ไปพัฒนาการเรียนการศึกษารายวิชาอื่นๆ ต่อไป

2. เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับระดับความรู้พื้นฐานของผู้เรียนและให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอสำหรับการศึกษารายวิชาอื่นๆ ตามลำดับ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME11111คณิตศาสตร์วิศวกรรม 1

เมทริกซ์สำหรับการหาผลเฉลยของระบบสมการเชิงเส้น การหาอนุพันธ์และการหาปริพันธ์ฟังก์ชันค่าจริงหลายตัวแปร อนุพันธ์และปริพันธ์ของฟังก์ชันค่าเวกเตอร์ และการประยุกต์ เทคนิคของการหาอนุพันธ์และปริพันธ์ ลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชันหลายตัวแปร อนุพันธ์ย่อย ลำดับและอนุกรมของตัวเลข การกระจายด้วยวิธีอนุกรมเทย์เลอร์ของฟังก์ชันมูลฐานอุปนัยเชิงคณิตศาสตร์

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง

48 ชั่วโมง	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย		การศึกษาด้วยตนเอง 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจ	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

เกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม		

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1-3	แนะนำรายวิชา บทที่ 1 ลำดับและอนุกรม	9	- บรรยายและตกลงเกณฑ์การวัดผลและประเมินผล (ประมวลรายวิชา) - บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด (เอกสารประกอบการสอน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
3	สอบย่อยครั้งที่ 1 บทที่ 1	3		
4-6	บทที่ 2 เมทริกซ์	9	- บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและฝึกทำแบบฝึกหัด	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
6	สอบย่อยครั้งที่ 2 บทที่ 2	3		
7-9	บทที่ 3 เวกเตอร์ในปริภูมิสามมิติ	9	- บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและฝึกทำแบบฝึกหัด	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
9	สอบย่อยครั้งที่ 3 บทที่ 3	3		
10-12	บทที่ 4 อนุพันธ์ของฟังก์ชันหลายตัวแปร	9	- บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและฝึกทำแบบฝึกหัด	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
12	สอบย่อยครั้งที่ 4 บทที่ 4	4		
13-15	บทที่ 5 ปริพันธ์ของฟังก์ชันหลายตัวแปร	9	- บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและฝึกทำแบบฝึกหัด	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint

16	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C

55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอนรายวิชา ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1. แคลคูลัส 2(CALCULUS 2) ดำรงค์ ทิพย์โยธา และคณะ สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME11113
คณิตศาสตร์วิศวกรรม 3
Engineering Mathematics 3

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ME11112 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 2

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. เพื่อให้ผู้เรียนมีความรอบรู้เกี่ยวกับอนุพันธ์ย่อย ฟังก์ชันค่าเวกเตอร์ เส้นโค้งสามมิติ
2. เพื่อให้ผู้เรียนมีความรอบรู้เกี่ยวกับอนุพันธ์และปริพันธ์ของฟังก์ชันค่าเวกเตอร์ เกรเดียนท์ เคิร์ลและไดเวอร์เจนซ์ ปริพันธ์ตามเส้น ปริพันธ์ตามพื้นผิว และปริพันธ์ตามปริมาตร
3. เพื่อให้ผู้เรียนมีความรอบรู้เกี่ยวกับสมการเชิงอนุพันธ์เบื้องต้นและการประยุกต์สมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้น
4. เพื่อให้ผู้เรียนมีความรอบรู้เกี่ยวกับการแปลงลาปลาซและการแปลงลาปลาซผกผันของสมการเชิงอนุพันธ์
5. เพื่อให้ผู้เรียนมีความรอบรู้เกี่ยวกับระบบสมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้น ผลเฉลยแบบอนุกรม

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME11112คณิตศาสตร์วิศวกรรม 2

การหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันหลายตัวแปร อนุพันธ์ระบุทิศทาง การประยุกต์ของอนุพันธ์ของฟังก์ชันหลายตัวแปร ปริพันธ์หลายชั้น ระบบพิกัดและการหาปริพันธ์ในระบบต่างๆ ปริพันธ์ตามเส้น ปริพันธ์ตามผิว ทฤษฎีบทปริพันธ์สมการเชิงอนุพันธ์อันดับหนึ่ง สมการเชิงอนุพันธ์อันดับสอง สมการเชิงอนุพันธ์อันดับสูงและการประยุกต์ สมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้นที่มีสัมประสิทธิ์เป็นตัวแปร ระบบสมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้น ผลการแปลงลาปลาซ และการประยุกต์ อนุกรมฟูเรียร์ ข้อปัญหาค่าขอบ สมการเชิงอนุพันธ์ย่อยเบื้องต้น

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
48 ชั่วโมง	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย		การศึกษาด้วยตนเอง 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับ	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียน	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

งานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

	5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน**	**สื่อที่ใช้**
1-2	แนะนำรายวิชา ทบทวนการหาอนุพันธ์ บทที่ 1 การหาอนุพันธ์ย่อย	6	- บรรยายและตกลงเกณฑ์การวัดผลและประเมินผล (ประมวลรายวิชา) - บรรยาย ถาม ประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด (เอกสารประกอบการสอน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
3-4	บทที่ 2 ฟังก์ชันค่าเวกเตอร์ เส้นโค้งสามมิติ อนุพันธ์และปริพันธ์ของฟังก์ชันค่าเวกเตอร์	6	- บรรยาย ถาม ประกอบการอธิบายและฝึกทำแบบฝึกหัด	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint

5-6	สอบเก็บคะแนน ครั้งที่ 1 บทที่ 3 เกรเดียนท์ เคิร์ลและไดเวอร์เจนซ์	6	- บรรยาย ถาม ประกอบการอธิบาย และฝึกทำ แบบฝึกหัด	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
7	บทที่ 4 ปริพันธ์ตามเส้น	3	- บรรยาย ถาม ประกอบการอธิบาย และฝึกทำ แบบฝึกหัด	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
8	สอบกลางภาค	3		
9-10	บทที่ 4 ปริพันธ์ตามพื้นผิว และปริพันธ์ตามปริมาตร	6	- บรรยาย ถาม ประกอบการอธิบาย และฝึกทำ แบบฝึกหัด	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
11	บทที่ 5 สมการเชิงอนุพันธ์เบื้องต้น	3	- บรรยาย ถาม ประกอบการอธิบาย และฝึกทำ แบบฝึกหัด	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
12	บทที่ 5 การประยุกต์สมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้น	3	- บรรยาย ถาม ประกอบการอธิบาย และฝึกทำ แบบฝึกหัด	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
13	สอบเก็บคะแนน ครั้งที่ 2 บทที่ 6 การแปลงลาปลาซ	3	- บรรยาย ถาม ประกอบการอธิบาย และฝึกทำ แบบฝึกหัด	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
14	บทที่ 7 ระบบสมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้น	3	- บรรยาย ถาม ประกอบการอธิบาย และฝึกทำ แบบฝึกหัด	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
15	บทที่ 8 ผลเฉลยแบบอนุกรม	3	- บรรยาย ถาม ประกอบการอธิบาย และฝึกทำ แบบฝึกหัด	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
16	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+

50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอนรายวิชา ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1. แคลคูลัส 2(CALCULUS 2) ดำรงค์ ทิพย์โยธา และคณะ สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. สมการเชิงอนุพันธ์ พรชัย สาตรวาหา สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

CC11109
เทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับวิศวกรเครื่องกล
Technology Digital for Mechanical Engineer

2. จำนวนหน่วยกิต

3(2-2-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ.ธนะพัฒน์ เชี่ยวชาญวัฒนา

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ 1

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (Prerequisite Subject) (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. เพื่อให้นักศึกษามีทักษะ ความรู้ ความเข้าใจในหลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้น สำหรับงานวิศวกรรมทั่วไป สามารถวิเคราะห์โจทย์และแก้ปัญหาในรูปแบบต่างๆ ได้ โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะทางด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ไปพัฒนาการเรียนการศึกษารายวิชาอื่นๆ ต่อไป

2. เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับระดับความรู้พื้นฐานของผู้เรียนและให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอสำหรับการศึกษารายวิชาอื่นๆ ตามลำดับ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน :

ระบบคอมพิวเตอร์เบื้องต้น ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ การปฏิสัมพันธ์ระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ภาษาคอมพิวเตอร์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน การออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ผังงาน ความแตกต่างของการเขียนโปรแกรมแบบโครงสร้าง และการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ การเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานกับข้อมูลที่มีชนิดหรือโครงสร้าง อาร์เรย์ และเรคคอร์ด การประมวลผลกับแฟ้มข้อมูล การโปรแกรมในภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ อินเตอร์รัพต์ ระบบฝังตัว การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
32 ชั่วโมง	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	32 ชั่วโมง	การศึกษาด้วยตนเอง 5 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับ	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียน	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

งานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

	5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1-3	แนะนำรายวิชา บทที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์เบื้องต้น	12	- บรรยายและตกลงเกณฑ์การวัดผลและประเมินผล (ประมวลรายวิชา) - บรรยาย ถาม ประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด (เอกสารประกอบการสอน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
4	บทที่ 2 การออกแบบโปรแกรมโดยใช้ผังงาน (Flowchart)	4	- บรรยาย ถาม ประกอบการอธิบายและฝึกทำ	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint

			แบบฝึกหัด	
5-6	บทที่ 3 การเขียนโปรแกรมภาษา C	8	- บรรยาย ถาม ประกอบการ อธิบายและฝึก ปฏิบัติ	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์
7-8	บทที่ 4 ทางเลือกและการตัดสินใจ	8	- บรรยาย ถาม ประกอบการ อธิบายและฝึก ปฏิบัติ	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์
9	สอบกลางภาค	3		
10-11	บทที่ 5 การทำซ้ำ	8	- บรรยาย ถาม ประกอบการ อธิบายและฝึก ปฏิบัติ	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์
12	บทที่ 6 ฟังก์ชั่น	4	- บรรยาย ถาม ประกอบการ อธิบายและฝึก ปฏิบัติ	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์
13	บทที่ 7 อาร์เรย์	4	- บรรยาย ถาม ประกอบการ อธิบายและปฏิบัติ	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์
14	บทที่ 8 การทำงานกับตัวอักขระ	4	- บรรยาย ถาม ประกอบการ อธิบายและฝึก ปฏิบัติ	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์
15-16	บทที่ 9 การประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น	8	- บรรยาย ถาม ประกอบการ อธิบายและฝึก ปฏิบัติ	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์
17	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่อ	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10

		อาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น		
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียน ตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอนรายวิชา อ.ธนะพัฒน์ เชี่ยวชาญวัฒนา

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME12111
การเขียนแบบวิศวกรรมเครื่องกลและเขียนด้วยโปรแกรม
Mechanical Engineering Drawing and Drawing Program

2. จำนวนหน่วยกิต

4(2-4-4)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ชิตพล คงศิลา และ อ.วีระพล แก้วก่า

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ 1

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจ หลักการเขียนแบบและอ่านแบบในงานเขียนแบบทางวิศวกรรม สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ด้านการเขียนแบบและอ่านแบบ ไปพัฒนาการเรียนในรายวิชาอื่นๆ ต่อไปได้

2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้เครื่องมือเขียนแบบและอุปกรณ์เขียนแบบ เขียนงานทางวิศวกรรม ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ รวมทั้งบอกขนาดได้

3. เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เขียนแบบทางวิศวกรรม และประยุกต์ใช้งานทางวิศวกรรมเครื่องกลได้

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ไม่มี

การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ การคัดตัวอักษรและตัวเลข การเขียนรูปทรงเรขาคณิตประยุกต์ การเขียนภาพสเก็ตซ์ การฉายและเขียนภาพออโธกราฟฟิก การเขียนภาพ 3 มิติ การบอกขนาดและค่าความคลาดเคลื่อน การเขียนภาพตัด การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบขั้นแนะนำในการเขียนแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ การเขียนภาพเพื่อใช้งาน การเขียนภาพแยกส่วนและภาพประกอบด้วยโปรแกรม CAD การประยุกต์ใช้งานทางวิศวกรรมเครื่องกล

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
32 ชั่วโมง	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	64 ชั่วโมง	การศึกษาด้วยตนเอง 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรม เสียสละ และ ซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ ขององค์กรและสังคม 3. มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพและมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพรวมถึงเข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกายและการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติ

พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	ปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	ประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความ	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

	รับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 มีทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูดการเขียนและการสื่อความหมายโดยใช้สัญลักษณ์ 3. สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	แนะนำรายวิชา บทนำ เครื่องมือและอุปกรณ์การเขียนแบบ	6	บรรยาย ฝึกปฏิบัติคัดอักษร	-PowerPoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน - ห้องเขียนแบบด้วยมือ
2	เรขาคณิตประยุกต์	6	บรรยาย ฝึกปฏิบัติการเขียนรูปเรขาคณิต	-PowerPoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน

				- ห้องเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์
3	การฉายภาพออโธกราฟฟิก การเขียนภาพออโธกราฟฟิก	6	บรรยาย ฝึกปฏิบัติการเขียนภาพออโธกราฟฟิก	-PowerPoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน - ห้องเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์
4	การเขียนภาพพิกทอเรียล	6	บรรยาย ฝึกปฏิบัติการเขียนภาพพิกทอเรียล	-PowerPoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน - ห้องเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์
5	การอ่านภาพออโธกราฟฟิก การบอกมิติและหมายเหตุ	6	บรรยาย ฝึกปฏิบัติการอ่านภาพออโธกราฟฟิกและการสเกตซ์ภาพไอโซเมตริก การบอกมิติและหมายเหตุ	-PowerPoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน - ห้องเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์
6	การเขียนภาพตัด	6	บรรยาย ฝึกปฏิบัติการเขียนภาพตัด	-PowerPoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน - ห้องเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์
7	การเขียนแบบสลักเกลียว	6	บรรยาย ฝึกปฏิบัติการเขียนแบบสลักเกลียว	-PowerPoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน - ห้องเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์
8	การเขียนแบบภาพประกอบ	6	บรรยาย ฝึกปฏิบัติการเขียนแบบภาพประกอบ	-PowerPoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน - ห้องเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์
9	สอบกลางภาค	3	สอบข้อเขียน	ข้อสอบ
10	แนะนำการเขียนแบบ การเขียนเรขาคณิตประยุกต์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	6	บรรยาย ฝึกปฏิบัติการเรขาคณิตประยุกต์ด้วยคอมพิวเตอร์	-PowerPoint -เอกสารประกอบการสอน -โปรแกรมเขียนแบบ

				- ห้องเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์
12	การเขียนภาพออโธกราฟฟิกด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	6	บรรยาย ฝึกปฏิบัติการเขียนภาพออโธกราฟฟิกด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	-PowerPoint -เอกสารประกอบการสอน -โปรแกรมเขียนแบบ - ห้องเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์
13	การเขียนภาพพิกทอเรียลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	6	บรรยาย ฝึกปฏิบัติการเขียนภาพพิกทอเรียลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	-PowerPoint -เอกสารประกอบการสอน -โปรแกรมเขียนแบบ - ห้องเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์
14	การบอกมิติและหมายเหตุด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	6	บรรยาย ฝึกปฏิบัติการบอกมิติและหมายเหตุด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	-PowerPoint -เอกสารประกอบการสอน -โปรแกรมเขียนแบบ - ห้องเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์
15	การเขียนภาพตัด การเขียนแบบสลักเกลียว ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	6	บรรยาย ฝึกปฏิบัติการเขียนภาพตัด การเขียนแบบสลักเกลียว ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	-PowerPoint -เอกสารประกอบการสอน -โปรแกรมเขียนแบบ - ห้องเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์
15	การเขียนแบบภาพประกอบภาพใช้งาน ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	6	บรรยาย ฝึกปฏิบัติการเขียนแบบภาพประกอบ ภาพใช้งาน ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	-PowerPoint -เอกสารประกอบการสอน -โปรแกรมเขียนแบบ - ห้องเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์
16	สอบปลายภาค	3	สอบข้อเขียน	ข้อสอบ

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10

		3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น		
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียน ตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอนรายวิชาเขียนแบบวิศวกรรม อ.วีระพล แก้วก่า

เอกสารประกอบการสอนรายวิชาเขียนแบบวิศวกรรมด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผศ.ชิตพล คงศิลา

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1. การเขียนแบบวิศวกรรมเบื้องต้น สมชาย เกตุพันธุ์ สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น 2549

2. การเขียนแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรมด้วย AutoCAD 2020 อภิรัตน์ บางศิริ สำนักพิมพ์ซิมพลิฟาย 2563

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME12121
สถิตยศาสตร์และพลศาสตร์
Static and Dynamics

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ.วีระพล แก้วก่า

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ 1

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

PY01101 ฟิสิกส์ 1

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

9/9/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1.ให้นักศึกษาเข้าใจหลักการเบื้องตันของสถิตยศาสตร์ เวคเตอร์แรง สมดุลของอนุภาคและวัตถุแข็งเกร็ง การรวมแรงลัพธ์ แรงภายใน ความเสียดทาน จุดศูนย์ถ่วงและเซนทรอยด์ โมเมนต์ความเฉื่อย และงานเสมือน

2. เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจเกี่ยวกับจลนศาสตร์ของอนุภาคและวัตถุแข็งเกร็ง การเคลื่อนที่ กฎการเคลื่อนที่ของ นิวตัน หลักของงานและพลังงาน กฎการอนุรักษ์พลังงาน การชน หลักการดลและโมเมนตัม

3.เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับระดับความรู้พื้นฐานของผู้เรียนและให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอสำหรับการศึกษารายวิชาอื่นๆ ตามลำดับ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน : PY01101 ฟิสิกส์ 1

ระบบแรงและโมเมนต์ ผลลัพธ์การรวมแรง สมดุลของอนุภาคและวัตถุแข็งเกร็งแรงเสียดทาน การหาจุดศูนย์และจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุ โมเมนต์ความเฉื่อย จลนศาสตร์และจลนพลศาสตร์ของอนุภาคและวัตถุแข็งเกร็ง กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันหลักของงานและพลังงาน กฎการอนุรักษ์พลังงาน การชนหลักการดลและโมเมนตัม

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
48 ชั่วโมง	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย		การศึกษาด้วยตนเอง 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับ	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียน	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

งานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

	5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	แนะนำรายวิชา เวคเตอร์แรง	3	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
2-3	สมดุลของอนุภาค ผลลัพธ์ของระบบแรง สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง	6	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
4-5	การวิเคราะห์โครงสร้าง แรงภายใน แรงเสียดทาน	6	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
6-7	จุดศูนย์ถ่วงและเซนทรอยด์ โมเมนต์ของความเฉื่อย งานเสมือน	6	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
8	สอบกลางภาค	3	สอบข้อเขียน	ข้อสอบ

9-10	หลักการเบื้องต้นของพลศาสตร์ การเคลื่อนที่ในหนึ่ง สอง และสามมิติ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
11-12	จุดศูนย์กลางมวลและจุดศูนย์ถ่วง ระบบ แรงภายในระบบ และแรงภายนอกระบบ	6	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
13-14	งานและพลังงาน กฎการอนุรักษ์พลังงาน การดลและโมเมนตัม	6	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
15	การทดสอบการสมดุลแบบสแตติกส์และไดนามิกส์	3	ปฏิบัติการการทดสอบการสมดุลแบบสแตติกส์และไดนามิกส์	ชุดปฏิบัติการการทดสอบการสมดุลแบบสแตติกส์และไดนามิกส์
16	สอบปลายภาค	3	สอบข้อเขียน	ข้อสอบ

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

	เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	ข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้		

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

1. หนังสือกลศาสตร์วิศวกรรม ภาคสถิตยศาสตร์. R.C. Hibbler. บุรฉัตร ฉัตรวีระ และวิศิษฎ์ เดชพันธ์ ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2541

2. หนังสือกลศาสตร์วิศวกรรม พลศาสตร์. รศ.อินทรชิต หอวิจิตร ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาวัยขอนแก่น. 2544

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1. หนังสือกลศาสตร์วิศวกรรม .อุดมวิทย์ กาญจนวรงค์. 2542

2. หนังสือกลศาสตร์วิศวกรรม ภาคพลศาสตร์. ดร.อิศเรศ ธุชกัลยา มหาวิศยาลัยธรรมศาสตร์ 2560

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME12231
วัสดุวิศวกรรม
Engineering Materials

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ.กวีพงษ์ หงษ์ทอง

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

CH01107 เคมีสำหรับวิศวกร

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/7/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อเปลี่ยนแปลงเนื้อหาให้มีความทันสมัยและน่าสนใจมากขึ้น เพื่อให้นักศึกษาทันเทคโนโลยีทางวัสดุที่ก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน : CH01107 เคมีสำหรับวิศวกร

ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างมหภาคและโครงสร้างจุลภาค แผนภาพสมดุลเฟส และการแปลความหมาย สมบัติ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์โดยใช้วัสดุวิศวกรรม การใช้งานในกลุ่มวัสดุวิศวกรรมหลัก โลหะ โพลีเมอร์ เซรามิก และวัสดุผสม การทดสอบและความหมายของสมบัติทางกล การย่อยสลาย การเสื่อมสภาพและการวิบัติของวัสดุ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
3 ชั่วโมง/สัปดาห์ (45 ชั่วโมง/ภาคเรียน)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	ไม่มีการฝึกปฏิบัติงานภาคสนาม	นักศึกษาต้องใช้เวลาศึกษาค้นคว้านอกเวลา 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1.อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาในชั่วโมงว่างของการเรียน

2.อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 2 ชั่วโมง/สัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1) มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ ขององค์กรและสังคม 2) สามารถวิเคราะห์และประเมินผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคล องค์กร สังคมและสิ่งแวดล้อม 3)มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ รวมถึงเข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน	1) สอดแทรกตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงภาระ ความรับผิดชอบของอาชีพวิศวกร และผลกระทบที่เกิดขึ้นหากวิศวกรไม่สามารถปฏิบัติหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2) สอดแทรกแนวคิดเรื่องระเบียบวินัย ปลูกฝังให้นักศึกษาได้ตระหนักถึงการเคารพระเบียบข้อบังคับ โดยยกตัวอย่างจริงจากพฤติกรรมนักศึกษาในห้องเรียน เช่น การเข้าเรียนตรงต่อเวลา มารยาทการใช้อุปกรณ์สื่อสาร เป็นต้น 3) ปลูกฝังให้นักศึกษาได้ตระหนักถึงความซื่อสัตย์ โดยยกตัวอย่างจริงจากพฤติกรรมนักศึกษาในห้องเรียน เช่น การลอกการบ้าน การลอกกันระหว่างการทดสอบย่อย เป็นต้น กำหนดบทลงโทษและชี้ให้เห็นถึงผลของพฤติกรรมดังกล่าวที่จะส่งผลกระทบต่อสังคมในอนาคต	1) การขานชื่อ การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียนและการส่งงานตรงเวลา 2) พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3) สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ อย่างต่อเนื่อง

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1) มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ครอบคลุม	1) บรรยายหลักการทฤษฎีตามคำอธิบายรายวิชา แสดงตัวอย่าง	1) ทดสอบย่อย สอบกลางภาค และสอบปลายภาค

ตามวัตถุประสงค์รายวิชาและมีความรู้เพียงพอในการประยุกต์ในงานจริงได้ 2) สามารถบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาที่ศึกษากับความรู้ในศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	การวิเคราะห์โจทย์ปัญหาพร้อมกับการยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานจริง โดยมีการอภิปรายโต้ตอบระหว่างอาจารย์และนักศึกษา 2) มอบหมายให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัด พร้อมกับการให้ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน	2) ตรวจแบบฝึกหัด และงานที่มอบหมาย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
แสดงความคิดเห็นประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนในวิชาวัสดุวิศวกรรม	จัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยกระบวนการคิดเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ด้วยเหตุผล และมีวิจารณญาณประเมินค่า เช่น อภิปรายกลุ่ม เป็นต้น	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ ขั้นสังเกตุตั้งคำถาม สืบค้นคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1) พัฒนาการทำงานเป็นทีมและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ 2) พัฒนาทักษะความเป็นผู้นำและผู้ตามในการทำงานเป็นทีม 3) มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย 4) สามารถปรับตัวในการทำงานและการดำรงชีวิตร่วมกับบุคคลอื่นได้ 5) สามารถวางตัวและแสดงความคิดเห็นได้เหมาะสมกับบทบาทหน้าที่	1) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ การทำงานเป็นทีมหรือร่วมกับผู้อื่นเพื่อฝึกความรับผิดชอบ ทักษะความเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดีมีทักษะการสร้างมนุษยสัมพันธ์ ปรับตัวและยอมรับความแตกต่างของคนในสังคม เพื่อให้งานที่รับผิดชอบสำเร็จ 2) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ปรับตัว และ	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน

ความรับผิดชอบรู้จักบทบาท หน้าที่และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	วางตัวให้เหมาะสมกับหน้าที่ความรับผิดชอบ มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน เช่น ทำงานกลุ่ม การแสดงบทบาทสมมุติร่วมกัน เป็นต้น	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1) พัฒนาทักษะด้านการสื่อสารและการสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 2) พัฒนาทักษะการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลข เชิงปริมาณ หลักสถิติสำหรับการแก้ไขปัญหา 3) พัฒนาทักษะด้านการสื่อสารทั้งการฟัง การพูด การเขียน การอ่านและตีความ โดยจัดทำเป็นรายงานและนำเสนอในชั้นเรียนเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษหรือภาษาต่างประเทศอื่นๆ	1) จัดกิจกรรมการเรียนการสอนพัฒนาด้านการสื่อสาร และการใช้สารสนเทศในการสืบค้นข้อมูล 2) จัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้านการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลข เชิงปริมาณ การใช้ค่าสถิติ สำหรับการแก้ไขปัญหา พร้อมยกตัวอย่างการ 3) กำหนดให้นักศึกษานำเสนอผลงาน โดยใช้รูปแบบ เครื่องมือและเทคโนโลยีที่เหมาะสม ให้เพื่อนร่วมห้องสอบถามแลกเปลี่ยนความรู้	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้ เครื่องมือ เทคโนโลยี เพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	แนะนำรายวิชา บทที่ 1 บทนำ 1.1 วัสดุและวิศวกรรม 1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุศาสตร์กับวัสดุวิศวกรรม	3	- บรรยายและตกลงเกณฑ์การวัดผลและ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)

	1.3 การแข่งขันระหว่างวัสดุต่างชนิด 1.4 แนวโน้มของการใช้วัสดุในอนาคต		ประเมินผล (ประมวลรายวิชา)	
2	บทที่ 2 ธรรมชาติและแหล่งกำเนิดของวัสดุ 2.1 วัตถุดิบและวัสดุวิศวกรรม 2.2 โครงสร้างของโลหะ 2.3 การรวมตัวของโลหะ	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่าง ประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)
3	บทที่ 2 ธรรมชาติและแหล่งกำเนิดของวัสดุ 2.4 การแพร่ของอะตอมและการแข็งตัวของโลหะ 2.5 แผนภาพสมดุลเฟส	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่าง ประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)
4-5	บทที่ 3 คุณสมบัติ ประโยชน์ และการใช้งาน	6	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่าง ประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)
6-7	บทที่ 4 การทดสอบวัสดุ	6	- บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่าง ประกอบ บรรยาย - ฝึกปฏิบัติจริงตามที่มอบหมาย	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint) - เครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
8	สอบกลางภาค	3		
9	บทที่ 5 วัสดุโลหะตระกูลเหล็ก 5.1 เหล็กกล้า 5.2 เหล็กหล่อ	3	- บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่าง ประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)
10	บทที่ 6 วัสดุโลหะนอกตระกูลเหล็ก 6.1 โลหะเบา 6.2 โลหะหนัก 6.3 โลหะทนความร้อนสูง 6.4 โลหะมีค่า	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่าง ประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)
11	บทที่ 7 วัสดุโพลิเมอร์ และพลาสติก 7.1 Thermoplastic	3	บรรยาย พร้อม	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)

	7.2 Thermosetting		ยกตัวอย่างประกอบ	
12	บทที่ 8 วัสดุยางและอีลาสโทเมอร์ 8.1 ยางธรรมชาติ 8.2 ยางสังเคราะห์	3	บรรยายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)
13	บทที่ 9 วัสดุเซรามิก 9.1 โครงสร้างพื้นฐานของเซรามิก 9.2 กรรมวิธีการผลิตเซรามิก 9.3 เซรามิกส์ที่ใช้ในงานด้านไฟฟ้า 9.4 เซรามิกส์ที่ใช้ในงานทนความร้อน 9.5 เซรามิกส์ที่ใช้ในการตัดและขัด	3	บรรยายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)
14-15	บทที่ 10 วัสดุผสม	6	บรรยายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)
16	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่าง	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10

		บุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน		
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

วัสดุวิศวกรรม, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงศักดิ์ ธรรมโชติ, สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2015
เอกสารประกอบการสอนวิชาวัสดุวิศวกรรม อ.กวีพงษ์ หงษ์ทอง

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

Donald R. Askeland and Pradeep P. Phule. The Science and Engineering of Materials. Thomson Canada Limited.

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME12241
อุณหพลศาสตร์
Thermodynamics

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ชิตพล คงศิลา

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (Prerequisite Subject) (ถ้ามี)

PY01101 ฟิสิกส์ 1

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจ และความพร้อมในการนำเอาองค์ความรู้เกี่ยวกับหลักการที่สำคัญทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของวิชาอุณหพลศาสตร์ ไปใช้ในการตั้งสมมติฐาน วิเคราะห์ และแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่เหมาะสม รวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม

2. เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง และประยุกต์ใช้งานกับการเรียนในรายวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน : PY01101 ฟิสิกส์ 1

คำจำกัดความและแนวคิดพื้นฐานคุณสมบัติของสารบริสุทธิ์ แก๊สอุดมคติ กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ กฎข้อที่สองของอุณหพลศาสตร์และวัฏจักรคาร์โนต์ งาน ความร้อน และพลังงาน เอนโทรปี วัฏจักรกำลังไอ วัฏจักรการทำความเย็น แก๊ส-ไอ และการปรับอากาศ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
บรรยาย 48 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา (ประมาณ 3 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	ไม่มีการฝึกปฏิบัติ	การศึกษาด้วยตนเอง 96 ชั่วโมง/ภาคการศึกษา (ประมาณ 6 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะนักศึกษาที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ ขององค์กรและสังคม 2 สามารถวิเคราะห์และประเมินผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคล องค์กร สังคม และสิ่งแวดล้อม 3 มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ รวมถึงเข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน	1 ปลูกฝังให้นักศึกษามีระเบียบวินัย ปฏิบัติตามกฎกติกาที่กำหนดหรือได้ตกลงกันไว้ และปลูกฝังให้มีความรับผิดชอบ โดยเริ่มตั้งแต่การเข้าชั้นเรียนให้ตรงเวลา การส่งงานตามกำหนดเวลา ตลอดจนการแต่งกายที่เป็นไปตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัยฯ 2 ปลูกฝังเรื่องจรรยาบรรณทางวิชาชีพ ความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ ตลอดจนผล กระทบที่จะเกิดขึ้นต่อบุคคล สังคม และสิ่งแวดล้อม หากกระทำการโดยขาดจรรยาบรรณทางวิชาชีพ	1 การขานชื่อ การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน และการส่งงานตามกำหนดระยะเวลา 2 สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ อย่างต่อเนื่อง 3 ความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย 4 การกระทำทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐาน และเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหา ของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม 3 สามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา ด้วยวิธีการที่เหมาะสม รวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม 4 สามารถใช้ความรู้และทักษะในสาขาวิชาของตน ในการประยุกต์แก้ไขปัญหาในงานจริงได้	1 บรรยายโดยเขียนบนกระดานประกอบกับการอ้างอิงในหนังสือ ใช้สื่อการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนสื่อการสอนที่เป็นชิ้นงานจริง 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 3 มอบหมายแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี 2 สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และ สรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ 3 สามารถคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมได้อย่างมีระบบ รวมถึงการใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ 4 สามารถสืบค้นข้อมูลและแสวงหาความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต และทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 ให้นักศึกษาค้นคว้า พร้อมทั้งจัดทำรายงานที่ได้จากการค้นคว้า	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย 3 ประเมินจากรายงานที่ได้รับมอบหมาย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 สามารถวางแผนและรับผิดชอบในการพัฒนาการเรียนรู้ทั้งของตนเองและสอดคล้องกับทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง 2 รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพรวมถึงสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งได้อย่างเหมาะสม สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ติดตามการทำงานร่วมกับสมาชิกกลุ่มของนักศึกษาเป็นระยะ 2 ประเมินจากการนำเสนอรายงานหน้าชั้นเรียน 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น 4 ประเมินจากพฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถามระหว่างกิจกรรมการเรียน

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารที่ทันสมัยได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้ 3 มีทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูด การเขียน และการสื่อความหมายโดยใช้สัญลักษณ์	1 มอบหมายงานให้ศึกษาค้นคว้าเนื้อหาเพิ่มเติมด้วยตนเอง จากเว็บไซต์สื่อการสอน E- Learning 2 ส่งเสริมการค้นคว้า เรียบเรียงข้อมูล และนำเสนอโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากเทคนิคการนำเสนอโดยการเลือกใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือคณิตศาสตร์และสถิติที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมศาสตร์ที่เหมาะสม

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	แนะนำรายวิชา คำจำกัดความและแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับอุณหพลศาสตร์	3	อธิบายเกณฑ์การวัดผลและประเมินผล บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
2	- พลังงาน การถ่ายโอนพลังงานและการวิเคราะห์พลังงานเบื้องต้น - การทดลองกังหันน้ำแบบฟรานซิสและเพลตัน	3	บรรยาย ทดลอง ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ชุดทดลองกังหันน้ำแบบฟรานซิสและเพลตัน
3	สมบัติของสารบริสุทธิ์ แก๊สอุดมคติ	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
4	การวิเคราะห์พลังงานสำหรับระบบปิด	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
5-6	การวิเคราะห์มวลและพลังงานสำหรับระบบเปิด	6	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
7-8	กฎข้อที่สองของอุณหพลศาสตร์	6	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
9	สอบกลางภาค	3		
10-11	- เอนโทรปี - การทดลองเครื่องอัดอากาศแบบขั้นตอนเดียว	6	บรรยาย ทดลอง ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ชุดทดลองเครื่องอัดอากาศแบบขั้นตอนเดียว
12-13	- วัฏจักรกำลังไอ - การทดลองโรงต้นกำลังกังหันไอน้ำขนาดเล็ก	6	บรรยาย ทดลอง ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ชุดทดลองโรงต้นกำลังกังหันไอน้ำขนาดเล็ก

14-15	- วัฏจักรทำความเย็น - การทดลองระบบการทำความเย็นพื้นฐาน	6	บรรยาย ทดลอง ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ชุดทดลองระบบการทำความเย็นพื้นฐาน
16-17	- แก๊ส-ไอ และการปรับอากาศ - การทดลองระบบการปรับอากาศแบบแยกส่วน	6	บรรยาย ทดลอง ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ชุดทดลองระบบการปรับอากาศแบบแยกส่วน
18	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1 การขานชื่อ การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน และการส่งงานตามกำหนดระยะเวลา 2 สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ อย่างต่อเนื่อง 3 ความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย 4 การกระทำทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย 3 ประเมินจากรายงานที่ได้รับมอบหมาย	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1 ติดตามการทำงานร่วมกับสมาชิกกลุ่มของนักศึกษาเป็นระยะ 2 ประเมินจากการนำเสนอรายงานหน้าชั้นเรียน 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น 4 ประเมินจากพฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถามระหว่างกิจกรรมการเรียน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1 ประเมินจากเทคนิคการนำเสนอโดยการเลือกใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือคณิตศาสตร์และสถิติที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมศาสตร์ที่เหมาะสม	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

- เอกสารประกอบการสอนรายวิชา ผศ.ชิตพล คงศิลา
- Thermodynamics: An Engineering Approach 6th edition by Yunus A. Cengel, Michael A. Boles

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1. ตารางและแผนภูมิคุณสมบัติของสารบริสุทธิ์ประกอบการสอนรายวิชาอุณหพลศาสตร์

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ
2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา โดยแทรกผลงานวิจัยของอาจารย์เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ความรู้นี้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME12251
กลศาสตร์ของไหล
Fluid Mechanics

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ.วีระพล แก้วก่า

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (Prerequisite Subject) (ถ้ามี)

PY01101 ฟิสิกส์ 1

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

3/9/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. ให้นักศึกษาเข้าใจสมบัติของไหลสถิตยศาสตร์ของไหล สมการความต่อเนื่อง สมการโมเมนตัม สมการพลังงาน สมการเบอร์นูลลี่ พลศาสตร์ของการไหลของของไหลที่ไม่ยุบตัวและไม่มีความหนืด การวิเคราะห์มิติและความคล้ายคลึงการไหลของของไหลที่ไม่ยุบตัวและมีความหนืด การไหลในท่อ

2. เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับระดับความรู้พื้นฐานของผู้เรียนและให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอสำหรับการศึกษารายวิชาอื่นๆ ตามลำดับ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน : PY01101 ฟิสิกส์ 1

สมบัติของไหลสถิตยศาสตร์ของไหล สมการความต่อเนื่อง สมการโมเมนตัม สมการพลังงาน สมการเบอร์นูลลี่ พลศาสตร์ของการไหลของไหลที่ไม่ยุบตัวและไม่มีความหนืด การวิเคราะห์มิติและความคล้ายคลึงการไหลของของไหลที่ไม่ยุบตัวและมีความหนืด การไหลในท่อ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
48 ชั่วโมง	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย		การศึกษาด้วยตนเอง 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับ	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียน	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

งานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

	5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	แนะนำรายวิชา พื้นฐานเบื้องต้นและสมบัติของของไหล	3	ตกลงเกณฑ์การวัดผลและประเมินผล บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
2-3	สถิตยศาสตร์ของไหล	6	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
4-5	การวิเคราะห์เชิงปริมาตรควบคุม	6	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
6-7	การวิเคราะห์เชิงอนุพันธ์ในของไหล	6	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
8	สอบกลางภาค	3	สอบข้อเขียน	ข้อสอบ

9-10	การวิเคราะห์เชิงมิติและสภาพคล้าย	6	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
11-12	การไหลในท่อที่มีผลต่อความหนืด	6	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด ปฏิบัติการชุดทดสอบการสูญเสียของของไหลในท่อ	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint ชุดทดสอบการสูญเสียของของไหลในท่อ
13-14	การไหลท่วมวัตถุ การไหลแบบยุบตัวได้	6	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
15	การวัดในกลศาสตร์ของไหล	6	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด ปฏิบัติการชุดเครื่องวิเคราะห์การไหลของอากาศ	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint ปฏิบัติการชุดเครื่องวิเคราะห์การไหลของอากาศ
16	สอบปลายภาค	3	สอบข้อเขียน	ข้อสอบ

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30

4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

1. หนังสือกลศาสตร์ของไหล. มนตรี พิรุณเกษตร. วิทยพัฒน์. 2552

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1. หนังสือกลศาสตร์ของไหล สมศักดิ์ ไชยะภินันท์ ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

2. Bruce R. Munson, Donald F. Young, Theodore H. okiishi. *Fundamentals of Fluid Mechanics* . 4thed.

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME12261
กลศาสตร์ของแข็ง
Mechanics of Solid

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.อดิศักดิ์ บุตรวงษ์

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (Prerequisite Subject) (ถ้ามี)

ME12121 สถิตยศาสตร์และพลศาสตร์

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อให้เข้าใจถึงพฤติกรรมของวัสดุ ค่าความเค้นหลัก ความเค้นเฉือนบนระนาบ ที่เกิดขึ้นจากภาระภายนอกในรูปแบบต่างๆ

ใช้ทฤษฎีความเสียหายได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

แรงและความเค้น ความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียดความเค้นในคาน การเขียนไดอะแกรมแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด การโก่งของคานการบิดของเพลา การงอของเสา วงกลมมอร์และความเค้นผสม ความวิบัติ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
45 ชั่วโมง	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย		การศึกษาด้วยตนเอง 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	- Introduction, Concept of Stress, Components of stress; Factor of Safety	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์
2	- Stress-Strain Diagram, Deformation under Axial Loading - Hooke's Law, Elastic and plastic deformation	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ ห้องปฏิบัติการวัสดุ	power point และออนไลน์
3	- Shear stress and shear strain - Statically indeterminate problems - Stress concentration	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์
4	- Torsion, stress and deformation	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ ให้นักศึกษานำเสนอการแก้โจทย์ปัญหาแบบเป็นกลุ่ม	power point และออนไลน์

	under torsional loading - Angle of twist of circular shaft - Design of transmission shaft		ห้องปฏิบัติการวัสดุ	
5	- Bending moment (Pure bending) - Stress and deformation of a member under bending moment	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ ห้องปฏิบัติการวัสดุ	power point และออนไลน์
,6	- Bending of member of several materials - Unsymmetrical bending	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ ห้องปฏิบัติการวัสดุ	power point และออนไลน์
7	- Transverse loading - Shear stress in beam - Transformation of stress - Principal stresses	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ ให้นักศึกษานำเสนอการแก้โจทย์ปัญหาแบบเป็นกลุ่ม	power point และออนไลน์
8	สอบกลางภาค	3		
9	- Stress in thin wall pressure vessels	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์
10	- Yield criteria of ductile metal - Tresca's criterion, Von Mises's criterion	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์
11	- Shear force diagram: SFD and Bending moment diagram: BMD - Design of beams for strength	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์
12	Design of Transmission shafts for strength	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ ให้นักศึกษานำเสนอการแก้โจทย์ปัญหาแบบเป็นกลุ่ม	power point และออนไลน์
13	- Deflection of beams by integration method - Equation of elastic curve	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์

	- Singularity function			
14	- Statistically Indeterminate Beams - Method of Superposition	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์
15	- Energy method, Strain energy and strain energy density - Castigliano's theorem	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์
16	- Columns, buckling of columns Euler's equation	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ ให้นักศึกษานำเสนอการแก้โจทย์ปัญหาแบบเป็นกลุ่ม	power point และออนไลน์
17	สอบปลายภาค			

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหาผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

		3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยี เพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้		

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอบรายวิชา ผศ.อดิศักดิ์ บุตรงวงษ์

R.C.Hibbeler : Mechanics of materials, SI 7nd Edition, Prentice-Hall Inc, 2010

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

Mechanics of Materials, Solids Mechanics

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME12271
กรรมวิธีการผลิต
Manufacturing Processes

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ.กวีพงษ์ หงษ์ทอง

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ME12231 วัสดุวิศวกรรม

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจและมีทักษะเกี่ยวกับกระบวนการและกรรมวิธีการผลิต ในกระบวนการอุตสาหกรรม

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME12231 วัสดุวิศวกรรม

กระบวนการผลิตเบื้องต้น ทฤษฎีและแนวคิดของกระบวนการผลิต การหล่อ การขึ้นรูป การตัดเฉือน และการเชื่อมประสาน ความสัมพันธ์ของวัสดุและกระบวนการผลิต หลักมูลของต้นทุนการผลิต กระบวนการผลิตในเทคโนโลยีสมัยใหม่

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
3 ชั่วโมง/สัปดาห์ (45 ชั่วโมง/ภาคเรียน)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	ไม่มีการฝึกปฏิบัติงานภาคสนาม	นักศึกษาต้องใช้เวลาศึกษาค้นคว้านอกเวลา 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาในชั่วโมงว่างของการเรียน

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 2 ชั่วโมง/สัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1) มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ ขององค์กรและสังคม 2) สามารถวิเคราะห์และประเมินผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคล องค์กร สังคมและสิ่งแวดล้อม 3)มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ รวมถึงเข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน	1) สอดแทรกตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงภาระ ความรับผิดชอบของอาชีพวิศวกร และผลกระทบที่เกิดขึ้นหากวิศวกรไม่สามารถปฏิบัติหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2) สอดแทรกแนวคิดเรื่องระเบียบวินัย ปลูกฝังให้นักศึกษาได้ตระหนักถึงการเคารพระเบียบข้อบังคับ โดยยกตัวอย่างจริงจากพฤติกรรมนักศึกษาในห้องเรียน เช่น การเข้าเรียนตรงต่อเวลา มารยาทการใช้อุปกรณ์สื่อสาร เป็นต้น 3) ปลูกฝังให้นักศึกษาได้ตระหนักถึงความซื่อสัตย์ โดยยกตัวอย่างจริงจากพฤติกรรมนักศึกษาในห้องเรียน เช่น การลอกการบ้าน การลอกกันระหว่างการทดสอบย่อย เป็นต้น กำหนดบทลงโทษและชี้ให้เห็นถึงผลของพฤติกรรมดังกล่าวที่จะส่งผลกระทบต่อสังคมในอนาคต	1) การขานชื่อ การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียนและการส่งงานตรงเวลา 2) พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3) สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ อย่างต่อเนื่อง

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1) มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ครอบคลุม	1) บรรยายหลักการทฤษฎีตามคำอธิบายรายวิชา แสดง	1) ทดสอบย่อย สอบกลางภาค และสอบปลายภาค

ตามวัตถุประสงค์รายวิชาและมีความรู้เพียงพอในการประยุกต์ในงานจริงได้ 2) สามารถบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาที่ศึกษากับความรู้ในศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	ตัวอย่างการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาพร้อมกับการยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานจริง โดยมีการอภิปรายโต้ตอบระหว่างอาจารย์และนักศึกษา 2) มอบหมายให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัด พร้อมกับการให้ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน	2) ตรวจแบบฝึกหัด และงานที่มอบหมาย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
แสดงความคิดเห็นประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนในวิชากรรมวิธีการผลิต	จัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยกระบวนการคิดเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ด้วยเหตุผล และมีวิจารณญาณประเมินค่า เช่น อภิปรายกลุ่ม เป็นต้น	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ ขั้นสังเกตุตั้งคำถาม สืบค้นคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1) พัฒนาการทำงานเป็นทีมและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ 2) พัฒนาทักษะความเป็นผู้นำและผู้ตามในการทำงานเป็นทีม 3) มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย 4) สามารถปรับตัวในการทำงานและการดำรงชีวิตร่วมกับบุคคลอื่นได้ 5) สามารถวางตัวและแสดงความคิดเห็นได้เหมาะสมกับบทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบรู้จักบทบาท หน้าที่	1) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ การทำงานเป็นทีมหรือร่วมกับผู้อื่นเพื่อฝึกความรับผิดชอบ ทักษะความเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดีมีทักษะการสร้างมนุษยสัมพันธ์ ปรับตัวและยอมรับความแตกต่างของคนในสังคม เพื่อให้งานที่รับผิดชอบสำเร็จ 2) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ปรับตัว และวางตัวให้เหมาะสมกับหน้าที่	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่นร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน

และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	ความรับผิดชอบ มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน เช่น ทำงานกลุ่ม การแสดงบทบาทสมมุติร่วมกัน เป็นต้น	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1) พัฒนาทักษะด้านการสื่อสารและการสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 2) พัฒนาทักษะการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลข เชิงปริมาณ หลักสถิติสำหรับการแก้ไขปัญหา 3) พัฒนาทักษะด้านการสื่อสารทั้งการฟัง การพูด การเขียน การอ่านและตีความ โดยจัดทำเป็นรายงานและนำเสนอในชั้นเรียนเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษหรือภาษาต่างประเทศอื่นๆ	1) จัดกิจกรรมการเรียนการสอนพัฒนาด้านการสื่อสาร และการใช้สารสนเทศในการสืบค้นข้อมูล 2) จัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้านการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลข เชิงปริมาณ การใช้ค่าสถิติ สำหรับการแก้ไขปัญหา พร้อมยกตัวอย่างการ 3) กำหนดให้นักศึกษานำเสนอผลงาน โดยใช้รูปแบบ เครื่องมือและเทคโนโลยีที่เหมาะสม ให้เพื่อนร่วมห้องสอบถามแลกเปลี่ยนความรู้	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้ เครื่องมือ เทคโนโลยี เพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	แนะนำรายวิชา บทที่ 1 กรรมวิธีการผลิต 1.1 ความหมายของการผลิต 1.2 ความหมายของอุตสาหกรรม 1.3 ประเภทของอุตสาหกรรม	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์(powerpoint)

	1.4 การจำแนกผลิตภัณฑ์ 1.5 หลักการทั่วๆไปของอุตสาหกรรมการผลิต 1.6 องค์ประกอบของอุตสาหกรรม 1.7 หลักเกณฑ์การผลิตในแง่ของเศรษฐกิจ 1.8 การเลือกเครื่องจักรในการผลิต 1.9 ปัจจัยด้านการผลิต 1.10 ชนิดของกรรมวิธีการผลิต			
2	บทที่ 2 การถลุงเหล็ก	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์(powerpoint)
3	บทที่ 3 การถลุงโลหะไม่ใช่เหล็ก	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์(powerpoint)
4	บทที่ 4 กรรมวิธีการผลิตแบบหล่อโลหะ	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์(powerpoint)
5-6	บทที่ 5 กรรมวิธีการผลิตแบบมีเศษ	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์(powerpoint)
7	บทที่ 6 กรรมวิธีการขึ้นรูปงานร้อนและเย็น	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์(powerpoint)
8	สอบกลางภาค	3		
9	บทที่ 7 กรรมวิธีการต่อหรือยึดชิ้นงานเข้าด้วยกัน	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์(powerpoint)
10	บทที่ 8 กรรมวิธีการตกแต่งผิวชิ้นงาน	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์(powerpoint)
11-12	บทที่ 10 การปรับปรุงคุณภาพโลหะด้วยความร้อน	6	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์(powerpoint)
13-14	บทที่ 11 กรรมวิธีการผลิตพลาสติก	6	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์(powerpoint)
15	บทที่ 12 การใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกรรมวิธีการผลิต	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์(powerpoint)
16	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+

50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

กระบวนการผลิต, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงศักดิ์ ธรรมโชติ, สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น,2016
เอกสารประกอบการสอนรายวิชากรรมวิธีการผลิต อ.กวีพงษ์ หงษ์ทอง

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ
2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน
2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME12281
อาชีวอนามัย ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม
Health Safety and Environment

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ.กวีพงษ์ หงษ์ทอง

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1.ให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจและทราบถึงความหมายและความสำคัญ ขอบข่ายของสวัสดิศึกษา

2.ให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจและทราบถึงศึกษา สาเหตุและการควบคุมอุบัติภัย ระบบป้องกันอุบัติภัยในโรงงานอุตสาหกรรม

3.ให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจและทราบถึงการป้องกันอุบัติภัยทั้งในด้านตัวบุคคล ด้านเครื่องมือเครื่องจักร วัสดุอุปกรณ์ความปลอดภัย สภาพแวดล้อม

4.ให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจและทราบถึงกฎระเบียบข้อบังคับและมาตรฐานความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม เพื่อความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรม

5.ให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจและทราบถึงหลักการป้องกันการสูญเสีย การออกแบบ วิเคราะห์ และการควบคุมภัยอันตรายจากสถานที่ทำงานต่อส่วนต่างๆ ของร่างกาย

6.ให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจและทราบถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต่อมนุษย์จากการกระจายของมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม

7.ให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจและทราบถึงเทคนิคด้านความปลอดภัยเชิงระบบ การวิเคราะห์ระบบความปลอดภัย และระบบการป้องกัน อุปกรณ์ด้านความปลอดภัย หลักการจัดการความปลอดภัยและกฎหมายด้านความปลอดภัย

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

หลักการป้องกันการสูญเสีย การออกแบบ วิเคราะห์ และการควบคุมภัยอันตรายจากสถานที่ทำงานต่อส่วนต่างๆ ของร่างกายผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต่อมนุษย์จากการกระจายของมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม เทคนิคด้านความปลอดภัยเชิงระบบ การวิเคราะห์ระบบความปลอดภัย และระบบการป้องกัน อุปกรณ์ด้านความปลอดภัย หลักการจัดการความปลอดภัยและกฎหมายด้านความปลอดภัย

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
45 ชั่วโมง (3 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	-	90 ชั่วโมง (6 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและ	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

	ข้อบังคับขององค์กรและสังคม	

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่าง	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะ	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

เหมาะสมกับความรับผิดชอบ	การอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	-ข้อตกลงในการเรียนและมอบหมายงาน -หลักการและแนวคิดด้านวิศวกรรมความปลอดภัย	3	-แนวการสอน เกณฑ์การประเมินผล -แบบทดสอบก่อนเรียน -หลักการด้านวิศวกรรมความปลอดภัย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -แบบทดสอบ

2	ความหมายและความสำคัญ ขอบข่ายของสวัสดิศึกษา	3	-ความหมายและความสำคัญขอบข่ายของสวัสดิศึกษา -บรรยาย อภิปรายกลุ่ม	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน
3	-สาเหตุและการควบคุมอุบัติภัย -การสอบสวนและการบันทึกรายงานอุบัติเหตุ	3	-บรรยายสาเหตุและการควบคุมอุบัติภัย -การสอบสวนและการบันทึกรายงานอุบัติเหตุ -บรรยาย อภิปรายกลุ่ม -มอบหมายงานให้นักศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม -สืบค้นผ่าน Internet	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -internet
4	การจัดองค์การความปลอดภัยและบทบาทของฝ่ายบริหารต่อความปลอดภัย	3	-อธิบายการจัดองค์การความปลอดภัยและบทบาทของฝ่ายบริหารต่อความปลอดภัย -บรรยาย อภิปรายกลุ่ม -มอบหมายงานให้นักศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม -สืบค้นผ่าน Internet	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -internet
5	ระบบป้องกันอุบัติภัยในโรงงานอุตสาหกรรม	3	-ระบบป้องกันอุบัติภัยในโรงงานอุตสาหกรรม -บรรยาย อภิปรายกลุ่ม -มอบหมายงานให้นักศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม -สืบค้นผ่าน Internet	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -internet
6	ความปลอดภัยในด้านตัวบุคคล ด้านเครื่องมือ เครื่องจักร	3	-ความปลอดภัยในด้านตัวบุคคล ด้านเครื่องมือเครื่องจักร -มอบหมายงานให้นักศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม -สืบค้นผ่าน Internet	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -internet
7	วัสดุอุปกรณ์ด้านความปลอดภัย	3	-วัสดุอุปกรณ์ด้านความปลอดภัย -มอบหมายงานให้นักศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม -สืบค้นผ่าน Internet	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -internet
8	สอบกลางภาค	3		

9	สภาพแวดล้อมและการวางผังโรงงานเพื่อความปลอดภัย	3	-บรรยายสภาพแวดล้อมและการวางผังโรงงานเพื่อความปลอดภัย -บรรยาย อภิปรายกลุ่ม -มอบหมายงานให้นักศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม -สืบค้นผ่าน Internet	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -internet
10	กฎระเบียบข้อบังคับและมาตรฐานความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม เพื่อความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรม	3	-บรรยายกฎระเบียบข้อบังคับและมาตรฐานความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรมเพื่อความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรม -บรรยาย อภิปรายกลุ่ม -มอบหมายงานให้นักศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม -สืบค้นผ่าน Internet	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -internet
11	อันตรายจากไฟฟ้า ความร้อน สารเคมีและการป้องกัน	3	-บรรยายอันตรายจากไฟฟ้า ความร้อน สารเคมีและการป้องกัน -สืบค้นผ่าน Internet -มอบหมายงานให้นักศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -internet
12	ความปลอดภัยในการก่อสร้าง	3	-การจัดความปลอดภัยในการก่อสร้าง -บรรยาย อภิปรายกลุ่ม -มอบหมายงานให้นักศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม -สืบค้นผ่าน Internet	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -internet
13	ความปลอดภัยการขนส่งและการจราจร	3	-อธิบายความปลอดภัยการขนส่งและการจราจร -มอบหมายงานให้นักศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม -สืบค้นผ่าน Internet	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -internet
14	จิตวิทยาและการจูงใจเพื่อความปลอดภัย	3	-อธิบายจิตวิทยาและการจูงใจเพื่อความปลอดภัย -บรรยาย อภิปรายกลุ่ม -มอบหมายงานให้นักศึกษา	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -internet

			ค้นคว้าเพิ่มเติม -สืบค้นผ่าน Internet	
15	กรณีศึกษาด้านความปลอดภัย	3	-นักศึกษาหากรณีศึกษาด้านความปลอดภัย -นักศึกษานำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย -บรรยาย อภิปรายกลุ่ม	-Powerpoint -เอกสารประกอบการบรรยาย
16	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

วิฑูรย์ สิมะโชคดีและวีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์ . 2528. วิศกรรมและการบริหารความปลอดภัยในโรงงาน. สำนักพิพม์ ส.ส.ท. เยาวชน.

กิตติ อินทรานนท์. 2549. วิศวกรรมความปลอดภัย : พื้นฐานของวิศวกร. สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย . กรุงเทพฯ .

กรมอุตสาหกรรม, สำนักควบคุมวัตถุอันตราย. 2545 .การบ่งชี้อันตราย การประเมินความเสี่ยงและแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง . กรุงเทพมหานคร.

อำพล ซื่อตรงและสำรวย เพ็งอ้น. 2546. ความปลอดภัยในโรงงาน. สำนักพิมพ์ ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ. กรุงเทพมหานคร.

วิฑูรย์ สิมะโชคดีและวีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์ . 2528. วิศกรรมและการบริหารความปลอดภัยในโรงงาน. สำนักพิพม์ ส.ส.ท. เยาวชน.

กิตติ อินทรานนท์. 2549. วิศวกรรมความปลอดภัย : พื้นฐานของวิศวกร. สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย . กรุงเทพฯ .

กรมอุตสาหกรรม, สำนักควบคุมวัตถุอันตราย. 2545 .การบ่งชี้อันตราย การประเมินความเสี่ยงและแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง . กรุงเทพมหานคร.

อำพล ซื่อตรงและสำรวย เพ็งอ้น. 2546. ความปลอดภัยในโรงงาน. สำนักพิมพ์ ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ. กรุงเทพมหานคร.

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ ให้นักศึกษาทุกคนประเมินประสิทธิผลของรายวิชา ได้แก่ วิธีการสอน การจัดกิจกรรมในและนอกห้องเรียน สิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน ซึ่งมีผลกระทบต่อการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่ได้รับและเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงรายวิชา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

ทำการการประเมินการสอน โดยคณะกรรมการประเมินการสอนที่แต่งตั้งโดยคณะกรรมการบริหารหลักสูตร จากการสังเกตการสอนและทำการสัมภาษณ์นักศึกษา ผลการสอบของนักศึกษา

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์และวิธีการสอนจากผลการประเมินประสิทธิผลของรายวิชา แล้วจัดทำรายงานรายวิชาตามรายละเอียดที่ สกอ.กำหนดทุกภาคการศึกษา

2) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนเข้ารับการฝึกอบรมกลยุทธ์การสอน การวิจัยในชั้นเรียน และมอบหมายให้อาจารย์ผู้สอนรายวิชาที่มีปัญหา ทำวิจัยในชั้นเรียนอย่างน้อยภาคการศึกษาละ 1 รายวิชา

3) มีการประชุมอาจารย์ผู้สอนของหลักสูตรเพื่อหารือปัญหาการเรียนรู้ของนักศึกษาและหาแนวทางแก้ไข

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

1) หลักสูตรมีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ประเมินการสอน การทบทวนสอบผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชาโดยการสุ่มประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน ทั้งคะแนนดิบและระดับคะแนนของรายวิชา ภายในรอบเวลาของหลักสูตร

2) จัดการสอบประมวลผลความรู้นักศึกษาก่อนจบการศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

หลักสูตรมีระบบการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา ผลการประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนของหลักสูตร การรายงานรายวิชาโดยอาจารย์ผู้สอนภายหลังการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนรับผิดชอบในการทบทวนเนื้อหาที่สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาในรายงานผลการดำเนินงานของรายวิชาเสนอต่อกรรมการหลักสูตร

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME13111
การฝึกปฏิบัติงานในโรงงานวิศวกรรม
Engineering Workshop Practice

2. จำนวนหน่วยกิต

1(0-3-0)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ 1

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง(ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจและมีทักษะเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในงานอุตสาหกรรม เครื่องมือวัด เครื่องมือเชื่อม เครื่องมือตัดและเครื่องมือเจาะ เครื่องมือไสและแต่งผิวตลอดจนการฝึกปฏิบัติการประกอบชิ้นงานและความปลอดภัยในการทำงาน

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

การฝึกปฏิบัติการเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในงานอุตสาหกรรม เครื่องมือวัด เครื่องมือเชื่อม เครื่องมือตัดและเครื่องมือเจาะ เครื่องมือไสและแต่งผิวตลอดจนการฝึกปฏิบัติการประกอบชิ้นงานและความปลอดภัยในการทำงาน

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
-	-	3 ชั่วโมง/สัปดาห์ (45 ชั่วโมง/ภาคเรียน)	-

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	แนะนำรายวิชา	3	- บรรยายและตกลงเกณฑ์การวัดผลและประเมินผล (ประมวลรายวิชา)	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
2-3	การใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในงานอุตสาหกรรมและความปลอดภัยในการทำงาน	6	- บรรยาย - ฝึกปฏิบัติจริงตามที่มอบหมาย	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - เครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
4	การใช้เครื่องมือวัด	3	- บรรยาย - ฝึกปฏิบัติจริงตามที่มอบหมาย	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - เครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
5	การใช้เครื่องมือตัด	3	- บรรยาย - ฝึกปฏิบัติจริงตามที่มอบหมาย	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - เครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
6	การใช้เครื่องมือเจาะ	3	- บรรยาย - ฝึกปฏิบัติจริงตามที่มอบหมาย	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - เครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
7	สอบกลางภาค	3		

8	การใช้เครื่องมือไสและแต่งผิว	3	- บรรยาย - ฝึกปฏิบัติจริงตามที่มอบหมาย	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - เครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
9-10	การใช้เครื่องมือเชื่อม	6	- บรรยาย - ฝึกปฏิบัติจริงตามที่มอบหมาย	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - เครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
11-12	การใช้เครื่องกลึง	6	- บรรยาย - ฝึกปฏิบัติจริงตามที่มอบหมาย	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - เครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
13-15	การฝึกปฏิบัติการประกอบชิ้นงาน	9	- บรรยาย - ฝึกปฏิบัติจริงตามที่มอบหมาย	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - เครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
16	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

	เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	ข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้		

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอบรายวิชา ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1. งานเครื่องมือกลเบื้องต้น / ประยูร ทองเถา, 2545.
2. งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น / เธียรชัย บุณยะกุล, อำพล ซื่อตรง, 2542.
3. Shop Theory,Anderson,james and Tatro E, 1989.

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME14211
สถิติและการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม
Statistics and Experimental Design in Engineering

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ.กวีพงษ์ หงษ์ทอง

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจและมีทักษะเกี่ยวกับกระบวนการคิดและหลักการทางสถิติและการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม สามารถประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมได้

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ไม่มี

ความรู้พื้นฐานสถิติศาสตร์ ข้อมูลและการแจกแจงข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยวิธีการสำรวจ สถิติสำหรับบรรยายลักษณะของข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการประมาณค่าและโดยการทดสอบสมมุติฐาน การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยวิธีการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการออกแบบเชิงสุ่มสมบูรณ์ และการออกแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปร

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
3 ชั่วโมง/สัปดาห์ (45 ชั่วโมง/ภาคเรียน)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	ไม่มีการฝึกปฏิบัติงานภาคสนาม	นักศึกษาต้องใช้เวลาศึกษาค้นคว้านอกเวลา 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาในชั่วโมงว่างของการเรียน

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 2 ชั่วโมง/สัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1) มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ ขององค์กรและสังคม 2) สามารถวิเคราะห์และประเมินผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคล องค์กร สังคมและสิ่งแวดล้อม 3)มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ รวมถึงเข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน	1) สอดแทรกตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงภาระ ความรับผิดชอบของอาชีพวิศวกร และผลกระทบที่เกิดขึ้นหากวิศวกรไม่สามารถปฏิบัติหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2) สอดแทรกแนวคิดเรื่องระเบียบวินัย ปลูกฝังให้นักศึกษาได้ตระหนักถึงการเคารพระเบียบข้อบังคับ โดยยกตัวอย่างจริงจากพฤติกรรมนักศึกษาในห้องเรียน เช่น การเข้าเรียนตรงต่อเวลา มารยาทการใช้อุปกรณ์สื่อสาร เป็นต้น 3) ปลูกฝังให้นักศึกษาได้ตระหนักถึงความซื่อสัตย์ โดยยกตัวอย่างจริงจากพฤติกรรมนักศึกษาในห้องเรียน เช่น การลอกการบ้าน การลอกกันระหว่างการทดสอบย่อย เป็นต้น กำหนดบทลงโทษและชี้ให้เห็นถึงผลของพฤติกรรมดังกล่าวที่จะส่งผลกระทบต่อสังคมในอนาคต	1) การขานชื่อ การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียนและการส่งงานตรงเวลา 2) พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3) สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ อย่างต่อเนื่อง

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1) มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ครอบคลุม	1) บรรยายหลักการทฤษฎีตามคำอธิบายรายวิชา แสดง	1) ทดสอบย่อย สอบกลางภาค และสอบปลายภาค

ตามวัตถุประสงค์รายวิชาและมีความรู้เพียงพอในการประยุกต์ในงานจริงได้ 2) สามารถบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาที่ศึกษากับความรู้ในศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	ตัวอย่างการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาพร้อมกับการยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานจริง โดยมีการอภิปรายโต้ตอบระหว่างอาจารย์และนักศึกษา 2) มอบหมายให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัด พร้อมกับการให้ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน	2) ตรวจแบบฝึกหัด และงานที่มอบหมาย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
แสดงความคิดเห็นประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนในวิชาสถิติและการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม	จัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยกระบวนการคิดเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ด้วยเหตุผล และมีวิจารณญาณประเมินค่า เช่น อภิปรายกลุ่มเป็นต้น	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ ขั้นสังเกตุตั้งคำถาม สืบค้นคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา1

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1) พัฒนาการทำงานเป็นทีมและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ 2) พัฒนาทักษะความเป็นผู้นำและผู้ตามในการทำงานเป็นทีม 3) มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย 4) สามารถปรับตัวในการทำงานและการดำรงชีวิตร่วมกับบุคคลอื่นได้ 5) สามารถวางตัวและแสดงความคิดเห็นได้เหมาะสมกับบทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบรู้จักบทบาท หน้าที่และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับ	1) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ การทำงานเป็นทีมหรือร่วมกับผู้อื่นเพื่อฝึกความรับผิดชอบ ทักษะความเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดีมีทักษะการสร้างมนุษยสัมพันธ์ ปรับตัวและยอมรับความแตกต่างของคนในสังคม เพื่อให้งานที่รับผิดชอบสำเร็จ 2) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ปรับตัว และวางตัวให้เหมาะสมกับหน้าที่ความรับผิดชอบ มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน เช่น ทำงานกลุ่ม การแสดงบทบาทสมมุติร่วมกัน เป็น	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน

ผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	ต้น	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1) พัฒนาทักษะด้านการสื่อสารและการสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 2) พัฒนาทักษะการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลข เชิงปริมาณ หลักสถิติสำหรับการแก้ไขปัญหา 3) พัฒนาทักษะด้านการสื่อสารทั้งการฟัง การพูด การเขียน การอ่านและตีความ โดยจัดทำเป็นรายงานและนำเสนอในชั้นเรียนเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษหรือภาษาต่างประเทศอื่นๆ	1) จัดกิจกรรมการเรียนการสอนพัฒนาด้านการสื่อสาร และการใช้สารสนเทศในการสืบค้นข้อมูล 2) จัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้านการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลข เชิงปริมาณ การใช้ค่าสถิติ สำหรับการแก้ไขปัญหา พร้อมยกตัวอย่างการ 3) กำหนดให้นักศึกษานำเสนอผลงาน โดยใช้รูปแบบ เครื่องมือและเทคโนโลยีที่เหมาะสม ให้เพื่อนร่วมห้องสอบถามแลกเปลี่ยนความรู้	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยี เพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน**	**สื่อที่ใช้**
1	แนะนำรายวิชา บทที่ 1 ความน่าจะเป็นและการประยุกต์ทางวิศวกรรม	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์(powerpoint)
2	บทที่ 2 ตัวแปรสุ่มและการแจกแจงความน่าจะเป็น	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่าง	เอกสารประกอบการสอน

			ประกอบ	วีดีทัศน์(powerpoint)
3-4	บทที่ 3 การสุ่มตัวอย่างและการแจกแจงตัวอย่าง	6	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์(powerpoint)
5-6	บทที่ 4 การประมาณค่า	6	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์(powerpoint)
7	สอบกลางภาค	3		
8-9	บทที่ 5 การทดสอบสมมติฐานเชิงสถิติ	6	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์(powerpoint)
10-11	บทที่ 6 การวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์เชิงเส้น	6	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์(powerpoint)
12-13	บทที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม	6	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์(powerpoint)
14-15	บทที่ 8 การวิเคราะห์ทางสถิติกับการควบคุมคุณภาพทางอุตสาหกรรม	6	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์(powerpoint)
16	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30

3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียน ตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

สถิติวิศวกรรม, รองศาสตราจารย์ ดร.สรชัย พิศาลบุตร, สำนักพิมพ์วิทยพัฒน์,2010

เอกสารประกอบการสอบรายวิชาสถิติและการออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม อ.กวีพงษ์ หงษ์ทอง

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME14212
วิศวกรรมไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับวิศวกรเครื่องกล
Basic Electrical Engineering for Mechanical Engineering

2. จำนวนหน่วยกิต

3(2-2-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจและมีทักษะเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ องค์ประกอบวงจรไฟฟ้า องค์ประกอบระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม เครื่องกำเนิดไฟฟ้า มอเตอร์ ระบบไฟฟ้าหนึ่งเฟสและสามเฟส ระบบไฟฟ้ากำลังเบื้องต้น ปฏิบัติการเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ เครื่องจักรกลไฟฟ้า การวัดกำลังไฟฟ้า

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน : PY01103 ฟิสิกส์ 2

ศึกษาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ องค์ประกอบวงจรไฟฟ้า องค์ประกอบระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม เครื่องกำเนิดไฟฟ้า มอเตอร์ ระบบไฟฟ้าหนึ่งเฟสและสามเฟส ระบบไฟฟ้ากำลังเบื้องต้น ปฏิบัติการเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ เครื่องจักรกลไฟฟ้า การวัดกำลังไฟฟ้า

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
2 ชั่วโมง/สัปดาห์ (30 ชั่วโมง/ภาคเรียน)	ตามความต้องการของนักศึกษา	2 ชั่วโมง/สัปดาห์ (30 ชั่วโมง/ภาคเรียน)	5 ชั่วโมง/สัปดาห์ (60 ชั่วโมง/ภาคเรียน)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน**	**สื่อที่ใช้**
1	แนะนำรายวิชา	4	- บรรยายและตกลงเกณฑ์การวัดผลและประเมินผล (ประมวลรายวิชา)	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
2	วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	4	- บรรยาย - ฝึกปฏิบัติจริงตามที่มอบหมาย	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - เครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
3	วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	4	- บรรยาย - ฝึกปฏิบัติจริงตามที่มอบหมาย	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - เครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
4-5	องค์ประกอบวงจรไฟฟ้า องค์ประกอบระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม	8	- บรรยาย - ฝึกปฏิบัติ	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint

			จริงตามที่มอบหมาย	- เครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
6	ระบบไฟฟ้าหนึ่งเฟสและสามเฟส	4	- บรรยาย - ฝึกปฏิบัติจริงตามที่มอบหมาย	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - เครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
7	สอบกลางภาค	4		
8	ระบบไฟฟ้ากำลังเบื้องต้น	4	- บรรยาย - ฝึกปฏิบัติจริงตามที่มอบหมาย	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - เครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
9-10	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	8	- บรรยาย - ฝึกปฏิบัติจริงตามที่มอบหมาย	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - เครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
11-12	มอเตอร์	8	- บรรยาย - ฝึกปฏิบัติจริงตามที่มอบหมาย	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - เครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
13-15	ปฏิบัติการเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ เครื่องจักรกลไฟฟ้า การวัดกำลังไฟฟ้า	12	- บรรยาย - ฝึกปฏิบัติจริงตามที่มอบหมาย	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - เครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ
16	สอบปลายภาค	4		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30

3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียน ตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอนรายวิชา ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1. นิรันดร์ คำประเสริฐ. (2551). วิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ. 621.3 น 648ว 2551

2. ประเสริฐ ปิ่นปฐมรัฐ. (2549). วิศวกรรมไฟฟ้า : ภาคทฤษฎี. ปทุมธานี: สกายบุ๊คส์. 621.3 ป419ว 2549

3. พิชิต สุขเจริญพงษ์. (2538). วิศวกรรมไฟฟ้าเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น. 621.31 พ647ว 2538

4. วิบูล เขมรังสฤษฎ์. (2528). วิศวกรรมไฟฟ้า ทฤษฎีเครื่องวัดไฟฟ้า การวัดขนาดทางไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 621.37 ว634ว 2528

5. วิวัฒน์ กุลวงศ์วิทย์, ประสิทธิ์ ทีฆพุฒิ และปฐมทัศน์ จิระเดชะ. (บ.ก.). (2552). ความรู้พื้นฐานวิชาชีพวิศวกรรมไฟฟ้า [Fundamental of electrical engineering]. กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรออกแบบและปรึกษาเครื่องกลและไฟฟ้าไทย. 621.3 ค181 2552

6. สุชาติ สูงสว่าง. (2534). ไฟฟ้าพื้นฐาน [Basic electricity]. กรุงเทพฯ: ดวงกมล. 537 ส761ฟ 2534

7. สุวิทย์ กิระวิทยา. (2557). วิศวกรรมไฟฟ้าเบื้องต้น : สำหรับนิสิตนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์สาขาอื่นที่เกี่ยวข้อง. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 621.31 ส881ว 2557

8. ส่ง สุขดานนท์. (2536). ไฟฟ้าเบื้องต้น เล่ม 2. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น. 621.319 ส131ฟ 2536 ล2

9. ส่ง สุขดานนท์, วัฒนา เชียงกูล และพงษ์ศักดิ์ ศิวภัทรกำพล. (2537).ไฟฟ้าเบื้องต้น เล่ม 1. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น. 621.319 ส131ฟ 2537 ล1

10. เอ็มแอนด์อี. (2545). 49 เรื่องน่ารู้เทคนิคไฟฟ้า (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: เอ็มแอนด์อี. 621.31 ส 733 2545

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME21311
ระบบพลศาสตร์และเครื่องจักรกล
Dynamics System and Machinery

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ.วีระพล แก้วก่า

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ 3

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

PY01101 ฟิสิกส์ 1

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

11/9/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความเร็วและความเร่งการขจัด การวิเคราะห์แรงจลศาสตร์และแรงทางพลศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนทางกล ชิ้นต่อโยง ขบวนเฟืองและระบบทางพลศาสตร์ การสมดุลของมวลหมุนและมวลเคลื่อนที่กลับไปกลับมา

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. ให้นักศึกษาเข้าใจหลักการวิเคราะห์ความเร็วและความเร่งการขจัด การวิเคราะห์แรงจลศาสตร์และแรงทางพลศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนทางกล ชิ้นต่อโยง ขบวนเฟืองและระบบทางพลศาสตร์ การสมดุลของมวลหมุนและมวลเคลื่อนที่กลับไปกลับมา

2. เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับระดับความรู้พื้นฐานของผู้เรียนและให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอสำหรับการศึกษารายวิชาอื่นๆ ตามลำดับ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME12121 สถิตยศาสตร์และพลศาสตร์

การวิเคราะห์ความเร็วและความเร่งการขจัด การวิเคราะห์แรงจลศาสตร์และแรงทางพลศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนทางกล ชิ้นต่อโยง ขบวนเฟืองและระบบทางพลศาสตร์ การสมดุลของมวลหมุนและมวลเคลื่อนที่กลับไปกลับมา

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
48 ชั่วโมง	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย		การศึกษาด้วยตนเอง 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่าง	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

	เป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1-2	แนะนำรายวิชา ระบบพลศาสตร์และเครื่องจักรกลเบื้องต้น	6	ตกลงเกณฑ์การวัดผลและประเมินผล - บรรยาย ถาม ประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
3-5	การวิเคราะห์ความเร็วและความเร่งการขจัด	9	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
6-8	การวิเคราะห์แรงจลศาสตร์และแรงทางพลศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนทางกล	9	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
9	สอบกลางภาค	3	สอบข้อเขียน	ข้อสอบ
10-12	ขบวนเฟืองและระบบทางพลศาสตร์	9	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด ปฏิบัติการการทดลองความเร่งของระบบเฟือง	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint ชุดการทดลองความเร่งของระบบเฟือง
13-15	การสมดุลของมวลหมุนและมวลเคลื่อนที่กลับไปกลับมา	9	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
16	สอบปลายภาค	3	สอบข้อเขียน	ข้อสอบ

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10

2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียน ตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

1. หนังสือกลไกและพลศาสตร์ของเครื่องจักรกล. วุฒิชัย กปิลกาญจน์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1. หนังสือพลศาสตร์ของระบบและการควบคุม. ผศ.ดร.ปรัชญา เปรมปราณีรัชต์. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2554

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME21321
การออกแบบเครื่องจักรกลและเครื่องขับกำลัง
Machine Design and Prime Movers

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.อดิศักดิ์ บุตรวงษ์

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ 3

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (Prerequisite Subject) (ถ้ามี)

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME12261 กลศาสตร์ของแข็ง

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

สามารถออกแบบเครื่องจักร ชิ้นส่วนต่างๆ โครงสร้าง ระบบขับต้นกำลัง เครื่องยนต์ เครื่องจักรกลไฟฟ้าถูกต้องตามหลักวิศวกรรม และประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีที่ช่วยในการออกแบบได้

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME12261 กลศาสตร์วัสดุ

การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอย่างง่าย คุณสมบัติของวัสดุ ทฤษฎีความเสียหาย การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอย่างง่าย การยึดด้วยหมุดย้ำ การต่อด้วยรอยเชื่อม การยึดด้วยสกรู ลิ่มและสลัก การออกแบบเพลา สปริงการออกแบบเฟืองตรง เฟืองฮีลิก เฟืองดอกจอก และเฟืองเกลียวหนอนสกรูกำลังคัปปลิง การออกแบบตลับลูกปืน เบรก คลัทช์ สานพาน การออกแบบโซ่ การออกแบบชิ้นงานอย่างง่าย ระบบขับต้นกำลังเครื่องยนต์และเครื่องจักรกลไฟฟ้า

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา Number of hours per semeter

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
45 ชั่วโมง	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย		การศึกษาด้วยตนเอง 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอย่างง่าย	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	เครื่องฉายเพื่อแสดงวิธีการคำนวณ power point และออนไลน์
2	คุณสมบัติของวัสดุ ทฤษฎีความเสียหาย	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบให้นักศึกษานำเสนอการแก้โจทย์ปัญหาแบบเป็นกลุ่ม	เครื่องฉายเพื่อแสดงวิธีการคำนวณ power point และออนไลน์
3	การยึดด้วยหมุดย้ำ การยึดด้วยสกรู	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	เครื่องฉายเพื่อแสดงวิธีการคำนวณ power pointและออนไลน์
4-5	ลิ่มและสลัก การออกแบบเพลา	6	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบให้นักศึกษานำเสนอการแก้โจทย์ปัญหาแบบเป็นกลุ่ม	เครื่องฉายเพื่อแสดงวิธีการคำนวณ power pointและออนไลน์
6-7	สปริงการออกแบบเฟืองตรง เฟืองฮีลิก เฟืองดอกจอก และเฟืองเกลียวหนอนสกรูกำลังคัปปลิง	6	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	เครื่องฉายเพื่อแสดงวิธีการคำนวณ power pointและออนไลน์
8	สอบกลางภาค	3		
9	การออกแบบตลับลูกปืน	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่างประกอบ	เครื่องฉายเพื่อแสดงวิธีการคำนวณ power

				point และออนไลน์
10	เบรก คลัทช์	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่างประกอบ	เครื่องฉายเพื่อแสดงวิธีการคำนวณ power point และออนไลน์
11	สานพาน การออกแบบโซ่	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่างประกอบ	เครื่องฉายเพื่อแสดงวิธีการคำนวณ power point และออนไลน์
11-12	ระบบขับต้นกำลัง เครื่องยนต์และเครื่องจักรกลไฟฟ้า	6	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่างประกอบ	เครื่องฉายเพื่อแสดงวิธีการคำนวณ power point และออนไลน์
13-15	ออกแบบเครื่องจักร เขียนแบบ ลงพื้นที่ เพื่อรับปัญหาจากผู้ประกอบการ	9	ออกแบบงานเพื่อแก้ปัญหาให้ผู้ประกอบการณ์ ปฏิบัติการจริงตามที่ได้รับมอบหมาย	สถานประกอบการณ์
16	สอบปลายภาค	3	สอบปลายภาค	

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหาผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10

5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

หนังสือหรือตำราที่มีเนื้อหาครอบคลุมคำอธิบายรายวิชา เช่น การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1 แต่งโดย ดร.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

Mechanical Engineering Design แต่งโดย Shigley และ Mischke

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME21331
หุ่นยนต์และการควบคุมอัตโนมัติ
Robots and Automatic Control

2. จำนวนหน่วยกิต

3(2-2-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.อดิศักดิ์ บุตรวงษ์

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ 3

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (Prerequisite Subject) (ถ้ามี)

ME11213 คณิตศาสตร์วิศวกรรม 3

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงาน ควบคุมอัตโนมัติ และการนำไปประยุกต์ใช้งานกับอุตสาหกรรมการผลิต การวางแผนการบำรุงรักษาหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา Course Description

ความเป็นมาของเทคโนโลยีแมคคาทรอนิกส์ แขนกลและหุ่นยนต์ ประเภทและส่วนประกอบของหุ่นยนต์ การออกแบบกลไกเชื่อมต่อ ชุดเกียร์ ลูกเบี้ยว กลไกการส่งกำลัง การวิเคราะห์จลนพลศาสตร์ สมการพิกัดอ้างอิง สมการการเคลื่อนที่แบบ 2 มิติ 3 มิติ เส้นทางการเคลื่อนที่ การจำลองระบบการทำงาน การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงาน หลักการการควบคุมอัตโนมัติ การวิเคราะห์และการสร้างแบบจำลองของอุปกรณ์ควบคุมเชิงเส้น เสถียรภาพของระบบย้อนกลับเชิงเส้น การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบพลศาสตร์ การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงเส้นในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่ การสร้างแบบจำลองการชดเชยระบบด้วยตัวแปรสถานะ การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ การเรียนรู้ด้วยเครื่องจักร การนำไปประยุกต์ใช้งานกับอุตสาหกรรมการผลิต การวางแผนการบำรุงรักษาหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา Number of hours per semeter

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
2 ชั่วโมง/สัปดาห์ (30 ชั่วโมง/ภาคเรียน)	ตามความต้องการของนักศึกษา	2 ชั่วโมง/สัปดาห์ (30 ชั่วโมง/ภาคเรียน)	5 ชั่วโมง/สัปดาห์ (60 ชั่วโมง/ภาคเรียน)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม		

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและ	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

	รับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	แขนกลและหุ่นยนต์ ประเภทและส่วนประกอบของหุ่นยนต์	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์
2	การออกแบบกลไกเชื่อมต่อ ชุดเกียร์ ลูกเบี้ยว กลไกการส่งกำลัง	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์
3	การวิเคราะห์จลนพลศาสตร์ สมการพิกัดอ้างอิง	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์
4	สมการการเคลื่อนที่แบบ 2 มิติ 3 มิติ เส้นทางการเคลื่อนที่ การจำลองระบบการทำงาน	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ ให้นักศึกษานำเสนอการแก้โจทย์ปัญหาแบบเป็นกลุ่ม	power point และออนไลน์
5	การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานหลักการการควบคุมอัตโนมัติ	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์
6	การวิเคราะห์และการสร้างแบบจำลองของอุปกรณ์ควบคุมเชิงเส้น	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์
7	เสถียรภาพของระบบย้อนกลับเชิงเส้น	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ ให้	power point

			นักศึกษานำเสนอการแก้โจทย์ปัญหาแบบเป็นกลุ่ม	และออนไลน์
8	สอบกลางภาค			
9	การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบพลศาสตร์	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์
10	การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงเส้นในโดเมนเวลาและโดเมนความถี่	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์
11	การสร้างแบบจำลองการชดเชยระบบด้วยตัวแปรสถานะ การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์
12	การเรียนรู้ด้วยเครื่องจักร การนำไปประยุกต์ใช้งานกับอุตสาหกรรมการผลิต	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ ให้นักศึกษานำเสนอการแก้โจทย์ปัญหาแบบเป็นกลุ่ม	power point และออนไลน์
13	การวางแผนการบำรุงรักษาหุ่นยนต์อุตสาหกรรม	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์
14-16	โครงงานรายวิชา	9	สร้างระบบควบคุมอัตโนมัติแบบง่าย ห้องปฏิบัติการโครงงาน	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
17	สอบปลายภาค	3	สอบปลายภาค	

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหาผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่าง	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10

		บุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน		
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอบรายวิชา ผศ.อดิศักดิ์ บุตรวงษ์

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME21341
การสั่นสะเทือนทางกล
Mechanical Vibration

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ 3

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ME12121 สถิตยศาสตร์และพลศาสตร์

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการสั่นสะเทือนของระบบระดับความเสรีขั้นเดียว แบบเสรี แบบหน่วงและแบบบังคับ

2. นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการสั่นสะเทือนของระบบระดับความเสรีหลายขั้น แบบเสรี แบบหน่วงและแบบบังคับ

3. นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการสั่นสะเทือนของการตอบสนองของระบบต่อแรงภายนอก

4. นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการหาการตอบสนองของระบบด้วยการแปลงของลาปลาส และการแปลงของฟูเรียร์

5. นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการการแก้ปัญหาของการสั่นสะเทือน การสั่นสะเทือนของระบบแบบต่อเนื่อง

6. นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการการหาผลเฉลยด้วยวิธีการคำนวณเชิงตัวเลข และวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน ME12121 สถิตยศาสตร์และพลศาสตร์

การสั่นสะเทือนของระบบในระดับความเสรีขั้นเดียวการสั่นสะเทือนแบบบิดการสั่นสะเทือนแบบอิสระและแบบบังคับ ระเบียบวิธีระบบสมมูล การสั่นสะเทือนของระบบในระดับความเสรีหลายขั้นเทคนิคและวิธีการลดและควบคุมการสั่นสะเทือน

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
48 ชั่วโมง	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	9 ชั่วโมง (กรณีฝึกปฏิบัติการเกี่ยวกับการสั่นสะเทือนทางกล)	การศึกษาด้วยตนเอง 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับ	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียน	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

งานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

	5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน**	**สื่อที่ใช้**
1	-รายละเอียดวิชา -ทบทวนสมการเชิงอนุพันธ์	3	-แนวการสอน เกณฑ์การประเมินผล - บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบสอน
2	บทที่ 1 พื้นฐานของการสั่นสะเทือน	3	- บรรยาย	- เอกสารประกอบการสอน
3	บทที่ 1 พื้นฐานของการสั่นสะเทือน	3	บรรยาย	เอกสารประกอบการสอน
4	บทที่ 2 การสั่นสะเทือนแบบอิสระของระบบหนึ่งองศาอิสระ	3	บรรยาย	เอกสารประกอบการสอน
5	บทที่ 2 การสั่นสะเทือนแบบอิสระของระบบหนึ่ง	3	บรรยาย	เอกสาร

	องศาอิสระ			ประกอบการสอน
6	บทที่ 3 การสั่นสะเทือนแบบบังคบโดยแรงฮาร์โมนิค	3	บรรยาย	เอกสาร ประกอบการสอน
7	บทที่ 3 การสั่นสะเทือนแบบบังคบโดยแรงฮาร์โมนิค	3	บรรยาย	เอกสาร ประกอบการสอน
8	บทที่ 4 การสั่นโดยแรงกระทำทั่วไป	3	บรรยาย	เอกสาร ประกอบการสอน
9	บทที่ 4 การสั่นโดยแรงกระทำทั่วไป	3	บรรยาย	เอกสาร ประกอบการสอน
10	สอบกลางภาค	3		
11-12	บทที่ 5 การสั่นสะเทือนแบบอิสระของระบบที่มีสององศาอิสระ	6	บรรยาย	เอกสาร ประกอบการสอน
13	บทที่ 6 การสั่นสะเทือนแบบอิสระของระบบที่มีหลายองศาอิสระ	3	บรรยาย	เอกสาร ประกอบการสอน
14	บทที่ 7 การหาความถี่ธรรมชาติและ Mode shapes	3	บรรยาย	เอกสาร ประกอบการสอน
15	บทที่ 8 การสั่นสะเทือนของระบบแบบต่อเนื่อง การหาผลเฉลยด้วยวิธีการคำนวณเชิงตัวเลข และวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	3	บรรยาย	เอกสาร ประกอบการสอน
16-17	ปฏิบัติการการสั่นสะเทือนทางกล	6	ปฏิบัติการ	ห้องปฏิบัติการ
18	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30

		และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา		
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอน การสั่นสะเทือนทางกล (รศ.ดร.บุญสร้าง ดิเรกสถาพร)

หนังสือ การสั่นสะเทือนทางกล (รศ.ดร.เดช พุทธเจริญทอง)

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1. สมการเชิงอนุพันธ์ พรชัย สาตรวาหา สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME21351
การถ่ายเทความร้อน
Heat Transfer

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ชิตพล คงศิลา

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ 3

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (Prerequisite Subject) (ถ้ามี)

ME12241 อุณหพลศาสตร์ และ ME12251 กลศาสตร์ของไหล

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจ และความพร้อมในการนำเอาองค์ความรู้เกี่ยวกับหลักการที่สำคัญทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของวิชาการถ่ายเทความร้อน ไปใช้ในการตั้งสมมติฐาน วิเคราะห์ และแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่เหมาะสม รวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม

2. เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง และประยุกต์ใช้งานกับการเรียนในรายวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME12241 อุณหพลศาสตร์ และ ME12251 กลศาสตร์ของไหล

ลักษณะการถ่ายเทความร้อน สภาพการนำความร้อน สมการการนำความร้อน การนำความร้อนในสถานะคงตัวแบบ 1 และ 2 มิติ การนำความร้อนในสถานะไม่คงที่ การพาความร้อนแบบบังคับและแบบธรรมชาติ การถ่ายเทความร้อนขณะเกิดการเดือดและขณะเกิดการควบแน่น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน การแผ่รังสี

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
บรรยาย 48 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา (ประมาณ 3 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	ไม่มีการฝึกปฏิบัติ	การศึกษาด้วยตนเอง 96 ชั่วโมง/ภาคการศึกษา (ประมาณ 6 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะนักศึกษาที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ ขององค์กรและสังคม 2 สามารถวิเคราะห์และประเมินผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคล องค์กร สังคม และสิ่งแวดล้อม 3 มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ รวมถึงเข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน	1 ปลูกฝังให้นักศึกษามีระเบียบวินัย ปฏิบัติตามกฎกติกาที่กำหนดหรือได้ตกลงกันไว้ และปลูกฝังให้มีความรับผิดชอบ โดยเริ่มตั้งแต่การเข้าชั้นเรียนให้ตรงเวลา การส่งงานตามกำหนดเวลา ตลอดจนการแต่งกายที่เป็นไปตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัยฯ 2 ปลูกฝังเรื่องจรรยาบรรณทางวิชาชีพ ความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ ตลอดจนผล กระทบที่จะเกิดขึ้นต่อบุคคล สังคม และสิ่งแวดล้อม หากกระทำการโดยขาดจรรยาบรรณทางวิชาชีพ	1 การขานชื่อ การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน และการส่งงานตามกำหนดระยะเวลา 2 สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ อย่างต่อเนื่อง 3 ความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย 4 การกระทำทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐาน และเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหา ของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม 3 สามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา ด้วยวิธีการที่เหมาะสม รวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม 4 สามารถใช้ความรู้และทักษะในสาขาวิชาของตน ในการประยุกต์แก้ไขปัญหาในงานจริงได้	1 บรรยายโดยเขียนบนกระดานประกอบกับการอ้างอิงในหนังสือ ใช้สื่อการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนสื่อการสอนที่เป็นชิ้นงานจริง 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 3 มอบหมายแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี 2 สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และ สรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ 3 สามารถคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมได้อย่างมีระบบ รวมถึงการใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ 4 สามารถสืบค้นข้อมูลและแสวงหาความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเองเพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต และทันต่อ	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 ให้นักศึกษาค้นคว้า พร้อมทั้งจัดทำรายงานที่ได้จากการค้นคว้า	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย 3 ประเมินจากรายงานที่ได้รับมอบหมาย

การเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ		

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 สามารถวางแผนและรับผิดชอบในการพัฒนาการเรียนรู้ทั้งของตนเองและสอดคล้องกับทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง 2 รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพรวมถึงสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งได้อย่างเหมาะสม สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ติดตามการทำงานร่วมกับสมาชิกกลุ่มของนักศึกษาเป็นระยะ 2 ประเมินจากการนำเสนอรายงานหน้าชั้นเรียน 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น 4 ประเมินจากพฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถามระหว่างกิจกรรมการเรียน

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารที่ทันสมัยได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้ 3 มีทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้ง	1 มอบหมายงานให้ศึกษาค้นคว้าเนื้อหาเพิ่มเติมด้วยตนเอง จากเว็บไซต์สื่อการสอน E- Learning 2 ส่งเสริมการค้นคว้า เรียบเรียงข้อมูล และนำเสนอโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 3 ให้ความสำคัญในการ	1 ประเมินจากเทคนิคการนำเสนอโดยการเลือกใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือคณิตศาสตร์และสถิติที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมศาสตร์ที่เหมาะสม

ทางการพูด การเขียน และการสื่อความหมายโดยใช้สัญลักษณ์	อ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	แนะนำรายวิชา ลักษณะการถ่ายเทความร้อน	3	อธิบายเกณฑ์การวัดผลและประเมินผล บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
2-3	สภาพการนำความร้อน	6	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
4-5	สมการการนำความร้อน	6	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
6-7	- การนำความร้อนในสถานะคงตัวแบบ 1 และ 2 มิติ - การทดลองการนำความร้อน	6	บรรยาย ทดลอง ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ชุดทดลองการนำความร้อน
8	การนำความร้อนในสถานะไม่คงที่	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
9	สอบกลางภาค	3		
10	- การพาความร้อนแบบบังคับ - การทดลองการพาความร้อนแบบบังคับ	3	บรรยาย ทดลอง ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ชุดทดลองการพาความร้อนแบบบังคับ
11	- การพาความร้อนแบบธรรมชาติ - การทดลองการพาความร้อนแบบอิสระ	3	บรรยาย ทดลอง ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ชุดทดลองการพาความร้อนแบบอิสระ

12	การถ่ายเทความร้อนขณะเกิดการเดือด	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
13	การถ่ายเทความร้อนขณะเกิดการควบแน่น	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
14-15	- เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน - การทดลองการแลกเปลี่ยนความร้อนในหลายลักษณะ	6	บรรยาย ทดลอง ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ชุดทดลองการแลกเปลี่ยนความร้อนในหลายลักษณะ
16-17	- การแผ่รังสี - การทดลองการแผ่รังสีความร้อน	6	บรรยาย ทดลอง ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ชุดทดลองการแผ่รังสีความร้อน
18	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1 การขานชื่อ การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน และการส่งงานตามกำหนดระยะเวลา 2 สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ อย่างต่อเนื่อง 3 ความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย 4 การกระทำทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย 3 ประเมินจากรายงานที่ได้รับมอบหมาย	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1 ติดตามการทำงานร่วมกับสมาชิกกลุ่มของนักศึกษาเป็นระยะ	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10

		2 ประเมินจากการนำเสนอรายงานหน้าชั้นเรียน 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น 4 ประเมินจากพฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถามระหว่างกิจกรรมการเรียน		
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1 ประเมินจากเทคนิคการนำเสนอโดยการเลือกใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือคณิตศาสตร์และสถิติที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมศาสตร์ที่เหมาะสม	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

- เอกสารประกอบการสอนรายวิชา ผศ.ชิตพล คงศิลา
- Heat Transfer: A Practical Approach by Yunus A. Cengel and Afshin J. Ghajar, International Edition

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1. ตารางและแผนภูมิคุณสมบัติของสารบริสุทธิ์ประกอบการสอนรายวิชาการถ่ายเทความร้อน

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา โดยแทรกผลงานวิจัยของอาจารย์เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ความรู้นี้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME21361
การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับงานวิศวกรรมเครื่องกล
Computer Aided Mechanical Engineering Design

2. จำนวนหน่วยกิต

3(2-2-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ.กวีพงษ์ หงษ์ทอง

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 3 / ชั้นปีที่ 1

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/6/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจและมีทักษะเกี่ยวกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการออกแบบและวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกล และประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในงานวิศวกรรม

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

การใช้คอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบและวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกล แบบจำลองทางกายภาพและการจำลองเสมือนจริงของปัญหาทางวิศวกรรมเครื่องกล การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการทดลองการวัดและการควบคุมด้วย Lab view การศึกษาระบบการส่งข้อมูลในระยะไกลแบบ SCADA การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในงานทางวิศวกรรมด้วยวิธีการ FEM และการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม ANSYS การประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวข้อง

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
2 ชั่วโมง/สัปดาห์ (30 ชั่วโมง/ภาคเรียน)	ตามความต้องการของนักศึกษา	2 ชั่วโมง/สัปดาห์ (30 ชั่วโมง/ภาคเรียน)	5 ชั่วโมง/สัปดาห์ (60 ชั่วโมง/ภาคเรียน)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะ มหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูล	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจ	1 ประเมินจากผลงานและการ

สารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	โดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	นำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1-3	-แนะนำรายวิชา -การใช้โปรแกรม -ในการส่งข้อมูลในระยะไกล	12	- บรรยายและตกลงเกณฑ์การวัดผลและประเมินผล (ประมวลรายวิชา)	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ฝึกปฏิบัติในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์
4-6	การใช้โปรแกรม -ในการทดลองการวัด การควบคุมและแสดงผล	12	- บรรยาย - ฝึกปฏิบัติจริงตามที่มอบหมาย	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ฝึกปฏิบัติในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์
7	สอบกลางภาค	4		
8-12	การใช้โปรแกรม -การประยุกต์การใช้งานคอมพิวเตอร์ด้วย FEM -การใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบกลไกทางกล -การใช้โปรแกรมช่วยวิเคราะห์ความเสียหายกลไกทางกล	20	- บรรยาย - ฝึกปฏิบัติจริงตามที่มอบหมาย	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ฝึกปฏิบัติในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์
13-15	การใช้โปรแกรม -การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยแก้ไขปัญหาทางอุณหภูมิศาสตร์และพลศาสตร์ของไหล	16	- บรรยาย - ฝึกปฏิบัติจริงตามที่มอบหมาย	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ฝึกปฏิบัติในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์
16	สอบปลายภาค	4		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+

50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอบรายวิชาการออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์สำหรับงานวิศวกรรมเครื่องกล

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

การวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้วยโซลิดเวิรกส์, ปราโมทย์ เตชะอำไพ, สำนักพิมพ์ดีอีทีไอ,2560

SOLIDWORKS FLOW SIMULATION, วสันต์ จันทร์หยวก, สำนักพิมพ์แอพพลิแคด, 2558

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME21371
การดับเพลิงและระบบป้องกันอัคคีภัย
Fire Systems and Fire Protection Systems

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ชิตพล คงศิลา

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ 4

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (Prerequisite Subject) (ถ้ามี)

ME12251 กลศาสตร์ของไหล

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจ และความพร้อมในการนำเอาองค์ความรู้เกี่ยวกับหลักการที่สำคัญทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของวิชาการดับเพลิงและระบบป้องกันอัคคีภัย ไปใช้ในการตั้งสมมติฐาน วิเคราะห์ และแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่เหมาะสม รวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม

2. เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง และประยุกต์ใช้งานกับการเรียนในรายวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME12251 กลศาสตร์ของไหล

ประเภท สาเหตุและทฤษฎีการเกิดอัคคีภัย อันตรายจากอัคคีภัยหรืออุบัติภัยอื่น ๆ มาตรฐานและกฎหมายเกี่ยวกับอัคคีภัย การจัดเตรียมและออกแบบระบบป้องกัน ควบคุมและระงับอัคคีภัย การเขียนแผนการฝึกซ้อมดับเพลิงเบื้องต้น การอพยพหนีไฟและการตอบโต้อัคคีภัย ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ อุปกรณ์ดับเพลิงและเครื่องดับเพลิงแบบมือถือ ระบบน้ำดับเพลิง ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง การคำนวณทางชลศาสตร์สำหรับระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง การออกแบบระบบท่อยืน ระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง การออกแบบระบบน้ำฝอยดับเพลิง การออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิง การตรวจสอบ ทดสอบ บำรุงรักษาระบบและอุปกรณ์ต่างๆ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
บรรยาย 48 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา(ประมาณ 3 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	ไม่มีการฝึกปฏิบัติ	การศึกษาด้วยตนเอง 96 ชั่วโมง/ภาคการศึกษา (ประมาณ 6 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะนักศึกษาที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ ขององค์กรและสังคม 2 สามารถวิเคราะห์และประเมินผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคล องค์กร สังคม และสิ่งแวดล้อม 3 มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ รวมถึงเข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน	1 ปลูกฝังให้นักศึกษามีระเบียบวินัย ปฏิบัติตามกฎกติกาที่กำหนดหรือได้ตกลงกันไว้ และปลูกฝังให้มีความรับผิดชอบ โดยเริ่มตั้งแต่การเข้าชั้นเรียนให้ตรงเวลา การส่งงานตามกำหนดเวลา ตลอดจนการแต่งกายที่เป็นไปตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัยฯ 2 ปลูกฝังเรื่องจรรยาบรรณทางวิชาชีพ ความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ ตลอดจนผล กระทบที่จะเกิดขึ้นต่อบุคคล สังคม และสิ่งแวดล้อม หากกระทำการโดยขาดจรรยาบรรณทางวิชาชีพ	1 การขานชื่อ การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน และการส่งงานตามกำหนดระยะเวลา 2 สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ อย่างต่อเนื่อง 3 ความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย 4 การกระทำทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐาน และเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหา ของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม 3 สามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา ด้วยวิธีการที่เหมาะสม รวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม 4 สามารถใช้ความรู้และทักษะในสาขาวิชาของตน ในการประยุกต์แก้ไขปัญหาในงานจริงได้	1 บรรยายโดยเขียนบนกระดานประกอบกับการอ้างอิงในหนังสือ ใช้สื่อการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนสื่อการสอนที่เป็นชิ้นงานจริง 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 3 มอบหมายแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี 2 สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และ สรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ 3 สามารถคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมได้อย่างมีระบบ รวมถึงการใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ 4 สามารถสืบค้นข้อมูลและแสวงหาความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต และทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 ให้นักศึกษาค้นคว้า พร้อมทั้งจัดทำรายงานที่ได้จากการค้นคว้า	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย 3 ประเมินจากรายงานที่ได้รับมอบหมาย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 สามารถวางแผนและรับผิดชอบในการพัฒนาการเรียนรู้ทั้งของตนเองและสอดคล้องกับทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง 2 รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพรวมถึงสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งได้อย่างเหมาะสม สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ติดตามการทำงานร่วมกับสมาชิกกลุ่มของนักศึกษาเป็นระยะ 2 ประเมินจากการนำเสนอรายงานหน้าชั้นเรียน 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น 4 ประเมินจากพฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถามระหว่างกิจกรรมการเรียน

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารที่ทันสมัยได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้ 3 มีทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูด การเขียน และการสื่อความหมายโดยใช้สัญลักษณ์	1 มอบหมายงานให้ศึกษาค้นคว้าเนื้อหาเพิ่มเติมด้วยตนเอง จากเว็บไซต์สื่อการสอน E- Learning 2 ส่งเสริมการค้นคว้า เรียบเรียงข้อมูล และนำเสนอโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากเทคนิคการนำเสนอโดยการเลือกใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือคณิตศาสตร์และสถิติที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมศาสตร์ที่เหมาะสม

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	แนะนำรายวิชา ประเภท สาเหตุและทฤษฎีการเกิดอัคคีภัย	3	อธิบายเกณฑ์การวัดผลและประเมินผล บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
2	อันตรายจากอัคคีภัยหรืออุบัติภัยอื่น ๆ	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
3	มาตรฐานและกฎหมายเกี่ยวกับอัคคีภัย	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
4	การจัดเตรียมและออกแบบระบบป้องกัน การควบคุมและระงับอัคคีภัย	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
5	การเขียนแผนการฝึกซ้อมดับเพลิงเบื้องต้น	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
6	การอพยพหนีไฟและการตอบโต้อัคคีภัย	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
7	ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
8	อุปกรณ์ดับเพลิงและเครื่องดับเพลิงแบบมือถือ	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
9	สอบกลางภาค	3		
10	ระบบน้ำดับเพลิง	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
11	ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-	สื่อนำเสนอในรูปแบบ

			ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	Powerpoint
12	การคำนวณทางชลศาสตร์สำหรับระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
13	การออกแบบระบบท่อยืน	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
14	ระบบเครื่องสูบน้ำดับเพลิง	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
15	การออกแบบระบบน้ำฝอยดับเพลิง	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
16	การออกแบบระบบหมอกน้ำดับเพลิง	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
17	การตรวจสอบ ทดสอบ บำรุงรักษาระบบและอุปกรณ์ต่างๆ	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
18	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1 การขานชื่อ การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน และการส่งงานตามกำหนดระยะเวลา 2 สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ อย่างต่อเนื่อง 3 ความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย 4 การกระทำทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และ	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30

		ปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย 3 ประเมินจากรายงานที่ได้รับมอบหมาย		
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1 ติดตามการทำงานร่วมกับสมาชิกกลุ่มของนักศึกษาเป็นระยะ 2 ประเมินจากการนำเสนอรายงานหน้าชั้นเรียน 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น 4 ประเมินจากพฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถามระหว่างกิจกรรมการเรียน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1 ประเมินจากเทคนิคการนำเสนอโดยการเลือกใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือคณิตศาสตร์และสถิติที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมศาสตร์ที่เหมาะสม	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

- เอกสารประกอบการสอนรายวิชา ผศ.ชิตพล คงศิลา

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1. มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

1. การควบคุมและการป้องกันอัคคีภัย กิจจา จิตรภิรมย์
2. ระบบดับเพลิงในอาคาร ศุภชัย กวินวุฒิกุล

3. การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ลือชัย ทองนิล

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา โดยแทรกผลงานวิจัยของอาจารย์เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ความรู้นี้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME21381
การทำความเย็นและการปรับอากาศ
Refrigeration and Air Conditioning

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ชิตพล คงศิลา

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ 4

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (Prerequisite Subject) (ถ้ามี)

ME21351 การถ่ายเทความร้อน

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจ และความพร้อมในการนำเอาองค์ความรู้เกี่ยวกับหลักการที่สำคัญทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของวิชาการทำความเย็นและการปรับอากาศ ไปใช้ในการตั้งสมมติฐาน วิเคราะห์ และแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่เหมาะสม รวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม

2. เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง และประยุกต์ใช้งานกับการเรียนในรายวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME21351 การถ่ายเทความร้อน

ทบทวนหลักการทางอุณหพลศาสตร์ หลักการทำความเย็น และระบบทำความเย็นแบบต่าง ๆ การทำความเย็นแบบอัดไอโดยวิธีกล แบบการอัดชั้นเดียวและหลายชั้น อุปกรณ์หลักของระบบทำความเย็น เช่น เครื่องอัดไอ เครื่องควบแน่น เครื่องทำระเหย อุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารทำความเย็น และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ การทำความเย็นแบบดูดซึม สารทำความเย็น ไซโครเมตริก แนะนำเทคโนโลยีร่วมสมัยด้าน การทำความเย็น และการปรับอากาศ การคำนวณภาระทำความเย็นสำหรับระบบทำความเย็นและปรับ อากาศ การแช่แข็งอาหาร การออกแบบท่อลม การออกแบบการกระจายลม หลักการเลือกหัวจ่ายลมเย็น

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
บรรยาย 48 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา(ประมาณ 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	ไม่มีการฝึกปฏิบัติ	การศึกษาด้วยตนเอง 96 ชั่วโมง/ภาคการศึกษา (ประมาณ 6 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะนักศึกษาที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ ขององค์กรและสังคม 2 สามารถวิเคราะห์และประเมินผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคล องค์กร สังคม และสิ่งแวดล้อม 3 มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ รวมถึงเข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน	1 ปลูกฝังให้นักศึกษามีระเบียบวินัย ปฏิบัติตามกฎกติกาที่กำหนดหรือได้ตกลงกันไว้ และปลูกฝังให้มีความรับผิดชอบ โดยเริ่มตั้งแต่การเข้าชั้นเรียนให้ตรงเวลา การส่งงานตามกำหนดเวลา ตลอดจนการแต่งกายที่เป็นไปตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัยฯ 2 ปลูกฝังเรื่องจรรยาบรรณทางวิชาชีพ ความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ ตลอดจนผล กระทบที่จะเกิดขึ้นต่อบุคคล สังคม และสิ่งแวดล้อม หากกระทำการโดยขาดจรรยาบรรณทางวิชาชีพ	1 การขานชื่อ การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน และการส่งงานตามกำหนดระยะเวลา 2 สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ อย่างต่อเนื่อง 3 ความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย 4 การกระทำทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐาน และเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหา ของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม 3 สามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา ด้วยวิธีการที่เหมาะสม รวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม 4 สามารถใช้ความรู้และทักษะในสาขาวิชาของตน ในการประยุกต์แก้ไขปัญหาในงานจริงได้	1 บรรยายโดยเขียนบนกระดานประกอบกับการอ้างอิงในหนังสือ ใช้สื่อการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนสื่อการสอนที่เป็นชิ้นงานจริง 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 3 มอบหมายแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี 2 สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และ สรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ 3 สามารถคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมได้อย่างมีระบบ รวมถึงการใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ 4 สามารถสืบค้นข้อมูลและแสวงหาความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต และทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 ให้นักศึกษาค้นคว้า พร้อมทั้งจัดทำรายงานที่ได้จากการค้นคว้า	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย 3 ประเมินจากรายงานที่ได้รับมอบหมาย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 สามารถวางแผนและรับผิดชอบในการพัฒนาการเรียนรู้ทั้งของตนเองและสอดคล้องกับทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง 2 รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพรวมถึงสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งได้อย่างเหมาะสม สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ติดตามการทำงานร่วมกับสมาชิกกลุ่มของนักศึกษาเป็นระยะ 2 ประเมินจากการนำเสนอรายงานหน้าชั้นเรียน 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น 4 ประเมินจากพฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถามระหว่างกิจกรรมการเรียน

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารที่ทันสมัยได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้ 3 มีทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูด การเขียน และการสื่อความหมายโดยใช้สัญลักษณ์	1 มอบหมายงานให้ศึกษาค้นคว้าเนื้อหาเพิ่มเติมด้วยตนเอง จากเว็บไซต์สื่อการสอน E- Learning 2 ส่งเสริมการค้นคว้า เรียบเรียงข้อมูล และนำเสนอโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากเทคนิคการนำเสนอโดยการเลือกใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือคณิตศาสตร์และสถิติที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมศาสตร์ที่เหมาะสม

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	แนะนำรายวิชา ทบทวนหลักการทางอุณหพลศาสตร์ หลักการทำความเย็นและระบบทำความเย็นแบบต่าง ๆ	3	อธิบายเกณฑ์การวัดผลและประเมินผล บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
2	วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอโดยวิธีกล แบบการอัดชั้นเดียว	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
3-4	วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอโดยวิธีกล แบบการอัดหลายชั้น	6	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
5	อุปกรณ์หลักของระบบทำความเย็น : เครื่องอัดไอ	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
6	อุปกรณ์หลักของระบบทำความเย็น : เครื่องควบแน่น	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
7	อุปกรณ์หลักของระบบทำความเย็น : เครื่องทำระเหย	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
8	อุปกรณ์หลักของระบบทำความเย็น : อุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารทำความเย็น และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
9	สอบกลางภาค	3		
10	การทำความเย็นแบบดูดซึม	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
11	สารทำความเย็น	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint

12	ไซโครเมตริก	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
13	เทคโนโลยีร่วมสมัยด้าน การทำความเย็น และ การปรับอากาศ	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
14	- การคำนวณภาระทำความเย็นสำหรับระบบทำความเย็น - การทดลองระบบการทำความเย็นพื้นฐาน	3	บรรยาย ทดลอง ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ชุดทดลองระบบการทำความเย็นพื้นฐาน
15	- การคำนวณภาระทำความเย็นสำหรับระบบปรับอากาศ - การทดลองระบบการปรับอากาศแบบแยกส่วน	3	บรรยาย ทดลอง ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ชุดทดลองระบบการปรับอากาศแบบแยกส่วน
16	การแช่แข็งอาหาร	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
17	การออกแบบท่อลม การออกแบบการกระจายลม และหลักการเลือกหัวจ่ายลมเย็น	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
18	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1 การขานชื่อ การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน และการส่งงานตามกำหนดระยะเวลา 2 สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ อย่างต่อเนื่อง 3 ความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย 4 การกระทำทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10

2	ความรู้	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย 3 ประเมินจากรายงานที่ได้รับมอบหมาย	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1 ติดตามการทำงานร่วมกับสมาชิกกลุ่มของนักศึกษาเป็นระยะ 2 ประเมินจากการนำเสนอรายงานหน้าชั้นเรียน 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น 4 ประเมินจากพฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถามระหว่างกิจกรรมการเรียน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1 ประเมินจากเทคนิคการนำเสนอโดยการเลือกใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือคณิตศาสตร์และสถิติที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมศาสตร์ที่เหมาะสม	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

- เอกสารประกอบการสอนรายวิชา ผศ.ชิตพล คงศิลา
- Refrigeration and Air Conditioning. Second Edition. W. F. Stoecker. W. F. Stoecker, J. W. Jones.. University of Illinois at Urbana-Champaign. 2005.

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1. ตารางและแผนภูมิคุณสมบัติของสารบริสุทธิ์ประกอบการสอนรายวิชาการทำความเย็นและการปรับอากาศ

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

- ผศ. ชูชัย ต.ศิริวัฒนา. “การทำความเย็นและการปรับอากาศ”. กรุงเทพ : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. “คู่มือกาพัฒนาบุคลากรภาคปฏิบัติ ด้านเทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ”. กรุงเทพ : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
- เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ. เมือง กรุงเทพฯ สำนักพิมพ์หรือโรงพิมพ์ อมรินทร์พริ้นติ้ง ปีพิมพ์ 2539

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ
2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน
2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา โดยแทรกผลงานวิจัยของอาจารย์เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ความรู้นี้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME21391
พลังงาน โรงจักรต้นกำลังและระบบทางความร้อน
Energy Power Plant and Thermal System

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.อดิศักดิ์ บุตรวงษ์

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ 3

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (Prerequisite Subject) (ถ้ามี)

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME21351 การถ่ายเทความร้อน

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรอบรู้เกี่ยวกับ คำจำกัดความเบื้องต้นทางวิศวกรรมโรงจักรต้นกำลัง โรงจักรไอน้ำ และส่วนประกอบของโรงจักรไอน้ำ โรงกังหันก๊าซสำหรับผลิตไฟฟ้าและส่วนประกอบ โรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำ โรงจักรไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์ โรงจักรไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม โรงจักรไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายใน เชื้อเพลิงและการวิเคราะห์การเผาไหม้ เครื่องมือและอุปกรณ์ควบคุมโรงจักรไฟฟ้า ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและการป้องกัน การคำนวณภาวะเศรษฐศาสตร์โรงจักรต้นกำลัง การวิเคราะห์และการออกแบบระบบทางความร้อน วิธีเลือกและออกแบบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบการไหลและระบบทางความร้อน เสริมสร้างผู้เรียนให้เป็นผู้ใฝ่รู้ ใฝ่เรียน เรียนรู้ด้วยตนเอง สามารถจัดการกับชีวิต สามารถคิดอย่างมีเหตุผล มีระบบ มีคุณธรรมและจริยธรรม

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME21351 การถ่ายเทความร้อน

หลักการเปลี่ยนรูปพลังงานและแนวทางในการนำไปใช้วัฏจักรกำลังไอน้ำการวิเคราะห์เชื้อเพลิงและการเผาไหม้และการศึกษาส่วนประกอบของโรงจักรต้นกำลังไอน้ำกังหันก๊าซและเครื่องยนต์สันดาปภายในวัฏจักรผลิตความร้อนร่วมและระบบผลิตพลังงานร่วมโรงไฟฟ้าพลังน้ำโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เครื่องมือวัดและการควบคุมเศรษฐศาสตร์โรงจักรต้นกำลังและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม การวิเคราะห์และการออกแบบระบบทางความร้อน วิธีเลือกและออกแบบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบการไหลและระบบทางความร้อน

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
3 ชั่วโมง/สัปดาห์ (15 ชั่วโมง/ภาคเรียน)	ตามความต้องการของนักศึกษา	ไม่มี	6 ชั่วโมง/สัปดาห์ (90 ชั่วโมง/ภาคเรียน)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม		

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและ	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

	รับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1-2	แนะนำรายวิชา ภาระและลักษณะการใช้ไฟฟ้า การคำนวณภาวะเศรษฐศาสตร์โรงจักรต้นกำลัง	6	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์
3-4	โรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำ	6	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ ปฏิบัติการโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ	power point และออนไลน์
5-6	โรงจักรไฟฟ้าด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายใน เชื้อเพลิงและการวิเคราะห์การเผาไหม้	6	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์
7	สอบย่อย	-		
8-9	โรงจักรไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์	6	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์

10-11	โรงจักรไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม	6	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ ให้นักศึกษานำเสนอการแก้โจทย์ปัญหาแบบเป็นกลุ่ม	power point และออนไลน์
12	สอบย่อย	-		
13	โรงจักรไอน้ำและส่วนประกอบของโรงจักรไอน้ำ	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ ให้นักศึกษานำเสนอการแก้โจทย์ปัญหาแบบเป็นกลุ่ม ปฏิบัติการโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ	power point และออนไลน์ ห้องปฏิบัติการ
14-16	การวิเคราะห์และการออกแบบระบบทางความร้อน วิธีเลือกและออกแบบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบการไหลและระบบทางความร้อน	9	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	power point และออนไลน์
17	เครื่องมือและอุปกรณ์ควบคุมโรงจักรไฟฟ้า ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและการป้องกัน	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ ให้นักศึกษานำเสนอการแก้โจทย์ปัญหาแบบเป็นกลุ่ม	power point และออนไลน์

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหาผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10

5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการเรียนวิชาวิศวกรรมโรงจักรต้นกำลัง (Power Plant Engineering) ของ อ.คมสัน ตันติชูเกียรติ

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME21411
เศรษฐศาสตร์และการจัดการงานวิศวกรรม
Economics and Engineering Managements

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ.วีระพล แก้วก่า

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ 4

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

PY01101 ฟิสิกส์ 1

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

19/9/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. ให้นักศึกษาเข้าใจหลักการเบื้องตันของเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ค่าเงินที่เปลี่ยนตามเวลาและค่าเทียบเท่า วิธีการเปรียบเทียบแบบต่าง ๆ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน การประเมินการทดแทน การประมาณต้นทุน ต้นทุนมาตรฐาน ค่าเสื่อมราคา ประมาณการผลภาษีเงินได้ ความเสี่ยงและความไม่แน่นอน

2. เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจเกี่ยวกับหลักการด้านการจัดการอุตสาหกรรม กลยุทธ์การผลิตและการแข่งขันในอุตสาหกรรม การจัดการคุณภาพโดยรวมและการควบคุมคุณภาพด้วยหลักสถิติ ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีและแบบลีน การวางแผนกำลังการผลิต และการจัดตารางการผลิต

3. เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับระดับความรู้พื้นฐานของผู้เรียนและให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอสำหรับการศึกษารายวิชาอื่นๆ ตามลำดับ

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

นิยามต่าง ๆ ทางเศรษฐศาสตร์ ค่าเงินที่เปลี่ยนตามเวลาและค่าเทียบเท่า วิธีการเปรียบเทียบแบบต่าง ๆ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน การประเมินการทดแทน การประมาณต้นทุน ต้นทุนมาตรฐาน ค่าเสื่อมราคา ประมาณการผลภาษีเงินได้ ความเสี่ยงและความไม่แน่นอน การศึกษาหลักการด้านการจัดการอุตสาหกรรม กลยุทธ์การผลิตและการแข่งขันในอุตสาหกรรม การจัดการคุณภาพโดยรวมและการควบคุมคุณภาพด้วยหลักสถิติ ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีและแบบลีน การวางแผนกำลังการผลิต และการจัดตารางการผลิต

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
48 ชั่วโมง	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย		การศึกษาด้วยตนเอง 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับ	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียน	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

งานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

	5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	แนะนำรายวิชา ความรู้เบื้องต้นของเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ประวัติความเป็นมาของเศรษฐศาสตร์	3	บรรยายและตกลงเกณฑ์การวัดผลและประเมินผล - บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
2-3	แฟกเตอร์ต่างๆและการใช้งานอัตราดอกเบี้ย การประเมินมูลค่าปัจจุบัน การประเมินด้วยอนุกรมมูลค่ารายปี	6	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
4-5	การพิจารณาผลตอบแทน การวิเคราะห์การแทนที่ การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน	6	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint

	การประเมินค่าใช้จ่าย ค่าเสื่อมราคา			
6-7	การวิเคราะห์ความไว ภาษีเงินได้ การตัดสินใจภายใต้ความเสี่ยง การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ	6	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
8	สอบกลางภาค	3	สอบข้อเขียน	ข้อสอบ
9-10	หลักการด้านการจัดการอุตสาหกรรม กลยุทธ์การผลิตและการแข่งขันในอุตสาหกรรม	6	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
11-12	การจัดการคุณภาพโดยรวมและการควบคุมคุณภาพด้วยหลักสถิติ	6	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
13	ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดีและแบบลีน	3	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
14-15	การวางแผนกำลังการผลิต และการจัดตารางการผลิต	6	บรรยาย ถามประกอบการอธิบายและทำแบบฝึกหัด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
16	สอบปลายภาค	3	สอบข้อเขียน	ข้อสอบ

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30

		และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา		
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

1. เอกสารประกอบการสอนวิชาเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม อ.วีระพล แก้วก่า
2. เอกสารประกอบการสอนการจัดการวิศวกรรม อ.วีระพล แก้วก่า

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1. หนังสือเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. ไพบูลย์ แย้มเผื่อ. กรุงเทพ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.2556
2. หนังสือการจัดการวิศวกรรมการผลิต. พิชิต สุขเจริญพงษ์. กรุงเทพ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.2545

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME22421
การเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล
Mechanical Engineering Pre-Project

2. จำนวนหน่วยกิต

1(0-3-0)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

คณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ 3

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

1.7 มีความสามารถในการศึกษา การเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกลเพื่อแก้ไขปัญหาของท้องถิ่น บูรณาการการเรียนการสอนกับการพัฒนาท้องถิ่น

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจและมีทักษะเกี่ยวกับการคิด วิเคราะห์ พิจารณาปัจจัยต่างๆในการเตรียมการเพื่อทำโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

การคัดเลือกหัวข้อโครงการโดยได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษา การวางแผนโครงการ วัตถุประสงค์ ขอบข่ายและแผนงาน ศึกษาวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การส่งรายงานและ นำเสนอรายงานด้วยปากเปล่า

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
ไม่มีการบรรยายหลักแต่อาจจะมีการนัดเพื่อบรรยายชี้แจงและแนะนำข้อควรปฏิบัตร	ตามความต้องการของนักศึกษา	3 ชั่วโมง/สัปดาห์ (45 ชั่วโมง/ภาคเรียน)	นักศึกษาจะต้องมีการค้นคว้าและพัฒนาเพิ่มเติมนอกเวลา

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน**	**สื่อที่ใช้**
1	แนะนำรายวิชา ให้นำ Concept /หัวข้อจากคำอธิบายรายวิชามาจัดทำเป็นแผนการสอน ให้สอดคล้อง ต่อเนื่องให้ครบถ้วนตามที่กำหนดให้คำอธิบายรายวิชาแนะนำหลักการเบื้องต้นในการเลือกปัญหาโดยเฉพาะการแก้ไขปัญหาของท้องถิ่นเพื่อบูรณาการกับการพัฒนาท้องถิ่นและแนะนำความถนัดของอาจารย์แต่ละท่านเพื่อให้นักศึกษาได้เลือกที่ปรึกษากับปัญหาที่นักศึกษาสนใจได้ถูกต้อง และแนะนำระเบียบวิธีวิจัย	3	- บรรยายและตกลงเกณฑ์การวัดผลและประเมินผล (ประมวลรายวิชา)	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
2	อาจารย์ทีปรึกษา สอบถามปัญหาที่นักศึกษานำเสนอ/หรือ แนะนำนักศึกษาถึงประเภทของปัญหาที่นักศึกษาสนใจจะแก้ปัญหาพร้อมแนะนำ แหล่งของกรณีศึกษา/หรือ วิธีการหากรณีศึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มบุคคล(กรณี	3	สอบถาม พูดคุย และแนะนำ	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint

	ที่ทำ โปรเจคเป็นกลุ่ม)			
3	นักศึกษานำเสนอปัญหากรณีศึกษาที่สนใจกับอาจารย์ที่ปรึกษา/อาจารย์ที่ปรึกษาแนะนำแหล่งรวบรวมองค์ความรู้เพื่อแก้ปัญหากรณีศึกษา	3	นักศึกษานำเสนอความก้าวหน้า	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
4	นักศึกษานำเสนอความก้าวหน้าในการรวมรวมองค์ความรู้เพื่อแก้ปัญหากรณีศึกษา	3	นักศึกษานำเสนอความก้าวหน้า และอาจารย์แนะนำแหล่งองค์ความรู้เพิ่มเติม	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint -
5	นักศึกษานำเสนอความก้าวหน้าในการรวมรวมองค์ความรู้เพื่อแก้ปัญหากรณีศึกษา	3	นักศึกษานำเสนอความก้าวหน้า และอาจารย์แนะนำแหล่งองค์ความรู้เพิ่มเติม	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
6	แนะนำวิธีการวางแผนโครงงานกับนักศึกษา	3	อาจารย์แนะนำวิธีการจัดทำแผนการดำเนินการโครงงานกับนักศึกษา	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
7	อาจารย์ที่ปรึกษาแนะนำการปรับแผนการดำเนินงานโครงงาน	3	อาจารย์ที่ปรึกษาพบปะพูดคุยกับนักศึกษา เพื่อให้นักศึกษาได้แสดงถึงความรู้ความเข้าใจในการแก้ปัญหา	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
8	นักศึกษานำเสนอความก้าวหน้าในการจัดดำเนินการตามแผน 1	3	- อาจารย์ที่ปรึกษาพบปะพูดคุยกับนักศึกษา เพื่อให้นักศึกษาได้แสดงถึงความรู้ความเข้าใจในการแก้ปัญหา	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
9	นักศึกษานำเสนอความก้าวหน้าในการจัดดำเนินการตามแผน 2	3	อาจารย์ที่ปรึกษาพบปะพูดคุยกับนักศึกษา เพื่อให้นักศึกษาได้แสดงถึงความรู้ความเข้าใจในการแก้ปัญหา	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
10	นักศึกษานำเสนอความก้าวหน้าในการจัดดำเนินการตามแผน 3	3	อาจารย์ที่ปรึกษาพบปะพูดคุยกับนักศึกษา เพื่อให้นักศึกษาได้แสดง	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint

			ถึงความรู้ความเข้าใจในการแก้ปัญหา	
11	นักศึกษานำเสนอความก้าวหน้าในการจัดดำเนินการตามแผน 4	3	อาจารย์ที่ปรึกษาพบปะพูดคุยกับนักศึกษาเพื่อให้นักศึกษาได้แสดงถึงความรู้ความเข้าใจในการแก้ปัญหา	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
12	แนะนำรูปแบบการเขียนรายงานความก้าวหน้าในการจัดเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล	3	บรรยาย	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
13	นักศึกษานำเสนอผลสรุปจากการดำเนินงานตามแผนการดำเนินงานโครงงาน	3	นักศึกษานำเสนอ	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
14-15	นักศึกษาส่งรายงานความก้าวหน้ากับอาจารย์ที่ปรึกษา	3	รายงานความก้าวหน้าทั้งรูปแบบของไฟล์ที่มีนามสกุล doc และ ppt	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
16	นักศึกษานำเสนอความก้าวหน้าของโครงงานวิจัยกับอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ผู่ร่วมประเมิน	3	การนำเสนอของนักศึกษ	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30

		2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหาผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา		
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอนรายวิชาการเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME22422
โครงงานวิศวกรรมเครื่องกล
Mechanical Engineering Project

2. จำนวนหน่วยกิต

2(0-4-2)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

คณาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ 4

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ME22421 การเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/6/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

1.7 มีความสามารถในการศึกษา การเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกลเพื่อแก้ไขปัญหาของท้องถิ่น บูรณาการการเรียนการสอนกับการพัฒนาท้องถิ่น

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจและมีทักษะเกี่ยวกับการคิด วิเคราะห์ พิจารณาปัจจัยต่างๆเพื่อทำโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME22421 การเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

การดำเนินงานโครงการที่ได้ศึกษาไว้ในวิชาการเตรียมโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล ให้เสร็จสมบูรณ์ภายในหนึ่งภาคการศึกษา การเขียนรายงานที่สมบูรณ์และสอบปากเปล่า เกี่ยวกับโครงงานนั้น

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
ไม่มีการบรรยายหลักแต่อาจจะมีการนัดเพื่อบรรยายชี้แจงและแนะนำข้อควรปฏิบัติ	ตามความต้องการของนักศึกษา	4 ชั่วโมง/สัปดาห์ (60 ชั่วโมง/ภาคเรียน)	นักศึกษาต้องใช้เวลาศึกษาค้นคว้านอกเวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน**	**สื่อที่ใช้**
1	แนะนำรายวิชา การทำโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล การบูรณาการโครงงานวิศวกรรมเครื่องกลเพื่อแก้ไขปัญหาท้องถิ่น การบูรณาการการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาท้องถิ่น แนะนำแหล่งค้นข้อมูล แหล่งซื้อขายวัสดุ	4	- การเข้าสู่บทเรียน - การบรรยายทฤษฎีและหลักการพร้อมยกตัวอย่าง - การตั้งคำถาม ตอบคำถามและการแสดงความคิดเห็น - การสรุปและเสนอแนะเพิ่มเติม	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
2	การเรียนรู้และการจัดทำรูปแบบของเนื้อหา โครงงานวิศวกรรม	4	- การเข้าสู่บทเรียน - การบรรยายทฤษฎีและหลักการพร้อมยกตัวอย่าง - การตั้งคำถาม ตอบคำถามและการแสดงความคิดเห็น - การสรุปและเสนอแนะเพิ่มเติม	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
3-4	เก็บข้อมูลเพื่อจัดทำรายงาน	8	- ตรวจสอบความก้าวหน้าของงาน นักศึกษาซักถามประเด็นข้อสงสัย และให้คำแนะนำ	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint

			เพิ่มเติม	
5-8	ประมวลผลข้อมูล สรุปผลการทดลอง วิเคราะห์การทดลอง	16	- ตรวจสอบความก้าวหน้าของงาน นักศึกษาซักถามประเด็นข้อสงสัย และให้คำแนะนำเพิ่มเติม	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint -
9-11	การจัดทำรูปเล่มรายงาน	12	- ตรวจสอบความก้าวหน้าของงาน นักศึกษาซักถามประเด็นข้อสงสัย และให้คำแนะนำเพิ่มเติม	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
12-13	การเตรียมนำเสนอ	8	ตรวจสอบความก้าวหน้าของงาน นักศึกษาซักถามประเด็นข้อสงสัย และให้คำแนะนำเพิ่มเติม	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
14-15	บทสรุปงาน	8	ตรวจสอบความก้าวหน้าของ งาน นักศึกษาซักถามประเด็น ข้อสงสัย และให้คำแนะนำ เพิ่มเติม	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
16	สอบปากเปล่า	3	- นำเสนอปากเปล่า - อาจารย์ซักถามประเด็นข้อสงสัย และให้คำแนะนำเพิ่มเติม	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30

		ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา		
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอนรายวิชาโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.4)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME31411
การฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล
Mechanical Engineering Training

2. จำนวนหน่วยกิต

1(240)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.อดิศักดิ์ บุตรวงษ์

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ 4

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/06/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของประสบการณ์ภาคสนาม

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษาได้บูรณาการความรู้ที่ได้ศึกษามาทั้งหมด ประยุกต์ใช้กับการปฏิบัติงานจริงในสถานประกอบการ จะเป็นการเพิ่มพูนประสบการณ์ตรง ทำงานเป็นทีม เป็นการเตรียมความพร้อมและปรับตัวให้สามารถ ทำงานได้จริงเมื่อสำเร็จการศึกษา ภายใต้การดูแลของพนักงานที่ปรึกษาจากสถานประกอบการและอาจารย์ที่ ปรึกษา

หมวดที่ 3 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้อง	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ

	ตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี

สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่น ทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะ มหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 4 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายโดยทั่วไปของประสบการณ์ภาคสนามหรือคำอธิบายรายวิชา

ฝึกงานในโรงงานอุตสาหกรรม หน่วยงานราชการ หรือรัฐวิสาหกิจ ที่ประกอบกิจการประเภทอุตสาหกรรมทางด้านวิศวกรรมเครื่องกลหรือ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยจะต้องฝึกงานเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 2 เดือน และมีชั่วโมงการทำงานไม่น้อยกว่า 240 ชั่วโมง

2. กิจกรรมของนักศึกษา

การทำงานเพื่อเพิ่มประสบการณ์ภาคสนามในช่วงระยะเวลาต่อเนื่องจนครบจำนวนชั่วโมงที่ระบุตามหลักสูตรและ/หรือตามเวลาการทำงานของสถานประกอบการที่นักศึกษาการฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล โดยนักศึกษาต้องมี การเตรียมตัวก่อนการทำงานดังนี้

• เรียนรู้ ทำความเข้าใจในภารกิจ เป้าหมาย วัฒนธรรม กฎ ระเบียบ ขั้นตอนในการทำงานของสถานประกอบการ

• เรียนรู้ และฝึกการทำงานร่วมกับผู้อื่นในสถานประกอบการ

• นำความรู้ทางทฤษฎีทางการสื่อสารดิจิทัลและวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง มาเป็นพื้นฐานในการประยุกต์เพื่อการทำงาน

• ฝึกการแก้ไขปัญหาในฝึกงานในโรงงานอุตสาหกรรม ตามโจทย์ที่ได้รับไปและเสนอวิธีแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

3. รายงานหรืองานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย (ระบุรายงานหรืองานที่มอบหมายนักศึกษา และกำหนดส่ง)

รายงานหรืองานที่ได้รับมอบหมาย	กำหนดส่ง
แผนปฏิบัติการฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล	สัปดาห์ที่ 4 ของการการฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล
โครงร่างรายงานการฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล	สัปดาห์ที่ 8 ของการการฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล
รายงานความก้าวหน้าการฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล	ระหว่างการฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล ตามระยะเวลาที่มอบหมายงาน
รายงานการฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล	สัปดาห์ที่ 12 ของการฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล

4. การติดตามผลการเรียนรู้การฝึกประสบการณ์ภาคสนามของนักศึกษา

- นักศึกษานำเสนอการเรียนรู้และประสบการณ์ที่ได้รับจากการฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล เพื่อการแลกเปลี่ยน เรียนรู้ระหว่างนักศึกษาที่การฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล

- อาจารย์ชี้นำให้เห็นถึงความสำคัญ และผลกระทบต่อพฤติกรรมด้านคุณธรรม จริยธรรม ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ ที่มีต่อการทำงานในอนาคต

- การนำผลการประเมินนักศึกษาการฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล มานำเสนออภิปราย เพื่อเป็นแนวทางในการฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล ในรุ่นต่อไป

5. หน้าที่และความรับผิดชอบของพนักงานพี่เลี้ยง/ ครูพี่เลี้ยงในสถานประกอบการ/ สถานศึกษาที่ดูแลกิจกรรมใน ภาคสนาม

5.1จัดตารางและกิจกรรมที่จะให้นักศึกษาฝึกประสบการณ์ภาคสนาม

5.2 ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ กฎ ระเบียบ แนวปฏิบัติ ฯลฯ ที่เกี่ยวข้องกับการฝึกประสบการณ์ภาคสนาม

5.3 ดูแลให้คำแนะนำในการฝึกงาน

5.4 ติดตามความก้าวหน้า ประเมินผลการปฏิบัติงานของนักศึกษาและรายงานผลต่ออาจารย์

5.5 ประสานงานกับบุคลากรในสาขาวิชา และวิทยากรพิเศษ

6. หน้าที่และความรับผิดชอบของอาจารย์ที่ปรึกษา/อาจารย์นิเทศ

6.1 ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการเลือกสถานประกอบการ

6.2 ปฐมนิเทศนักศึกษา

6.3 ให้คำแนะนำนักศึกษาเกี่ยวกับการฝึกประสบการณ์ภาคสนาม

6.4 ประเมินผลนักศึกษา

7. การเตรียมการในการแนะแนวและช่วยเหลือนักศึกษา

7.1 ปฐมนิเทศให้แก่นักศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนต่างๆ ในการฝึกประสบการณ์ภาคสนาม

7.2 จัดเจ้าหน้าที่ประสานงาน รับแจ้งเหตุ กรณีต้องการความช่วยเหลือ

8. สิ่งอำนวยความสะดวกและการสนับสนุน ที่ต้องการจากสถานที่ที่จัดประสบการณ์ภาคสนาม/สถานประกอบการ

8.1 จัดอาจารย์การฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล ดูแลและให้คำแนะนำนักศึกษา

8.2 ประเมินประสิทธิภาพและคุณลักษณะของนักศึกษาในการปฏิบัติงาน

หมวดที่ 5 การวางแผนและการเตรียมการ

1. การกำหนดสถานที่ฝึก

1.1 นักศึกษาหาข้อมูลหน่วยงาน/สถานประกอบการ

1.2 นักศึกษายื่นใบสมัครการฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกลผ่านอาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา

1.3 เมื่อได้รับการตอบรับการฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกลแล้ว นักศึกษาหาข้อมูลและเตรียมตัวให้พร้อมสำหรับการฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล ประสบการณ์ภาคสนาม

2. การเตรียมนักศึกษา

2.1 ปฐมนิเทศ

2.2 มอบคู่มือการฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกล/เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.3 ประเมินความพร้อมของนักศึกษาก่อนการฝึกประสบการณ์ภาคสนาม

3. การเตรียมอาจารย์ที่ปรึกษา/อาจารย์นิเทศ

3.1 มีความรู้ในสาขาที่เป็นที่ปรึกษา/นิเทศ

3.2 จัดประชุมชี้แจง

4. การเตรียมพนักงานพี่เลี้ยง/ครูพี่เลี้ยง ในสถานที่ฝึก/สถานศึกษา

ชี้แจงให้ทราบวัตถุประสงค์ บทบาทหน้าที่ สิ่งที่คาดหวัง การประเมิน การดูแล ฯลฯ

5. การจัดการความเสี่ยง

5.1 ประสานงานกับพนักงานพี่เลี้ยงอย่างต่อเนื่อง

5.2 จัดให้มีตัวแทนนักศึกษาเพื่อทำหน้าที่ติดต่อ ประสานงานกับอาจารย์ที่ปรึกษา/อาจารย์นิเทศก์

หมวดที่ 6 การประเมินนักศึกษา

1.หลักเกณฑ์การประเมิน การประเมินโดยอาจารย์ผู้สอน (ร้อยละ 100)

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10

		2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น		
2	ความรู้	การค้นคว้างานที่ได้รับมอบหมาย ประเมินทักษะปฏิบัติ และการคำนวณ แผนการดำเนินงานวิจัย	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20
3	ทักษะปัญญา	ประเมินทักษะปฏิบัติ และการคำนวณ	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	การค้นคว้างานที่ได้รับมอบหมาย และนำเสนองานวิจัยที่ เกี่ยวข้องจากการทบทวนวรรณกรรมเป็นกลุ่ม	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	การนำเสนอโครงสร้างของหน่วยงาน และแผนการดำเนินงานวิจัย	15	ร้อยละ 30

2. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

3. กระบวนการประเมินผลการปฏิบัติงานของนักศึกษา

2.1 ประเมินโดยอาจารย์ตามเกณฑ์ที่กำหนด

2.2 ประเมินจากการสังเกตความเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของนักศึกษาในด้านต่างๆ ตามเกณฑ์ที่กำหนด

2.3 ประเมินจากผลงานของนักศึกษา

2.4 อาจารย์สรุปผลการประเมิน และรายงานผลต่อสาขาวิชา

3. ความรับผิดชอบของพนักงานพี่เลี้ยง/ ครูพี่เลี้ยงต่อการประเมินนักศึกษา

ประเมินผลการปฏิบัติงานของนักศึกษาตามเกณฑ์ที่กำหนด

4. ความรับผิดชอบของอาจารย์ผู้รับผิดชอบประสบการณ์ภาคสนามต่อการประเมินนักศึกษา

4.1 เก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดของนักศึกษา

4.2 ประเมินผลนักศึกษาหลังเสร็จสิ้นการฝึกงานวิศวกรรมเครื่องกลตามเกณฑ์

5.การสรุปผลการประเมินที่แตกต่าง

ประชุมร่วมกันของผู้เกี่ยวข้องเพื่อหาข้อสรุป

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการการดำเนินการของการฝึกประสบการณ์ภาคสนาม

1. กระบวนการประเมินการฝึกประสบการณ์ภาคสนามจากผู้เกี่ยวข้องต่อไปนี้

1.1 นักศึกษา

- ประเมินการเตรียมปฏิบัติงาน
- ประเมินตนเอง

1.2 พนักงานพี่เลี้ยงหรือผู้ประกอบการ

- ประเมินการจัดการปฏิบัติงาน
- ประเมินสมรรถนะของนักศึกษาตามวัตถุประสงค์
- ประเมินเกณฑ์การประเมินผล แบบประเมิน วิธีการประเมิน

1.3 อาจารย์ที่ดูแลกิจกรรมภาคสนาม

- ประเมินสมรรถนะของนักศึกษาว่าบรรลุตามวัตถุประสงค์หรือไม่
- ประเมินการจัดการฝึกปฏิบัติงาน ความพร้อม ความร่วมมือ ฯลฯ
- ประเมินตนเอง
- ประเมินเกณฑ์การประเมินผล แบบประเมิน ตามวัตถุประสงค์
- ปรับปรุงตามข้อเสนอตามรายงานผลการดำเนินงานของรายวิชา (มคอ.6) และจากการพูดคุยแลกเปลี่ยน ระหว่างการเรียนการสอนกับผู้เรียน

2. กระบวนการทบทวนผลการประเมินและการวางแผนปรับปรุง

2.1 นำผลจากการประเมินการฝึกปฏิบัติงานมาเป็นข้อมูลในการวางแผน ปรับปรุง การฝึกปฏิบัติงานของนักศึกษาครั้งต่อไป

2.2 นำผลการประเมินมาประชุม หารือร่วมกันเพื่อปรับปรุงรายวิชา การดำเนินการ

2.3 ดำเนินการตามข้อเสนอแผนการปรับปรุงใน มคอ.6

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME32411
การเตรียมความพร้อมสหกิจศึกษา
Pre-cooperative Education

2. จำนวนหน่วยกิต

1(0-3-0)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ.วีระพล แก้วก่า

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 4 / ชั้นปีที่ 1

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

3/9/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

มุ่งเน้นให้นักศึกษาเข้าใจแนวคิด กระบวนการของสหกิจศึกษา และระเบียบ ข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง ความรู้พื้นฐาน และเทคนิคในการสมัครงานของอาชีพวิศวกรรมเครื่องกล ความรู้พื้นฐานในการปฏิบัติงาน จริยธรรมในการประกอบอาชีพ การสื่อสาร มนุษยสัมพันธ์ในการทำงานร่วมกับผู้ร่วมงาน การพัฒนาบุคลิกภาพ เพื่อการปฏิบัติงานในสถานประกอบการ การบริหารงานคุณภาพในสถานประกอบการ เทคนิคการเขียนรายงานและการนำเสนอโครงงานทางสารสนเทศ

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. ให้นักศึกษาเข้าใจแนวคิด และกระบวนการของสหกิจศึกษา และระเบียบ ข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง ความรู้พื้นฐาน และเทคนิคในการสมัครงานของอาชีพวิศวกรรมเครื่องกล ความรู้พื้นฐานในการปฏิบัติงาน จริยธรรมในการประกอบอาชีพ การสื่อสาร มนุษยสัมพันธ์ในการทำงานร่วมกับผู้ร่วมงาน การพัฒนาบุคลิกภาพ เพื่อการปฏิบัติงานในสถานประกอบการ การบริหารงานคุณภาพในสถานประกอบการ เทคนิคการเขียนรายงานและการนำเสนอโครงงานทางสารสนเทศ

2. เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับระดับความรู้พื้นฐานของผู้เรียนและให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอสำหรับการออกไปฝึกงานแบบสหกิจศึกษาได้

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

แนวคิด และกระบวนการของสหกิจศึกษา และระเบียบ ข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง ความรู้พื้นฐาน และเทคนิคในการสมัครงานของอาชีพวิศวกรรมเครื่องกล ความรู้พื้นฐานในการปฏิบัติงาน จริยธรรมในการประกอบอาชีพ การสื่อสาร มนุษยสัมพันธ์ในการทำงานร่วมกับผู้ร่วมงาน การพัฒนาบุคลิกภาพ เพื่อการปฏิบัติงานในสถานประกอบการ การบริหารงานคุณภาพในสถานประกอบการ เทคนิคการเขียนรายงานและการนำเสนอโครงงานทางสารสนเทศ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	48 ชั่วโมง	การศึกษาด้วยตนเอง 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	- สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับรายวิชาเตรียมฝึกสหกิจ - เรียนรู้แนวคิดและหลักการสหกิจศึกษา	3	ตกลงเกณฑ์การวัดผลและประเมินผล - จัดการอบรม โดยวิทยากรหรืออาจารย์ในสาขาวิชา	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
2-3	- การปรับตัวเข้ากับองค์กร - เรียนรู้ระบบบริหารงานคุณภาพ - การสร้างแรงบันดาลใจในการทำงาน	6	- จัดการอบรม โดยวิทยากรหรืออาจารย์ในสาขาวิชา - แบ่งกลุ่มระดมความคิด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
4-5	เลือกงานอย่างไรให้เหมาะกับตัวเอง - การเลือกสถานประกอบการและตำแหน่งงาน - เทคนิคการเข้ารับสัมภาษณ์งาน - มารยาทและการพัฒนาบุคลิกภาพในการทำงาน - ทักษะการสื่อสารและมนุษยสัมพันธ์	6	- จัดการอบรม โดยวิทยากรหรืออาจารย์ในสาขาวิชา - จำลองการสัมภาษณ์งาน	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
6-7	การเขียนจดหมายสมัครงานและ	6	- จัดการอบรม โดยวิทยากร	เอกสาร

	การเขียนเรซูเม่ - การเขียนจดหมายสมัครงาน - การกรอกใบสมัครงาน - การเขียนประวัติย่อเป็นภาษาอังกฤษ		หรืออาจารย์ในสาขาวิชา	ประกอบการสอน PowerPoint
8	สอบกลางภาค	3	สอบข้อเขียน	ข้อสอบ
9-10	ทำอย่างไรให้ปลอดภัยไว้ก่อน - ข้อปฏิบัติในระหว่างการปฏิบัติงาน - ความปลอดภัยในการทำงาน	6	- จัดการอบรม โดยวิทยากรหรืออาจารย์ในสาขาวิชา - แบ่งกลุ่มระดมความคิด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
11-12	ทักษะการทำงานเป็นทีมเพื่อความสำเร็จ - บุคลิกภาพ - การนำทีม - การจูงใจ - การทำงานร่วมกับผู้อื่น	6	- จัดการอบรม โดยวิทยากรหรืออาจารย์ในสาขาวิชา - แบ่งกลุ่มระดมความคิด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
13-14	เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน - การใช้เทคโนโลยีในการทำงาน - การใช้อุปกรณ์สำนักงาน - ระบบเอกสาร	6	- จัดการอบรม โดยวิทยากรหรืออาจารย์ในสาขาวิชา - แบ่งกลุ่มระดมความคิด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
15	เทคนิคการนำเสนอแบบมืออาชีพ - แนวคิดเรื่องการนำเสนอ - การคัดเลือกสื่อ - เทคนิคการนำเสนอ (presentation)	6	- จัดการอบรม โดยวิทยากรหรืออาจารย์ในสาขาวิชา - แบ่งกลุ่มระดมความคิด	เอกสารประกอบการสอน PowerPoint
16	สอบปลายภาค	3	สอบข้อเขียน	ข้อสอบ

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10

2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียน ตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

1. คู่มือสหกิจศึกษา. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.4)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME32412
สหกิจศึกษา
Cooperative Education

2. จำนวนหน่วยกิต

6(480)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ.วีระพล แก้วก่า

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 4 / ชั้นปีที่ 2

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ME32411 การเตรียมความพร้อมสหกิจศึกษา

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

5/9/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของประสบการณ์ภาคสนาม

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษาได้บูรณาการความรู้ที่ได้ศึกษามาทั้งหมด ประยุกต์ใช้กับการปฏิบัติงานจริงในสถานประกอบการ จะเป็นการเพิ่มพูนประสบการณ์ตรง ทำงานเป็นทีม เป็นการเตรียมความพร้อมและปรับตัวให้สามารถ ทำงานได้จริงเมื่อสำเร็จการศึกษา ภายใต้การดูแลของพนักงานที่ปรึกษาจากสถานประกอบการและอาจารย์ที่ ปรึกษา

หมวดที่ 3 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆของ	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และ	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับ

องค์กรและสังคม	การปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	ต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็น	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้

มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่น ทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	สมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะ มหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 4 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายโดยทั่วไปของประสบการณ์ภาคสนามหรือคำอธิบายรายวิชา

การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาในสถานประกอบการของภาคอุตสาหกรรมด้านวิศวกรรมเครื่องกล 1 ภาคการศึกษา โดยความร่วมมือระหว่างสถาบันกับสถานประกอบการ เสมือนเป็นพนักงานของสถานประกอบการ การจัดทำรายงาน และการนำเสนอผลงาน การประเมินผลร่วมกันระหว่างอาจารย์ที่ปรึกษา หัวหน้า หรือพี่เลี้ยงในสถานประกอบการที่ดูแลรับผิดชอบการปฏิบัติงานของนักศึกษา

2. กิจกรรมของนักศึกษา

การทำงานเพื่อเพิ่มประสบการณ์ภาคสนามในช่วงระยะเวลาต่อเนื่องจนครบจำนวนชั่วโมงที่ระบุตามหลักสูตรและ/หรือตามเวลาการทำงานของสถานประกอบการที่นักศึกษาปฏิบัติสหกิจศึกษา โดยนักศึกษาต้องมีการเตรียมตัวก่อนการทำงานดังนี้

• เรียนรู้ ทำความเข้าใจในภารกิจ เป้าหมาย วัฒนธรรม กฎ ระเบียบ ขั้นตอนในการทำงานของสถานประกอบการ

• เรียนรู้ และฝึกการทำงานร่วมกับผู้อื่นในสถานประกอบการ

• นำความรู้ทางทฤษฎีทางการสื่อสารดิจิทัลและวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง มาเป็นพื้นฐานในการประยุกต์เพื่อการทำงาน

• ฝึกการแก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาตามโจทย์ที่ได้รับไปและเสนอวิธีแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

3. รายงานหรืองานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย (ระบุรายงานหรืองานที่มอบหมายนักศึกษา และกำหนดส่ง)

รายงานหรืองานที่ได้รับมอบหมาย	กำหนดส่ง
แผนปฏิบัติงานสหกิจศึกษา	สัปดาห์ที่ 2 ของการปฏิบัติสหกิจศึกษา
โครงร่างรายงานการปฏิบัติงาน	สัปดาห์ที่ 4 ของการปฏิบัติสหกิจศึกษา
รายงานความก้าวหน้าการปฏิบัติงาน	ระหว่างการปฏิบัติสหกิจ ตามระยะเวลาที่ มอบหมายงาน
รายงานปฏิบัติงานสหกิจศึกษา	สัปดาห์ที่ 15 ของการปฏิบัติสหกิจศึกษา

4. การติดตามผลการเรียนรู้การฝึกประสบการณ์ภาคสนามของนักศึกษา

- นักศึกษานำเสนอการเรียนรู้และประสบการณ์ที่ได้รับจากการปฏิบัติสหกิจศึกษาเพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างนักศึกษาที่ปฏิบัติสหกิจศึกษา

- อาจารย์ชี้นำให้เห็นถึงความสำคัญ และผลกระทบต่อพฤติกรรมด้านคุณธรรม จริยธรรม ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ ที่มีต่อการท างานในอนาคต

- การนำผลการประเมินนักศึกษาการปฏิบัติสหกิจศึกษามานำเสนออภิปราย เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติสหกิจศึกษาในรุ่นต่อไป

5. หน้าที่และความรับผิดชอบของพนักงานพี่เลี้ยง/ ครูพี่เลี้ยงในสถานประกอบการ/ สถานศึกษาที่ดูแลกิจกรรมใน ภาคสนาม

5.1จัดตารางและกิจกรรมที่จะให้นักศึกษาฝึกประสบการณ์ภาคสนาม

5.2 ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ กฎ ระเบียบ แนวปฏิบัติ ฯลฯ ที่เกี่ยวข้องกับการฝึกประสบการณ์ภาคสนาม

5.3 ดูแลให้คำแนะนำในการฝึกงาน

5.4 ติดตามความก้าวหน้า ประเมินผลการปฏิบัติงานของนักศึกษาและรายงานผลต่ออาจารย์

5.5 ประสานงานกับบุคลากรในสาขาวิชา และวิทยากรพิเศษ

6. หน้าที่และความรับผิดชอบของอาจารย์ที่ปรึกษา/อาจารย์นิเทศ

6.1 ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการเลือกสถานประกอบการ

6.2 ปฐมนิเทศนักศึกษา

6.3 ให้คำแนะนำนักศึกษาเกี่ยวกับการฝึกประสบการณ์ภาคสนาม

6.4 ประเมินผลนักศึกษา

7. การเตรียมการในการแนะแนวและช่วยเหลือนักศึกษา

7.1 ปฐมนิเทศให้แก่นักศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนต่างๆ ในการฝึกประสบการณ์ภาคสนาม

7.2 จัดเจ้าหน้าที่ประสานงาน รับแจ้งเหตุ กรณีต้องการความช่วยเหลือ

8. สิ่งอำนวยความสะดวกและการสนับสนุน ที่ต้องการจากสถานที่ที่จัดประสบการณ์ภาคสนาม/สถานประกอบการ

8.1 จัดอาจารย์การเตรียมสหกิจศึกษาดูแลและให้คำแนะนำนักศึกษา

8.2 ประเมินประสิทธิภาพและคุณลักษณะของนักศึกษาในการปฏิบัติงาน

หมวดที่ 5 การวางแผนและการเตรียมการ

1. การกำหนดสถานที่ฝึก

1.1 นักศึกษาหาข้อมูลหน่วยงาน/สถานประกอบการ

1.2 นักศึกษายื่นใบสมัครเตรียมสหกิจศึกษาผ่านอาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา

1.3 เมื่อได้รับการตอบรับการเตรียมสหกิจศึกษาแล้ว นักศึกษาหาข้อมูลและเตรียมตัวให้พร้อมสำหรับการฝึก ประสบการณ์ภาคสนาม

2. การเตรียมนักศึกษา

2.1 ปฐมนิเทศ

2.2 มอบคู่มือสหกิจศึกษา/เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.3 ประเมินความพร้อมของนักศึกษาก่อนการฝึกประสบการณ์ภาคสนาม

3. การเตรียมอาจารย์ที่ปรึกษา/อาจารย์นิเทศ

3.1 มีความรู้ในสาขาที่เป็นที่ปรึกษา/นิเทศ

3.2 จัดประชุมชี้แจง

4. การเตรียมพนักงานพี่เลี้ยง/ครูพี่เลี้ยง ในสถานที่ฝึก/สถานศึกษา

ชี้แจงให้ทราบวัตถุประสงค์ บทบาทหน้าที่ สิ่งที่คาดหวัง การประเมิน การดูแล ฯลฯ

5. การจัดการความเสี่ยง

5.1 ประสานงานกับพนักงานพี่เลี้ยงอย่างต่อเนื่อง

5.2 จัดให้มีตัวแทนนักศึกษาเพื่อทำหน้าที่ติดต่อ ประสานงานกับอาจารย์ที่ปรึกษา/อาจารย์นิเทศก์

หมวดที่ 6 การประเมินนักศึกษา

1.หลักเกณฑ์การประเมิน การประเมินโดยอาจารย์ผู้สอน (ร้อยละ 100)

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	การค้นคว้างานที่ได้รับมอบหมาย ประเมินทักษะปฏิบัติ และการคำนวณ แผนการดำเนินงานวิจัย	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20
3	ทักษะปัญญา	ประเมินทักษะปฏิบัติ และการคำนวณ	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	การค้นคว้างานที่ได้รับมอบหมาย และนำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากการทบทวนวรรณกรรมเป็นกลุ่ม	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยี	การนำเสนอโครงสร้างของหน่วยงาน และแผนการดำเนินงานวิจัย	15	ร้อยละ 30

2. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

3. กระบวนการประเมินผลการปฏิบัติงานของนักศึกษา

2.1 ประเมินโดยอาจารย์ตามเกณฑ์ที่กำหนด

2.2 ประเมินจากการสังเกตความเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของนักศึกษาในด้านต่างๆ ตามเกณฑ์ที่กำหนด

2.3 ประเมินจากผลงานของนักศึกษา

2.4 อาจารย์สรุปผลการประเมิน และรายงานผลต่อสาขาวิชา

3. ความรับผิดชอบของพนักงานพี่เลี้ยง/ ครูพี่เลี้ยงต่อการประเมินนักศึกษา

ประเมินผลการปฏิบัติงานของนักศึกษาตามเกณฑ์ที่กำหนด

4. ความรับผิดชอบของอาจารย์ผู้รับผิดชอบประสบการณ์ภาคสนามต่อการประเมินนักศึกษา

4.1 เก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดของนักศึกษา

4.2 ประเมินผลนักศึกษาหลังเสร็จสิ้นการเตรียมสหกิจศึกษาตามเกณฑ์

5.การสรุปผลการประเมินที่แตกต่าง

ประชุมร่วมกันของผู้เกี่ยวข้องเพื่อหาข้อสรุป

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการการดำเนินการของการฝึกประสบการณ์ภาคสนาม

1. กระบวนการประเมินการฝึกประสบการณ์ภาคสนามจากผู้เกี่ยวข้องต่อไปนี้

1.1 นักศึกษา

- ประเมินการเตรียมปฏิบัติงาน
- ประเมินตนเอง

1.2 พนักงานพี่เลี้ยงหรือผู้ประกอบการ

- ประเมินการจัดการปฏิบัติงาน
- ประเมินสมรรถนะของนักศึกษาตามวัตถุประสงค์
- ประเมินเกณฑ์การประเมินผล แบบประเมิน วิธีการประเมิน

1.3 อาจารย์ที่ดูแลกิจกรรมภาคสนาม

- ประเมินสมรรถนะของนักศึกษาว่าบรรลุตามวัตถุประสงค์หรือไม่
- ประเมินการจัดการฝึกปฏิบัติงาน ความพร้อม ความร่วมมือ ฯลฯ
- ประเมินตนเอง
- ประเมินเกณฑ์การประเมินผล แบบประเมิน ตามวัตถุประสงค์
- ปรับปรุงตามข้อเสนอตามรายงานผลการดำเนินงานของรายวิชา (มคอ.6) และจากการพูดคุยแลกเปลี่ยน ระหว่างการเรียนการสอนกับผู้เรียน

2. กระบวนการทบทวนผลการประเมินและการวางแผนปรับปรุง

2.1 นำผลจากการประเมินการฝึกปฏิบัติงานมาเป็นข้อมูลในการวางแผน ปรับปรุง การฝึกปฏิบัติงานของนักศึกษาครั้งต่อไป

2.2 นำผลการประเมินมาประชุม หารือร่วมกันเพื่อปรับปรุงรายวิชา การดำเนินการ

2.3 ดำเนินการตามข้อเสนอแผนการปรับปรุงใน มคอ.6

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME41401
พลังงานแสงอาทิตย์และการประยุกต์
Solar Energy and Applications

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ ทั่วไป

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1.ให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจและทราบถึงวิชาวิศวกรรมพลังงานแสงอาทิตย์

2.ให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจและทราบถึงการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ การวัดและการวิเคราะห์ข้อมูลการแผ่รังสีเฉพาะที่การส่งผ่านและการดูดกลืนรังสีของตัวกลางกึ่งโปร่งใส ลักษณะพื้นที่

3.ให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจและทราบถึงทฤษฎีของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นราบและแบบโฟกัส สมการฮอทเท็ลวิลเลียร์

4.ให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจและทราบถึงการผลิตกำลังไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และการแปลงสภาวะโฟโตโวตาอิค

5.ให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจและทราบถึงการใช้งานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ การวิเคราะห์ระบบ และเศรษฐศาสตร์

6.ให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจและทราบถึงหลักการเปลี่ยนรูปพลังงาน ทฤษฎีเบื้องต้นของสารกึ่งตัวนำและรอยต่อพี-เอ็น ทฤษฎีเซลล์แสงอาทิตย์ที่เกิดจากปรากฏการณ์โฟโตโวลทาอิค ลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด วัสดุและเทคโนโลยี การใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้บรรยากาศโลก การคำนวณหาขนาด การพิจารณาทางเศรษฐศาสตร์

7.ให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจและทราบถึงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

วิศวกรรมพลังงานแสงอาทิตย์ การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ การวัดและการวิเคราะห์ข้อมูลการแผ่รังสีเฉพาะที่ การส่งผ่านและการดูดกลืนรังสีของตัวกลางกึ่งโปร่งใส ลักษณะพื้นที่ ทฤษฎีของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นราบและแบบโฟกัส สมการฮอทเท็ลวิลเลียร์ การผลิตกำลังไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์และการแปลงสภาวะโฟโตโวตาอิค การใช้งานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์ การวิเคราะห์ระบบ และเศรษฐศาสตร์ หลักการเปลี่ยนรูปพลังงาน ทฤษฎีเบื้องต้นของสารกึ่งตัวนำและรอยต่อพี-เอ็น ทฤษฎีเซลล์แสงอาทิตย์ที่เกิดจากปรากฏการณ์โฟโตโวลทาอิค ลักษณะเฉพาะของเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด วัสดุและเทคโนโลยี การใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ภายใต้บรรยากาศโลก การคำนวณหาขนาด การพิจารณาทางเศรษฐศาสตร์ ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
45 ชั่วโมง (3 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	-	90 ชั่วโมง (6 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของ	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตใน

	มหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	การสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่น	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้า	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา

ทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	ร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	แนะนำรายวิชา บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์	3	บรรยาย	Power Point
2	บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับรังสีดวงอาทิตย์	3	บรรยาย	Power

				Point
3	บทที่ 3 การถ่ายเทพลังงานความร้อนของพลังงานแสงอาทิตย์	3	บรรยาย	Power Point
4	บทที่ 4 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์	3	บรรยาย	Power Point
5-6	บทที่ 5 การใช้ประโยชน์พลังงานแสงอาทิตย์	6	บรรยาย	Power Point
7	สอบกลางภาค	3		
8	บทที่ 6 การผลิตพลังงานความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์	3	บรรยาย	Power Point
9-10	บทที่ 7 การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์	6	บรรยาย	Power Point
11-12	บทที่ 8 การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	6	บรรยาย	Power Point
13	บทที่ 9 การส่งเสริมการพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย	3	บรรยาย	Power Point
14-15	บทที่ 10 การประยุกต์ใช้งานพลังงานแสงอาทิตย์	6	บรรยาย	Power Point
16	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหาผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30

4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอน ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

- Website กระทรวงพลังงาน
- หนังสือเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

- Website ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานแสงอาทิตย์ ที่สามารถอ้างอิงได้ เป็นของหน่วยงานที่น่าเชื่อถือ

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ ให้นักศึกษาทุกคนประเมินประสิทธิผลของรายวิชา ได้แก่ วิธีการสอน การจัดกิจกรรมในและนอกห้องเรียน สิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน ซึ่งมีผลกระทบต่อการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่ได้รับและเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงรายวิชา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

ทำการการประเมินการสอน โดยคณะกรรมการประเมินการสอนที่แต่งตั้งโดยคณะกรรมการบริหารหลักสูตร จากการสังเกตการสอนและทำการสัมภาษณ์นักศึกษา ผลการสอบของนักศึกษา

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์และวิธีการสอนจากผลการประเมินประสิทธิผลของรายวิชา แล้วจัดทำรายงานรายวิชาตามรายละเอียดที่ สกอ.กำหนดทุกภาคการศึกษา

2) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนเข้ารับการฝึกอบรมกลยุทธ์การสอน การวิจัยในชั้นเรียน และมอบหมายให้อาจารย์ผู้สอนรายวิชาที่มีปัญหา ทำวิจัยในชั้นเรียนอย่างน้อยภาคการศึกษาละ 1 รายวิชา

3) มีการประชุมอาจารย์ผู้สอนของหลักสูตรเพื่อหารือปัญหาการเรียนรู้ของนักศึกษาและหาแนวทางแก้ไข

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

1) หลักสูตรมีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ประเมินการสอน การทบทวนสอบผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชาโดยการสุ่มประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน ทั้งคะแนนดิบและระดับคะแนนของรายวิชา ภายในรอบเวลาของหลักสูตร

2) จัดการสอบประมวลผลความรู้นักศึกษาก่อนจบการศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

หลักสูตรมีระบบการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา ผลการประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนของหลักสูตร การรายงานรายวิชาโดยอาจารย์ผู้สอนภายหลังการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนรับผิดชอบในการทบทวนเนื้อหาที่สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้ และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาในรายงานผลการดำเนินงานของรายวิชาเสนอต่อกรรมการหลักสูตร

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME41402
เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า
Electrical Vehicle Technology

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ชิตพล คงศิลา

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ 4

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (Prerequisite Subject) (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจ และความพร้อมในการนำเอาองค์ความรู้เกี่ยวกับหลักการที่สำคัญทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของวิชาเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า ไปใช้ในการตั้งสมมติฐาน วิเคราะห์ และแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่เหมาะสม รวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม

2. เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง และประยุกต์ใช้งานกับการเรียนในรายวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา Course Description

การศึกษาเกียวกับชิ้นส่วนอุปกรณ์ขับเคลื่อนไฟฟ้า ลักษณะภาระของระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า ระบบเบรค การทำงานของมอเตอร์ ระบบส่งกำลังและขนาดชุดส่งกำลัง ความสัมพันธ์ของความเร็วแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้า ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ ระบบควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ ระบบการควบคุมการประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า การประยุกต์การใช้งานของระบบขับเคลื่อนในยานยนต์ไฟฟ้า การออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า การวิเคราะห์โครงสร้างด้วยหลักอากาศพลศาสตร์ ระบบความปลอดภัยในยานยนต์ไฟฟ้า และการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของยานยนต์ไฟฟ้า

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
บรรยาย 48 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา(ประมาณ 3 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	ไม่มีการฝึกปฏิบัติ	การศึกษาด้วยตนเอง 96 ชั่วโมง/ภาคการศึกษา (ประมาณ 6 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะนักศึกษาที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ ขององค์กรและสังคม 2 สามารถวิเคราะห์และประเมินผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคล องค์กร สังคม และสิ่งแวดล้อม 3 มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ รวมถึงเข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน	1 ปลูกฝังให้นักศึกษามีระเบียบวินัย ปฏิบัติตามกฎกติกาที่กำหนดหรือได้ตกลงกันไว้ และปลูกฝังให้มีความรับผิดชอบ โดยเริ่มตั้งแต่การเข้าชั้นเรียนให้ตรงเวลา การส่งงานตามกำหนดเวลา ตลอดจนการแต่งกายที่เป็นไปตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัยฯ 2 ปลูกฝังเรื่องจรรยาบรรณทางวิชาชีพ ความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ ตลอดจนผล กระทบที่จะเกิดขึ้นต่อบุคคล สังคม และสิ่งแวดล้อม หากกระทำการโดยขาดจรรยาบรรณทางวิชาชีพ	1 การขานชื่อ การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน และการส่งงานตามกำหนดระยะเวลา 2 สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ อย่างต่อเนื่อง 3 ความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย 4 การกระทำทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐาน และเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหา ของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม 3 สามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา ด้วยวิธีการที่เหมาะสม รวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม 4 สามารถใช้ความรู้และทักษะในสาขาวิชาของตน ในการประยุกต์แก้ไขปัญหาในงานจริงได้	1 บรรยายโดยเขียนบนกระดานประกอบกับการอ้างอิงในหนังสือ ใช้สื่อการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนสื่อการสอนที่เป็นชิ้นงานจริง 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 3 มอบหมายแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี 2 สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และ สรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ 3 สามารถคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมได้อย่างมีระบบ รวมถึงการใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ 4 สามารถสืบค้นข้อมูลและแสวงหาความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต และทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 ให้นักศึกษาค้นคว้า พร้อมทั้งจัดทำรายงานที่ได้จากการค้นคว้า	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย 3 ประเมินจากรายงานที่ได้รับมอบหมาย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 สามารถวางแผนและรับผิดชอบในการพัฒนาการเรียนรู้ทั้งของตนเองและสอดคล้องกับทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง 2 รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพรวมถึงสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งได้อย่างเหมาะสม สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ติดตามการทำงานร่วมกับสมาชิกกลุ่มของนักศึกษาเป็นระยะ 2 ประเมินจากการนำเสนอรายงานหน้าชั้นเรียน 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น 4 ประเมินจากพฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถามระหว่างกิจกรรมการเรียน

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารที่ทันสมัยได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้ 3 มีทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูด การเขียน และการสื่อความหมายโดยใช้สัญลักษณ์	1 มอบหมายงานให้ศึกษาค้นคว้าเนื้อหาเพิ่มเติมด้วยตนเอง จากเว็บไซต์สื่อการสอน E- Learning 2 ส่งเสริมการค้นคว้า เรียบเรียงข้อมูล และนำเสนอโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากเทคนิคการนำเสนอโดยการเลือกใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือคณิตศาสตร์และสถิติที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมศาสตร์ที่เหมาะสม

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	แนะนำรายวิชา ประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า	3	อธิบายเกณฑ์การวัดผลและประเมินผล บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
2	การศึกษาเกียวกับชิ้นส่วนอุปกรณ์ขับเคลื่อนไฟฟ้า	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
3	ลักษณะภาระของระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
4	ระบบเบรกการทำงานของมอเตอร์	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
5	ระบบส่งกำลังและขนาดชุดส่งกำลัง	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
6	ความสัมพันธ์ของความเร็วแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้า	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
7	ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
8	ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
9	สอบกลางภาค	3		
10	ระบบควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
11	ระบบการควบคุมการประจุไฟฟ้า	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ	สื่อนำเสนอในรูปแบบ

	ของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า		ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	Powerpoint
12	- การประยุกต์การใช้งานของระบบขับเคลื่อนในยานยนต์ไฟฟ้า - การทดลองระบบขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้า	3	บรรยาย ทดลอง ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ชุดทดลองระบบขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้า
13-14	การออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า	6	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
15	การวิเคราะห์โครงสร้างด้วยหลักอากาศพลศาสตร์	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
16	ระบบความปลอดภัยในยานยนต์ไฟฟ้า	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
17	การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของยานยนต์ไฟฟ้า	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
18	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1 การขานชื่อ การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน และการส่งงานตามกำหนดระยะเวลา 2 สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ อย่างต่อเนื่อง 3 ความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย 4 การกระทำทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30

		2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย 3 ประเมินจากรายงานที่ได้รับมอบหมาย		
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1 ติดตามการทำงานร่วมกับสมาชิกกลุ่มของนักศึกษาเป็นระยะ 2 ประเมินจากการนำเสนอรายงานหน้าชั้นเรียน 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น 4 ประเมินจากพฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถามระหว่างกิจกรรมการเรียน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1 ประเมินจากเทคนิคการนำเสนอโดยการเลือกใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือคณิตศาสตร์และสถิติที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมศาสตร์ที่เหมาะสม	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

- เอกสารประกอบการสอนรายวิชา ผศ.ชิตพล คงศิลา
- Electric Vehicle Technology Explained 1st Edition by James Larminie, John Lowry

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1. วิศวกรรมยานยนต์ เผด็จ แสนเกษม
2. วิศวกรรมยานยนต์ ธีรยุทธ สุวรรณประทีป

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา โดยแทรกผลงานวิจัยของอาจารย์เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ความรู้นี้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME41403
การอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน
Energy Conservation and Management

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ ทั่วไป

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการเบื้องต้นของการอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน
2. นักศึกษาสามารถอธิบายความสำคัญของการอนุรักษ์และการจัดการพลังงานได้
3. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับและสามารถอธิบายความสำคัญของสมดุลพลังงานในการอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน
4. นักศึกษาสามารถจัดทำรายงานการจัดการพลังงานได้
5. นักศึกษามีทักษะการวิเคราะห์สมรรถนะและประสิทธิภาพหม้อแปลงไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า ไฟแสงสว่าง หม้อไอน้ำ เครื่องปรับอากาศ เครื่องอัดอากาศ และอาคารสิ่งปลูกสร้าง
6. นักศึกษามีทักษะและความสามารถในการตรวจวัดการใช้พลังงาน เครื่องมือและเทคนิคในการตรวจวัด
7. นักศึกษามีทักษะในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และแผนอนุรักษ์พลังงาน กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

หลักการความสำคัญและความรู้พื้นฐานของการอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน การปรับปรุงการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง หม้อแปลงไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า หม้อไอน้ำ เครื่องปรับอากาศ ระบบลมอัด และอาคารสิ่งปลูกสร้าง การจัดการการใช้ไฟฟ้าหลักการพื้นฐานของ การคำนวณค่าไฟฟ้า การจัดการและอนุรักษ์พลังงานความร้อน พลังงานทดแทน การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และแผนอนุรักษ์พลังงาน กฎหมายที่เกี่ยวข้องและกรณีศึกษา

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
45 ชั่วโมง (3 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	การจัดทำรายงานการจัดการพลังงาน	90 ชั่วโมง (6 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับ	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียน	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

งานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

	5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน**	**สื่อที่ใช้**
1	รายละเอียดวิชา - บทที่ 1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลังงาน	3	- แนวการสอน เกณฑ์การประเมินผล - บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
2	- บทที่ 2 ความสำคัญของการจัดการและการอนุรักษ์พลังงาน	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
3	- บทที่ 3 การจัดการพลังงาน	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
4	- บทที่ 4 การประเมินศักยภาพภาพการอนุรักษ์พลังงาน	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
5	บทที่ 5 การตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงาน	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน

6	- บทที่ 6 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการอนุรักษ์พลังงาน	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
7	สอบกลางภาค	3		
8	- บทที่ 7 การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้า	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
9	- บทที่ 8 การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
10	- บทที่ 9 การอนุรักษ์พลังงานในระบบอัดอากาศ	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
11	- บทที่ 10 การอนุรักษ์พลังงานในระบบทำความเย็นและปรับอากาศ	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
12	- บทที่ 10 การอนุรักษ์พลังงานในระบบทำความเย็นและปรับอากาศ	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
13	- บทที่ 11 การอนุรักษ์พลังงานในระบบไอน้ำและเตาเผา	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
14	- บทที่ 12 การอนุรักษ์พลังงานในมอเตอร์ไฟฟ้า ปั้มน้ำและพัดลม	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
15	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30

4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

ตำรา การอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน (ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ)

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

- Website กระทรวงพลังงาน
- หนังสือเกี่ยวกับพลังงาน

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

- Website ที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน ที่สามารถอ้างอิงได้ เป็นของหน่วยงานที่น่าเชื่อถือ

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ ให้นักศึกษาทุกคนประเมินประสิทธิผลของรายวิชา ได้แก่ วิธีการสอน การจัดกิจกรรมในและนอกห้องเรียน สิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน ซึ่งมีผลกระทบต่อการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่ได้รับและเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงรายวิชา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

ทำการการประเมินการสอน โดยคณะกรรมการประเมินการสอนที่แต่งตั้งโดยคณะกรรมการบริหารหลักสูตร จากการสังเกตการสอนและทำการสัมภาษณ์นักศึกษา ผลการสอบของนักศึกษา

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์และวิธีการสอนจากผลการประเมินประสิทธิผลของรายวิชา แล้วจัดทำรายงานรายวิชาตามรายละเอียดที่ สกอ.กำหนดทุกภาคการศึกษา

2) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนเข้ารับการฝึกอบรมกลยุทธ์การสอน การวิจัยในชั้นเรียน และมอบหมายให้อาจารย์ผู้สอนรายวิชาที่มีปัญหา ทำวิจัยในชั้นเรียนอย่างน้อยภาคการศึกษาละ 1 รายวิชา

3) มีการประชุมอาจารย์ผู้สอนของหลักสูตรเพื่อหารือปัญหาการเรียนรู้ของนักศึกษาและหาแนวทางแก้ไข

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

1) หลักสูตรมีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ประเมินการสอน การทบทวนสอบผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชาโดยการสุ่มประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน ทั้งคะแนนดิบและระดับคะแนนของรายวิชา ภายในรอบเวลาของหลักสูตร

2) จัดการสอบประมวลผลความรู้นักศึกษาก่อนจบการศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

หลักสูตรมีระบบการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา ผลการประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนของหลักสูตร การรายงานรายวิชาโดยอาจารย์ผู้สอนภายหลังการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนรับผิดชอบในการทบทวนเนื้อหาที่สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้ และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาในรายงานผลการดำเนินงานของรายวิชาเสนอต่อกรรมการหลักสูตร

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME41404
เทคโนโลยีวิศวกรรมการอบแห้ง
Drying Engineering Technology

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ ทั่วไป

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการการแผ่รังสีดวงอาทิตย์

2. นักศึกษาสามารถอธิบายอธิบายความหมายของลักษณะพื้นที่ คุณสมบัติของอากาศชื้น การไหลของอากาศ ความชื้นสมดุลได้

3. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับและสามารถทำการวัดและการวิเคราะห์ข้อมูลการแผ่รังสีที่ส่งผ่านและการดูดกลืนรังสีของตัวกลางกึ่งโปร่งใส

4. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับและอธิบายความหมายทางทฤษฎีของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นราบและแบบโฟกัส

5. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับและอธิบายความหมายคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของอาหารและเมล็ดพืชระบบอบแห้ง

6. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับและอธิบายความหมายการวิเคราะห์การอบแห้งอย่างง่ายและแม่นยำ เทคโนโลยีการอบแห้ง

7. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับและอธิบายความหมายการอบแห้งเมล็ดเดี่ยว การอบแห้งแบบชั้นบาง การอบแห้งแบบชั้นหนา

8. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับและอธิบายความหมายการวิเคราะห์การอบแห้งอาหาร การอบแห้งแบบชั้นเมล็ดพืชนิ่งและชั้นเมล็ดพืชเคลื่อนที่การอบแห้งแบบพ่นฝอย การอบแห้งแบบถังหมุน

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ การวัดและการวิเคราะห์ข้อมูลการแผ่รังสีที่ส่งผ่านและการดูดกลืนรังสีของตัวกลางกึ่งโปร่งใส ลักษณะพื้นที่ ทฤษฎีของตัวเก็บรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นราบและแบบโฟกัสคุณสมบัติของอากาศชื้น การไหลของอากาศ ความชื้นสมดุล คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของอาหารและเมล็ดพืชระบบอบแห้ง การวิเคราะห์การอบแห้งอย่างง่ายและแม่นยำ เทคโนโลยีการอบแห้ง การอบแห้งเมล็ดเดี่ยว การอบแห้งแบบชั้นบาง การอบแห้งแบบชั้นหนา การวิเคราะห์การอบแห้งอาหาร การอบแห้งแบบชั้นเมล็ดพืชนิ่งและชั้นเมล็ดพืชเคลื่อนที่ การอบแห้งแบบพ่นฝอย การอบแห้งแบบถังหมุน

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
45 ชั่วโมง (3 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	การพัฒนาโรงอบแห้งจากแสงอาทิตย์	90 ชั่วโมง (6 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ

	4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมี	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะ	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตาม

ประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	มหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	การทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน**	**สื่อที่ใช้**
1-2	รายละเอียดวิชา - บทที่ 1 การแผ่รังสีดวงอาทิตย์	6	- แนวการสอน เกณฑ์การประเมินผล	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน

			- บรรยาย	
3-4	- บทที่ 2 คุณสมบัติของอากาศและความชื้น	6	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
5-6	- บทที่ 3 คุณสมบัติของอาหารและเมล็ดพืช	6	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
6-7	- บทที่ 4 เทคโนโลยีการอบแห้ง	6	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
8	สอบกลางภาค	3		
9-10	- บทที่ 5 การวิเคราะห์การอบแห้ง	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
11-12	- บทที่ 6 การอบแห้งแบบชั้น	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
13-14	- บทที่ 7 การอบแห้งแบบถังหมุน	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
15	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30

		และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา		
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

ศาสตราจารย์ ดร. เสริม จันทร์ฉาย. 2560. ตำราประกอบการสอนวิชา 514 524 เทคโนโลยีการอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์. ภาควิชาฟิ สิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

Xiao Dong Chen and Arun S. Mujumdar. 2007. Drying Technologies in Food Processing. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, United Kingdom.

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

- Website กระทรวงพลังงาน

- หนังสือเกี่ยวกับพลังงาน

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

- Website ที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน ที่สามารถอ้างอิงได้ เป็นของหน่วยงานที่น่าเชื่อถือ

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ ให้นักศึกษาทุกคนประเมินประสิทธิผลของรายวิชา ได้แก่ วิธีการสอน การจัดกิจกรรมในและนอกห้องเรียน สิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน ซึ่งมีผลกระทบต่อการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่ได้รับและเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงรายวิชา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

ทำการการประเมินการสอน โดยคณะกรรมการประเมินการสอนที่แต่งตั้งโดยคณะกรรมการบริหารหลักสูตร จากการสังเกตการสอนและทำการสัมภาษณ์นักศึกษา ผลการสอบของนักศึกษา

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์และวิธีการสอนจากผลการประเมินประสิทธิผลของรายวิชา แล้วจัดทำรายงานรายวิชาตามรายละเอียดที่ สกอ.กำหนดทุกภาคการศึกษา

2) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนเข้ารับการฝึกอบรมกลยุทธ์การสอน การวิจัยในชั้นเรียน และมอบหมายให้อาจารย์ผู้สอนรายวิชาที่มีปัญหา ทำวิจัยในชั้นเรียนอย่างน้อยภาคการศึกษาละ 1 รายวิชา

3) มีการประชุมอาจารย์ผู้สอนของหลักสูตรเพื่อหารือปัญหาการเรียนรู้ของนักศึกษาและหาแนวทางแก้ไข

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

1) หลักสูตรมีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ประเมินการสอน การทบทวนสอบผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชาโดยการสุ่มประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน ทั้งคะแนนดิบและระดับคะแนนของรายวิชา ภายในรอบเวลาของหลักสูตร

2) จัดการสอบประมวลผลความรู้นักศึกษาก่อนจบการศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

หลักสูตรมีระบบการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา ผลการประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนของหลักสูตร การรายงานรายวิชาโดยอาจารย์ผู้สอนภายหลังการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนรับผิดชอบในการทบทวนเนื้อหาที่สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้ และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาในรายงานผลการดำเนินงานของรายวิชาเสนอต่อกรรมการหลักสูตร

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME41405
การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องจักรในโรงงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
Machine Efficiency Analysis for Energy Conservation in Factories

2. จำนวนหน่วยกิต

3(2-2-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ ทั่วไป

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจถึงความสำคัญของการอนุรักษ์พลังงานหลักการเบื้องต้นของการอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน
2. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับและสามารถอธิบายกฎหมายที่เกี่ยวข้องการจัดการพลังงาน
3. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับและสามารถอธิบายขั้นตอนการจัดการพลังงานการกำหนด
4. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับและสามารถอธิบายกฎหมายที่เกี่ยวข้องการจัดการพลังงาน
5. นักศึกษามีทักษะการวิเคราะห์ประเมินศักยภาพภาพการอนุรักษ์พลังงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์
6. นักศึกษามีทักษะและความสามารถในการวางแผนการทำมาตรการอนุรักษ์พลังงาน
7. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับและสามารถอธิบายค่ามาตรฐานต่าง ๆ เพื่อการอนุรักษ์พลังงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์
8. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับและสามารถอธิบายขั้นตอนการตรวจวัดและการรวบรวมข้อมูลเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
9. นักศึกษามีทักษะและความสามารถในการการประเมินประสิทธิภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
10. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับและสามารถอธิบายตัวแปรปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์
11. นักศึกษามีทักษะและความสามารถในการใช้เครื่องมือและเทคนิคในการตรวจวัดเครื่องจักรและอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
12. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับและสามารถอธิบายมาตรการการอนุรักษ์เครื่องจักรและอุปกรณ์

13. นักศึกษามีทักษะในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และแผนอนุรักษ์พลังงาน

14. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับและสามารถอธิบายกรณีศึกษามาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงาน

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

ความสำคัญของการอนุรักษ์พลังงานหลักการเบื้องต้นของการอนุรักษ์และการจัดการพลังงาน ระเบียบกฎหมายที่เกี่ยวข้องการจัดการพลังงานและขั้นตอนการจัดการพลังงานการกำหนดและวางแผนการทำมาตรการอนุรักษ์พลังงานการประเมินศักยภาพภาพการอนุรักษ์พลังงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ ค่ามาตรฐานต่าง ๆ เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ขั้นตอนการตรวจวัดและการรวบรวมข้อมูลเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน การประเมินประสิทธิภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ตัวแปรปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์ เครื่องมือและเทคนิคในการตรวจวัด มาตรการการอนุรักษ์ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และแผนอนุรักษ์พลังงาน กรณีศึกษามาตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงาน

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
30 ชั่วโมง(2 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	30 ชั่วโมง(2 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)	75 ชั่วโมง(5 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบ	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายใน	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา

ต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	เวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	รายละเอียดวิชา - บทที่ 1 การใช้พลังงานและกระบวนการผลิตของโรงงาน	3	- แนวการสอน เกณฑ์การประเมินผล - บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
3	- บทที่ 2 การจัดการและการอนุรักษ์พลังงาน	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
3	- บทที่ 3 การประเมินศักยภาพภาพการอนุรักษ์พลังงาน	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
4	- บทที่ 4 ค่ามาตรฐานเพื่อการอนุรักษ์พลังงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงาน	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
5	บทที่ 5 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการอนุรักษ์พลังงาน	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
6	- บทที่ 6 การวางแผนการทำมาตรการอนุรักษ์พลังงาน	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
7	สอบกลางภาค	3		
8	- บทที่ 7 ขั้นตอนการตรวจวัดและการรวบรวมข้อมูลเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
9	- บทที่ 8 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบอัดอากาศ	3	- บรรยาย -ปฏิบัติการเครื่องอัดอากาศ	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน -ห้องปฏิบัติการ
10	- บทที่ 9 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบทำความเย็นและปรับอากาศ	3	- บรรยาย -ปฏิบัติการระบบทำความเย็นและปรับอากาศ	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน -ห้องปฏิบัติการ
11	- บทที่ 10 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการประเมินประสิทธิภาพระบบทำความเย็นและปรับอากาศ	3	- บรรยาย -ปฏิบัติการระบบทำความเย็นและปรับอากาศ	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน -ห้องปฏิบัติการ

12	- บทที่ 11 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบไอน้ำและเตาเผา	3	- บรรยาย -ปฏิบัติการระบบไอน้ำและเตาเผา	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน -ห้องปฏิบัติการ
13	- บทที่ 11 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพมอเตอร์ไฟฟ้า ปั้มน้ำและพัดลม	3	- บรรยาย -ปฏิบัติการมอเตอร์ไฟฟ้า ปั้มน้ำและพัดลม	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน -ห้องปฏิบัติการ
14	- บทที่ 12 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบผลิตในโรงงาน	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
15	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

		3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยี เพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้		

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

- เอกสารเกี่ยวกับ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องจักรในโรงงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
- Website กระทรวงพลังงาน

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

- Website กระทรวงพลังงาน
- หนังสือเกี่ยวกับพลังงาน

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

- Website ที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน ที่สามารถอ้างอิงได้ เป็นของหน่วยงานที่น่าเชื่อถือ

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ ให้นักศึกษาทุกคนประเมินประสิทธิผลของรายวิชา ได้แก่ วิธีการสอน การจัดกิจกรรมในและนอกห้องเรียน สิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน ซึ่งมีผลกระทบต่อการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่ได้รับและเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงรายวิชา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

ทำการการประเมินการสอน โดยคณะกรรมการประเมินการสอนที่แต่งตั้งโดยคณะกรรมการบริหารหลักสูตร จากการสังเกตการสอนและทำการสัมภาษณ์นักศึกษา ผลการสอบของนักศึกษา

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์และวิธีการสอนจากผลการประเมินประสิทธิผลของรายวิชา แล้วจัดทำรายงานรายวิชาตามรายละเอียดที่ สกอ.กำหนดทุกภาคการศึกษา

2) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนเข้ารับการฝึกอบรมกลยุทธ์การสอน การวิจัยในชั้นเรียน และมอบหมายให้อาจารย์ผู้สอนรายวิชาที่มีปัญหา ทำวิจัยในชั้นเรียนอย่างน้อยภาคการศึกษาละ 1 รายวิชา

3) มีการประชุมอาจารย์ผู้สอนของหลักสูตรเพื่อหารือปัญหาการเรียนรู้ของนักศึกษาและหาแนวทางแก้ไข

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

1) หลักสูตรมีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ประเมินการสอน การทบทวนสอบผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชาโดยการสุ่มประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน ทั้งคะแนนดิบและระดับคะแนนของรายวิชา ภายในรอบเวลาของหลักสูตร

2) จัดการสอบประมวลผลความรู้นักศึกษาก่อนจบการศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

หลักสูตรมีระบบการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา ผลการประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนของหลักสูตร การรายงานรายวิชาโดยอาจารย์ผู้สอนภายหลังการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนรับผิดชอบในการทบทวนเนื้อหาที่สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้ และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาในรายงานผลการดำเนินงานของรายวิชาเสนอต่อกรรมการหลักสูตร

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME41406
แหล่งพลังงานทดแทนและพลังงานหมุนเวียน
Renewable and Sustainable Energy Resources

2. จำนวนหน่วยกิต

3(2-2-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ ทั่วไป

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (Prerequisite Subject) (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแหล่งพลังงานทดแทน
2. นักศึกษาสามารถอธิบายความสำคัญของแหล่งพลังงานทดแทน ศักยภาพของแหล่งพลังงานทดแทน การประยุกต์การใช้งานแหล่งพลังงานทดแทนและการนำเอาพลังงานทดแทนไปใช้งานได้
3. นักศึกษาทราบถึงสถานการณ์พลังงานและแนวโน้ม การใช้พลังงานและพลังงานทดแทนในอนาคต
4. นักศึกษาทราบถึงนโยบายและแผนพัฒนาพลังงานของรัฐบาล
5. นักศึกษาฝึกทักษะการทำงานร่วมกัน เช่น การวางแผน การทำงานเป็นทีม (Team Work) การระดมพลังสมอง การนำเสนอเป็นกลุ่ม
6. เพื่อให้มีความสามารถในการจัดการประชุมลักษณะต่าง เช่น การบรรยาย เสวนา ตลอดจนการจัดเตรียม การจดบันทึก และการจัดระบบเอกสาร
7. พัฒนาทักษะการสืบค้นของมูลทางอิเล็กทรอนิกส์ ทั้ง Internet เอกสาร และหนังสือต่าง ๆ ได้

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับแหล่งพลังงานทดแทน ปริมาณการใช้พลังงานหลักและพลังงานทดแทน ศักยภาพการผลิตพลังงานหลักและพลังงานทดแทน แผนการใช้พลังงานหลักและพลังงานทดแทน แหล่งพลังงานหลักและพลังงานทดแทน เทคโนโลยีการผลิตและการใช้พลังงานทดแทนทั้งทางด้านเทคนิค เศรษฐกิจ และสังคม ตัวอย่างการใช้พลังงานทดแทนและการประยุกต์ใช้งาน

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
30 ชั่วโมง(2 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	30 ชั่วโมง(2 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)	75 ชั่วโมง (5 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม		

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและ	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

	รับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	- รายละเอียดวิชา - บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลังงาน	4	- แนวการสอน เกณฑ์การประเมินผล - บรรยาย -ปฏิบัติงานตามมอบหมาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
2	บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลังงาน	4	- บรรยาย -ปฏิบัติงานตามมอบหมาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
3	บทที่ 2 สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย	4	- บรรยาย -ปฏิบัติงานตามมอบหมาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
4	บทที่ 3 สถานการณ์และแนวโน้มการใช้พลังงานทดแทน	4	- บรรยาย -ปฏิบัติงานตามมอบหมาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
5	บทที่ 4 แผนพัฒนาพลังงานของ	4	- บรรยาย	- Powerpoint

	ประเทศไทย		-ปฏิบัติงานตามมอบหมาย	- เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
6	- บทที่ 5 แหล่งพลังงานหลัก พลังงานสิ้นเปลือง - แบ่งกลุ่มทำรายงาน ตามหัวข้อที กำหนด	4	- บรรยาย - แบ่งกลุ่มทำรายงาน	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
7	บทที่ 5 แหล่งพลังงานหลัก พลังงานสิ้นเปลือง	4	- บรรยาย -ปฏิบัติงานตามมอบหมาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
8	บทที่ 5 แหล่งพลังงานหลัก พลังงานสิ้นเปลือง	4	- บรรยาย -ปฏิบัติงานตามมอบหมาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
9	สอบกลางภาค	3		
10	บทที่ 6 แหล่งพลังงานทดแทนที่มีสถานะเมื่อใช้งานเป็นของแข็ง	4	- บรรยาย -ปฏิบัติงานตามมอบหมาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
11	บทที่ 6 แหล่งพลังงานทดแทนที่มีสถานะเมื่อใช้งานเป็นของแข็ง	4	- บรรยาย -ปฏิบัติงานตามมอบหมาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
12	บทที่ 7 แหล่งพลังงานทดแทนที่มีสถานะเมื่อใช้งานเป็นของเหลว	4	- บรรยาย -ปฏิบัติงานตามมอบหมาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
13	บทที่ 7 แหล่งพลังงานทดแทนที่มีสถานะเมื่อใช้งานเป็นของเหลว	4	- บรรยาย -ปฏิบัติงานตามมอบหมาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
14	บทที่ 8 แหล่งพลังงานทดแทนที่มีสถานะเมื่อใช้งานเป็นก๊าซและอากาศ	4	- บรรยาย -ปฏิบัติงานตามมอบหมาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
15	บทที่ 8 แหล่งพลังงานทดแทนที่มีสถานะเมื่อใช้งานเป็นก๊าซและอากาศ	4	- บรรยาย -ปฏิบัติงานตามมอบหมาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
16	สอบปลายภาต	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหาผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C

55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารคำสอน รายวิชาพลังงานทดแทน (ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ)

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

- Website กระทรวงพลังงาน
- หนังสือเกี่ยวกับพลังงาน

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

- Website ที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน ที่สามารถอ้างอิงได้ เป็นของหน่วยงานที่น่าเชื่อถือ

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ ให้นักศึกษาทุกคนประเมินประสิทธิผลของรายวิชา ได้แก่ วิธีการสอน การจัดกิจกรรมในและนอกห้องเรียน สิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน ซึ่งมีผลกระทบต่อการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่ได้รับและเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงรายวิชา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

ทำการการประเมินการสอน โดยคณะกรรมการประเมินการสอนที่แต่งตั้งโดยคณะกรรมการบริหารหลักสูตร จากการสังเกตการสอนและทำการสัมภาษณ์นักศึกษา ผลการสอบของนักศึกษา

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์และวิธีการสอนจากผลการประเมินประสิทธิผลของรายวิชา แล้วจัดทำรายงานรายวิชาตามรายละเอียดที่ สกอ.กำหนดทุกภาคการศึกษา

2) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนเข้ารับการฝึกอบรมกลยุทธ์การสอน การวิจัยในชั้นเรียน และมอบหมายให้อาจารย์ผู้สอนรายวิชาที่มีปัญหา ทำวิจัยในชั้นเรียนอย่างน้อยภาคการศึกษาละ 1 รายวิชา

3) มีการประชุมอาจารย์ผู้สอนของหลักสูตรเพื่อหารือปัญหาการเรียนรู้ของนักศึกษาและหาแนวทางแก้ไข

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

1) หลักสูตรมีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ประเมินการสอน การทบทวนสอบผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชาโดยการสุ่มประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน ทั้งคะแนนดิบและระดับคะแนนของรายวิชา ภายในรอบเวลาของหลักสูตร

2) จัดการสอบประมวลผลความรู้นักศึกษาก่อนจบการศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

หลักสูตรมีระบบการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา ผลการประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนของหลักสูตร การรายงานรายวิชาโดยอาจารย์ผู้สอนภายหลังการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนรับผิดชอบในการทบทวนเนื้อหาที่สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้ และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาในรายงานผลการดำเนินงานของรายวิชาเสนอต่อกรรมการหลักสูตร

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME41407
การอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม
Building and Industrial Energy Conservation

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ ทั่วไป

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับการใช้พลังงานในอาคารและโรงงาน
2. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับภาระความร้อนในอาคารและโรงงาน การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ผลของความร้อนและแสงต่ออาคารและโรงงาน
3. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับเทคโนโลยีการปรับอากาศและการระบายอากาศในอาคารและโรงงาน
4. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงาน
5. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือ การวิเคราะห์การใช้พลังงาน การประมาณศักยภาพการประหยัดพลังงาน
6. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับระบบและอุปกรณ์และเครื่องจักรที่มีใช้พลังงานในอาคารและโรงงาน
7. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับการคำนวณการประหยัดพลังงาน ผลตอบแทนการลงทุน
8. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานในระบบไอน้ำ การเผาไหม้ เตาอบ ที่ใช้ในอาคารและโรงงาน
9. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้า ปั๊ม พัดลม และอุปกรณ์ที่สำคัญอื่น ๆ ที่ใช้ในอาคารและโรงงาน
10. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับการปรับอากาศและการระบายอากาศที่ใช้ในอาคารและโรงงาน

11. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ เทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา Course Description

ความต้องการในการใช้พลังงานในอาคารและโรงงาน ภาระความร้อนในอาคารและโรงงาน การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ผลของความร้อนและแสงต่ออาคารและโรงงาน เทคโนโลยีการปรับอากาศและการระบายอากาศ วัสดุในการทำฉนวน การอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงาน การคำนวณการประหยัดพลังงาน การใช้เครื่องมือ การวิเคราะห์การใช้พลังงาน การประมาณศักยภาพการประหยัดพลังงาน ผลตอบแทนการลงทุน ระบบและอุปกรณ์และเครื่องจักรที่มีใช้พลังงานในอาคารและโรงงาน การประหยัดพลังงานในระบบไอน้ำ การเผาไหม้ เตาอบ มอเตอร์ไฟฟ้า การปรับอากาศและการระบายอากาศ ปั๊ม และอุปกรณ์ที่สำคัญอื่น ๆ การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่ เทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา Number of hours per semeter

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
45 ชั่วโมง (3 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย		90 ชั่วโมง (6 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพ	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการ

กฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็น	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์

รับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	กลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน**	**สื่อที่ใช้**
1-2	รายละเอียดวิชา - บทที่ 1 การใช้พลังงานในอาคารและโรงงาน	6	- แนวการสอน เกณฑ์การประเมินผล - บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
3	- บทที่ 2 การอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงาน	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
4	- บทที่ 3 การคำนวณการประหยัดพลังงาน	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
5	- บทที่ 4 การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าในในอาคารและโรงงาน	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
6	- บทที่ 5 การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารและโรงงาน	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
7	สอบกลางภาค	3		
8-9	- บทที่ 6 การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศและการระบายอากาศในอาคารและโรงงาน	6	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
10	- บทที่ 7 การอนุรักษ์พลังงานในระบบอัดอากาศในอาคารและโรงงาน	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
11-12	- บทที่ 8 การอนุรักษ์พลังงานในระบบระบบไอน้ำ การเผาไหม้ เตาอบ ในอาคารและโรงงาน	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
13	- บทที่ 9 การอนุรักษ์พลังงานในระบบมอเตอร์ไฟฟ้า ปั้ม และพัดลมในอาคารและโรงงาน	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน

14	- บทที่ 10 เทคโนโลยีระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
15	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน. 2557. คู่มือกรณีตัวอย่างมาตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ประเทศไทย

ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ. 2563. การจัดการและการอนุรักษ์พลังงาน. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยลัยราชภัฏอุดรธานี. ประเทศไทย

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

- Website กระทรวงพลังงาน
- หนังสือเกี่ยวกับพลังงาน

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

- Website ที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน ที่สามารถอ้างอิงได้ เป็นของหน่วยงานที่น่าเชื่อถือ

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ ให้นักศึกษาทุกคนประเมินประสิทธิผลของรายวิชา ได้แก่ วิธีการสอน การจัดกิจกรรมในและนอกห้องเรียน สิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน ซึ่งมีผลกระทบต่อการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่ได้รับและเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงรายวิชา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

ทำการการประเมินการสอน โดยคณะกรรมการประเมินการสอนที่แต่งตั้งโดยคณะกรรมการบริหารหลักสูตร จากการสังเกตการสอนและทำการสัมภาษณ์นักศึกษา ผลการสอบของนักศึกษา

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์และวิธีการสอนจากผลการประเมินประสิทธิผลของรายวิชา แล้วจัดทำรายงานรายวิชาตามรายละเอียดที่ สกอ.กำหนดทุกภาคการศึกษา

2) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนเข้ารับการฝึกอบรมกลยุทธ์การสอน การวิจัยในชั้นเรียน และมอบหมายให้อาจารย์ผู้สอนรายวิชาที่มีปัญหา ทำวิจัยในชั้นเรียนอย่างน้อยภาคการศึกษาละ 1 รายวิชา

3) มีการประชุมอาจารย์ผู้สอนของหลักสูตรเพื่อหารือปัญหาการเรียนรู้ของนักศึกษาและหาแนวทางแก้ไข

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

1) หลักสูตรมีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ประเมินการสอน การทบทวนสอบผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชาโดยการสุ่มประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน ทั้งคะแนนดิบและระดับคะแนนของรายวิชา ภายในรอบเวลาของหลักสูตร

2) จัดการสอบประมวลผลความรู้นักศึกษาก่อนจบการศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

หลักสูตรมีระบบการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา ผลการประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนของหลักสูตร การรายงานรายวิชาโดยอาจารย์ผู้สอนภายหลังการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนรับผิดชอบในการทบทวนเนื้อหาที่สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้ และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาในรายงานผลการดำเนินงานของรายวิชาเสนอต่อกรรมการหลักสูตร

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME41408
การออกแบบระบบทางความร้อนขั้นสูง
Advance Thermal System Design

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ชิตพล คงศิลา

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 2 / ชั้นปีที่ 4

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (Prerequisite Subject) (ถ้ามี)

ME21391 พลังงาน โรงจักรต้นกำลังและระบบทางความร้อน
ME21351 การถ่ายเทความร้อน

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจ และความพร้อมในการนำเอาองค์ความรู้เกี่ยวกับหลักการที่สำคัญทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของวิชาการออกแบบระบบทางความร้อนขั้นสูง ไปใช้ในการตั้งสมมติฐาน วิเคราะห์ และแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่เหมาะสม รวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม

2. เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง และประยุกต์ใช้งานกับการเรียนในรายวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME21391 พลังงาน โรงจักรต้นกำลังและระบบทางความร้อน

ME21351 การถ่ายเทความร้อน

การวิเคราะห์และการออกแบบระบบทางความร้อนขั้นสูง วิธีเลือกและออกแบบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบการไหลและระบบทางความร้อน การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบทางความร้อน การสร้างสมการแบบจำลองของอุปกรณ์ทางความร้อน การจำลองระบบ การหาค่าเหมาะสมที่สุด

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
บรรยาย 48 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา(ประมาณ 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	ไม่มีการฝึกปฏิบัติ	การศึกษาด้วยตนเอง 96 ชั่วโมง/ภาคการศึกษา (ประมาณ 6 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะนักศึกษาที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ ขององค์กรและสังคม 2 สามารถวิเคราะห์และประเมินผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคล องค์กร สังคม และสิ่งแวดล้อม 3 มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ รวมถึงเข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน	1 ปลูกฝังให้นักศึกษามีระเบียบวินัย ปฏิบัติตามกฎกติกาที่กำหนดหรือได้ตกลงกันไว้ และปลูกฝังให้มีความรับผิดชอบ โดยเริ่มตั้งแต่การเข้าชั้นเรียนให้ตรงเวลา การส่งงานตามกำหนดเวลา ตลอดจนการแต่งกายที่เป็นไปตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัยฯ 2 ปลูกฝังเรื่องจรรยาบรรณทางวิชาชีพ ความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ ตลอดจนผล กระทบที่จะเกิดขึ้นต่อบุคคล สังคม และสิ่งแวดล้อม หากกระทำการโดยขาดจรรยาบรรณทางวิชาชีพ	1 การขานชื่อ การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน และการส่งงานตามกำหนดระยะเวลา 2 สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ อย่างต่อเนื่อง 3 ความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย 4 การกระทำทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐาน และเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหา ของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม 3 สามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา ด้วยวิธีการที่เหมาะสม รวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม 4 สามารถใช้ความรู้และทักษะในสาขาวิชาของตน ในการประยุกต์แก้ไขปัญหาในงานจริงได้	1 บรรยายโดยเขียนบนกระดานประกอบกับการอ้างอิงในหนังสือ ใช้สื่อการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนสื่อการสอนที่เป็นชิ้นงานจริง 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 3 มอบหมายแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี 2 สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และ สรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ 3 สามารถคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมได้อย่างมีระบบ รวมถึงการใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ 4 สามารถสืบค้นข้อมูลและแสวงหาความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต และทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 ให้นักศึกษาค้นคว้า พร้อมทั้งจัดทำรายงานที่ได้จากการค้นคว้า	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย 3 ประเมินจากรายงานที่ได้รับมอบหมาย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 สามารถวางแผนและรับผิดชอบในการพัฒนาการเรียนรู้ทั้งของตนเองและสอดคล้องกับทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง 2 รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพรวมถึงสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งได้อย่างเหมาะสม สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ติดตามการทำงานร่วมกับสมาชิกกลุ่มของนักศึกษาเป็นระยะ 2 ประเมินจากการนำเสนอรายงานหน้าชั้นเรียน 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น 4 ประเมินจากพฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถามระหว่างกิจกรรมการเรียน

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารที่ทันสมัยได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้ 3 มีทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูด การเขียน และการสื่อความหมายโดยใช้สัญลักษณ์	1 มอบหมายงานให้ศึกษาค้นคว้าเนื้อหาเพิ่มเติมด้วยตนเอง จากเว็บไซต์สื่อการสอน E- Learning 2 ส่งเสริมการค้นคว้า เรียบเรียงข้อมูล และนำเสนอโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากเทคนิคการนำเสนอโดยการเลือกใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือคณิตศาสตร์และสถิติที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมศาสตร์ที่เหมาะสม

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	แนะนำรายวิชา แนวความคิดเบื้องต้นของเทอร์โมไดนามิคส์ การประยุกต์ใช้กฎข้อที่หนึ่งและกฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิคส์	3	อธิบายเกณฑ์การวัดผลและประเมินผล บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
2	การวิเคราะห์และการออกแบบระบบทางความร้อนขั้นสูง	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
3	วิธีเลือกและออกแบบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบการไหลและระบบทางความร้อน	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
4	การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบทางความร้อน	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
5	อุปกรณ์ทางความร้อน	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
6	การสร้างสมการแบบจำลองของอุปกรณ์ทางความร้อน	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
7-8	การจำลองระบบ	6	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
9	สอบกลางภาค	3		
10-11	การหาค่าเหมาะสมที่สุด	6	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
12-13	ตัวคูณลากรองจ์	6	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
14-15	จีโอเมตริกโปรแกรมมิ่ง	6	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ	สื่อนำเสนอในรูปแบบ

			การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	Powerpoint
16-17	ลีเนียร์โปรแกรมมิ่ง	6	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
18	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1 การขานชื่อ การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน และการส่งงานตามกำหนดระยะเวลา 2 สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ อย่างต่อเนื่อง 3 ความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย 4 การกระทำทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย 3 ประเมินจากรายงานที่ได้รับมอบหมาย	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1 ติดตามการทำงานร่วมกับสมาชิกกลุ่มของนักศึกษาเป็นระยะ 2 ประเมินจากการนำเสนอรายงานหน้าชั้นเรียน 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น 4 ประเมินจากพฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถามระหว่างกิจกรรมการเรียน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1 ประเมินจากเทคนิคการนำเสนอโดยการเลือกใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือคณิตศาสตร์และสถิติที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมศาสตร์ที่เหมาะสม	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

- เอกสารประกอบการสอนรายวิชา ผศ.ชิตพล คงศิลา
- Advances in Design and Thermal Systems: Select Proceedings of ETDMMT 2020 (Lecture Notes in Mechanical Engineering) 1st ed. 2021 Edition, Kindle Edition by Lionel Ganippa , R. Karthikeyan , V. Muralidharan

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1. สมชาติ วงศ์วิเศษ, การออกแบบและการหาสภาพที่เหมาะสมที่สุดทางความร้อน, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธรบุรี, 2541

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ
2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา โดยแทรกผลงานวิจัยของอาจารย์เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ความรู้นี้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME41409
การขนถ่ายวัสดุ
Material Handling

2. จำนวนหน่วยกิต

3(2-2-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ.กวีพงษ์ หงษ์ทอง

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ ทั่วไป

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการศึกษาการวิเคราะห์และวางแผนการขนถ่ายวัสดุ
2. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเปรียบเทียบและการคัดเลือกเครื่องมือขนถ่ายวัสดุ
3. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวางผังขนถ่ายวัสดุ
4. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบระบบเครื่องมือขนถ่ายวัสดุ
5. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการขนถ่ายโดยแรงดึงดูดโลก
6. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเกลียวลำเลียง
7. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกะพ้อ
8. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสายพานลำเลียง
9. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโซ่ลำเลียง
10. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องลำเลียงโดยการสั่น
11. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการกำจัดฝุ่นและการออกแบบระบบท่อ
12. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการขนถ่ายวัสดุเหลว
13. นักศึกษาสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้งานได้

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาการวิเคราะห์และวางแผนการขนถ่ายวัสดุ การเปรียบเทียบและการคัดเลือกเครื่องมือขนถ่ายวัสดุ การวางผังขนถ่ายวัสดุ การออกแบบระบบเครื่องมือขนถ่ายวัสดุ ระบบต้นกำลังของการขนถ่ายวัสดุ การขนถ่าย

ด้วยเกลียวลำเลียง กะพ้อ สายพานลำเลียง โซ่ลำเลียง การลำเลียงแบบสั่น การลำเลียงในท่อ การวัสดุขึ้น-ลง ลิฟท์ บันไดเลื่อนและทางเลื่อน เครน รถขนส่งวัสดุอัตโนมัติ ระบบการจัดการคลังสินค้าและการลำเลียงอัตโนมัติ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
30 ชั่วโมง(2 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	30 ชั่วโมง(2 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)	75 ชั่วโมง(5 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมิน

พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	ปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	จากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความ	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

	รับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	- รายละเอียดรายวิชา	4	-แนวการสอน เกณฑ์การประเมินผล - บรรยาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน
2	บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการขนถ่ายวัสดุ	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
3	บทที่ 2 การออกแบบระบบขนถ่ายวัสดุ	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
4	บทที่ 3 ระบบต้นกำลังขับอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน

				-ใบงาน
5	บทที่ 4 เกลียวลำเลียงหรือสกรูขนถ่าย	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
6	บทที่ 5 กะพ้อลำเลียง	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
7	สอบกลางภาค	3	-	-
8	บทที่ 6 สายพานลำเลียง	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
9	บทที่ 7 โซ่ลำเลียง	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
10	บทที่ 8 การลำเลียงแบบสั่น	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
11	บทที่ 9 การขนถ่ายวัสดุด้วยลม	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
12	บทที่ 10 การขนถ่ายวัสดุขึ้น-ลง	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
15	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30

3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหาผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

- ตำรา การขนถ่ายวัสดุ (ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ)
- เอกสารประกอบการสอน การขนถ่ายวัสดุ (อภิชาติ ศรีชาติ)
- เอกสารประกอบการสอน การขนถ่ายวัสดุ (กวีพงษ์ หงษ์ทอง)

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ ให้นักศึกษาทุกคนประเมินประสิทธิผลของรายวิชา ได้แก่ วิธีการสอน การจัดกิจกรรมในและนอกห้องเรียน สิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน ซึ่งมีผลกระทบต่อการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่ได้รับและเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงรายวิชา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

ทำการการประเมินการสอน โดยคณะกรรมการประเมินการสอนที่แต่งตั้งโดยคณะกรรมการบริหารหลักสูตร จากการสังเกตการสอนและทำการสัมภาษณ์นักศึกษา ผลการสอบของนักศึกษา

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์และวิธีการสอนจากผลการประเมินประสิทธิผลของรายวิชา แล้วจัดทำรายงานรายวิชาตามรายละเอียดที่ สกอ.กำหนดทุกภาคการศึกษา

2) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนเข้ารับการฝึกอบรมกลยุทธ์การสอน การวิจัยในชั้นเรียน และมอบหมายให้อาจารย์ผู้สอนรายวิชาที่มีปัญหา ทำวิจัยในชั้นเรียนอย่างน้อยภาคการศึกษาละ 1 รายวิชา

3) มีการประชุมอาจารย์ผู้สอนของหลักสูตรเพื่อหารือปัญหาการเรียนรู้ของนักศึกษาและหาแนวทางแก้ไข

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

1) หลักสูตรมีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ประเมินการสอน การทบทวนสอบผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชาโดยการสุ่มประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน ทั้งคะแนนดิบและระดับคะแนนของรายวิชา ภายในรอบเวลาของหลักสูตร

2) จัดการสอบประมวลผลความรู้นักศึกษาก่อนจบการศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

หลักสูตรมีระบบการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา ผลการประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนของหลักสูตร การรายงานรายวิชาโดยอาจารย์ผู้สอนภายหลังการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนรับผิดชอบในการทบทวนเนื้อหาที่สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาในรายงานผลการดำเนินงานของรายวิชาเสนอต่อกรรมการหลักสูตร

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME41410
การควบคุมระบบไฮดรอลิกและระบบนิวเมติกส์
Hydralics and Pneumatics Control System

2. จำนวนหน่วยกิต

3(2-2-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.อดิศักดิ์ บุตรวงษ์

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 และ 2 ชั้นปีที่ 4

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (Prerequisite Subject) (ถ้ามี)

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME21241 อุณหพลศาสตร์และ ME21251กลศาสตร์ของไหล

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อให้เข้าใจระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์ ชิ้นส่วนและอุปรณ์ของระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์ สัญลักษณ์และวงจรพื้นฐานของระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์ การควบคุมระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์ แบบธรรมดาและไฟฟ้า

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์ ชิ้นส่วนและอุปรณ์ของระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์ สัญลักษณ์และวงจรพื้นฐานของระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์ การควบคุมระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์ แบบธรรมดาและไฟฟ้า การวิเคราะห์ปัญหาและแก้ไขระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์ การบำรุงรักษาระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
2 ชั่วโมง/สัปดาห์ (30 ชั่วโมง/ภาคเรียน)	ตามความต้องการของนักศึกษา	2 ชั่วโมง/สัปดาห์ (30 ชั่วโมง/ภาคเรียน)	5 ชั่วโมง/สัปดาห์ (60 ชั่วโมง/ภาคเรียน)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะ มหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการ	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน

แสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1-2	ปฏิบัติเกี่ยวกับระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์	8	บรรยาย และฝึกในห้องปฏิบัติการณ์	power point และห้องปฏิบัติการ
3-4	ชิ้นส่วนและอุปรณ์ของระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์	8	บรรยาย และฝึกในห้องปฏิบัติการณ์	power point และห้องปฏิบัติการ
5-6	สัญลักษณ์และวงจรพื้นฐานของระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์	8	บรรยาย และฝึกในห้องปฏิบัติการณ์	power point และห้องปฏิบัติการ
7	สอบกลางภาค	-		
8-9	การควบคุมระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์ แบบธรรมดาและไฟฟ้า	8	บรรยาย และฝึกในห้องปฏิบัติการณ์	power point และห้องปฏิบัติการ
10-11	การวิเคราะห์ปัญหาและแก้ไขระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์	8	บรรยาย และฝึกในห้องปฏิบัติการณ์	power point และห้องปฏิบัติการ
12-13	การบำรุงรักษาระบบไฮดรอลิกและนิวแมติกส์	8	บรรยาย และฝึกในห้องปฏิบัติการณ์	power point และห้องปฏิบัติการ
14-16	โครงงานรายวิชา	12		
17	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10

		3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น		
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือเทคโนโลยี เพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอนรายวิชา ผศ.อดิศักดิ์ บุตรงวงษ์

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME41411
การออกแบบระบบท่อทางวิศวกรรม
Engineering Piping System Design

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ชิตพล คงศิลา

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ 4

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (Prerequisite Subject) (ถ้ามี)

ME21251 กลศาสตร์ของไหล

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจ และความพร้อมในการนำเอาองค์ความรู้เกี่ยวกับหลักการที่สำคัญทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของวิชาการออกแบบระบบท่อทางวิศวกรรม ไปใช้ในการตั้งสมมติฐาน วิเคราะห์ และแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่เหมาะสม รวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม

2. เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง และประยุกต์ใช้งานกับการเรียนในรายวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

รายวิชาที่ต้องผ่าน : ME21251 กลศาสตร์ของไหล

การกำหนดขนาด และออกแบบระบบท่อต่าง ๆ เช่น ท่อน้ำร้อนและน้ำเย็น ท่อสำหรับอากาศอัด และก๊าซชนิดต่าง ๆ การออกแบบท่อน้ำทิ้ง และท่อระบายอากาศ การออกแบบระบบท่อไอน้ำ และน้ำที่ได้ จากการควบแน่น การใช้ตัวดักไอน้ำ การลดความดันในท่อ การเลือกใช้อุปกรณ์และส่วนประกอบในระบบท่อ เช่น วาล์วประเภทต่าง ๆ ท่อและข้อต่อ กรอง อุปกรณ์แขวนท่อ ฉนวน เป็นต้น เทคนิคการติดตั้งระบบท่อ การตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบท่อ

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
บรรยาย 48 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา(ประมาณ 3 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	ไม่มีการฝึกปฏิบัติ	การศึกษาด้วยตนเอง 96 ชั่วโมง/ภาคการศึกษา (ประมาณ 6 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะนักศึกษาที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ ขององค์กรและสังคม 2 สามารถวิเคราะห์และประเมินผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคล องค์กร สังคม และสิ่งแวดล้อม 3 มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ รวมถึงเข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน	1 ปลูกฝังให้นักศึกษามีระเบียบวินัย ปฏิบัติตามกฎกติกาที่กำหนดหรือได้ตกลงกันไว้ และปลูกฝังให้มีความรับผิดชอบ โดยเริ่มตั้งแต่การเข้าชั้นเรียนให้ตรงเวลา การส่งงานตามกำหนดเวลา ตลอดจนการแต่งกายที่เป็นไปตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัยฯ 2 ปลูกฝังเรื่องจรรยาบรรณทางวิชาชีพ ความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ ตลอดจนผล กระทบที่จะเกิดขึ้นต่อบุคคล สังคม และสิ่งแวดล้อม หากกระทำการโดยขาดจรรยาบรรณทางวิชาชีพ	1 การขานชื่อ การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน และการส่งงานตามกำหนดระยะเวลา 2 สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ อย่างต่อเนื่อง 3 ความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย 4 การกระทำทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐาน และเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหา ของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม 3 สามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา ด้วยวิธีการที่เหมาะสม รวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม 4 สามารถใช้ความรู้และทักษะในสาขาวิชาของตน ในการประยุกต์แก้ไขปัญหาในงานจริงได้	1 บรรยายโดยเขียนบนกระดานประกอบกับการอ้างอิงในหนังสือ ใช้สื่อการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนสื่อการสอนที่เป็นชิ้นงานจริง 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 3 มอบหมายแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี 2 สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และ สรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ 3 สามารถคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมได้อย่างมีระบบ รวมถึงการใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ 4 สามารถสืบค้นข้อมูลและแสวงหาความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต และทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 ให้นักศึกษาค้นคว้า พร้อมทั้งจัดทำรายงานที่ได้จากการค้นคว้า	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย 3 ประเมินจากรายงานที่ได้รับมอบหมาย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 สามารถวางแผนและรับผิดชอบในการพัฒนาการเรียนรู้ทั้งของตนเองและสอดคล้องกับทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง 2 รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพรวมถึงสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งได้อย่างเหมาะสม สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ติดตามการทำงานร่วมกับสมาชิกกลุ่มของนักศึกษาเป็นระยะ 2 ประเมินจากการนำเสนอรายงานหน้าชั้นเรียน 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น 4 ประเมินจากพฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถามระหว่างกิจกรรมการเรียน

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารที่ทันสมัยได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้ 3 มีทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูด การเขียน และการสื่อความหมายโดยใช้สัญลักษณ์	1 มอบหมายงานให้ศึกษาค้นคว้าเนื้อหาเพิ่มเติมด้วยตนเอง จากเว็บไซต์สื่อการสอน E- Learning 2 ส่งเสริมการค้นคว้า เรียบเรียงข้อมูล และนำเสนอโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากเทคนิคการนำเสนอโดยการเลือกใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือคณิตศาสตร์และสถิติที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมศาสตร์ที่เหมาะสม

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	แนะนำรายวิชา พื้นฐานระบบท่อในอาคาร	3	อธิบายเกณฑ์การวัดผลและประเมินผล บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
2	- การเพิ่มความดันของน้ำในระบบท่อ - การทดลองปั๊มน้ำแบบต่อขนานและอนุกรมขนาดเล็ก - การทดลองปั๊มน้ำหลากชนิดขนาดเล็ก	3	บรรยาย ทดลอง ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ชุดทดลองปั๊มน้ำแบบต่อขนานและอนุกรมขนาดเล็ก - ชุดทดลองปั๊มน้ำหลากชนิดขนาดเล็ก
3	ระบบท่อประปาสำหรับท่อในอาคาร	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
4	การออกแบบระบบท่อน้ำร้อนและน้ำเย็น	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
5	การออกแบบระบบท่ออากาศอัด และก๊าซชนิดต่าง ๆ	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
6	การออกแบบระบบท่อระบายน้ำโสโครก และท่อน้ำเสีย	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
7	การออกแบบท่อน้ำทิ้ง และท่อระบายอากาศ	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
8	การออกแบบระบบท่อระบายน้ำฝน	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
9	สอบกลางภาค	3		

10	การออกแบบระบบท่อน้ำดับเพลิง	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
11	การออกแบบระบบท่อไอน้ำ	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
12	การออกแบบระบบท่อน้ำที่ได้จากการควบแน่นของไอน้ำ	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
13	การใช้ตัวดักไอน้ำ	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
14	การลดความดันในท่อ	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
15	การเลือกใช้อุปกรณ์และส่วนประกอบในระบบท่อ	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
16	เทคนิคการติดตั้งระบบท่อ	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
17	การตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบท่อ	3	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดสอบหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint
18	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1 การขานชื่อ การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน และการส่งงานตามกำหนดระยะเวลา 2 สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ อย่างต่อเนื่อง 3 ความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย 4 การกระทำทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10

2	ความรู้	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1 การทดสอบหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย 3 ประเมินจากรายงานที่ได้รับมอบหมาย	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1 ติดตามการทำงานร่วมกับสมาชิกกลุ่มของนักศึกษาเป็นระยะ 2 ประเมินจากการนำเสนอรายงานหน้าชั้นเรียน 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น 4 ประเมินจากพฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถามระหว่างกิจกรรมการเรียน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1 ประเมินจากเทคนิคการนำเสนอโดยการเลือกใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือคณิตศาสตร์และสถิติที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมศาสตร์ที่เหมาะสม	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

- เอกสารประกอบการสอนรายวิชา ผศ.ชิตพล คงศิลา

- วริทธิ์ อึ้งภากรณ์., “การออกแบบระบบท่อภายในอาคาร” สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมป์ พิมพ์ครั้งที่ 15., 2548

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1. สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมป์., มาตรฐานการเดินท่อภายในอาคาร., พิมพ์ครั้งที่ 8., 2537

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา โดยแทรกผลงานวิจัยของอาจารย์เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ความรู้นี้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME41412
วิศวกรรมยานยนต์
Automotive Engineering

2. จำนวนหน่วยกิต

3(2-2-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ชิตพล คงศิลา

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ 4

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (Prerequisite Subject) (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจ และความพร้อมในการนำเอาองค์ความรู้เกี่ยวกับหลักการที่สำคัญทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของวิชาวิศวกรรมยานยนต์ ไปใช้ในการตั้งสมมติฐาน วิเคราะห์ และแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่เหมาะสม รวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม

2. เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง และประยุกต์ใช้งานกับการเรียนในรายวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาการหาค่ากำลังของยานพาหนะ แรงต้านทานการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ แรงฉุดลาก ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของเครื่องยนต์กับความเร็วของรถยนต์ กราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ อัตราเร่ง อัตราหน่วง เสถียรภาพบนทางลาดและบนทางเอียง เสถียรภาพในขณะเลี้ยว

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
บรรยาย 32 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา(ประมาณ 2 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	ฝึกปฏิบัติ 32 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา (ประมาณ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์)	การศึกษาด้วยตนเอง 80 ชั่วโมง/ภาคการศึกษา (ประมาณ 5 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มตามความต้องการ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะนักศึกษาที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ ขององค์กรและสังคม 2 สามารถวิเคราะห์และประเมินผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคล องค์กร สังคม และสิ่งแวดล้อม 3 มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ รวมถึงเข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน	1 ปลูกฝังให้นักศึกษามีระเบียบวินัย ปฏิบัติตามกฎกติกาที่กำหนดหรือได้ตกลงกันไว้ และปลูกฝังให้มีความรับผิดชอบ โดยเริ่มตั้งแต่การเข้าชั้นเรียนให้ตรงเวลา การส่งงานตามกำหนดเวลา ตลอดจนการแต่งกายที่เป็นไปตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัยฯ 2 ปลูกฝังเรื่องจรรยาบรรณทางวิชาชีพ ความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ ตลอดจนผล กระทบที่จะเกิดขึ้นต่อบุคคล สังคม และสิ่งแวดล้อม หากกระทำการโดยขาดจรรยาบรรณทางวิชาชีพ	1 การขานชื่อ การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน และการส่งงานตามกำหนดระยะเวลา 2 สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ อย่างต่อเนื่อง 3 ความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย 4 การกระทำทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐาน และเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหา ของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม 3 สามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา ด้วยวิธีการที่เหมาะสม รวมถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม 4 สามารถใช้ความรู้และทักษะในสาขาวิชาของตน ในการประยุกต์แก้ไขปัญหาในงานจริงได้	1 บรรยายโดยเขียนบนกระดานประกอบกับการอ้างอิงในหนังสือ ใช้สื่อการสอนทางอิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนสื่อการสอนที่เป็นชิ้นงานจริง 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 3 มอบหมายแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	1 การทดสอบปฏิบัติหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี 2 สามารถรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และ สรุปประเด็นปัญหาและความต้องการ 3 สามารถคิด วิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมได้อย่างมีระบบ รวมถึงการใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ 4 สามารถสืบค้นข้อมูลและแสวงหาความรู้เพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต และทันต่อการเปลี่ยนแปลงทางองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 ให้นักศึกษาค้นคว้า พร้อมทั้งจัดทำรายงานที่ได้จากการค้นคว้า	1 การทดสอบปฏิบัติหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย 3 ประเมินจากรายงานที่ได้รับมอบหมาย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 สามารถวางแผนและรับผิดชอบในการพัฒนาการเรียนรู้ทั้งของตนเองและสอดคล้องกับทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง 2 รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพรวมถึงสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งได้อย่างเหมาะสม สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม 5 ส่งเสริมการวางแผนและรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	1 ติดตามการทำงานร่วมกับสมาชิกกลุ่มของนักศึกษาเป็นระยะ 2 ประเมินจากการนำเสนอรายงานหน้าชั้นเรียน 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น 4 ประเมินจากพฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถามระหว่างกิจกรรมการเรียน

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารที่ทันสมัยได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้ 3 มีทักษะในการสื่อสารข้อมูลทั้งทางการพูด การเขียน และการสื่อความหมายโดยใช้สัญลักษณ์	1 มอบหมายงานให้ศึกษาค้นคว้าเนื้อหาเพิ่มเติมด้วยตนเอง จากเว็บไซต์สื่อการสอน E- Learning 2 ส่งเสริมการค้นคว้า เรียบเรียงข้อมูล และนำเสนอโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากเทคนิคการนำเสนอโดยการเลือกใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือคณิตศาสตร์และสถิติที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมศาสตร์ที่เหมาะสม

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	แนะนำรายวิชา กำลังขับเคลื่อนของยานพาหนะ	4	อธิบายเกณฑ์การวัดผลและประเมินผล บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดลองปฏิบัติหลังเรียน และมอบหมายงาน	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ชุดทดลองสมรรถนะของเครื่องยนต์ชนิดสูบเดียวแบบไฮดรอลิกส์ไดนาโมมิเตอร์
2	กำลังเร่งของเครื่องยนต์	4	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดลองปฏิบัติหลังเรียน และมอบหมายงาน	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ชุดทดลองสมรรถนะของเครื่องยนต์ชนิดสูบเดียวแบบไฮดรอลิกส์ไดนาโมมิเตอร์
3	อัตราทดเฟือง	4	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดลองปฏิบัติหลังเรียน และมอบหมายงาน	- สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint - ชุดทดลองระบบเกียร์รถยนต์
4	แรงต้านทานการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ	4	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดลองปฏิบัติหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint, ชุดทดลองทางวิศวกรรมยานยนต์
5	แรงฉุดลาก	4	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดลองปฏิบัติหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint, ชุดปฏิบัติการวิศวกรรมยานยนต์
6	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของเครื่องยนต์กับความเร็วของรถยนต์	4	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดลองปฏิบัติหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint, ชุดปฏิบัติการวิศวกรรมยานยนต์
7	สมรรถนะของเครื่องยนต์และรถยนต์	4	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดลองปฏิบัติหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint, ชุดปฏิบัติการวิศวกรรมยานยนต์
8	กราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ อัตราเร่ง อัตราหน่วง	4	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดลองปฏิบัติหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint, ชุดปฏิบัติการวิศวกรรมยานยนต์
9	สอบกลางภาค	4		
10	เสถียรภาพบนทางลาดและบนทางเอียง	4	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดลองปฏิบัติหลัง	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint, ชุดปฏิบัติการวิศวกรรมยานยนต์

			เรียน และมอบหมายงาน	
11	เสถียรภาพในขณะเลี้ยว	4	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดลองปฏิบัติหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint, ชุดปฏิบัติการวิศวกรรมยานยนต์
12-13	การทรงตัวของรถยนต์	8	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดลองปฏิบัติหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint, ชุดปฏิบัติการวิศวกรรมยานยนต์
14-15	ความหน่วงในการเบรก	8	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดลองปฏิบัติหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint, ชุดปฏิบัติการวิศวกรรมยานยนต์
16-17	เครื่องล่างรถยนต์	8	บรรยาย ยกตัวอย่างประกอบ ถาม-ตอบ การทดลองปฏิบัติหลังเรียน และมอบหมายงาน	สื่อนำเสนอในรูปแบบ Powerpoint, ชุดปฏิบัติการวิศวกรรมยานยนต์
18	สอบปลายภาค	4		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1 การขานชื่อ การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน และการส่งงานตามกำหนดระยะเวลา 2 สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ อย่างต่อเนื่อง 3 ความรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย 4 การกระทำทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1 การทดสอบปฏิบัติหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1 การทดสอบปฏิบัติหลังเรียน สอบกลางภาคเรียน และปลายภาคเรียน 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย 3 ประเมินจากรายงานที่ได้รับมอบหมาย	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1 ติดตามการทำงานร่วมกับสมาชิกกลุ่มของนักศึกษาเป็นระยะ 2 ประเมินจากการนำเสนอรายงานหน้าชั้นเรียน 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10

		4 ประเมินจากพฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถามระหว่างกิจกรรมการเรียน		
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1 ประเมินจากเทคนิคการนำเสนอโดยการเลือกใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีสารสนเทศ หรือคณิตศาสตร์และสถิติที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมศาสตร์ที่เหมาะสม	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

- เอกสารประกอบการสอนรายวิชา ผศ.ชิตพล คงศิลา
- Automotive Engineering: An Introduction by Vincent Parese

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

1. วิศวกรรมยานยนต์ ธีรยุทธ สุวรรณประทีป

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา โดยแทรกผลงานวิจัยของอาจารย์เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ความรู้นี้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME41413
ระบบการควบคุมแขนหุ่นยนต์
Robot Arm Control System

2. จำนวนหน่วยกิต

3(2-2-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.อดิศักดิ์ บุตรวงษ์

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 และ 2 ชั้นปีที่ 4

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (Prerequisite Subject) (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อให้เข้าใจการประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ในการผลิต การทำงานของเครื่องจักรกลเอ็นซีและซีเอ็นซี ระบบควบคุมเครื่องจักรกล แขนกลในอุตสาหกรรม

สามารถสร้างโปรแกรมและการเขียนโปรแกรมคำสั่งในโปรแกรม

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

การรับภาพ เทคนิคแสง การประมวลผลภาพและการวิเคราะห์ เทคนิคการประมวลผลภาพ เทคนิคแมชชีนวิชั่น (3D) การออกแบบพื้นที่ทำงานของหุ่นยนต์และการควบคุม การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์ การจำลองด้วยกราฟฟิกส์ของพื้นที่ทำงานหุ่นยนต์ การประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ในการผลิต การทำงานของเครื่องจักรกลเอ็นซีและซีเอ็นซี ระบบควบคุมเครื่องจักรกลด้วยตัวเลข ระบบ ควบคุมซีเอ็นซี ระบบโคออดิเนท จุดศูนย์และจุดอ้างอิง การกำหนดขนาดเอ็นซี การสร้างโปรแกรมและการเขียนโปรแกรมคำสั่งในโปรแกรมซีเอ็นซี คำสั่งชดเชยขนาดตามเส้นขอบรูป การจัดการในระบบเอ็นซี ฝึกปฏิบัติการเขียนโปรแกรม ทดลองใช้โปรแกรมและฝึกปฏิบัติงานกับเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
2 ชั่วโมง/สัปดาห์ (30 ชั่วโมง/ภาคเรียน)	ตามความต้องการของนักศึกษา	2 ชั่วโมง/สัปดาห์ (30 ชั่วโมง/ภาคเรียน)	5 ชั่วโมง/สัปดาห์ (60 ชั่วโมง/ภาคเรียน)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม		

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและ	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

	รับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	การรับภาพ เทคนิคแสง การประมวลผลภาพและการวิเคราะห์ เทคนิคการประมวลผลภาพ	4	บรรยาย ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	power point และออนไลน์
2	เทคนิคแมชชีนวิชั่น (3D) การออกแบบพื้นที่ทำงานของหุ่นยนต์และการควบคุม	4	บรรยาย ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	power point และออนไลน์
3	การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์ การจำลองด้วยกราฟฟิกส์ของพื้นที่ทำงานหุ่นยนต์	4	บรรยาย ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	power point และออนไลน์
4-5	การประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ในการผลิต การทำงานของเครื่องจักรกลเอ็นซีและซีเอ็นซี	8	บรรยาย ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	power point และออนไลน์
6	สอบกลางภาค			
6-7	ระบบควบคุมเครื่องจักรกลด้วยตัวเลข ระบบควบคุมซีเอ็นซี ระบบโคออดิเนท จุดศูนย์และจุดอ้างอิง การกำหนดขนาดเอ็นซี	8	บรรยาย ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	power point และออนไลน์
8	การสร้างโปรแกรมและการเขียนโปรแกรมคำสั่งในโปรแกรมซีเอ็นซี	4	บรรยาย ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	power point และออนไลน์

9	คำสั่งชดเชยขนาดตามเส้นขอบรูป การจัดการในระบบเอ็นซี	4	บรรยาย ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	power point และออนไลน์
10-11	ฝึกปฏิบัติการเขียนโปรแกรม ทดลองใช้โปรแกรมและฝึกปฏิบัติงานกับเครื่องจักรกลซีเอ็นซี	8	บรรยาย ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์	power point และออนไลน์
12-15	โครงงานรายวิชา	16	ห้องปฏิบัติการโครงงาน	
16	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

เอกสารประกอบการสอบรายวิชา ผศ.อดิศักดิ์ บุตรวงษ์

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME41414
เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
Post-Harvest Technology

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ.กวีพงษ์ หงษ์ทอง

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1-2 / ชั้นปีที่ 3-4

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (Prerequisite Subject) (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจและมีทักษะเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ในด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

สถานการณ์ปัจจุบันของการผลิตและการบริโภค สมบัติทางกายภาพและทางชีวเคมีของพืช มาตรฐาน การเก็บเกี่ยวและการนวด การอบแห้ง การเก็บรักษา การสีและระบบการขนถ่ายและการลำเลียง ผลิตภัณฑ์จากพืชและการใช้ประโยชน์

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
3 ชั่วโมง/สัปดาห์ (45 ชั่วโมง/ภาคเรียน)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	ไม่มีการฝึกปฏิบัติงานภาคสนาม	นักศึกษาต้องใช้เวลาศึกษาค้นคว้านอกเวลา 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาในชั่วโมงว่างของการเรียน

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 2 ชั่วโมง/สัปดาห์

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1) มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ ขององค์กรและสังคม 2) สามารถวิเคราะห์และประเมินผลกระทบจากการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมต่อบุคคล องค์กร สังคมและสิ่งแวดล้อม 3)มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ และมีความรับผิดชอบในฐานะผู้ประกอบวิชาชีพ รวมถึงเข้าใจถึงบริบททางสังคมของวิชาชีพวิศวกรรมในแต่ละสาขาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน	1) สอดแทรกตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงภาระ ความรับผิดชอบของอาชีพวิศวกร และผลกระทบที่เกิดขึ้นหากวิศวกรไม่สามารถปฏิบัติหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2) สอดแทรกแนวคิดเรื่องระเบียบวินัย ปลูกฝังให้นักศึกษาได้ตระหนักถึงการเคารพระเบียบข้อบังคับ โดยยกตัวอย่างจริงจากพฤติกรรมนักศึกษาในห้องเรียน เช่น การเข้าเรียนตรงต่อเวลา มารยาทการใช้อุปกรณ์สื่อสาร เป็นต้น 3) ปลูกฝังให้นักศึกษาได้ตระหนักถึงความซื่อสัตย์ โดยยกตัวอย่างจริงจากพฤติกรรมนักศึกษาในห้องเรียน เช่น การลอกการบ้าน การลอกกันระหว่างการทดสอบย่อย เป็นต้น กำหนดบทลงโทษและชี้ให้เห็นถึงผลของพฤติกรรมดังกล่าวที่จะส่งผลกระทบต่อสังคมในอนาคต	1) การขานชื่อ การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียนและการส่งงานตรงเวลา 2) พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3) สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ อย่างต่อเนื่อง

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1) มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ครอบคลุม	1) บรรยายหลักการทฤษฎีตามคำอธิบายรายวิชา แสดง	1) ทดสอบย่อย สอบกลางภาค และสอบปลายภาค

ตามวัตถุประสงค์รายวิชาและมีความรู้เพียงพอในการประยุกต์ในงานจริงได้ 2) สามารถบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาที่ศึกษากับความรู้ในศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	ตัวอย่างการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาพร้อมกับการยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานจริง โดยมีการอภิปรายโต้ตอบระหว่างอาจารย์และนักศึกษา 2) มอบหมายให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัด พร้อมกับการให้ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน	2) ตรวจแบบฝึกหัด และงานที่มอบหมาย

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
แสดงความคิดเห็นประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนในวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว	จัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยกระบวนการคิดเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ด้วยเหตุผล และมีวิจารณญาณประเมินค่า เช่น อภิปรายกลุ่ม เป็นต้น	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ ขั้นสังเกตุตั้งคำถาม สืบค้นคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1) พัฒนาการทำงานเป็นทีมและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ 2) พัฒนาทักษะความเป็นผู้นำและผู้ตามในการทำงานเป็นทีม 3) มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย 4) สามารถปรับตัวในการทำงานและการดำรงชีวิตร่วมกับบุคคลอื่นได้ 5) สามารถวางตัวและแสดงความคิดเห็นได้เหมาะสมกับบทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบรู้จักบทบาท หน้าที่	1) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ การทำงานเป็นทีมหรือร่วมกับผู้อื่นเพื่อฝึกความรับผิดชอบ ทักษะความเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดีมีทักษะการสร้างมนุษยสัมพันธ์ ปรับตัวและยอมรับความแตกต่างของคนในสังคม เพื่อให้งานที่รับผิดชอบสำเร็จ 2) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ปรับตัว และวางตัวให้เหมาะสมกับหน้าที่	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน

และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	ความรับผิดชอบ มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน เช่น ทำงานกลุ่ม การแสดงบทบาทสมมุติร่วมกัน เป็นต้น	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1) พัฒนาทักษะด้านการสื่อสารและการสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 2) พัฒนาทักษะการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลข เชิงปริมาณ หลักสถิติสำหรับการแก้ไขปัญหา 3) พัฒนาทักษะด้านการสื่อสารทั้งการฟัง การพูด การเขียน การอ่านและตีความ โดยจัดทำเป็นรายงานและนำเสนอในชั้นเรียนเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษหรือภาษาต่างประเทศอื่นๆ	1) จัดกิจกรรมการเรียนการสอนพัฒนาด้านการสื่อสาร และการใช้สารสนเทศในการสืบค้นข้อมูล 2) จัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้านการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลข เชิงปริมาณ การใช้ค่าสถิติ สำหรับการแก้ไขปัญหา พร้อมยกตัวอย่างการ 3) กำหนดให้นักศึกษานำเสนอผลงาน โดยใช้รูปแบบ เครื่องมือและเทคโนโลยีที่เหมาะสม ให้เพื่อนร่วมห้องสอบถามแลกเปลี่ยนความรู้	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้ เครื่องมือ เทคโนโลยี เพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	แนะนำรายวิชา บทที่ 1 ความสำคัญและแนวทางของเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว - ขอบเขตและความสำคัญของเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว	3	บรรยาย พร้อมยกตัวอย่างประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)

	- การสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผล			
2	บทที่ 2 การประเมินการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผล - สาเหตุของการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผล - แนวทางในการปฏิบัติเพื่อลดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผล	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่าง ประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)
3	บทที่ 3 ลักษณะของผลิตผล พืชไร่ พืชสวน - การจำแนกลักษณะของ ผลิตผลทางพืชไร่ พืชสวน	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่าง ประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)
4	บทที่ 4 การเจริญเติบโตของพืชไร่ พืชสวน - โครงสร้างของผลิตผลพืช	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่าง ประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)
5	บทที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตผลพืช -การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีหลังการเก็บเกี่ยว	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่าง ประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)
6	บทที่ 6 ลักษณะโดยทั่วไปของผลิตทางพืชที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญหลังการเก็บเกี่ยวพืช	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่าง ประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)
7	บทที่ 7 วิธีการชะลอการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว - ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสลายของผลิตผล - ปัจจัยก่อนการเก็บเกี่ยวที่มีอิทธิพลต่อผลิตผลพืชไร่ พืชสวน - ปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อม และดินฟ้า อากาศ - ปัจจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเกษตรกรรม	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่าง ประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)
8	สอบกลางภาค	3		
9	บทที่ 9 การเก็บเกี่ยวผลิตผล - ดัชนีการเก็บเกี่ยว - วิธีการเก็บเกี่ยว การเตรียมผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว - การรับผลิตผล	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่าง ประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)

	- การตักแต่ง - การทำความสะอาด - การคัดเลือก - การป้องกันและควบคุมโรค แมลงหลังการเก็บเกี่ยว - การทำให้เย็น - การบ่มผลไม้			
10	บทที่ 10 การเก็บรักษา - การเก็บรักษาตามสภาพธรรมชาติ - การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ - การเก็บรักษาโดยการปรับสภาพบรรยากาศ - สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการสภาวะการเก็บรักษา	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่าง ประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)
11	บทที่ 11 การบรรจุหีบห่อผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว -ความต้องการในการบรรจุตามลักษณะธรรมชาติของผลิตผล -ความต้องการในการบรรจุตามลักษณะของการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว -ความต้องการในการบรรจุตามลักษณะของการขนส่ง -ความต้องการในการบรรจุตามลักษณะของการตลาด	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่าง ประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)
12-14	บทที่ 12 คุณภาพและมาตรฐานของผลิตผลพืช -ความหมายของคุณภาพและมาตรฐานของผลิตผลพืช -องค์ประกอบของคุณภาพผลิตผลพืช -วิธีการประเมินคุณภาพผลิตผลพืช -การจัดการมาตรฐานของผลิตผล -มาตรฐานด้านความปลอดภัยของอาหาร -การจัดการมาตรฐานของผลิตผล -มาตรฐานด้านความปลอดภัยของอาหาร	9	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่าง ประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)
15	ทบทวน นำเสนอรายงาน และดูงาน	3	บรรยาย พร้อม ยกตัวอย่าง ประกอบ	เอกสารประกอบการสอน วีดีทัศน์ (powerpoint)
16	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+

50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, จริงแท้ ศิริพานิช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541

เอกสารประกอบการสอบรายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว อ.กวีพงษ์ หงษ์ทอง

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สัมมนาการจัดการเรียนการสอน

2) การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

การทวนสอบในระดับหลักสูตร จากคะแนนข้อสอบ หรืองานที่มอบหมาย มีระบบประกันคุณภาพภายใน เพื่อใช้ในการทวนสอบมาตรฐานผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

ปรับปรุงรายวิชาทุกปีตามแบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชา

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME41415
เทคโนโลยีการผลิตน้ำตาล
Cane Sugar Manufacturing Technology

2. จำนวนหน่วยกิต

3(3-0-6)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ ทั่วไป

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับอุตสาหกรรมน้ำตาล
2. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับการหีบอ้อย
3. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับกระบวนการทำน้ำอ้อยรวมให้เป็นน้ำอ้อยใส
4. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับกระบวนการต้มระเหยน้ำ
5. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับกระบวนการต้มเคี่ยวน้ำตาลเพื่อให้ตกผลึก
6. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับกระบวนการตกผลึกน้ำตาล
7. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับกระบวนการปั่นแยกน้ำตาล
8. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับกระบวนการอบแห้งน้ำตาล
9. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายบริสุทธิ์
10. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับกระบวนการจัดเก็บรักษาน้ำตาล

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

แนะนำอุตสาหกรรมน้ำตาล การหีบอ้อย การทำน้ำอ้อยรวมให้ใส การต้มระเหยน้ำอ้อย การต้มเคี่ยวน้ำตาล การตกผลึกน้ำตาล การปั่นแยกน้ำตาลการอบแห้งน้ำตาล การผลิตน้ำตาลทรายบริสุทธิ์ การจัดเก็บรักษาน้ำตาล

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
45 ชั่วโมง (3 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	การศึกษาดูงานโรงงานผลิตน้ำตาลในพื้นที่	90 ชั่วโมง (6 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม		

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและ	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

	รับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	**หัวข้อ/รายละเอียด**	**จำนวนชั่วโมง**	**กิจกรรมการเรียนการสอน**	**สื่อที่ใช้**
1	รายละเอียดวิชา - บทที่ 1 แนะนำอุตสาหกรรมน้ำตาล	3	- แนวการสอน เกณฑ์การประเมินผล - บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
2	- บทที่ 2 กลศาสตร์ของระบบหีบอ้อย	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
3	- บทที่ 3 การแยกตะกอนของผสม	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
4-5	- บทที่ 4 หม้อไอน้ำและระบบผลิตไอน้ำในการผลิตน้ำตาล	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
6	- บทที่ 5 กระบวนใช้ไอน้ำในการผลิตน้ำตาล	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน

7	สอบกลางภาค	3		
8	- บทที่ 6 ระบบหม้อสูญญากาศสำหรับระเหยน้ำ	6	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
9	- บทที่ 7 การออกแบบระบบหม้อปั่นแยกผลึกน้ำตาล	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
10	- บทที่ 8 การผลิตน้ำตาลทรายบริสุทธิ์	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
11	- บทที่ 9 การจัดเก็บรักษาน้ำตาล	3	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
12-14	- บทที่ 10 การใช้ความร้อนเหลือทิ้งจากไอน้ำที่ใช้ผลิตน้ำตาลและโรงไฟฟ้าพลังานชีวมวล	9	- บรรยาย	- Powerpoint - เอกสารประกอบการสอน
15	ศึกษาดูงานโรงน้ำตาลในพื้นที่	3		โรงงานน้ำตาล
16	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น 2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่าง	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10

		บุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน		
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2546. เทคโนโลยีน้ำตาล.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์. กรุงเทพฯ. 2546. 520 หน้า

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

- Website

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

- ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ ห้นักศึกษาทุกคนประเมิน

ประสิทธิผลของรายวิชา ได้แก่ วิธีการสอน การจัดกิจกรรมในและนอกห้องเรียน สิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน ซึ่งมีผลกระทบต่อการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่ได้รับและเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงรายวิชา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

ทำการการประเมินการสอน โดยคณะกรรมการประเมินการสอนที่แต่งตั้งโดยคณะกรรมการบริหารหลักสูตร จากการสังเกตการสอนและทำการสัมภาษณ์นักศึกษา ผลการสอบของนักศึกษา

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์และวิธีการสอนจากผลการประเมินประสิทธิผลของรายวิชา แล้วจัดทำรายงานรายวิชาตามรายละเอียดที่ สกอ.กำหนดทุกภาคการศึกษา

2) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนเข้ารับการฝึกอบรมกลยุทธ์การสอน การวิจัยในชั้นเรียน และมอบหมายให้อาจารย์ผู้สอนรายวิชาที่มีปัญหา ทำวิจัยในชั้นเรียนอย่างน้อยภาคการศึกษาละ 1 รายวิชา

3) มีการประชุมอาจารย์ผู้สอนของหลักสูตรเพื่อหารือปัญหาการเรียนรู้ของนักศึกษาและหาแนวทางแก้ไข

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

1) หลักสูตรมีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ประเมินการสอน การทบทวนสอบผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชาโดยการสุ่มประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน ทั้งคะแนนดิบและระดับคะแนนของรายวิชา ภายในรอบเวลาของหลักสูตร

2) จัดการสอบประมวลผลความรู้นักศึกษาก่อนจบการศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

หลักสูตรมีระบบการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา ผลการประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนของหลักสูตร การรายงานรายวิชาโดยอาจารย์ผู้สอนภายหลังการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนรับผิดชอบในการทบทวนเนื้อหาที่สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาในรายงานผลการดำเนินงานของรายวิชาเสนอต่อกรรมการหลักสูตร

รายละเอียดของรายวิชา (มคอ.3)

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา คณะเทคโนโลยี / สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

ME41416
การเป็นผู้ประกอบการสำหรับวิศวกรเครื่องกล
Entrepreneurship for Mechanical Engineer (Strat-up)

2. จำนวนหน่วยกิต

3(2-2-5)

3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

อ.กวีพงษ์ หงษ์ทอง

5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน

ภาคการศึกษาที่ 1 / ชั้นปีที่ ทั่วไป

6. รายวิชาที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)

ไม่มี

7. รายวิชาที่ ต้องเรียนพร้อมกัน (ถ้ามี)

ไม่มี

8. สถานที่เรียน

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (สามพร้าว)

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของวิชาครั้งล่าสุด

1/10/2564

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มีคุณธรรม จริยธรรม มีสัมมาคารวะ รู้จักกาลเทศะ และทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี รับผิดชอบต่อตนเอง วิชาชีพ และต่อสังคม และปฏิบัติตนภายใต้จรรยาบรรณวิชาชีพด้วยความซื่อสัตย์สุจริต และเสียสละ

1.2 มีความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ สามารถประยุกต์ใช้ศาสตร์ดังกล่าวอย่างเหมาะสมเพื่อการประกอบวิชาชีพของตน และการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นได้

1.3 มีความใฝ่รู้ในองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาความรู้ที่ตนมีอยู่ให้สูงขึ้นไป เพื่อพัฒนาตนเอง พัฒนางาน พัฒนาสังคมและประเทศชาติ

1.4 คิดเป็น ทำเป็น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และสามารถเลือกแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม

1.5 มีมนุษยสัมพันธ์และมีความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีทักษะการทำงานเป็นหมู่คณะ สามารถบริหารจัดการการทำงานได้อย่างเหมาะสม และเป็นผู้ที่มีทัศนคติที่ดีในการทำงาน

1.6 มีความสามารถในการติดต่อสื่อสาร และศัพท์ทางเทคนิคในการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้เป็นอย่างดี

2. วัตถุประสงค์ของรายวิชา

1. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการและแนวคิดการจัดตั้งองค์กรทางธุรกิจ
2. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการบริหารธุรกิจ
3. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการบริหารการผลิต
4. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวางแผนทางการเงิน
5. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการบริหารทรัพยากรมนุษย์
6. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแผนธุรกิจและแผนการตลาด
7. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกฎหมายธุรกิจ จริยธรรม จรรยาบรรณทางธุรกิจ
8. นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบของธุรกิจต่อสิ่งแวดล้อม

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

หลักการและแนวคิดการจัดตั้งองค์กรทางธุรกิจ กระบวนการบริหารธุรกิจ การบริหารการผลิต การวางแผนทางการเงิน การบริหารทรัพยากรมนุษย์แผนธุรกิจและแผนการตลาด กฎหมายธุรกิจ จริยธรรม จรรยาบรรณทางธุรกิจและผลกระทบของธุรกิจต่อสิ่งแวดล้อม

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง
30 ชั่วโมง(2 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)	สอนเสริมตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	30 ชั่วโมง (2 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)	75 ชั่วโมง (5 ชั่วโมง x 15 สัปดาห์)

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

1) อาจารย์ประจำรายวิชาประกาศเวลาให้คำปรึกษาผ่านสื่อออนไลน์

2) อาจารย์จัดเวลาให้คำปรึกษาเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มตามความต้องการ 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (เฉพาะรายที่ต้องการ)

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

ผลการเรียนรู้แต่ละด้านที่มุ่งหวังจะพัฒนานักศึกษา

1. ด้านคุณธรรม จริยธรรม

คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 เข้าใจและซาบซึ้งในวัฒนธรรมไทย ตระหนักในคุณค่าของระบบคุณธรรม จริยธรรมเสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต 2 มีวินัย ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆขององค์กรและสังคม	1 สอนโดยสอดแทรกเรื่องคุณธรรม จริยธรรม และปลูกฝังจรรยาบรรณวิชาชีพวิศวกรรม 2 ให้ความสำคัญ วินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานภายในเวลาที่กำหนด 3 เน้นเรื่องการแต่งกาย และการปฏิบัติตนที่เหมาะสมถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัย 4 ปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับขององค์กรและสังคม	1 การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน การตรงต่อเวลา และการส่งงานตรงเวลา 2 พิจารณาจากผลการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมในการปฏิบัติตามกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ 4 ประเมินปริมาณการทุจริตในการสอบ 5 ประเมินจากการแต่งกาย

2. ด้านความรู้

ความรู้ที่ต้องได้รับ	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิศวกรรมพื้นฐานและเศรษฐศาสตร์ เพื่อการประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่	1 ใช้การสอนหลายรูปแบบโดยเน้นหลักทางทฤษฎีและการปฏิบัติเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	1 ประเมินจากแบบทดสอบด้านทฤษฎี สำหรับการปฏิบัติประเมินจากผลงานและการปฏิบัติงาน 2 การทดสอบย่อย

เกี่ยวข้อง และการสร้างนวัตกรรมทางเทคโนโลยี 2 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการที่สำคัญ ทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ในเนื้อหาของสาขาวิชาเฉพาะด้านทางวิศวกรรม		

3 .ด้านทักษะทางปัญญา

ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดี	1 มอบหมายงานที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์และสังเคราะห์ 2 ส่งเสริมการเรียนรู้และการแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมเครื่องกลตามสถานการณ์ในปัจจุบัน 3 การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการวิจัยทางด้านวิศวกรรมศาสตร์	1 ประเมินจากผลงานที่ได้จากการฝึกปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมหรือในห้องปฏิบัติการ 2 ประเมินจากกระบวนการและผลการวิจัย

4. ด้านทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ Interpersonal skills and responsibilities

ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
รู้จักบทบาท หน้าที่ และมีความรับผิดชอบในการทำงานตามที่มอบหมาย ทั้งงานบุคคลและงานกลุ่ม สามารถปรับตัวและทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฐานะผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถวางตัวได้อย่างเหมาะสมกับความรับผิดชอบ	1 ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มโดยการหมุนเวียนการเป็นผู้นำและการเป็นสมาชิกกลุ่ม 2 ให้คำแนะนำในการเข้าร่วมกิจกรรมของคณะมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม 3 ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ 4 ปลูกฝังให้มีความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ ความรับผิดชอบ และการให้ความร่วมมือ 5 ส่งเสริมการวางแผนและ	1 ประเมินพฤติกรรมภาวการณ์เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี 2 พิจารณาจากการเข้าร่วมกิจกรรมของนักศึกษา 3 สังเกตพฤติกรรมและติดตามการทำงานร่วมกับผู้อื่น

	รับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพวิศวกรรมอย่างต่อเนื่อง	

5. ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	วิธีการสอน	วิธีการประเมินผล
1 มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสถิติประยุกต์ต่อการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้อย่างสร้างสรรค์ 2 สามารถใช้เครื่องมือการคำนวณและเครื่องมือทางวิศวกรรม เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องได้	1 ส่งเสริมให้มีการตัดสินใจโดยใช้ฐานข้อมูลในการอ้างอิง 2 การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงานที่ได้รับมอบหมาย 3 ให้ความสำคัญในการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูล	1 ประเมินจากผลงานและการนำเสนอผลงาน 2 ประเมินจากทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศในการนำเสนอผลงาน

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่อที่ใช้
1	- รายละเอียดรายวิชา	4	-แนวการสอน เกณฑ์การประเมินผล	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน
2	บทที่ 1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการประกอบการ	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
3	บทที่ 2 แนวคิดการเป็นผู้ประกอบการ	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
4	บทที่ 3 การวิเคราะห์โอกาสในการเป็นผู้ประกอบการ	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
5	บทที่ 4 การวิเคราะห์ระบบเศรษฐกิจของไทยต่อการเป็นผู้ประกอบการ	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
6	บทที่ 5 แนวโน้มและการ	4	บรรยาย	-Powerpoint

	ค้นหาโอกาสทางธุรกิจ		ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
7	สอบกลางภาค	3	-	-
8	บทที่ 6 การประกอบการในยุคดิจิทัล	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
9	บทที่ 7 การสร้างเศรษฐกิจสร้างสรรค์	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
10	บทที่ 8 กระบวนการการสร้างกลยุทธ์ในการประกอบธุรกิจ	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
11	บทที่ 9 การเขียนแผนธุรกิจ	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
12	บทที่ 10 การซื้อกิจการและการบริหารจัดการธุรกิจ	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
13	บทที่ 11 การบริหารจัดการความเสียงทางธุรกิจ ด้านเงินทุน	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
14	บทที่ 12 ประเมินความรู้ความเข้าใจในการประกอบการ	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
15	ทบทวนเนื้อหาบทเรียน	4	บรรยาย ปฏิบัติการตามที่มอบหมาย	-Powerpoint -เอกสารประกอบการสอน -ใบงาน
16	สอบปลายภาค	3		

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมิน
1	คุณธรรม จริยธรรม	1) สังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการเรียนในชั้นเรียน การเข้าเรียน การส่งงาน การแสดงพฤติกรรมต่ออาจารย์และผู้อื่น	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10

		2) สังเกตจากพฤติกรรมการเรียน ความขยันหมั่นเพียร 3) ประเมินผลการอภิปรายกลุ่ม การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้อื่น		
2	ความรู้	1) ประเมินผลจากการทดสอบย่อย และการสอบปลายภาค 2) ประเมินจากการปฏิบัติตามกิจกรรมที่จัดให้ทำรายงาน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
3	ทักษะปัญญา	1) ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียน ตั้งแต่ขั้นสังเกตุ ตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า 2) ประเมินด้วยการตรวจผลการปฏิบัติ ผลการแก้ไขปัญหา ผลจากการสอบถามวิธีการแก้ไขปัญหา	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 30
4	ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	1) สังเกตการร่วมกิจกรรม ทำงานเป็นทีม ของผู้เรียน 2) สอบถามเพื่อนร่วมทีมเพื่อวัดความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 10
5	ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี	1) ประเมินผลจากการให้ผู้เรียนนำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ 2) ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการใช้สถิติในการแก้ไขปัญหา 3) สังเกตมการนำเสนอผลงานโดยใช้เครื่องมือ เทคโนโลยีเพื่อนร่วมห้องแลกเปลี่ยนความรู้	ทุกสัปดาห์	ร้อยละ 20

3. เกณฑ์การประเมินผล

ระดับคะแนน	เกรดที่ได้
80 - 100	A
75 - 79	B+
70 - 74	B
65 - 69	C+
60 - 64	C
55 - 59	D+
50 - 54	D
0 - 49	F

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. เอกสารหลักและตำรา

- การประกอบกิจการยุคใหม่ในเว็บไซต์
- แหล่งข่าวเศรษฐกิจจากหนังสือพิมพ์ รายงานการประกอบธุรกิจขนาดกลางและขนาดยอม
- Web site

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

ไม่มี

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

ไม่มี

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

แบบประเมินผู้สอน และแบบประเมินรายวิชาโดยผ่านเว็บของสำนักส่งเสริมฯ ให้นักศึกษาทุกคนประเมินประสิทธิผลของรายวิชา ได้แก่ วิธีการสอน การจัดกิจกรรมในและนอกห้องเรียน สิ่งสนับสนุนการเรียนการสอน ซึ่งมีผลกระทบต่อการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่ได้รับและเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงรายวิชา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

ทำการการประเมินการสอน โดยคณะกรรมการประเมินการสอนที่แต่งตั้งโดยคณะกรรมการบริหารหลักสูตร จากการสังเกตการสอนและทำการสัมภาษณ์นักศึกษา ผลการสอบของนักศึกษา

1) ผลการเรียนของนักศึกษา ผลการสอบ

2) การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

1) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนทบทวนและปรับปรุงกลยุทธ์และวิธีการสอนจากผลการประเมินประสิทธิผลของรายวิชา แล้วจัดทำรายงานรายวิชาตามรายละเอียดที่ สกอ.กำหนดทุกภาคการศึกษา

2) สาขาวิชากำหนดให้อาจารย์ผู้สอนเข้ารับการฝึกอบรมกลยุทธ์การสอน การวิจัยในชั้นเรียน และมอบหมายให้อาจารย์ผู้สอนรายวิชาที่มีปัญหา ทำวิจัยในชั้นเรียนอย่างน้อยภาคการศึกษาละ 1 รายวิชา

3) มีการประชุมอาจารย์ผู้สอนของหลักสูตรเพื่อหารือปัญหาการเรียนรู้ของนักศึกษาและหาแนวทางแก้ไข

4. การทวนสอบมาตรฐานสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

1) หลักสูตรมีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชา ประเมินการสอน การทบทวนสอบผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชาโดยการสุ่มประเมินข้อสอบและความเหมาะสมของการให้คะแนน ทั้งคะแนนดิบและระดับคะแนนของรายวิชา ภายในรอบเวลาของหลักสูตร

2) จัดการสอบประมวลผลความรู้นักศึกษาก่อนจบการศึกษา

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

หลักสูตรมีระบบการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา โดยพิจารณาจากผลการประเมินการสอนโดยนักศึกษา ผลการประเมินโดยคณะกรรมการประเมินการสอนของหลักสูตร การรายงานรายวิชาโดยอาจารย์ผู้สอนภายหลังการทบทวนประสิทธิผลของรายวิชา อาจารย์ผู้สอนรับผิดชอบในการทบทวนเนื้อหาที่สอนและกลยุทธ์การสอนที่ใช้ และนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาในรายงานผลการดำเนินงานของรายวิชาเสนอต่อกรรมการหลักสูตร



คู่มือปฏิบัติวิศวกรรมเครื่องกล
(MECHANICAL ENGINEERING LABORATORY)

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

คำนำ

หนังสือเล่มนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นคู่มือในการเรียน ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล (MECHANICAL ENGINEERING LABORATORY) ซึ่งหนังสือเล่มนี้ประกอบไปด้วยทฤษฎีพื้นฐานของการทดสอบ วิธีการทดสอบ รวมไปถึงตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดสอบและตัวอย่างการคำนวณด้วย

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะช่วยให้ผู้ศึกษา สามารถเข้าใจและทำการทดสอบทุกการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากมีข้อผิดพลาดประการใดก็ขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

การทดลอง

การทดลองที่ 1 การทดสอบปั๊มแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางแบบขนาน (Centrifugal pump)
การทดลองที่ 2 การทดสอบปั๊ม (Multi-pump Test)
การทดลองที่ 3 การทดสอบกังหันเพลตันและฟรานซิส (Pelton & Francis Turbine)
การทดลองที่ 4 การทดสอบการไหลของอากาศ (Air Flow Test)
การทดลองที่ 5 การทดสอบการสูญเสียของของไหลในท่อ (Flow or Fiction loss in Pipe)
การทดลองที่ 6 ระบบปรับอากาศรถยนต์ (Car Air Conditioning Unit)
การทดลองที่ 7 การวิเคราะห์การนำความร้อน (Heat Conduction)
การทดลองที่ 8 การทดลองการพาความร้อนแบบอิสระและบังคับ (Free & Forced Heat Convection)
การทดลองที่ 9 การวิเคราะห์การแผ่รังสีความร้อน (Heat Radiation)
การทดลองที่ 10 การทดลองเครื่องทำความเย็น (Refrigeration Unit)
การทดลองที่ 11 การวิเคราะห์ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning Unit)
การทดลองที่ 12 การทดสอบหาความร้อนของเชื้อเพลิง (Bomb Calorimeter)
การทดลองที่ 13 การทดลองระบบอัดอากาศหนึ่งขั้นตอน (Air Compressor)
การทดลองที่ 14 การทดลองการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบหลายชนิด (Multi Heat Exchangers)
การทดลองที่ 15 การทดสอบจุดติดไฟและจุดวาบไฟแบบปิดของเชื้อเพลิง (Digital Electric Pensky-Martens)
การทดลองที่ 16 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ (Engine Set)
การทดลองที่ 17 การทดลองระบบเฟืองของรถยนต์ (Manual Gear Set)
การทดลองที่ 18 การวิเคราะห์ควันดำ (Exhaust Gas Analyzer & Smoke Detector)
การทดลองที่ 19 การทดสอบหาค่าความร้อนของแก๊สไอเสีย (Exhaust Gas Calorimeter)
การทดลองที่ 20 การทดสอบความหนืดของจาระบี (Precision Penetrometer)
การทดลองที่ 21 การทดสอบความหนืดของน้ำมัน (Saybolt Viscometer)
การทดลองที่ 22 การทดสอบการสมดุลแบบสแตติกส์และไดนามิกส์ (Static and Dynamic Balancing Machine)
การทดลองที่ 23 การทดลองความเร่งของระบบเฟือง (Acceleration of Gear System)
การทดลองที่ 24 การทดสอบแรงบิด (Torsion Test Set)
การทดลองที่ 25 การทดสอบการสั่นสะเทือน (Vibration Test Set)

สารบัญ (ต่อ)

การทดลอง

การทดลองที่ 26 การทดลองไจโรสโคป (Gyroscope Test)

การทดลองที่ 27 การทดสอบแรงดึง (Tensile Test set)

การทดลองที่ 28 การทดสอบความแข็ง (Brinell and Rockwell Hardness Test)

การทดลองที่ 29 การทดสอบความล้าของวัสดุ (Fatigue Test set)

การทดลองที่ 30 การทดสอบแรงกระแทก (Impact Test)

การทดลองที่ 31 ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกลระบบอัตโนมัติและการควบคุมแบบ PLC

การทดลองที่ 32 ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล CNC ขนาดเล็กเพื่องานด้านวิศวกรรมเครื่องกล

ภาคผนวก 1 PROPERTY TABLES AND CHARTS (SI UNITS)

ภาคผนวก 2 PROPERTY TABLES AND CHARTS (ENGLISH UNITS)

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 1 การทดสอบปั๊มน้ำแบบต่อขนานและอนุกรมขนาดเล็ก

(COMPACT SERIES AND PARALLEL PUMPS TEST SET)



1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของอัตราการไหลกับเฮดที่ความเร็วรอบต่างๆของปั๊มแต่ละตัว

1.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของอัตราการไหลกับเฮดที่ความเร็วรอบคงที่ค่าใดค่าหนึ่งเมื่อปั๊มทำงานร่วมกันในลักษณะการต่อแบบอนุกรมหรือแบบขนาน

1.3 เพื่อศึกษากำลังงานที่ให้กับปั๊ม กำลังงานที่ได้จากปั๊มและประสิทธิภาพที่แท้จริงของปั๊มน้ำที่ความเร็วรอบต่างๆของปั๊มน้ำแต่ละตัว หรือเมื่อปั๊มทำงานร่วมกันในลักษณะการต่อแบบอนุกรมหรือแบบขนาน

2 ทฤษฎี

คุณลักษณะการทำงานของปั๊มโดยส่วนใหญ่มักจะบอกในรูปแบบของเฮดรวมที่ปั๊มให้ (Total dynamic head) หรือที่มักจะเรียกกันอย่างง่ายๆว่าค่า เฮดของปั๊ม (ซึ่งมีความหมายเช่นเดียวกับค่าของพลังงานที่ปั๊มให้แก่ของเหลว) ค่าอัตราการไหล หรือ อัตราการส่งถ่ายของเหลว กำลังขับที่ต้องการ (mechanical shaft power input) และประสิทธิภาพของปั๊มดังสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

2.1 อัตราการไหลของปั๊ม (Pump Capacity, Q)

อัตราการไหลของของเหลวหมายถึงปริมาณของเหลวที่ปั๊มสามารถสูบส่งได้ในหนึ่งหน่วยเวลา (ตัวอย่างเช่น ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) โดยปกติแล้วค่าอัตราการไหลสามารถวัดได้จากถังวัดปริมาตรหรือจากมาตรวัดน้ำ: Q = ปริมาตรของของเหลวที่วัดได้, m^3 ต่อหน่วยเวลาที่ใช้, s

2.2 เฮดรวมที่ปั๊มให้ (Total Dynamic Head, H_{TD})

จากสมการที่ $H_{TD} = (Z_2 - Z_1) + (P_2 - P_1) / \gamma + (v_2^2 - v_1^2) / 2g$

เมื่อ, $(Z_2 - Z_1)$ = การเปลี่ยนแปลงระดับความสูงจากระดับ

$(P_2 - P_1) / \gamma$ = การเปลี่ยนแปลงเฮดกำลังดัน (ได้จากการทดลอง)

$(v_2^2 - v_1^2) / 2g$ = การเปลี่ยนแปลงเฮดความเร็ว (ได้จากการคำนวณตามสมการ V = Q / A, เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัดของท่อ)

หมายเหตุ: สำหรับชุดทดลองนี้

(a) เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทางดูด, D_1 = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทางส่ง, D_2 ; ดังนั้น $V_1 = V_2$

(b) $Z_1 = Z_2$ โดยประมาณ

ดังนั้น, $H_{TD} = (p_2 - p_1) / \gamma$ ..... (2.1)

เมื่อ: H_{TD} = เฮดรวมที่ปั๊มให้ หรือ เฮดของปั๊ม, m

$(p_2 - p_1)$ = ความดันของปั๊ม, N/m^2

γ = ค่าความถ่วงจำเพาะของของเหลว, N/m^3

ในกรณีที่วัดค่าความดันโดยใช้หน่วยเป็น kg/cm^2 และ $\gamma = \rho g = 1{,}000 \times 9.81 \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{m}{s^2} (or \frac{N}{m^3})$ ดังนั้นค่าเฮดรวมที่ปั๊มให้จะมีค่าเท่ากับ

$$H_{TD} = (p_2 - p_1) \frac{kg}{cm^2} \times (\frac{100\,cm}{1\,m})^2 \times \frac{9.81\,N}{1\,kg} / (1000 \times 9.81) \frac{N}{m^3}$$

$$= 10(p_2 - p_1)\ m \qquad \text{..... (2.2)}$$

เมื่อ $(p_2 - p_1)$ = ความดันของการปั๊ม, kg/cm^2

2.3 กำลังที่เครื่องสูบน้ำให้ (Power output of pump, W_o)

กำลังที่เครื่องสูบน้ำให้หรือกำลังเอาต์พุทของเครื่องสูบน้ำ เป็นกำลังที่เครื่องสูบน้ำให้แก่น้ำและมักจะเรียกว่ากำลังไฮดรอลิกส์หรือกำลังของน้ำ กำลังของเครื่องสูบน้ำนี้จะขึ้นอยู่กับอัตราการไหล (Q) ของน้ำและเฮดที่ปั๊มใช้สูบน้ำ (Pumping head, h_p) หรือขึ้นอยู่กับความดันที่ปั๊มใช้สูบน้ำ (Pumping pressure, P_P) กำลังที่เครื่องสูบน้ำให้หรือกำลังเอาต์พุทของเครื่องสูบน้ำนี้มีค่าตามสมการ:

$$W_o = \gamma Q\, H_{TD}$$

จากสมการ 3.1 เราได้ $W_o = (p_2 - p_1)\, Q$

เมื่อ : W_0 = กำลังเอาต์พุทของเครื่องสูบน้ำ,W

$p_2 - p_1$ = ความดันของการปั๊ม, N/m^2

γ = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ, N/m^3

Q = อัตราการไหลของน้ำ, m^3/s

ในกรณีที่ความดัน p วัดเป็น kg/cm^2 และอัตราการไหล Q วัดเป็น liter / min แล้วกำลังเอาต์พุทของเครื่องสูบน้ำก็จะมีรูปเป็น: $W_0 = (p_2 - p_1)\, Q$

$$= (p_2 - p_1) \left[\frac{kg}{cm^2} \times \left[\frac{100cm}{1m} \right]^2 \times \frac{9.81N}{1kg} \right] \times \left[Q \frac{1}{min} \times \frac{1min}{60s} \times \frac{1m^3}{1{,}000\ l} \right]$$

$$= 1.635 (p_2 - p_1)\, Q \frac{N \cdot m}{s} = W \qquad \text{..... (2.3)}$$

เมื่อ : W_o = กำลังเอาต์พุทของเครื่องสูบน้ำ,W

$(p_2 - p_1)$ = กำลังที่ปั๊มใช้สูบน้ำ, kg/cm^2

Q = อัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำ, l/min

2.4 กำลังที่ให้แก่ปั๊ม (Power Input of Pump, W_i)

กำลังที่ให้แก่เครื่องสูบน้ำหรือกำลังอินพุทของเครื่องสูบน้ำ เป็นกำลังที่ตัวต้นกำลังจ่ายให้ แก่เครื่องสูบน้ำ ตัวต้นกำลังนี้อาจจะเป็นมอเตอร์หรือเครื่องยนต์ก็ได้ ดังนั้นเครื่องสูบน้ำก็จะสามารถจ่ายกำลังให้แก่ของเหลวหรือน้ำอีกทอดหนึ่ง กำลังอินพุทของเครื่องสูบน้ำนี้สามารถวัดได้ด้วยไดนาโมมิเตอร์ และสามารถหาได้จากสมการ :

$$W_i = F\,r \times \frac{2\pi n}{60} \qquad \text{..... (2.4)}$$

เมื่อ : W_i = กำลังอินพุทของเครื่องสูบน้ำ, W

F = แรงที่วัดได้จากไดนาโมมิเตอร์, N

r = ความยาวแขนวัดแรงของไดนาโมมิเตอร์, m

n = ความเร็วรอบของตัวต้นกำลัง, rpm

หมายเหตุ:

ก. ในกรณีที่แรง F วัดแรงเป็น kg ความยาวแขนวัดแรงของไดนาโมมิเตอร์วัดเป็น cm แล้ว กำลังอินพุทของเครื่องสูบน้ำก็จะมีรูปเป็น:

$$W_i = \left(F\ \text{kg} \times \frac{9.81\,\text{N}}{\text{kg}}\right) \times \left(r\ \text{cm} \times \frac{1\text{m}}{100\,\text{cm}}\right) \times 2\pi \left(n \frac{1}{\text{min}} \times \frac{1\text{min}}{60\,\text{s}}\right)$$

$$= 0.010273\ F \times r \times n \quad \text{Watts} \qquad \text{..... (2.5)}$$

เมื่อ : W_i = กำลังอินพุทของเครื่องสูบน้ำ, W

F = แรงที่วัดได้จากไดนาโมมิเตอร์, kg

r = ความยาวแขนวัดแรงของไดนาโมมิเตอร์, cm

n = ความเร็วรอบของตัวต้นกำลัง, rpm

ข. ในกรณีที่วัดแรงบิด (T = F×r) จากไดนาโมมิเตอร์ได้โดยตรงเป็น N.m แล้ว กำลังอินพุทของเครื่องสูบน้ำก็จะมีรูปเป็น:

$$W_i = T \cdot \omega$$

$$= T \times \frac{2\pi n}{60}$$

$$= 0.10472\ Tn \text{ Watts} \qquad \text{..... (2.6)}$$

เมื่อ : T = แรงบิดของไดนาโมมิเตอร์, N.m

n = ความเร็วรอบของไดนาโมมิเตอร์, rpm

ค. กรณีที่วัตต์มิเตอร์ถูกใช้เพื่อวัดกำลังขาเข้ามอเตอร์ ประสิทธิภาพจะได้จาก

$$\frac{\text{Pump Output}}{\text{Motor Input}} = \text{Overall pump and motor efficiency}$$

ง. กรณีที่อินเวอร์แบบใหม่ (advanced inverter) ถูกใช้ ความเร็วรอบและกำลังขาเข้าจะถูกแสดงบนจออินเวอร์เตอร์ กรณีนี้ ประสิทธิภาพของปั๊มและมอเตอร์จะเหมือนกับข้อ ค.

2.5 ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ (Pump Efficiency) , η

$$\eta = \frac{\text{Output power}}{\text{Input power}}$$

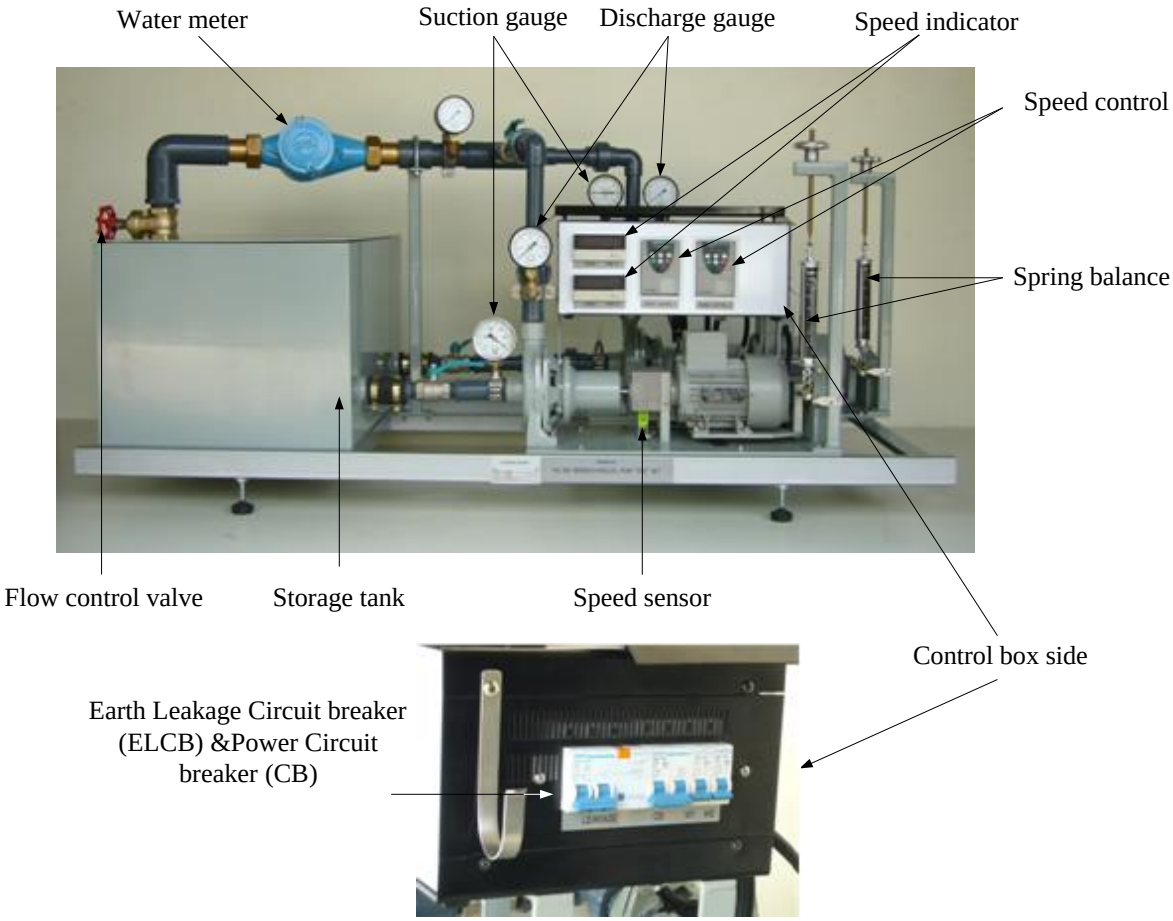
$$= \frac{W_o}{W_i} \times 100\ \% \qquad \text{..... (2.7)}$$

หมายเหตุ : ถ้าหากเอาวัตต์มิเตอร์มาใช้วัดกำลังไฟฟ้าแล้ว กำลังที่อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์จะเป็นกำลังอินพุทของมอเตอร์ไม่ใช่ของเครื่องสูบน้ำ ดังนั้นประสิทธิ์ภาพก็จะเป็นประสิทธิ์ภาพรวมของชุดเครื่องจักรที่รวมเครื่องสูบน้ำกับมอเตอร์ ไม่ใช่เป็นประสิทธิ์ภาพของเครื่องสูบน้ำโดยลำพัง จะต้องพิจารณาถึงประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่สภาวะของการใช้งานด้วยเพื่อหากำลังเอาต์พุทของมอเตอร์เพราะมันเป็นกำลังอินพุทของเครื่องสูบน้ำ

3 เครื่องมือการทดลอง

ชุดทดสอบปั๊มน้ำแบบต่อขนานและอนุกรมขนาดเล็ก

HP 303 COMPACT SERIES AND PARALLEL PUMPS TEST SET



รูปที่ 3.1 ภาพด้านหน้าของชุดทดสอบ

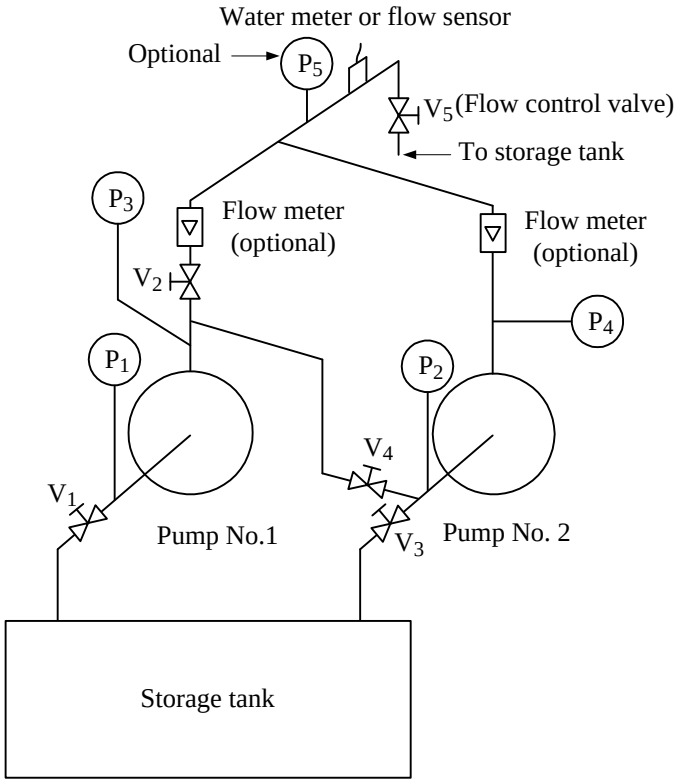
4 การทดลอง

4.1 ก่อนการทดลอง ดำเนินการดังนี้

4.1.1 เติมน้ำลงในถังเก็บจนกระทั่งระดับน้ำอยู่ต่ำกว่าขอบถังประมาณ 5-10 ซม. ควรผสมน้ำยากันสนิมชนิดเดียวกับที่ใช้กับรถยนต์ลงไปในน้ำด้วย

4.1.2 ตรวจเกจวัดความดันทุกตัวทั้งทางด้านน้ำไหลเข้าและไหลออกจากเครื่องสูบน้ำ เข็มควรจะชี้ที่ “0” หากเข็มไม่ชี้ที่ “0” ให้ถอดสายวัดความดัน (ท่อพลาสติกสีขาว) ด้านใดด้านหนึ่งออก เพื่อระบายความดันทิ้งแล้วเสียบสายวัดเข้าที่เดิม

4.2 การหาสมรรถนะของปั๊มน้ำตัวที่ 1



รูปที่ 4-1 แผนภาพแสดงระบบท่อของชุดทดสอบ

4.2.1 ปิดลิ้นน้ำ V_3 V_4 และV_5 เปิดลิ้นน้ำ V_1 และV_2 ให้สุด

4.2.2 เปิดสวิตช์ไฟของของเครื่องสูบน้ำหมายเลข 1 ให้ปั๊มน้ำทำงาน ค่อยๆปรับความเร็วรอบมอเตอร์ไปยังความเร็วรอบที่ต้องการ ตังอย่างเช่น 2900 รอบต่อนาที

4.2.3 ค่อยๆเปิดลิ้นน้ำ V_5 จนเกือบสุด เพื่อไล่อากาศที่อยู่ภายในท่อออกให้หมด จากนั้นค่อยๆปิดลิ้นน้ำโดยรักษากำลังดันด้านทางออกจากปั๊มน้ำไว้ที่ประมาณ 0.4 kg/cm^2

4.2.4 บันทึกข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้ :

4.2.4.1 ความดัน p_1 ของท่อดูดน้ำ, kg/cm^2

4.2.4.2 ความดัน p_3 ของท่อจ่ายน้ำ, kg/cm^2

4.2.4.3 อัตราการไหล, l/min

4.2.4.4 เวลาที่ใช้, sec

4.2.4.5 แรง, kg.

4.2.4.6 ความเร็วรอบ, rpm

4.2.5 ค่อยๆปิดลิ้นน้ำที่ท่อจ่ายน้ำ (V_5) เล็กน้อยเพื่อเพิ่มความดันทางท่อจ่ายน้ำให้เพิ่มขึ้นครั้งละ 0.2 kg/cm^2 บันทึกข้อมูลตามที่กำหนดในข้อ 4.2.4

4.2.6 ทำซ้ำข้อ 4.2.4 จนกระทั่งวาล์ว V_5 ปิดสนิท

4.2.7 ทำการทดลองซ้ำที่ความเร็วรอบอื่นๆ เช่น 2800, 2700 rpm

4.3 การหาสมรรถนะของปั๊มตัวที่ 2

4.3.1 ปิดลิ้นน้ำ V_1 V_2 V_4และ V_5 เปิดลิ้นน้ำ V_3 ให้สุด

4.3.2 เปิดสวิตซ์ไฟของของเครื่องสูบน้ำหมายเลข 2 ให้ปั๊มน้ำทำงาน ค่อยๆปรับความเร็วรอบมอเตอร์ไปยังความเร็วรอบที่ต้องการ ตังอย่างเช่น 2900 รอบต่อนาที

4.3.3 ค่อยๆเปิดลิ้นน้ำ V_5 จนเกือบสุด เพื่อไล่อากาศที่อยู่ภายในท่อออกให้หมด จากนั้นค่อยๆปิดลิ้นน้ำโดยรักษากำลังดันด้านทางออกจากปั๊มน้ำไว้ที่ประมาณ 0.4 kg/cm^2

4.3.4 บันทึกข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้ :

4.3.4.1 ความดัน p_2 ของท่อดูดน้ำ, kg/cm^2

4.3.4.2 ความดัน p_4 ของท่อจ่ายน้ำ, kg/cm^2

4.3.4.3 อัตราการไหล, l/min

4.3.4.4 เวลาที่ใช้, sec

4.3.4.5 แรง, kg.

4.3.4.6 ความเร็วรอบ, rpm

4.3.5 ค่อยๆปิดลิ้นน้ำที่ท่อจ่ายน้ำ (V_5) เล็กน้อยเพื่อเพิ่มความดันทางท่อจ่ายน้ำให้เพิ่มขึ้นครั้งละ 0.2 kg/cm^2 บันทึกข้อมูลตามที่กำหนดในข้อ 4.3.4

4.3.6 ทำซ้ำข้อ 4.3.4 จนกระทั่งวาล์ว V_5 ปิดสนิท

4.3.7 ทำการทดลองซ้ำที่ความเร็วรอบอื่นๆ เช่น 2800, 2700 rpm

4.4 การหาสมรรถนะของปั๊มน้ำตัวที่ 1 และ ตัวที่ 2 เมื่อต่อร่วมกันแบบอนุกรม

การใช้อุปกรณ์ชุดนี้สำหรับการทดสอบเครื่องสูบน้ำสองเครื่องต่ออนุกรมกันนั้น จะต้อง เปิดและ ปิดวาล์วต่างๆ ให้เครื่องสูบน้ำเครื่องที่ 1 สามารถจ่ายน้ำไปให้แก่เครื่องสูบน้ำเครื่องที่ 2 โดยตรง ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้:

4.4.1 ปิดลิ้นน้ำ V_2 V_3และ V_5 แล้วเปิดลิ้นน้ำ V_1 และV_4

4.4.2 เปิดสวิตช์ไฟของของเครื่องสูบน้ำทั้งสองตัวทำงาน ค่อยๆปรับความเร็วรอบมอเตอร์ไปยังความเร็วรอบที่ต้องการ ตังอย่างเช่น 2900 รอบต่อนาที

4.4.3 ค่อยๆเปิดลิ้นน้ำ V_5 จนเกือบสุด เพื่อไล่อากาศที่อยู่ภายในท่อออกให้หมด จากนั้นค่อยๆปิดลิ้นน้ำโดยรักษากำลังดันด้านทางออกจากปั๊มน้ำไว้ที่ประมาณ 0.5 kg/cm^2

4.4.4 บันทึกข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้ :

4.4.4.1 ความดัน p_1 , p_2 ของท่อดูดน้ำ, kg/cm^2

4.4.4.2 ความดัน p_4 ของท่อจ่ายน้ำ, kg/cm^2

4.4.4.3 อัตราการไหล, l/min

4.4.4.4 เวลาที่ใช้, sec

4.4.4.5 แรง, kg.

4.4.4.6 ความเร็วรอบ, rpm

4.4.5 ค่อยๆปิดลิ้นน้ำที่ท่อจ่ายน้ำ (V_5) เล็กน้อยเพื่อเพิ่มความดันทางท่อจ่ายน้ำให้เพิ่มขึ้นครั้งละ 0.2 kg/cm^2 บันทึกข้อมูลตามที่กำหนดในข้อ 4.4.4

4.4.6 ทำซ้ำข้อ 4.4.5 จนกระทั่งวาล์ว V_5 ปิดสนิท

4.4.7 ทำการทดลองซ้ำที่ความเร็วรอบอื่นๆ เช่น 2800, 2700 rpm

4.5 การหาสมรรถนะของปั๊มน้ำตัวที่ 1 และ ตัวที่ 2 เมื่อต่อร่วมกันแบบขนานกัน

4.5.1 ปิดลิ้นน้ำ V_4 และ V_5 เปิดลิ้นน้ำ V_1, V_2 และV_3

4.5.2 เปิดสวิตช์ไฟของของเครื่องสูบน้ำทั้งสองตัวทำงาน ค่อยๆปรับความเร็วรอบมอเตอร์ไปยังความเร็วรอบที่ต้องการ ตังอย่างเช่น 2900 รอบต่อนาที

4.5.3 ค่อยๆเปิดลิ้นน้ำ V_5 จนเกือบสุด เพื่อไล่อากาศที่อยู่ภายในท่อออกให้หมด จากนั้นค่อยๆปิดลิ้นน้ำโดยรักษากำลังดันด้านทางออกจากปั๊มน้ำ p_4 ไว้ที่ประมาณ 0.4 kg/cm^2

4.5.4 บันทึกข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้ :

4.5.4.1 ความดัน p_1 , p_2 ของท่อดูดน้ำ, kg/cm^2

4.5.4.2 ความดัน p_3 , p_4 ของท่อจ่ายน้ำ, kg/cm^2

4.5.4.3 อัตราการไหล, l/min

4.5.4.4 เวลาที่ใช้, sec

4.5.4.5 แรง, kg

4.5.4.6 ความเร็วรอบ, rpm

4.5.5 ค่อยๆปิดลิ้นน้ำที่ท่อจ่ายน้ำ (V_5) เล็กน้อยเพื่อเพิ่มความดันทางท่อจ่ายน้ำให้เพิ่มขึ้นครั้งละ 0.2 kg/cm^2 บันทึกข้อมูลตามที่กำหนดในข้อ 4.5.4

4.5.6 ทำซ้ำข้อ 4.5.5 จนกระทั่งวาล์ว V_5 ปิดสนิท

4.5.7 ทำการทดลองซ้ำที่ความเร็วรอบอื่นๆ เช่น 2800, 2700 rpm

4.6 ภายหลังการทดลอง

4.6.1 ปิดสวิตช์ให้เครื่องสูบน้ำหยุดทำงานแล้วปิดสวิตช์ไฟรวมของแผงสวิตช์ไฟตามลำดับ

4.6.2 ในกรณีที่ไม่ได้ใช้เครื่องทดสอบเป็นเวลานาน ให้ปล่อยน้ำออกจากเครื่องสูบน้ำและถังเก็บน้ำให้หมด

4.7 ตัวอย่างตารางเก็บข้อมูล (Sample Data Sheet)

ตัวอย่างของตารางเก็บข้อมูลได้จัดมาให้เสร็จ ท่านสามารถทำสำเนาตารางเก็บมูลไว้สำหรับการใช้งานในห้องปฏิบัติการตามจำนวนที่ต้องการเอง หรือจะดัดแปลงให้เหมาะกับการใช้งานของตนเองก็สามารถทำได้

ตารางผลการทดลอง

COMPACT SERIES AND PARALLEL PUMPS TEST SE

ผู้ทำการทดลอง: ..... วันที่: .....

ปั๊มตัวที่ 1 Arm length ...10... เซนติเมตร

ความเร็วรอบ n (rpm)	แรง F (kg)	ความดัน p (kg/cm^2)			อัตราการไหล Q (lpm)			กำลัง input W_i (watt)	กำลัง output W_o (Watt)	ประสิทธิภาพ η (%)	หมายเหตุ
		p_3	p_1	$p_3 - p_1$	ปริมาณ (l)	เวลา (sec)	(lpm)				
ปั๊มตัวที่ 2 Arm length ...10... เซนติเมตร											
		p_4	p_2	$p_4 - p_2$							

ตารางผลการทดลอง

COMPACT SERIES AND PARALLEL PUMPS TEST SET

ผู้ทำการทดลอง:.....วันที่: .....

ปั๊มตัวที่ 1 และ 2 ต่อแบบอนุกรม : Arm length ...10... เซนติเมตร

ความเร็วรอบ n (rpm)	แรง, F		ความดัน, p (kg/cm^2)						มิเตอร์น้ำ			หมายเหตุ
	F_1 (kg)	F_2 (kg)	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5 (Optional)	$p_4 - p_1$	ปริมาณ (l)	เวลา (sec)	อัตราการไหล (lpm)	

ปั๊มตัวที่ 1 และ 2 ต่อแบบขนาน : Arm length ...10... เซนติเมตร

ความเร็วรอบ n (rpm)	แรง, F		ความดัน, p (kg/cm^2)						มิเตอร์น้ำ			หมายเหตุ
	F_1 (kg)	F_2 (kg)	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5 (Optional)	$p_5 - p_1$ or $p_5 - p_2$	ปริมาณ (l)	เวลา (sec)	อัตราการไหล (lpm)	

หมายเหตุ : 1. Pump Model LUCKY PRO CMP, 0.5 hp; Motor Siemens, 0.55 kW, 50 Hz, 2.36 A, 230 V

2. For series operation p_3 should be higher than p_2 due to friction loss between the two points

5 <u>คำสั่งท้ายการทดลอง</u>

5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำเครื่อง ที่ 1 และ 2 ที่ทำงานตามลำพัง ภายใต้ความเร็วรอบต่าง ๆ โดยให้ความดันอยู่ในแกนตั้ง อัตราการไหลอยู่ในแกนนอนของกราฟ

5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำที่ความเร็วรอบต่างๆ เมื่อเครื่องสูบน้ำทั้งสองต่ออนุกรมกันโดยให้ความดันอยู่ในแกนตั้ง อัตราการไหลอยู่ในแกนนอนของกราฟ

5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำที่ความเร็วรอบต่างๆ เมื่อเครื่องสูบน้ำทั้งสองต่อขนานกัน โดยให้ความดันอยู่ในแกนตั้ง อัตราการไหลอยู่ในแกนนอนของกราฟ

5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอินพุทของเครื่องสูบน้ำเครื่องที่ 1 และ 2 ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ บนกราฟแผ่นเดียวกันเช่นเดียวกับข้อ 5.1 และ 5.2

5.5 ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำเครื่องที่ 1 และ 2 ที่ความรอบต่างๆ บนกราฟแผ่นเดียวกัน เช่นเดียวกับข้อ 5.1 และ 5.2

6 <u>วิจารณ์ผลการทดลอง</u>

7 <u>สรุปผลการทดลอง</u>

8 <u>ตัวอย่างการทดลอง</u>

MINI SERIES AND PARALLEL PUMPS TEST SET

ความเร็วรอบ n (rpm)	แรง F (kg)	ความดัน p (kg/cm^2)			อัตราการไหล Q (lpm)			กำลัง input W_i (watt)	กำลัง output W_o (Watt)	ประสิทธิภาพ η (%)	หมายเหตุ
		p_3	p_1	$p_3 - p_1$	ปริมาณ (l)	เวลา (sec)	(lpm)				
2900	2.00	0.40	-0.14	0.54	50	25.93	115.70	595.834	102.148	17.14	

9 <u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

การคำนวณหาค่ากำลังอินพุท กำลังเอาต์พุทและประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำนั้นใช้สมการที่อยู่ในทฤษฎี ตัวอย่างข้อมูลจากการทดลองที่ดำเนินการมานั้น ได้นำมาใช้เป็นตัวอย่างการคำนวณ ผลที่คำนวณได้นั้นได้บันทึกไว้ในตารางบันทึกข้อมูลมีดังต่อไปนี้:

9.1 ข้อมูลจากการทดลองของเครื่องสูบน้ำเครื่องที่ 1

- ความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำ ,2900 rpm
- ความดันทางท่อจ่ายน้ำ , 0.40 kg/cm^2
- ความดันทางท่อดูดน้ำ , 0.14 kg/cm^2
- ปริมาตรน้ำที่ไหล , 50 l
- เวลาที่น้ำไหล , 25.93 s
- แรง , 2.00 kg

จากข้อมูลจะสามารถคำนวณค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้:

$$\text{ความดันที่แตกต่าง}, \Delta p = \text{ความดันทางท่อจ่ายนำ} - \text{ความดันทางท่อดูดนำ}$$
$$= 0.40\frac{kg}{cm^2} - (-0.13\frac{kg}{cm^2})$$
$$= 0.54\frac{kg}{cm^2}$$

$$\text{อัตราการไหล}, Q = \frac{\text{จำนวนน้ำ}}{\text{เวลา}} = \frac{50\ liter}{25.93 s} \times \frac{60s}{1 \min}$$
$$= 115.70\ \frac{liter}{\min}$$

9.2 กำลังเอาต์พุตของเครื่องสูบน้ำ (Pump output power)

$$W_o = 1.635\, p \times Q$$
$$= 1.635 \times 0.54 \times 115.70$$
$$= 102.15\ \text{Watt}$$

9.3กำลังอินพุทของเครื่องสูบน้ำ (Pump input power or brake power)

$$W_i = 0.010273 F \times r \times n$$
$$= 0.010273 \times 2 \times 10 \times 2{,}900$$
$$= 595.834 \text{ Watt}$$

9.4 ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ (Pump Efficiency)

$$\eta = \frac{\text{กำลังเอต์พุทของเครื่องสูบน้ำ}}{\text{กำลังอินพุทของเครื่องสูบน้ำ}} = \frac{W_o}{W_i}$$
$$= \frac{102.15}{595.834}$$
$$= 0.1714$$
$$= 17.14 \ \%$$

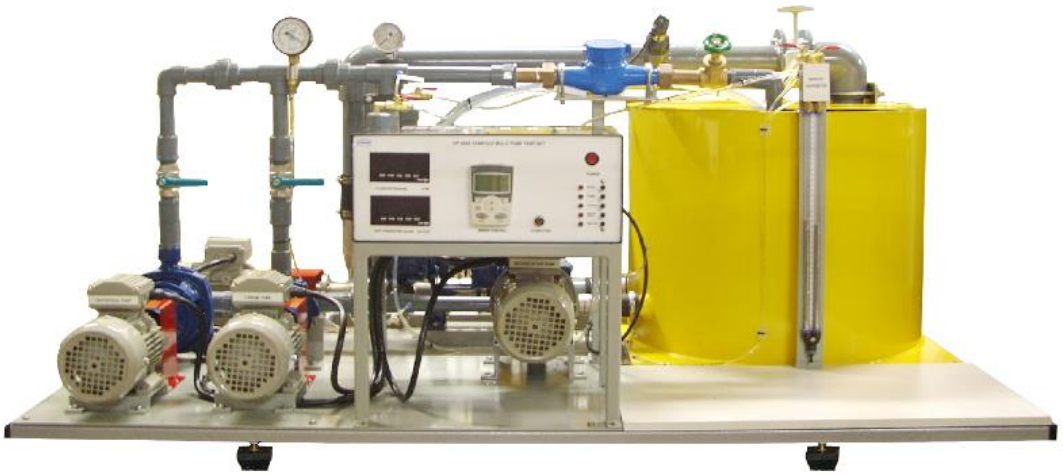
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 2 การทดลองปั๊มน้ำหลากชนิดขนาดเล็ก

(COMPACT MULTI PUMP TEST SET)



1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับเฮดความดันที่ความเร็วรอบต่างๆ

1.2 เพื่อศึกษากำลังงานที่ส่งให้กับปั๊ม กำลังงานที่ได้จากปั๊ม ประสิทธิภาพของปั๊ม ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

1.3 เพื่อศึกษาผลของ Pulse chamber ที่มีต่อการทำงานของปั๊มชนิดสูบชัก (Reciprocating pump)

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

คุณลักษณะการทำงานของปั๊มโดยส่วนใหญ่มักจะบอกในรูปแบบของเฮดรวมที่ปั๊มให้ (Total dynamic head) หรือที่มักจะเรียกกันอย่างง่ายๆว่าค่า เฮดของปั๊ม ซึ่งมีความหมายเช่นเดียวกับค่าของพลังงานที่ปั๊มให้แก่ของเหลว ค่าอัตราการไหล หรือ อัตราการส่งถ่ายของเหลว กำลังขับที่ต้องการ (mechanical shaft power input) และประสิทธิภาภของปั๊มดังสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

2.1อัตราการไหลของปั๊ม (Pump Capacity, Q)

อัตราการไหลของของเหลวหมายถึงปริมาณของเหลวที่ปั๊มสามารถสูบส่งได้ในหนึ่งหน่วยเวลา (ตัวอย่างเช่น ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที) โดยปกติแล้วค่าอัตราการไหลสามารถวัดได้จากถังวัดปริมาตรหรือจากมาตรวัดน้ำ:

Q = ปริมาตรของของเหลวที่วัดได้, m^3 ต่อหน่วยเวลาที่ใช้, s

2.2 เฮดรวมที่ปั๊มให้ (Total Dynamic Head, H_{TD})

จากสมการ

$$H_{TD} = (Z_2 - Z_1) + (p_2 - p_1) / \gamma + (v_2^2 - v_1^2) / 2g$$

เมื่อ, $(Z_2 - Z_1)$ = การเปลี่ยนแปลงระดับความสูงจากระดับ

$(p_2 - p_1) / \gamma$ = การเปลี่ยนแปลงเฮดความดัน (ได้จากการทดลอง)

$(v_2^2 - v_1^2) / 2g$ = การเปลี่ยนแปลงเฮดความเร็ว (ได้จากการคำนวณตามสมการ

$V = Q / A$, เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัดของท่อ)

หมายเหตุ: สำหรับชุดทดลองนี้

(a) เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทางดูด, D_1 = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทางส่ง, D_2 ; ดังนั้น $V_1 = V_2$

(b) $Z_1 = Z_2$ โดยประมาณ

ดังนั้น, $H_{TD} = (p_2 - p_1) / \gamma$ ..... (2.1)

เมื่อ: H_{TD} = เฮดรวมที่ปั๊มให้ หรือ เฮดของปั๊ม, m

$(p_2 - p_1)$ = ความดันของปั๊ม, N/m^2

γ = ค่าความถ่วงจำเพาะของของเหลว, N/m^3

ในกรณีที่วัดค่าความดันโดยใช้หน่วยเป็น kg/cm^2 และ $\gamma = \rho g = 1{,}000 \times 9.81 \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{m}{s^2} (or \frac{N}{m^3})$ ดังนั้นค่าเฮดรวมที่ปั๊มให้จะมีค่าเท่ากับ

$$H_{TD} = (p_2 - p_1) \frac{kg}{cm^2} \times (\frac{100\,cm}{1\,m})^2 \times \frac{9.81\,N}{1\,kg} / (1000 \times 9.81) \frac{N}{m^3}$$

$$= 10(p_2 - p_1)\ m \qquad \text{..... (2.2)}$$

เมื่อ $(p_2 - p_1)$ = ความดันของปั๊ม, kg/cm^2

2.3 กำลังที่เครื่องสูบน้ำให้ (Power output of pump, W_o)

กำลังที่เครื่องสูบน้ำให้หรือกำลังเอาต์พุทของเครื่องสูบน้ำ เป็นกำลังที่เครื่องสูบน้ำให้แก่น้ำและมักจะเรียกว่ากำลังไฮดรอลิกส์หรือกำลังของน้ำ กำลังของเครื่องสูบน้ำนี้จะขึ้นอยู่กับอัตราการไหล (Q) ของน้ำและเฮดที่ปั๊มใช้สูบน้ำ (Pumping head, h_p) หรือขึ้นอยู่กับความดันที่ปั๊มใช้สูบน้ำ (Pumping pressure, P_P) กำลังที่เครื่องสูบน้ำให้หรือกำลังเอาต์พุทของเครื่องสูบน้ำนี้มีค่าตามสมการ:

$$W_o = \gamma Q\, H_{TD}$$

จากสมการ 2.1 ได้ $W_o = (p_2 - p_1)\, Q$

เมื่อ : W_o = กำลังเอาต์พุทของเครื่องสูบน้ำ,W

$p_2 - p_1$ = ความดันของการปั๊ม, N/m^2

γ = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ, N/m^3

Q = อัตราการไหลของน้ำ, m^3/s

ในกรณีที่ความดัน P วัดเป็น kg/cm^2 และอัตราการไหล Q วัดเป็น liter / min แล้วกำลังเอาต์พุทของเครื่องสูบน้ำก็จะมีรูปเป็น: $W_0 = (p_2 - p_1)\, Q$

$$= (p_2 - p_1) \left[\frac{kg}{cm^2} \times \left[\frac{100cm}{1m} \right]^2 \times \frac{9.81N}{1kg} \right] \times \left[Q \frac{1}{min} \times \frac{1min}{60s} \times \frac{1m^3}{1{,}000\ l} \right]$$

$$= 1.635 (p_2 - p_1)\, Q \frac{N \cdot m}{s} = W \qquad \text{..... (2.3)}$$

เมื่อ : W_o = กำลังเอาต์พุทของเครื่องสูบน้ำ,W

$p_2 - p_1$ = กำลังที่ปั๊มใช้สูบน้ำ, kg/cm^2

Q = อัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำ, l/min

2.4 กำลังที่ให้แก่ปั๊ม (Power Input of Pump, W_i)

กำลังที่ให้แก่เครื่องสูบน้ำหรือกำลังอินพุทของเครื่องสูบน้ำ เป็นกำลังที่ตัวต้นกำลังจ่ายให้ แก่เครื่องสูบน้ำ ตัวต้นกำลังนี้อาจจะเป็นมอเตอร์หรือเครื่องยนต์ก็ได้ ดังนั้นเครื่องสูบน้ำก็จะสามารถจ่ายกำลังให้แก่ของเหลวหรือน้ำอีกทอดหนึ่ง กำลังอินพุทของเครื่องสูบน้ำนี้สามารถวัดได้ด้วยไดนาโมมิเตอร์ และสามารถหาได้จากสมการ :

$$W_i = F\,r \times \frac{2\pi\,n}{60} \qquad \text{..... (2.4)}$$

เมื่อ : W_i = กำลังอินพุทของเครื่องสูบน้ำ, W

F = แรงที่วัดได้จากไดนาโมมิเตอร์, N

r = ความยาวแขนวัดแรงของไดนาโมมิเตอร์, m

n = ความเร็วรอบของตัวต้นกำลัง, rpm

หมายเหตุ:

ก. ในกรณีที่แรง F วัดแรงเป็น kg ความยาวแขนวัดแรงของไดนาโมมิเตอร์วัดเป็น cm แล้วกำลังอินพุทของเครื่องสูบน้ำก็จะมีรูปเป็น:

$$W_i = \left(F\ \text{kg} \times \frac{9.81\,\text{N}}{\text{kg}}\right) \times \left(r\ \text{cm} \times \frac{1\text{m}}{100\,\text{cm}}\right) \times 2\pi \left(n \frac{1}{\text{min}} \times \frac{1\text{min}}{60\,\text{s}}\right)$$

$$= 0.010273\ F \times r \times n \quad \text{Watts} \qquad \text{..... (2.5)}$$

เมื่อ : W_i = กำลังอินพุทของเครื่องสูบน้ำ, W

F = แรงที่วัดได้จากไดนาโมมิเตอร์, kg

r = ความยาวแขนวัดแรงของไดนาโมมิเตอร์, cm

n = ความเร็วรอบของตัวต้นกำลัง, rpm

ข. ในกรณีที่วัดแรงบิด (T = F×r) จากไดนาโมมิเตอร์ได้โดยตรงเป็น N.m แล้ว กำลังอินพุทของเครื่องสูบน้ำก็จะมีรูปเป็น:

$$W_i = T \cdot \omega$$

$$= T \times \frac{2\pi n}{60}$$

$$= 0.10472\ Tn \text{ Watts} \qquad \text{..... (2.6)}$$

เมื่อ : T = แรงบิดของไดนาโมมิเตอร์, N·m

n = ความเร็วรอบของไดนาโมมิเตอร์, rpm

ค. นอกจากกรณีที่วัตต์มิเตอร์ถูกใช้เพื่อวัดกำลังขาเข้ามอเตอร์ ประสิทธิภาพจะได้จาก

$$\frac{\text{Pump Output}}{\text{Motor Input}} = \text{Overall pump and motor efficiency}$$

ง. กรณีที่อินเวอร์แบบใหม่ (advanced inverter) ถูกใช้ ความเร็วรอบและกำลังขาเข้าจะถูกแสดงบนจออินเวอร์เตอร์ กรณีนี้ประสิทธิภาพของปั๊มและมอเตอร์จะเหมือนกับข้อ ค.

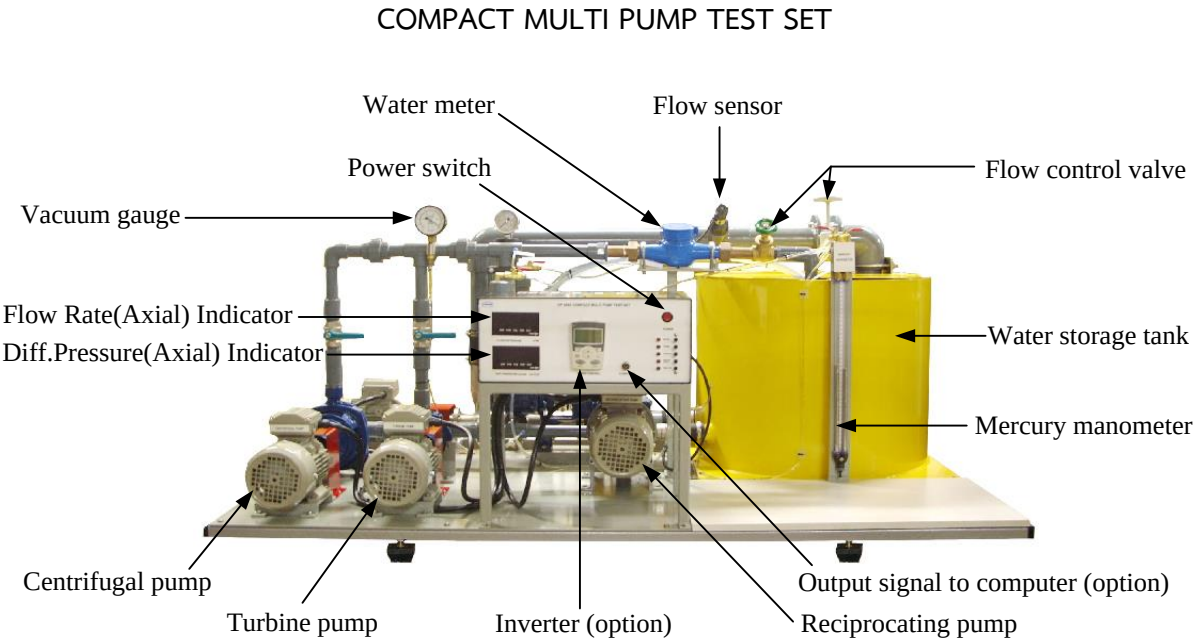
2.5 ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ (Pump Efficiency), η

$$\eta = \frac{\text{Output power}}{\text{Input power}}$$

$$= \frac{W_o}{W_i} \times 100\ \% \qquad \text{..... (2.7)}$$

หมายเหตุ : ถ้าหากเอาวัตต์มิเตอร์มาใช้วัดกำลังไฟฟ้าแล้ว กำลังที่อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์จะเป็นกำลังอินพุทของมอเตอร์ไม่ใช่ของเครื่องสูบน้ำ ดังนั้นประสิทธิ์ภาพก็จะเป็นประสิทธิ์ภาพรวมของชุดเครื่องจักรที่รวมเครื่องสูบน้ำกับมอเตอร์ ไม่ใช่เป็นประสิทธิ์ภาพของเครื่องสูบน้ำโดยลำพัง จะต้องพิจารณาถึงประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่สภาวะของการใช้งานด้วยเพื่อหากำลังเอาต์พุทของมอเตอร์เพราะมันเป็นกำลังอินพุทของเครื่องสูบน้ำ

3. เครื่องมือการทดลอง



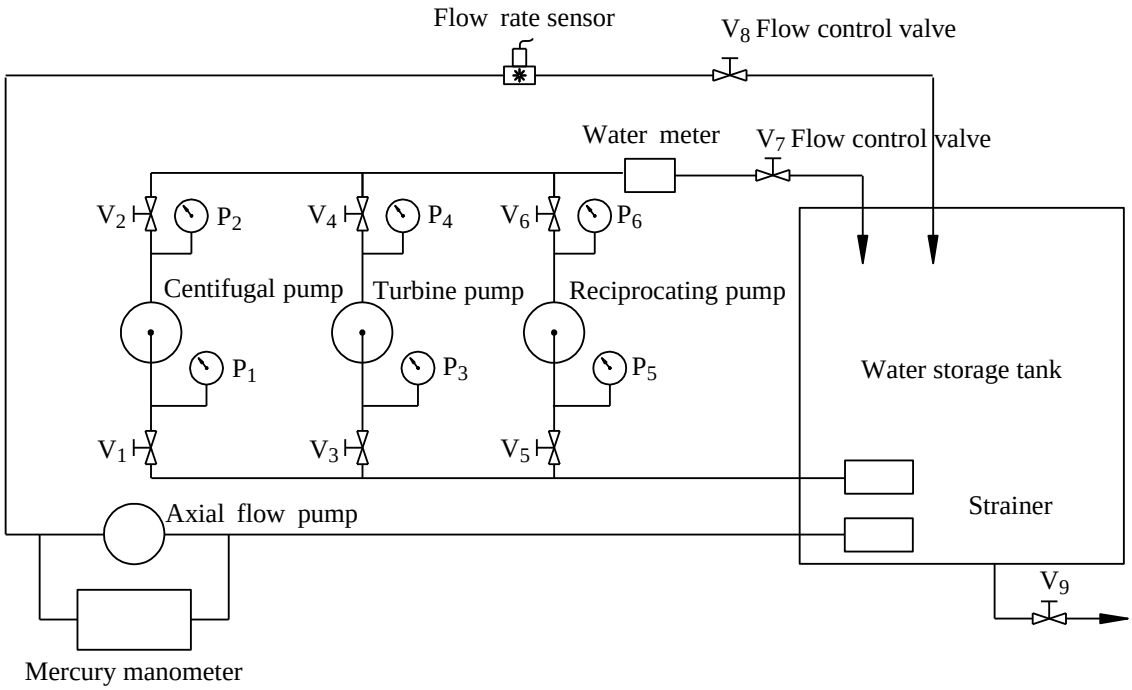
รูปที่ 3.1 ภาพด้านหน้า

รายละเอียดทั่วไป

อุปกรณ์นี้เป็นชุดทดลองสำหรับใช้ในการทดสอบคุณลักษณะการทำงานของปั๊มแบบต่างๆ ชุดทดลองนี้ประกอบด้วยปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง ปั๊มน้ำแบบเทอร์ไบน์ ปั๊มน้ำแบบสูบชักและปั๊มน้ำชนิดไหลตามแนวแกน ถังเก็บน้ำพร้อมอุปกรณ์ในการตรวจวัดค่าต่างๆ ความเร็วของมอเตอร์ถูกควบคุมด้วยตัวปรับแต่งความเร็วรอบ ปั๊มแต่ละตัวสามารถทำงานโดยอิสระจากกันด้วยการเลือกวาล์วสำหรับควบคุมการไหลของน้ำและปุ่มสำหรับการเลือกใช้งานของมอเตอร์ ชุดทดลองนี้ติดตั้งอยู่บน โครงเหล็กสามารถเคลื่อนย้ายได้โดยสะดวก

4. การทดลอง

ชุดทดสอบนี้ประกอบไปด้วยปั๊มน้ำทั้งหมด 4 แบบ ด้วยกัน ระบบท่อทางของชุดทดสอบสามารถแสดงได้ตามแผนภูมิในรูปที่ 4-1 ในการใช้ชุดทดสอบเพื่อศึกษาถึงคุณลักษณะการทำงานของปั๊มน้ำในแต่ละประเภทนั้น ในการดำเนินการทดลองแต่ละครั้งควรจะกระทำโดยการทดสอบการทำงานของปั๊มเพียงชนิดเดียวเท่านั้น โดยในการทดลองเพื่อทดสอบปั๊มน้ำแบบใดก็ให้เปิดวาล์วที่เข้าปั๊มน้ำนั้นโดยเฉพาะ ส่วนวาล์วที่ใช้สำหรับเปิดเข้าปั๊มน้ำตัวอื่นให้ปิดให้หมด



รูปที่ 4-1 แผนภูมิแสดงการจัดเรียงท่อทางของชุดทดสอบ

ลำดับขั้นตอนการทดลองเป็นไปดังต่อไปนี้

4.1 ก่อนดำเนินการทดลอง

4.1.1 ตรวจสอบดูให้แน่ใจว่าวาล์ว V_9 อยู่ในตำแหน่งปิด

4.1.2 เติมน้ำในถังเก็บให้อยู่ในระดับเกือบเต็ม (ระดับน้ำอยู่ต่ำกว่าขอบบนสุด 5-10 ซม. โดยประมาณ) และเพื่อเป็นการป้องกันการเกิดสนิมขึ้นกับอุปกรณ์ทดลอง ควรมีการเติมน้ำยาป้องกันสนิมชนิดเดียวกับที่ใช้ในรถยนต์ลงไปในน้ำด้วย

4.1.3 ตรวจสอบดูให้แน่ใจว่าวาล์ว V_7 และ V_8 อยู่ในตำแหน่งปิด

4.1.4 ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ที่อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบให้เท่ากับศูนย์ (ดูเอกสารแนบ 3)

4.2 การทดสอบปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง

4.2.1 เปิดวาล์ว V_1 และ V_2 ของปั๊มน้ำแบบหอยโข่งและปิดวาล์ว V_4 และ V_6 ของปั๊มน้ำตัวอื่นๆ

4.2.2 เปิดสวิทช์การทำงานของปั๊มหอยโข่งโดยปรับอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ (Inverter) อย่างช้าๆไปจนกระทั่งมอเตอร์มีความเร็วรอบเท่ากับ 2,800 รอบต่อนาที

4.2.3 เปิดวาล์ว V_7 จนเกือบสุด ระบายอากาศที่มีอยู่ในท่อจนหมด แล้วค่อยๆปิดวาล์วจนกระทั่งความดันด้านทางออกจากปั๊มมีค่าเท่ากับ 0.7 kg/cm^2

4.2.4 บันทึกค่าที่ได้จากการทดลอง ดังต่อไปนี้:

- ความเร็วรอบของปั๊ม rpm
- ความดันด้านทางดูด, p_1 kg/cm^2
- ความดันด้านทางส่ง, p_2 kg/cm^2
- ปริมาณน้ำ liter
- ช่วงเวลาที่ใช้ sec
- กำลังที่ให้กับมอเตอร์ watt

4.2.5 ค่อยๆปิดวาล์ว V_7 เพื่อเพิ่มกำลังด้านทางออกไปทีละ 0.2 kg/cm^2 จนกระทั่งความดันด้านทางออกมีค่าสูงสุด (หรือวาล์ว V_7 นั้นปิดหมด) บันทึกค่าต่างๆที่ได้จากการทดลองตามที่กำหนดในข้อ 4.2.4 สำหรับการทดลองในแต่ละครั้ง (หากค่าความเร็วรอบของมอเตอร์มีค่าไม่คงที่เมื่อมีการปรับแต่งค่าความดันด้านทางออกให้ทำการปรับแต่งอุปกรณ์ควบคุมค่าความเร็วรอบ (inverter) โดยปรับแต่งให้รอบของมอเตอร์มีค่าเท่ากับ 2,800 รอบต่อนาทีเสมอ)

4.2.6 ทำการปรับความเร็วรอบของปั๊มไปที่ความเร็วรอบอื่นๆ เช่น 2500, 2000, หรือ 1500 รอบต่อนาทีแล้วทำการทดลองซ้ำข้อที่ 4.2.3 ถึง 4.2.5

4.3 การทดสอบปั๊มน้ำแบบเทอร์ไบน์

4.3.1 เปิดวาล์ว V_3 และ V_4 ของปั๊มน้ำแบบเทอร์ไบน์และปิดวาล์ว V_2 และ V_6 ของปั๊มน้ำตัวอื่นๆ

4.3.2 เปิดสวิทช์การทำงานของปั๊มน้ำแบบเทอร์ไบน์โดยปรับอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ (Inverter) อย่างช้าๆไปจนกระทั่งมอเตอร์มีความเร็วรอบเท่ากับ 2,800 รอบต่อนาที

4.3.3 เปิดวาล์ว V_7 จนเกือบสุด ระบายอากาศที่มีอยู่ในท่อจนหมด แล้วค่อยๆปิดวาล์วจนกระทั่งความดันด้านทางออกจากปั๊มมีค่าเท่ากับ 0 kg/cm^2

4.3.4 บันทึกค่าที่ได้จากการทดลอง ดังต่อไปนี้:

- ความเร็วรอบของปั๊ม rpm
- ความดันด้านทางดูด, p_3 kg/cm^2
- ความดันด้านทางส่ง, p_4 kg/cm^2
- ปริมาณน้ำ liter
- ช่วงเวลาที่ใช้ sec
- กำลังที่ให้กับมอเตอร์ watt

4.3.5 ค่อยๆปิดวาล์ว V_7 เพื่อเพิ่มกำลังด้านทางออกไปทีละ 0.5 kg/cm^2 จนกระทั่งความดันด้านทางออกมีค่าสูงสุด (หรือวาล์ว V_7 นั้นปิดหมด) บันทึกค่าต่างๆที่ได้จากการทดลองตามที่กำหนดในข้อ 4.3.4 สำหรับการทดลองในแต่ละครั้ง

(หากค่าความเร็วรอบของมอเตอร์มีค่าไม่คงที่เมื่อมีการปรับแต่งค่าความดันด้านทางออกให้ทำการปรับแต่งอุปกรณ์ควบคุมค่าความเร็วรอบ (inverter) โดยปรับแต่งให้รอบของมอเตอร์มีค่าเท่ากับ 2,800 รอบต่อนาทีเสมอ)

4.3.6 ทำการปรับความเร็วรอบของปั๊มไปที่ความเร็วรอบอื่นๆ เช่น 2500, 2000, หรือ 1500 รอบต่อนาทีแล้วทำการทดลองซ้ำข้อที่ 4.3.3 ถึง 4.3.5

4.4 การทดสอบปั๊มน้ำแบบสูบชัก

4.4.1 เปิดวาล์ว V_5 และ V_6 ของปั๊มน้ำแบบสูบชักและปิดวาล์ว V_2 และ V_4 ของปั๊มน้ำตัวอื่นๆ

4.4.2 เปิดสวิทช์การทำงานของปั๊มน้ำแบบสูบชักโดยปรับอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ (Inverter) อย่างช้าๆไปจนกระทั่งมอเตอร์มีความเร็วรอบเท่ากับ 350 รอบต่อนาที

4.4.3 เปิดวาล์ว V_7 จนเกือบสุด ระบายอากาศที่มีอยู่ในท่อจนหมด แล้วค่อย ๆ ปิดวาล์วจนกระทั่งความดันด้านทางออกจากปั๊มมีค่าเท่ากับ 0 kg/cm^2

4.4.4 บันทึกค่าที่ได้จากการทดลอง ดังต่อไปนี้:

- ความเร็วรอบของปั๊ม rpm
- ความดันด้านทางดูด, p_5 kg/cm^2
- ความดันด้านทางส่ง, p_6 kg/cm^2
- ปริมาณน้ำ liter
- ช่วงเวลาที่ใช้ sec
- กำลังที่ให้กับมอเตอร์ watt

4.4.5 ค่อย ๆ ปิดวาล์ว V_7 เพื่อเพิ่มกำลังด้านทางออกไปทีละ 0.5 kg/cm^2 จนกระทั่งความดันด้านทางออกมีค่าสูงสุดเท่ากับ 4 kg/cm^2 บันทึกค่าต่างๆที่ได้จากการทดลองตามที่กำหนดในข้อ 4.4.4 สำหรับการทดลองในแต่ละครั้ง (หากค่าความเร็วรอบของมอเตอร์มีค่าไม่คงที่เมื่อมีการปรับแต่งค่าความดันด้านทางออกให้ทำการปรับแต่งอุปกรณ์ควบคุมค่าความเร็วรอบ (inverter) โดยปรับแต่งให้รอบของมอเตอร์มีค่าเท่ากับ 350 รอบต่อนาทีเสมอ)

4.4.6 ทำการปรับความเร็วรอบของปั๊มไปที่ความเร็วรอบอื่นๆ เช่น 300, 250, หรือ 200 รอบต่อนาทีแล้วทำการทดลองซ้ำข้อที่ 4.4.3 ถึง 4.4.5

4.5 การทดสอบปั๊มน้ำแบบไหลตามแนวแกน

4.5.1 เปิดสวิทช์การทำงานของปั๊มน้ำแบบไหลตามแนวแกนโดยปรับอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ (Inverter) อย่างช้า ๆ ไปจนกระทั่งมอเตอร์มีความเร็วรอบเท่ากับ 2,500 รอบต่อนาที

4.5.2 เปิดวาล์ว V_8 จนเกือบสุดเพื่อให้ได้อัตราการไหลสูงสุด

4.5.3 บันทึกค่าที่ได้จากการทดลอง ดังต่อไปนี้

- ความเร็วรอบของปั๊ม rpm
- ระดับความสูงของมาโนมิเตอร์ปรอททั้งทางดูดและทางส่ง mm. (และ/หรือ ค่าความแตกต่างดวามดัน)
- อัตราการไหล lpm
- กำลังที่ให้กับมอเตอร์ watt

4.5.4 ค่อยๆ ปิดวาล์ว V_8 เพื่อลดอัตราการไหลทางออกลงไปคราวละ 50 lpm จนกระทั่งอัตราการไหลด้านทางออกมีค่าน้อยกว่า 50 lpm (หากค่าความเร็วรอบของมอเตอร์มีค่าไม่คงที่เมื่อมีการปรับแต่งค่าความดันด้านทางออกให้ทำการปรับแต่งอุปกรณ์ควบคุมค่าความเร็วรอบ (inverter) โดยปรับแต่งให้รอบของมอเตอร์มีค่าเท่ากับ 2,500 รอบต่อนาทีเสมอ) บันทึกค่าต่างๆที่ได้จากการทดลองตามที่กำหนดในข้อ 4.5.3 สำหรับการทดลองในแต่ละครั้ง

4.5.5 ทำการปรับความเร็วรอบของปั๊มไปที่ความเร็วรอบอื่นๆ เช่น 2,000 หรือ 1,500 รอบต่อนาที แล้วทำการทดลองซ้ำข้อที่ 4.5.2 ถึง 4.5.4

4.6 ผลของ Pulse chamber สำหรับปั๊มสูบชัก

ถ้าไม่มี Pulse chamber เข็มวัดของเกจวัดความดันจะไม่นิ่ง แกว่งมากจนไม่สามารถอ่านค่าได้ Pulse chamber จะช่วยลดการแกว่งของเข็ม นอกจากนี้แล้วเกจวัดความดันต้องเป็นแบบจอน้ำมัน

ตารางผลการทดลอง

ชุดทดลองปั๊มน้ำหลากชนิดขนาดเล็ก

รูปแบบปั๊ม: ☐ **แบบหอยโข่ง,** ☐ **แบบเทอร์ไบน์,** ☐ **แบบสูบชัก**

แหล่งจ่ายไฟ: ..... เฮิรทซ์

ผู้ทำการทดลอง: ..... วันที่:.....

ความเร็วรอบ n (rpm)	มิเตอร์น้ำ			ความดัน, p (kg/cm^2)			เฮดความเร็ว $(v_2^2 - v_1^2)/2g$ (เมตร)	ความสูง $Z_2 - Z_1$ (เมตร)	เฮดรวมที่ปั๊มให้, H_{TD} (เมตร)	แรงบิด, T (Nm)	กำลัง Input ของปั๊มหรือ Wattmeter, W_i (วัตต์)	กำลัง Output ของปั๊ม ไฮดรอลิก, W_o (วัตต์)	ประสิทธิภาพ η (%)
	ปริมาณ (ลิตร)	เวลา (วินาที)	อัตราการไหล, Q (lpm)	ด้านจ่ายหรือด้านทางออก,p_2	ด้านดูดหรือด้านทางเข้า, p_1	ผลต่าง p_2-p_1							

หมายเหตุ: (1) ให้ $D_1 = D_2$, ดังนั้น $V_1 = V_2$ และ $(v_2^2 - v_1^2) = 0$ (2) ให้ $Z_1 = Z_2$, ดังนั้น $(Z_2 - Z_1) = 0$

ตารางผลการทดลอง

ชุดทดลองปั๊มน้ำหลากชนิดขนาดเล็ก

รูปแบบปั๊ม: ปั๊มน้ำชนิดไหลตามแนวแกน

แหล่งจ่ายไฟ: ..... เฮิรทซ์

ผู้ทำการทดลอง: ..... วันที่:.....

ความเร็วรอบ n (rpm)	อัตราการไหล Q (lpm)	ค่าที่อ่านมาโนมิเตอร์ (มิลลิเมตรปรอท)		ผลต่าง P_2- P_1		เฮดความเร็ว $(V_2^2 - V_1^2)/2g$ (เมตร)	ความสูง Z_2- Z_1 (เมตร)	เฮดรวมที่ปั๊มให้, H_{TD} (เมตร)	แรงบิด, T (Nm)	กำลัง Input ของปั๊มหรือ Wattmeter, W_i (วัตต์)	กำลัง Output ของปั๊ม ไฮดรอลิก, W_o (วัตต์)	ประสิทธิภาพ η (%)
		ด้านจ่ายหรือด้านทางออก,P_2	ด้านดูดหรือด้านทางเข้า, P_1	(มิลลิเมตรปรอท)	(เมตรน้ำ)							

หมายเหตุ: (1) ให้ $D_1 = D_2$, ดังนั้น $V_1 = V_2$ และ $(V_2^2 - V_1^2) = 0$ (2) ให้ $Z_1 = Z_2$, ดังนั้น $(Z_2 - Z_1) = 0$

5. ตัวอย่างผลการทดลอง

ชุดทดลองปั๊มน้ำหลากชนิดขนาดเล็ก

รูปแบบปั๊ม: ☑ แบบหอยโข่ง, ☐ แบบเทอร์ไบน์ ☐ แบบสูบชัก

แหล่งจ่ายไฟ: .....50... เฮิรทซ์

ผู้ทำการทดลอง: ...H.Prairin..... วันที่: .....20/05/09...

ความเร็วรอบ n (rpm)	มิเตอร์น้ำ			ความดัน, p (kg/cm^2)			เฮดความเร็ว $(v_2^2 - v_1^2)/2g$ (เมตร)	ความสูง $Z_2 - Z_1$ (เมตร)	เฮดรวมที่ปั๊มให้, H_{TD} (เมตร)	แรงบิด, T (Nm)	กำลัง Input ของปั๊มหรือ Wattmeter, W_i (วัตต์)	กำลัง Output ของปั๊ม ไฮดรอลิก, W_o (วัตต์)	ประสิทธิภาพ η (%)
	ปริมาณ (ลิตร)	เวลา (วินาที)	อัตราการไหล, Q (lpm)	ด้านจ่ายหรือด้านทางออก, p_2	ด้านดูดหรือด้านทางเข้า, p_1	ผลต่าง p_2-p_1							
2800	40	40.85	58.75	1.1	-0.12	1.22	0	0	12.2	-	553.70	117.19	21.17
2800	40	46.57	51.54	1.3	-0.10	1.40	0	0	14.0	-	533.40	117.97	22.12
2800	40	58.88	40.76	1.5	-0.06	1.56	0	0	15.6	-	504.20	103.96	20.62

หมายเหตุ: (1) $D_1 = D_2$, ดังนั้น $V_1 = V_2$, และ $(v_2^2 - v_1^2) = 0$ (2) โดยประมาณ $Z_1 = Z_2$ ดังนั้น $(Z_2 - Z_1) = 0$

(3) “USR” Centrifugal Pump CPM Series

6. <u>คำสั่งท้ายการทดลอง</u>

6.1 เขียนกราฟแสดงคุณลักษณะการทำงานของปั๊มแบบหอยโข่งที่รอบ 2,800 และ 2,500 รอบต่อนาที

6.2 เขียนกราฟแสดงคุณลักษณะการทำงานของปั๊มแบบเทอร์ไบน์ที่รอบ 2,800 และ 2,500 รอบต่อนาที

6.3 เขียนอย่างกราฟแสดงคุณลักษณะการทำงานของปั๊มแบบสูบชักที่รอบ 350 และ 300 รอบต่อนาที

6.4 เขียนกราฟแสดงคุณลักษณะการทำงานของปั๊มแบบไหลตามแนวแกนที่รอบ 2,500 และ 2,000 รอบต่อนาที

7. <u>วิจารณ์ผลการทดลอง</u>

8. <u>สรุปผลการทดลอง</u>

9. <u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

การคำนวณหาค่ากำลังงานที่ให้กับปั๊ม กำลังงานที่ได้จากปั๊ม หรือ ประสิทธิภาพของปั๊ม สามารถใช้สูตรที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 2.2 สำหรับตัวอย่างการคำนวณนี้ใช้ผลที่ได้มาจากการทดลองดังต่อไปนี้:

9.1 แบบอย่างผลการทดลองปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง: (แถวที่ 2)

- ความเร็วรอบปั๊มน้ำ, n 2,800 rpm
- ความดันด้านดูด, p_1 -0.1 kg/cm^2
- ความดันด้านส่ง, p_2 1.3 kg/cm^2
- อัตราการไหล, Q 51.54 lpm
- กำลังงานที่ให้, W_i 533.4 watt
- ความเร็วของน้ำด้านทางดูด V_1 = ความเร็วของน้ำด้านทางส่ง V_2 ($\because D_1 = D_2$)
- โดยประมาณ $Z_1 = Z_2$

9.1.1 เฮดรวมที่ปั๊มให้ (Total Dynamic Head):

จากสมการ $H_{TD} = (Z_2 - Z_1) + (p_2-p_1)/\gamma + (V_2^2 - V_1^2)/2g$

ในกรณีนี้; $V_1 = V_2$ และ $Z_1 = Z_2$ โดยประมาณ

จากสมการ 2.2 $H_{TD} = 10 (p_2-p_1)$ m

เมื่อ: $p_2 - p_1$ = ค่าความดันแตกต่าง, kg/cm^2

H_{TD} = 10 (1.3-(-0.1)) = 14 m

9.1.2กำลังงานที่ได้จากปั๊ม:

จากสมการ 2.3 W_o = 1.635 (p_2-p_1) Q

เมื่อ: W_o = กำลังงานที่ได้จากปั๊ม,W

$p_2 - p_1$ = ค่าความดันแตกต่าง, kg/cm^2

Q = อัตราการไหลของปั๊ม, 1pm

W_o = 1.635 × 1.4 × 51.54

= 117.97 Watts

9.1.3ประสิทธิภาพของปั๊ม:

จากสมการ 2.7, η = $\frac{\text{Pump output power}}{\text{Pump input power}}$

$= \frac{W_o}{W_i} \times 100\% = \frac{117.97W}{533.4W} \times 100\%$ = 22.12 %

9.2 แบบอย่างผลการทดลองปั๊มชนิดไหลตามแนวแกน

- ความเร็วรอบปั๊มน้ำ, n 2000 rpm
- กำลังดันทางดูด, p_1 182 mm.Hg
- กำลังดันทางส่ง, p_2 158 mm.Hg
- อัตราการไหล, Q 396.0 lpm
- กำลังงานที่ให้, W_i 219.4 watt
- ความเร็วของน้ำด้านทางดูด V_1 = ความเร็วของน้ำด้านทางส่ง V_2 ($\because D_1 = D_2$)
- โดยประมาณ $Z_1 = Z_2$

9.2.1 ค่าความดันแตกต่าง p_2-p_1

$\therefore$ p_2-p_1 = 182 – 158 = 24 mm H_2O

จากเอกสารแนบ 7: ค่าความสูงของน้ำ = (13.6-1) ค่าความแตกต่างความสูงของปรอท

= 12.6 × ค่าความแตกต่างความสูงของปรอท

$\therefore$ $p_2 - p_1$ = 12.6 × 24 = 302.4 mm H_2O = .302 m H_2O

9.2.2 กำลังงานที่ได้รับจากปั๊ม

จากสมการ 3.3, $W_0 = 1.635 (p_2 - p_1) Q$

เมื่อ: W_0 = กำลังงานที่ได้รับจากปั๊ม, W

$p_2 - p_1$ = ค่าความดันแตกต่าง, kg/cm^2

Q = อัตราการไหลของปั๊ม, 1pm

จาก 1 m H_2O = 0.1 kg/cm^2

$$\therefore p_2 - p_1 = .302 \text{ m } H_2O = .302 \times .1 = .0302 \text{ kg/cm}^2$$

$$\therefore W_0 = 1.635 \times .0302 \times 396$$

$$= 19.55 \text{ Watts}$$

หมายเหตุ: ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณในหัวข้อ 9 นี้เป็นการคำนวณโดยการใช้เครื่องคิดเลขที่อาจจะมีความแตกต่างเล็กน้อยจากในตารางตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการคำนวณด้วยจากโปรแกรม MS Excel

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 3 การทดลองกังหันน้ำแบบฟรานซิสและเพลตัน

(COMPACT PELTON/FRANCIS TURBINE TEST SET)



1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาแรงบิด VS ความเร็วที่เฮดและอัตราการไหลต่างๆ

1.2 เพื่อศึกษากำลังขาออก VS ความเร็วที่เฮดและอัตราการไหลต่างๆ

1.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพ VS ความเร็วที่เฮดและอัตราการไหลหนึ่ง

1.4 เพื่อศึกษา Racing characteristics.

2. ทฤษฎี

2.1กำลังงานที่ส่งให้กับเครื่องกังหัน (Turbine Input, W_i)

จากสมการกำลังงานของน้ำที่ถูกส่งให้กับเครื่องกังหันน้ำต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของน้ำเป็นไปตามสมการ

$$H_p = p/\gamma$$

กำลังงานที่ส่งให้กับเครื่องกังหัน $W_i = Q.p$

เมื่อ W_i = กำลังงานของเครื่องกังหัน, Watts

Q = อัตราการไหลของน้ำ, lt. /min.

P = กำลังดันทางดูดของเครื่องกังหันน้ำ, kg_f/cm^2

ดังนั้น

$$W_i = Q\frac{lt}{min}\times\frac{1}{60}\frac{min}{sec}\times\frac{1}{1000}\frac{m^3}{lt}\times p\frac{kg_f}{cm^2}\times 10^4\frac{cm^2}{m^2}\times 9.81\frac{N}{kg_f}$$

$$W_i = 1.635\ Qp\ \frac{N-m}{sec} = 1.635\ \ Qp\ \ Watts \qquad \text{..... (2.1)}$$

2.2 กำลังงานที่ได้จากเครื่องกังหัน (Turbine Output, W_o)

กำลังงานที่ได้จากเครื่องกังหันน้ำปกติจะวัดได้จากเครื่องดูดซับพลังงานตามสมการ

$W_o = Frn$

เมื่อ W_o = กำลังงานที่ได้จากเครื่องกังหัน , Watts

F = แรงที่กระทำต่อเครื่องดูดซับพลังงานแบบใช้น้ำหรือแบบเบรคทาง กล, kg

n = ความเร็วรอบของเครื่องดูดซับพลังงาน, rev/min

r = รัศมีของแขนสำหรับรับแรง, m

ดังนั้น

$$W_o = F\,kg_f\times 9.81\frac{N}{kg_f}\times r\,m.\times n\frac{rev}{min}\times\frac{2\pi\,radian(dimensionless)}{rev}\times\frac{min}{60sec}$$

$$W_o = Frn\times 2\times\pi\times\frac{9.81}{60}\frac{N-m}{sec}$$

$$W_o = 1.0273\ Frn\frac{N-m}{sec} = 1.0273Frn\ \ Watts \qquad \text{..... (2.2)}$$

หากค่าแรงบิด (T= F× r) ที่เกิดจากเครื่องดูดซับพลังงานเป็นค่าที่อ่านได้โดยตรงในหน่วย นิวตัน-เมตร (N-m)

ดังนั้น

$$W_o = TN-m\times 2\pi n\frac{radian(dimensionless)}{min}\times\frac{min}{60sec}$$

$$W_o = 0.10472Tn\frac{N-m}{sec} = 0.10472\,Tn\ Watts \qquad \text{..... (2.3)}$$

2.3 ประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำ, η

$$\eta = \frac{\text{Turbine output power}}{\text{Turbine input power}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{W_o}{W_i} \times 100\% \quad \text{..... (2.4)}$$

โดยปกติแล้วเครื่องกังหันน้ำจะถูกออกแบบมาให้ทำงานที่ประสิทธิภาพสูงสุดที่ความดันและความเร็วรอบค่าใดค่าหนึ่ง

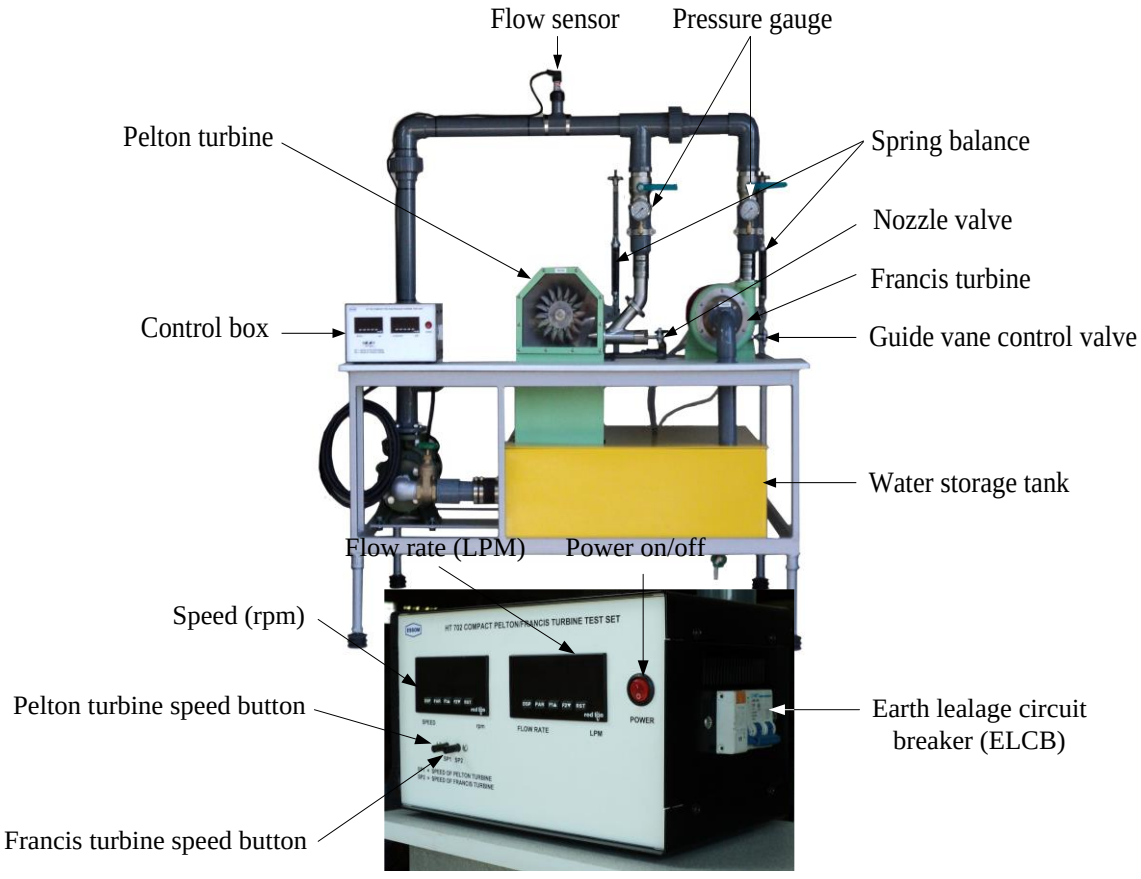
ในกรณีที่เครื่องกังหันน้ำถูกใช้ในการนำไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะต้องถูกนำไปคิดรวมโดยรวมกับประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำ กำลังที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นสามารถวัดได้จากวัตต์มิเตอร์

ดังนั้น $\eta_o = \frac{W_e}{W_i} \times 100\%$ ..... (4.5)

เมื่อ η_o = ประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องกังหัน,

W_e = กำลังไฟฟ้าที่อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์, Watts

3. <u>เครื่องมือการทดลอง</u>



รูปที่ 3.1 ภาพถ่ายด้านหน้าของชุดทดสอบ

รายละเอียดทั่ว ไป

ชุดทดสอบนี้มีความสมบูรณ์ในตัวของชุดทดสอบเอง ซึ่งประกอบด้วยกังหันชนิดต่าง ๆ รวม 2 ชนิด ได้แก่ กังหันน้ำแบบเพลตันและกังหันน้ำแบบฟรานซิส ชุดทดสอบนี้ใช้สำหรับศึกษาคุณสมบัติเฉพาะต่าง ๆ ของกังหัน ซึ่งได้แก่ แรงบิด, กำลังที่ให้แก่กังหัน (หรือกำลังที่กังหันต้องการ), กำลังที่กังหันให้ (หรือกำลังที่ได้จากกังหัน) และประสิทธิภาพที่เฮดระดับต่าง ๆ, ประสิทธิภาพที่อัตราการไหลต่าง ๆ, ประสิทธิภาพที่ความเร็วรอบต่าง ๆ และประสิทธิภาพที่พื้นที่สำหรับการไหลขนาดต่างๆ ของหัวฉีดหรือของวาล์วที่น้ำไหลเข้ากังหัน ตลอดจนคุณสมบัติเฉพาะด้านการทำงาน (racing characteristics) ของกังหันแต่ละชนิด

ชุดทดสอบนี้มีส่วนประกอบหลักคือถังจ่ายน้ำ, ปั๊มน้ำ , เซนเซอร์วัดอัตราการไหล , แผงอุปกรณ์ และกังหันน้ำแต่ละตัวต่อกันแบบขนานบนโครงเหล็ก กังหันแต่ละตัวในชุดทดลองนี้จะมีตัวดูดซับพลังงานชนิดใช้เบรคทางกล (Mechanical dynamometer) ตาชั่งแบบสปริงสำหรับวัดแรง ตัววัดความเร็วรอบ เกจวัดความดันของน้ำก่อนเข้ากังหันอยู่ในตัวของมันเอง กำลังเอาต์พุทหรือกำลังที่กังหันให้ (กำลังที่ได้จากกังหัน) สามารถวัดได้จากตัวดูดซับพลังงานชนิดใช้เบรคทางกล และตาชั่งแบบสปริงสำหรับวัดแรงนี้

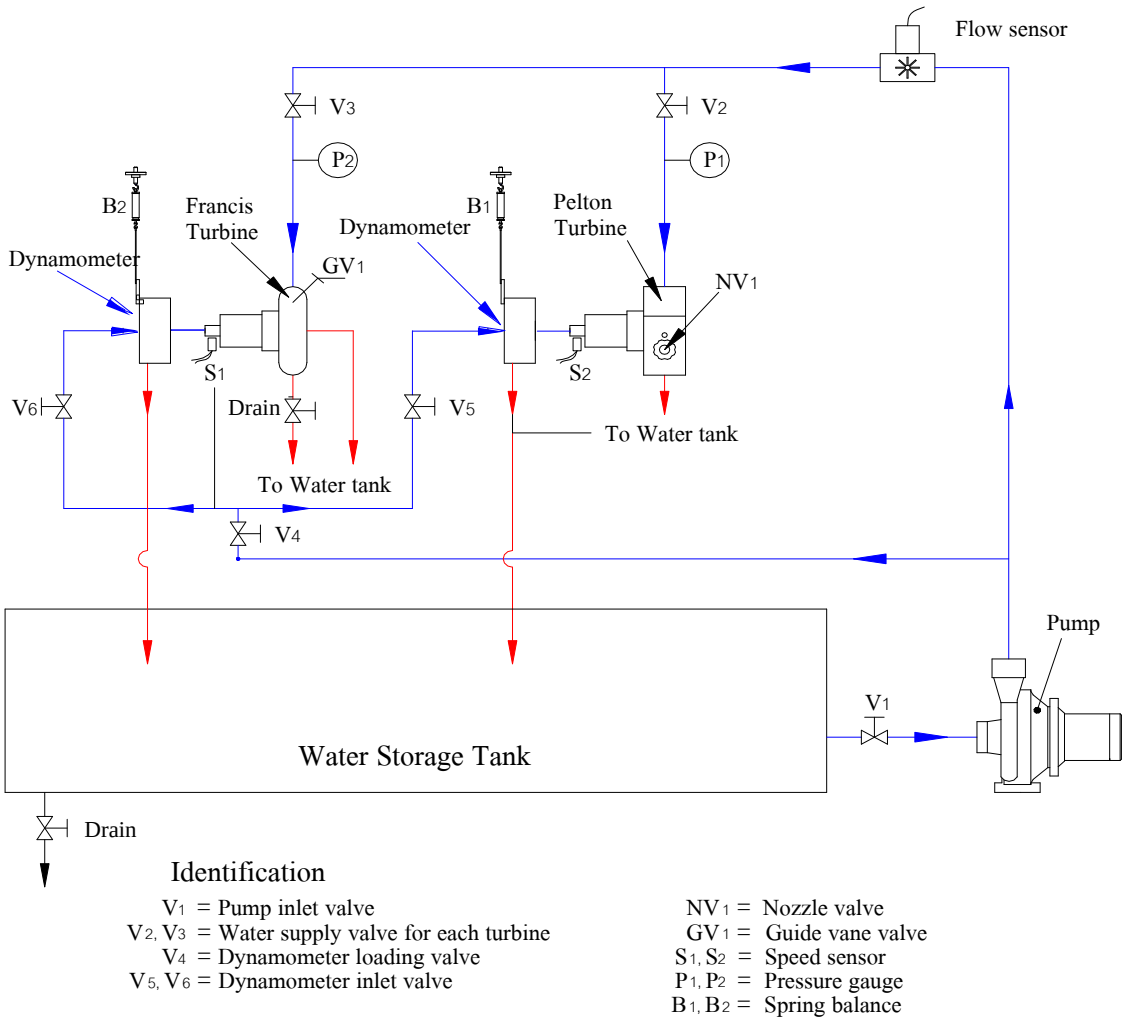
4. <u>การทดลอง</u>

ชุดทดลองเครื่องกังหันน้ำ HT 702 Compact Pelton/Francis Turbine Test Set มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดค่าต่างๆดังต่อไปนี้

- เครื่องวัดอัตราการไหลแบบดิจิตอล : อัตราการไหล lpm
- เกจวัดกำลังดัน : กำลังดัน kg/cm^2
- เครื่องวัดความเร็วรอบเครื่องกังหันแบบดิจิตอล : ความเร็วรอบ rpm
- เครื่องดูดซับพลังงานและสปริงบาลานซ์ : แรง N-m.

เนื่องจากคุณลักษณะการทำงานของเครื่องกังหันสามารถหาได้จากการคำนวณจากค่าที่สามารถตรวจวัดได้จากข้อมูลข้างต้น ซึ่งโดยปกติแล้วผลที่ได้จะแสดงในรูปแบบของกราฟแสดงสมรรถนะของกังหัน

การจัดเรียงอุปกรณ์สำหรับชุดทดลองนี้เป็นไปตามแผนภูมิตามรูปที่ 5-1 ในการดำเนินการทดสอบแต่ละครั้งควรที่จะทำการทดสอบหาคุณลักษณะของเครื่องกังหันแต่ละแบบ โดยการเปิดวาล์วให้น้ำไหลเข้าเครื่องกังหันแต่ละตัวเพียงเครื่องเดียว ไม่ควรทำการทดลองหาคุณลักษณะของเครื่องกังหันทั้งสองพร้อมกัน



รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงการจัดเรียงอุปกรณ์สำหรับชุดทดลอง Compact Pelton/Francis Turbine Test Set

ก่อนดำเนินการทดลองจะต้องทำการปรับอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองให้เป็นไปดังต่อไปนี้

- วาล์วทางดูด (V_1) สำหรับปั๊มน้ำ

ในระหว่างการทดลองวาล์วนี้จะต้องเปิด

- วาล์วจ่ายน้ำเข้าเครื่องกังหัน (V_2 และ V_3)

โดยปกติแล้ววาล์วน้ำนี้จะต้องเปิดให้สุดในระหว่างทำการทดลอง โดยเมื่อต้องการทำการทดลองเครื่องกังหันน้ำใดก็ให้เปิดวาล์วน้ำสำหรับเครื่องกังหันน้ำนั้น ส่วนเครื่องกังหันน้ำใดที่ไม่ได้ทำการทดลองจะต้องปิดให้สนิท

- วาล์วหัวฉีดเครื่องกังหัน หรือ วาล์วนำ (NV_1 to GV_1)

วาล์วทั้งสองตัวนี้จะใช้ในการควบคุมปริมาณน้ำจากปั๊มน้ำเข้าสู่เครื่องกังหันน้ำ กำลังงานที่ได้จากเครื่องกังหันนั้นขึ้นอยู่กับการปรับแต่งปริมาณของน้ำจาการปรับแต่งลิ้นทั้งสองนี้ หากต้องการให้เครื่องกังหันผลิตพลังงานได้มากก็จะต้องให้มีน้ำไหลเข้าเครื่องกังหันให้มากโดยการเปิดวาล์วน้ำให้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการเปิดวาล์วน้ำให้มากขึ้นจะส่งผลให้กำลังดันที่ส่งให้กับเครื่องกังหันน้ำก็จะลดลงด้วยนั่นเอง

- วาล์วระบาย (Vent valve)

วาล์วระบายจะต้องถูกปิดให้สนิทในระหว่างดำเนินการทดลอง (ดูเอกสารแนบ 2)

- เครื่องดูดซับพลังงาน (Dynamometer)

ดูเอกสารแนบ 2

ข้อควรระวัง: อย่าทำการทดลองเครื่องกังหันน้ำ หากไม่ได้ทำการเปิดน้ำระบายความร้อนให้กับเครื่องดูดซับพลังงานเนื่องจากจะทำให้เมคคานิคอลซีลชำรุด

ลำดับขั้นตอนในการทดลองเป็นไปดังต่อไปนี้:

4.1 ก่อนดำเนินการทดลอง

4.1.1 เติมน้ำในถังเก็บให้อยู่ในระดับเกือบเต็ม (ระดับน้ำอยู่ต่ำกว่าขอบบนสุด 5-10 ซม. โดยประมาณ

4.1.2 ปิดวาล์วจ่ายน้ำเข้าเครื่องกังหัน (V_2 และ V_3) วาล์วหัวฉีดเครื่องกังหัน หรือ วาล์วนำ (NV_1 และ GV_1)ให้สุด

4.1.3 เปิดวาล์วน้ำระบายความร้อนเข้าเครื่องดูดซับพลังงาน (วาล์ว V_5 สำหรับการทดลองเครื่องกังหันแบบเพลตัน, วาล์ว V_6 สำหรับการทดลองเครื่องกังหันแบบฟรานซิส) และเปิดลิ้นน้ำสำหรับสร้างภาระให้กับเครื่องดูดซับพลังงาน (V_4) ปิดวาล์วน้ำสำหรับเครื่องดูดซับพลังงานเครื่องอื่นๆ

4.2 การทดลองเครื่องกังหันน้ำ

4.2.1 เปิดสวิทช์เดินปั๊มน้ำและค่อยๆเปิดวาล์วจ่ายน้ำเข้าเครื่องกังหัน (V_2 สำหรับการทดลองเครื่องกังหันแบบเพลตัน, V_3 สำหรับการทดลองเครื่องกังหันแบบฟรานซิส) จนกระทั่งเปิดจนสุด

4.2.2 ค่อยๆเปิดวาล์วหัวฉีดเครื่องกังหัน (NV_1 สำหรับการทดลองเครื่องกังหันแบบเพลตัน) หรือ วาล์วนำ (GV_1 สำหรับการทดลองเครื่องกังหันแบบฟรานซิส) เพื่อให้กำลังดันทางเข้าเครื่องกังหันมีค่าเท่ากับ 2.5 kg/cm^2

4.2.3 บันทึกค่าที่ได้จากการทดลอง ดังต่อไปนี้:

4.2.3.1	กำลังดันทางเข้าเครื่องกังหัน	kg/cm^2
4.2.3.2	อัตราการไหล	l/min
4.2.3.3	ความเร็วรอบเครื่องกังหัน	rpm
4.2.3.4	ตำแหน่งของวาล์วนำ (สำหรับการทดลองเครื่องกังหันแบบฟรานซิส)	
4.2.3.5	แรงบิด	N-m

(ในกรณีที่ใช้สปริงบาลานซ์ในการวัดค่าบันทึกค่าความยาวของแขนสำหรับถ่วงน้ำหนักและแรงที่ใช้ในการดึงสปริง)

4.2.4 ปรับแต่งเครื่องดูดซับพลังงานจนได้ค่าแรงบิดโดยประมาณเท่ากับ 1 N-m (หรือใช้น้ำหนักถ่วงเท่ากับ 0.5 kg ในกรณีที่ใช้สปริงบาลานซ์) โดยการเพิ่มภาระให้กับเครื่องดูดซับพลังงาน (ปรับแต่งอัตราการไหลและความดันของน้ำที่เข้าสู่เครื่องดูดซับพลังงาน) ดูเอกสารแนบ 2 บันทึกค่าที่ได้จากการทดลอง เช่นเดียวกับที่กำหนดใน 4.2.3

4.2.5 ทำการทดลองข้อ 4.2.4 ซ้ำโดยการเพิ่มแรงบิดขึ้นคราวละ 0.5 N-m (หรือเพิ่มน้ำหนักคราวละ 0.2 kg ในกรณีที่ใช้สปริงบาลานซ์) จนกระทั่งความเร็วรอบของเครื่องกังหันลดลงเหลือประมาณ 800 rpm

4.2.6 ทำการทดลองข้อ 4.2.2 ที่ค่าความดันทางเข้าเครื่องกังหันค่าต่างๆ โดยการเพิ่มกำลังดันขึ้นคราวละ 0.1 kg./cm^2 โดยประมาณ โดยการปรับวาล์วหัวฉีดเครื่องกังหัน (NV_1 สำหรับการทดลองเครื่องกังหันแบบเพลตัน) หรือ วาล์วนำ (GV_2 สำหรับการทดลองเครื่องกังหันแบบฟรานซิส) และทำการทดลองข้อ 4.2.3 ถึง 4.2.5 ซ้ำ

4.3 การทดลอง Racing Characteristics

4.3.1 ปลดเครื่องดูดซับพลังงานออกจากเครื่องกังหัน

4.3.2 ทำการหมุนเครื่องกังหันโดยการเปิดวาล์วหัวฉีดเครื่องกังหัน (NV_1)สำหรับการทดลองเครื่องกังหันแบบเพลตัน หรือ วาล์วนำ (GV_1) สำหรับการทดลองเครื่องกังหันแบบฟรานซิส จนสุด

4.3.3 บันทึกค่า ความเร็วรอบเครื่องกังหัน กำลังดันทางเข้าเครื่องกังหัน อัตราการไหล ตำแหน่งของวาล์วนำ (สำหรับการทดลองเครื่องกังหันแบบฟรานซิส)ที่ได้จากการทดลอง

4.3.4 ปิดวาล์วหัวฉีดเครื่องกังหัน (NV_1สำหรับการทดลองเครื่องกังหันแบบเพลตัน) หรือ วาล์วนำ (GV_1 สำหรับการทดลองเครื่องกังหันแบบฟรานซิส) ลงประมาณ 1 รอบ บันทึกค่าผลการทดลองเช่นเดียวกับที่กำหนดในข้อ 4.3.3

4.3.5 ทำการทดลองข้อ 4.3.4 ซ้ำ จนกระทั่งลิ้นปิดจนสุด

5. <u>ผลการทดลอง</u>

ตารางผลการทดลอง

ชุดทดลองกังหันน้ำแบบฟรานซิสและเพลตัน

COMPACT PELTON/FRANCIS TURBINE TEST SET

ผู้ทำการทดลอง:.....วันที่:.....

ประเภทของกังหัน = ...

รัศมีไดนาโมมิเตอร์ = ... เมตร

ลำดับที่/ตำแหน่ง Guide vane	ความดันขาเข้ากังหัน P (kg/cm^2)	อัตราการไหล Q (ลิตร/นาที)	ความเร็ว n (rpm)	แรงสุทธิของไดนาโมมิเตอร์ (กิโลกรัม)	แรงบิด (Nm)	ผลลัพธ์		
						กำลังงานที่ส่งให้กังหัน (วัตต์)	กำลังงานที่ได้จากกังหัน (วัตต์)	ประสิทธิภาพ %

หมายเหตุ.....

6. <u>คำสั่งท้ายการทดลอง</u>

จากผลการทดลองและการคำนวณที่ได้สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องกังหันได้ดังต่อไปนี้:

6.1 ความสัมพันธ์ของแรงบิดหรือแรงดึงสปริงกับความเร็วรอบของเครื่องกังหัน ที่ความดันทางเข้าเทอร์ไบน์หรืออัตราการไหลต่างๆ สำหรับเครื่องกังหันแบบเพลตันและที่ตำแหน่งเปิดครีบผันน้ำต่างๆสำหรับเครื่องกังหันแบบฟรานซิสเขียนกราฟโดยให้ค่าของแรงบิดหรือแรงดึงสปริงอยู่ในแกน Y และความเร็วรอบเครื่องกังหันในแกน X

6.2 ความสัมพันธ์ของความดันทางเข้าเครื่องกังหันกับอัตราการไหล ที่ตำแหน่งเปิดครีบผันน้ำต่างๆ สำหรับเครื่องกังหันแบบฟรานซิสเขียนกราฟโดยให้ค่าของอัตราการไหลอยู่ในแกน X และความดันในแกน Y

6.3 ความสัมพันธ์ของกำลังงานที่ได้รับจากเครื่องกังหันกับความเร็วรอบของเครื่องกังหัน ที่ความดันทางเข้าเทอร์ไบน์หรืออัตราการไหลต่างๆ สำหรับเครื่องกังหันแบบเพลตันและที่ตำแหน่งเปิดครีบผันน้ำต่างๆสำหรับเครื่องกังหันแบบฟรานซิสเขียนกราฟโดยให้ค่าของกำลังงานที่ได้รับจากเครื่องกังหันอยู่ในแกน Y และความเร็วรอบในแกน X

6.4 ความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพเครื่องกังหันกับความเร็วรอบของเครื่องกังหัน ที่ความดันทางเข้าเทอร์ไบน์หรืออัตราการไหลต่างๆ สำหรับเครื่องกังหันแบบเพลตันและที่ตำแหน่งเปิดครีบผันน้ำต่างๆสำหรับเครื่องกังหันแบบฟรานซิสเขียนกราฟโดยให้ค่าของประสิทธิภาพอยู่ในแกน Y และความเร็วรอบเครื่องกังหันในแกน X

6.5 กราฟTurbine Racing Characteristics- สภาวะไม่มีโหลด
เขียนกราฟโดยให้ค่าของความเร็วรอบเครื่องกังหันอยู่ในแกน Y และความดันทางเข้าเครื่องกังหันในแกน X ที่ตำแหน่งเปิดวาล์วหัวฉีดตำแหน่งต่างๆ สำหรับเครื่องกังหันแบบเพลตันและที่ตำแหน่งเปิดครีบผันน้ำต่างๆสำหรับเครื่องกังหันแบบฟรานซิส เมื่อเทอร์ไบน์วิ่งไม่มีโหลด

7. <u>วิจารณ์ผลการทดลอง</u>

8. <u>สรุปผลการทดลอง</u>

9. <u>ตัวอย่างการทดลอง</u>

COMPACT PELTON/FRANCIS TURBINE TEST SET

ชุดทดลองกังหันน้ำแบบฟรานซิสและเพลตัน

ผู้ทำการทดลอง:.... ..... วันที่:.....

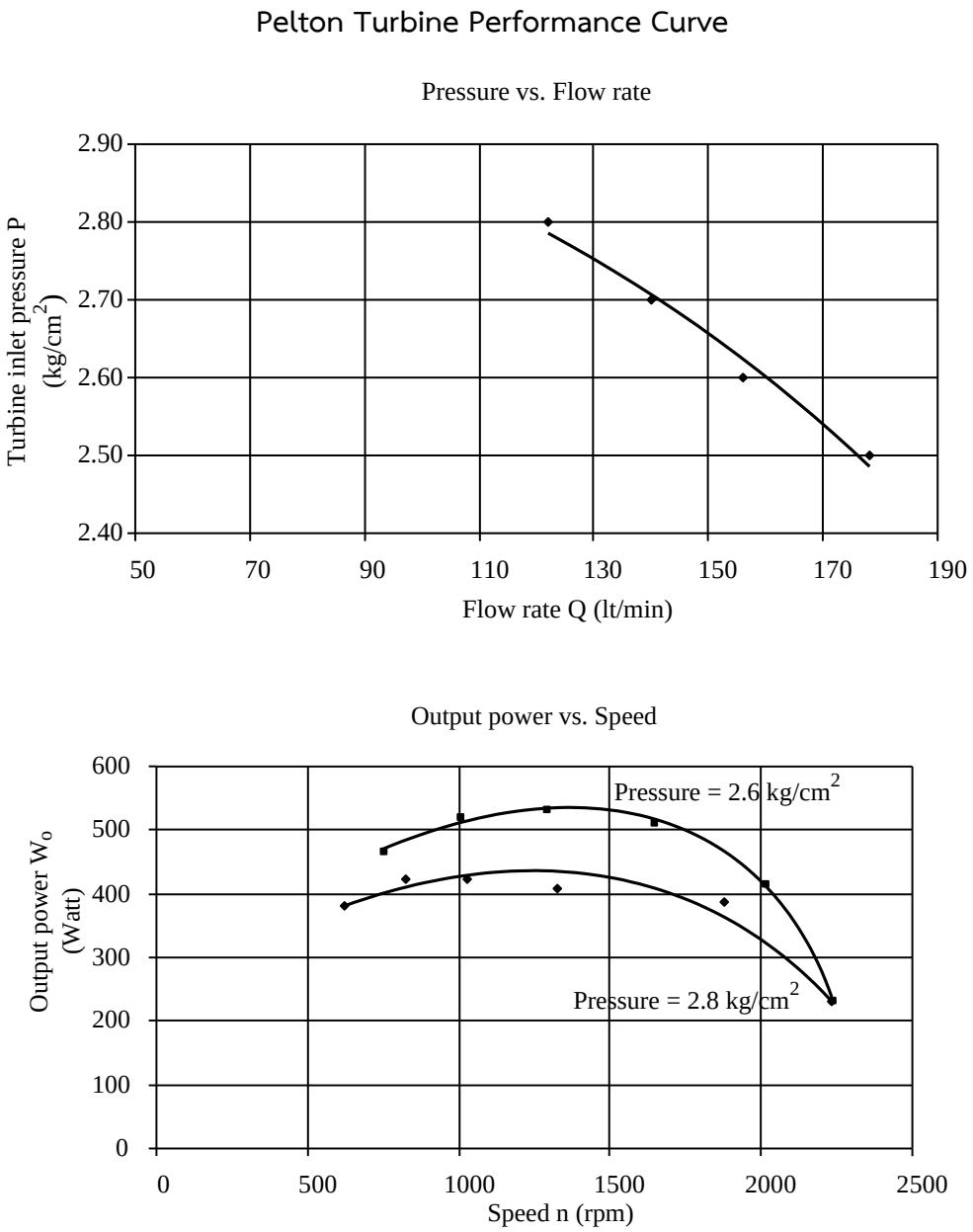
ประเภทของกังหัน = ...เพลตัน...

รัศมีไดนาโมมิเตอร์ = 0.20 เมตร

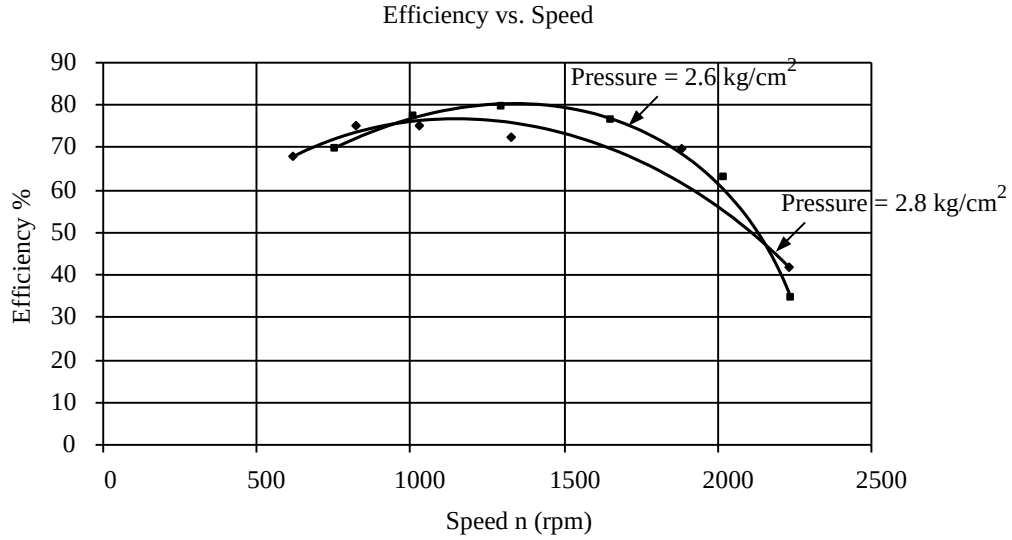
ลำดับที่/ตำแหน่ง Guide vane	ความดันขาเข้ากังหัน P (kg/cm^2)	อัตราการไหล Q (ลิตร/นาที)	ความเร็ว n (rpm)	แรงสุทธิของไดนาโมมิเตอร์ (กิโลกรัม)	แรงบิด (Nm)	ผลลัพธ์		
						กำลังงานที่ส่งให้กังหัน (วัตต์)	กำลังงานที่ได้จากกังหัน (วัตต์)	ประสิทธิภาพ %
1	2.50	202	2122	0.35	0.69	825.68	152.65	18.49
	2.50	203	2020	0.40	0.78	829.76	166.08	20.01

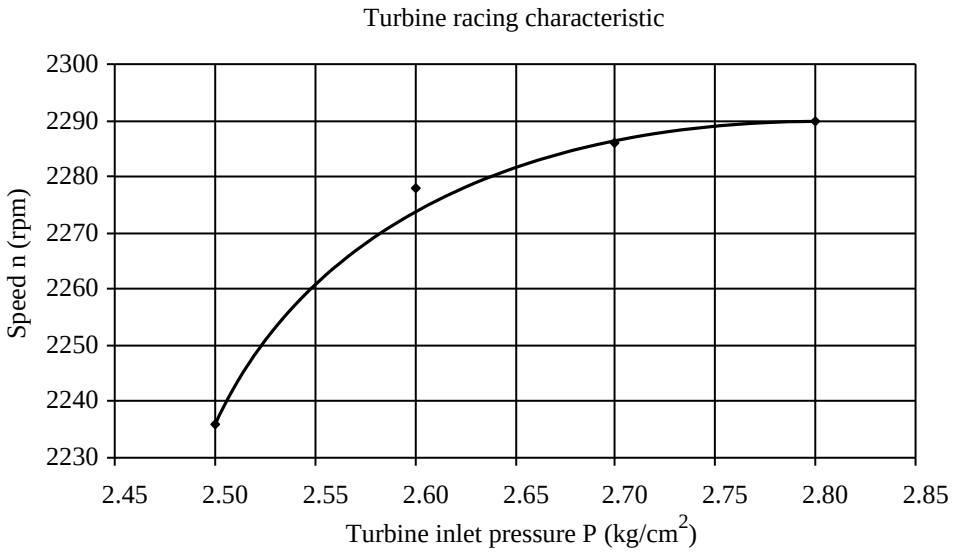
หมายเหตุ Pump: ...SEAR Model IR32-160B-M-3HP.....

10. <u>ตัวอย่างกราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องกังหัน</u>



Pelton Turbine Performance Curve





11. <u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

การคำนวณ กำลังงานที่ส่งให้กับเครื่องกังหัน กำลังงานที่ได้จากเครื่องกังหันและประสิทธิภาพของเครื่องกังหัน สำหรับเครื่องกังหันน้ำแบบเพลตันสามารถใช้สมการที่กำหนดให้ในหัวข้อที่ 4 มาใช้กับผลการทดลองที่ได้ดังนี้

11.1 ตัวอย่างผลการทดลองเครื่องกังหันแบบเพลตัน

7.1.1	ความเร็วรอบเครื่องกังหัน, n	=	2122	rpm
7.1.2	ความดันทางเข้าเครื่องกังหัน, P	=	2.5	kg/cm^2
7.1.3	อัตราการไหล, Q	=	202	l/min.
7.1.4	แรงที่ใช้ในการดึงสปริง, F	=	0.35	kg
	- รัศมีไดนาโมมิเตอร์, r	=	0.2	m.
	- ∴ แรงบิด = 0.35 x 9.81 x 0.2	=	0.69	N-m

11.2 กำลังงานที่ส่งให้กับเครื่องกังหัน (Turbine Input, W_i)

(จากสมการที่ 2.1) $W_i = 1.635\ QP$

$= 1.635 \times 202 \times 2.5$

$= 825.675$ Watts

11.3 กำลังงานที่ได้จากเครื่องกังหัน (Turbine Output, W_o)

(จากสมการที่ 2.2) $W_o = 0.10472Tn$

$= 0.10472 \times 0.69 \times 2122$

$= 153.329$ Watts

11.4 ประสิทธิภาพของเครื่องกังหัน, η

(จากสมการที่ 2.4) $\eta = \frac{\text{Turbine output power}}{\text{Turbine input power}} \times 100\%$

$= \frac{W_o}{W_i} = \frac{153.329}{825.675} \times 100\%$

$= 18.57\ \%$

หมายเหตุ: ผลที่ได้จากการคำนวณตามตัวอย่างในหน้านี้เป็นผลที่เกิดจากการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข ค่าที่ได้อาจมีความแตกต่างเล็กน้อยไปจากตารางหน้าก่อนหน้าซึ่งใช้ Excel



สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 4 การทดสอบการไหลของอากาศ (Air Flow Test)



1. วัตถุประสงค์

1.1 ทดลองเพื่อวัดความดันของไหล

1.2 วัดอัตราการไหลด้วย Orifice, Venturi, Conical inlet และ Pilot tube

2. ทฤษฎี

2.1 เครื่องจักรกลของไหล

การแบ่งชนิดของเครื่องจักรกลของไหลเครื่องจักรกลของไหลจะถูกแบ่งอย่างกว้าง ๆ ตามลักษณะการทำงานของเครื่องจักรกลเป็น เครื่องจักรกลแบบการขจัดเป็นบวก (Positive displacement machine) และเครื่องจักรกลแบบพลวัต (dynamic machine)

2.1.1 เครื่องจักรกลแบบการขจัดเป็นบวก (positive displacement machine)

เครื่องจักรกลของไหลแบบการขจัดเป็นบวกจะทำงานส่งผ่า นพลังงานให้กับของไหลโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงขนาดของปริมาตรที่เก็บกักของไหล ซึ่งเกิดจากการขยับเคลื่อนของผนังของส่วนที่เก็บกักของไหลไว้ โดยหลักการของการทำงานจะมีการเปิดช่องว่างที่ใช้เก็บกักของไหล และปล่อยให้ของไหลไหลเข้าจนเต็มช่องว่าง จากนั้นช่องว่างดังกล่าวจะถูกปิด ของไหลจะถูกบีบอัดโดยการลดปริมาตรของช่องว่างดังกล่าวลงและของไหลภายใต้ความดันก็จะถูกส่งไปยังทางด้านช่องออก หัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมก็ทำงานสูบฉีดโลหิตในลักษณะเดียวกับเครื่องจักรกลแบบการขจัดเป็นบวกนี้

เครื่องจักรกลของไหลแบบการขจัดเป็นบวก สามารถแบ่งตามลักษณะการออกแบบเป็น 2 ชนิดหลัก คือ

1. เครื่องจักรกลแบบเคลื่อนที่เป็นจังหวะกลับไปมา (reciprocating machine) ซึ่งแบ่งต่อไปตามลักษณะของตัวชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่เป็น

    1.1 แบบลูกสูบ (piston)

    1.2 แบบตัวกระทุ้ง (plunger)

    1.3 แบบแผ่นไดอะแฟรม (diaphragm)

2. เครื่องจักรกลแบบหมุน (rotary) ซึ่งสามารถแบ่งออกไปอีกเป็น

    2.1 แบบใบครีบเลื่อนไปมา (sliding vane)

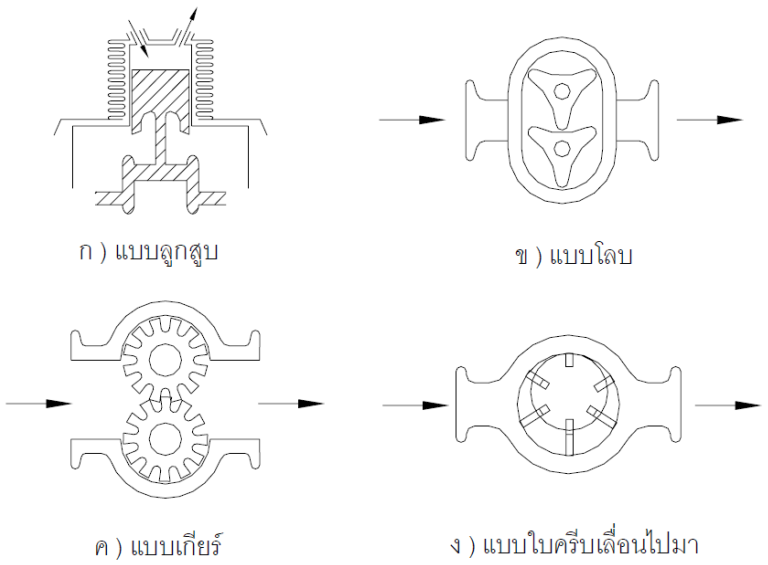
    2.2 แบบสกรู (screw)

    2.3 แบบเกียร์ (gear)

    2.4 แบบโลบ (lobe)

    2.5 แบบใช้ท่อยืดหยุ่นเพื่อรีด (flexible tube)

เครื่องจักรกลแบบการขจัดเป็นบวกชนิดที่เป็นแบบเคลื่อนที่เป็นจังหวะกลับไปมานั้นจะส่งของไหลออกจากตัวเครื่องจักรในลักษณะที่เป็นการไหลแบบช่วง ๆ หรือการไหลในลักษณะที่เป็นคาบเครื่องจักรกลแบบการขจัดเป็นบวกชนิดที่เป็นแบบหมุนนั้นจะส่งของไหลออกมาราบเรียบกว่าเครื่องจักรกลแบบเคลื่อนที่เป็นจังหวะกลับไปมา จุดเด่นของเครื่องจักรกลแบบการขจัดเป็นบวกนี้ คือ สามารถเคลื่อนย้ายของไหลใดๆ ได้ดีโดยไม่จำกัดชนิดของความหนืด



รูปที่ 2-1 แสดงถึงเครื่องจักรกลของไหลแบบการขจัดเป็นบวก

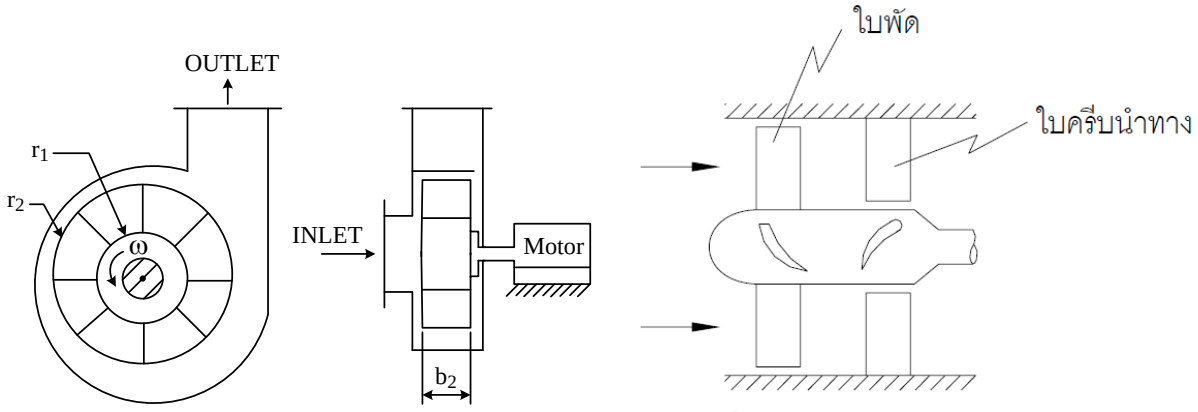
และเนื่องจากลักษณะการทำงานของเครื่องจักรชนิดนี้ คือ การบีบอัดของไหลในช่องว่างโดยจะทำให้เกิดความดันของไหลสูงขึ้นในขณะที่ปริมาตรของช่องว่างถูกลดลงจากการอัด ดังนั้นตัวโครงสร้างของเครื่องจักรกลจะต้องแข็งแรงเพื่อทนแรงดันของการอัดดังกล่าวและหากเมื่อเครื่องจักรกลนี้ทำงานอยู่โดยทำการอัดของไหลแล้ว ไม่สามารถเปิดช่องท่อออกในจังหวะที่เหมาะสมจะด้วยสาเหตุที่อาจเกิดขึ้นอย่างไม่ได้ตั้งใจอย่างใดก็ตาม จะทำให้ความดันการอัดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อยังคงอัดต่อไป ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการเสียหายหรือระเบิดของตัวเรือนของเครื่องจักรกลได้ เครื่องจักรกลชนิดนี้จึงจำเป็นต้องมีวาล์วปลดปล่อย (relief valve) ติดตั้งอยู่และต้องคอยตรวจสอบดูแลให้วาล์วปลดปล่อยอยู่ในสภาพใช้งานได้ดีอยู่เสมอเพื่อความปลอดภัยของการใช้งาน

2.1.2 เครื่องจักรกลแบบพลวัต (dynamic machine)

เครื่องจักรกลแบบพลวัต จะทำงานโดยอาศัยหลักการของการนำของไหลให้ไหลผ่านใบพัดหรือใบครีบที่ติดอยู่กับชิ้นส่วนหมุนซึ่งมักจะเป็นแกนหมุน ดังนั้นเราจึงมักเรียกเครื่องจักรกลหมุนแบบพลวัตอีกชื่อหนึ่งว่า เครื่องจักรกลแบบใบพัด (turbomachine) หลักการทำงานของเครื่องจักรกลชนิดนี้จะต่างกับเครื่องจักรกลแบบการขจัดเป็นบวกตรงที่ว่า จะไม่มีช่องว่างที่ปิดมิดอยู่ในเครื่องจักรกลแบบใบพัด การเพิ่มพลังงานให้กับของไหลหรือการดึงพลังงานออกจากของไหลเกิดจากผลของการหมุนของใบพัดที่กระทำต่อของไหล ของไหลจะถูกเพิ่มหรือลดโมเมนตัมในขณะที่เคลื่อนที่ผ่านใบพัดออกไปยังช่องออก จากนั้นจะทำการเปลี่ยนค่าความเร็วของของไหลให้มาเป็นค่าความดันด้วยส่วนของเครื่องจักรกลที่บริเวณช่องออก

เครื่องจักรกลแบบพลวัตจะสามารถแบ่งตามเป็นชนิดตามลักษณะการไหลเป็น

1. เครื่องจักรกลแบบการไหลตามแนวรัศมี (radial flow machine) หรือเครื่องจักรกลแบบแรงเหวี่ยง (centrifugal machine)
2. เครื่องจักรกลแบบการไหลตามแนวแกน (axial flow machine)
3. เครื่องจักรกลแบบการไหลชนิดผสม (mixed flow machine)



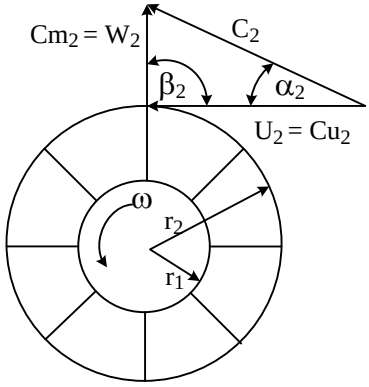
ก) เครื่องจักรกลแบบแรงเหวี่ยง ข) เครื่องจักรกลแบบไหลตามแกน

รูปที่ 2-2 แสดงถึงเครื่องจักรกลแบบใบพัด

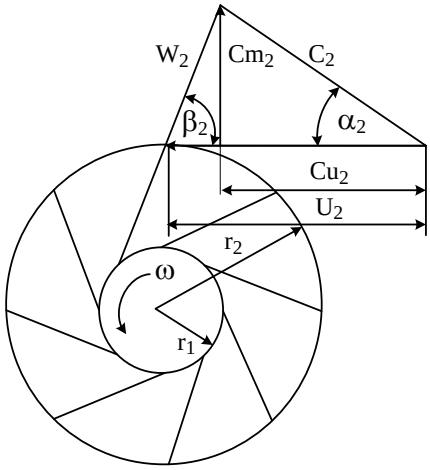
โดยในการทดลองนี้จะศึกษาการทำงานของเครื่องจักรกลแบบการไหลตามแนวรัศมี (radial flow machine) หรือเครื่องจักรกลแบบแรงเหวี่ยง (centrifugal machine)

2.2 แผนภาพสามเหลี่ยมความเร็ว

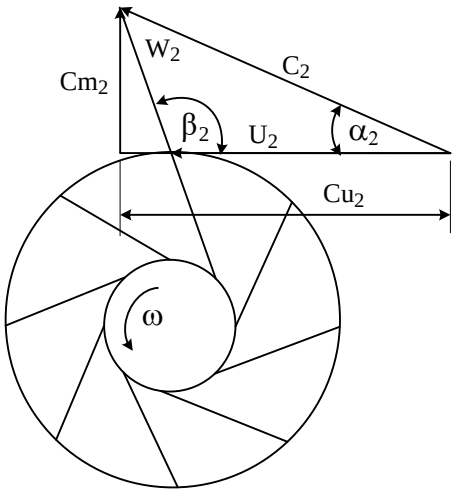
สามเหลี่ยมความเร็วของอากาศบริเวณทางออกของใบพัดหมุนโดยแบ่งเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ในแนวรัศมี ด้านหลัง และด้านหน้าของใบพัด ดังรูปที่ 2-3 ถึง 2-5 ตามลำดับ



รูปที่ 2-3 สามเหลี่ยมความเร็วทางออกในแนวรัศมีของใบพัด



รูปที่ 2-4 สามเหลี่ยมความเร็วทางออกด้านหลังของใบพัด



รูปที่ 2-5 สามเหลี่ยมความเร็วทางออกด้านหน้าของใบพัด

เมื่อ

U = ความเร็วใบพัด, m/s

C = ความเร็วสัมบูรณ์, m/s

C_u = Whirl velocity (relative component of C), m/s

C_m = Meridian velocity, m/s

W = ความเร็วสัมพัทธ์, m/s

- ความเร็วลมขึ้นอยู่กับค่า C_u และ U.
- ความดันอากาศในแนวรัศมีของใบพัดจะคงที่เมื่ออัตราการไหลลดลง
- ความดันอากาศด้านหลังใบพัดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลลดลง
- ความดันอากาศในแนวรัศมีของใบพัดจะลดลงเมื่ออัตราการไหลลดลง
- อัตราการไหลของอากาศจะขึ้นอยู่กับความกว้างของใบพัด

2.3 การหาอัตราการไหล

สมการทั่วไปของการไหลของอากาศในท่อ:

$$\dot{m} = \alpha \in \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2\rho_u \Delta p}$$

หรือ

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho_u} = \alpha \in \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_u}}$$

เมื่อ $\dot{m}$ = มวลของของไหล, kg/s

Q = อัตราการไหลของของไหล, m^3/s

α = Flow coefficient. (ดูภาคผนวก 4).

$\in$ = Expansibility factor. (ดูภาคผนวก 5)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของช่อง, m

Δp = ผลต่างความดัน, N/m^2 or Pa.

ρ_u = Upstream density, kg/m^3 (ดูภาคผนวก 3)

2.3.1 การหาอัตราการไหลโดย orifice plate.

$$\dot{m} = \alpha \in \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2\rho_u \Delta p}$$

เมื่อ α = Flow coefficient for corner tap type of orifice plate can be found from BS848 (ดูภาคผนวก 4).

β = Ratio of orifice diameter to inlet pipe diameter.

$\in$ = Expansibility factor (ดูภาคผนวก 5)

ρ_u = ความหนาแน่นของอากาศ (ดูภาคผนวก 3)

2.3.2 การหาอัตราการไหลโดย Venturi nozzle.

$$\dot{m} = \alpha \in \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2\rho_u \Delta p}$$

เมื่อ $\alpha \in$ เป็นฟังก์ชันของ β และ r_{pd} อัตราส่วนความดัน (ดูภาคผนวก 6).

$$r_{pd} = 1 - \frac{\Delta p}{p_u}$$

เมื่อ Δp = Manometer differential pressure.

p_u = Upstream pressure. (ความดันบรรยากาศของห้อง)

$\beta = \frac{d}{D}$

$D = \infty$ (สำหรับทางเข้าอิสระ)

จะได้ β = 0

2.3.3 การหาอัตราการไหลโดย conical inlet.

$$\dot{m} = \alpha\in\frac{\pi d^2}{4}\sqrt{2\rho_u\Delta p}$$

ค่าสัมประสิทธิ์การไหล $\alpha\in$ เป็นฟังก์ชันของ Reynolds number Re_D (ดูภาคผนวก 7)

ในการทดลองนี้จำเป็นต้องใช้วิธีลองผิดลองถูก (trial and error method) ในการเดาค่า $\alpha\in$ เพื่อให้ได้ค่า Q, เพื่อนำไปหาค่าความเร็ว V จึงทำให้หาค่า Re_D ได้จากสมการ

$$Re_D = \frac{\rho V d}{\mu}$$

เมื่อ μ = ความหนืดพลวัตของอากาศ (ดูภาคผนวก 8)

หลังจากได้ค่า Re_D, ดูภาคผนวก 7 ในการตรวจสอบ $\alpha\in$ หรือ ใช้สมการนี้

$\alpha\in$ = 1.0-0.5 Re_D^{-02}, เมื่อ 20,000 $<$ Re_D $<$ 300,000

และ $\alpha\in$ = 0.960; เมื่อ $Re_D \geq$ 300,000

เมื่อ Re_D $<$ 20,000 ไม่สามารถอัตราการไหลแบบ Conical inlets shall ได้

2.3.4 การหาอัตราการไหลโดย Pitot - static tube traverses.

$$\dot{m} = \alpha\frac{\pi D^2}{4}\sqrt{2\rho\Delta p_{eff}}$$

or

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho A} = \alpha\sqrt{\frac{2\Delta p_{eff}}{\rho}}$$

เมื่อ Δp_{eff} = Effective differential pressure of the section traversed

Δp_{eff} หาได้จากค่าเฉลี่ยของความดัน 24 จุดรอบหน้าตัดท่อ (ดูภาคผนวก 9)

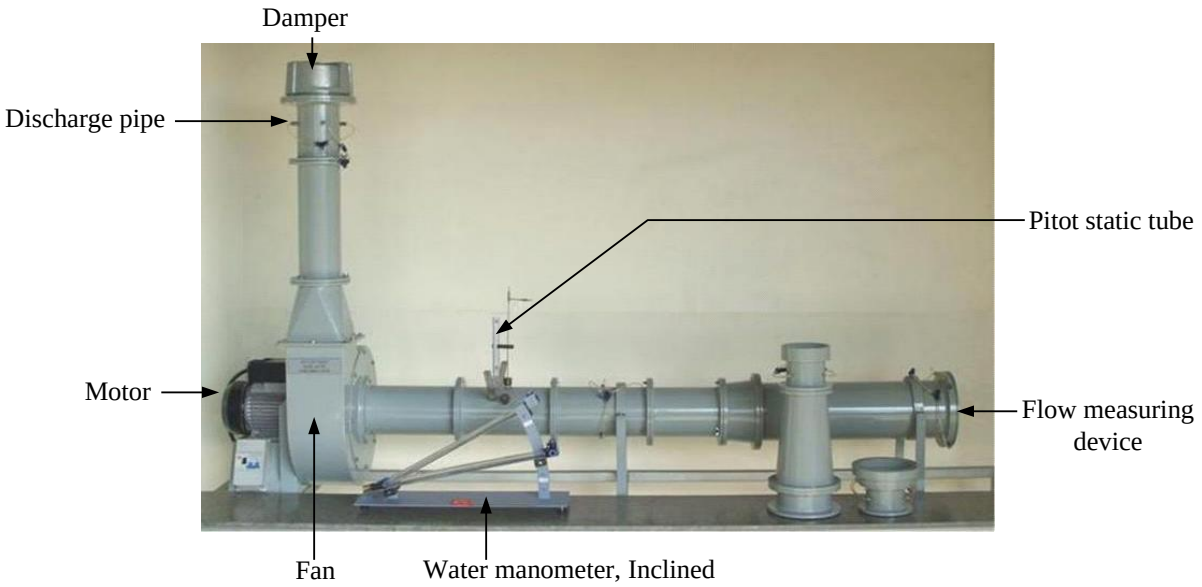
ค่า α ขึ้นอยู่กับ Reynolds number ดังตาราง

Re_D	3×10^4	10^5	3×10^5	10^6
α	0.986	0.988	0.990	0.991

ค่า Re_D สามารถหาจากข้อ 2.3.3

3. ขั้นตอนการทดลอง

3.1 อุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ 2-6 Air Flow Bench includes optional equipment

3.2 การทดลองวัดอัตราการไหล

3.2.1 ติดตั้งแผ่น orifice และ Pitot - static tube ดังรูปที่ 2-6.

3.2.2 ต่อพล็อตวัดความดันเข้ากับ inclined water manometers

3.2.3 เปิด damper ที่รูปล่อยน้ำให้อยู่ตำแหน่งสุด

3.2.4 เปิดพัดลมโดยกดสวิทช์ “ON” ที่กล่องควบคุม

3.2.5 รอดูค่ามานอมิเตอร์ให้คงที่และเริ่มจดบันทึก ถ้าน้ำในมานอมิเตอร์อยู่ต่ำหรือสูงเกินไปให้ปรับการเอียงของมานอมิเตอร์ให้เหมาะสม ค่าความเอียงแนะนำของมานอมิเตอร์ : Orifice test uses 1:2, Venturi test uses 1:1, Conical test uses 1:1, Pitot uses 1:10

3.2.6 ปิด damper ทีละ 10% จนกระทั่ง damper ปิดสนิท อ่านและบันทึกค่าทุกๆขั้นตอน

3.2.7 ทำตามข้อ 3.2.1 to 3.2.6 สำหรับการวัดอัตราการไหลอุปกรณ์แบบอื่นๆจะแตกต่างกันตอนติดตั้งอุปกรณ์ เช่น Venturi nozzle or conical inlet in place of the Orifice plate ให้ดูข้อ 3.4

3.3 การคำนวณ

3.3.1 การคำนวณอัตราการไหลดูข้อ 2.3

3.4 วิธีการติดตั้งอุปกรณ์การวัดอัตราการไหล

อุปกรณ์การวัดอัตราการไหลแบบ Orifice ติดตั้งมาจากโรงงาน ส่วน**อุปกรณ์การวัดอัตราการไหลแบบ** venturi และ conical measuring สามารถติดตั้งตามขั้นตอน ดังนี้

3.4.1 การติดตั้งอุปกรณ์การวัดอัตราการไหลแบบ Venturi

3.4.1.1 **อุปกรณ์การวัดอัตราการไหลแบบ** venturi ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 1) ส่วนตัวแปลงช่องทางเข้า (inlet adapter) และ 2) ส่วนหัว venture ประกอบโดยการใส่หัว venturi ด้านเล็กเข้ากับตัวแปลงช่องทางเข้า ดังรูป 2-7 (b)

3.4.1.2 เอา**อุปกรณ์การวัดอัตราการไหลแบบ** Orifice ออกโดยการคลายน็อตบริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่างฐานกับครีบของ orifice

3.4.1.3 ติดตั้ง**อุปกรณ์การวัดอัตราการไหลแบบ** venture ตบริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่างฐานกับครีบของ venture ดังรูป 2-7 (b)

3.4.2 การติดตั้งอุปกรณ์การวัดอัตราการไหลแบบ Conical

การติดตั้งอุปกรณ์การวัดอัตราการไหลแบบ Conical ทำเหมือนกับแบบ venture โดยเปลี่ยนหัว conical แทนหัว venture ดังรูป 2-7 (c)

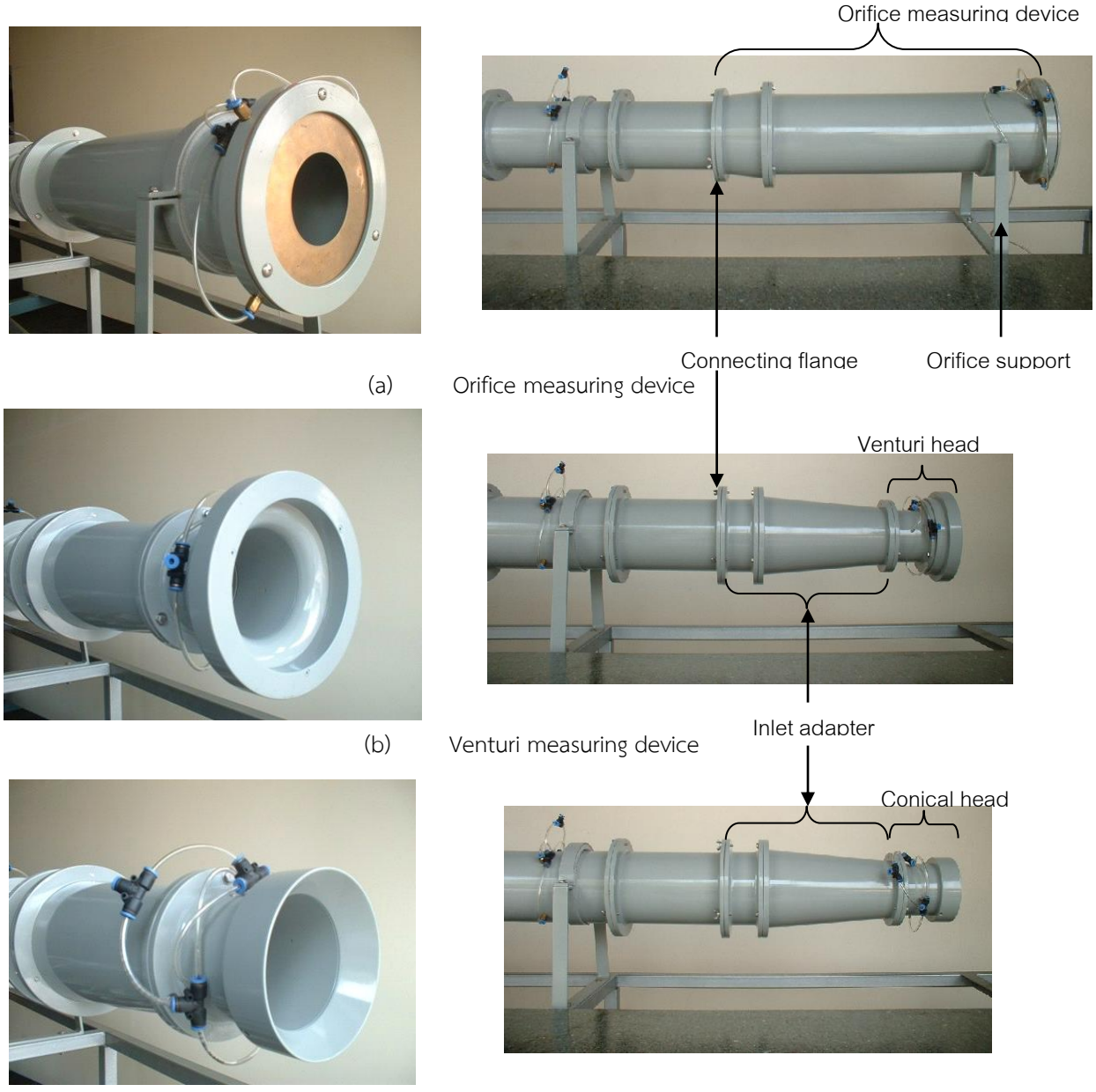


Figure 2-7 การติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบต่างๆ

4. ใบบันทึกข้อมูล

DATA SHEET

AIR FLOW MEASUREMENT APPARATUS

Measuring device: Orifice

Tested by.....Date.....

Room Temp..... °C

Atmospheric pressure ..... hPa

Test No.	Damper opening (%)	Difference head or pressure, Δp		$\beta = \frac{d}{D}$	α	$\Delta p/p_u$	$\in$	Q (m^3/s)	$\dot{m}$ (kg/s)
		$mm.H_2O$	Pa						

DATA SHEET

AIR FLOW MEASUREMENT APPARATUS

Measuring device: ☐ Venturi ☐ Conical inlet

Tested by................................Date..................

Room Temp.......... ^{o}C

Atmospheric pressure .... hPa

Test No.	Damper opening (%)	Difference head or pressure, Δp		$\beta = \frac{d}{D}$	$r_{pd} = 1 - \frac{\Delta p}{p_u}$	$\alpha \in$	Q (m^3/s)	$\dot{m}$ (kg/s)
		mm.H_2O	Pa					

DATA SHEET

MP 100 AIR FLOW BENCH

PART 2 AIR FLOW MEASUREMENT APPARATUS

Measuring device: Pitot tube

Tested by................................Date..................

Room Temp.......... °C

Atmospheric pressure .... hPa

Test No.	Damper opening	Difference head or pressure, Δp		Re_D-inlet	Re_D-outlet	α	Q (m^3/s)	$\dot{m}$ (kg/s)
		mm.H_2O	Pa					

5. ตัวอย่างการบันทึกข้อมูล

5.1 DATA SHEET

MP100 AIR FLOW BENCH

PART 2 AIR FLOW MEASUREMENT APPARATUS

Measuring device: Orifice

Tested by.....K.Weerapol.....Date.....02/08/12....

Room Temp...29°C.....

Atmospheric pressure...1,052 hPa...

Test No.	Damper opening (%)	Difference head or pressure, Δp		$\beta = \frac{d}{D}$	α	$\Delta p/p_u$	ϵ	Q (m^3/s)	$\dot{m}$ (kg/s)
		mm.H_2O	Pa						
1	10	7.5	73.5	0.720	0.59	0.000699	0.9945	0.0124	0.0144
2	20	43.5	426.6						
3	30	83	814						
4	40	106.5	1044.5						
5	50	118.5	1162.1						
6	60	127	1245.5						
7	70	133	1304.3						
8	80	137.5	1348.5						
9	90	140	1377.9						
10	100	140.5	1377.9						

5.2 DATA SHEET

MP 100 AIR FLOW BENCH

PART 2 AIR FLOW MEASUREMENT APPARATUS

Measuring device: ☑ Venturi ☐ Conical inlet

Tested by.....H.Prairin.....Date.....02/08/06....

Room Temp...29°C.....

Atmospheric pressure...1,052 hPa...

Test No.	Damper opening (%)	Difference head or pressure, Δp		$\beta = \frac{d}{D}$	$r_{pd} = 1 - \frac{\Delta p}{p_u}$	$\alpha \in$	Q (m^3/s)	$\dot{m}$ (kg/s)
		mm.H_2O	Pa					
1	10	7	68.6					
2	20	54	529.6	0	0.99500	0.983	0.1123	0.1311
3	30	108	1059.2					
4	40	151	1480.9					
5	50	178	1745.7					
6	60	198	1941.8					
7	70	217	2128.1					
8	80	227	2226.2					
9	90	223	2285					
10	100	234	2294.9					

5.3 DATA SHEET

MP 100 AIR FLOW BENCH

PART 2 AIR FLOW MEASUREMENT APPARATUS

Measuring device: ☐ Venturi ☑ Conical inlet

Tested by.....H.Prairin.....Date.....02/08/06....

Room Temp...29°C.....

Atmospheric pressure...1,052 hPa...

Test No.	Damper opening (%)	Difference head or pressure, Δp		$\beta = \frac{d}{D}$	$r_{pd} = 1 - \frac{\Delta p}{p_u}$	$\alpha \in$	Q (m^3/s)	$\dot{m}$ (kg/s)
		mm.H_2O	Pa					
1	10	8	78.5					
2	20	59	578.6					
3	30	121	1186.6	-	-	0.95574	0.1635	0.1908
4	40	169	1657.4					
5	50	200	1961.4					
6	60	226	2216.4					
7	70	239	2343.9					
8	80	255	2500.8					
9	90	263	2579.3					
10	100	263	2579.3					

5.4 DATA SHEET

MP 100 AIR FLOW BENCH

AIR FLOW MEASUREMENT APPARATUS

Measuring device: Pitot tube

Tested by.....H.Prairin.....Date.....02/08/06....

Room Temp...29°C.....

Atmospheric pressure...1,052 hPa...

Test No.	Damper opening	Difference head or pressure, Δp		Re_D-inlet	Re_D-outlet	□	Q (m^3/s)	$\dot{m}$ (kg/s)
		$mm.H_2O$	Pa					
1	10	0.7	6.86					
2	20	2.2	21.58					
3	30	4.1	40.21					
4	40	5.8	56.88					
5	50	7.1	69.63					
6	60	9.5	93.17					
7	70	10.5	102.97					
8	80	11.2	109.84					
9	90	11.6	113.76					
10	100	11.6	113.76	1.14E+05	9.18E+04	0.988	0.1240	0.1448

6. ตัวอย่างการคำนวณ

5.1 คำนวณหาอัตราการไหลของอากาศโดยใช้ Orifice Plate.

ข้อมูลจากตาราง 5.1 แถวที่แรเงา

- Δp across orifice plate = 7.5 mm.H_2O, 73.5 Pa
- Atmospheric pressure = 1052 hPa
- Room temperature = 29°C

5.1.1 จากหัวข้อ 2.3

สมการอัตราการไหลสำหรับ orifice

$$Q = \alpha \in \frac{\pi d^2}{4}\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_u}}$$

หาค่า α จากภาคผนวก 4

$$\because \beta = \frac{d}{D} = \frac{\text{Orifice diameter}}{\text{Pipe diameter}} = \frac{86.5}{120} = 0.720$$

$$\therefore \alpha = 0.596$$

หาค่า $\in$ จากภาคผนวก 5

Atmospheric pressure P_u = 1052 hPa (1 hPa = 100 Pa) = 1.052×10^5 Pa

$$\text{Since} \quad 249.1\,\text{Pa} = 25.4\,\text{mm.H}_2\text{O}$$

$$\text{then} \quad 1.052\times10^5\,\text{Pa} = \frac{25.4\,\text{mm.H}_2\text{O}}{249.1\,\text{Pa}}\times 1.052\times10^5\,\text{Pa}$$

$$= 1.072\times10^4\ \text{mm.H}_2\text{O}$$

Differential pressure ratio is:

$$\frac{\Delta p}{p_u} = \frac{7.5\ \text{mm.H}_2\text{O}}{1.072\times10^4\,\text{mm.H}_2\text{O}} = 0.000699$$

จากภาคผนวก 5 เมื่อ

$$\left.\begin{aligned}\beta &= 0.720\\ \frac{\Delta p}{p_u} &= 0.000699\end{aligned}\right\}$$ จะได้ $\in = 0.9945$

จากภาคผนวก 3: Air at 29°C จะได้ $\rho = 1.167\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

อัตราการไหลของอากาศ :

$$Q = \alpha \in \frac{\pi d^2}{4}\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_u}}$$

$$= 0.596\times0.9945\times\frac{\pi(0.0865\text{m})^2}{4}\sqrt{\frac{2\times73.5\,\text{N/m}^2}{1.167\,\text{kg/m}^3}}$$

$$= 0.0124\,\text{m}^3/\text{s}$$

จะได้อัตราการไหลเชิงมวล:

$$\dot{m} = \rho Q$$

$$= 1.1670 \frac{kg}{m^3} \times 0.0124 \frac{m^3}{s}$$

$$= 0.0144 \frac{kg}{s}$$

5.1.2 วิธีมาตรฐาน:

ความเร็วของของไหล:

$$V = \sqrt{2g\Delta h}$$

สมการอัตราการไหลสำหรับ orifice

$$Q = \alpha \in \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2g\Delta h}$$

เนื่องจาก

$$\Delta p = (\rho\, g\, \Delta h)_{air} = (\rho\, g\, \Delta h)_{water}$$

$$\therefore (\rho\, \Delta h)_{air} = (\rho\, \Delta h)_{water}$$

$$\Delta h_{air} = \frac{\rho_{water}}{\rho_{air}} \times \Delta h_{water}$$

เมื่อ Δh_{air} = Height of air column.

Δh_{water} = Height of water column

ดังนั้น

$$\therefore \Delta h_{air} = \frac{\rho_{water}}{\rho_{air}} \times \Delta h_{water}$$

$$= \frac{1{,}000}{1.167} \frac{kg/m^3}{kg/m^3} \times \left(7.5\, mm. \times \frac{1m}{1000mm} \right)$$

$$= 6.426\, m.$$

$$\therefore Q = \alpha \in \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2g\Delta h}$$

$$= 0.596 \times 0.9945 \times \frac{\pi (0.0865m)^2}{4} \sqrt{2 \times 9.81 \frac{m}{s^2} \times 6.426m.}$$

$$= 0.0124 \frac{m^3}{s}$$

5.2 คำนวณหาอัตราการไหลของอากาศโดยใช้ Venturi Nozzle

ข้อมูลจากตาราง 5.2 แถวที่แรเงา

สมการหาอัตราการไหลสำหรับ Venturi จากหัวข้อ 2.3.2

$$Q = \alpha \in \frac{\pi d^2}{4}\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_u}}$$

อุณหภูมิห้อง = 29°C

ความดันบรรยากาศ = 1,052 hPa

Δp = 54 mm. H_2O

d = 69.5 mm. = 6.95×10^{-2} m

เนื่องจาก 25.4 mm. H_2O = 249.1 Pa

$$\therefore 54\ \text{mm.H}_2\text{O} = \frac{249.1\,\text{Pa} \times 54\,\text{mm.H}_2\text{O.}}{25.4\,\text{mm.H}_2\text{O}}$$

$$= 529.6\ \text{Pa}$$

P_u = 1,052 hPa = 1.052×10^5 Pa, $(\because 1\,\text{hPa} = 100\text{Pa})$

$$r_{pd} = 1 - \frac{\Delta p}{P_u} = 1 - \frac{529.6}{1.052 \times 10^5}$$

$$= 0.99500$$

สำหรับทางเข้าอิสระ $\beta = \frac{d}{D} = 0$, จากภาคผนวก 6 จะได้ $\alpha \in = 0.983$

จากภาคผนวก 3: Air at 29°C จะได้ ความหนาแน่น ρ = 1.167 kg/m^3

แทนค่าทุกตัวแปรลงในสมการหาอัตราการไหลสำหรับ Venturi จะได้:

$$Q = 0.983 \times \frac{\pi(6.95 \times 10^{-2}\,\text{m})^2}{4}\sqrt{2 \times \frac{529.6\,\text{N/m}^2}{1.167\,\text{kg/m}^3}}$$

$$= 0.1123\ \text{m}^3/\text{s}$$

จะได้อัตราการไหลเชิงมวล:

$$\dot{m} = \rho Q$$

$$= 1.167\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.1123\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$= 0.1311\ \text{kg/s}$$

5.3 คำนวณหาอัตราการไหลของอากาศโดยใช้ Conical inlet

ข้อมูลจากตาราง 5.3 แถวที่แรเงา

สมการหาอัตราการไหลสำหรับ Conical จากหัวข้อ 2.3.3

$$Q = \alpha\in\frac{\pi d^2}{4}\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_u}}$$

อุณหภูมิห้อง = 29°C

ความดันบรรยากาศ = 1,052 hPa

Δp = 121 mm. H_2O

d = 69.5 mm. = 6.95×10^{-2} m

$\because$ $25.4\ mm.H_2O = 249.1\,Pa$

$$\therefore\ 121\ mm.H_2O = \frac{249.1\,Pa \times 121\,mm.H_2O.}{25.4\,mm.H_2O}$$

$$= 1186.6\ Pa$$

ใช้วิธีลองผิดลองถูกหาอัตราการไหล โดยการกำหนด $\alpha\in$ = 0.9600 (ค่าที่มากที่สุด).

จากภาคผนวก 3: Air at 29°C จะได้ ความหนาแน่น ρ = 1.167 kg/m^3

แทนค่าทุกตัวแปรลงในสมการหาอัตราการไหลสำหรับ Conical จะได้.

$$Q = 0.9600\times\frac{\pi}{4}(6.95\times10^{-2}\,m)^2\times\sqrt{2\times\frac{1186.66\,N/m^2}{1.167\,kg/m^3}}$$

$$= 0.1642379\ m^3/s$$

$$V = \frac{0.1642379\,m^3/s}{\frac{\pi}{4}\times(6.95\times10^{-2}\,m)^2} = 43.2926\ m/s$$

หา Re_D จาก $Re_D = \frac{PVD}{\mu} = \frac{1.167\,kg/m^3\times43.2926\,m/s\times6.95\times10^{-2}\,m}{19\times10^{-6}\,Pa.s}$

$$= 184{,}806$$

จากข้อ 2.3.3;

$\alpha\in$ = $1.0 - 0.5\ Re_D^{-2}$ when $20{,}000 < Re_D < 300{,}000$

$\alpha\in$ = $1.0 - 0.5 \times 184{,}806^{-2}$

= 0.9558 whis is not equal to the assumed value.

พยายามกำหนดค่า $\alpha\in$ ใหม่ เพื่อให้ค่าที่กำหนดได้ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ที่สุด จะได้ $\alpha\in$ = 0.95574

$$\therefore\ Q = 0.95574\times\frac{\pi}{4}(6.95\times10^{-2}\,m)^2\times\sqrt{2\times\frac{1186.66N/M^2}{1.167kg/m^3}}$$

$$= 0.1635\ m^3/s$$

จะได้อัตราการไหลเชิงมวล:

$$\dot{m} = \rho Q$$
$$= 1.167 \frac{kg}{m^3} \times 0.1635 \frac{m^3}{s}$$
$$= 0.1908 \text{ kg/s}$$

5.4 คำนวณหาอัตราการไหลของอากาศโดยใช้ Pitot Tube

ข้อมูลจากตาราง 5.4 แถวที่แรเงา

5.4.1 วิธี BS 848 method

$$V = \sqrt{\frac{2\Delta p}{p_u}}$$

อัตราการไหลสำหรับ Pitot, $Q = \alpha \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2\Delta p_{eff}}{p_u}}$

α ขึ้นอยู่กับค่า Reynolds Number

$$Re_D = \frac{\rho V_x D_x}{\mu}$$

จากภาคผนวก 3 ρ_u at 29°C = 1.167 kg/m^3

Velocity at section "x", $V_x = \alpha \sqrt{\frac{2\Delta p_{eff}}{p_u}}$

หาค่า Re_D-inlet โดยกำหนด α = 1 (ประมาณ)

Δp (25.4 mm H_2O = 249.1 Pa) $\therefore$ เมื่อ Δp = 11.6 mm H_2O เท่ากับ 113.76 Pa

จากภาคผนวก 8 Dynamic viscosity μ at 29°C = 19 x 10^{-6} Pa.s

D = Diameter of inlet pipe = 5 in. = 133 mm. = 0.133 m.

$$Re_D\text{-inlet} = \frac{\rho V_x D_x}{\mu} = \frac{1.167 \text{ x } \sqrt{\frac{2 \text{ x } 113.76}{1.167}} \times 0.133}{19 \text{ x } 10^{-6}}$$

$$= \frac{1.167 \text{ x } \sqrt{194.96}}{19 \text{ x } 10^{-6}} \text{ x } 0.133$$

Re_D-inlet = 11.406 x 10^4

D_x = Diameter of outlet pipe = 0.107 m.

$$Re_D\text{-outlet} = \frac{\rho V_x D_x}{\mu} = \frac{1.167 \text{ x } \sqrt{\frac{2 \text{ x } 113.76}{1.167}} \times 0.107}{19 \text{ x } 10^{-6}}$$

$$= \frac{1.167 \text{ x } \sqrt{194.96}}{19 \text{ x } 10^{-6}} \text{ x } 0.107$$

Re_D-outlet = 9.17 x 10^4

$\therefore$ จากตาราง Re_D ในหัวข้อ 2.3.4 ใช้ α = 0.988

$$Q = 0.988 \times \frac{22}{7} \times \frac{(0.107)^2}{4} \times \sqrt{\frac{2 \times 113.76}{1.167}}$$

$$= 0.988 \times 8.99 \times 10^{-3} \times \sqrt{194.961}$$

$$= 0.1240 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.4.2 วิธีมาตรฐาน

$$V = \sqrt{2g\Delta h}$$

อัตราการไหลสำหรับ Pitot $Q = \alpha \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{2g\Delta h}$

α ขึ้นอยู่กับค่า Reynolds Number

$$Re_D = \frac{\rho V_x D_x}{\mu}$$

จากภาคผนวก 3 $\rho_a \text{ at } 29\,^\circ\text{C} = 1.167 \text{ kg/m}^3$

Velocity, $V_x = \sqrt{2g\Delta h}$

$\Delta h_a = \Delta h_w \times \frac{\rho_w}{\rho_a} = 11.6\text{mm. } H_2O \times \frac{1\text{m}}{1000\text{mm}} \times \frac{1000 \text{ kg/m}^3}{1.167 \text{ kg/m}^3}$

$\Delta h_a = 9.94$ m.

D_x = Diameter of inlet pipe = 0.133 m.

จากภาคผนวก 8 Dynamic viscosity at 29°C = 19×10^{-6} Pa.s

$$Re_D\text{-inlet} = 1.167 \times \frac{\sqrt{2 \times 9.81 \times 9.94}}{19 \times 10^{-6}} \times 0.133$$

$= 11.408 \times 10^4$

D_x = Diameter of outlet pipe = 0.107 m.

จากภาคผนวก 8 Dynamic viscosity at 29°C = 19×10^{-6} Pa.s

$$Re_D\text{-outlet} = 1.167 \times \frac{\sqrt{2 \times 9.81 \times 9.94}}{19 \times 10^{-6}} \times 0.107$$

$= 9.17 \times 10^4$

จากตาราง Re_D ในหัวข้อ 2.3.4 ใช้ $\alpha = 0.988$

$$Q = 0.988 \times \frac{22}{7} \times \frac{(0.107)^2}{4} \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 9.94} \text{ m}^2 \times \frac{\text{m}^{\frac{1}{2}}}{\text{s}} \text{m}^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0.988 \times 8.99 \times 10^{-3} \times \sqrt{195.022}$$

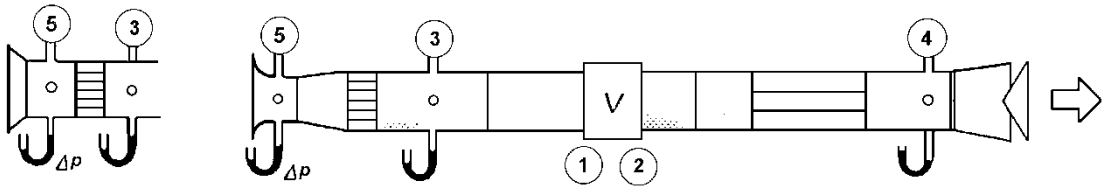
$= 0.124 \text{ m}^3/\text{s}$

จะได้อัตราการไหลเชิงมวล: $\dot{m} = Q \times \rho = 0.1240 \times 1.167 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

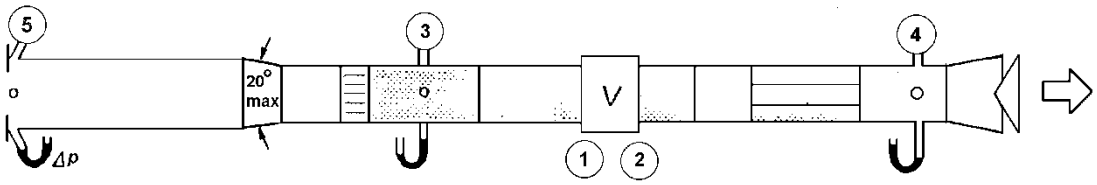
$= 0.1447$ kg/s $=$ 8.682 kg/min

ภาคผนวก 1
TYPE D INSTALLATION

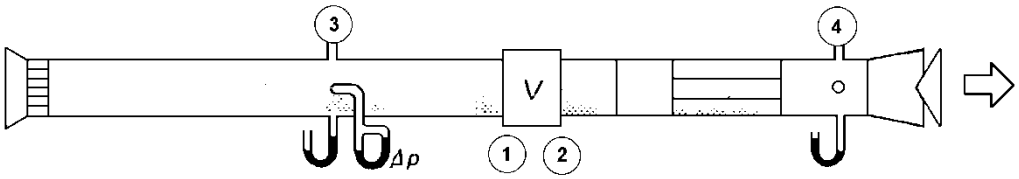
TYPE D INSTALLATION



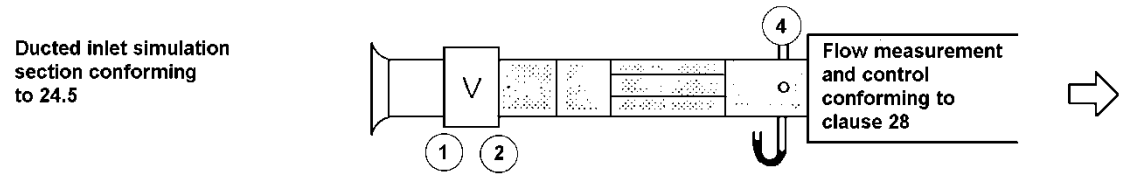
(a) Flow rate determination by venturi nozzle



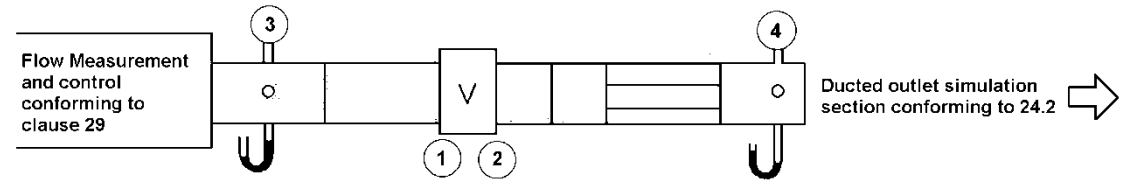
(b) Flow rate determination by inlet orifice



(c) Flow rate determination by pitot-static tube traverse



(d) Use of ducted inlet simulation



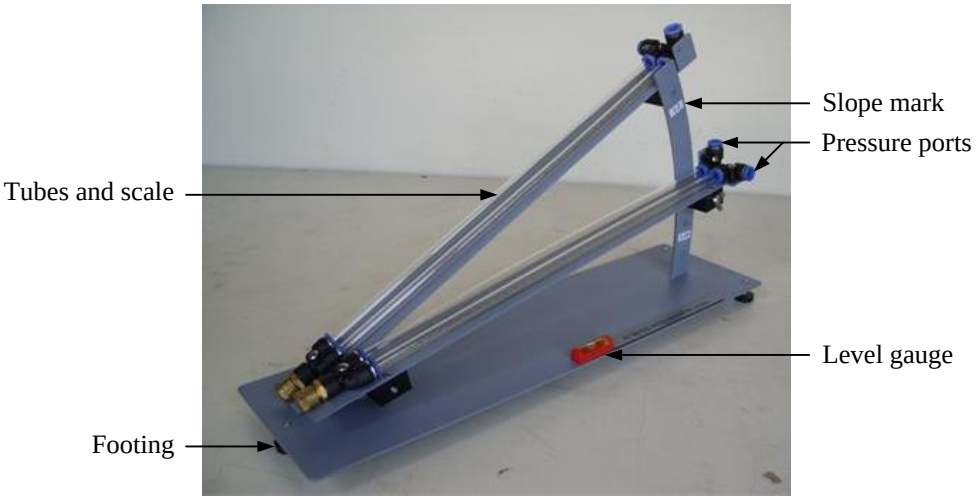
(e) Use of ducted outlet simulation

* These cylindrical air way section may be replace by transition section to clause 24 when require to accommodate a change of area and / or shape.

Note : For MP 100 outlet pipe is vertical instead horizontal

ภาคผนวก 2
INCLINED WATER MANOMETER

PH 100-032 WATER MANOMETER, Inclined.



Inclined Water Manometer (Dual set)

1. DESCRIPTION

The new inclined water manometer is designed to minimize cost and to ease operation. The manometer employs a clear acrylic tubes and industrial tube fittings. The slope is adjustable. Pressure ports are at tube top end.

- Scale length : 400 mm or as required
- Graduation : 1 mm
- Number of manometer : 1 standard, plus 1 optional
- Standard slope : 1:10, 1:5 and 1:2
- Application : Low differential air pressure.

A hand pump can be supplied to create low pressure for digital indicator calibration.

2. USE

2.1 Set the manometer on a level floor and adjust the footings to ensure that the manometer is level by observing the level gauge at the base.

2.2 Ensure that the water in the manometer is half full.

2.3 Set the manometer inclination at a desired slope by screwing the right hand setting knob at the indicated slope.

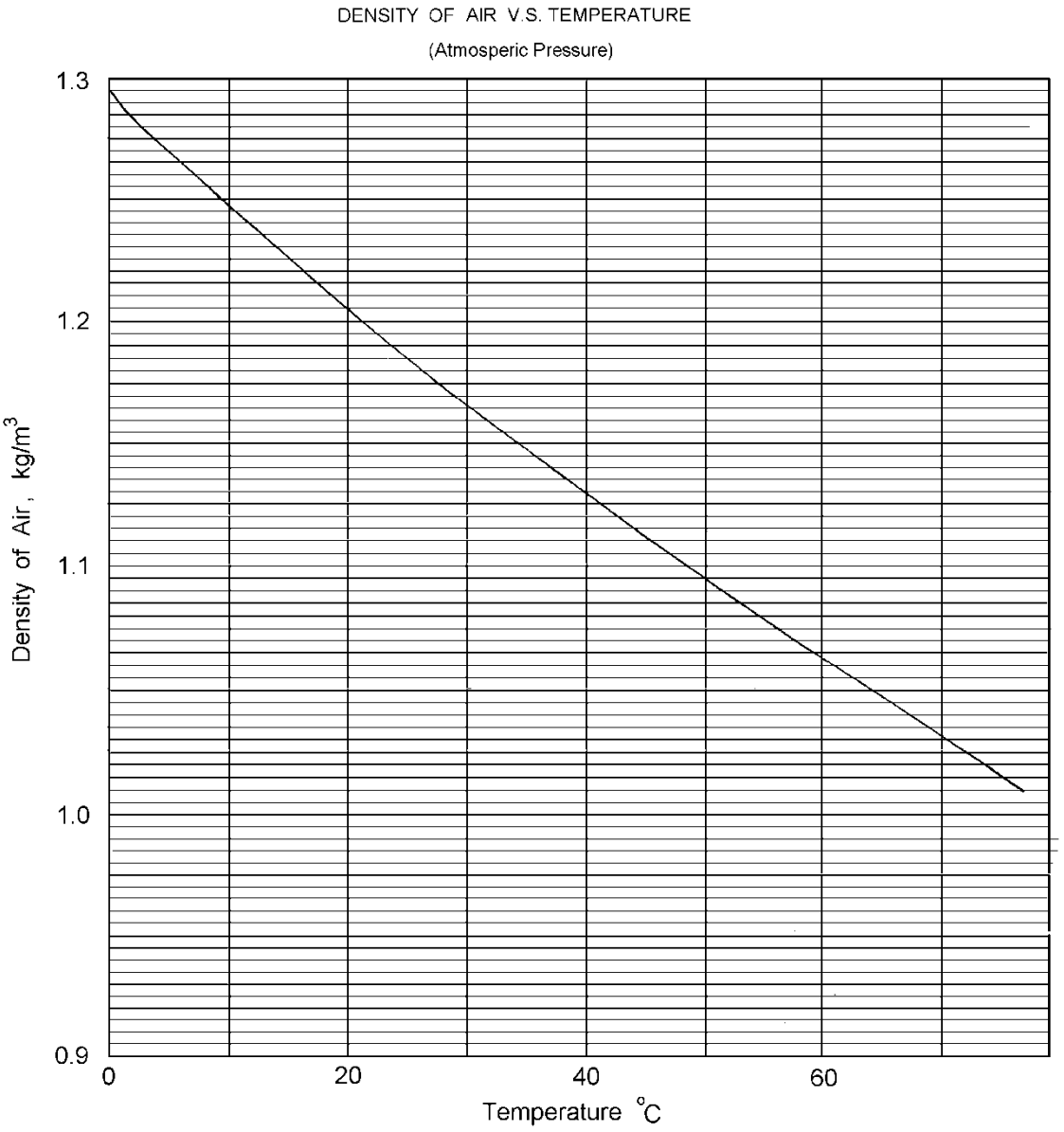
Observe that the levels on both legs one equal.

2.4 Connect the manometer pressure ports to the differential pressure source and record the readings on both legs.

2.5 The actual differential pressure is the difference between the two readings in 2.4 devided by the slope e.g. 10, 5 or 2.

ภาคผนวก 3
DENSITY OF AIR VS. TEMPERATURE

DENSITY OF AIR VS. TEMPERATURE



ภาคผนวก 4
FLOW COEFFICIENT OF INLET ORIFICES WITH CORNER TAPS

22.10 Expansibility factor. The expansibility factor ε for all type of orifice plate installation except the outlet orifice specified in 22.8 may be taken as follow:

$$\varepsilon = 1 - (0.4 + 0.35\beta^4)\ \frac{\Delta p}{\gamma\, p_u}$$

γ is the isentropic exponent which is taken as 1.4, the value for atmospheric air, in all tests with standardized airways.

p_u is the absolute pressure upstream of the orifice taken in the location defined for ρ_u

ε is plotted in figure 22 for air, as a function of β and $\Delta p / p_u$. (For standardized airway tests with

air ε may be taken as unity provided Δp is not more than 1,000 Pa)

The uncertainty (in %) with which ε is known may be taken as $\pm 4\,(\Delta p / p_u)$

22.11 Reynolds number. The Reynolds number required for orifice flow are defined as follows :

$$\mathrm{Re}_D = \frac{\rho VD}{\mu} = \frac{\dot{m}\, D}{\frac{\pi D^2}{4}\mu} = \frac{4\dot{m}}{\pi\, D\mu} = \frac{\alpha\varepsilon}{\nu}\,\frac{d^2}{D}\sqrt{\frac{2\Delta p}{p_u}}\ ;$$

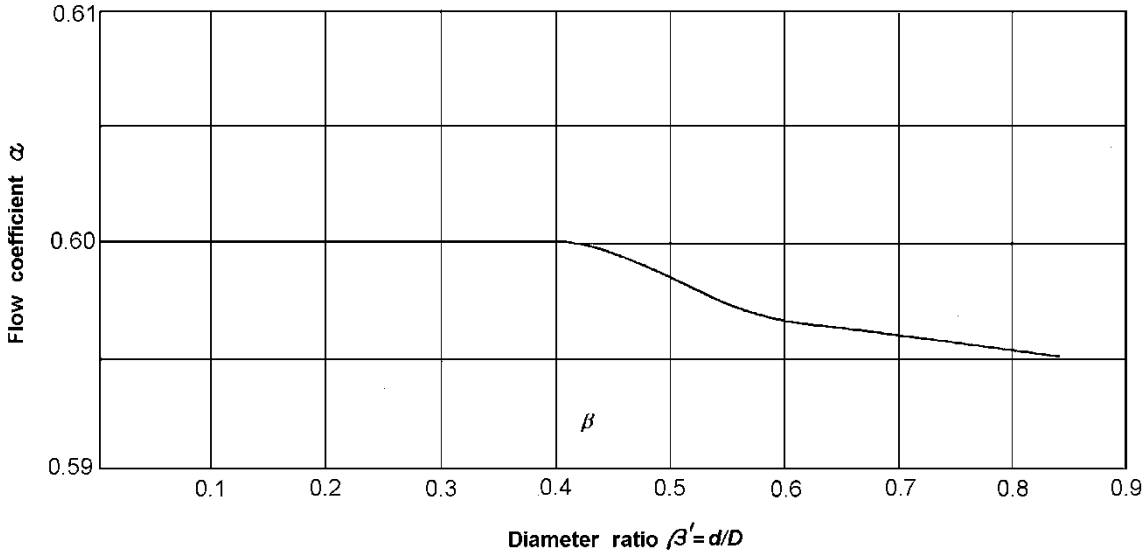
Strictly speaking the derivation of Re from the test value of Δp requires trial and error since α and $\dot{m}$ are not known. Only a rough approximation to Re is needed however, and it may be considered sufficient to calculate Re_D or Re_d for the specified or estimated value of $\dot{m}$ at the design or best efficiency point and use these values over the whole characteristic.

Similarly it is unnecessary for the purposes of this standard to calculate Re afresh for change in air condition. It is sufficient to take the dynamic viscosity μ and the kinematic viscosity ν as their values for standard air shown below and apply these to all normal atmospheric condition (900 mbar to 1,100 mbar ; $0^\circ C$ to $40^\circ C$)

$$\mu = 1.8\times10^{-5}\ \mathrm{Pa.s}\ ; \qquad \nu = 1.5\times10^{-5}\ \mathrm{m^2}/s$$

With these values, and expressing V_x in m/s and D_x in meters:

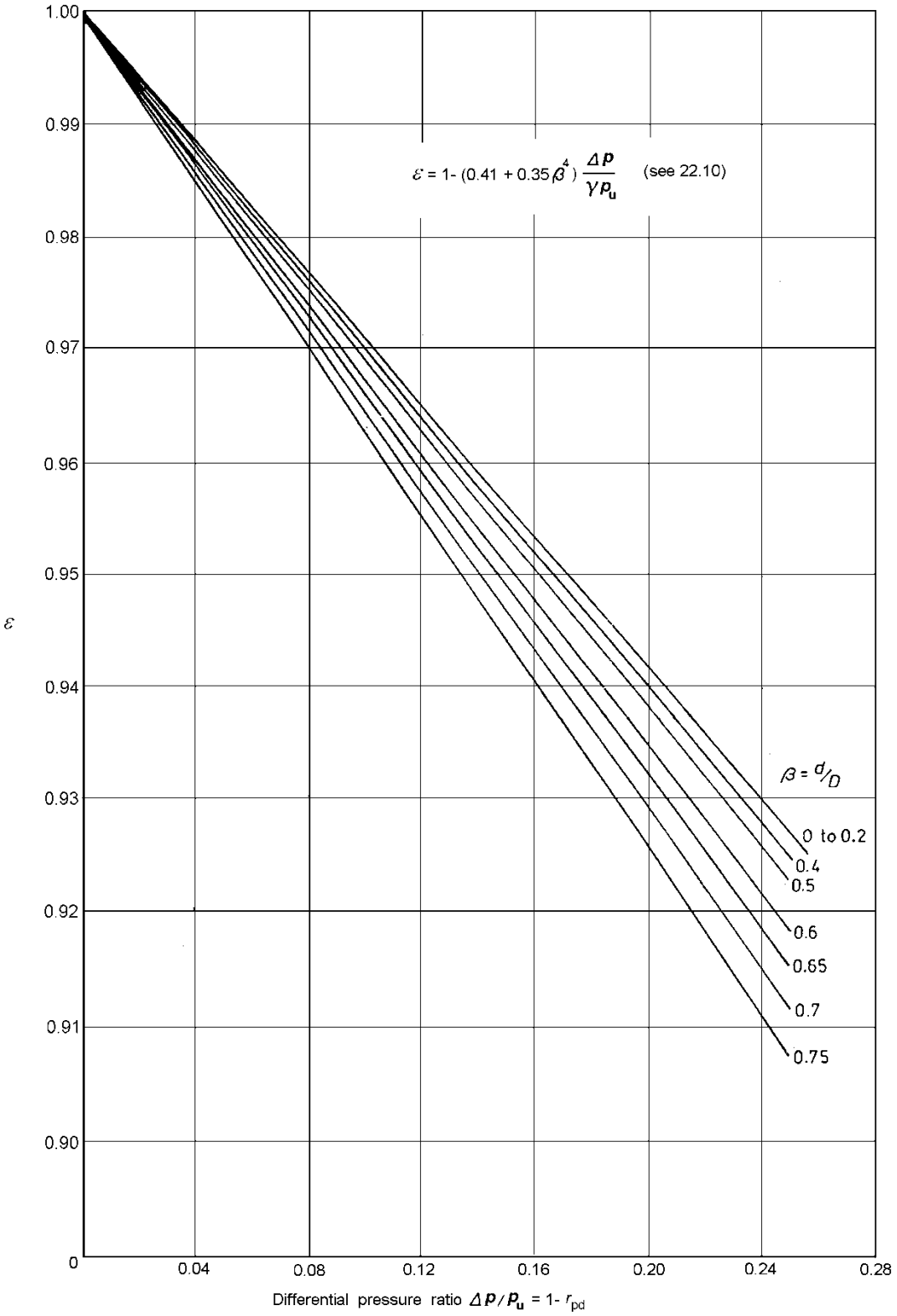
$$\mathrm{Re}_D = 67\,V_x D_x \times10^3 = 71\frac{\dot{m}}{D_x}\times10^3$$



Flow coefficient of inlet orifices with corner taps

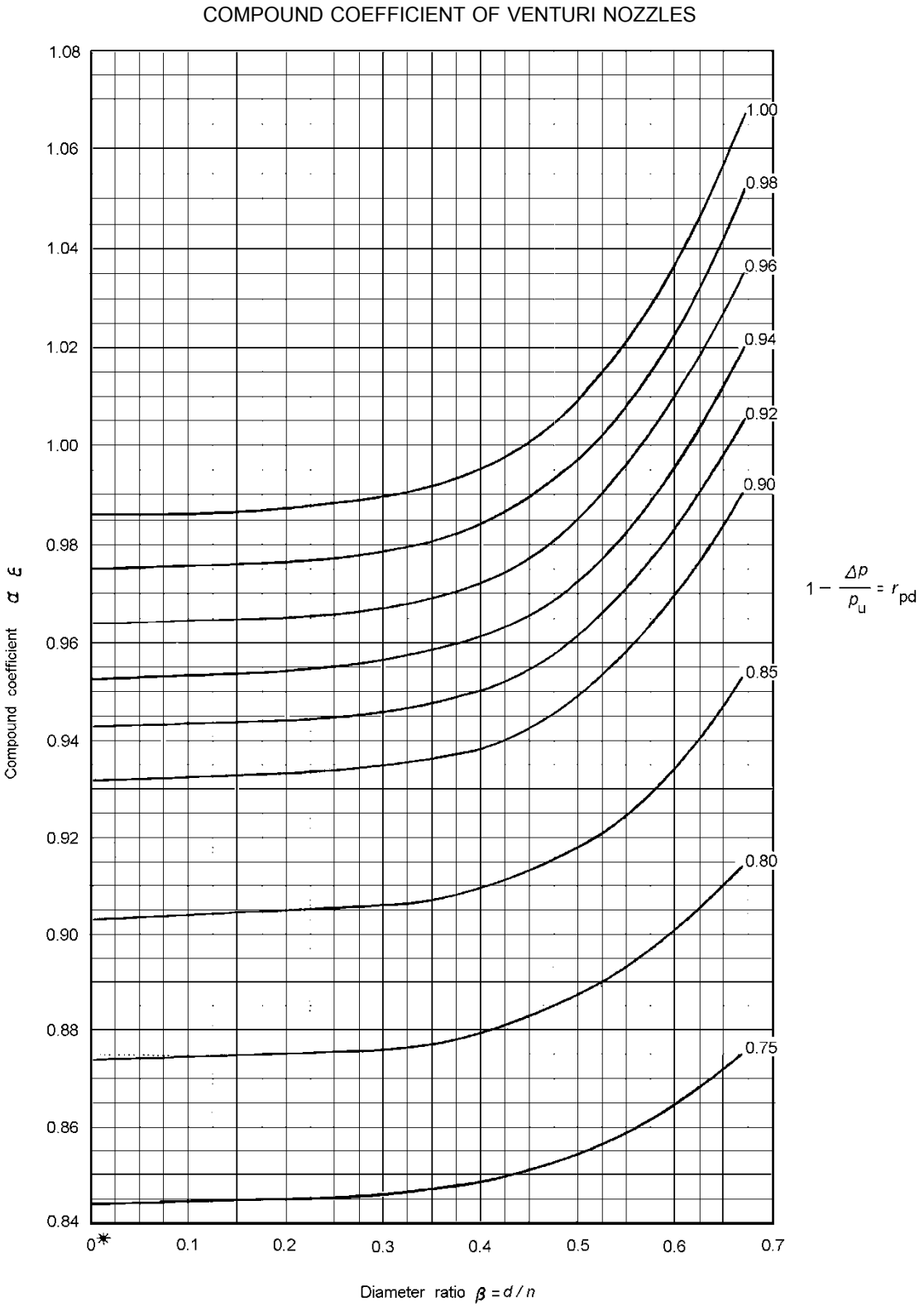
ภาคผนวก 5
EXPANSIBILITY FACTOR ϵ

EXPANSIBILITY FACTOR ∈ FOR ORIFICES PLATES IN ATMOSPHERIC AIR



Expansibility factor ε for orifices plates in atmospheric air

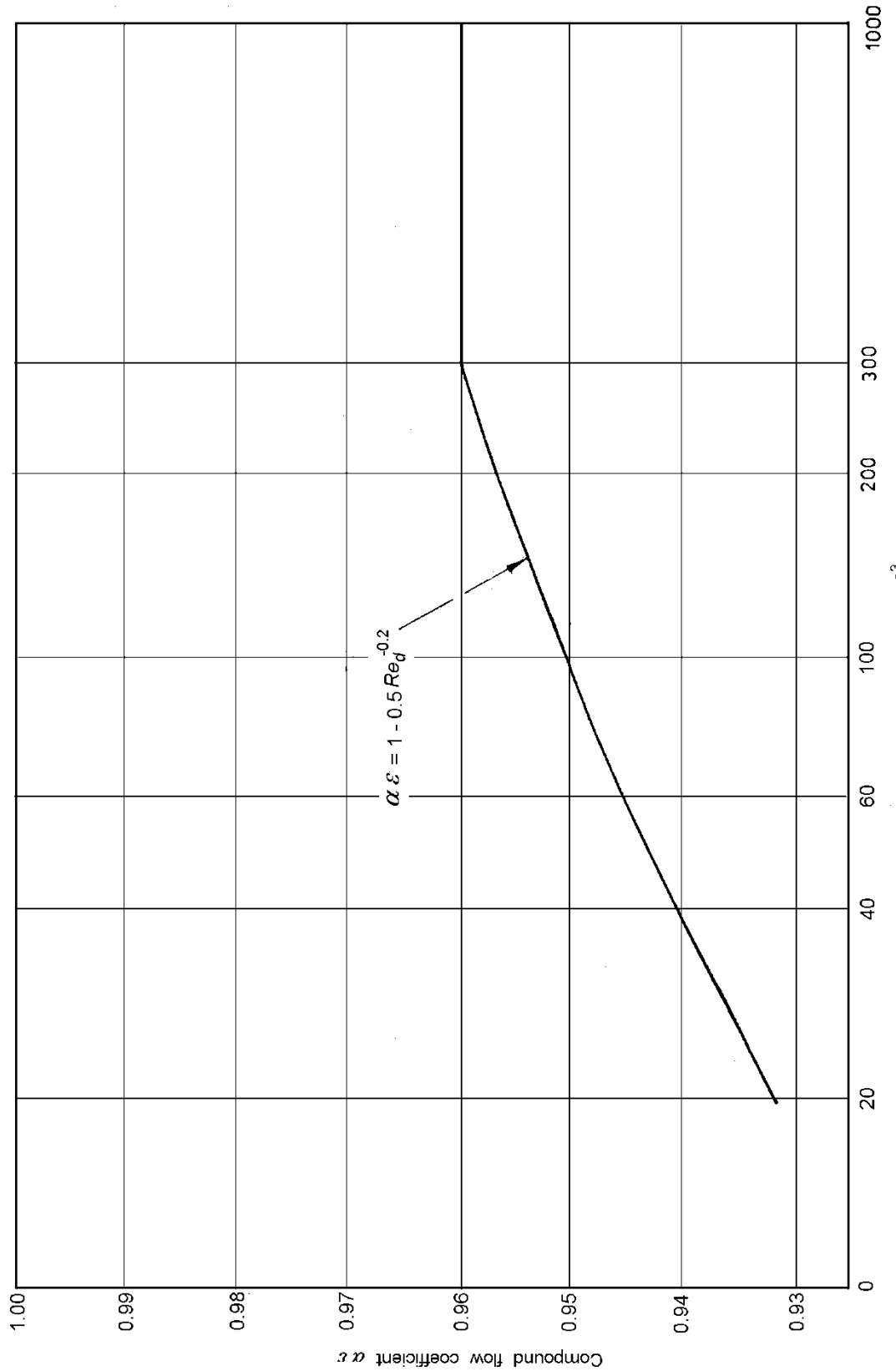
ภาคผนวก 6
COMPOUND COEFFICIENT OF VENTURI NOZZLES



*For a free entry venturi nozzle β should be taken as zero.

Figure 14. Compound flow coefficients of venturi nozzles

ภาคผนวก 7
COMPOUND COEFFICIENT OF CONICAL INLETS



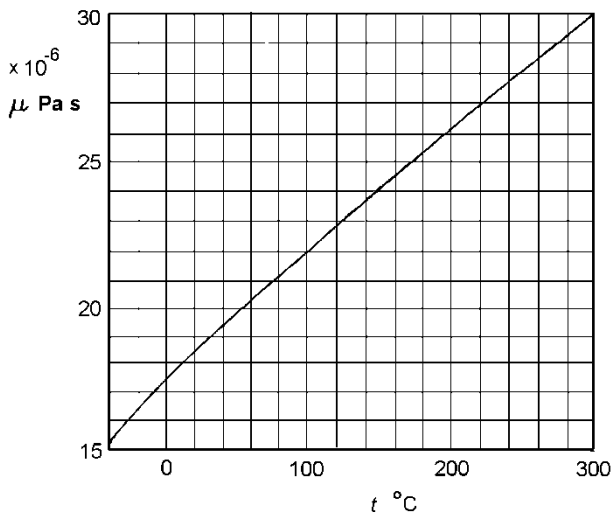
compound flow coefficient of conical inlets

ภาคผนวก 8
DYNAMIC VISCOSITY OF ATMOSPHERIC AIR

14.2.4 Reynolds number limits. The condition applying to $n\rho_i / \mu$ given in 14.2.1 limits the Reynolds number change. μ is the dynamic viscosity of the air or gas at the fan inlet and is dependent on temperature but not on pressure, μ for air is given in figure 10

For direct testing no change in the fan size or gas handled is allowed ,so the Reynolds number criteria effectively limits the difference between test and specified pressure and temperatures. For example, if the test is carried out at $20^\circ C$ and $100{,}000\ Pa$ atmospheric air intake ,a specified air intake of $100^\circ C$ at $100{,}000\ Pa$ would be 10% outside the 1.4 limit. It could be brought within the limits if the test speed were reduced by 10%

14.2.5 *Change of gas.* In the majority of cases a change of gas will not invalidate a direct test provided the change in physical constants and isentropic index γ do not bring the conversion outside the Reynolds criteria and compressibility factor limits. Additional uncertainty may be introduced in the rare case where the gas departs significantly from the perfect gas laws.

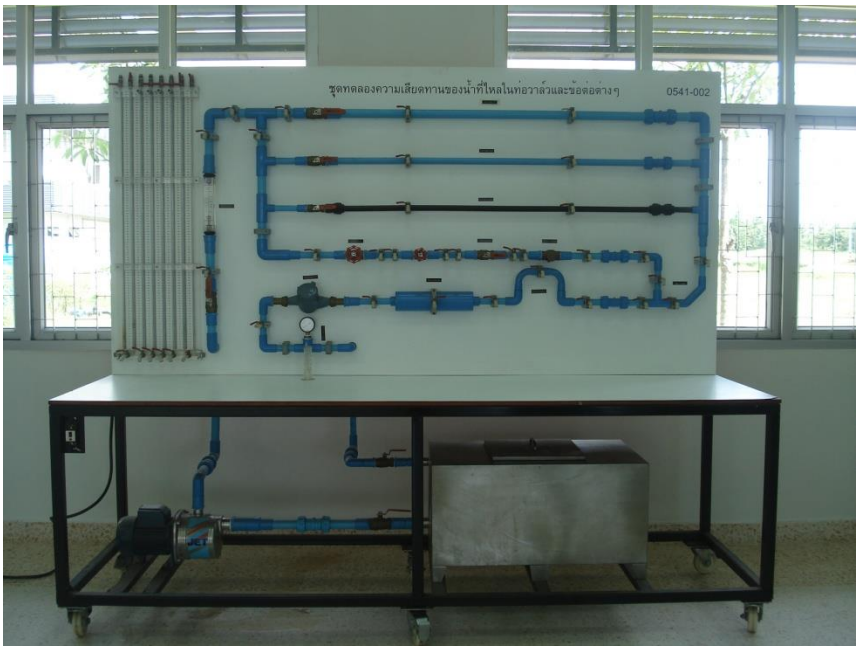


DYNAMIC VISCOSITY OF ATMOSPHERIC AIR



สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 5 การหาความเสียดทานในท่อ (FRICTION LOSS IN PIPE)



1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาความสำคัญของการไหลในท่อปิด ซึ่งเป็นท่อทางที่นิยมใช้ส่งของไหลมากที่สุด

1.2 เพื่อให้สามารถรู้จักเลือกวัสดุท่อ ขนาด ให้เหมาะสมกับของไหลนั้น ๆ

1.3 ให้ทราบถึงความสัมพันธ์ ระหว่างความเร็วและลักษณะของการไหลของของไหลในท่อ

2. บทนำ

การส่งถ่ายของไหล ซึ่งไม่ว่าจะเป็นของเหลวหรือก๊าซจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งนั้นจะต้องส่งโดยใช้ท่อ ถ้าของไหลนั้นเป็นของเหลวเราอาจส่งโดยท่อทางเปิดหรือท่อทางปิดก็ได้ ส่วนของไหลที่เป็นก๊าซนั้นจะต้องส่งโดยการใช้ท่อทางปิดเท่านั้น ในการส่งของไหลโดยท่อทางปิดนั้นมีมานานนับศตวรรต เช่นในประเทศไทยเท่าที่มีประวัติศาสตร์บันทึกไว้นั้นมีมาตั้งแต่สมัยกรุงสุโขทัย แต่ในการใช้ท่อทางนั้นเป็นการส่งโดยใช้หลักธรรมชาติคือของไหลโดยเฉพาะของเหลวนั้นย่อมไหลจากที่สูงลงที่ต่ำเสมอ ซึ่งไม่คำนึงถึงกฎเกณฑ์และหลักการเท่าไรนัก ต่อมาเมื่อโลกมีความเจริญก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะความก้าวหน้าทางอุตสาหกรรม มนุษย์เริ่มมีการสวนกระแสธรรมชาติมากขึ้น มีการคิดค้นทฤษฎีทางชลศาสตร์เข้ามาใช้มากขึ้น มีการใช้พลังงานเข้ามาเกี่ยวข้องกับการส่งถ่ายของไหล และมีการใช้พลังงานจากของไหลให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น ดังนั้นการส่งถ่ายของไหลจึงจำเป็นจะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมต่าง ๆ โดยมีขอบเขตกว้าง ๆ ว่าในการส่งถ่ายนั้นจะทำอย่างไรให้ส่งได้มากที่สุด เร็วที่สุด และประหยัดที่สุด ดังนั้นความเสียดทานในท่อจึงเป็นข้อจำกัดอีกประการหนึ่งในการส่งถ่ายของไหลเพราะมีผลให้เกิดความดันตกคร่อมในเส้นท่อ โดยเฉพาะการส่งในระยะทางไกล ๆ มาก ๆ ทำให้ต้องใช้พลังงานในการส่งมากยิ่งขึ้น ดังนั้นในการทดลองชุดนี้จะเป็นการแสดงให้เห็นว่าความเสียดทานภายในท่อนั้นมีผลกระทบต่อการส่งถ่ายของไหลอย่างไร และการใช้ความเร็วในการส่งถ่ายของไหลที่ไม่เหมาะสมนั้นจะเกิดอะไรขึ้น

3. ทฤษฎี

เมื่อของไหลไหลผ่านท่อจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง จะมีการสูญเสียพลังงานไปส่วนหนึ่ง ซึ่งพลังงานส่วนที่เสียไปนี้เกิดขึ้นเนื่องจากความเสียดทานในท่อระหว่างจุดทั้งสองนั้น

การไหลของของไหลในท่อมีรูปแบบที่สำคัญอยู่ 2 ลักษณะคือ ลักษณะที่หนึ่งเป็นการไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow) ซึ่งการไหลแบบนี้อนุภาคของของไหลจะไหลเป็นเส้นขนานกับผนังท่อโดยตรงกลางท่อจะไหลเร็วกว่าที่ผนังท่อ ลักษณะที่สองเป็นการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) ซึ่งการไหลแบบนี้อนุภาคของของไหลจะไหลอย่างสับสน แต่อย่างไรก็ดีทิศทางของการเคลื่อนที่เฉลี่ยของของไหลทั้งหมดก็จะยังขนานไปกับท่อ ฉะนั้นการเคลื่อนที่ในลักษณะนี้จะมีการ สูญเสียพลังงานมาก การไหลทั้งสองลักษณะนี้กำหนดด้วยค่าเรโนลด์ (Reynolds Number) ซึ่งเป็นค่าที่ไม่มีหน่วยซึ่งแสดงโดยสมการดังนี้

$$\text{ค่าเรโนลด์ } R_e = \frac{dV\rho}{\mu}$$

เมื่อ

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ

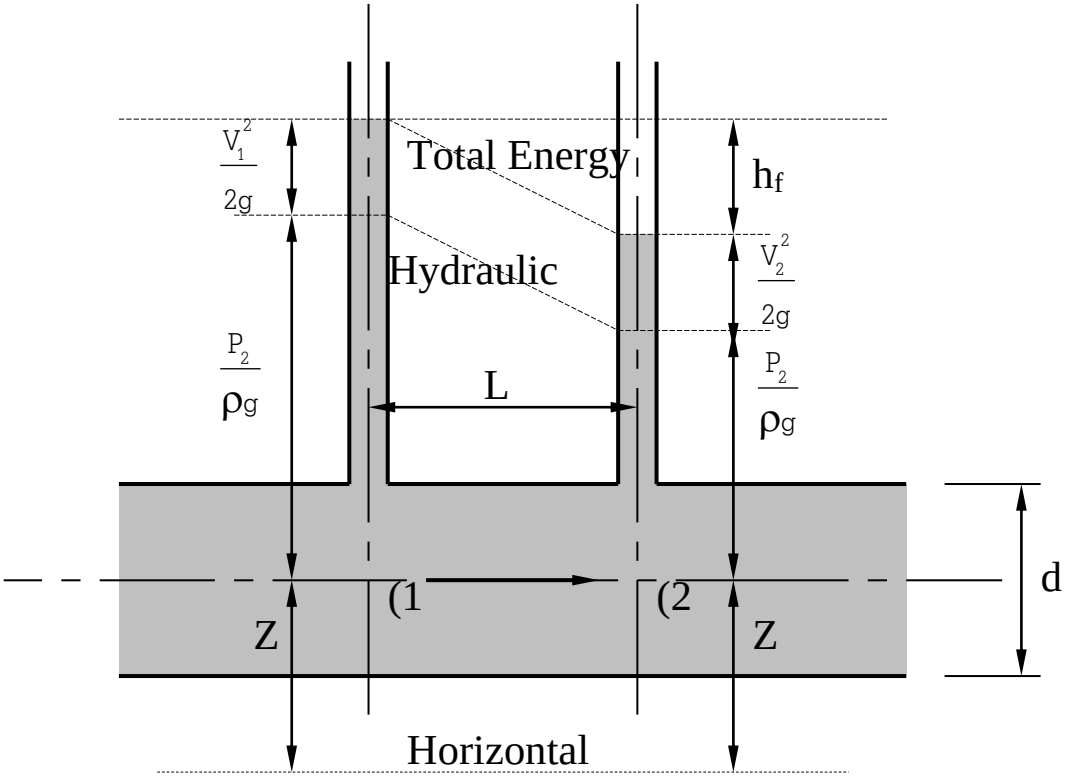
V = ความเร็วของของไหล (เฉลี่ย)

ρ = ความหนาแน่นของมงลของไหล

μ = ความหนืดไดนามิกส์ของของไหล (Dynamic Viscosity)

ถ้าการไหลไดมีค่าเรโนลด์น้อยกว่า 2000 การไหลแบบนั้นเป็นการไหลแบบราบเรียบ แต่ถ้าการไหลไดมีค่าเรโนลด์มากกว่า 4000 การไหลนั้นเป็นการไหลแบบปั่นป่วน ส่วนการไหลที่มีค่าระหว่าง 2000 และ 4000 การไหลแบบนั้นเป็นการไหลแบบแปรเปลี่ยน

คำจำกัดความของการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการไหลในท่อนั้นสามารถอธิบายได้ด้วยสมการเบอร์นูลี (Bernoulli) ดังนี้



รูปที่ 1 เมื่อท่อวางอยู่ในแนวราบ และมีเส้นผ่าศูนย์กลางสม่ำเสมอ

จากการไหล ระหว่างส่วนหน้าตัด (section) (1) และ (2) เราจะได้

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} + Z_2 + \text{energy loss}$$

เนื่องจากท่อวางอยู่ในแนวราบและมีเส้นผ่าศูนย์กลางสม่ำเสมอ

ดังนั้น $Z_1 = Z_2$ และ $V_1 = V_2$ (จาก $V = \frac{Q}{A}$)

ฉะนั้นการสูญเสียพลังงาน (energy loss) $= \frac{P_1}{\rho g} - \frac{P_2}{\rho g}$

กำหนดให้การสูญเสียพลังงานแทนด้วย h_f

$$\therefore h_f = \frac{P_1 - P_2}{2g} \qquad \text{.....(1)}$$

ซึ่ง P_1 และ P_2 คือ ความดันของของไหลในท่อที่ส่วนหน้าตัด 1 และ 2 ตามลำดับ

g คือ อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

3.1 การสูญเสียพลังงานในการไหลแบบราบเรียบ

3.1.1 จากการทดลองของปัวซีล (Poiseuille) พบว่าความสัมพันธ์ของการไหลของของไหลในท่อในช่วงไหลราบรียบเป็น

$$\therefore h_f = \frac{32\mu LV}{g\rho d^2} \qquad \text{.....(2)}$$

เมื่อ L = ความยาวในท่อช่วงที่พิจารณา

จากสมการที่ 2 จัดรูปใหม่ได้

$$\frac{h_f}{L} = \frac{32\mu V}{g\rho d^2} \qquad \text{.....(3)}$$

เนื่องจากค่า $\frac{32\mu V}{g\rho d^2}$ เป็นค่าคงที่ เพราะฉะนั้นจะได้

$$\frac{\Gamma}{\rho t} \propto \Lambda \qquad \text{.....(4)}$$

เพราะฉะนั้นจากการทดลองของปัวซีลจะได้ความสัมพันธ์ว่าการสูญเสียพลังงานต่อหนึ่งหน่วยความยาวในช่วงการไหลแบบราบเรียบเป็นสัดส่วนกับความเร็วเฉลี่ยของของไหลที่ไหลในท่อ

3.1.2 การทดลองของดาร์ซี และไวส์บาค (Darcy and Weisbach)

จากการทดลองของดาร์ซี และไวส์บาค พบว่าความสัมพันธ์ของการไหลของของไหลทั้งแบบราบเรียบและแบบปั่นป่วน อยู่ในรูปสมการ

$$h_f = \frac{fLV^2}{2gd} \qquad \text{.....(5)}$$

เมื่อ f = สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานแต่มีค่าต่างกันสำหรับการไหล ทั้งแบบราบเรียบ และแบบปั่นป่วนส่วนค่าอื่น ๆ นั้นเหมือนกับที่กำหนดไว้แล้วข้างต้น

จากสมการที่ 5 จัดรูปใหม่ได้

$$\frac{h_f}{L} = \frac{fV^2}{2gd} \qquad \text{.....(6)}$$

จากสมการที่ 3 และ 6 $\frac{h_f}{L} = \frac{32\mu V}{\rho g d^2} = \frac{fV^2}{2gd}$

หรือ $f = \frac{64\mu}{\rho V d}$ .....(7)

แต่ $R_e = \frac{dV\rho}{\mu}$

ดังนั้น $f = \frac{64}{R_e}$ .....(8)

ถ้าเขียนสมการในรูปของ log จะได้

$$\log f = \log 64 - \log R_e \qquad \text{.....(9)}$$

3.2 การสูญเสียพลังงานในการไหลแบบปั่นป่วน

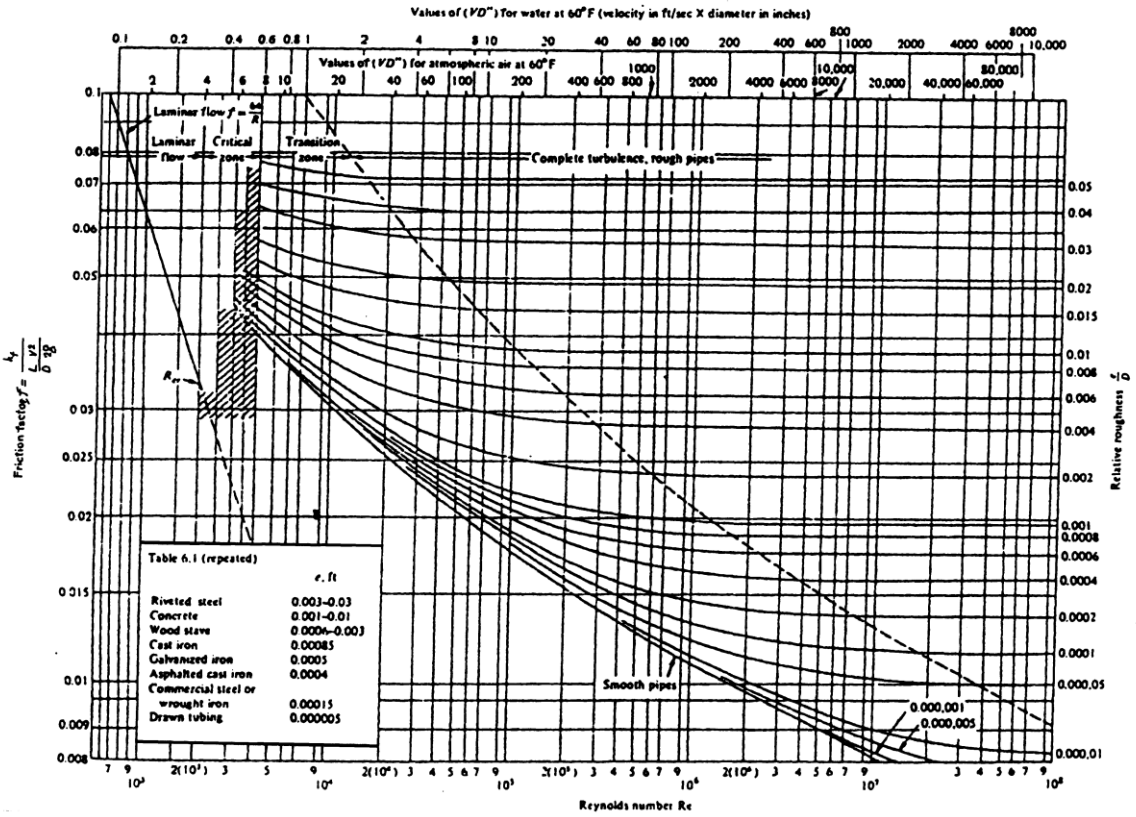
จากการทดลองของ ดาร์ซี และไวส์บาค

$$\frac{h_f}{L} = \frac{fV^2}{2gd}$$

$$\frac{h_f}{L} \alpha V^2 \text{.....(10)}$$

ดังนั้น จะได้ความสัมพันธ์ว่าการสูญเสียพลังงาน ต่อหนึ่งหน่วยความยาวในช่วงการไหลแบบปั่นป่วนเป็นสัดส่วนกับกำลังสองของความเร็วเฉลี่ยของของไหลที่ไหลในท่อ

จากการทดลองของมูดี (Moody) มูดีได้ศึกษาการทดลองของเรย์โนล์ และได้หาความสัมพันธ์ระหว่าง $f = F\left(R_e, \frac{e}{d}\right)$ ในรูปเส้นกราฟ ซึ่งต่อมาเรียกว่าไดอะแกรมของมูดี (Moody Diagram) ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง f , R_e และ $\frac{e}{d}$ ตามรูปข้างล่าง



รูปที่ 2 แสดง Moody Diagram

ดังนั้นการสูญเสียพลังงานเนื่องจากแรงเสียดทานในท่อจึงสรุปได้ดังนี้

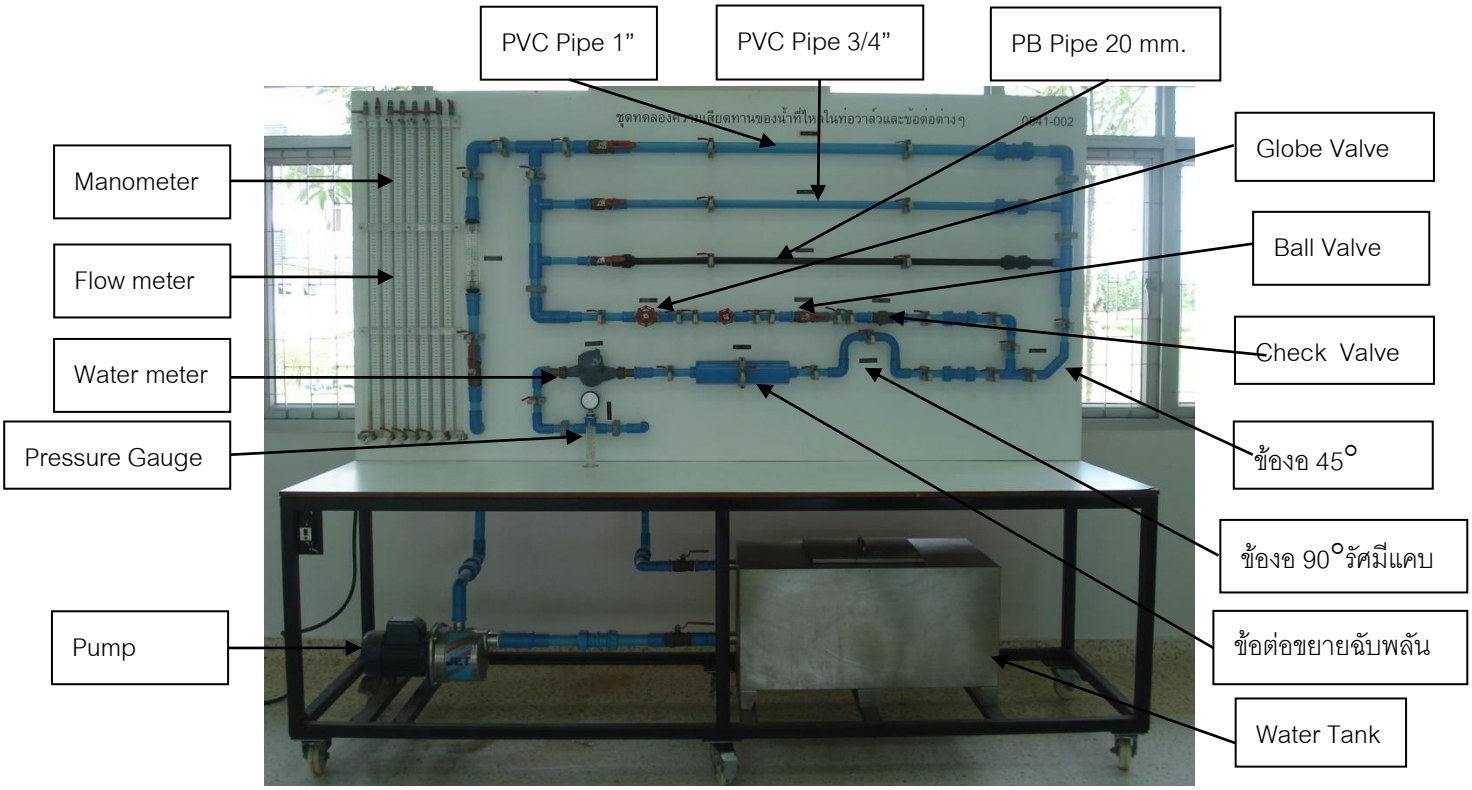
$$\frac{h_f}{L} = \frac{fV^2}{2gd}$$

$$f = \frac{64}{R_e} \qquad \text{ในช่วงการไหลแบบราบเรียบ}$$

$$f = F\left(R_e, \frac{e}{d}\right) \qquad \text{ในช่วงการไหลแบบปั่นป่วน}$$

ความสัมพันธ์ระหว่าง f กับ R_e และ $\frac{e}{d}$ หาได้จากไดอะแกรมของมูดี

4. อุปกรณ์การทดลอง



5. วิธีการทดลอง

5.1 การทดลองสำหรับการไหลแบบราบเรียบ

5.1.1 ต่อน้ำจากถังหัวน้ำคงที่เข้าท่อวัดความเสียดทานและปิดวาล์วทางน้ำไหลออก

5.1.2 ต่อท่อน้ำจากโต๊ะชลศาสตร์เข้าไปยังถังหัวน้ำคงที่

5.1.3 ปรับระดับน้ำในถังหัวน้ำคงที่โดยปรับระดับท่อน้ำล้น เพื่อให้ได้หัวน้ำสูงตามที่ต้องการเช่น 80 ซ.ม.

5.1.4 เปิดวาล์วทางออกของท่อวัดแรงเสียดทานและวัดอัตราการไหลของน้ำ ในกรณีนี้น้ำไหลน้อยฉะนั้นจึงใช้กระบอกตวงที่จัดเตรียมไว้ อัตราการไหลนี้สามารถปรับได้โดยการปรับวาล์วทางออกบันทึกระดับต่างน้ำในมาโนมิเตอร์น้ำ

5.1.5 ปรับระดับหัวน้ำให้เพิ่มเป็นระดับอื่นเช่น 90 ซ.ม และบันทึกผลการทดลองช่นเดียวกับข้อ 5.1.4

5.2. การทดลองสำหรับการไหลแบบปั่นป่วน

5.2.1 ต่อท่อน้ำเข้าตรงจากโต๊ะชลศาสตร์ (Hydraulics Bench) ไปยังท่อวัดความเสียดทาน โดยปรับอัตราการไหลของน้ำให้ต่ำ

5.2.2 ปิดวาล์วของท่อความดันไปยังมาโนมิเตอร์น้ำ และปรับอัตราการไหลจนกระทั่งสังเกตเห็นความแตกต่างของระดับมาโนมิเตอร์ปรอท

5.2.3 บันทึกอัตราการไหลของน้ำโดยใช้กระบอกตวงและจับเวลา และบันทึกระดับต่างของมาโนมิเตอร์แบบปรอท

5.2.4 เปิดวาล์วให้น้ำไหลผ่านท่อมากขึ้น และดำเนินการวัดเช่นเดียวกับข้อ 5.2.3

ตารางบันทึกผลการทดลอง

h_1 (cm.Hg)	h_2 (cm.Hg)	Volume Flow Rate			Velocity (m/sec)	R_e	$\frac{LV^2}{D2g}$	$f = \frac{h_f}{\frac{LV^2}{D2g}}$	f from Moody Chart (smooth Pipe)
		Volume (cm^3)	time (sec)	flow rate (cm^3/sec)					



สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 6 ระบบการปรับอากาศรถยนต์

(Car Air Conditioning System)



1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อเข้าใจพื้นฐานการทำงานและองค์ประกอบของระบบการปรับอากาศรถยนต์

1.2 เพื่อศึกษาระบบการทำงานของระบบการปรับอากาศรถยนต์

1.3 เพื่อศึกษาวิธีประเมินการทำงานของระบบการปรับอากาศรถยนต์

1.4 เพื่อศึกษาวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการปรับอากาศรถยนต์

2. ทฤษฎี

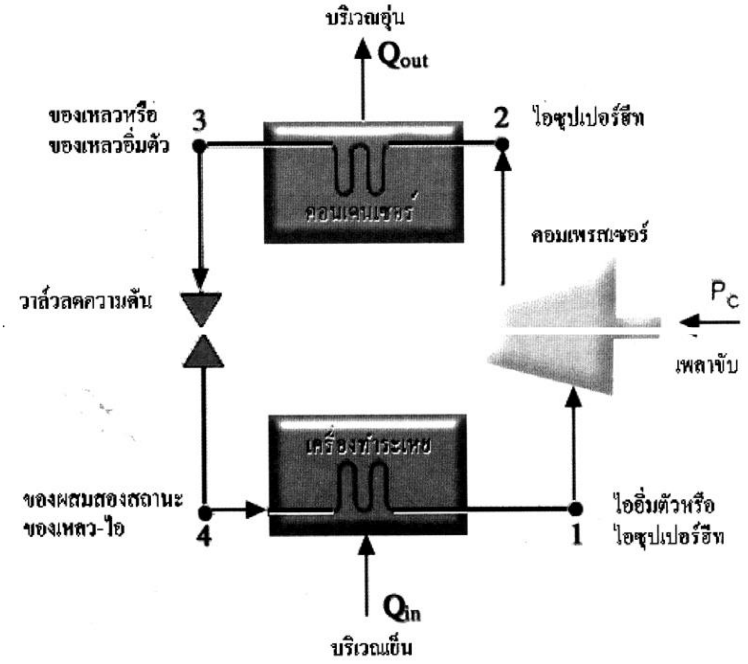
2.1. บทนำ

หลักการทำงานและอุปกรณ์พื้นฐานของระบบการปรับอากาศรถยนต์ไม่ต่างจากระบบปรับอากาศมากนัก จะต่างกันก็ที่จุดประสงค์ของการใช้งาน ซึ่งระบบปรับอากาศจะทำหน้าที่ปรับอากาศในบริเวณที่มีคนทำงานหรือ บริเวณที่ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเป็นพิเศษ เช่น ในบ้าน สำนักงาน ที่ทำการ ห้องคอมพิวเตอร์ ห้องเก็บสารเคมี ฯลฯ ในขณะที่ระบบการปรับอากาศรถยนต์จะใช้ในรถยนต์เพื่อปรับอากาศภายในรถยนต์ให้มีความสะอาด มีการถ่ายเทหมุนเวียน และมีความชื้นที่เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความสุขสบายต่อคนขับและผู้โดยสาร

ระบบการปรับอากาศรถยนต์จะเป็นระบบการทำความเย็นแบบระบบการอัดไอ โดยทั่วไปใช้หลักการอัดไอสารทำความเย็นให้มีอุณหภูมิและความดันสูง โดยใช้คอมเพรสเซอร์ก่อนถ่ายโอนความร้อนออก เพื่อให้เกิดการกลั่นตัวแล้วลดความดันให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะอีกครั้ง จากนั้นนำสารทำความเย็นอุณหภูมิต่ำไปรับความร้อน ออกมาจากพื้นที่ที่ต้องการ ทำความเย็น สารทำความเย็นที่ใช้ เช่น สารไฮโดรคาร์บอน แอมโมเนีย หรือฟลูออโรคาร์บอน

2.1.1. ระบบทำความเย็นแบบการอัดไอ

รูปที่ 1 แสดงหลักการของวัฏจักรการอัดไอที่ใช้ในระบบทำความเย็นและการส่งถ่ายความร้อนออกจากวัฏจักรแบบพื้นฐานใช้งานทั่วไป ซึ่งเป็นการทำงานแบบสเตจเดียว



รูปที่ 1 หลักการของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

2.1.2. ส่วนประกอบที่สำคัญ

- เครื่องทำระเหย (Evaporator) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและแลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้สารทำความเย็นในสถานะของเหลวเปลี่ยนเป็นไอแล้วให้ความเย็นในพื้นที่ที่ต้องการทำความเย็น
- คอมเพรสเซอร์ (Compressor) เป็นเครื่องอัดสารทำความเย็นให้มีสถานะเป็นไอที่ความดันและอุณหภูมิสูง
- คอนเดนเซอร์ (Condenser) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่คายความร้อนหรือถ่ายโอนความร้อนออกแล้วส่งผลทำให้สารทำความเย็นเกิดการกลั่นตัว
- วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) ทำหน้าที่ควบคุม สารทำความเย็นที่มีค่าความดันสูง ให้มีค่าลดลงไปสู่ความดันต่ำ ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของเหลวผสม ระหว่างสถานะที่เป็นของเหลวกับไอ

2.2. ทฤษฎีการทำความเย็น

2.2.1.เครื่องทำระเหย

การทำงานเริ่มที่เครื่องทำระเหย เมื่อต้องการทำความเย็น สารทำความเย็นมีสถานะผสมระหว่างของเหลวกับไอ เมื่อไหลผ่านเข้าสู่เครื่องทำระเหย จะรับเอาความร้อนแล้วค่อยๆ เปลี่ยนสถานะจากไอผสมกับของเหลวเป็นไอทั้งหมดก่อนเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ที่จุด 1 หรือ $1'$ โดยจุดที่ $1'$ เป็นจุดที่สารทำความเย็นมีสถานะเป็นไออิ่มตัวพอดี แต่ในทางปฏิบัติจะต้องให้ไอมีอุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อย ให้มีสถานะเป็นไอดง เพื่อให้มั่นใจว่าไอของสารทำความเย็นเป็นไอทั้งหมด ไม่มีของเหลวปน เพื่อป้องกันความเสียหายที่คอมเพรสเซอร์

สมการการถ่ายเทความร้อนที่เครื่องทำระเหย

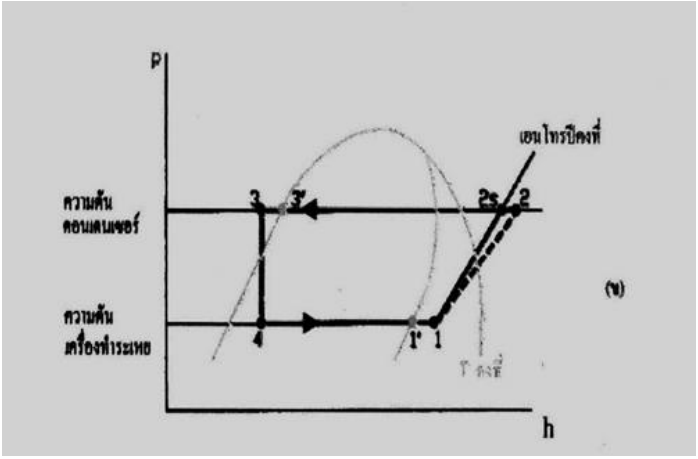
$\frac{Q_{in}}{m} = h_1' - h_4$ หรือ $\mathrm{h_1 - h_4}$ ---------->(1)

$\mathrm{Q_{in}}$ = อัตราการถ่ายเทความร้อนให้แก่อุปกรณ์ (W)

m = อัตราการไหลของสารทำความเย็น (kg/s)

h_1', h_1, h_4 = ค่าเอนทาลปี (kJ/kg)

หมายเหตุ : อัตราการถ่ายเทความร้อน 1 ตันความเย็น $= 3.517\ kW = 12{,}000\ Btu/h$



รูปที่ 2 ไดอะแกรมของวัฏจักรการอัดไอ แสดงค่าความดันกับเอนทาลปี

2.2.2.คอมเพรสเซอร์

คอมเพรสเซอร์ทำหน้าที่อัดไอสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำไปสู่ตำแหน่ง 2s หรือ 2 ซึ่งมีความดันสูงและอุณหภูมิสูง การอัดไอไปที่ตำแหน่ง 2s เป็นการอัดไอตามทฤษฎีและการอัดไอไปในตำแหน่ง 2 เป็นการอัดไอที่ได้จริง ซึ่งการอัดไอจากตำแหน่ง 1 ไป 2s จะเป็นการอัดไอของสารทำความเย็นแบบกระบวนการไอเซ็นทรอปิค (Isentropic)

สมการกำลังงานที่ใช้ในการอัดไอที่คอมเพรสเซอร

$\frac{W_c}{m} = h_{2s} - h_1'$ หรือ $h_2 - \mathrm{h_1}$----------->(2)

W_c = กำลังงานที่ให้กับคอมเพรสเซอร์ (W)

h_2, h_{2s}, h_1', h_1 = ค่าเอนทาลปี (kJ/kg)

โดยประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์หาได้จาก

$$\eta_c = \frac{h_{2s}-h_1}{h_2-h_1}$$

2.2.3. คอนเดนเซอร์

เมื่อไอสารทำความเย็นถูกอัดให้ไหลผ่านไปยังคอนเดนเซอร์จะเกิดการถ่ายโอนความร้อนออกสู่บรรยากาศ หรือระบบหล่อเย็น สารทำความเย็นที่เป็นไอร้อนยิ่งยวด จะค่อยๆ เปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวในจุดที่ 3

สมการการถ่ายเทความร้อนที่คอนเดนเซอร์

$\frac{Q_{out}}{m} = h_{2s} - h_3'$ หรือ $h_2 - \mathrm{h}_3$----------->(3)

เมื่อ Q_{out} = อัตราการถ่ายเทความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์ (W)

h_2, h_{2s}, h_3, h_3' = ค่าเอนทาลปี (kJ/kg)

2.2.4.วาล์วลดความดัน

เนื่องจากสารทำความเย็นจะเดือดที่อุณหภูมิและความดันต่ำ ดังนั้นเมื่อสารทำความเย็นขยายตัวผ่านวาล์วลดความดัน จะทำให้อุณหภูมิและความดันของสารทำความเย็นลดลง ในกระบวนการนี้จะมีค่าเอนทาลปีคงที่ตลอดช่วงของการลดค่าความดันจากจุด 3 ไปยังจุด 4

การคำนวณหาค่าประสิทธิภาพในรูปของสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะของระบบทำความเย็น (COP, Coefficient of Performance) คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$COP = \frac{Q_{in}}{W_c} = \frac{h_1-h_4}{h_{2s}-h_1}$$ เป็นค่าทางทฤษฎี ----------->(4)

$$COP = \frac{Q_{in}}{W_c} = \frac{h_1-h_4}{h_2-h_1}$$ เป็นค่าจริง ----------->(5)

อัตราการถ่ายเทความร้อนหาได้จากปริมาณความร้อนที่เครื่องทำความเย็นถ่ายเทให้กับน้ำ

$$Q = m_w C_{pw} \frac{\Delta T}{\Delta \mathrm{t}}$$

เมื่อ

Q = อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

$\mathrm{m_w}$ = น้ำหนักของน้ำ (kg)

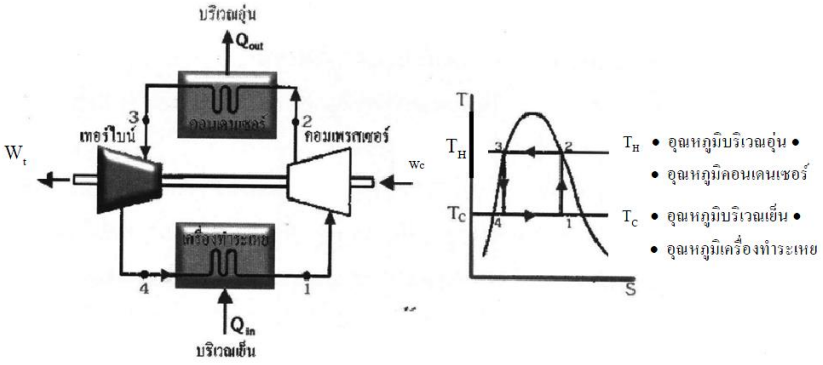
C_{pw} = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ = $(4.186\ \mathrm{kJ/kg\ K})$

ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิของน้ำเข้าและออก (℃)

Δt = เวลาที่ผ่านไป (วินาที)

ประสิทธิภาพสูงสุดของวัฏจักรการทำความเย็น ได้แก่ ประสิทธิภาพของวัฏจักรคาร์โนท์ที่ทำงานระหว่างอุณหภูมิของบริเวณเย็น T_C (K) และอุณหภูมิบริเวณร้อน T_H (K) เดียวกัน ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$COP_{max} = \frac{T_C}{T_H - T_C} \qquad \text{----------}>(6)$$

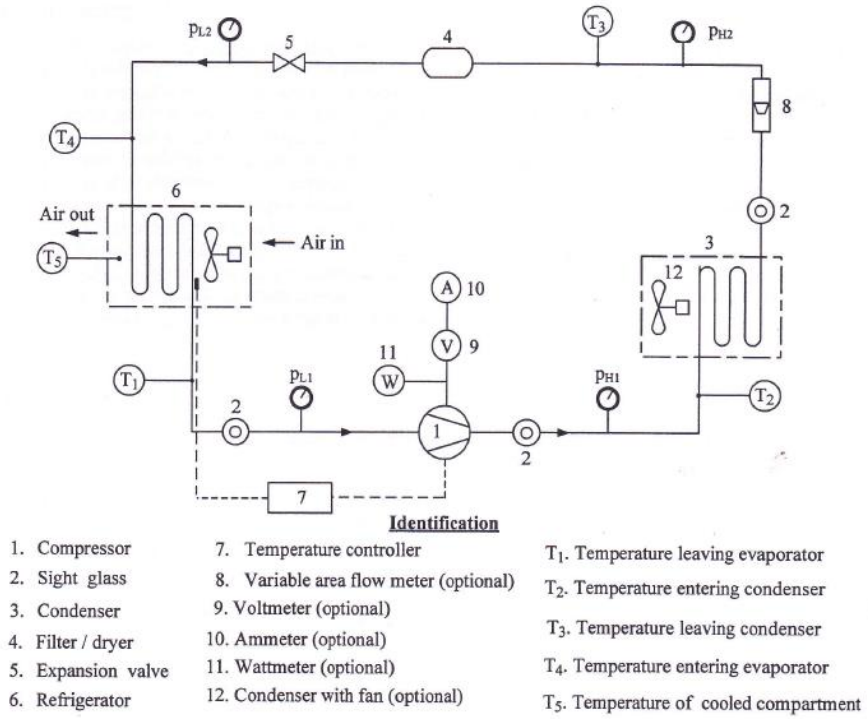


รูปที่ 3 วัฏจักรการทำความเย็นของคาร์โนท์

3. เครื่องมือการทดลอง



รูปที่ 4 อุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ 5 Schematic diagram ของระบบปรับอากาศรถยนต์

4. การทดลอง

4.1. ทดสอบโดยการปิดพัดลม (หรือกรณีไม่มีพัดลมที่คอนเดนเซอร์)

4.1.1.เปิดสวิตช์ที่ ELCB และที่ Power Breaker และตั้ง Temperature Controller ไปที่ตำแหน่งเลข 4 และถ้วยที่อยู่ภายในห้องเย็นจะต้องว่างเปล่า

4.1.2.ทุกอย่างจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่เรียบร้อย อุปกรณ์ถึงจะพร้อมที่จะทำงาน

4.1.3.ปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 15 นาทีขึ้นไป อุปกรณ์ถึงจะพร้อมที่จะทำการตรวจวัด

4.1.4.บันทึกค่าความดันที่ด้านความดันสูง, ด้านความดันต่ำ, อุณหภูมิที่จุดต่างๆ, เวลา, ความเร็วลม, อุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าEvap, อุณหภูมิของอากาศที่ทางออกEvap,

4.1.5.บันทึกข้อมูลเหมือนกับข้อ 4.1.6 ทุกๆ 10 นาที เป็นจำนวน 4 ครั้ง

4.1.6.ปิดสวิตช์ ELCB และที่ Power Breaker

4.1.7.นำข้อมูลที่ได้หาค่าเฉลี่ย

4.1.8.นำข้อมูลที่ได้ไปเขียนลงในแผนภาพความดัน-เอนทาลปี (P-h Diagram) เพื่อให้ได้วัฏจักรการทำงาน

5. ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

Tested by :.....Date :.....

Section Area =.....m^2. C_P of Air =.....1.007.....kJ/kg K.

Temperature Controller Position =.....4.....

Time (min)	P_H (bar)		P_L (bar)		T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)	T_5 (°C)	$T_{air, in}$ (°C)	$T_{air, out}$(°C)	Air Velocity (m/s)	Air Velocity (m/s)	Air Velocity (m/s)
	Comp. exit P_{H1}	Cond. exit P_{H2}	Comp. Inlet P_{L1}	EvapInlet P_{L2}										

6. คำสั่งท้ายการทดลอง

6.1. จงคำนวณหา

6.1.1.ผลของการทำความเย็น (Refrigeration Effect) มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม

6.1.2.การถ่ายเทความร้อนที่คอนเดนเซอร์มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม

6.1.3.กำลังที่ต้องการโดยเครื่องอัด (Compressor) หน่วยเป็นกิโลวัตต์

6.1.4.ค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ (Coefficient Of Performance)

6.1.5.นำข้อมูลที่ได้ไปเขียนลงในแผนภาพความดัน-เอนทาลปี (P-h Diagram) เพื่อให้ได้วัฏจักรการทำงาน

7. วิจารณ์ผลการทดลอง

8. สรุปผลการทดลอง

9. ตัวอย่างการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

Tested by :.....Date :.....

Section Area =.....0.05.....m^2. C_P of Air =.....1.007.....kJ/kg K.

Temperature Controller Position =.....4.....

Time (min)	P_H (bar)		P_L (bar)		T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)	T_5 (°C)	$T_{air, in}$ (°C)	$T_{air, out}$(°C)	Air Velocity (m/s)	Air Velocity (m/s)	Air Velocity (m/s)
	Comp. exit P_{H1}	Cond. exit P_{H2}	Comp. Inlet P_{L1}	EvapInlet P_{L2}										
10	14.8	14.8	1.7	1.7	-12	61	25	-10	12	26	24	12	12	12

10. ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างข้อมูลจากการทดสอบครั้งที่ 4

$$P_H = 14.8\ bar\ , P_L = 1.7\ bar, T_1 = -12\ ℃, T_2 = 61\ ℃, T_3 = 25\ ℃, T_4 = -10℃$$

จากกราฟคุณสมบัติสารทำความเย็น (R-134a), ตารางคุณสมบัติสารทำความเย็น (R-134a) และตารางคุณสมบัติสารทำความเย็น (R-134a Super heat Vapor) สามารถหาค่าเอลทาลปี $\mathrm{h_1, h_2, h_3, h_4}$ได้

$h_1 = 390\ kJ/kg\ , h_2 = 434\ kJ/kg\ , h_3 = h_4 = 235\ kJ/kg$

10.1. ผลของการทำความเย็น (Refrigeration Effect) มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม

$RE = h_1 - h_4 = 390 - 235 = 155\ kJ/kg$

10.2. กำลังที่ต้องการโดยเครื่องอัด (Compressor) หน่วยเป็นกิโลวัตต์

$W_c = h_2 - h_1 = 434 - 390 = 44\ kJ/kg$

10.3. การถ่ายเทความร้อนที่คอนเดนเซอร์มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม

$Q_{out} = h_2 - h_3 = 434 - 235 = 199\ kJ/kg$

10.4. ค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ (Coefficient Of Performance)

$$COP = \frac{RE}{W_c} = 155\ /44 = 3.52$$



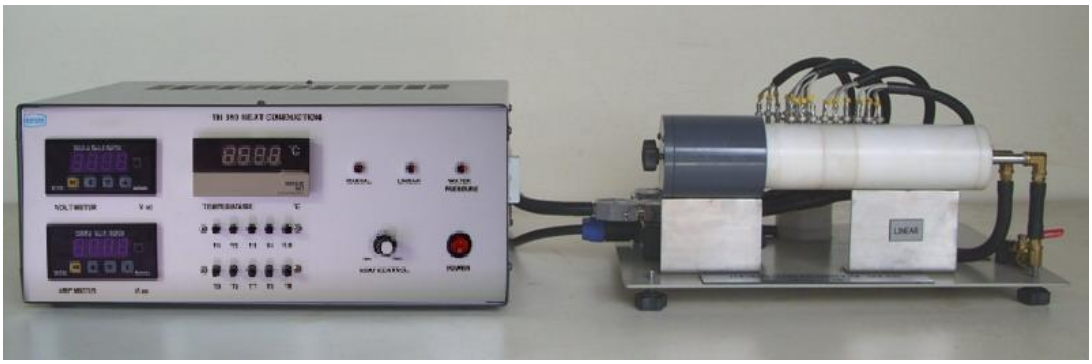
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 7 การทดสอบการนำความร้อน

(HEAT CONDUCTION APPARATUS)



1. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษา แท่งโลหะที่มีพื้นที่หน้าตัดขนาดต่างๆ เพื่อใช้สำหรับศึกษานำความร้อนตามแนวแกนของแท่งโลหะ

เพื่อศึกษา จานโลหะกลมเพื่อใช้สำหรับศึกษาการนำความร้อนตามแนวรัศมีของวัตถุ

2. ทฤษฎี

2.1 บทนำ

การถ่ายเทความร้อนที่ศึกษาในการทดลองนี้เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน การถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน นี้เกิดจากการแลกเปลี่ยนพลังงานจลน์ระหว่างอนุภาคเล็กๆ ของวัสดุ เช่น อะตอม อิเลคตรอน และโมเลกุล โดยอนุภาคที่มีพลังงานน้อยจะรับพลังงานจากอนุภาคที่มีพลังงานสูงกว่าจากการกระทบกันหรือชนกันระหว่างอนุภาคทั้งสองนั้น เช่น ถ้าหากสอดแท่งโลหะเข้าไปในเปลวไฟแล้วใช้มือจับไว้ที่ปลายอีกด้านของแท่งโลหะนั้นแล้ว อะตอมของแท่งโลหะทางปลายข้างที่อยู่ในเปลวไฟก็จะเกิดการเคลื่อนไหวหรือสั่นสะเทือนขึ้นๆ การเคลื่อนไหวหรือการสั่นสะเทือนนี้จะทำให้อะตอมที่อยู่ใกล้เคียงกันนั้นเกิดการกระทบกันหรือเกิดการชนกันขึ้น ดังนั้นก็จะมีพลังงานจลน์ถ่ายเทจากอะตอมที่มีพลังงานจลน์สูงไปให้แก่อะตอมที่มีพลังงานจลน์ต่ำกว่า ส่งผลให้อะตอมของโลหะที่อยู่ห่างออกจากเปลวไฟมีการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้น และการสั่นสะเทือนนี้จะทำให้อุณหภูมิของโลหะเพิ่มขึ้น

ถึงแม้จะสามารถอธิบายการถ่ายเทของความร้อนผ่านแท่งโลหะโดยการสั่นสะเทือนของอะตอมและการเคลื่อนไหวของอะตอมก็ตาม อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำก็ยังคงขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุ เช่นเราสามารถถือแท่งใยหินไว้ได้นานเท่านานโดยไม่จำกัดเวลาทั้ง ๆ ที่ปลายข้างหนึ่งอยู่ในเปลวไฟทั้งก็เพราะว่ามีความร้อนไหลผ่านแท่งใยหินโดยการนำเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ปกติแล้วโลหะจะเป็นตัวนำความร้อนที่ดีทั้งนี้ก็เพราะว่าโลหะประกอบด้วยอิเลคตรอนจำนวนมากที่พร้อมจะเคลื่อนที่และเคลื่อนย้ายพลังงานจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง วัสดุจำพวกใยหิน ไม้คอร์ค กระดาษและไฟเบอร์กลาสเป็นตัวนำความร้อนที่เลว ก๊าซก็เป็นตัวนำความร้อนที่เลวเช่นเดียวกันทั้งนี้เพราะว่ามีมวลน้อยมาก

การนำความร้อนจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อจุดสองจุดในวัตถุที่เป็นตัวกลางมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ในการศึกษาถึงการนำความร้อนนั้นก็จะต้องศึกษาจากแท่งวัตถุที่มีความยาวเป็น Δx มีพื้นที่หน้าตัดเป็น A และมีอุณหภูมิที่ผิวทั้งสองเป็น T_1 และ T_2 ตามลำดับ โดยที่ $T_2 > T_1$ ดังในรูปที่ 2-1 วัตถุรูปทรงกระบอกนี้จะบุฉนวนไม่ให้ความร้อนรั่วไหลออกจากผิวด้านข้าง ดังนั้นความร้อนจึงไหลได้เฉพาะในแนวของแท่งวัตถุนี้เท่านั้น ความร้อนนี้จะไหลจากปลายที่มีอุณหภูมิสูงไปยังปลายที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ Q นี้จะแปรผันโดยตรงกับพื้นที่หน้าตัด A ของแท่งวัตถุ แปรผันโดยตรงกับความแตกต่างของอุณหภูมิ ΔT ระหว่างผิวทั้งสองของแท่งวัตถุ และแปรผกผันกับ ความยาว Δx ของแท่งวัตถุ นั่นก็คือ:

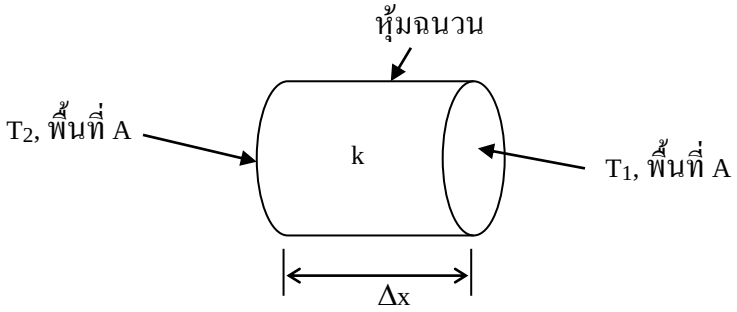
Q	=	อัตราการไหลของความร้อน, W
k	=	สภาพการนำความร้อน, W/m.K
A	=	พื้นที่ของผนัง หรือชิ้นทดสอบ, m^2
t	=	อุณหภูมิ, K
x	=	ความหนาของผนัง หรือชิ้นทดสอบ, m
U	=	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม, W/m^2K
R	=	ความต้านทานการนำความร้อน, K/W

$$Q = UA(T_1 - T_2) \quad \text{..... (1)}$$

$$U = \frac{k}{x} \quad \text{..... (2)}$$

$$Q = kA\frac{\Delta T}{\Delta x} \quad \text{..... (3)}$$

$$R = \frac{x}{kA} = \frac{1}{UA} \quad \text{..... (4)}$$



รูปที่ 2.1 การนำความร้อนตามแนวแกนของวัตถุรูปทรงกระบอกที่หุ้มฉนวน

ในกรณีที่ความยาวมีขนาดเล็กมากๆ เป็น dx และความแตกต่างของอุณหภูมิมีค่าน้อยมากๆ เป็น dT นั้น สมการที่ใช้หาอัตราการนำความร้อนก็จะกลายเป็น :

$$Q = -kA\frac{dT}{dx} \quad \text{..... (5)}$$

สมการ (5) นี้มีชื่อเรียกว่ากฎการนำความร้อนของฟูเรียร์ (Fourier's law) สำหรับค่าคงที่ k นี้เรียกว่าค่าการนำความร้อนของวัตถุ เรียกค่า dT/dx ว่าค่าความลาดชันของอุณหภูมิ สำหรับเครื่องหมายลบนั้นเป็นผลกระทบที่เกิดจากข้อเท็จจริงที่ว่าความร้อนจะไหลในทิศทางที่อุณหภูมิลดน้อยลง

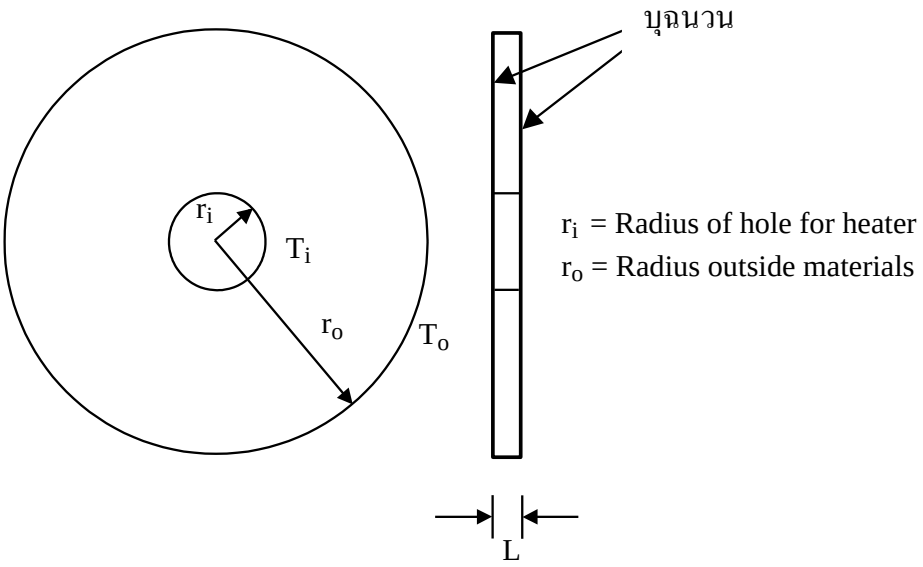
เมื่อสภาวะต่างๆ ของวัตถุคงที่หรือไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาแล้ว อัตราการถ่ายเทความร้อนก็สามารถหาค่าได้หากทราบค่าสภาพการนำความร้อนของวัสดุ (k) นั้นๆ จากสมการข้างต้นจะเห็นว่าหากค่าสภาพการนำความร้อนมีค่าสูงการถ่ายเทความร้อนจะถ่ายเทได้อย่างรวดเร็วเป็นผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนจะมีค่าสูง โดยทั่วไปแล้วค่าสภาพการนำความร้อนนี้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของวัตถุ

การหาค่าสภาพการนำความร้อนของวัตถุนี้สามารถกระทำได้หลายวิธี เนื่องจากค่าสภาพการนำความร้อนนั้นมีได้หลายค่าในทุกย่านอุณหภูมิ ดังนั้นจึงไม่มีวิธีวัดค่าสภาพการนำความร้อนของวัตถุที่ตายตัวเพียงวิธีเดียว สำหรับการทดสอบนี้จะใช้วิธีที่สภาวะต่างๆ ของวัตถุคงที่แล้ว (Steady-state method)

ถ้าหากพิจารณาวัตถุรูปทรงกระบอกที่ความร้อนไหลตามแนวรัศมี ในกรณีนี้อัตราการถ่ายเทความร้อนและการกระจายของอุณหภูมิในผนังของวัตถุรูปทรงกระบอกจะหาจากสภาวะต่างๆ ของวัตถุคงที่แล้ว ความร้อนที่ไหลตามแนวรัศมีผ่านผนังของวัตถุรูปทรงกระบอกนั้นอยู่ในรูปที่ 2-2

ในกรณีที่ความร้อนไหลตามแนวรัศมีของวัตถุรูปทรงกระบอกนั้น พื้นที่ที่รัศมี r ใดๆ ที่ความร้อนไหลผ่านนั้นจะมีค่าเป็น $A = 2\pi rL$ ดังนั้น อัตราการนำความร้อนตามแนวรัศมีของวัตถุรูปทรงกระบอกก็จะมีค่าเป็น :

$$Q = -2\pi rLk\frac{dT}{dr} \qquad \text{..... (6)}$$



รูปที่ 2.2 การนำความร้อนตามแนวรัศมีของวัตถุรูปทรงกระบอก

เมื่อจัดสมการ (6) ใหม่แล้วอินติเกรดในช่วง $r_i \rightarrow r_o$ แล้ว ก็จะได้สมการที่ใช้หาอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ไหลผ่านผนังของวัตถุทรงกระบอกเป็น:

$$T(r) = T_i - (T_i - T_o)\left(\frac{\ln\left(\frac{r}{r_i}\right)}{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}\right) \qquad \text{..... (7)}$$

$$Q = \frac{T_i - T_o}{\frac{1}{2\pi Lk}\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)} \qquad \text{..... (8)}$$

2.2 ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity,k)

ค่าการนำความร้อนเป็นอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ไหลผ่านหนึ่งหน่วยพื้นที่ของวัตถุต่อหนึ่งหน่วยความหนาของวัตถุต่อหนึ่งหน่วยความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างจุด 2 จุด ค่าการนำความร้อนนี้เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของวัตถุ เป็นตัวที่จะใช้วัดว่าความร้อนจะไหลในวัตถุได้รวดเร็วเพียงไร วัตถุที่มีค่าการนำความร้อนสูงก็แสดงว่าวัตถุนั้นเป็นตัวนำความร้อนที่ดี เช่น ทองแดง เงิน เป็นต้น ส่วนวัตถุที่มีค่าการนำความร้อนต่ำก็แสดงว่าวัตถุนั้นเป็นตัวนำความร้อนที่เลวหรือเป็นฉนวน เช่น ยาง ไม้ เป็นต้น

ค่าการนำความร้อน k นี้มีค่าที่แตกต่างกันมากทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุ ค่าการนำความร้อนของแก๊ส เช่น อากาศที่อุณหภูมิของบรรยากาศจะมีค่า 0.025 W/m.K ส่วนค่าการนำความร้อนของ

วัตถุที่เป็นของแข็ง เช่น ทองแดงก็จะมีค่าประมาณ 401 W/m.K ตามปกติแล้วค่าการนำความร้อนของวัตถุจะมีค่าสูงสุดเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นของแข็งและจะมีค่าต่ำสุดเมื่ออยู่สภาวะของแก๊ส ส่วนค่าการนำความร้อนของของเหลวจะมีค่าอยู่ในระหว่างค่าการนำความร้อนของวัตถุที่เป็นของแข็งกับของก๊าซ

ค่าการนำความร้อนของวัตถุจะแปรตามอุณหภูมิด้วยค่าการนำความร้อนของวัตถุบางชนิดจะแปรค่าตามอุณหภูมิน้อยมากจนสามารถถือได้ว่ามีค่าคงที่ แต่ค่าการนำความร้อนของวัตถุบางชนิดก็แปรค่าตามอุณหภูมิมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิต่ำมากๆ จะแปรค่าตามอุณหภูมิอย่างฉับพลัน ค่าการนำความร้อนที่แปรตามอุณหภูมิของวัตถุหลายๆ ชนิดนั้นอยู่ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าการนำความร้อนของวัตถุที่แปรตามเวลา มีหน่วยเป็น W/m.K

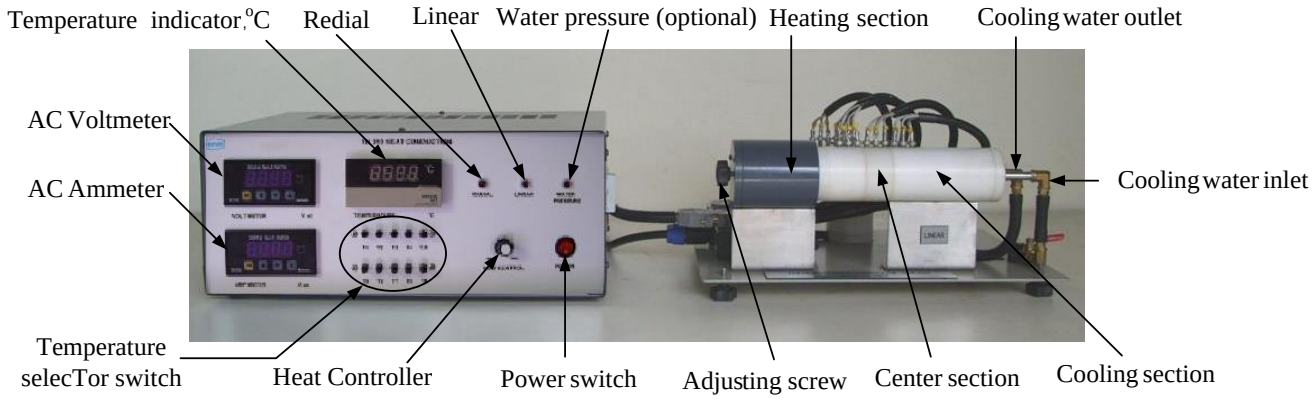
ชนิดของวัตถุ	200 K	300K	400K	600K
ทองแดง (บริสุทธิ์)	413	401	393	379
อลูมินียม (บริสุทธิ์)	237	237	240	231
เหล็ก (บริสุทธิ์)	94	80.2	69.5	54.7
ทองเหลือง (รูปพรรณ)	95	110	137	149
เหล็กกล้าไร้สนิม (AISI304)	12.6	14.9	16.6	19.8

เอกสารอ้างอิง :

1. Cengel, *Heat Transfer, A Practical Approach*, Mc.Graw-Hill, 1998
2. M.Necati Ozisik, Heat transfer, *A Basic Approach,* Mc.Graw-Hill, 1985
3. F.P.Incorpera and D.P. De Witt, *Fundamental of Heat and Mass Transfer*, John Wiley, 3rd edition,1990

3. เครื่องมือการทดลอง

ชุดทดสอบการนำความร้อน
HEAT CONDUCTION APPARATUS



รูปที่ 3.1 TH 310 ชุดทดสอบการนำความร้อน

3.1 รายละเอียดทั่วไป

ชุดทดสอบการนำความร้อนนี้ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้ศึกษาถึงกฎการถ่ายเทความร้อนในลักษณะการนำความร้อน ชุดทดลองนี้ประกอบด้วยชุดทดลองการถ่ายเทความร้อนจำนวน 2 ชุดสำหรับใช้ในการศึกษาการถ่ายเทความร้อนใน 2 ลักษณะซึ่งประกอบไปด้วย

(ก) แท่งโลหะที่มีพื้นที่หน้าตัดขนาดต่างๆ เพื่อใช้สำหรับศึกษานำความร้อนตามแนวแกนของแท่งโลหะ

(ข) จานโลหะกลมเพื่อใช้สำหรับศึกษาการนำความร้อนตามแนวรัศมีของวัตถุ

- **ชุดทดสอบการนำความร้อนตามแนวแกน**

แท่งโลหะสำหรับทดสอบการนำความร้อนตามแนวแกนนี้ประกอบด้วยแท่งโลหะ จำนวน 3 แท่ง ที่สามารถนำมาจัดต่อกันเข้าเป็นแถวแล้วขันยึดด้วยสกรู โลหะแท่งแรกจะทำหน้าที่เป็นตัวให้ความร้อนที่มีเซนเซอร์ (sensor) สำหรับวัดอุณหภูมิจำนวน 3 ตัว เซนเซอร์แต่ละตัวจะอยู่ห่างกัน 10 มิลลิเมตร โลหะแท่งกลาง ซึ่งเป็นวัตถุตัวอย่างที่ต้องการหาค่าการนำความร้อน ก็มีเซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ 3 ตัว และแต่ละตัวก็อยู่ห่างกัน 10 มิลลิเมตร เช่นเดียวกัน ส่วนโลหะแท่งสุดท้ายจะทำหน้าที่เป็นตัวรับเอาความร้อนที่ไหลจากตัวให้ความร้อนผ่านวัตถุแท่งกลาง เพื่อถ่ายเทไปให้แก่น้ำหล่อเย็น มีเซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ 3 ตัว แต่ละตัวอยู่ห่างกัน 10 มิลลิเมตร เช่นเดียวกัน

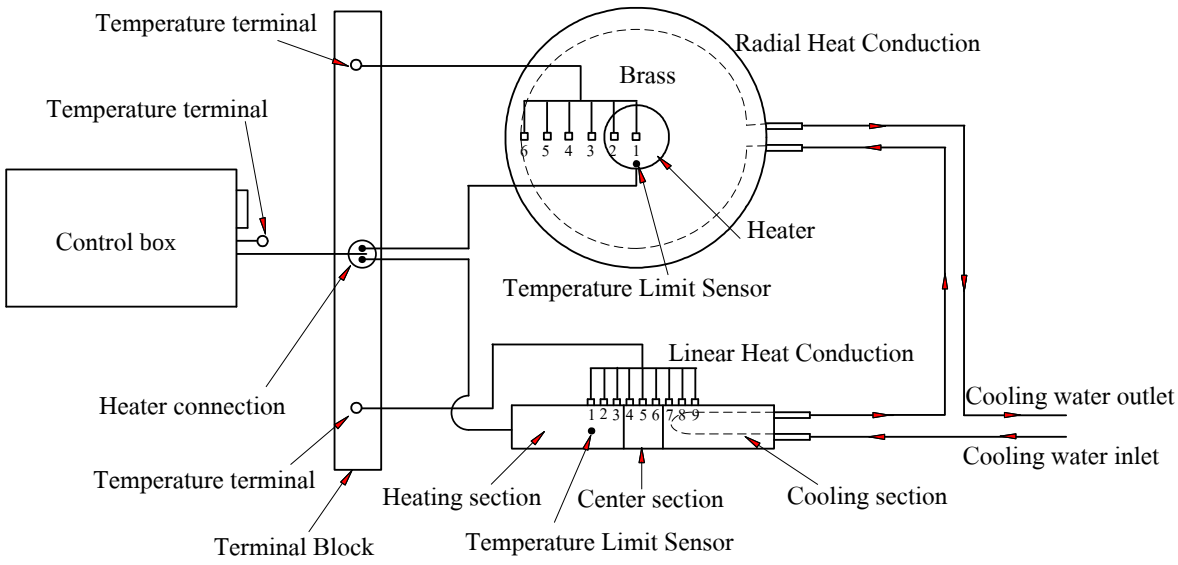
วัตถุแท่งกลางนี้สามารถถอดเปลี่ยนเป็นแท่งวัตถุอื่นที่จะหาค่าการนำความร้อน (k) ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดเล็กกว่าได้ ผิวสัมผัสของวัตถุที่ใช้ทดสอบแต่ละแท่งนั้น เป็นผิวที่เรียบเพื่อจะได้ลดความต้านทานที่ผิวสัมผัส นอกจากนี้ยังหาผิวสัมผัสด้วยสารนำความร้อน เพื่อให้ความต้านทานที่ผิวสัมผัสลดน้อยลงไปอีก ค่าการนำความร้อน (k) ของวัตถุที่บุฉนวนนั้นสามารถหาได้จากการนำเอาแผ่นโลหะบางรูปจานกลมที่บุฉนวนไปใส่ไว้ในช่องว่างระหว่างผิวของตัวให้ความร้อน และรับความร้อน

- **ชุดทดสอบการนำความร้อนตามแนวรัศมีของวัตถุ**

ชุดทดสอบนี้ประกอบด้วย แผ่นโลหะรูปจานกลมที่ทำด้วยทองเหลือง มีตัวทำความร้อน อยู่ที่ส่วนกลางของแผ่นโลหะ ที่ขอบจานมีน้ำระบายความร้อน บนแผ่นโลหะมีการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิจำนวน 6 ตัว ติดตั้งไว้ตามแนวรัศมีเพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อนที่ไหลผ่านตามแนวรัศมีของแผ่นโลหะ

ชิ้นโลหะที่นำมาทดสอบหาค่าการนำความร้อน (k) ทั้งแบบการไหลถ่ายเทความร้อนในแนวแกนหรือในแนวรัศมีนี้จะบุด้วยฉนวนพลาสติกและติดตั้งบนโครงโลหะที่ปรับแต่งความสูงได้ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิจะต่อไปยังตัวแสดงผลที่สามารถเลือกการแสดงผลสำหรับเซนเซอร์ที่ต่ออยู่ได้จากสวิทช์เลือก (selector switch)

- **สวิตซ์จำกัดอุณหภูมิ** ถูกจัดให้เพื่อป้องกันอุณหภูมิสูงสุดไม่ให้เกินค่าที่ตั้งไว้หรือเมื่อมีน้ำสำหรับระบายความร้อนน้อยเกินไป ชุดทดสอบนี้ต้องการแหล่งจ่ายน้ำจากภายนอกเพื่อใช้ในการระบายความร้อน



รูปที่ 3.2 แผนภาพชุดทดสอบการนำความร้อน TH310

3.2 แบบอย่างการทดลอง

3.2.1 การถ่ายเทความร้อนในแนวแกนของวัสดุเนื้อเดียว (Heat conduction along a simple bar)

3.2.2 การถ่ายเทความร้อนในแนวแกนของวัสดุเนื้อผสม (Heat conduction along a composite bar)

3.2.3 ผลกระทบของพื้นที่หน้าตัดกับการถ่ายเทความร้อน (Effect of cross section area)

3.2.4 การถ่ายเทความร้อนในแนวรัศมี (Radial heat conduction)

3.2.5 ผลกระทบของพื้นผิวสัมผัส (Effect of surface contact)

3.2.6 ผลกระทบของการหุ้มฉนวน (Effect of insulation)

4. <u>การทดลอง</u>

4.1 วิธีการทดสอบทั่วไป

4.2.1 จะต้องใช้วัสดุที่เป็นสารตัวนำมาใช้ทาที่ผิวของวัสดุที่จะใช้ต่อกับชิ้นวัสดุที่ใช้ในการทดสอบทุกครั้ง

4.2.2 หลังจากตั้งพลังงานไฟฟ้าตามที่ต้องการแล้ว ให้รอจนกระทั่งสภาวะต่างๆ คงที่ซึ่งสังเกตเห็นได้จากอุณหภูมิที่วัด

4.2 การทดลองการนำความร้อนเชิงเส้น (Linear Heat Conduction Experiment)

4.2.1 บทนำ

การทดลองเรื่องการนำความร้อนเชิงเส้นนี้เป็นการศึกษาถึงกฎการนำความร้อนของฟูเรียร์(Fourier's Law of conduction) สำหรับการนำความร้อนเชิงเส้นที่เกิดขึ้นตามแนวแกนของแท่งวัตถุที่ใช้กับปัญหาการนำความร้อนแบบมิติเดียวเมื่อค่าต่างๆ คงที่หรือไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (steady state conduction) ของผนังราบ วัตถุที่ใช้สำหรับการทดสอบเป็นแท่งอลูมิเนียมและเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีค่าการนำความร้อนที่แตกต่างกัน ในสภาวะที่ค่าต่าง ๆ คงที่แล้วนั้นค่าการนำความร้อน k จะหาได้จากความสัมพันธ์

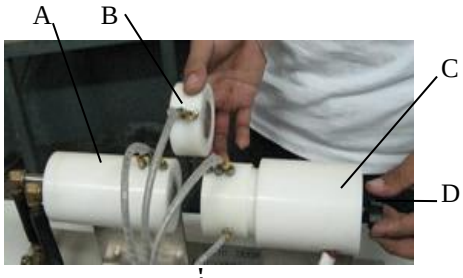
$$k(\bar{T}) = \frac{Q}{A}\frac{\Delta x}{\Delta T} \qquad \text{..... (9)}$$

เมื่อ $k(\bar{T})$ = k ที่สภาวะสม่ำเสมอที่อุณหภูมิ T

4.2.2 การติดตั้งอุปกรณ์การทดสอบและขั้นตอนการทดสอบ

4.2.2.1 ดูรูป 4.1 ทาสารตัวนำความร้อน เช่น ซิลิโคนที่ผิวหน้าทั้งคู่ของชิ้นส่วนตรงกลาง [B] เพื่อที่จะลดความต้านทานการถ่ายเทความร้อน Thermal contact

4.2.2.2 ใส่ชิ้นส่วน [B] ระหว่างชิ้นส่วนให้ความร้อน [C] และชิ้นส่วนหล่อเย็น[A] แล้วขันสกรู [D] ให้แน่นแต่อย่าแน่นเกินไป



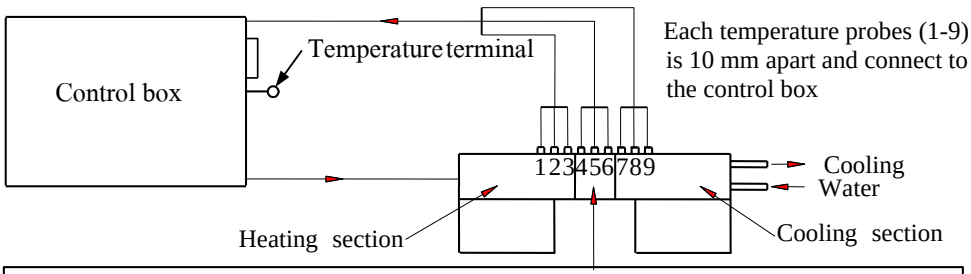
รูปที่ 4.1

4.2.2.3 ดูรูป 4.2 ติดตั้งเครื่องตามรูปโดยการใช้ชุดทดลองการนำความร้อนเชิงเส้น ตรวจสอบให้แน่ใจว่าสวิตช์ไฟกำลังที่ด้านข้างของกล่องควบคุมปิดอยู่

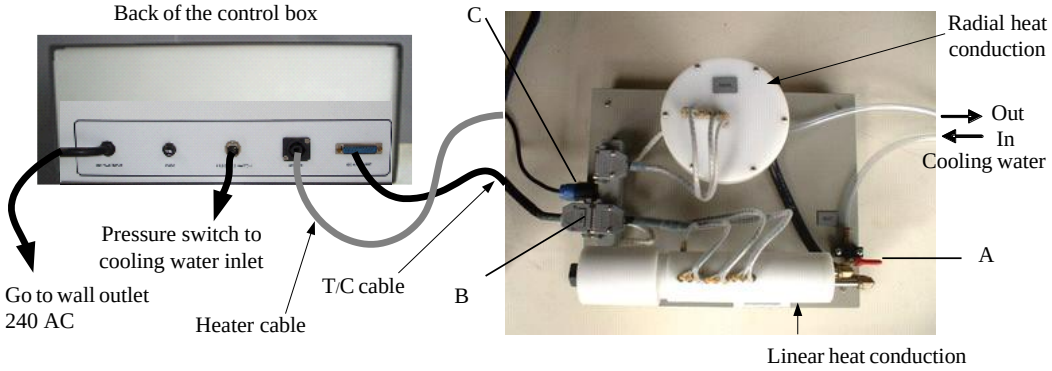
4.2.2.4 ต่อ "Heater" ที่ด้านหลังของกล่องควบคุมไปที่จุดต่อ [C] โดยการดันและบิดหัวเคเบิลเพื่อล็อค

4.2.2.5 ต่อปลายด้านหนึ่งของสาย T/C ไปที่ "Signal input" ที่ด้านหลังของกล่องควบคุมและปลายอีกด้านที่จุดต่อ [B]

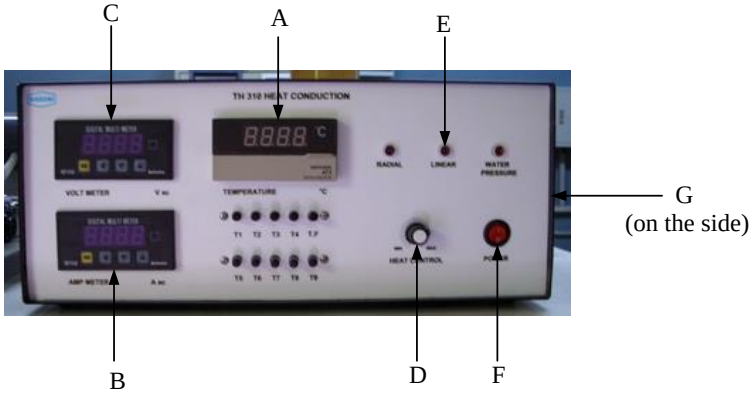
หมายเหตุ: ตรวจสอบวาล์วและลวดไฟฟ้าซึ่งควรจะถูกต่อในแนวแกนกับอุปกรณ์ให้แน่ใจว่าการเชื่อมต่อมั่นคง



Center Section
1) Brass sample bar 25 mm diameter 30 mm long with temperature sensors.
2) Brass sample bar 13 mm diameter 30 mm long with temperature measuring points.
3) Stainless steel sample bar 25 mm diameter 30 mm long with temperature measuring points



รูปที่ 4-2 การติดตั้งเครื่องทดลองการนำความร้อนเชิงเส้น



รูปที่ 4.3 Control box

4.2.2.6 ดูรูป 4.3 ประกอบ เปิดไฟโดยดันสวิตช์ G ขึ้นและกดปุ่ม “ON” ที่สวิตช์ F ไฟควรจะติดขึ้นที่ไฟ “linear” [E] แล้วหมุนปุ่มควบคุม Heater [D] ทวนเข็มนาฬิกาให้สุด ตรวจสอบให้แน่ใจว่า Voltmeter และแอมมิเตอร์อ่านค่าได้ศูนย์

4.2.2.7 ดูรูป 4.2 เปิดน้ำระบายความร้อนโดยการเปิดวาล์ว [A] เปิดแค่พอมีหยดน้ำออกที่ท่อด้านทางออกน้ำที่ใช้ระบายความร้อนนี้จะใช้ในการระบายความร้อนสำหรับชุดทดลองการถ่ายเทความร้อนตามแนวแกน (Linear heat conduction) และชุดทดลองการถ่ายเทความร้อนตามแนวรัศมี (Radial heat conduction) ก่อนจะไหลออกทิ้งไป

4.2.2.8 ดูรูป 4.2 ประกอบ ค่อย ๆ เพิ่มกำลังของ Heater ถึงประมาณ 10 วัตต์ (Volt X Amp) โดยหมุนปุ่ม D ตามเข็มนาฬิกา แล้วรอประมาณ 20 – 30 นาที เพื่อให้ระบบเข้าใกล้จุดสมดุลทางความร้อน เมื่อได้สถานะที่คงที่ให้บันทึกอุณหภูมิจากตำแหน่งต่าง ๆ ของตัววัด อุณหภูมิจากจอ A และกำลังความร้อนที่ป้อนเข้าจาก Voltmeter [C] และ Ammeter [B]

4.2.2.9 ทำการทดลองข้างบนซ้ำอีกครั้งและให้เพิ่มแผ่นฉนวนระหว่างแผ่นโลหะ 2 ชิ้นที่อยู่ติดกัน

4.2.2.10 ทำซ้ำข้อ 4.2.2.2 – 4.2.2.9 กับอีก 2 ชิ้นส่วน: แท่งทองเหลืองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.3 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร และเหล็กกล้าไร้สนิมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร

4.2.2.11 หลังจากการทดลองให้ลดกำลังความร้อนเหลือศูนย์ แล้วปิดสวิตช์ F

4.2.2.12 การทดลองอาจจะถูกทำซ้ำด้วยกำลังป้อนเข้า (Input power) ที่สูงขึ้น

5. <u>ผลการทดลอง</u>

HEAT CONDUCTION APPARATUS

การทดลองการนำความร้อนเชิงเส้น

ผู้ทำการทดลอง.....วันที่.....

ส่วนกลาง: = ..., ϕ .....mm

กำลังไฟฟ้าเข้าเครื่องทำความร้อน:.....โวลท์, ... แอมแปร์, โวลท์ × แอมแปร์=.....วัตต์

ตรวจสอบอุณหภูมิ		อุณหภูมิ (^{o}C)			
ลำดับที่	ระยะ(mm)	0 นาที	15 นาที	30 นาที	Steady State
1	5				
2	15				
3	25				
4	35				
5	45				
6	55				
7	65				
8	75				
9	85				

6. <u>คำสั่งท้ายการทดลอง</u>

6.1 คำนวณหาค่าการนำความร้อนของชิ้นวัตถุที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชิ้น โดยใช้ข้อมูลจากการทดสอบแล้วนำค่าที่คำนวณได้จากข้อมูลการทดสอบไปเปรียบเทียบกับค่าที่ให้ไว้ในตารางให้รายงานคำตอบอยู่ในหน่วย W/(m.K) และ W/(m.^{o}C)

6.2 ให้เขียนกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามแนวยาวของแท่งวัตถุ ให้สังเกตความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัตถุ และให้เหตุผลของความแตกต่าง ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเหล่านั้น

6.3 ให้วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการทดสอบและให้แนะนำวิธีที่จะลดความ คลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นนั้น

7. <u>วิจารณ์ผลการทดลอง</u>

8. <u>สรุปผลการทดลอง</u>

9. <u>ตัวอย่างการทดลอง</u>

HEAT CONDUCTION APPARATUS

9.1 การทดลองการนำความร้อนเชิงเส้น : ไม่มีฉนวน

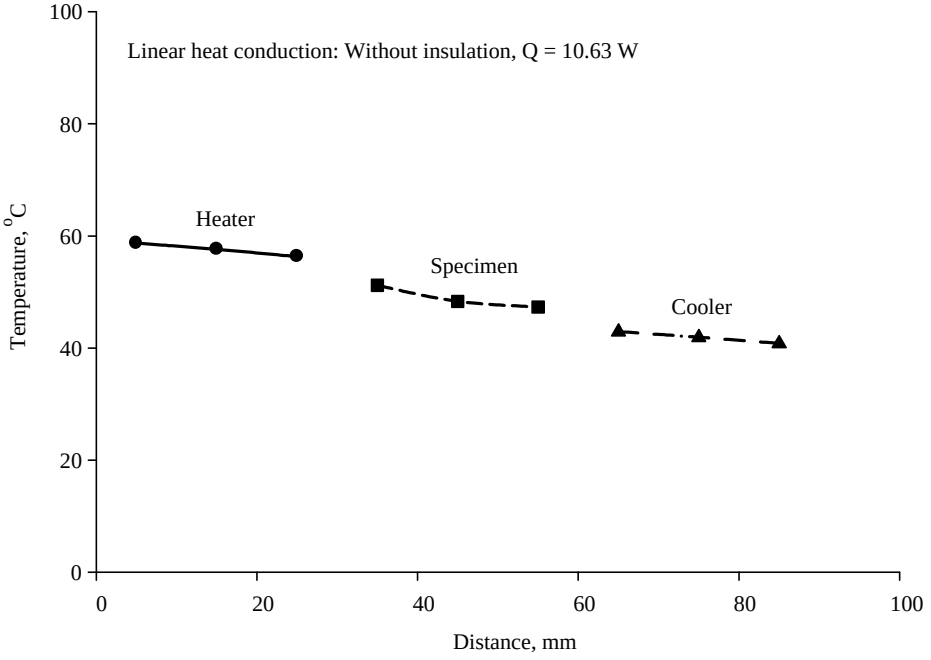
ผู้ทำการทดลอง.....H. Pairin.....วันที่.....25/10/06.....

ส่วนกลาง: = แท่งทองเหลือง, ϕ 25 มิลลิเมตร ไม่มีฉนวน

กำลังไฟฟ้าเข้าเครื่องทำความร้อน:.....69.0....โวลท์, ...0.154.... แอมแปร์, โวลท์ × แอมแปร์=...10.63..วัตต์

ตรวจสอบอุณหภูมิ		อุณหภูมิ (^{o}C)			
ลำดับที่	ระยะ(mm)	0 นาที	15 นาที	30 นาที	Steady State
1	5	46.2	53.0	56.4	58.7
2	15	45.6	52.3	55.5	57.6
3	25	44.8	51.0	54.0	56.3
4	35	42.2	46.4	48.9	51.2
5	45	40.9	44.0	45.8	48.3
6	55	39.8	43.1	45.1	47.3
7	65	36.3	39.8	41.5	42.9
8	75	35.9	39.2	40.7	41.9
9	85	35.1	38.3	39.7	40.8

Graph of Distance x vs. Temperature (Steady State)



ข้อสังเกต ช่องว่างอุณหภูมิเล็กๆ ในกราฟแสดงว่าจุดสัมผัสระหว่าง 2 ส่วนไม่สม่ำเสมอ 100 %

10. <u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

จากสมการ (9):

$$k\left(\bar{T}\right)=\frac{q}{A}\frac{\Delta x}{\Delta T}$$

จากตัวอย่างผลการทดลอง:

T_4 = 51.2 °C

T_5 = 48.3 °C

T_6 = 47.3 °C

$\bar{T}$ = 48.9 °C = 321.9 K

ΔT = 51.2 – 47.3 = 3.9 °C = 3.9 K

Δx = 20 มิลลิเมตร = 0.02 เมตร

Q = 10 วัตต์

A = $\frac{\pi}{4}\left(0.025^2\right)$ = 0.0004909 m^2.

$\therefore$ A (321.9 K) = $\frac{(10.63\,W)}{(0.0004909\ m^2)}\frac{(0.020\ m)}{3.9\ K}$

= 111.047 W/m.K

11. การทดลองการนำความร้อนตามแนวรัศมี (Radial heat conduction Experiment)

11.1 บทนำ

การทดลองเรื่องการนำความร้อนตามแนวรัศมีนี้เป็นการศึกษาถึงกฎการนำความร้อนของฟูเรียร์ (Fourier's Law of conduction) สำหรับการนำความร้อนตามแนวรัศมีที่ไหลผ่านผนังของวัตถุรูปทรงกระ บอกที่ผิวด้านในและผิวด้านนอกมีอุณหภูมิสม่ำเสมอคงที่ที่แตกต่างกันและผิวทางหน้าตัดรูปวงแหวนบุฉนวนไม่ให้มีความร้อนรั่วไหลผ่านเข้าออก เมื่อสภาวะต่างๆ ของวัตถุรูปทรงกระบอกกลวงนี้มีค่าคงที่แล้ว ก็จะสามารถหาค่าการนำความร้อนของวัตถุรูปทรงกระบอกเหล่านั้นได้จากสมการที่ 8

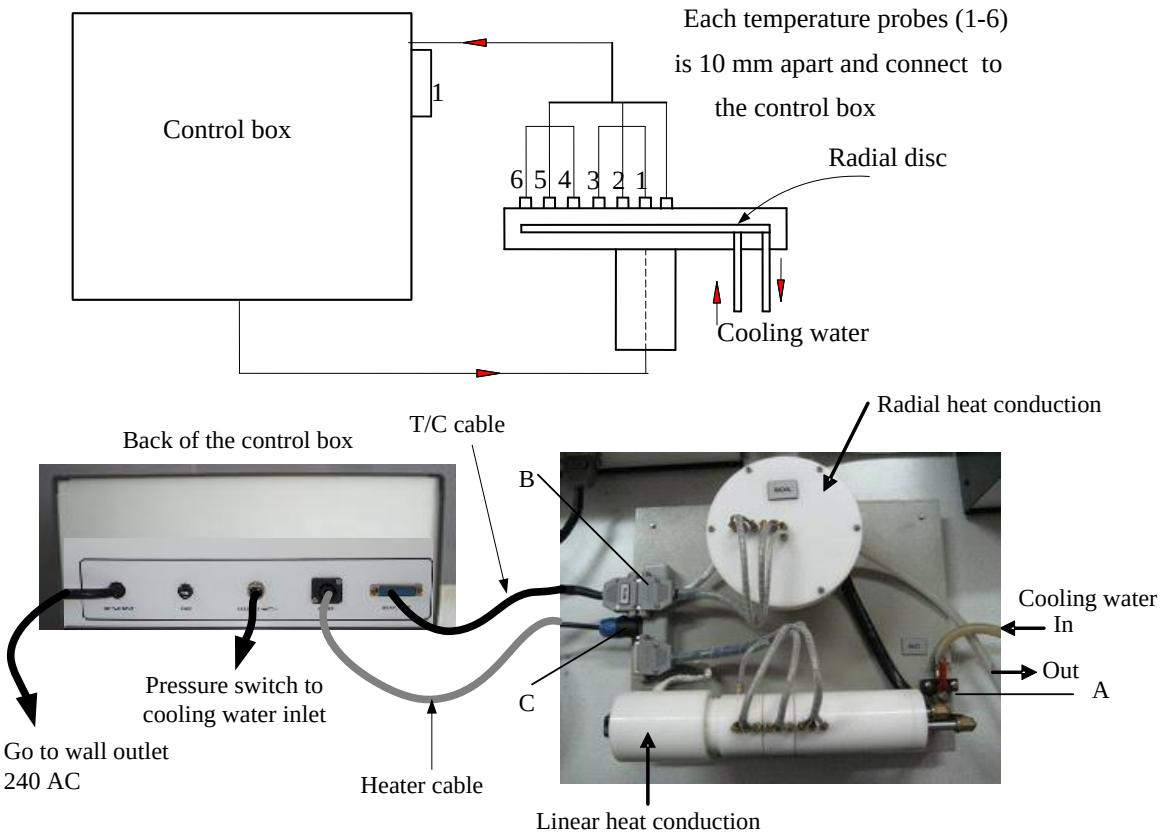
11.2 การติดตั้งอุปกรณ์การทดสอบและขั้นตอนการทดสอบ

11.2.1 ให้ติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบตามรูปที่ 11.1 โดยใช้ชุดทดสอบ Radial heat conduction และจะต้องแน่ใจว่าสวิตช์ไฟกำลัง (สวิตช์เบอร์ 1) ที่อยู่ด้านข้างของกล่องควบคุมอยู่ในตำแหน่งปิด

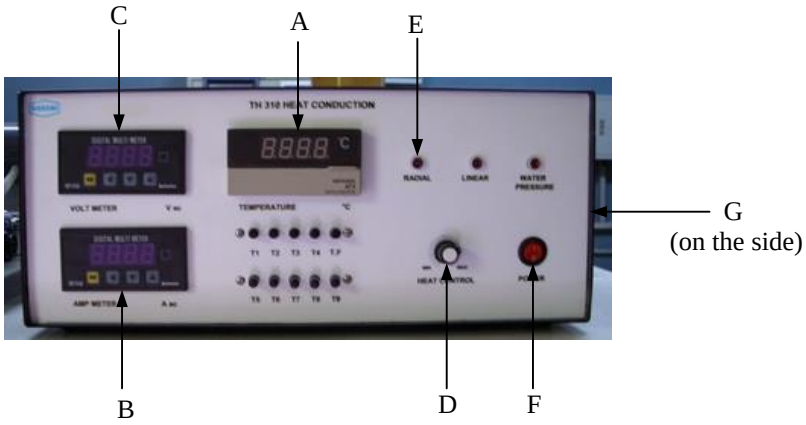
11.2.2 ต่อ 'Heater" ที่ด้านหลังของกล่องควบคุมเข้ากับจุดต่อ [C] โดยการดันแล้วบิดหัวเคเบิล เพื่อล็อก

11.2.3 ต่อปลายด้านหนึ่งของสาย T/C ไปที่ "Signal input" ที่ด้านหลังของกล่องควบคุม และปลายอีกด้านที่จุดต่อ [B]

หมายเหตุ: ตรวจสอบวาล์วและลวดไฟฟ้าซึ่งควรจะถูกต่อในแนวแกนกับอุปกรณ์ ตรวจสอบให้แน่ใจว่าการเชื่อมต่อมั่นคง



รูปที่ 11.1 การติดตั้งชุดทดสอบการนำความร้อนตามแนว



รูปที่ 11.2 Control Box

11.2.4 ดูรูป 11.2 ประกอบ เปิดไฟโดยดันสวิตช์ G ขึ้นและกดปุ่ม “ON” ที่สวิตช์ F ไฟควรจะติดขึ้นที่ไฟ “Radial” [E] แล้วหมุนปุ่มควบคุม Heater [D] ทวนเข็มนาฬิกาให้สุด ตรวจสอบให้แน่ใจว่า Voltmeter และแอมมิเตอร์อ่านค่าได้ศูนย์

11.2.5 ดูรูป 11.1 ประกอบ เปิดน้ำหล่อเย็น เพื่อดึงพลังงานความร้อนออกโดยการเปิดวาล์ว A เปิดแค่พอมีหยดน้ำออกที่ท่อยาง มีจุดสังเกตว่าน้ำหล่อเย็นจะหล่อเย็นทั้งชุด Linear heat conduction และ Radial heat conduction ก่อนจะไหลออกทิ้งไป

11.2.6 ดูรูป 11.2 ประกอบ ค่อย ๆ เพิ่มกำลังของ Heater ถึงประมาณ 10 วัตต์ (Volt X Amp) โดยหมุนปุ่ม D ตามเข็มนาฬิกา แล้วรอประมาณ 20 – 30 นาที เพื่อให้ระบบเข้าใกล้จุดสมดุลทางความร้อน เมื่อได้สถานะที่คงที่ให้บันทึกอุณหภูมิจากตำแหน่งต่าง ๆ ของตัววัดอุณหภูมิจากจอ A และกำลังความร้อนที่ป้อนเข้าจาก Voltmeter [C] และ Ammeter [B]

11.2.7 ทำขั้นตอนข้างบนนี้ซ้ำสำหรับค่าที่สูงขึ้นของ Heater อีก 2 ค่า

11.2.8 เพิ่มอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นถ้าจำเป็น Heater อาจจะถูกตัด ถ้าความร้อนเพิ่มจนกระทั่งมันถึง 80°C หรือการกระจายไม่เพียงพอ

11.2.9 หลังจากการทดลองให้ลดกำลังความร้อนเหลือศูนย์ แล้วปิดสวิตช์ F

12. ตารางผลการทดลอง

HEAT CONDUCTION APPARATUS

การนำความร้อนตามแนวรัศมี

ผู้ทำการทดลอง.....วันที่.....

กำลังไฟฟ้าเข้าเครื่องทำความร้อน:.....โวลท์, ... แอมแปร์, โวลท์ × แอมแปร์=.....วัตต์

r_i = ... มิลลิเมตร r_o = ...มิลลิเมตร

ตรวจสอบอุณหภูมิ		อุณหภูมิ (°C)				
ลำดับที่	ระยะ(mm)	0 นาที	15 นาที	30 นาที	Steady State	r/r_o
1	0					
2	10					
3	20					
4	30					
5	40					
6	50					

13. คำสั่งท้ายการทดลอง

13.1 ให้เขียนกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามแนวรัศมีของวัตถุ ให้สังเกตความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัตถุ และให้เหตุผลของความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเหล่านั้น

13.2 ให้คำนวณหาค่าการนำความร้อนของชิ้นวัตถุที่ใช้ในการทดสอบแต่ละชิ้น โดยใช้ข้อมูลจากการทดสอบแล้วนำค่าที่คำนวณได้จากข้อมูลการทดสอบไปเปรียบเทียบกับค่าที่ให้ไว้ในตารางที่วัดได้ ให้รายงานคำตอบอยู่ในหน่วย W/(m.K) และ W/(m.°C)

13.3 ให้วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการทดสอบและให้แนะวิธีที่จะลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นนั้น

14. <u>วิจารณ์ผลการทดลอง</u>

15. <u>สรุปผลการทดลอง</u>

16. <u>ตัวอย่างการทดลอง</u>

HEAT CONDUCTION APPARATUS

การนำความร้อนตามแนวรัศมี

ผู้ทำการทดลอง.....H. Pairin.....วันที่.....15/11/06.....

กำลังไฟฟ้าเข้าเครื่องทำความร้อน:...66.4....โวลท์,....0.151. แอมแปร์, โวลท์ × แอมแปร์=...10.03.....วัตต์

r_i = ...10.5..... มิลลิเมตร r_o = ...55.....มิลลิเมตร

ตรวจสอบอุณหภูมิ		อุณหภูมิ (°C)				
ลำดับที่	ระยะ(mm)	0 นาที	15 นาที	30 นาที	Steady State	r/r_o
1	0	32.2	38.5	42.4	42.5	0
2	10	30.2	36.0	39.8	40.0	0.18
3	20	29.6	34.3	38.1	38.4	0.36
4	30	28.9	33.4	37.1	37.4	0.55
5	40	28.6	32.7	36.3	36.7	0.73
6	50	28.1	31.9	35.5	35.8	0.90

17. **ตัวอย่างการคำนวณ** :

จากสมการ (8)

$$Q = \frac{2\pi Lk(T_i - T_o)}{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}$$

L = 3 มิลลิเมตร = 0.003 เมตร

k = 110.7 W/m K

T_i = 42.5 °C or 273 + 42.5 = 315.5 K

T_o = 35.8 °C or 273 + 35.8 = 308.8 K

r_o = 55 มิลลิเมตร

r_i = 10.5 มิลลิเมตร

$$\therefore \quad Q = \frac{2\pi(0.003\text{m})(110.7\text{W/m.K})(315.5 - 308.8\text{K})}{\ln\left(\frac{55}{10.5}\right)}$$

= 8.44 วัตต์

จากสมการ (7)

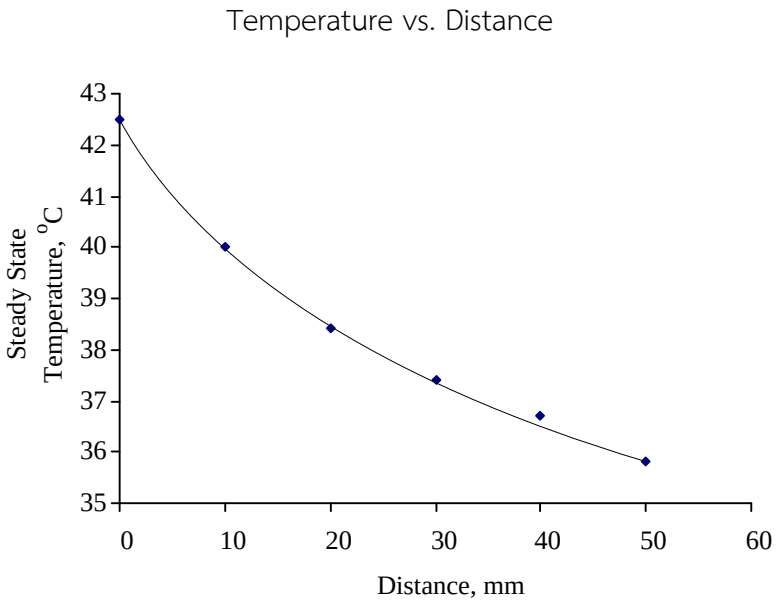
$$T_{(r)} = T_i - (T_i - T_o)\frac{\ln\left(\frac{r}{ri}\right)}{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}$$

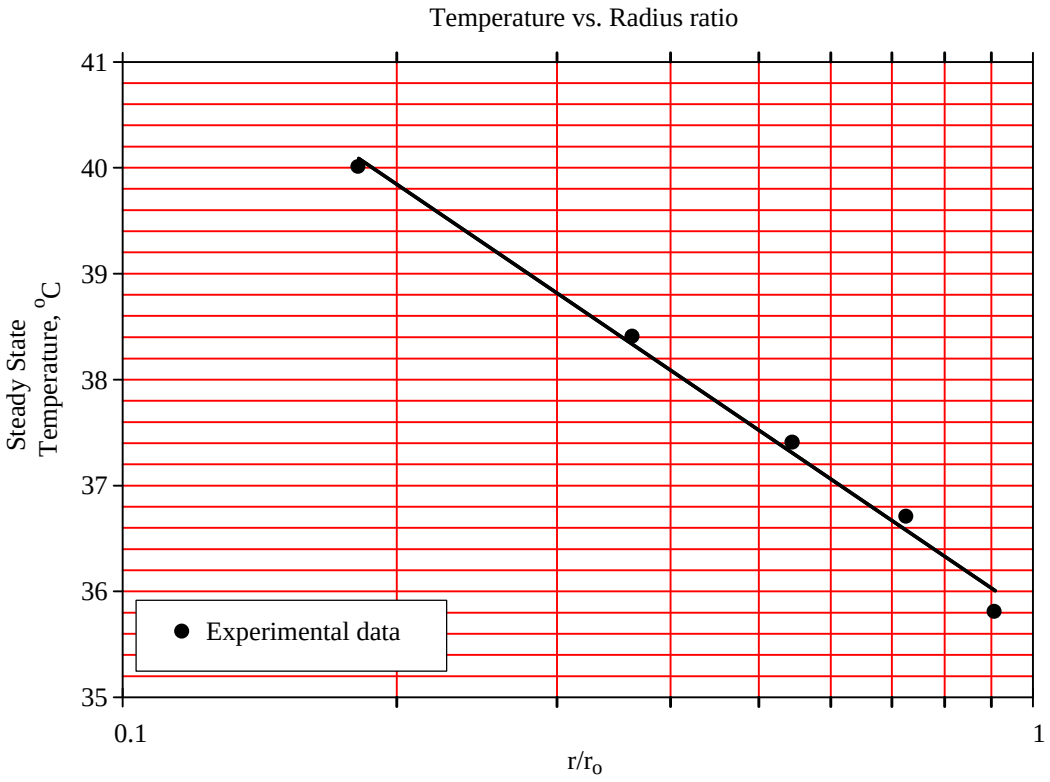
สำหรับค่าคงที่ Q, T_i, T_o, r_o และ r_i เพราะฉะนั้น:

$$T_{(r)} = (\text{constant})\ \ln\left(\frac{r}{r_o}\right)$$

อุณหภูมิที่รัศมี r สามารถหาโดยใช้สมการข้างบนนี้

18. ตัวอย่างกราฟ





ข้อสังเกต การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นสัดส่วนผกผันกับ $\ln \frac{r}{r_o}$



สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 8 การพาความร้อนแบบบังคับและแบบอิสระ

(FREE AND FORCED CONVECTION)



1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาหลักการของการพาความร้อนแบบอิสระและแบบบังคับ

1.2 เพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อนด้วยชิ้นทดสอบแบบผิวเรียบ แบบผิวมีแท่งทรงกระบอกและแบบผิวเรียบมีแผ่นครีบเรียวยื่นออกมา

1.3 เพื่อศึกษาการกระจายของอุณหภูมิบนผิวชิ้นทดสอบแบบผิวมีแท่งทรงกระบอก และแบบผิวเรียบมีแผ่นครีบเรียวยื่นออกมา

2. ทฤษฎี

2.1 บทนำ

การถ่ายเทความร้อนโดยการพานี้จะมีการแลกเปลี่ยนพลังงานระหว่างผิวของวัตถุกับของไหลที่อยู่ติดกับผิวของวัตถุนั้นด้วย ในการทดลองนี้จะศึกษาถึงการพาความร้อนที่สำคัญ ๆ 2 ลักษณะด้วยกัน คือ

การพาความร้อนแบบอิสระ (Free convection) การเคลื่อนที่ของของไหลของการพาความร้อนแบบอิสระนี้เป็นผลมาจากความหนาแน่นที่แตกต่างกันของก้อนของของไหลที่เนื่องจากก้อนของไหลมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน รูปแบบการไหลของการพาความร้อนแบบอิสระนี้หาได้จากผลกระทบของแรงลอยตัวของก้อนของไหลที่ร้อนขึ้นนั้น ซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าของนัสเซลทนัมเบอร์ (Nusselt number) และแพร็นด์เติลนัมเบอร์ (Prandtl number)

การพาความร้อนแบบบังคับ (Forced convection) การเคลื่อนที่ของของไหลของการพาความร้อนแบบบังคับนี้เกิดจากปัจจัยภายนอก เช่น เครื่องเป่าลม หรือปั๊ม ค่านัสเซลท์นัมเบอร์ (Nusselt number) นี้จะขึ้นอยู่กับค่าของเรย์โนลด์นัมเบอร์ (Reynolds number) และแพร็นด์เติลนัมเบอร์ (Prandtl number)

2.2 กลุ่มตัวแปรไร้มิติ (Dimensionless Parameters)

กลุ่มตัวแปรบางตัว (Certain parameter) มีประโยชน์สำหรับเชื่อมโยงในเชิงฟังก์ชั่นระหว่างข้อมูลของการพาความร้อนกับสัมประสิทธิ์การพาความความร้อน (Convective heat transfer coefficients) กลุ่มตัวแปรที่ต้องใช้ในเรื่องของการพาความร้อนนั้นได้รวบรวมไว้ให้แล้วและสามารถที่จะหาได้จากตำราเรียนในวิชาการถ่ายเทความร้อนทั่วไป

Reynolds number:

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho U L}{\mu} = \frac{\text{inertia force}}{\text{Viscous force}}$$

Prandtl number:

$$\mathrm{Pr} = \frac{c\mu}{k} = \frac{\text{molecular diffusivity of momentum}}{\text{molecular diffusivity of heat}}$$

Nusselt number:

$$\mathrm{Nu} = \frac{h L}{k} = \frac{\text{heat transfer by convection}}{\text{conduction across fluid layer of thickness, L}}$$

Stanton number:

$$\mathrm{St} = \frac{h}{\rho c C} = \frac{\mathrm{Nu}}{\mathrm{RePr}} = \frac{\text{heat flux to the fluid}}{\text{heat transfer capacity of fluid flow}}$$

Grashof number:

$$Gr = \frac{g\beta L^3 \rho^2 \theta}{\mu^2} = \frac{\text{bouyancy force}}{\text{viscous force}}$$

เมื่อ ρ = fluid density, kg/m^3

μ = fluid viscosity, kg/ms

k = fluid conductivity, W/m K

c = fluid specific heat, Ws/kg K

β = fluid coefficient of cubical expansion = 1/T

C = fluid velocity, m/s

g = acceleration due to gravity, m/s^2

L = characteristic dimension, m

h = heat transfer coefficient, W/m^{2}K

θ = fluid temperature difference, (K)

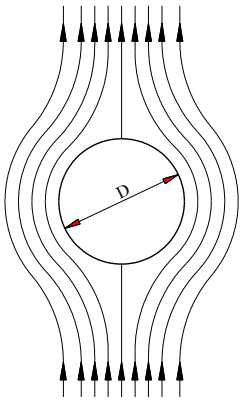
2.3 การพาความร้อนโดยธรรมชาติ (Natural Convection)

การพาความร้อนโดยธรรมชาติจากท่อแนวระนาบ

Nusselt number $Nu = \frac{hL}{k}$

$Nu = 0.47\ (PrGr)^{0.25}$ สำหรับ PrGr = 10^5 to 10^8

$Nu = 0.10\ (PrGr)^{0.33}$ สำหรับ PrGr$>10^8$



รูปที่ 1 การพาความร้อนโดยธรรมชาติจากท่อ

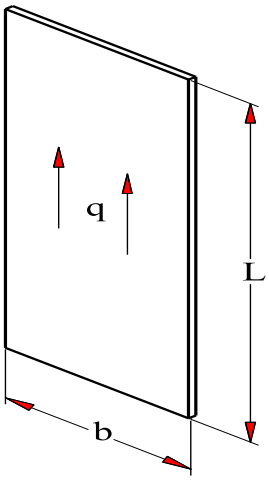
สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยประมาณ

$h = 1.32\left(\frac{\theta}{d}\right)^{0.25}$ สำหรับ Gr = 10^4 to 10^9

$h = 1.25\theta^{0.33}$ สำหรับ Gr = 10^9 to 10^{12}

ที่ซึ่ง: θ = temperature difference between cylinder and fluid

d = diameter of cylinder



รูปที่ 2 การพาความร้อนโดยธรรมชาติจากแผ่นหรือทรงกระบอกแนวดิ่ง

การพาความร้อนโดยธรรมชาติจากแผ่นหรือทรงกระบอกแนวดิ่ง

Nu = 0.56 $(GrPr)^{0.25}$ สำหรับ PrGr = 10^5 to 10^9

Nu = 0.12 $(GrPr)^{0.33}$ สำหรับ PrGr > 10^9

โดยประมาณ

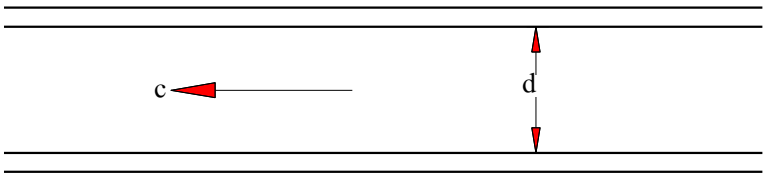
$$h = 1.42\left(\frac{\theta}{L}\right)^{0.25} \text{ สำหรับ} Gr = 10^4 \text{to} 10^9$$

$$h = 1.31\theta^{0.33} \text{ สำหรับ } Gr = 10^9 \text{to} 10^{12}$$

2.4 การพาความร้อนแบบบังคับ (Forced Convection)

การไหลแบบ Laminar ในท่อ

Nu = 3.65 และ $h = 3.65\frac{k}{d}$

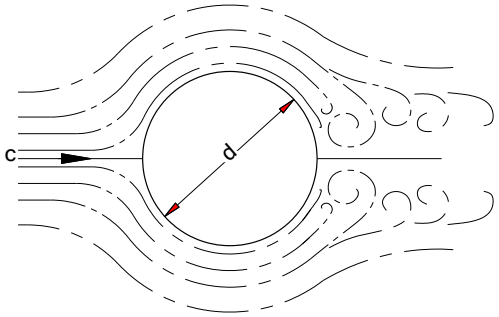


รูปที่ 3 ท่อที่มีการไหลแบบ Laminar

การไหลแบบ Turbulent ผ่านทรงกระบอก

ทั่วไป: Nu = 0.26 $Re^{0.6}$ $Pr^{0.3}$

สำหรับ Gas: Nu = 0.24 $Re^{0.6}$



รูปที่ 4 การไหลแบบ Turbulent ผ่านทรงกระบอก

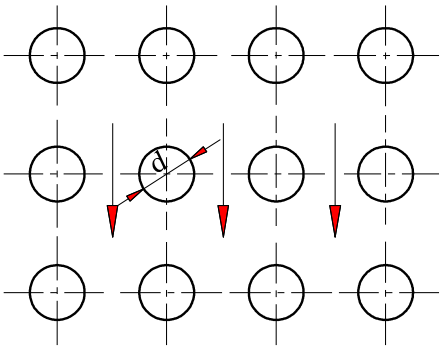
การไหลแบบ Turbulent ผ่านกองท่อ

ทั่วไป: $Nu = 0.33\ C_h\ Re^{0.6}Pr^{0.3}$

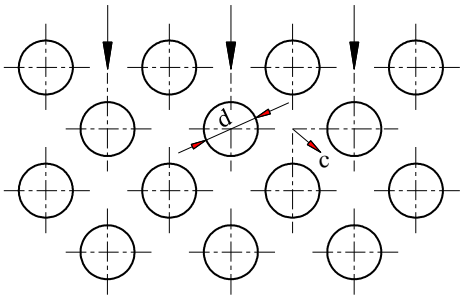
สำหรับ Gas: $Nu = 0.30\ C_h\ Re^{0.6}$

ท่อวางเป็นแนว (In-line pipes): $C_h \cong 1.0$

ท่อวางเหลื่อม (Staggered pipes): $C_h \cong 1.1$



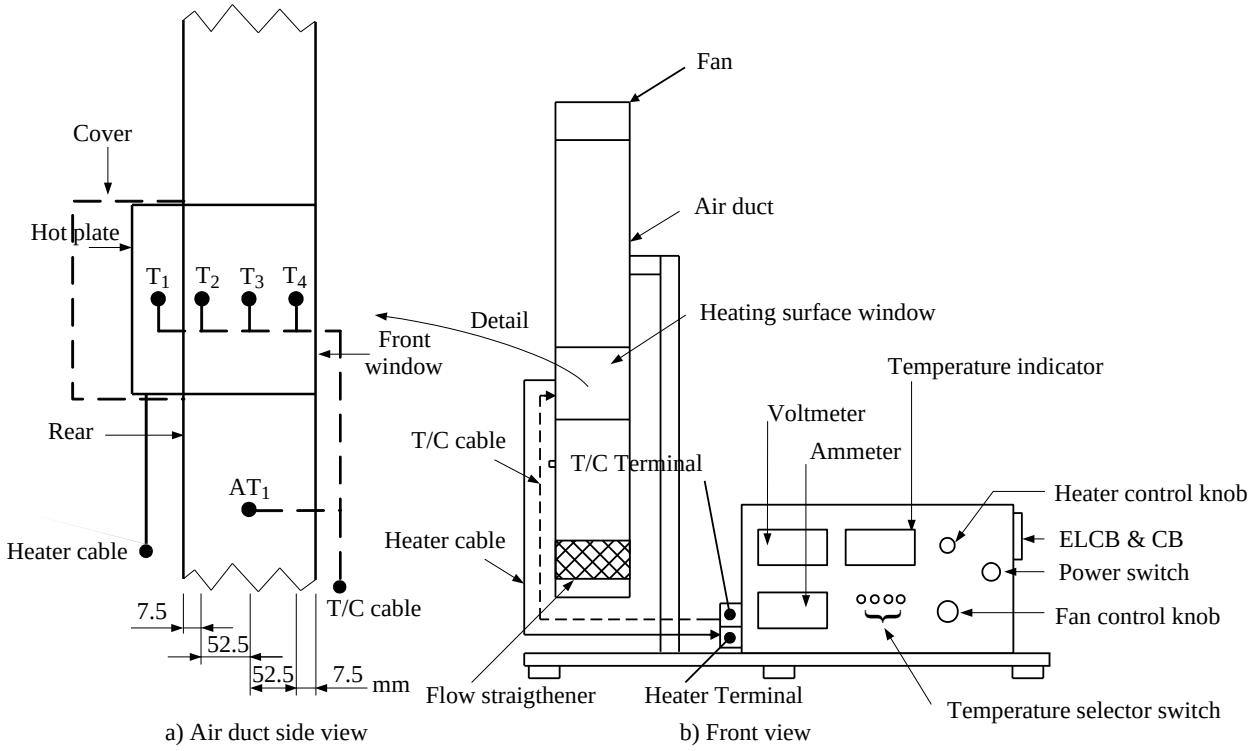
รูปที่ 5 In-line pipes



รูปที่ 6 Staggered pipes

3. เครื่องมือการทดลอง

3.1 ไดอะแกรมของอุปกรณ์



รูปที่ 7 ไดอะแกรมของอุปกรณ์

T_1	=	อุณหภูมิเครื่องทำความร้อน
AT_1	=	อุณหภูมิอากาศทางเข้า
T_2, T_3, T_4	=	อุณหภูมิบนครีบหรือผิวทรงกระบอก

4. การทดลอง

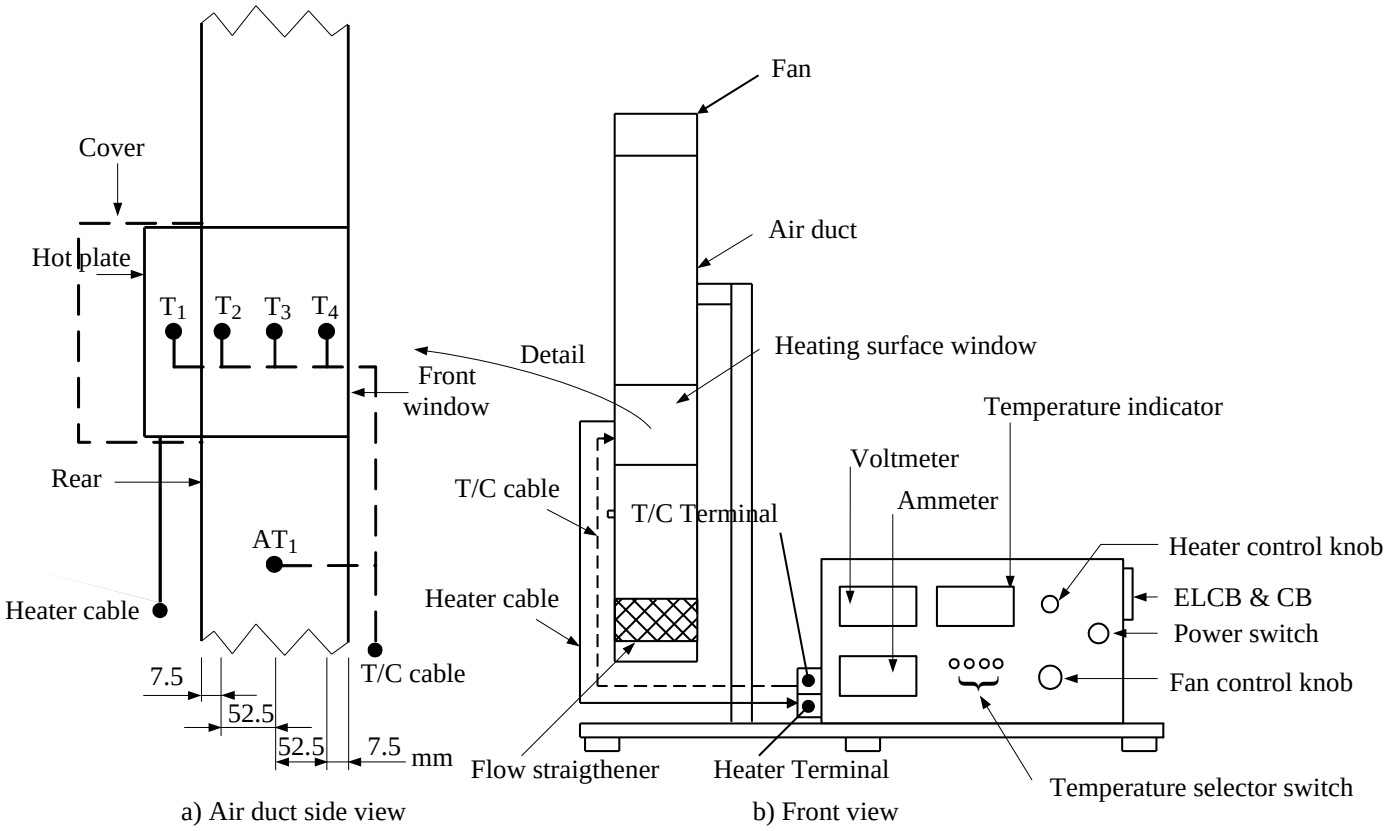
4.1 การทดลองการพาความร้อนแบบอิสระและแบบบังคับจากแผ่นวัตถุผิวเรียบที่อยู่ในแนวดิ่ง

4.1.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผิววัตถุที่ร้อนจะถ่ายเทความร้อนออกจากผิวโดยการพา ขณะเดียวกันก็จะมีความร้อนถ่ายเทออกจากผิวโดยการนำและโดยการแผ่รังสีด้วย อย่างไรก็ตามในการทดสอบนี้จะไม่เอาผลกระทบจากการถ่ายเทความร้อน โดยการนำและโดยการแผ่รังสีเข้ามาเกี่ยวข้องอากาศที่สัมผัสกับผิววัตถุที่ร้อนก็จะได้รับความร้อนจากผิวและจะลอยตัวขึ้น ทั้งนี้เพราะความหนาแน่นของอากาศลดน้อยลง ส่วนอากาศที่เย็นกว่าก็จะไหลเข้ามาแทนที่และก็จะถูกผิววัตถุทำให้ร้อนขึ้นเช่นเดียวกัน กระบวนดังกล่าวเรียกว่าการพาความร้อนแบบอิสระ ผิววัตถุยิ่งมีอุณหภูมิสูงก็ยิ่งจะทำให้มีอัตราการพาความร้อนออกไปจากผิววัตถุมากยิ่งขึ้น

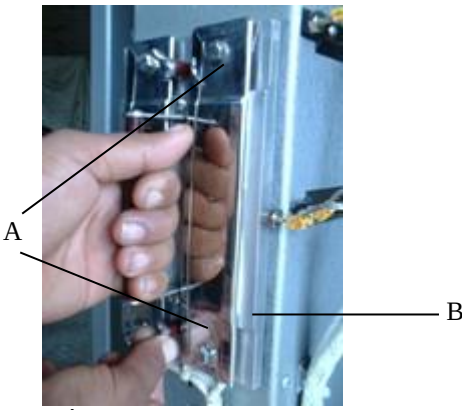
อัตราการพาความร้อนแบบอิสระนั้นถูกจำกัดด้วยการเคลื่อนที่ของอากาศที่เคลื่อนที่อย่างช้าๆที่เกิดจากการได้รับความร้อนจากแผ่นวัตถุ อัตราการถ่ายเทความร้อนนี้สามารถเพิ่มให้สูงขึ้นได้ถ้าหากเพิ่มความเร็วให้แก่อากาศที่อยู่ใกล้ผิววัตถุที่ร้อนให้มากขึ้น กระบวนการถ่ายเทความร้อนที่ได้รับการช่วยเหลือจากการเคลื่อนที่ของอากาศในบริเวณที่อยู่ใกล้ผิววัตถุนี้เรียกว่าการพาความร้อนแบบบังคับ ดังนั้นผิววัตถุร้อนที่มีการพาความร้อนแบบบังคับจึงสามารถมีอุณหภูมิผิวที่ต่ำกว่า เมื่อให้อัตราการพาความร้อนเท่าๆ กับผิววัตถุที่มีการพาความร้อนแบบอิสระ

4.1.2 การติดตั้งอุปกรณ์ในแนวดิ่ง



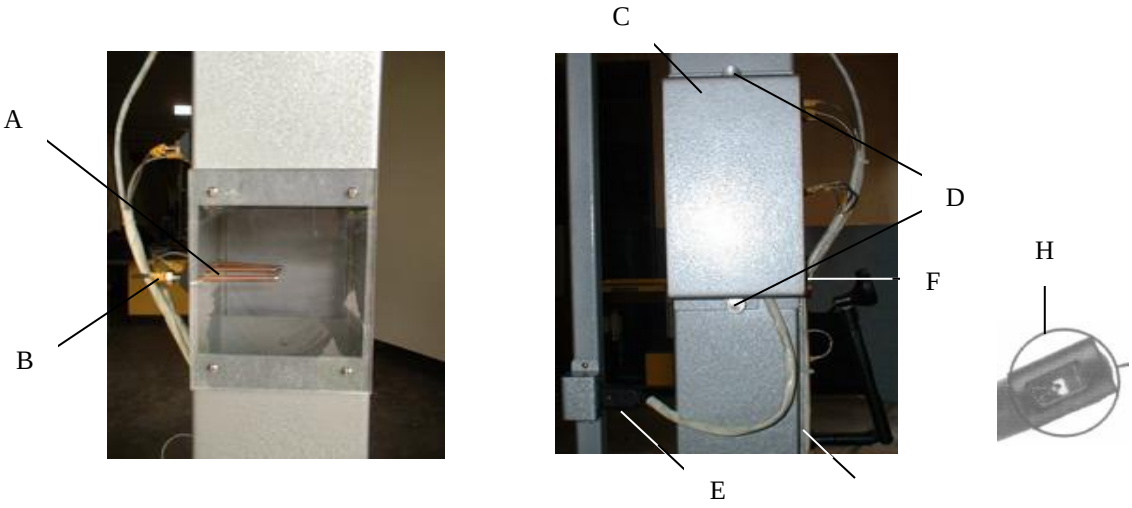
รูปที่ 8 การติดตั้งอุปกรณ์ในแนวดิ่ง

1. ตัวทำความร้อนแบบแผ่น [B] (รูปที่ 9) ถูกติดตั้งบนด้านหลังของท่อโดยใช้สกรูหางปลา [A]



รูปที่ 9 ตัวทำความร้อนแบบแผ่น

2. ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิทั้ง 4 ตัว [A] (รูปที่ 10) และขันสกรู [B] ทั้ง 4 ตัวด้วยมือ (อย่าใช้ประแจ)



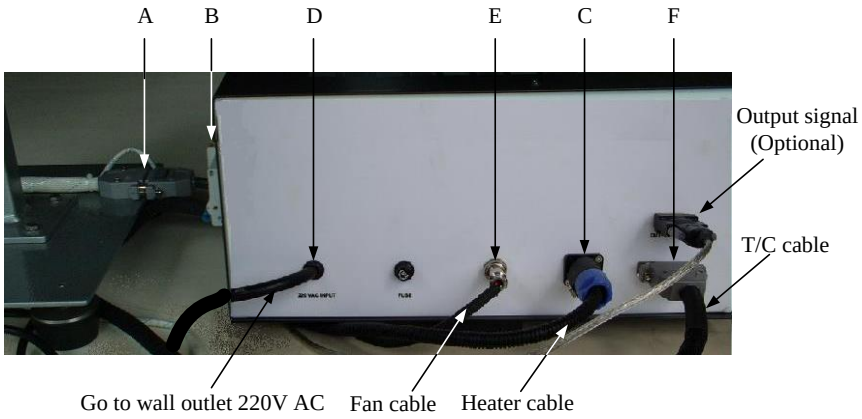
รูปที่ 10 การติดตั้งหัววัดอุณหภูมิ

3. ใส่ฝาครอบ [C] และขันสกรู [D] ให้แน่น

4. ใส่ปลั๊ก [E]

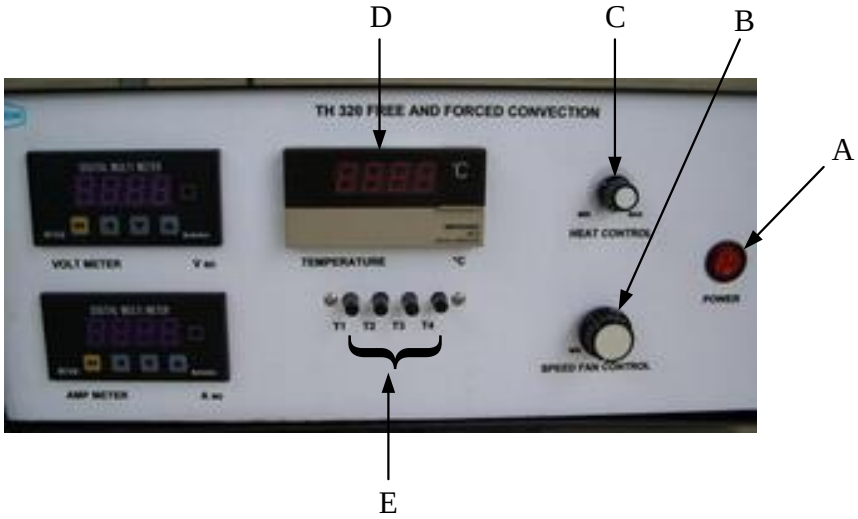
5. ติดตั้งแท่งวัดความเร็ว [F] โดยแหย่หัววัดเข้าไปในรู [G] เช็คให้แน่ใจว่าช่องเปิดของหัววัด [H] หันเข้าหากระแสลม

6. ดูรูปที่ 11 เช็คให้แน่ใจว่าอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้ารั่ว (ELCB) และเซอร์กิตเบรคเกอร์ (CB) [B] ปิดอยู่ แล้วต่อสายไฟหลักไปยังปลั๊กที่กำแพง (220 VAC)



รูปที่ 11 ด้านหลังของกล่องควบคุม

7. ต่อปลายด้านหนึ่งของสายไฟของตัวทำความร้อนไปที่ “Output 220 VAC” [C]
8. ต่อปลายด้านหนึ่งของสายไฟของพัดลมไปที่ “Fan” [E]
9. ต่อปลายด้านหนึ่งของสายไฟ T/C ไปที่ “T/C Input” [F] และอีกปลายไปที่จุดต่ออุณหภูมิ [A]
10. เปิดไฟ ELCB และ CB [B]



รูปที่ 12 กล่องควบคุม

4.1.3 ขั้นตอนการทดลองการพาความร้อนแบบอิสระ (พัดลมปิดอยู่)

1. กดปุ่ม “ON” ที่สวิตช์ [A] ที่กล่องควบคุมเพื่อให้จอเริ่มทำงาน
2. ค่อย ๆ เพิ่มกำลังของ Heater ไปจนถึงประมาณ 20 วัตต์ (โวลท์ × แอมแปร์) โดยการหมุนปุ่ม [C] ตามเข็มนาฬิกา
3. รอจนอุณหภูมิของแผ่นทำความร้อนคงที่แล้วบันทึกอุณหภูมิของแผ่นร้อน (T_1) จากจอ [D] (กดปุ่ม T1) และอุณหภูมิอากาศทางเข้า (AT_1) จาก Anemometer
4. ทำซ้ำ 2 และ 3 สำหรับค่ากำลังของ Heater ที่ 40, 60 และ 80 วัตต์
5. เขียนกราฟระหว่าง Input power กับอุณหภูมิที่แตกต่าง T_1- AT_1

4.1.4 ขั้นตอนการทดลองการพาความร้อนแบบบังคับ

1. ตั้งกำลังขาเข้าของ Heater ที่ค่า ๆ หนึ่งเช่น 80 วัตต์ (โวลท์ × แอมแปร์)
2. เปิดพัดลมโดยหมุนปุ่ม [B] (รูปที่ 12) และปรับความเร็วของอากาศที่ค่าต่ำ ๆ เช่น 0.5 เมตรต่อวินาที โดย ใช้ Anemometer [F] (รูปที่ 11) ในการวัดความเร็วอากาศ
3. รอจนกระทั่งอุณหภูมิของตัวให้ความร้อนแบบแผ่นเรียบ (T_1) คงที่แล้วบันทึกค่า AT_1 จาก Anemometer [F] (รูปที่ 11)
4. ทำซ้ำกับ 2 และ.3 ที่ความเร็วที่สูงขึ้น เช่น 1.0, 1.5, 2.0 เมตรต่อวินาที
5. เขียนกราฟระหว่าง $T_1 – AT_1$ กับความเร็วลม

4.1.5 <u>ผลการทดลอง</u>

<u>ตารางบันทึกผลการทดลอง</u>

FREE AND FORCED CONVECTION

ผู้ทำการทดลอง.....วันที่.....

Experiment 1A: Free Convection

อุณหภูมิโดยรอบ = ...°C

Input power W (V x A)	อุณหภูมิ (°C)		
	Inlet air AT_1	Heater T_1	T_1-AT_1
20			
40			
60			
80			

Experiment 1B: Forced Convection

อุณหภูมิโดยรอบ =..... °C

กำลังไฟฟ้าเข้าเครื่องทำความร้อน:.....โวลท์, ... แอมแปร์, โวลท์ × แอมแปร์=.....วัตต์

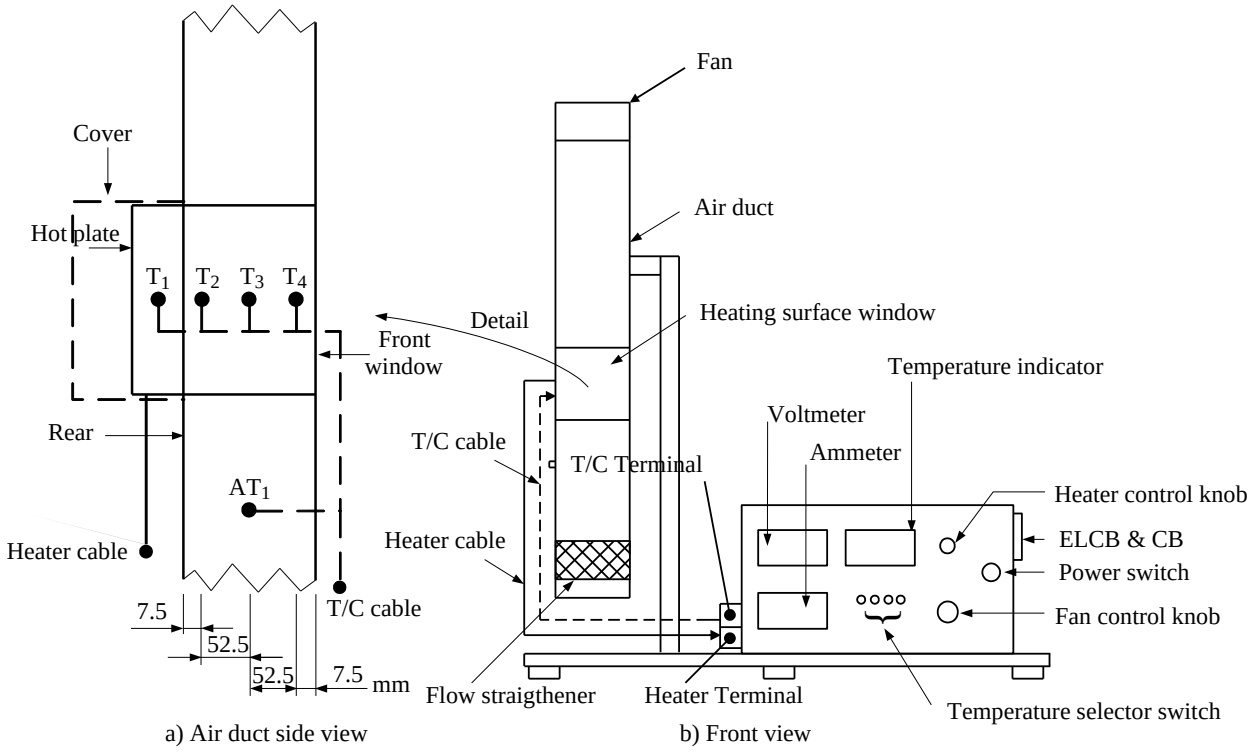
ความเร็วลม (m/s)	อุณหภูมิ (°C)		
	Inlet air AT_1	Heater T_1	T_1-AT_1
0			
0.5			
1.0			
1.5			
2.0			

4.2 การทดลองการพาความร้อนแบบอิสระ/แบบบังคับ จากผิววัตถุที่ยื่นออกไปในของไหล

4.2.1 ทฤษฎีเกี่ยวข้อง

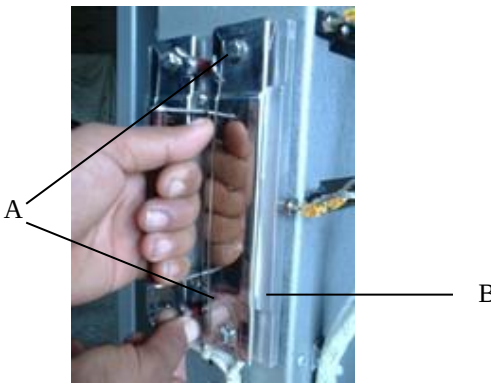
การถ่ายเทความร้อนจากวัตถุสามารถทำให้เพิ่มให้สูงขึ้นได้ด้วยการเพิ่มพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศให้มากขึ้น การเพิ่มขนาดพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศด้วยการเพิ่มขนาดของวัตถุนั้นในทางปฏิบัติกระทำได้ยาก สำหรับในการทดลองนี้การเพิ่มขนาดพื้นที่ผิวที่สัมผัสอากาศสามารถกระทำได้ด้วยการใส่ครีบหรือแท่งวัตถุรูปทรงกระบอกกลมสำหรับระบายความร้อนให้แก่ผิววัตถุในลักษณะที่ตั้งฉากกับผิววัตถุนั้น ผิวของครีบหรือแท่งวัตถุดังกล่าวนี้เรียกว่าผิวที่ยื่นออกไปจากผิววัตถุตัวแม่ ผลกระทบของผิวที่ยื่นออกไปนี้สามารถ สาธิตด้วยการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนจากผิวดังกล่าวนี้กับอัตราการถ่ายเทความร้อนของผิววัตถุที่เป็นผิวของพื้นระนาบเมื่อมีสภาวะของอากาศที่เหมือนกัน ผลที่ได้จากการทดลองสามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบขีดความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของพื้นผิวทั้งสองลักษณะ จากผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองจะสังเกตได้ว่าพื้นผิวในการถ่ายเทความร้อนของแผ่นส่งถ่ายความร้อนชนิดแผ่นเรียบ แผ่นเรียบที่มีทรงกระบอกยื่นออกมาและแผ่นเรียบที่มีครีบยื่นออกมานั้นจะมีพื้นที่ในการส่งถ่ายความร้อนแตกต่างกัน ผลของการถ่ายเทความร้อนจึงมีลักษณะแตกต่างกัน

4.2.2 การติดตั้งอุปกรณ์ของชุดทดสอบการพาความร้อนในแนวดิ่ง



รูปที่ 13 แผนภูมิแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ของชุดทดสอบการพาความร้อนในแนวดิ่ง

1. ตัวให้ความร้อนแบบแผ่นเรียบ [B] (รูปที่ 14) ถูกติดตั้งบนด้านหลังของท่อ โดยใช้สกรูทางปลา [A]



รูปที่ 14 ตัวให้ความร้อนแบบแผ่นเรียบ

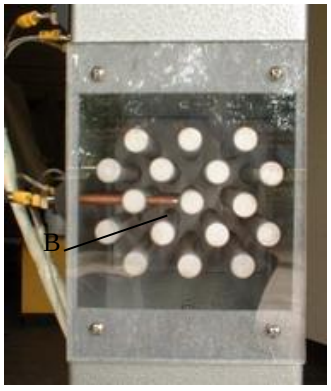
2. ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิทั้ง 4 ตัว [A] (รูปที่ 15) และขันสกรู [B] ทั้ง 4 ตัวด้วยมือ (อย่าใช้ประแจ)



รูปที่ 15 ตัวให้ความร้อนแบบแผ่นเรียบและตัววัดอุณหภูมิ

3. สำหรับการติดตั้งแผ่นที่มีทรงกระบอกยื่นออกมา, ดูรูปที่ 16 ขันสกรู [B] ด้วยมือ (อย่าใช้ประแจ) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าหัววัดสัมผัสกับทรงกระบอกดี

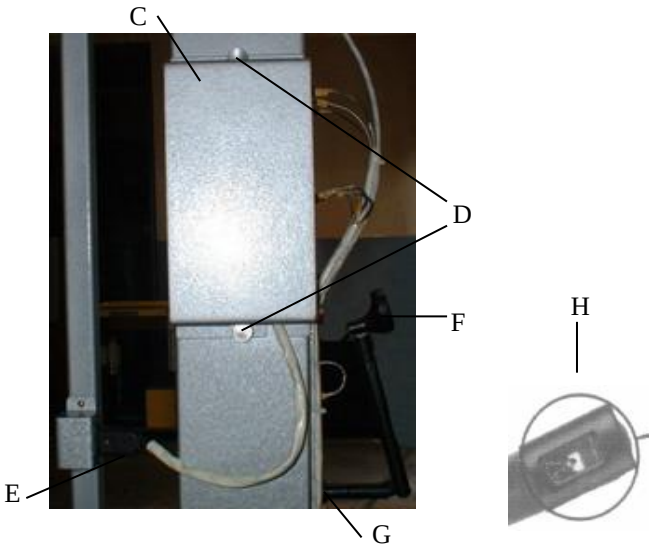
4. สำหรับการติดตั้งแผ่นที่มีครีบยื่นออกมา, ดูรูปที่ 17 ขันสกรู [B] ด้วยมือ (อย่าใช้ประแจ) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าหัววัดสัมผัสกับครีบดี และไม่ทำให้ครีบงอ



รูปที่ 16 Cylindrical surface



รูปที่ 17 Finned surface heater

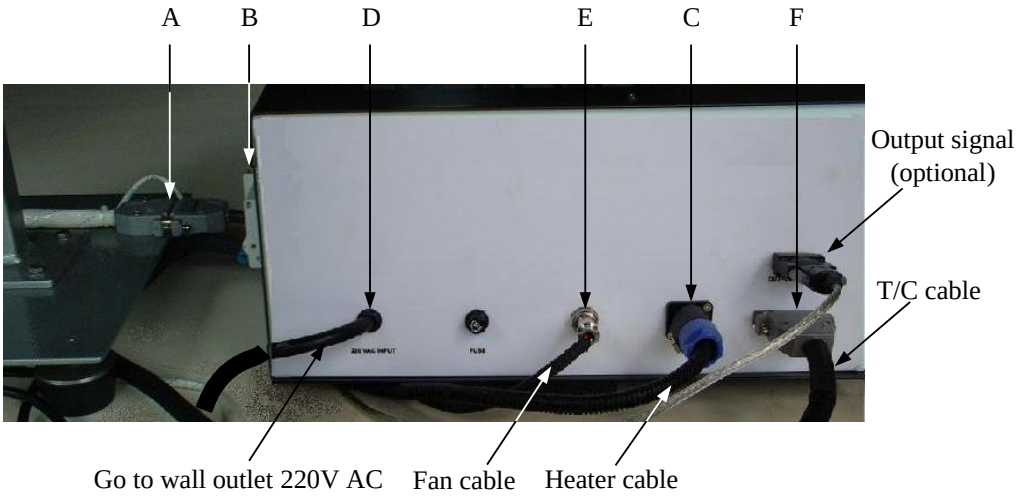


รูปที่ 18

5. ดูรูปที่ 18 ใส่ฝาครอบ [C] และขันสกรู [D] ให้แน่น

6. เสียบปลั๊ก [E]

7. ติดตั้งแท่งวัดความเร็ว [F] โดยแหย่หัววัดเข้าไปในรู [G] เช็คให้แน่ใจว่าช่องเปิดของหัววัด[H] หันเข้าหากระแสลม



รูปที่ 19 ด้านหลังของกล่องควบคุม

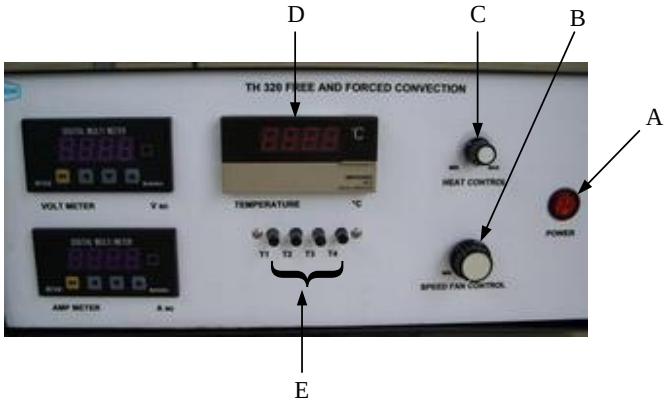
8. ดูรูปที่ 19 เช็คให้แน่ใจว่าอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้ารั่ว (ELCB) และเซอร์กิตเบรคเกอร์ (CB) [B] ปิดอยู่ แล้วต่อสายไฟหลักไปยังปลั๊กที่กำแพง (220 VAC)

9. ต่อปลายด้านหนึ่งของสายไฟของตัวทำความร้อนไปที่ “Output 220 V AC” [C]

10. ต่อปลายด้านหนึ่งของสายไฟของพัดลมไปที่ “Fan” [E]

11. ต่อปลายด้านหนึ่งของสายไฟ T/C ไปที่ “T/C Input” [F] และอีกปลายไปที่จุดต่อ [A]

12. เปิดสวิตช์ ELCB และ CB [B]



รูปที่ 20 กล่องควบคุม

4.2.3 ขั้นตอนการทดลอง (ดูรูปที่ 20)

1. เปิดจอโดยกดปุ่ม “ON” ที่สวิตช์ [A] ที่กล่องควบคุม กดปุ่มเลือกตำแหน่งวัดอุณหภูมิ T_1 หมุนปุ่ม Heater [C] ไปที่ 80 W (โวลท์ × แอมแปร์) ชั่วคราวเพื่อเพิ่มอุณหภูมิตัวให้ความร้อนแบบแผ่นเรียบ T_1 ถึงประมาณ 80° ดูจากหน้าจอ [D] แล้วลดกำลังเหลือประมาณ 40 วัตต์ (โวลท์ × แอมแปร์)

2. รอจนกระทั่งอุณหภูมิแผ่นความร้อน T_1 คงที่แล้วบันทึก AT_1 จาก Anemometer และ T_1 จากจอ [D]

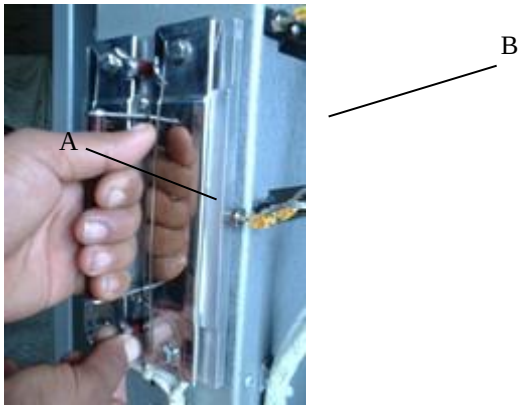
3. เปิดพัดลมโดยหมุนปุ่ม [B] และค่อย ๆ ปรับความเร็วลมให้ต่ำ เช่น 1 เมตรต่อวินาที โดยการใช้ Anemometer [F] (ดูรูปที่ 20) เพื่อวัดความเร็วลมและทำซ้ำ 2

4. ทำซ้ำ 3 สำหรับความเร็วลมที่ 2 และ 2.5 เมตรต่อวินาที

5. เปลี่ยนตัวให้ความร้อนแบบแผ่นเรียบ เป็นแบบมีทรงกระบอกยื่นแล้วทำซ้ำ 1 ถึง 4

คำเตือน: ดูรูป 21

- อย่าสัมผัส Heater [B] เนื่องจากมันร้อน ใช้ตัวจับ [A] ในการนำ Heater ออก
- อย่าลืมนำหัววัดอุณหภูมิทั้ง 4 ตัวออกก่อนนำ Heater ออก



รูปที่ 21 การถอด-ติดตั้ง Plate heater

6. เปลี่ยนตัวให้ความร้อนแบบมีทรงกระบอกยื่นเป็นแบบบีครีบ แล้วทำซ้ำ1 ถึง4(ดูคำเตือนในข้อ 5)

7. เขียนกราฟระหว่างความเร็วลมกับ $T_1 - AT_1$

8. สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสามารถหาได้จากความชันของกราฟ

4.2.4 ตารางผลการทดลอง

FREE AND FORCED CONVECTION

ผู้ทำการทดลอง.....วันที่.....

การทดสอบที่ 2: พิสูจน์การถ่ายโอนความร้อนโดยการเพิ่มพื้นที่ผิว

อุณหภูมิโดยรอบ = ...°C

กำลังไฟฟ้าเข้าเครื่องทำความร้อน.....โวลท์.....แอมแปร์, โวลท์ × แอมแปร์ =.....วัตต์

พื้นที่การถ่ายเทความร้อน : แผ่นเรียบ...100...cm^2 ทรงกระบอก 750. cm^2 ครีบ 2000 cm^2

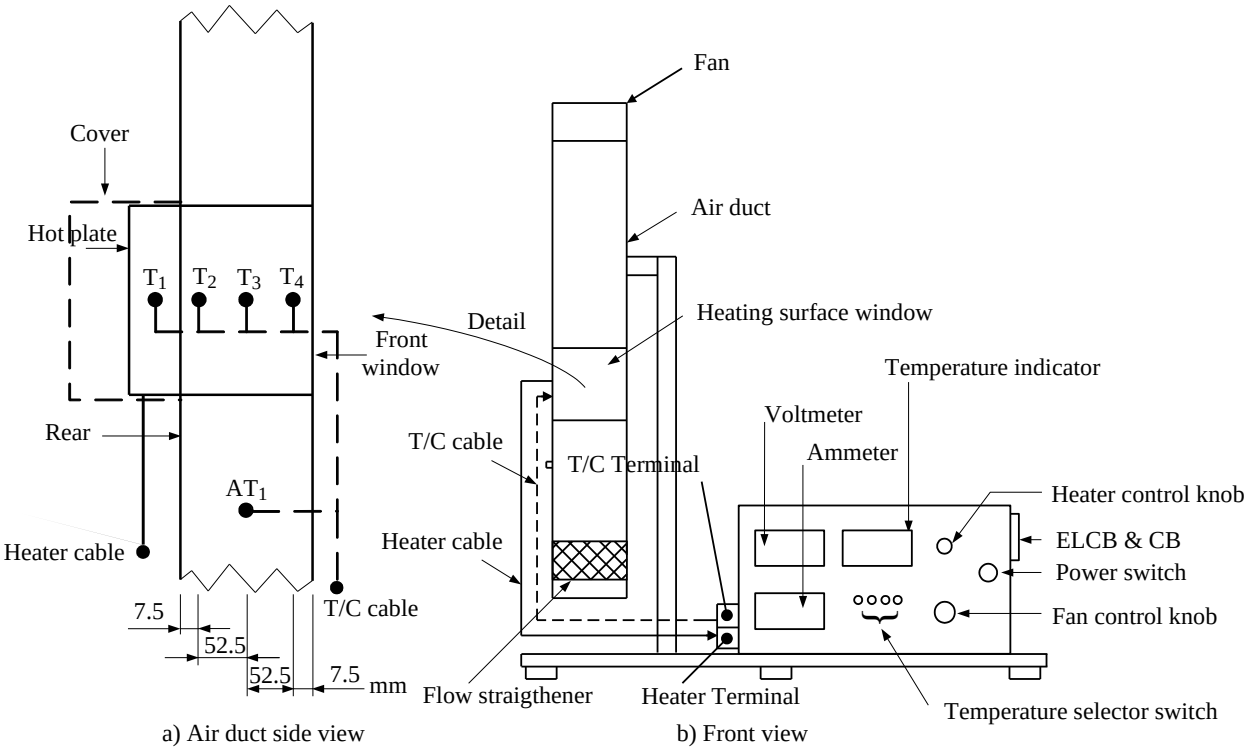
ความเร็วลม (m/s)	อุณหภูมิ (°C)			หมายเหตุ
พื้นผิวเรียบ	T_1	AT_1	$T_1 - AT_1$	
0				
1				
2				
2.5				
พื้นผิวทรงกระบอก				
0				
1				
2				
2.5				
พื้นผิวแบบครีบ				
0				
1				
2				
2.5				

4. 3 การทดลองการกระจายอุณหภูมิของวัตถุที่ยื่นออกไปจากผิวสำหรับการพาความร้อนแบบอิสระ/แบบบังคับ

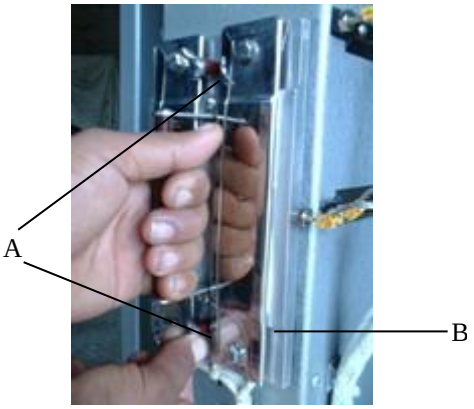
บทนำ

ในกรณีของวัตถุ(ครีบระบายความร้อน)ที่ยื่นออกไปจากผิววัตถุตัวแม่มีประสิทธิภาพ100% นั้น อุณหภูมิทั้งชิ้นของวัตถุที่ยื่นออกไปจากผิววัตถุตัวแม่จะต้องเท่ากับอุณหภูมิของวัตถุตัวแม่นั้นแต่ในทางปฏิบัตินั้นเป็นไปไม่ได้ทั้งนี้เพราะวัตถุที่ยื่นออกไปจากผิวจะมีอุณหภูมิเท่ากันทั้งชิ้นได้ก็ต่อเมื่อวัตถุที่ยื่นออกไปผิวนั้นมีความต้านทานจากการนำความร้อนเป็นศูนย์หรือไม่มีความต้านทานจากการนำความร้อนอยู่เลยซึ่งเป็นไปไม่ได้เมื่อต้องมีความต้านทานอยู่ในวัตถุที่ยื่นออกไปจากผิวของวัตถุตัวแม่แล้วก็ย่อมจะต้องเกิดความลาดชันของอุณหภูมิขึ้นในวัตถุที่ยื่นออกไปจากผิววัตถุตัวแม่นั้น ยิ่งมีความลาดชันของอุณหภูมิมากก็ยิ่งทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของวัตถุ (ครีบระบายความร้อน) ที่ยื่นออกไปจากผิววัตถุตัวแม่ลดน้อยลง อย่างไรก็ตามก็จะต้องไม่ไปสับสนกับประสิทธิภาพของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน(Heat exchanger) ที่มีครีบระบายความร้อนร่วมอยู่ด้วย

4.3.1 การติดตั้งเครื่องมือ

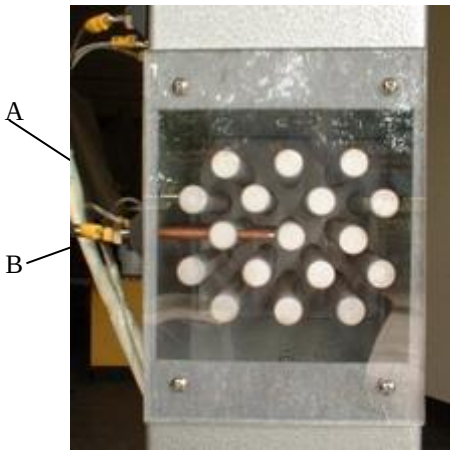


รูปที่ 22 การติดตั้งเครื่องมือ

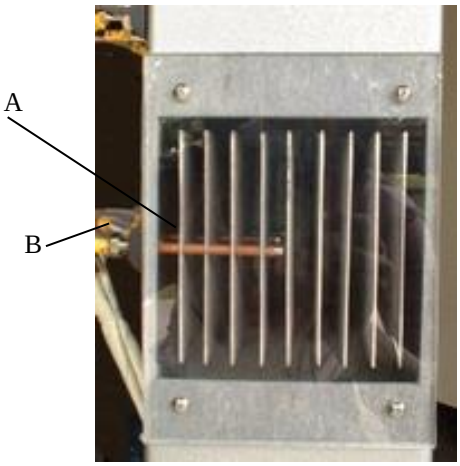


รูปที่ 23 การถอด-ติดตั้ง heater

1. ตัวทำความร้อนแบบทรงกระบอก [B] (รูปที่ 23) ถูกติดตั้งอยู่บนด้านหลังของท่อโดยใช้สกรูหางปลา [A]

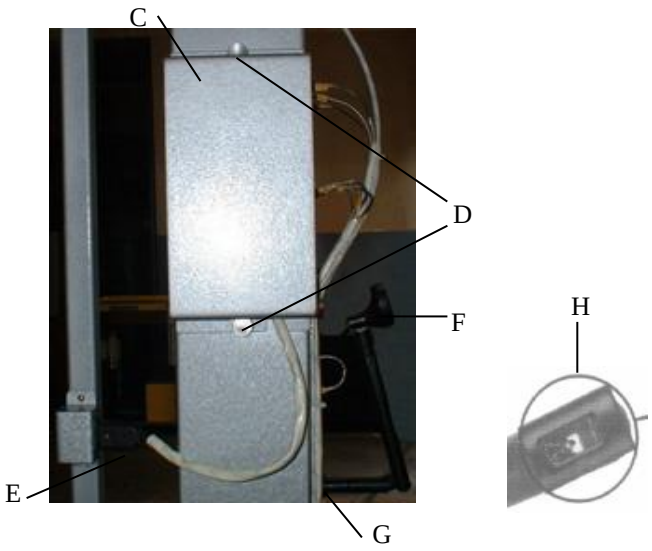


รูปที่ 24 Cylindrical surface heater



รูปที่ 25 Finned surface heater

2. ติดตั้งทั้งวัดอุณหภูมิทั้ง 4 ตัว [A] (รูปที่ 24) และขันสกรู [B] ทั้ง 4 ตัวด้วยมือ (อย่าใช้ประแจ) เช็คให้แน่ใจว่าหัววัดสัมผัสกับทรงกระบอกได้ดี สำหรับการติดตั้งแผ่นที่มีครีบยื่นออกมา, ดูรูปที่ 25 ขันสกรู [B] ด้วยมือ (อย่าใช้ประแจ) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าหัววัดสัมผัสกับครีบดี และไม่ทำให้ครีบงอ

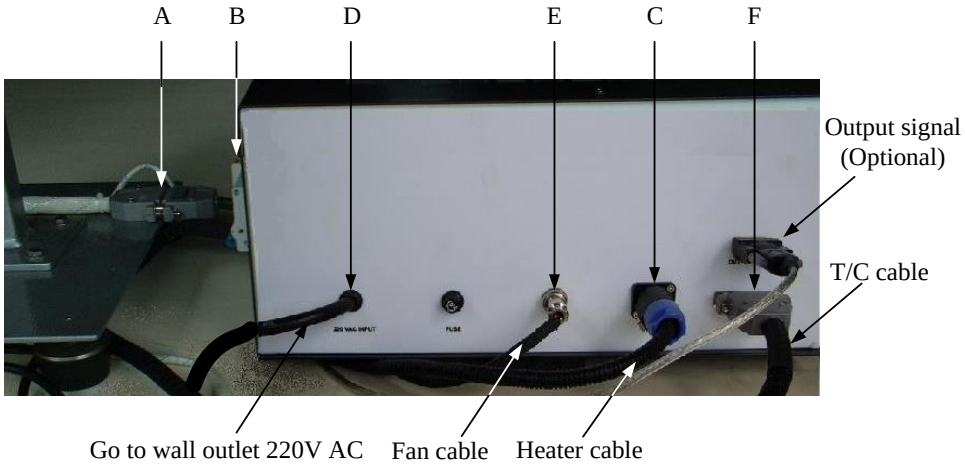


รูปที่ 26

3. ดูรูปที่ 26 ใส่ฝาครอบ [C] และขันสกรู [D] ให้แน่น

4. เสียบปลั๊ก [E]

5. ติดตั้งแท่งวัดความเร็ว [F] โดยแหย่หัววัดเข้าไปในรู [G] เช็คให้แน่ใจว่าช่องเปิดของหัววัด[H] หันเข้าหากระแสลม



รูปที่ 27 The back of the control box

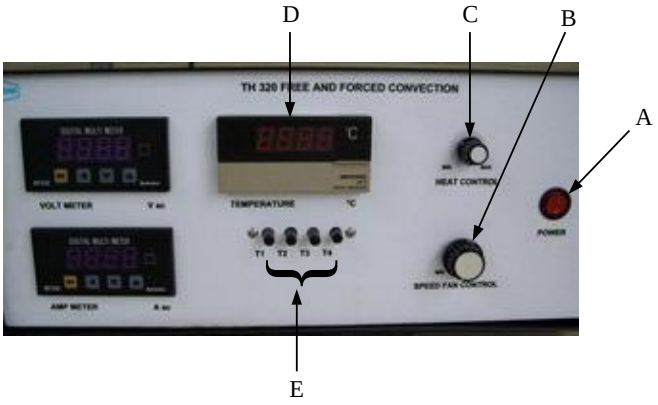
6. ดูรูปที่ 27 เช็คให้แน่ใจว่าอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้ารั่ว (ELCB) และเซอร์กิตเบรคเกอร์ (CB) [B] ปิดอยู่ ต่อสายไฟหลักไปยังปลั๊กที่กำแพง (220 VAC)

7. ต่อปลายด้านหนึ่งของสายไฟของตัวทำความร้อนไปที่ “Output 220VAC” [C]

8. ต่อปลายด้านหนึ่งของสายไฟของพัดลมไปที่ “Fan” [E]

9. ต่อปลายด้านหนึ่งของสายไฟ T/C ไปที่ “T/C Input” [F] และอีกปลายไปที่จุดต่ออุณหภูมิ [A]

10. เปิดสวิตช์ ELCB และ CB[B]



รูปที่ 28 Control box

4.3.2 ขั้นตอนการทดลอง (ดูรูปที่ 28)

1. เปิดจอโดยการกดปุ่ม “ON” ที่สวิตช์ [A] ที่กล่องควบคุม กดปุ่มเลือกตำแหน่งวัดอุณหภูมิ T_1 หมุนปุ่ม Heater [C] ไปที่ 60 วัตต์ (โวลท์ × แอมแปร์)

2. รอให้ T_1 คงที่แล้วบันทึก T_1, T_2, T_3 และ T_4 โดยกดปุ่ม E ตามตำแหน่งที่ต้องการเพื่อบันทึกค่าจากจอ [D]

3. เปิดพัดลมโดยหมุนปุ่ม [B] และปรับความเร็วลมไปที่ 1 เมตรต่อวินาที โดยการใช้ Anemometer [F] (ดูรูป 3-19) เพื่อวัดความเร็วลม

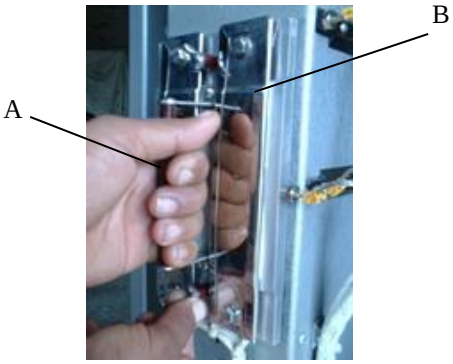
4. รอให้อุณหภูมิคงที่แล้วบันทึก T_1, T_2, T_3 และ T_4

5. ทำซ้ำข้อ 3.3.3 – 3.3.4 สำหรับความเร็วลมที่ 2 เมตรต่อวินาที

6. เปลี่ยนตัวให้ความร้อนแบบทรงกระบอกยื่น เป็นแบบครีบแล้วทำซ้ำ 3.3.1 – 3.3.7

คำเตือน : รูปที่ 29) อย่าสัมผัส Heater [B] เนื่องจากมันร้อน ใช้ตัวจับ [A] ในการนำ Heater ออก

2)อย่าลืมนำหัววัดอุณหภูมิทั้ง 4 ตัวออกก่อนนำ Heater ออก



รูปที่ 29 การถอด-ติดตั้ง heater

7. เขียนกราฟระหว่าง T_2, T_3, T_4 กับระยะจากแผ่นเรียบที่ความเร็วลมต่างๆกันทั้งแผ่นมีทรงกระบอกยื่นและแบบครีบ

5. ตารางผลการทดลอง

FREE AND FORCED CONVECTION

ผู้ทำการทดลอง.....วันที่.....

การทดสอบที่ 3: การกระจายของอุณหภูมิ

อุณหภูมิโดยรอบ = ...^{o}C

กำลังไฟฟ้าเข้าเครื่องทำความร้อน: .....โวลท์,.....แอมแปร์, โวลท์ × แอมแปร์ =.....วัตต์

ระยะจากแผ่นเรียบ : T_2 = ... มิลลิเมตร, T_3 = ... มิลลิเมตร, T_4 = ...มิลลิเมตร

ความเร็วลม (m/s)	อุณหภูมิ (^{o}C)			
	T_1	T_2	T_3	T_4
พื้นผิวทรงกระบอก				
0				
1				
2				
พื้นผิวแบบครีบ				
0				
1				
2				

6. <u>วิจารณ์ผลการทดลอง</u>

7. <u>สรุปผลการทดลอง</u>



สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 9 การแผ่รังสีความร้อน

(THERMAL RADIATION)



1. <u>วัตถุประสงค์</u>

1.1 เพื่อพิสูจน์ความถูกต้องของกฎสัดส่วนผกผันยกกำลังสองของการแผ่รังสีแสง

1.2 เพื่อพิสูจน์กฎสัดส่วนผกผันยกกำลังสองของแรแผ่รังสีความร้อน (I)

1.3 เพื่อพิสูจน์ให้เห็นความถูกต้องของกฎโคโซน์ของแลมเบิร์ด (Lambert's Cosine Law)

1.4 เพื่อต้องการพิสูจน์ความถูกต้องของกฎการดูดซึมความร้อนจากการแผ่รังสีของลัมเบอร์ท (Lambert's Law of Absorption for Light Radiation)

1.5 เพื่อต้องการพิสูจน์ความถูกต้องของกฎด้วยการสาธิตให้เห็นว่าความเข้ม I ของความร้อนจากการแผ่รังสีของวัตถุดำ (Black body) ที่จุดต่าง ๆ แปรผันตามค่ากำลังสี่ของอุณหภูมิของแหล่งความร้อน

1.6 เพื่อต้องการหาค่าการแผ่รังสี (Emissivity) ของผิววัตถุต่าง ๆ เช่น วัตถุดำ วัตถุเทา และวัตถุขาว เพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากกฎของ Stefan-Boltzmann Law

1.7 เพื่อสาธิตให้เห็นการแผ่ความร้อน (Emission) ออกจากพื้นผิวที่อยู่ใกล้กันจะมีอิทธิผลต่ออุณหภูมิของพื้นผิวและความร้อนที่เปล่งออกมา

1.8 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของ Kirchoff's law

1.9 เพื่อสาธิตให้เห็นว่าการแลกเปลี่ยนความร้อนของพลังงานที่แผ่รังสีจากพื้นผิวหนึ่งไปสู่อีกพื้นผิวหนึ่งนั้นขึ้นอยู่กับเรขาคณิตที่เชื่อมโยงระหว่างพื้นผิวทั้งสอง คือเป็นฟังชั่นของจำนวนพื้นผิวที่แต่ละพื้นผิวจะ 'มองเห็น' ซึ่งกันและกัน

2. <u>ทฤษฎี</u>

2.1 การถ่ายเทความร้อน

เมื่อจุด 2 จุด มีอุณหภูมิที่แตกต่างกันก็จะมีพลังงานไหลจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำ เรียกพลังงานที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยอิทธิพลของอุณหภูมิที่แตกต่างกันนี้ว่าความร้อน การถ่ายเทความร้อนนี้จะทำให้ พลังงานภายในของวัตถุเปลี่ยนแปลงไป การถ่ายเทความร้อนนี้มีอยู่ 3 วิธี คือการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน การถ่ายเทความร้อนในแต่ละครั้งอาจเป็นการถ่ายเทความร้อนในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง หรือเกิดขึ้นพร้อม ๆ กันหลายลักษณะก็ได้

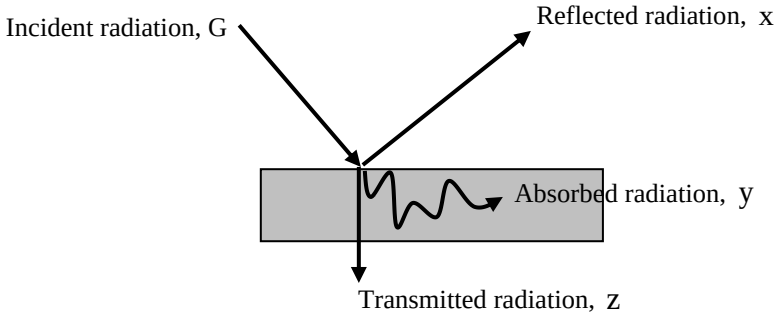
2.2 คุณสมบัติการแผ่รังสี (Radiation Properties)

คุณสมบัติการแผ่รังสีเป็นคุณสมบัติที่บอกให้ทราบว่าพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีจะมีปฏิกริยาอย่างไรต่อผิววัตถุ เช่นบอกให้รู้ว่าวัตถุสามารถที่จะแพร่ หรือสะท้อน ดูดซึม และส่งผ่านพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีได้มากน้อยเพียงไร คุณสมบัติการแผ่รังสีของวัตถุต่าง ๆ จะแปรตามความยาวคลื่นและแปรตามทิศทางของความร้อนจากการแผ่รังสี เราเรียกคุณสมบัติที่แปรตามความยาวคลื่นว่าคุณสมบัติสเปกตรัมหรือคุณสมบัติโมโนโครแมติก (Spectral radiation properties or mono-chromatic radiation properties) เรียกคุณสมบัติที่แปรตามทิศทางว่าคุณสมบัติเชิงทิศทาง (directional radiation properties) สำหรับคุณสมบัติที่เฉลี่ยมาจากทุกความยาวคลื่นและทุกทิศทางนั้นเรียกว่าคุณสมบัติรวมของการแผ่รังสี (total radiation properties)

การแผ่รังสีความร้อนเป็นการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากผิววัตถุที่ร้อนในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยมิต้องอาศัยตัวกลาง พลังงานความร้อนที่เคลื่อนที่ไปนั้นจะขึ้นอยู่กับรูปร่างของวัตถุ ขนาดและสิ่งที่สำคัญที่สุดก็คืออุณหภูมิของวัตถุ แต่จะไม่ขึ้นกับคุณลกษณะของสภาวะแวดล้อมรอบตัววัตถุนั้น เนื่องจากในการแผ่

รังสีความร้อนนั้นไม่จำเป็นต้องใช้ตัวกลางสำหรับให้ความร้อนเคลื่อนที่ผ่าน ในการพาพลังงานความร้อนจากจุดหนึ่งไปส่งยังอีกจุดหนึ่ง การแผ่รังสีความร้อนนี้ปกติแล้วจะเกิดขึ้นกับผิววัตถุที่เป็นของแข็ง แต่ในบางครั้งก็เกิดขึ้นกับวัตถุที่เป็นแก๊สได้เหมือนกัน การแผ่รังสีความร้อนของวัตถุที่เป็นของแข็งจะเกิดขึ้นในช่วงคลื่นที่กว้าง ขณะที่แก๊สจะแผ่หรือรับรังสีในช่วงคลื่นแคบ ๆ

วัตถุต่าง ๆ เมื่อมีพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีมาตกกระทบลงบนผิว ดังรูปที่ 1 พลังงานความร้อนจากการแผ่รังนี้ส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนกลับออกไปจากผิววัตถุ ส่วนหนึ่งจะถูกวัตถุดูดซึมเก็บไว้ในวัตถุนั้น อีกส่วนหนึ่งจะถูกวัตถุส่งทะลุผ่านตัวของวัตถุเอง



รูปที่ 1 ความร้อนจากการแผ่รังสีที่ตกกระทบลงบนผิววัตถุ

อัตราส่วนของพลังงานความร้อนจากการแผ่รังส่วนที่ถูกดูดซึมไว้ในวัตถุ ต่อพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีที่มาตกกระทบนี้เรียกว่าค่าการดูดซึมรังสี (Absorptivity) ใช้สัญลักษณ์ว่า α และเมื่อเขียนเป็นสมการแล้วก็จะได้รูปสมการว่า

$$\alpha = \frac{\text{พลังงานที่ถูกดูดซึมเอาไว้}}{\text{พลังงานที่ตกกระทบ}} = \frac{y}{G}$$

$$\therefore \quad y = \alpha G$$

เมื่อ : y = พลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีที่ถูกดูดซึมเอาไว้, W

G = พลังงานความร้อนจากการแผ่รังที่มาตกกระทบ, W

α = ค่าการดูดซึมรังสี (Absorptivity)

อัตราส่วนของพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีส่วนที่ถูกสะท้อนกลับออกไป ต่อพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีที่มาตกกระทบนี้เรียกว่าค่าการสะท้อนรังสี (Reflectivity) ใช้สัญลักษณ์ว่า ρ และเมื่อเขียนเป็นสมการแล้วก็จะได้รูปสมการว่า

$$\rho = \frac{\text{พลังงานที่สะท้อนกลับ}}{\text{พลังงานที่ตกกระทบ}} = \frac{x}{G}$$

$$\therefore \quad x = \rho G$$

เมื่อ : x = พลังงานความร้อนจากการแผ่รังที่ถูกสะท้อนกลับ, W

G = พลังงานความร้อนจากการแผ่รังที่มาตกกระทบ, W

ρ = ค่าการสะท้อนรังสี (reflectivity)

อัตราส่วนของพลังงานความร้อนจากการแผ่รังส่วนที่ถูกส่งทะลุผ่านวัตถุ ต่อพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีที่มาตกกระทบนี้เรียกว่า ค่าการส่งผ่านรังสี (Transmissivity) ใช้สัญลักษณ์ว่า τ และเมื่อเขียนเป็นสมการแล้วก็จะได้รูปสมการว่า

$$\tau = \frac{\text{พลังงานที่ถูกส่งทะลุผ่าน}}{\text{พลังงานที่ตกกระทบ}} = \frac{Z}{G}$$

$$\therefore \quad Z = \tau G$$

เมื่อ : Z = พลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีที่ถูกส่งทะลุผ่าน, W

G = พลังงานความร้อนจากการแผ่รังที่มาตกกระทบ, W

τ = ค่าการส่งผ่านรังสี (Transmissivity)

จากการสมดุลพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีบนวัตถุที่อยู่ในรูปที่ 2-1 แล้ว ก็จะได้ความสัมพันธ์ว่า

$$\begin{pmatrix}\text{อัตราความร้อนจากการ}\\ \text{แผ่รังสีที่ตกกระทบ}\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\text{อัตราความร้อนจากการ}\\ \text{แผ่รังสีที่ถูกดูดซึมไว้}\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}\text{อัตราความร้อนจากการ}\\ \text{แผ่รังสีที่ถูกสะท้อนกลับ}\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}\text{อัตราความร้อนจากการ}\\ \text{แผ่รังสีที่ถูกส่งทะลุผ่าน}\end{pmatrix}$$

$$G = \alpha G + \rho G + \tau G$$

เมื่อเอา G หารตลอดแล้วก็จะได้

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

นั่นก็หมายความว่าค่าการดูดซึมรังสี α (Absorptivity) , ค่าการสะท้อนรังสี ρ (Reflectivity) และค่าการส่งผ่านรังสี τ (Transmissivity) ของวัตถุทุกชนิดรวมกันแล้วจะต้องมีค่าเท่ากับ 1 วัตถุบางชนิดจะมีค่า ρ มาก บางชนิดก็มีค่า ρ น้อย วัตถุบางชนิดมีค่า τ บางชนิดก็มีค่า τ น้อย วัตถุบางชนิดจะมีค่า α มากบางชนิดก็มีค่า α น้อย ค่าเหล่ามีค่าต่ำสุดเป็น ศูนย์ สูงสุดเป็น หนึ่ง เช่นวัตถุดำจะมีค่า α = 1 ส่วนค่า ρ และค่า τ ต่างก็มีค่าเท่ากับศูนย์ ส่วนวัตถุที่สามารถสะท้อนความร้อนจากการแผ่รังสีได้หมดก็จะมีค่า ρ = 1ส่วนค่า α และค่า τ ต่างก็มีค่าเท่ากับศูนย์เป็นต้น

เมื่อถูกเขียนในรูปของคุณสมบัติโมโนโครแมติกหรือคุณสมบัติสเปกตรัม(Monochromatic or spectral properties) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นแล้วก็จะมีรูปสมการเป็น:

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda + \tau_\lambda = 1$$

2.3 กฎของพลางค์ (Plank's Law)

วัตถุดำเมื่อถูกเผาให้ร้อนจนกระทั่งมีอุณหภูมิเท่ากับ T แล้วก็จะมี Photon แพร่ออกมาจากผิวของวัตถุดำนั้น Max Plank ได้พิสูจน์ให้เห็นว่า พลังงานที่แพร่ออกมาจากผิววัตถุดำที่อุณหภูมิ T ด้วยความความยาวคลื่น λ นั้นจะมีค่าเป็น

$$E_{b\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5\left(e^{c_2/\lambda T}-1\right)}$$

เมื่อ : $E_{b\lambda}$ = กำลังการแพร่รังสีโมโนโครแมติก หรือกำลังการแพร่รังสีสเปกตรัม (Monochromatic หรือ spectral emissive power) ที่อุณหภูมิ T ของวัตถุดำ, $W/m^2.m$

C_1 = ค่าคงที่จากการแผ่รังสีค่าแรก มีค่าเท่ากับ 3.7418×10^8 $W\mu m^4/m^2$

C_2 = ค่าคงที่จากการแผ่รังสีค่าที่สองาเท่ากับ 1.4388×10^4 μm K

T = อุณหภูมิของวัตถุ, K

λ = ความยาวคลื่น, μm

สมการนี้มีชื่อเรียกว่า กฎของพลางค์ (Plank's Law)

2.4 กฎดิสเพลซเมนต์ของวีน (Wien's Displacement Law)

ถ้าหากต้องการหาความยาวคลื่นที่ให้กำลังการแพร่รังสีโมโนโครแมติกสูงสุด(ของอุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง) ก็สามารถหาได้จากการดิฟเฟอเรนชิเอทค่า $E_{b\lambda}$ (ในสมการข้างบนของ Plank's Law) กับ $d\lambda$ แล้วให้เท่ากับศูนย์ นั่นก็คือ:

$$\frac{dE_{b\lambda}}{d\lambda} = \frac{d}{d\lambda}\left[\frac{C_1}{\lambda^5\left(e^{c_2/\lambda T}-1\right)}\right]_{T=Constant} = 0$$

เมื่อดิฟเฟอเรนชิเอทแล้วก็จะได้ :

$$\lambda_{max} \cdot T = 2.898 \times 10^{-3} \quad m \cdot K$$

เมื่อ : λ_{max} = ความยาวคลื่นที่วัตถุดำสามารถให้กำลังการแพร่รังสีโมโนโครแมติกสูงสุดที่ อุณหภูมินั้น ๆ สมการนี้มีชื่อเรียกว่า กฎดิสเพลซเมนต์ของวีน (Wien's Displacement Law)

เมื่อเอาค่า λ_{max} ในสมการนี้ไปแทนค่าลงในสมการ Plank's Law ข้างบนนี้ แล้วก็จะได้กำลังการแพร่รังสีโมโนโคร แมติกสูงสุดที่อุณหภูมินั้น ๆ ของวัตถุ เป็น

$$(E_{b\lambda})_{max} = 1.287 \times 10^{-5} T^5 \quad \frac{W}{m^2.m}$$

2.5 กฎสเตฟาน-โบลทซ์มันน์ (Stefan-Boltzmann Law)

กำลังการแพร่รังสีโมโนโครแมติกของวัตถุดำที่อยู่ในสมการ Plank's Law นั้นเป็นกำลังการแพร่รังสีเฉพาะที่ความยาวคลื่นใดคลื่นหนึ่งของอุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่งเท่านั้น ถ้าหากรวมเอากำลังการแพร่รังสีเฉพาะที่อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่งของทุกๆ ความยาวคลื่นแล้วก็จะกลายเป็นกำลังการแพร่รังสีรวม (total emissive power) ของอุณหภูมินั้น ๆ ซึ่งก็หาได้ด้วยการอินทิเกรดจากค่า $E_{b\lambda}$ในสมการ Plank's Law นั่นก็คือ

$$E_b = \int_0^\infty E_{b\lambda} \cdot d\lambda = \int_0^\infty \frac{C_1}{\lambda^5\left(e^{c_2/\lambda T}-1\right)} \cdot d\lambda$$

$$= \sigma T^4$$

เมื่อ : E_b = กำลังการแพร่รังสีรวมของวัตถุดำ, W/m^2

สมการนี้มีชื่อเรียกว่า กฎสเตฟาน-โบลทซ์มันน์ (Stefan-Boltzmann Law) ซึ่งมีใจความว่ากำลังการแพร่รังสีหรืออัตราความร้อนจากการแผ่รังสีต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของวัตถุแปรโดยกับอุณหภูมิสมบูรณ์ยกกำลังสี่

กำลังการแพร่รังสี E_b นี้เป็นอัตราความร้อนจากการแผ่ (แพร่) รังสีต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของวัตถุดำ ดังนั้นเมื่อเอาพื้นที่ผิวของวัตถุดำนั้นคูณกับกำลังการแพร่รังสีนี้แล้วก็จะได้อัตราความร้อนจากการแผ่รังสีของวัตถุดำทั้งก้อนเป็น

$$q_r = \sigma A T^4$$

เมื่อ : q_r = อัตราความร้อนจากการแผ่รังสีทั้งก้อนของวัตถุดำ , Watt

σ = $5.67 \times 10^{-8} W/m^2/K^4$ มีชื่อเรียกว่า Stefan-Boltzmann's constant

A = พื้นที่ผิวของวัตถุดำ, m^2

T = อุณหภูมิผิวของวัตถุดำ, K

วัตถุที่สามารถแพร่รังสีความร้อนเป็นอัตราส่วนคงที่กับอัตราการแพร่รังสีความร้อนของวัตถุดำที่ทุกความยาวคลื่นเมื่อวัตถุนั้นมีอุณหภูมิผิวและพื้นที่ผิวเท่ากับวัตถุดำนั้นเรียกว่าวัตถุเทา นั่นก็คือ

$$\frac{(q_r)_{\text{วัตถุเทา}}}{(q_r)_{\text{วัตถุดำ}}} = \varepsilon$$

ดังนั้นอัตราความร้อนจากการแผ่ (แพร่) รังสีของวัตถุเทาจะมีค่าเป็น:

$$(q_r)_{\text{วัตถุเทา}} = \varepsilon\,(q_r)_{\text{วัตถุดำ}}$$

$$= \varepsilon \sigma A T^4$$

เมื่อ : ε = ค่าการแพร่รังสี (emissivity)

เมื่อวัตถุสองก้อนมีอุณหภูมิแตกต่างกัน ก็จะมีการถ่ายเทความร้อนจากการแผ่รังสีหรือมีการแลกเปลี่ยนความร้อนจากการแผ่รังสีซึ่งกันและกัน ในกรณีที่เป็นวัตถุดำที่ถูกล้อมรอบโดยวัตถุดำชิ้นที่ 2 ได้หมดทั้งชิ้น (ที่เรียกว่า enclosure) แล้ว อัตราการถ่ายเทความร้อนสุทธิระหว่างวัตถุดำทั้งสองนั้นก็จะมีค่าเป็น

$q_r = \sigma A_1 \left(T_1^4 - T_2^4\right)$

เมื่อ : q_r = อัตราความร้อนสุทธิที่ถ่ายเทระหว่างวัตถุดำที่ถูกล้อมรอบโดยวัตถุดำชิ้นที่ 2, Watt

A_1 = พื้นที่ผิวของวัตถุดำชิ้นที่ 1 ที่ถูกล้อมรอบด้วย enclosure, m^2

T_1 = อุณหภูมิของวัตถุดำชิ้นที่ 1, K

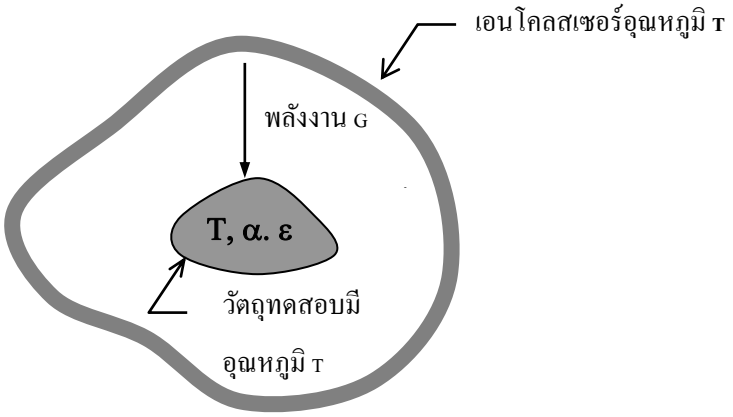
T_2 = อุณหภูมิของวัตถุดำชิ้นที่ 2, K

2.6 กฎของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchoff's Law)

ในเรื่องราวของการแผ่รังสีความร้อนนั้นจะมีความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมรังสี (absorptivity) กับค่าการแพร่รังสี (emissivity) อยู่คู่หนึ่ง ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้สามารถพิสูจน์ได้ด้วยการนำเอาวัตถุที่มีค่าการดูดซึมรังสี α และค่าการแพร่รังสี ε ไปวางไว้ภายในวัตถุรูปทรงปิดผนึก (isothermal enclosure) ที่มีอุณหภูมิสม่ำเสมอเท่ากันทั่วทั้งผิว ดังรูปที่ 2 ในกรณีนี้วัตถุที่วางอยู่ด้านในกับตัววัตถุรูปทรงปิดผนึกเองก็จะมีการแลกเปลี่ยนความร้อนจากการแผ่รังสีซึ่งกันและกัน จนกระทั่งถึงจุดที่วัตถุทั้งสองอยู่ในสภาวะสมดุลทางความร้อน (thermal equilibrium)

ในสภาวะดังกล่าวนี้ พลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีที่วัตถุดูดซึมไว้จะมีค่าเท่ากับพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีที่วัตถุแพร่ออกไป ในกรณีนี้ถ้าหาก G เป็นพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีที่มาตกกระทบลงบนผิววัตถุนั้นแล้ว พลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีที่วัตถุนั้นสามารถดูดซึมเอาไว้ก็จะต้องมีค่าเท่ากับ $\alpha_1 G$ และจะต้องเท่ากับ E_1 ที่วัตถุนั้นแพร่ออกไป นั่นก็คือ

$\alpha_1 G = E_1$



รูปที่ 2 สถานการณ์ที่ใช้ศึกษากฎของเคอร์ชอฟฟ์

ถ้าหากเอาวัตถุก้อนแรกออกจากวัตถุรูปทรงปิดผนึก แล้วนำเอาวัตถุก้อนที่สองที่มีขนาดเท่ากับก้อนแรกไปวางไว้แทน โดยที่วัตถุรูปทรงปิดผนึกนั้นยังคงมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิก่อนที่จะใส่วัตถุก้อนแรก ถ้าหากวัตถุก้อนที่ 2 อยู่ในสถานะสมดุลทางความร้อนกับวัตถุรูปทรงปิดผนึกเดิมแล้ว วัตถุก้อนที่ 2 นี้ก็จะต้องมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิของวัตถุก้อนแรก และในสภาวะสมดุลดังกล่าวนี้

$$\alpha_2 G = E_2$$

และถ้าหากวัตถุก้อนที่ 2 นี้เป็นวัตถุดำแล้ว สมการนี้ ก็จะกลายเป็น

$$\alpha_2 G = E_b$$

เมื่อเอาสมการของวัตถุก้อนแรก หารด้วยสมการนี้ ก็จะได้

$$\frac{\alpha_1 G}{\alpha_2 G} = \frac{E}{E_b}$$

แต่เนื่องจากวัตถุก้อนที่ 2 นี้เป็นวัตถุดำซึ่งจะมีค่า $\alpha_2 = 1$ ดังนั้นสมการนี้ก็จะลดรูปลงเป็น

$$\alpha_1 = \frac{E}{E_b}$$

ในกรณีนี้ถ้าเอาพื้นที่ผิว A คูณทางด้านขวามือของสมการทั้งบนและล่างแล้ว ก็จะมีรูปสมการใหม่เป็น

$$\alpha_1 = \frac{E.A}{E_b.A} = \frac{q_r}{q_{r,black\ body}}$$

จะเห็นได้ว่าค่า α ในสมการนี้ตรงกับคำนิยามของค่าการแพร่รังสี ε ของวัตถุ ดังนั้น

$$\alpha_1 = \varepsilon_1$$

ผลที่ได้ตามสมการนี้เรียกว่า กฎของเคอร์ชอฟฟ์ ซึ่งมีใจความว่า วัตถุที่อยู่ในสภาวะสมดุลเชิงความร้อนกับสิ่งแวดล้อมนั้น จะมีค่าการดูดซึมรังสี α เท่ากับค่าการแพร่รังสี ซึ่งผลดังกล่าวนี้จะเป็นจริงได้ก็ต่อเมื่อวัตถุดังกล่าวนั้นอยู่ในสภาวะสมดุลเชิงความร้อนกับสิ่งแวดล้อมเท่านั้น

2.7 Lambert's Cosine Law

กฎโคไซน์ของแลมเบิร์ดมีใจความว่าในกรณีของวัตถุที่สามารถแพร่รังสีความร้อนด้วยความเข้มที่เท่ากันทุกทิศทางที่เรียกว่า Diffuse surface นั้น กำลังการแพร่รังสีรวม E_θ ในทิศทางใด ๆ จะแปรโดยตรงกับค่า cosine ของมุม θ ที่อยู่ในระหว่างเส้นตั้งฉากของผิววัตถุกับทิศทางของความร้อนจากการแผ่รังสีนั้น นั่นก็คือ

$$E_\theta \alpha \cos\theta$$

$$E_\theta = C \cdot \cos\theta$$

เมื่อ : E_θ = กำลังการแพร่รังสีรวมในทิศทางที่ทำมุม θ กับแนวดิ่ง, W/m^2

C = ค่าคงที่

ถ้าหาก E_n เป็นกำลังการแพร่รังสีรวมในทิศทางที่ตั้งฉากกับวัตถุแล้ว ตามสมการนี้ ค่า E_n ก็จะต้องมีเป็น

$$E_n = C \cdot \cos 0^\circ$$

เมื่อหารสมการเริ่มต้นด้วยสมการนี้ ก็จะได้ (เมื่อ $\cos 0^\circ = 1$)

$$\frac{E_\theta}{E_n} = \frac{\cos \theta}{\cos 0}$$

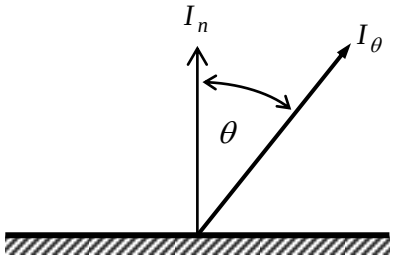
$$\therefore \quad E\theta = E_n \cdot \cos \theta$$

สมการนี้ เป็นความจริงเฉพาะในกรณีที่ผิวนั้นเป็นผิวที่สามารถให้ความเข้มของพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีได้เท่ากันทุกทิศทางที่เรียกว่า Diffuse surface เท่านั้น ในกรณีของผิวที่สามารถให้ความเข้มที่เท่ากันทุกทิศทางนั้นเราสามารถพิสูจน์ได้ว่า ความเข้มของการแผ่รังสี $I\theta$ในทิศทางใดๆ จะมีค่าเท่ากัน นั่นก็คือ

$I\theta = I_n =$ ค่าคงที่

เมื่อ : $I\theta$ = ความเข้มของการแผ่รังสีในทิศทางที่ทำมุม θ กับแนวดิ่ง, $W/m^2 \cdot sr$

I_n = ความเข้มของการแผ่รังสีในทิศทางที่ตั้งฉากกับผิววัตถุ, $W/m^2 \cdot sr$

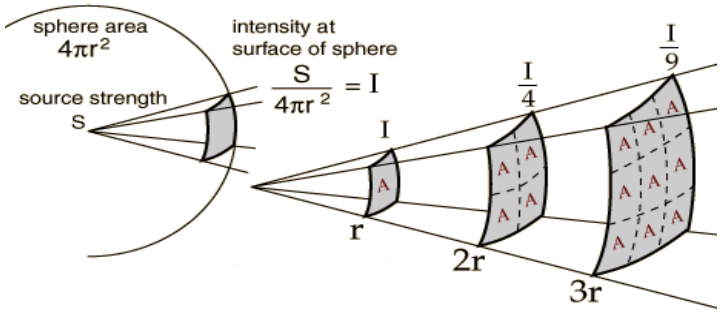


รูปที่ 3 แสดงวิธีวัดมุมของทิศทางพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีที่ส่งออก

2.8 หลักการกฎสัดส่วนผกผันยกกำลังสอง (Inverse Square Law)

กฎสัดส่วนผกผันยกกำลังสองมีใจความว่าความเข้มของแสงที่วัดได้บนวัตถุที่แสงไปตกระทบจะแปรค่าผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับวัตถุที่แสงตกกระทบนั้น

แหล่งกำเนิดแสงจะเปล่งแสงเท่ากันในทิศทางต่างๆ ตามหลักการของกฎสัดส่วนผกผันยกกำลังสองซึ่งค่าความเข้มของการเปล่งแสงซึ่งขึ้นกับระยะของรัศมี (r) ของการเปล่งแสงจะเป็นส่วนกลับกับพื้นที่ของทรงกลมดังรูปที่ 4 ข้างล่างนี้



รูปที่ 4 ความเข้มของแสงแปรตามหลักการของกฎสัดส่วนผกผันยกกำลังสอง

หลักการของกฎสัดส่วนผกผันยกกำลังสองจะสามารถประยุกต์ใช้กับแรงโน้มถ่วงของโลก สนามไฟฟ้า เสียงและการแผ่รังสีอื่นๆ

ถ้าระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงไปยังวัตถุมีค่าเป็นสองเท่าของความยาวเดิมแล้ว ความเข้มของแสงก็จะมีค่าลดลงเท่ากับ $(1/2)^2 = 1/4$ ของค่าความเข้มแสงจากแหล่งกำเนิดแสง จากหลักการ ทั่ว ๆ ไป ความเข้มของแสงจะสัมพันธ์กับระยะทาง d_1 และ d_2 คือ

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

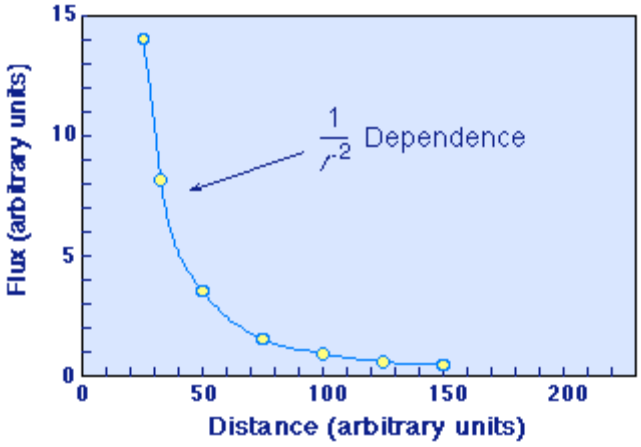
เมื่อ : I_1 = ความเข้มของแสงที่ระยะทาง ค่าที่หนึ่ง

I_2 = ความเข้มของแสงที่ระยะทาง ค่าที่สอง

d_1 = ระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงไปยังวัตถุค่าแรก

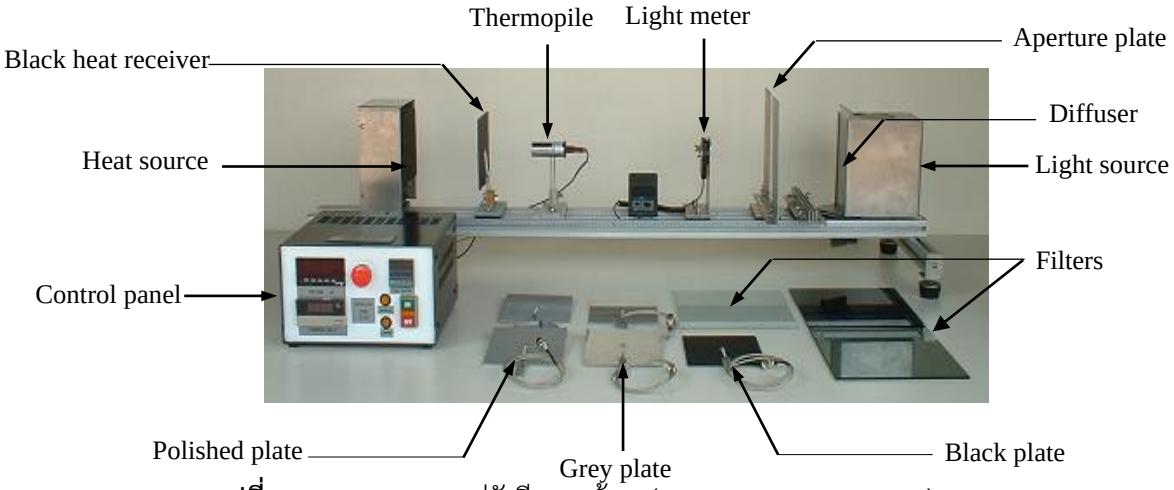
d_2 = ระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงไปยังวัตถุค่าที่สอง

ความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ความร้อนจากการแผ่รังสีกับระยะทางยกกำลังสอง

3. <u>เครื่องมือการทดลอง</u>



รูปที่ 6 ชุดทดลองการแผ่รังสีความร้อน (THERMAL RADIATION)

3.1 รายละเอียดทั่วไป

อุปกรณ์ชุดนี้ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้ศึกษาถึงการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี โดยใช้แหล่งให้พลังงาน 2 แหล่ง คือ แผ่นวัตถุที่ให้ความร้อน และหลอดไฟ

แหล่งให้ความร้อนโดยการแผ่รังสีและอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ ถูกติดตั้งบนฐานโครงสร้างอลูมิเนียมพร้อมสเกลวัดระยะ

แผ่นวัตถุที่ให้ความร้อนนี้ได้รับความร้อนจากเครื่องทำความร้อนไฟฟ้า (Electric Heater) ไหลผ่านแผ่นวัตถุที่ให้ความร้อน ซึ่งจะส่งความร้อนออกมาในลักษณะของการแผ่รังสี พลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีของแผ่นวัตถุที่ให้ความร้อนและพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีของหลอดไฟนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้สำหรับแผ่นวัตถุที่เป็นตัวรับความร้อนนี้จะมีผิวแบบต่าง ๆ คือ ดำ เทา และขาว วัตถุแต่ละแผ่นจะมีเทอร์โมคัพเปิ้ลติดไว้สำหรับวัดอุณหภูมิของแผ่นวัตถุโดยแสดงผลผ่านจอ และมีแผ่นวัตถุสำหรับปรับขนาดของช่องทางที่ใช้ในการแผ่กระจายรังสีความร้อนด้วยหลอดไฟที่ใช้เป็นแหล่งให้ความร้อน (แสง) นี้ จะสามารถวัดปริมาณความร้อนของแสง ที่แพร่ออกไปจากผิววัตถุ (หลอดไฟ) ซึ่งมีแผ่นกระจายแสงและวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดแสง นอกจากนี้จะมีแผ่นกรองแสง (ความร้อน) ที่มีขนาดความทึบแตกต่างกัน

3.2 การทดลอง

- กฎกำลังสองผกผันของการแผ่รังสีแสง (Inverse square law for light).
- การทดลองกฎสัดส่วนเชิงกลับกำลังสองสำหรับการแผ่รังสีความร้อน (Inverse square law for thermal radiation).
- การทดลองกฎโคไซน์ของแลมเบอร์ท สำหรับแสง (Lambert's cosine law for light)
- กฎการดูดซึมความร้อนจากการแผ่รังสีของแลมเบอร์ท (Lambert's law of absorption for light)
- กฎการแผ่รังสีความร้อนของสตีฟานโบลตส์มันน์ (Stefan-Boltzmann law of thermal radiation)
- การแพร่รังสีของพื้นผิวที่ต่างกัน (Emissivity of different surfaces)

- การเปล่งความร้อนออกจากพื้นผิวที่อยู่ใกล้กัน (Emissivity of two close radiating surfaces)
- กฎของ Kirchoff โดยการใช้แหล่งความร้อน (Kirchoff's law using heat source)
- ปัจจัยทางพื้นที่โดยการใช้แหล่งความร้อน (Area factor using heat source)

4. การทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1: กฎสัดส่วนผกผันกำลังสองของการแผ่รังสีของแสง (Inverse Square Law for Light Radiation).

การทดลองนี้ใช้สำหรับพิสูจน์ความถูกต้องของกฎสัดส่วนผกผันยกกำลังสองของการแผ่รังสีแสงด้วยการสาธิตให้เห็นว่าความเข้ม (I) ของรังสีแสงบนผิวของตัวรับแสงแปรผกผันกับกำลังสองของระยะทาง (d) ที่วัดจากผิวของตัวรับแสงถึงแหล่งกำเนิดแสง นั่นก็คือ

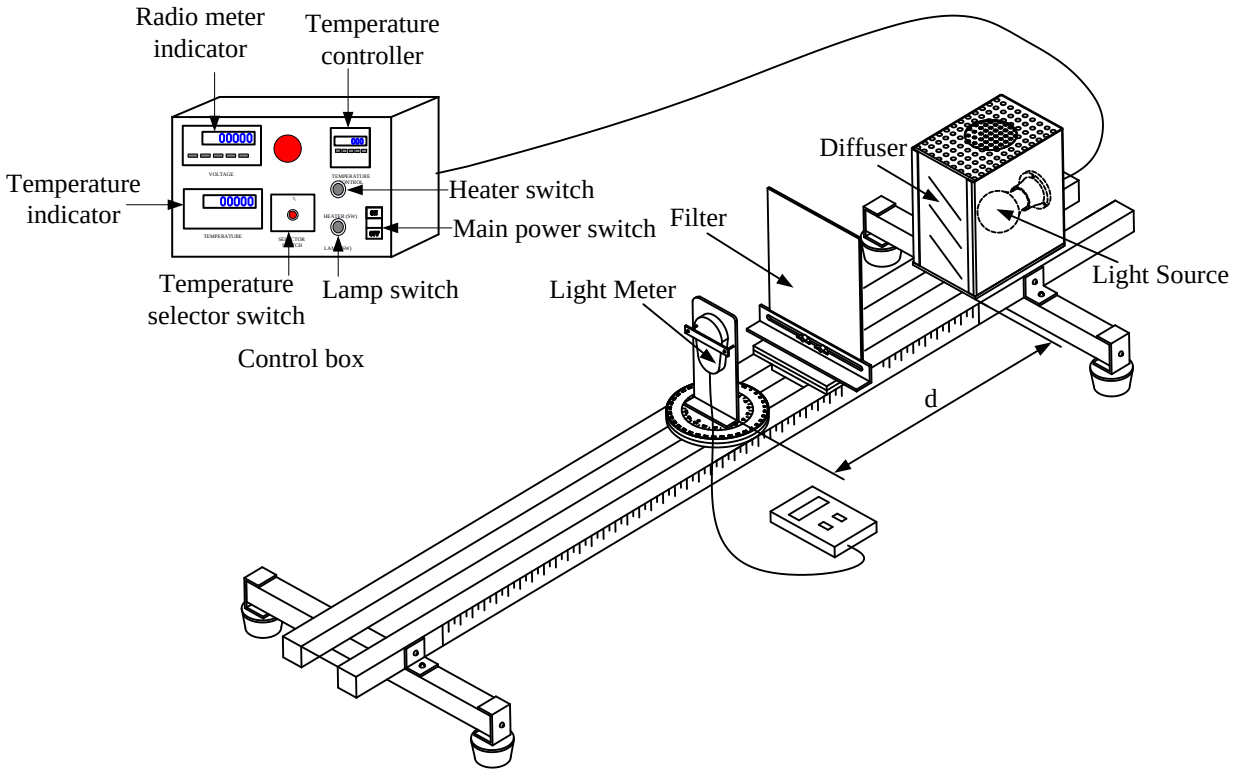
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

เมื่อ : I_1 = ความเข้มของการส่องสว่างบนผิวรับแสงผิวแรก ห่างจากแหล่งกำเนิดแสงเป็นระยะทางค่าแรก (d_1)

I_2 = ความเข้มของการส่องสว่างบนผิวรับแสงผิวที่สอง ห่างจากแหล่งกำเนิดแสงเป็นระยะ ทางค่าที่สอง (d_2)

d_1 = ระยะทางที่ผิวรับแสงผิวแรกอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดแสง

d_2 = ระยะทางที่ผิวรับแสงผิวที่สองอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดแสง



รูปที่ 7 แผนภูมิแสดงการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลองที่ 1

ในการทดสอบนั้นจะต้องติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบไว้ภายในห้องมืดทั้งนี้เพื่อจะได้กำจัดผลกระทบของแสงที่อยู่โดยรอบ

4.1.1 ก่อนการทดสอบ

4.1.1.1 ประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันโดยกำหนดตำแหน่งอ้างอิงของแหล่งกำเนิดแสงไว้ที่ระยะทางบนสเกลของรางเลื่อนที่เป็นแท่นเครื่องไว้ที่ ศูนย์ (หรือ 1000 mm) โดยให้ฐานของแผ่นกรองแสงและมิเตอร์วัดความเข้มของแสงอยู่บนขาตั้งของตัวรับแสง ดังรูปที่ 7

4.1.1.2 ต่อสายไฟของมิเตอร์วัดความเข้ม ของแสงและของแหล่งกำเนิดแสงไปยังตู้ควบคุม

4.1.2 ดำเนินการทดสอบ

4.1.2.1 ปรับให้มิเตอร์วัดความเข้มของแสงอยู่ห่างจากตำแหน่งอ้างอิงของแหล่งกำเนิดแสงเป็นระยะทาง 16.5 cm แล้วบันทึกค่าที่อ่านได้

4.1.2.2 ทำการทดลองซ้ำข้อ 3.1.2.1 หลังจากเลื่อนมิเตอร์วัดความเข้มของแสงห่างออกไปจากแหล่งกำเนิดแสงครั้งละ 5 cm จนกระทั่งมิเตอร์วัดความเข้มของแสงอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดแสงเท่ากับ 61.5 cm

4.1.2.3 ติดตั้งแผ่นกรองแสง (Light filter) ไว้ระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและมิเตอร์วัดความเข้มของ แสง แล้วทำการทดลองซ้ำข้อ 4.1.2.1 ถึงข้อ 4.1.2.2

4.1.2.4 เปลี่ยนแผ่นกรองแสงเป็นกรองแสงสีดำอ่อน (Medium filter) แล้วทำการทดลองซ้ำข้อ 4.1.2.1 ถึง 4.1.2.2

4.1.2.5 เปลี่ยนแผ่นกรองแสงเป็นแผ่นกรองแสงสีดำเข้ม (Dark filter) แล้วทำการทดลองซ้ำข้อ 4.1.2.1 ถึง 4.1.2.2



รูปที่ 8 รูปแสดงการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลองที่ 1

ตารางบันทึกผลการทดลอง

THERMAL RADIATION

การทดลองที่ 1 Inverse Square Law for Light Radiation

Tested by.....Date.....

Light source: .....Watts Lamp; Type of filter: .....

Test no.	Reading value			Calculated value		
	Distance d (cm)	Light meter Reading, I_1 (lux)	d^2	$I_2 = \frac{d_1^2}{d_2^2} I_1$	$Log_{10}d$	$Log_{10} I_1$

4.1.3 คำสั่งท้ายการทดลอง

4.1.3.1 ใช้ค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์วัดความเข้มของแสง (I_1) ของตำแหน่งเริ่มต้นของมิเตอร์ (ที่ 16.5 cm) มาคำนวณหาความเข้มของแสง (I_2) ของจุดอื่น ๆ โดยใช้สูตรจากกฎกำลังสองผกผัน แล้วบันทึกค่าที่คำนวณได้ลงไปในตารางบันทึกข้อมูลและผล เพื่อใช้สำหรับเปรียบเทียบกับค่าที่อ่านได้จากจุดต่าง

4.1.3.2 คำนวณหาค่า log d และ log I

4.1.3.3 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง log d กับ log I โดยให้ค่าของ log dอยู่บนแกน X ส่วนค่าของ log I อยู่บนแกน Y กราฟเส้นตรงที่ซึ่งมีความลาดชันลาดลง (ค่าเป็น ลบ) นั้นมีค่าประมาณเท่ากับ -2 จะเป็นเครื่องพิสูจน์ถึงความถูกต้องของกฎกำลังสองผกผัน

5. <u>วิจารณ์ผลการทดลอง</u>

6. <u>สรุปผลการทดลอง</u>

7. <u>ตัวอย่างการทดลอง</u>

การทดลองที่ 1 Inverse Square Law for Light Radiation

Tested by……H. Prairin…Date…Feb 14, 06….

Light source: …100….Watts lamp, Type of filter: …No filter….

Test no	Reading value			Calculated value		
	Distance d(cm)	Light meter Reading, I_1 (lux)	d^2	$I_2 = \frac{d_1^2}{d_2^2} I_1$	$Log_{10}d$	$Log_{10} I_1$
1	16.5	2098.4	272.25	2098.4	1.217	3.322
2	21.5	1438.4	462.25	1235.888	1.332	3.158
3	26.5	1038.4	702.25	946.814	1.423	3.016

8. <u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

การทดลองที่ 1: กฎสัดส่วนผกผันยกกำลังสองของการแผ่รังสีความร้อนของแสง **(**Inverse Square Law for Light Radiation)

ตัวอย่างผลการทดลอง

จากตัวอย่างผลการทดลอง, หน้า 3.1-5, แถวที่ 3:

ระยะ d_1 = 21.5 cm

ระยะ d_2 = 26.5 cm

ความเข้มแสงที่อ่านได้ I_1 = 1438.4 lux

แทนค่า $I_2 = \frac{d_1^2}{d_2^2} \times I_1$

$= \frac{21.5^2}{26.5^2} \times 1438.4 \text{ lux}$

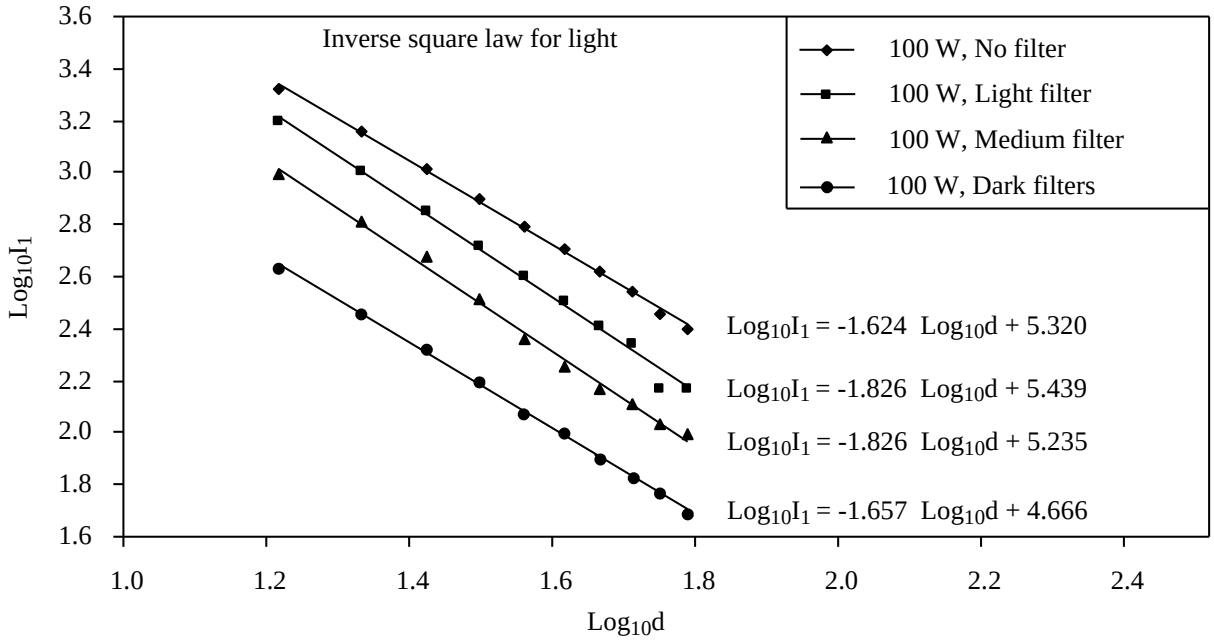
= 946.814

$Log_{10}d = Log_{10}\ 26.5$

= 1.423

$Log_{10}I_1 = Log_{10}\ 1038.4$

= 3.016


Inverse square law for light
100 W, No filter
100 W, Light filter
100 W, Medium filter
100 W, Dark filters
Log10I1 = -1.624 Log10d + 5.320
Log10I1 = -1.826 Log10d + 5.439
Log10I1 = -1.826 Log10d + 5.235
Log10I1 = -1.657 Log10d + 4.666
Log10I1
Log10d
3.6
3.4
3.2
3.0
2.8
2.6
2.4
2.2
2.0
1.8
1.6
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
2.4

รูปที่ 9

9. การทดลองที่ 2: กฎสัดส่วนผกผันกำลังสองสำหรับการแผ่รังสีความร้อน (Inverse Square Law for thermal radiation)

การทดลองนี้เพื่อพิสูจน์กฎสัดส่วนผกผันยกกำลังสองของรังสีความร้อน (I) โดยจะสาธิตให้เห็นว่าความเข้มของรังสีความร้อนบนผิวของแผ่นวัตถุรับรังสีที่อยู่ห่างออกไปจากแหล่งกำเนิดความร้อน จะแปรผกผันกับระยะทาง (d) ระหว่างแหล่งกำเนิดความร้อนกับแผ่วัตถุรับรังสีความร้อนยกกำลังสอง นั่นก็คือ

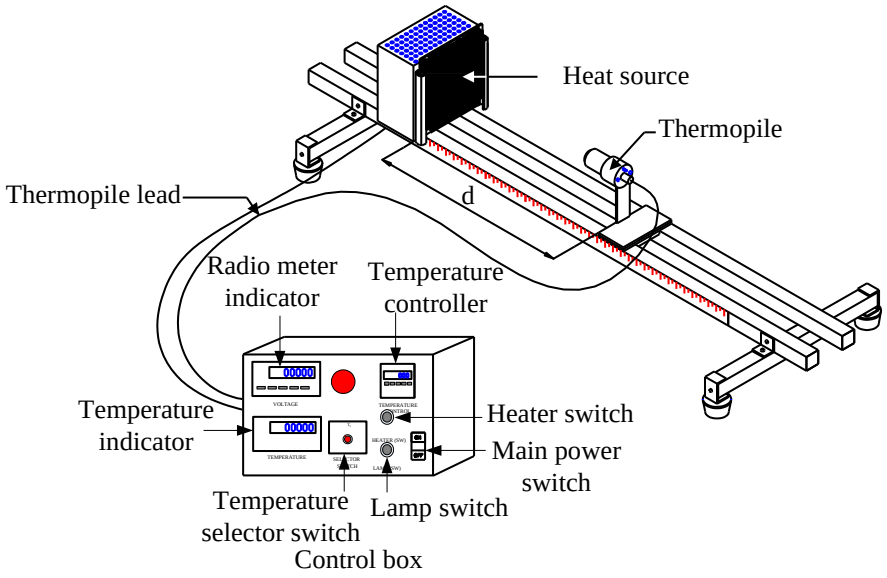
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

เมื่อ : I_1 = ค่าความเข้มของแสงที่ส่องสว่างที่ระยะทางที่ 1

I_2 = ค่าความเข้มของแสงที่ส่องสว่างที่ระยะทางที่ 2

d_1 = ระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงไปยังวัตถุค่าแรก

d_2 = ระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงไปยังวัตถุค่าที่สอง



รูปที่ 10 แผนภูมิแสดงการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลองที่ 2

9.1.1 ก่อนการทดสอบ

9.1.1.1 ประกอบอุปกรณ์เข้าด้วยกันโดยให้แหล่งกำเนิดความร้อนอยู่ทางด้านซ้ายมือของรางเลื่อนที่เป็นฐานเครื่อง และให้ตัววัดรังสีความร้อน (Radiometer) อยู่บนขาตั้งของตัวรับรังสี ความร้อน ดังรูปที่ 10

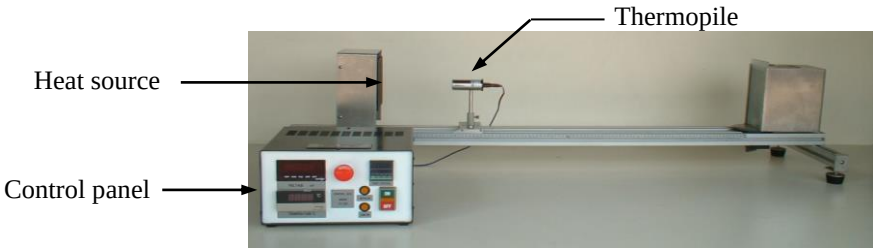
9.1.1.2 ต่อสายไฟของแหล่งแผ่รังสีความร้อนและของตัววัดรังสีความร้อนไปยังตู้ควบคุม

9.1.2 ดำเนินการทดสอบ

9.1.2.1 จัดให้ผิวร้อนของแหล่งกำเนิดความร้อนอยู่ที่ระยะ 0 cm ตามค่าที่อยู่บนสเกล

9.1.2.2 จัดให้ตัววัดรังสีความร้อนอยู่ที่ระยะ 10 cm ตามค่าที่อยู่บนสเกล แล้วบันทึกความเข้มของรังสีความร้อนที่อ่านได้จากตัววัดรังสีความร้อนบนตาราง

9.1.2.3 เลื่อนตัววัดรังสีความร้อนห่างออกไปจากแหล่งกำเนิดความร้อนครั้งละ 5 cm แล้วบันทึกค่าที่อ่านได้จากตัววัดรังสีความร้อนเช่นเดียวกับข้อ 9.1.2.2 จนกระทั่งตัววัดรังสีความร้อนเลื่อนไปอยู่ที่ระยะ 60 cm



รูปที่ 11 รูปแสดงการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลองที่ 2

การทดลองที่ 2: Inverse Square Law for Thermal Radiation

Tested by: .....Date: .....

Thermopile S/N.....

Temperature T °C	Reading value		I_1 =.....R W/m^2	$Log_{10}d$	$Log_{10}I_1$	Note
	Distance, d (cm)	Thermopile reading, R μv				

10. คำสั่งท้ายการทดลอง

- คำนวณ thermopile sensitivity ตามตัวอย่างในเอกสารแนบ 1
- คำนวณ I_1 จากค่าที่อ่านได้จากตัววัดความรังสีความร้อน R
- คำนวณหาค่า log_{10} d และ log_{10} I. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของ log_{10} d กับค่าของ log_{10} I โดยให้ค่า log_{10} d อยู่ บนแกน X ส่วนค่าของ log_{10} I อยู่บนแกน Y ความลาดชันของกราฟเส้นตรงที่เอียงลาดลง (มีค่าติดลบ) ที่มีค่าประมาณเท่ากับ 2 นั้นเป็นตัวที่ยืนยันว่าเป็นไปตามกฎผกผันกำลังสอง

11. <u>วิจารณ์ผลการทดลอง</u>

12. <u>สรุปผลการทดลอง</u>

13. <u>ตัวอย่างการทดลอง</u>

การทดลองที่ 2: Inverse Square Law for Thermal Radiation

Tested by: ...H. Prairin....Date: ...181106.....

Temperature T °C	Reading values		I_1 = 0.1228 R W/m^2	$Log_{10}d$	$Log_{10}I_1$	Note
	Distance, d (cm)	Thermopile reading, R μV				
120	10	14721	1807.7	1.00	3.26	
120	15	14208	1744.7	1.18	3.24	
120	20	11984	1471.6	1.30	3.17	
120	25	9178	1127.1	1.40	3.05	

14. <u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

การทดลองที่ 2: กฎสัดส่วนผกผันยกกำลังสองของการแผ่รังสีความร้อนของแสง (Inverse Square Law for Light Radiation)

ตัวอย่างผลการทดลอง

จากตัวอย่างผลการทดลอง แถวที่ 4

ระยะ d_1 = 25 cm

ระยะ d_2 = 30 cm

Thermopile อ่านได้ R = 9178 μV

จาก I_1 = 0.1228 R

= 0.1228×9178 W/m^2

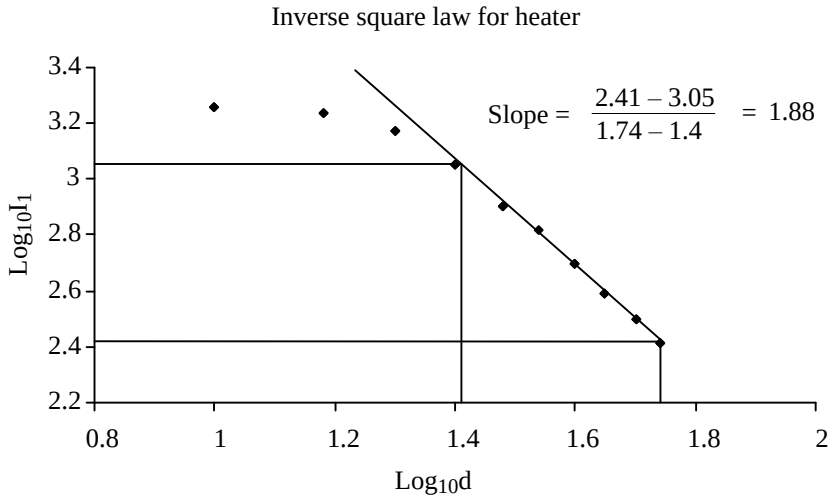
= 1127.058 W/m^2

$Log_{10}I_1$ = Log_{10} 1127.058

= 3.0519

$Log_{10}d$ = Log_{10} 25

= 1.3979



รูปที่ 12

จากกราฟข้างบนได้ความชัน = 1.88 ซึ่งใกล้เคียง 2.0 เป็นการยืนยันความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มของแสงกับส่วนกลับของระยะทางยกกำลังสอง

15. การทดลองที่ 3: กฎโคไซน์ของแลมเบอร์ทสำหรับแสง (Lambert's Cosine Law for Light Radiation)

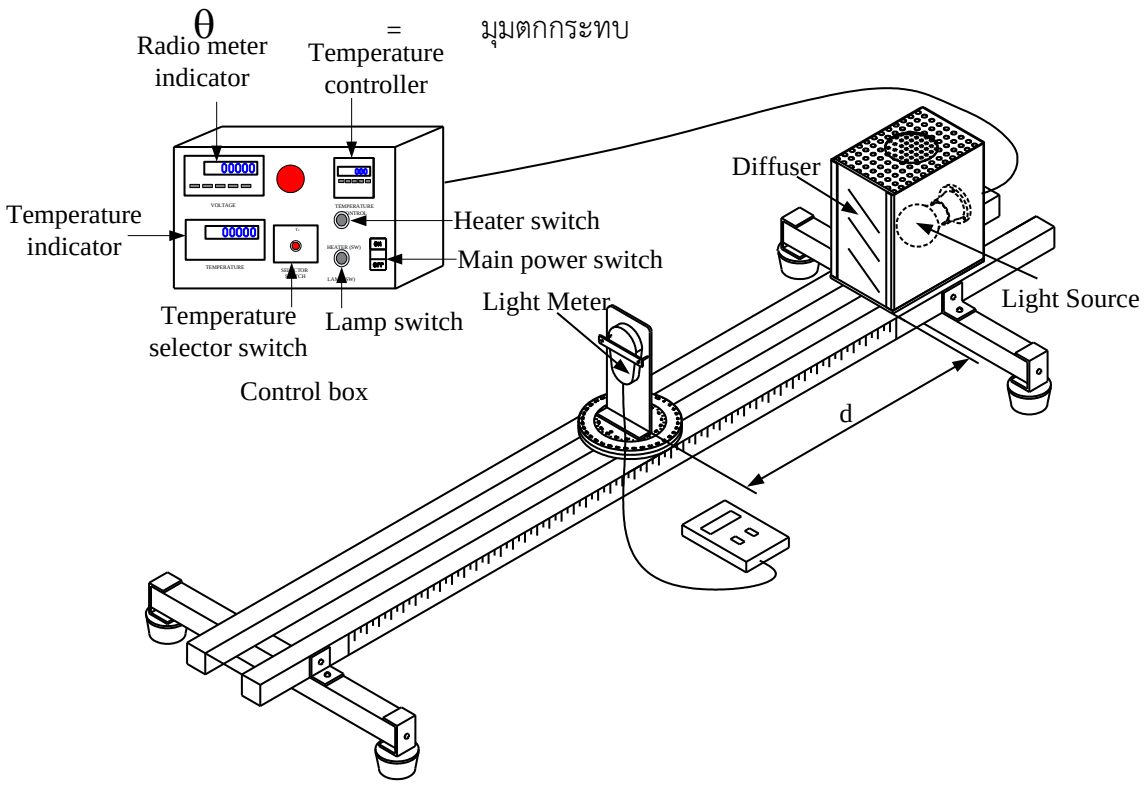
เพื่อพิสูจน์ให้เห็นความถูกต้องของกฎโคโซน์ของแลมเบิร์ด (Lambert's Cosine Law) โดยจะสาธิตให้เห็นว่าการแผ่รังสีของแหล่งกำเนิดแสงที่ตกกระทบวัตถุใดๆ (I) จะขึ้นกับค่าของโคโซน์ของมุมกระทบ (θ) ที่สัมพันธ์กับทิศทางการแผ่รังสีของแหล่งกำเนิด นั่นคือ

$$I_{diffuse} = I_{light} \times \cos\theta$$

เมื่อ : $I_{diffuse}$ = ความเข้มของแสงที่สะท้อนกลับจากพื้นผิว

I_{light} = ความเข้มของแสงที่ตกกระทบที่ความยาวคลื่นค่าหนึ่ง

θ = มุมตกกระทบ



รูปที่ 13 ไดอะแกรมการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลองที่ 3
จะต้องติดตั้งอุปกรณ์ที่ทดสอบไว้ในห้องมืดเพื่อจำกัดผลกระทบจากแสงที่อยู่รอบๆ

15.1 ก่อนการทดสอบ

15.1.1 ประกอบอุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกันตามรูป 13 โดยตั้งแหล่งกำเนิดแสงไว้ที่ระยะทางศูนย์ (หรือ 1000 mm) ตามค่าที่อยู่บนสเกลของรางเลื่อน โดยที่แท่นรองรับตัวกรองแสงและมิเตอร์วัดแสงอยู่บนขาตั้งของตัวรับแสง

15.1.2 ต่อสายไฟของมิเตอร์วัดแสงกับสายไฟของแหล่งกำเนิดแสงไปยังตู้ควบคุม

15.2 การดำเนินการทดสอบ

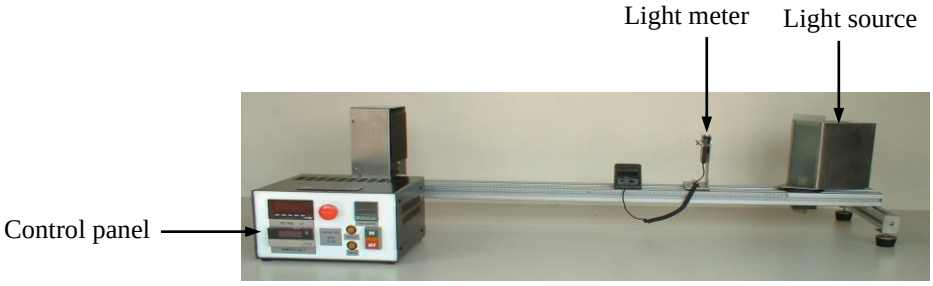
15.2.1 ตั้งมิเตอร์วัดแสงให้ห่างจากแหล่งกำเนิดแสงเป็นระยะทาง 4.5 cm (หรือระยะห่างค่าอื่น) แล้วบันทึกความเข้มของแสงที่อ่านได้ (มุมตกกระทบเท่ากับ ศูนย์ องศา)

15.2.2 หมุนมิเตอร์วัดแสงเพื่อให้เกิดมุมตกกระทบเท่ากับ 10 องศา (ทำมุมไปทางขวามือ) แล้วบันทึกความเข้มของแสงที่วัดได้

15.2.3 หมุนมิเตอร์วัดแสงให้มากขึ้นเพื่อเพิ่มมุมตกกระทบของแสงขึ้นครั้งละ 10 องศา จนกระทั่งมีมุม ตกกระทบเท่ากับ 90 องศา แต่ละมุมที่เพิ่มขึ้นนั้นให้บันทึกความเข้มของแสงที่วัดได้

15.2.4 หมุนมิเตอร์วัดแสงจนกระทั่งมีมุมตกกระทบเท่ากับ 10 องศา โดยให้ลำแสงทำมุมไปทางด้านซ้ายมือแล้วบันทึกความเข้มของแสงที่วัดได้

15.2.5 หมุนมิเตอร์วัดแสงต่อไปอีกเพื่อเพิ่มมุมตกกระทบขึ้นครั้งละ 10 องศา จนกระทั่งถึง 90 องศา แต่ละมุมตกกระทบที่เพิ่มขึ้นนั้นให้บันทึกความเข้มของแสงที่วัดได้



รูปที่ 14 รูปแสดงการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลองที่ 3

หมายเหตุ: หากมีการใช้คอมพิวเตอร์ในการบันทึกข้อมูล ให้เลือกสวิตช์ไปที่ Output

16. **ตารางบันทึกผลการทดลอง**

การทดลองที่ 3: Lambert's Cosine Law for Light Radiation

Distance from light meter to lamp (d) = ...

Light source: .....Watts Lamp Tested by.....Date.....

Test No.	Reading value		Calculated value		Remarks
	Incident Angle θ	Light meter I (lux)	Cos θ	Calculated , I	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

17. คำสั่งท้ายการทดลอง

- ใช้ค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์วัดแสงที่เป็นความเข้มแสงเริ่มต้นของมุมตกกระทบเท่ากับ 0 องศา คำนวณหาความเข้มของแสงที่มุมตกกระทบต่าง ๆ โดยใช้สมการจากกฎ cosine ของ Lambert แล้วบันทึกค่าที่คำนวณได้ไว้ในตารางบันทึกข้อมูลและผลการทดลอง เพื่อใช้สำหรับเปรียบเทียบกับค่าที่อ่านได้จากการวัดที่มุมตกกระทบต่าง ๆ
- เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของแสงที่วัดได้จริงและค่าที่คำนวณได้กับค่าของมุมตกกระทบต่าง ๆ โดยให้ความเข้มของแสงทั้งสองอยู่บนแกน Y ส่วนมุมตกกระทบอยู่บนแกน X

18. <u>วิจารณ์ผลการทดลอง</u>

19. <u>สรุปผลการทดลอง</u>

20. <u>ตัวอย่างการทดลอง</u>

การทดลองที่ 3: Lambert's Cosine Law for Light Radiation

Tested by.....H.Prairin.....Date...Feb 14, 06....

Distance from light meter to diffuser (d) = 4.5 cm Light source: .....100.....Watts Lamp

	Test no.	Reading value		Calculated value		Percent error (%)
		Incident angle θ	Light meter I (lux)	Cos θ	Calculated, I	
Right hand	1	0	2077.4	1.000	2077.400	0.0
	2	10	2057.4	0.985	2046.239	0.5
	3	20	2017.4	0.940	1952.756	3.3
	4	30	1907.4	0.866	1799.028	6.0

21. <u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

การทดลองที่ 3: Lambert's cosine law for light radiation.

ตัวอย่างผลการทดลอง

จากตัวอย่างผลการทดลอง แถวแรกและแถวที่ 4:

Incident angle θ = 0, Light meter I (reading) = 2077.4 lux

θ = 30°, Light Meter I (reading) = 1907.4 lux

แทนค่า $\cos\theta$ = cos0 = 1

$I_{diffuse} = I_{light} \times \cos\theta$

$= 2077.4 \times \cos0$

$= 2077.4 \times 1$

$= 2077.4$ lux

$\cos\theta = \cos30$

$= 0.866$

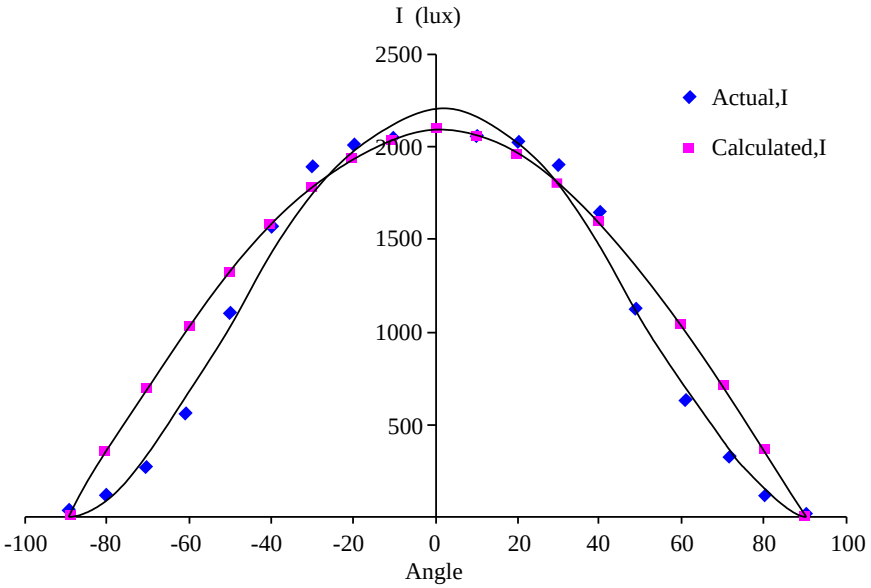
$$I_{diffuse} = I_{light} \times \cos\theta$$

$$= 2077.4 \times \cos 30$$

$$= 2077.4 \times 0.866$$

$$= 1799.028 \text{ lux}$$

22. ตัวอย่าง กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบกับค่าความเข้มของแสง



รูปที่ 15

23. การทดลองที่ 4: กฎการดูดซึมความร้อนจากการแผ่รังสีของลัมเบอร์ท (Lambert's Law of Absorption for Light Radiation)

23.1 จุดประสงค์ของการทดลอง

การทดลองนี้เพื่อต้องการพิสูจน์ความถูกต้องของกฎด้วยการสาธิตให้เห็นว่าความเข้ม (I) ของแสงจากการแผ่รังสีที่ทะลุผ่านวัตถุไม่ทึบแสงที่มีความหนาแตกต่างกันนั้น จะลดลงเป็นสัดส่วนกับความหนาของวัตถุ (t) และค่าการดูดซึมรังสี (α) ของวัตถุ ตามสมการต่อไปนี้

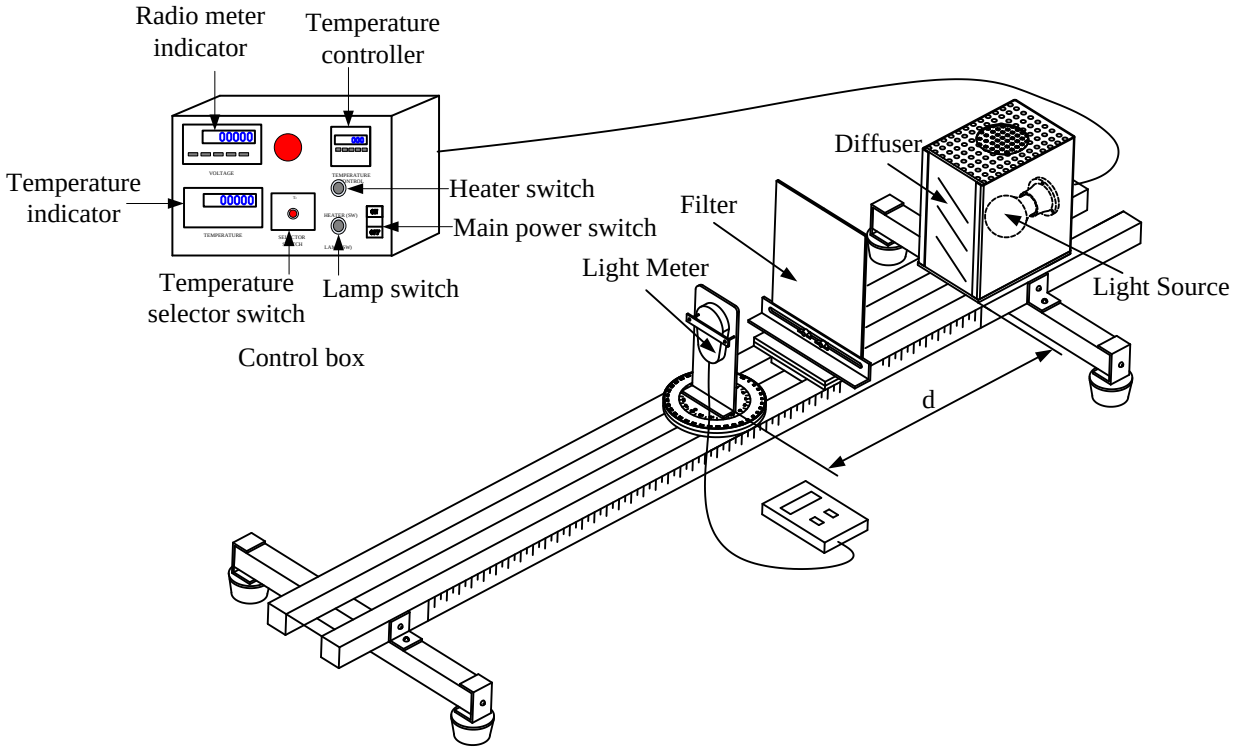
$$I_{diffuse} = I_{light} \cdot e^{\alpha t}$$

เมื่อ : $I_{diffuse}$ = ความเข้มของแสงที่สะท้อนออกจากผิววัตถุ

I_{light} = ความเข้มของแสงที่มาตกกระทบของแต่ละความยาวคลื่น

α = ค่าการดูดซึมรังสี (Absorptivity) ของวัตถุ

t = ความหนาของวัตถุ



รูปที่ 16 แผนภูมิแสดงการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลองที่ 4

จะต้องติดตั้งอุปกรณ์ที่ทดสอบไว้ในห้องมืดเพื่อจำกัดผลกระทบจากแสงที่อยู่รอบ ๆ

23.2 ก่อนการทดสอบ

- ประกอบอุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกันตามรูป 16 โดยตั้งแหล่งกำเนิดแสงไว้ที่ระยะทาง ศูนย์ (หรือ 1000 mm) ตามค่าที่อยู่บนสเกลของรางเลื่อน โดยที่แท่นรองรับตัวกรองแสงและมิเตอร์วัดแสงอยู่บนขาตั้งของตัวรับแสง

- ต่อสายไฟของมิเตอร์วัดแสงและสายไฟของแหล่งกำเนิดแสงไปยังตู้ควบคุม

23.3 การดำเนินการทดสอบ

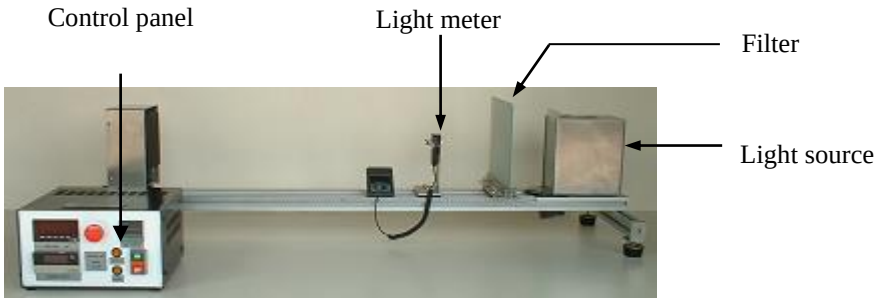
- ตั้งมิเตอร์วัดแสงให้ห่างจากแหล่งกำเนิดแสงเป็นระยะทาง 15 cm (หรือระยะทางอื่น) แล้วบันทึกความเข้มของแสงที่อ่านได้ (ไม่มีตัวกรองแสง), I_{light}

- ติดตั้งแผ่นกรองแสงสีขาวอ่อน (Light filter) ที่หนา 4.5 mm ไว้ระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับมิเตอร์วัดแสง บันทึกความเข้ม I_{light} ของแสงที่อ่านได้ (ภายหลังจากผ่านแผ่นกรองแสงแล้ว)

- เปลี่ยนแผ่นกรองแสงที่อยู่ระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับมิเตอร์วัดแสง ให้เป็นแผ่นกรองแสงสีดำปานกลางขนาดความหนา 4.5 mm แล้วบันทึกความเข้ม I_{defuse} ของแสงที่อ่านได้ (ภายหลังจากผ่านแผ่นกรองแสงแล้ว)

- เปลี่ยนแผ่นกรองแสงที่อยู่ระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับมิเตอร์วัดแสงให้เป็นแผ่นกรองแสงสีดำมืดขนาด ความหนา 4.5 mm แล้ว บันทึกความเข้ม I_{defuse} ของแสงที่อ่านได้ (ภายหลังจากผ่านแผ่นกรองแสงแล้ว)

- เปลี่ยนแผ่นกรองแสงที่อยู่ระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับมิเตอร์วัดแสง ให้เป็นแผ่นกรองแสงสีดำปานกลาง 2 แผ่น แล้วบันทึกความเข้ม I_{defuse} ของแสงที่อ่านได้ (ภายหลังจากผ่านแผ่นกรองแสงแล้ว)



รูปที่ 17 รูปการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลองที่ 4

หมายเหตุ: หากมีการใช้คอมพิวเตอร์ในการบันทึกข้อมูล ให้เลือกสวิตช์ไปที่ Output

24. **ตารางผลการทดลอง Lambert's Law of Absorption for Light Radiation**

Distance from light meter to diffuser (d) =.....

Light source: .....Watts Lamp Tested by.....Date..... ....

Test No.	Description	Intensity, $I_{diffuse}$ (reading value) lux	Absorptivity (Calculated value) α	Remarks
1	No filter			
2	Light filter			
3	Medium filter			
4	Dark filter			
5	Double medium filters			

25. คำสั่งท้ายการทดลอง

- ให้คำนวณหาค่าการดูดซึมความร้อนจากการแผ่รังสี (Absorptivity) α ของแผ่นกรองแสงต่าง ๆ โดยใช้ กฎการดูดซึมความร้อนจากการแผ่รังสีของลัมเบอร์ท ข้างต้น

- ให้เปรียบเทียบค่าการดูดซึมความร้อนจากการแผ่รังสีของแผ่นกรองแสงเทียบกับความทึบแสง และให้สังเกตดูความสัมพันธ์นั้น

- ให้เปรียบเทียบค่าการดูดซึมความร้อนจากการแผ่รังสีของแผ่นกรองแสงเทียบกับความหนาของแผ่นกรองแสง และให้สังเกตดูความสัมพันธ์นั้น

26. <u>วิจารณ์ผลการทดลอง</u>

27. <u>สรุปผลการทดลอง</u>

28. <u>ตัวอย่างการทดลอง</u>

การทดลองที่ 4: Lambert's Law of Absorption for Light Radiation

Distance from light meter to diffuser (d) =...15... cm

Light source :.....100.....Watts Lamp Tested by.....H.Prairin.....Date....June 19, 08....

Test No.	Description	Intensity, $I_{diffuse}$ (reading value) lux	Absorptivity (Calculated value) α	Remarks
1	No filter	1705	0	
2	Light filter	1370	0.048	

29. <u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

การทดลองที่ 4: Lambert's Law of Absorption for Light Radiation

ตัวอย่างผลการทดลอง

จากตัวอย่างผลการทดลอง, หน้า 3.4-4:

ความหนาของวัสดุ, $t = 4.5$ mm

$I_{diffuse} = 1705$ lux

$I_{light} = 1370$ lux

$$I_{diffuse} = I_{light}\, e^{\alpha t}$$

$$\alpha = \left(\frac{\ln\left(\frac{I_{diffuse}}{I_{light}} \right)}{t} \right)$$

$$\alpha = \left(\frac{\ln\left(\frac{1705}{1370} \right)}{4.5} \right)$$

$$= 0.048$$

30. การทดลองที่ 5: กฎการแผ่รังสีความร้อนของสตีฟานโบลตส์มันน์ (Stefan-Boltzmann Law of Thermal Radiation)

30.1 จุดประสงค์ของการทดลอง

การทดลองนี้เพื่อต้องการพิสูจน์ความถูกต้องของกฎด้วยการสาธิตให้เห็นว่าความเข้ม I ของความร้อนจากการแผ่รังสีของวัตถุดำ (Black body) ที่จุดต่าง ๆ แปรผันตามค่ากำลังสี่ของอุณหภูมิของแหล่งความร้อน ตามสมการ

$$q_b = \sigma\left(T_S^4 - T_A^4\right)$$

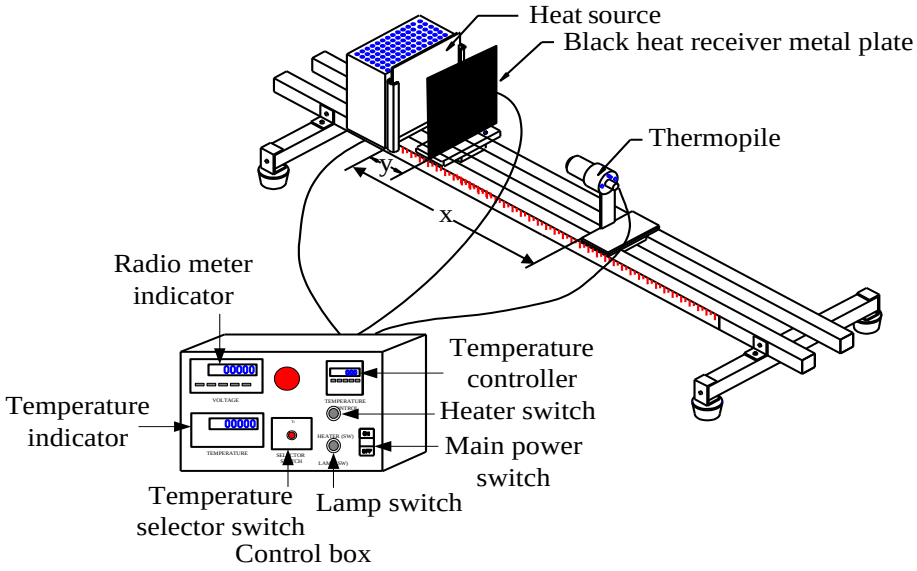
เมื่อ : q_b = อัตราความร้อนจากการแผ่รังสีของวัตถุดำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของแหล่งที่ให้ความร้อน

= 0.1228 x ค่าที่อ่านได้จาก Thermopile (สำหรับThermopile S/N 060396)

σ = Stefan-Boltzmann Constant = 5.67×10^{-8} W/m$^2 \cdot$ K^4

T_S = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของวัตถุดำ, องศา K

T_A = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของอุณหภูมิห้อง



รูปที่ 18 ไดอะแกรมการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลองที่ 5

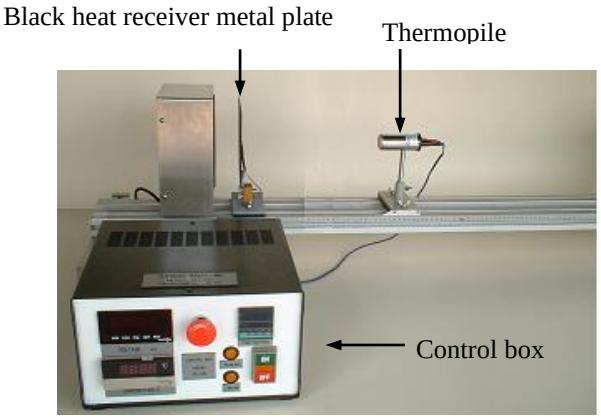
30.2 ก่อนการทดสอบ

- ประกอบอุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกันตามรูป 18 โดยให้แหล่งกำเนิดความร้อนอยู่ที่ด้านซ้ายมือของรางเลื่อน ให้แผ่นวัตถุซึ่งเป็นวัตถุดำที่เป็นตัวรับความร้อนและมิเตอร์วัดรังสีความร้อน (radiometer) อยู่บนขาตั้งดังรูป

- ต่อสายไฟของมิเตอร์วัดรังสีความร้อน (radiometer) และสายไฟของแผ่นวัตถุดำ ไปยังกล่องควบคุม

30.3 การดำเนินการทดสอบ

- ตั้งแหล่งให้ความร้อนไว้ที่ตำแหน่ง ศูนย์ ตามสเกลที่อยู่บนรางเลื่อนที่เป็นแท่นเครื่อง
- ตั้งแผ่นวัตถุดำไว้ที่ตำแหน่ง 1.0 cm ของสเกล
- ตั้งมิเตอร์วัดรังสีความร้อน (Radiometer) ไว้ที่ตำแหน่ง 7.0 cm ของสเกล
- วัดอุณหภูมิบรรยากาศที่อยู่รอบ ๆ แผ่นวัตถุดำแล้วบันทึกค่าที่อ่านได้ไว้ในตารางบันทึกข้อมูล
- เปิดสวิตช์ไฟของตัวให้ความร้อน (Heater) แล้วบิดลูกบิดของตัวตั้งกระแสไฟฟ้าไปยังตำแหน่งมากสุด
- ปรับตัวตัวควบคุมพลังงานไฟฟ้าเพื่อลดอุณหภูมิของแผ่นวัตถุดำให้มีค่าคงที่ที่อุณหภูมิ ประมาณ 130 °C (ตัวอย่าง), แล้วบันทึกค่าที่อ่านได้ของThermopile
- ปรับตัวตัวควบคุมพลังงานไฟฟ้าเพื่อลดอุณหภูมิของแผ่นวัตถุดำลงครั้งละ 5°C แต่ละครั้งจะต้องรอให้มีอุณหภูมิคงที่ จนกระทั่งแผ่นวัตถุดำมีอุณหภูมิเหลือเพียง 85 °C
- ที่แต่ละอุณหภูมิให้อ่านค่าจากมิเตอร์วัดรังสีความร้อนแล้วบันทึกค่าที่อ่านได้ไว้ในตารางบันทึกข้อมูล



รูปที่ 19 รูปการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลองที่ 5

31. ตารางผลการทดลองที่ 5: Stefan-Boltzmann Law of Thermal Radiation

Tested by ..... Date .....

Distance from thermopile to heat source (X) = ……... mm		
Distance from heat source to nearest metal plate (Y) =…... ...mm		

Thermopile S/N.....

32. คำสั่งหลังการทดลอง

Test No.	Reading Value					Calculated Value	
	Temperature				Thermopile Reading, R μV	$q_b = ...R$ W/m^2	$q_{b1} = \sigma\left(T_s^4 - T_A^4\right)$ W/m^2
	T_s °C	T_A °C	T_s K	T_A K			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

- คำนวณ Thermopile Sensitivity ตามตัวอย่างในเอกสารแนบ 1
- บันทึกค่าที่ได้ลงตาราง
- ให้คำนวณหาพลังงานที่แพร่ออกจากแหล่งให้ความร้อนโดยใช้อุณหภูมิของแหล่งให้ความร้อนกับอุณหภูมิที่อ่านได้จากมิเตอร์วัดรังสีความร้อน นั่นก็คือ

$$q_{b1} = \sigma\left(T_S^4 - T_A^4\right) \quad \text{เมื่อ:} \quad \sigma = 5.67\times10^{-8}\ \frac{W}{m^2\times K^4}$$

แล้วบันทึกผลที่คำนวณได้ไว้ในตารางบันทึกข้อมูลและผล

- ให้เปรียบเทียบค่า q_b ที่ได้จากการคำนวณทั้ง 2 ค่า แล้วเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของค่าที่คำนวณได้จากวิธีที่แตกต่างกัน 2 วิธีนั้น เพื่อแสดงให้เห็นความถูกต้องของกฎของ Stefan-Boltzmann . อัตราส่วนของ q_b ต่อ q_{b1} คือ emissivity

หมายเหตุ: อาจใช้เวลาประมาณ 1- 2 นาที ในการรอให้อุณหภูมิของแผ่นวัตถุดำคงที่

33. <u>วิจารณ์ผลการทดลอง</u>

34. <u>สรุปผลการทดลอง</u>

35. <u>ตัวอย่างการทดลอง</u>

การทดลองที่ 5: Stefan-Boltzmann Law of Thermal Radiation

Tested by .... H.Prairin..... Date .....26/02/07 .....

Distance from thermopile to heat source (X) = 100 mm

Distance from heat source to nearest metal plate (Y) =10 mm

Plate: Black Thermopile S/N.....060396.....

Test No.	Reading Value					Calculated Value	
	Temperature				Thermopile Reading, R	$q_b = 0.1228\ R$ W/m^2	$q_{b1} = \sigma\left(T_s^4 - T_A^4\right)$ W/m^2
	T_s °C	T_A °C	T_s K	T_A K	μV		
1	151	33	424	306	7520	923.46	1335.38

36. <u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

ตัวอย่างการคำนวณ (Thermopile S/N...060396...)

การทดลองที่ 5: Stefan-Boltzmann Law of Thermal Radiation

ตัวอย่างผลการทดลอง

จากตัวอย่างผลการทดลองหน้า 3.5-4, แถวแรก:

Thermopile Reading, R = 7520 μV

T_s = 151 ^{o}C

T_A = 33 ^{o}C

T_s = 151 + 273 K = 424 K

T_A = 33 + 273 K = 306 K

σ = 5.67×10^{-8} W/m^{2}K^4

q_b = 0.1228 R

= 0.1228×7520

= 923.46 W/m^2

$q_{b1} = \sigma(T_s^4 - T_A^4)$

= $5.67 \times 10^{-8} \times (424^4 - 306^4)$

= 1335.38 W/m^2

37. การทดลองที่ 6: การแผ่รังสีของพื้นผิวที่ต่างกัน (Emissivity of Different Surfaces)

37.1 จุดประสงค์ของการทดลอง

การทดลองนี้เพื่อต้องการหาค่าการแผ่รังสี (Emissivity) ของผิววัตถุต่าง ๆ เช่น วัตถุดำ วัตถุเทา และวัตถุขาวโดยการวัดค่าความเข้มของความร้อนจากการแผ่รังสีด้วยมิเตอร์วัดรังสีความร้อน (radiometer) เพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากกฎของ Stefan-Boltzmann Law นั่นก็คือ

$$q_b = \varepsilon\sigma\left(T_S^4 - T_A^4\right)$$

$$\varepsilon = q_b/\sigma\left(T_S^4 - T_A^4\right)$$

เมื่อ :q_b = พลังงานจากการแผ่รังสีที่แพร่ออกจากหนึ่งหน่วยพื้นที่ของแผ่นวัตถุ (แหล่งให้ความร้อน)

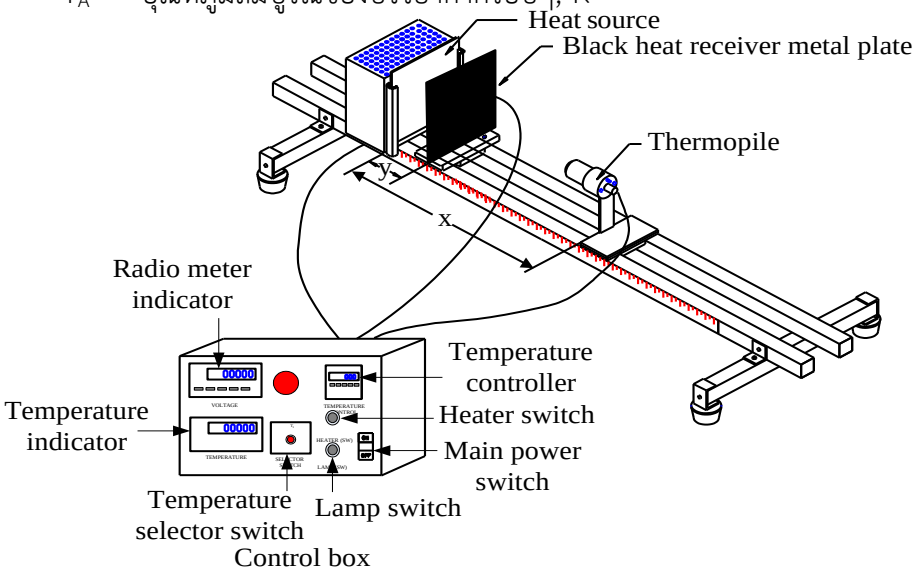
= 0.1228 x ค่าที่อ่านได้จาก Thermopile (สำหรับThermopile S/N 060396)

ε = ค่าการแผ่รังสีของแผ่นโลหะ

σ = Stefam-Boltzmann Constant = 5.67 × 10^{-8} W/(m^2 · K^4)

T_S = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของตัวให้ความร้อน, K

T_A = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของบรรยากาศรอบๆ, K



รูปที่ 20 แผนภูมิแสดงการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลองที่ 6

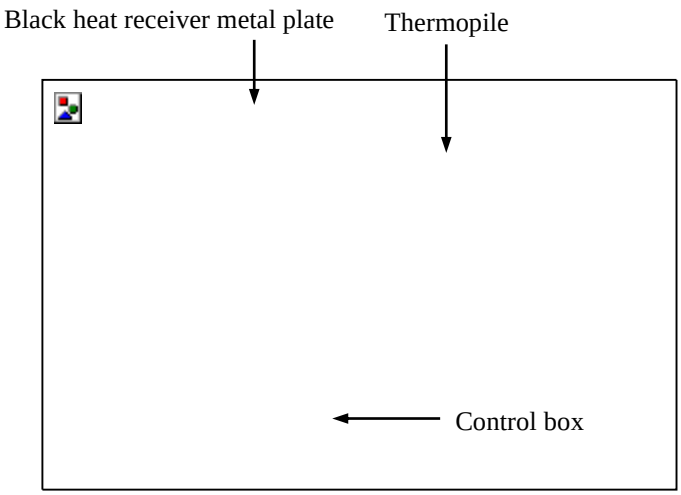
37.2 ก่อนการทดสอบ

- ประกอบอุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกันตามรูปข้างบน โดยให้แหล่งกำเนิดความร้อนอยู่ที่ด้านซ้ายมือของรางเลื่อน ให้แผ่นวัตถุซึ่งเป็นวัตถุดำที่เป็นตัวรับความร้อนและมิเตอร์วัดรังสีความร้อน (radiometer) อยู่บนขาตั้งดังรูป

- ต่อสายเทอร์โมคัปเปิลของแผ่นวัตถุดำและสายไฟของมิเตอร์วัดรังสีความร้อน (Radiometer) ไปยังกล่องควบคุม

37.3 การดำเนินการทดสอบ

- ตั้งแหล่งให้ความร้อนไว้ที่ตำแหน่ง ศูนย์ ตามสเกลที่อยู่บนรางเลื่อนที่เป็นแท่นเครื่อง
- ตั้งแผ่นวัตถุดำไว้ที่ตำแหน่ง 4.0 cm ตามสเกลที่อยู่บนรางเลื่อน
- ตั้งมิเตอร์วัดรังสีความร้อนไว้ที่ตำแหน่ง 10 cm ตามสเกลที่อยู่บนรางเลื่อน
- วัดอุณหภูมิบรรยากาศที่อยู่รอบ ๆ แผ่นวัตถุดำแล้วบันทึกค่าที่อ่านได้ไว้ในตารางบันทึกข้อมูล
- เปิดสวิตช์ไฟของตัวให้ความร้อน (Heater) แล้วบิดลูกบิดของตัวตั้งกระแสไฟฟ้าไปยังตำแหน่งมากสุด
- ปรับตัวตัวควบคุมพลังงานไฟฟ้าแล้วรอจนกระทั่งอุณหภูมิของแผ่นวัตถุดำให้มีค่าคงที่ที่อุณหภูมิประมาณ 100°C แล้วบันทึกความเข้มของความร้อนที่อ่านได้จากมิเตอร์วัดรังสีความร้อนของจุดนี้เอาไว้ แล้วปรับตัวตัวควบคุมพลังงานไฟฟ้าช้า ๆ เพื่อลดอุณหภูมิของแผ่นวัตถุดำลงครั้งละ 5°C แต่ละครั้งจะต้องรอให้มีอุณหภูมิคงที่ จนกระทั่งแผ่นวัตถุดำมีอุณหภูมิเหลือเพียง 105°C
- ที่แต่ละอุณหภูมิ ให้วัดอุณหภูมิของแผ่นวัตถุและอ่านค่าจากมิเตอร์วัดรังสีความร้อนแล้วบันทึกค่าที่อ่านได้จากจุดต่าง ๆ ไว้ในตารางบันทึกข้อมูล
- ปิดสวิตช์ไฟของตัวให้ความร้อนแล้วเปลี่ยนแผ่นวัตถุดำเป็นแผ่นวัตถุเทา **(**Poised metal plate)
- เปิดสวิตช์ไฟของตัวให้ความร้อนแล้วบิดลูกบิดที่ใช้ควบคุมกำลังไฟฟ้าไปยังตำแหน่งมากสุด
- ปรับตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าแล้วคอยจนกระทั่งอุณหภูมิของแผ่นวัตถุเทามีค่าคงที่ที่อุณหภูมิประมาณ 120 °C (ค่าตัวอย่าง) ต่อจากนั้นให้บันทึกความเข้มของความร้อนที่อ่านได้จากมิเตอร์วัดรังสีความร้อน
- ค่อย ๆ ลดพลังงานไฟฟ้าลงเป็นขั้นๆ ขั้นละ5°C (แล้วรอให้อุณหภูมิคงที่ที่แต่ละขั้นด้วย) เพื่อให้อุณหภูมิของแผ่นวัตถุเทาลดลงจนเหลือ 75°C
- ที่แต่ละอุณหภูมิที่ลดลงนั้นให้วัดอุณหภูมิของแผ่นวัตถุเทาและอ่านค่าจากมิเตอร์วัดรังสีความร้อนแล้วบันทึกค่าเหล่านั้นไว้ในตารางบันทึกข้อมูล
- ปิดสวิตช์ไฟของตัวให้ความร้อนแล้วเปลี่ยนแผ่นวัตถุเทาเป็นแผ่นวัตถุสีขาว
- เปิดสวิตช์ไฟของตัวให้ความร้อนแล้วบิดลูกบิดที่ใช้ควบคุมกำลังไฟฟ้าไปยังตำแหน่งมากสุด
- ปรับตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าแล้วคอยจนกระทั่งแผ่นวัตถุสีขาวมีอุณหภูมิคงที่ค่าคงที่ที่อุณหภูมิประมาณ 130°C (ค่าตัวอย่าง) ต่อจากนั้นให้บันทึกความเข้มของความร้อนที่อ่านได้จากมิเตอร์วัดรังสีความร้อนที่อุณหภูมิดังกล่าวนี้เอาไว้
- ค่อย ๆ ลดพลังงานไฟฟ้าลงเพื่อให้อุณหภูมิของแผ่นวัตถุสีขาวลดลงครั้งละ 5°C (แล้วรอให้อุณหภูมิคงที่ที่แต่ละขั้นด้วย) จนกระทั่งมีอุณหภูมิเหลือเพียง 85°C
- แต่ละอุณหภูมิ ให้วัดอุณหภูมิของของแผ่นวัตถุสีขาวและอ่านค่าจากมิเตอร์วัดรังสี แล้วบันทึกค่าเหล่านั้นไว้ในตารางบันทึกข้อมูล



รูปที่ 21 ภาพแสดงการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลองที่ 6

38. ตารางผลการทดลองที่ 6: Emissivity of Different Surfaces

Tested by.....Date.....

Distance from thermopile to heat source (X) = ... mm

Distance from heat source to nearest metal plate (Y) =..... mm Plate: .....

Thermopile S/N.....

Test No.	Reading value					Calculated values		
	Temperature				Thermopile Reading, R	q_b = ...R	$q_{b1} = \sigma(T_S^4 - T_A^4)$	$\varepsilon = q_b/q_{b1}$
	T_S	T_A	T_S	T_A				
	°C	°C	K	K	μV	W/ m^2	W /m^2	

39. คำสั่งท้ายการทดลอง

- คำนวณ Thermopile Sensitivity ตามตัวอย่างในเอกสารแนบ 1
- บันทึกค่าที่ได้ลงตาราง
- ให้คำนวณหาค่าการแผ่รังสี (Emissivity, ε) จากอุณหภูมิที่อ่านได้จากตัวให้ความร้อนกับ ค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์วัดรังสี และ qbในข้อข้างบน โดยใช้ความสัมพันธ์

$$\varepsilon = \frac{q_b}{\sigma\left(T_S^4 - T_A^4\right)}$$

เมื่อ : $\sigma = 5.674\times10^{-8}\ \frac{W}{m^2\cdot K^4}$ แล้วบันทึกค่าที่คำนวณได้ไว้ในตารางบันทึกข้อมูล

- หาค่าเฉลี่ยของค่าการแผ่รังสี ของวัตถุแต่ละชนิด
- บันทึกข้อสังเกตทั่วๆ ไปที่ได้จากการเปรียบเทียบกับค่าการแผ่รังสีรังสีมาตรฐานของวัตถุนั้นที่อยู่ในตำราเรียน

40. <u>วิจารณ์ผลการทดลอง</u>

41. <u>สรุปผลการทดลอง</u>

42. **<u>ตัวอย่างการทดลอง</u>**

การทดลองที่ 6: Emissivity of Different Surfaces

Tested by……H.Prairin…… Date….26/02/07….Distance from thermopile to heat source (X) = 100 mm

Distance from heat source to nearest metal plate (Y) =10 mm

Plate: BlackThermopile S/N……060396……

Test No.	Reading value					Calculated values		
	Temperature				Thermopile Reading, R	$q_b = 0.1228\ R$	$q_{b1} = \sigma\left(T_S^4 - T_A^4\right)$	$\varepsilon = q_b/q_{b1}$
	T_S °C	T_A °C	T_S K	T_A K	μV	W/ m^2	W /m^2	
1	151	33	424	306	7520	923.46	1335.38	0.69

43. <u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

การทดลองที่ 6: Emissivity of different surfaces

ตัวอย่างผลการทดลอแถวแรก:

ค่าที่อ่านได้จาก Thermopile, $R = 7520\ \mu V$

$T_s = 151\ ^oC$

$T_A = 33\ ^oC$

$T_s = 151 + 273\ K = 424\ K$

$T_A = 33 + 273\ K = 306\ K$

$\sigma = 5.67 \times 10^{-8}\ W/m^2K^4$

$q_b = 0.1228\ R$

$= 0.1228 \times 7520$

$= 923.46\ W/m^2$

$q_{b1} = \sigma\left(T_s^4 - T_A^4\right)$

$= 5.67 \times 10^{-8} \times (424^4 - 306^4)$

$= 1335.38\ W/m^2$

$\varepsilon = \frac{q_b}{q_{b1}}$

$= \frac{923.46\ W/m^2}{1335.38\ W/m^2}$

$= 0.69$

44. การทดลองที่ 7: การเปล่งความร้อนออกจากพื้นผิวที่อยู่ใกล้กัน (Emissivity of Two Close Radiating Surfaces)

- วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้ก็เพื่อสาธิตให้เห็นการแผ่ความร้อน (Emission) ออกจากพื้นผิวที่อยู่ใกล้กันจะมีอิทธิผลต่ออุณหภูมิของพื้นผิวและความร้อนที่เปล่งออกมา

44.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จุดประสงค์ของการทดลองนี้ก็เพื่อหาสภาพการแผ่รังสี (Emissivity) ของพื้นผิวต่างๆโดยการวัดการแผ่รังสีที่ปล่อยออกจากพื้นผิวที่มีอุณหภูมิจำเพาะค่าหนึ่ง การทดลองนี้จะสาธิตให้เห็นการแผ่รังสีในแง่ทางปฏิบัติโดยการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิของพื้นผิวที่รับรังสีและแผ่รังสี

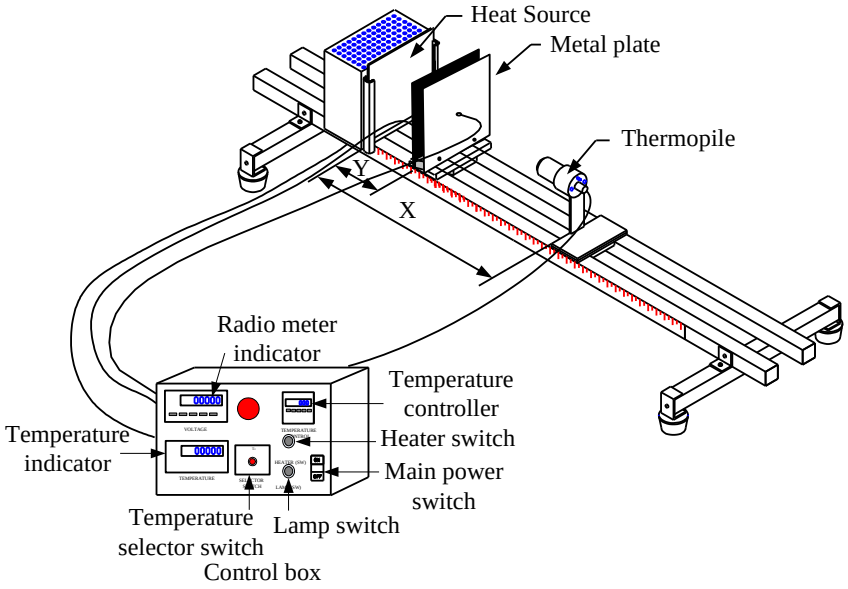
44.2 การจัดเตรียมเครื่องทดลอง

ควรติดตั้งแผ่นโลหะที่มีการจัดคู่ของแผ่นโลหะแบบต่างๆดังแสดงไว้ในรูปที่ 22 รายละเอียดของการจัดคู่ของแผ่นโลหะแสดงไว้ในรูปที่ 23 แผ่นโลหะ A และ B เป็นแผ่นโลหะที่ผิวพ่นสีดำกับผิวขัดมันตามลำดับ ต่อสายเทอร์โมคัปเปิ้ลที่ถูกต้องจากแผ่นโลหะแต่ละแผ่นเข้ากับหัวเสียบของอุปกรณ์ที่กล่องเครื่องวัด

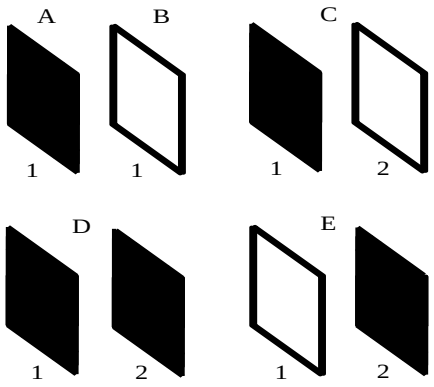
ข้อเสนอแนะ: ระยะจาก Thermopile ถึงแหล่งให้ความร้อน X = 100 mm (1 แผ่น)
= 120 mm (2 แผ่น)

ระยะจากแหล่งให้ความร้อนถึงแผ่นโลหะที่อยู่ใกล้ที่สุด Y = 10 mm

ระยะจากแผ่นโลหะแผ่นแรกถึงแผ่นโลหะแผ่นที่สองควรถูกจัดให้มีค่าคงที่อยู่ที่ 20 mm โดยใช้ร่อง slots ที่เตรียมไว้ให้



รูปที่ 22 ไดอะแกรมการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลองที่ 7



รูปที่ 23 รายละเอียดของการจัดคู่ของแผ่นโลหะ

ในการจัดคู่ของแผ่นโลหะแต่ละคู่ อุณหภูมิและค่าที่อ่านได้จาก Thermopile จะสอดคล้องกับทฤษฎีการแผ่ความร้อน แผ่นโลหะที่ผิวขัดมัน (มี Emissivity ต่ำ) จะไม่สามารถรับหรือแผ่รังสีได้เท่ากับแผ่นโลหะที่ผิวพ่นสีดำ

44.3 ขั้นตอการทดลอง:

- จัดเตรียมเครื่องทดลองดังแสดงไว้ในรูปที่ 22
- ติดตั้งแผ่นโลหะ ตาม การจัดคู่แบบ A ไว้ในรางเลื่อน
- ปรับปุ่มควบคุมเครื่องทำความร้อน (Heater) ไว้ที่ตำแหน่งสูงสุด
- ในการทดลองแต่ละครั้งต้องปล่อยให้เวลาผ่านไปมากเพียงพอที่อุณหภูมิของแผ่นโลหะเข้าสู่สภาวะสมดุลทางความร้อน
- จดบันทึกค่าอุณหภูมิ (T) และค่า Thermopile readings (R)
- ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 โดยเปลี่ยนการจัดคู่ของแผ่นโลหะเป็นแบบ B, C, D, และ E

44. ตารางผลการทดลองที่ 7: Emissivity of Two Close Radiating Surfaces

Tested by .....Date .....

Distance from thermopile to heat source (X) = ... mm

Distance from heat source to nearest metal plate (Y) = ... mm Thermopile S/N.....

Test	Temperature		Thermopile Reading, R μV	$q_{b\ =\ .....\ R}$ W/m^2	Plate Combination
	Plate 1 °C	Plate 2 °C			

45 <u>วิจารณ์ผลการทดลอง</u>

46 <u>สรุปผลการทดลอง</u>

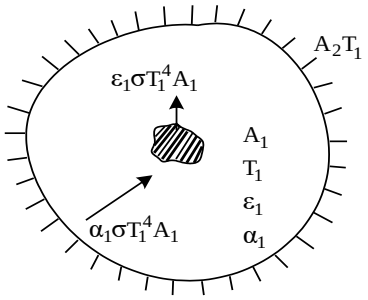
47. การทดลองที่ 8: กฎของ Kirchoff โดยการใช้แหล่งความร้อน (Kirchoff's Law Using Heat Source)

47.1 วัตถุประสงค์

- วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้ก็เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของ Kirchoff's law

47.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กฎของ Kirchoff ระบุไว้ว่า ในสภาวะที่เกิดการสมดุลทางความร้อน สภาพการแผ่รังสี (Emissivity) ของพื้นผิวสีเทาจะมีค่าเท่ากับสภาพดูดกลืนรังสี (Absorptivity) ของมันเองที่ได้รับจากพื้นผิว อื่น



รูปที่ 24 การเปล่งรังสีของวัตถุสีเทาที่ถูกล้อมรอบด้วยพื้นผิวสีดำ

ในสภาวะสมดุลทางความร้อน สำหรับวัตถุสีเทาที่มีพื้นที่ A_1, อุณหภูมิ T_1, สภาพการแผ่รังสี ε_1 และสภาพดูดกลืนรังสี (Absorptivity) α_1 ซึ่งถูกล้อมรอบด้วยวัตถุสีดำที่มีพื้นที่ A_2 ที่มีอุณหภูมิ T_1, วัตถุสีเทาจะต้องดูดกลืนรังสีมากเท่ากับรังสีที่มันเปล่งออกไป เป็นไปตามสมการ

$$\alpha_1\sigma_1 T_1^4 A_1 = \varepsilon_1\sigma T_1^4 A_1 \text{ เพราะฉะนั้น: } \quad \alpha = \varepsilon$$

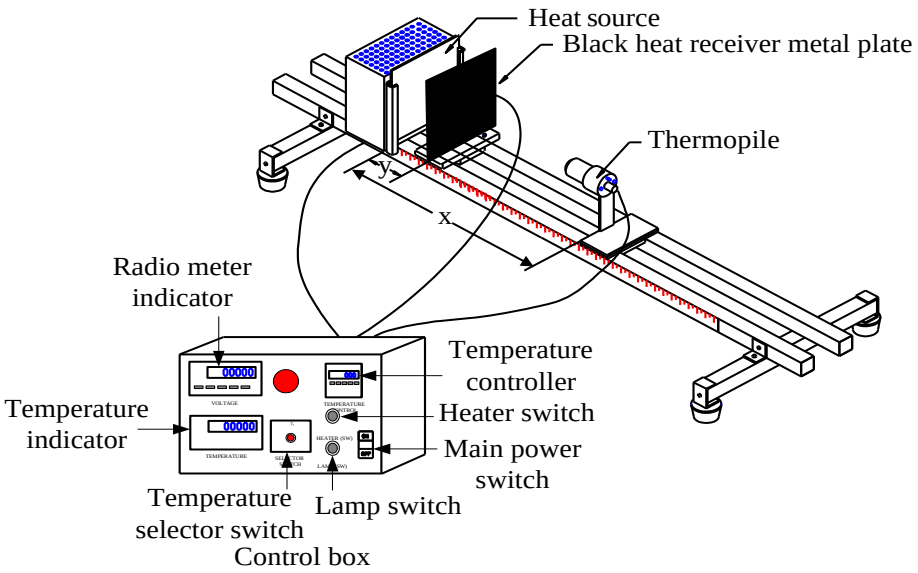
การพิสูจน์ยืนยันกฎของ Kirchoff สามารถทำได้โดยการจัดเตรียมเครื่องทดลองดังแสดงไว้ในรูปที่ 25

47.3 การจัดเตรียมเครื่องทดลอง

การจัดเตรียมเครื่องทดลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 25

ข้อเสนอแนะ: ระยะจาก Thermopile ถึงแหล่งให้ความร้อน X = 110 mm

ระยะจากแหล่งความร้อนถึงแผ่นโลหะสีดำ Y = 10 mm



รูปที่ 25 แผนภูมิแสดงการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลองที่ 8

47.4 ขั้นตอนการทดลอง

- ติดตั้ง Thermopile บนรางเลื่อนให้ห่างจากแหล่งให้ความร้อนตามที่กำหนดไว้

- ปรับปุ่มควบคุมเครื่องทำความร้อนไว้ที่ตำแหน่งสูงสุด

- ก่อนจดบันทึกข้อมูล, ตรวจสอบให้แน่ใจว่าเครื่องมือวัดมีเสถียรภาพอย่างสมบูรณ์แล้ว, นั่นคือ อุณหภูมิของแผ่นโลหะมีค่าคงที่ และ Thermopile reading มีค่าเป็นศูนย์เมื่อชี้เข้าหาผนังห้อง

- นำ Thermopile กลับมาติดตั้งบนรางเลื่อนอย่างรวดเร็วแล้วจดบันทึกข้อมูล Thermopile reading และอุณหภูมิของแผ่นโลหะ

- ถอด Thermopile ออกจากรางเลื่อน ถอดสายสัญญาณ แล้วนำ Thermopile ไปวางไว้ในแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำ (เช่น ตู้เย็น) จนกระทั่ง Thermopile เย็นลง

- นำ Thermopile กลับมาติดตั้งบนรางเลื่อนอย่างรวดเร็ว ต่อสายสัญญาณ แล้วจดบันทึกข้อมูล Thermopile reading สำหรับแผ่นโลหะและผนังห้อง

- ถอด Thermopile ออกจากรางเลื่อนและถอดสายสัญญาณอีกครั้ง แล้วนำ Thermopile ไปวางไว้ในแหล่งที่มีอุณหภูมิสูง (เช่นตู้อบ) จนกระทั่ง Thermopile ร้อนขึ้น (อย่าให้อุณหภูมิสูงเกิน 70^{O}C)

48. ตารางผลการทดลองที่ 8: Kirchoff's Law Using Heat Source

Tested by .....Date .....

Distance from the thermopile to the heat source X = ...mm

Distance from the heat source to the black metal plate Y = ...mm Thermopile S/N.....

Condition of Thermopile	Temperature of Metal Plate °C	Thermopile Readings, R		Metal Plate q_b =.....R W/m^2	Room Wall q_b = ...R W/m^2
		Metal Plate μV	Room Wall μV		
Radiometer reading at room temperature					
Cold Radiometer					
Hot Radiometer					

49. คำสั่งท้ายการทดลอง

1) เมื่อผนังห้องกับ Thermopile มีอุณหภูมิเท่ากัน ค่าที่อ่านจาก Thermopile จะมีค่าเป็นศูนย์ แสดงให้เห็นว่า Thermopile ไม่ได้รับการแผ่รังสีจากผนังห้อง
2) เมื่อนำ Thermopile จากแหล่งที่ร้อนกว่าหรือเย็นกว่ากลับมาติดตั้งบนรางเลื่อน อุณหภูมิของ Thermopile จะพยายามกลับคืนสู่อุณหภูมิห้อง ทำให้ค่าที่อ่านได้จาก Thermopile มีความคลาดเคลื่อน แต่การทดลองนี้เป็นเพียงการสาธิตเท่านั้น ไม่จำเป็นต้องใช้ค่าที่ละเอียดแม่นยำ
3) อย่างไรก็ตาม, เมื่อ Thermopile เย็นกว่าผนังห้อง ค่าที่อ่านได้จาก Thermopile จะเพิ่มขึ้น ส่วนกรณีที่ Thermopile ร้อนกว่าผนังห้อง ค่าที่อ่านได้จาก Thermopile จะเป็นลบ (มีการแผ่รังสีออกจาก Thermopile) ในทำนองเดียวกันเมื่อทำการวัดแผ่นโลหะอุณหภูมิสูง ค่าที่อ่านได้จาก Thermopile จะเพิ่มขึ้นแล้วลดลง
4) ข้อสรุปที่ได้จากการทดลองนี้ก็คือ ค่าที่อ่านได้จาก Thermopile ที่เป็นค่าสุทธิ (Net value) คือ การแผ่รังสีโดย Thermopile ผนังห้อง และแผ่นโลหะร้อน กับค่าที่อ่านได้จาก Thermopile ที่เป็นค่าความแตกต่าง (Difference value) ระหว่างการแผ่รังสีที่ได้รับโดย Thermopile หรือแผ่รังสีออกจาก Thermopile
5) เมื่อได้มีการจัดทำให้วัตถุแผ่รังสีหรือรับรังสีได้อย่างต่อเนื่อง ก็จะเป็นขั้นตอนที่จะนำไปสู่การพิสูจน์ยืนยันกฎของ Kirchoff อย่างมีเหตุผลได้

6) ถ้าวัตถุสามารถแผ่รังสีได้มากกว่ารังสีที่มันได้รับ หรือเป็นไปในทำนองกลับกัน วัตถุจะไม่สามารถเสถียรที่อุณหภูมิของวัตถุที่ล้อมรอบมันได้
7) เมื่อเกิดเสถียรภาพขึ้น รังสีที่วัตถุเปล่งออกไปจะต้องเท่ากับรังสีที่มันได้รับเมื่ออุณหภูมิของมันเท่ากับสิ่งแวดล้อม นี่คือกฎของ Kirchoff

50. <u>วิจารณ์ผลการทดลอง</u>

51. <u>สรุปผลการทดลอง</u>

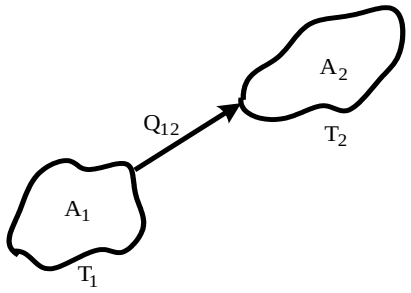
52. การทดลองที่ 9: ปัจจัยทางพื้นที่โดยการใช้แหล่งความร้อน (Area Factor Using Heat Source)

52.1 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้ก็เพื่อสาธิตให้เห็นว่าการแลกเปลี่ยนความร้อนของพลังงานที่แผ่รังสีจากพื้นผิวหนึ่งไปสู่อีกพื้นผิวหนึ่งนั้นขึ้นอยู่กับเรขาคณิตที่เชื่อมโยงระหว่างพื้นผิวทั้งสอง คือเป็นฟังชั่นของจำนวนพื้นผิวที่แต่ละพื้นผิวจะ ‘มองเห็น’ ซึ่งกันและกัน

52.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

อัตราการถ่ายเทความร้อนจากพื้นผิวสีดำที่มีการแผ่รังสีไปสู่พื้นผิวอื่นนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณพื้นผิวที่แต่ละพื้นผิวจะ ‘มองเห็น’ ซึ่งกันและกัน จึงมีการนำตัวประกอบพื้นที่ (area factor) F เข้ามาใช้เพื่อที่จะแก้ปัญหาการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสี โดย F ถูกนิยามว่าเป็นส่วนของพลังงานที่เปล่งต่อหนึ่งหน่วยเวลาโดยพื้นผิวหนึ่งซึ่งถูกรับไว้โดยพื้นผิวอื่น



รูปที่ 26 การแผ่รังสีระหว่างวัตถุสองชิ้น

ดังนั้นอัตราการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสี Q_{12} ระหว่างพื้นผิวสีดำที่มีพื้นที่ A_1 กับ A_2 ที่มีอุณหภูมิ T_1 กับ T_2 ตามลำดับ คือ

$$Q_{12} = A_1 F_{12} \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

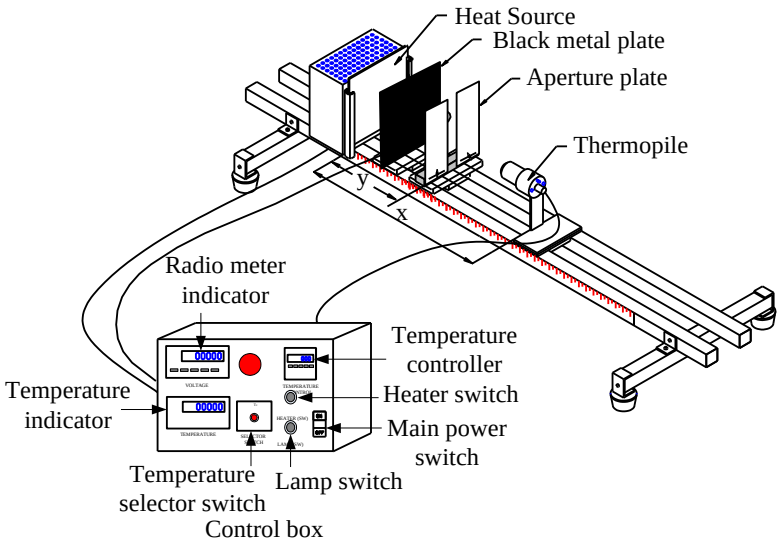
การตัวประกอบพื้นที่หาได้หลายวิธี เช่นโดยวิเคราะห์ การประมาณทางตัวเลข เป็นต้น สำหรับวัตถุที่มีรูปทรงธรรมดาจะหาตัวประกอบพื้นที่ได้จากหนังสือทางด้านการถ่ายเทความร้อนทั่วไป

52.3 การจัดเตรียมเครื่องทดลอง

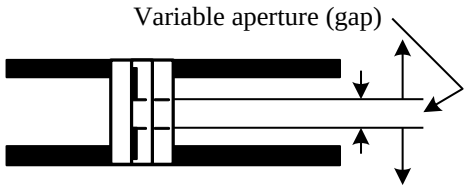
การจัดเตรียมเครื่องทดลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 27

ข้อเสนอแนะ: ระยะจาก Thermopile ถึงแหล่งให้ความร้อน X = 300 mm

ระยะจากแหล่งให้ความร้อนถึงแผ่นAperture Y = 200 mm



รูปที่ 27 ไดอะแกรมการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดลองที่ 9



รูปที่ 28 Aperture plate

52.4 ขั้นตอนการทดลอง

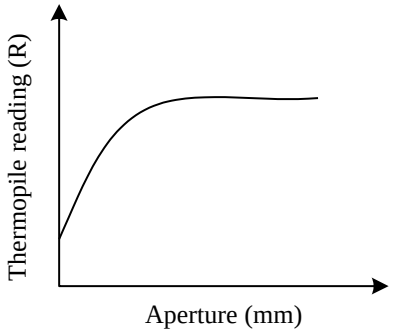
- ในการใช้ Aperture plate ตรวจให้แน่ใจว่าด้านที่เป็นฉนวนหันไปสู่ Thermopile และพื้นผิวสีเงินหันไปสู่แหล่งให้ความร้อน

- ปรับปุ่มควบคุมเครื่องทำความร้อน (Heater) ไว้ที่ตำแหน่งสูงสุด

- ควรติดตั้งแผ่นโลหะสีดำบนรางเลื่อนแล้วเลื่อนให้เข้าไปหาแหล่งให้ความร้อนตามระยะที่กำหนดไว้ เช่น 10 มิลลิเมตร

- เมื่ออุณหภูมิของแผ่นโลหะสีดำมีค่าคงที่ จดบันทึกค่าที่อ่านได้จาก Thermopile (R) สำหรับ Apertures แต่ละค่า ตั้งแต่ 60 มม. แล้วลดลงไปครั้งละ 10 มม. ลงไปจนถึงศูนย์ ในระหว่างการตั้ง Apertures ก่อนจดบันทึกค่าที่อ่านได้จาก Thermopile ควรตรวจให้แน่ใจว่าแผ่นทั้งสองอยู่ในแนวดิ่งได้ศูนย์กันและยึดอยู่อย่างมั่นคง

- กราฟระหว่าง ค่าที่อ่านได้จาก Thermopile กับ Apertures ที่เขียนจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองควรจะเหมือนกับที่แสดงไว้ในรูปที่ 29 นักศึกษาควรนำเสนอผลลัพธ์ในเทอมของตัวประกอบพื้นที่ระหว่างแผ่นโลหะสีดำกับ Thermopile



รูปที่ 29 Thermopile reading vs. aperture

53. ตารางผลการทดลองที่ 9: Area Factor Using Heat Source

Tested by .....Date .....

Distance from the thermopile to the heat source X = ...mm

Distance from the heat source to the nearest metal plate Y = ...mm

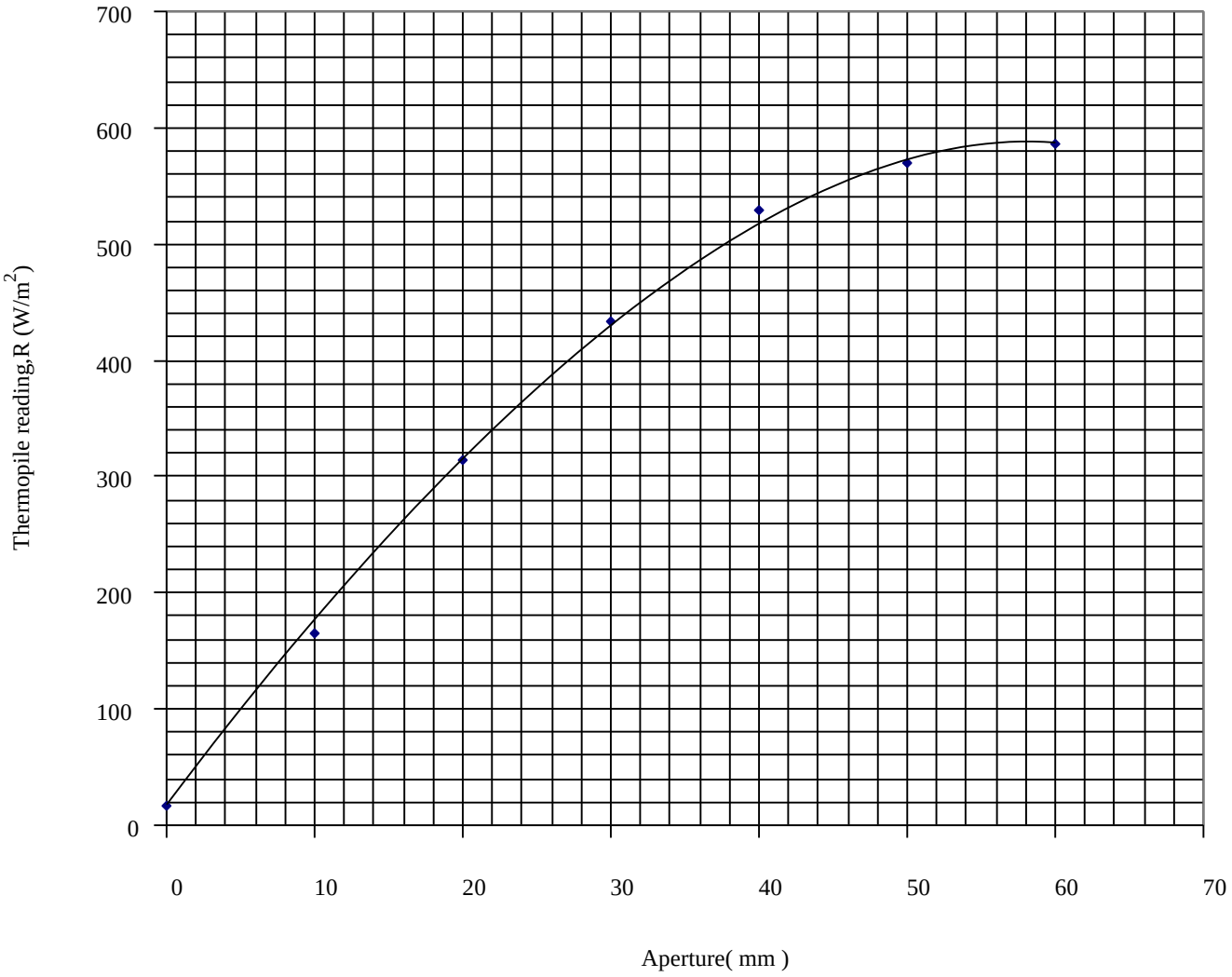
Thermopile S/N.....

Temperature of Metal Plate (T) °C	Aperture mm	Thermopile Reading, R μV	q_b = ...R W/m^2
	60		
	50		
	40		
	30		
	20		
	10		
	0		

54. <u>วิจารณ์ผลการทดลอง</u>

55. <u>สรุปผลการทดลอง</u>

56. ตัวอย่างกราฟ





สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 10 ระบบการทำความเย็นพื้นฐาน

(Basic Refrigeration System)



1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อเข้าใจพื้นฐานการทำงานและองค์ประกอบของระบบการทำความเย็นพื้นฐาน

1.2 เพื่อศึกษาระบบการทำงานของระบบการทำความเย็นพื้นฐาน

1.3 เพื่อศึกษาวิธีประเมินการทำงานของระบบการทำความเย็นพื้นฐาน

1.4 เพื่อศึกษาวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการทำความเย็นพื้นฐาน

2. ทฤษฎี

2.1. บทนำ

หลักการทำงานและอุปกรณ์พื้นฐานของระบบทำความเย็นไม่ต่างจากระบบปรับอากาศมากนัก จะต่างกันก็ที่จุดประสงค์ของการใช้งาน ซึ่งระบบปรับอากาศจะทำหน้าที่ปรับอากาศในบริเวณที่มีคนทำงานหรือ บริเวณที่ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเป็นพิเศษ เช่น ห้องคอมพิวเตอร์ ห้องเก็บสารเคมี ฯลฯ ในขณะที่ระบบทำความเย็นมักจะหมายถึง การทำความเย็นในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม หรือการทำความเย็นเพื่อจุดประสงค์อื่นที่นอกเหนือไปจากระบบปรับอากาศ เช่น ห้องเย็น การแช่แข็งอาหาร การควบคุมอุณหภูมิน้ำในกระบวนการผลิตน้ำอัดลม ฯลฯ

ระบบการทำความเย็นสามารถแบ่งได้เป็น การอัดไอ (Vapor Compression) การดูดซึม (Absorption) และวัฏจักรเบรตัน (Brayton Cycles)

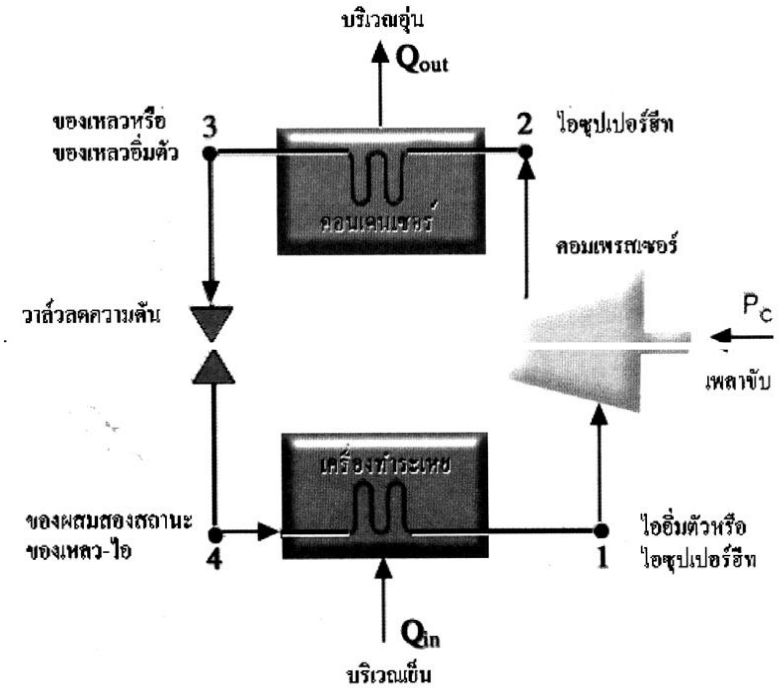
ระบบการอัดไอโดยทั่วไปใช้หลักการอัดไอสารทำความเย็นให้มีอุณหภูมิและความดันสูง โดยใช้คอมเพรสเซอร์ก่อนถ่ายโอนความร้อนออก เพื่อให้เกิดการกลั่นตัวแล้วลดความดันให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะอีกครั้ง จากนั้นนำสารทำความเย็นอุณหภูมิต่ำไปรับความร้อน ออกมาจากพื้นที่ที่ต้องการ ทำความเย็น สารทำความเย็นที่ใช้ เช่น สารไฮโดรคาร์บอน แอมโมเนีย หรือฟลูออโรคาร์บอน

ระบบการดูดซึมต้องใช้ของเหลวที่มีอุณหภูมิสูงป้อนเข้าสู่ระบบเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนให้แก่สารดูดซึม สารดูดซึมที่ใช้ในระบบทั่วๆ ไป ได้แก่ แอมโมเนีย-น้ำ และลิเทียมโบรไมด์-น้ำ เป็นต้น

วัฏจักรเบรย์ตัน (Brayton Cycles) เป็นระบบที่ใช้ก๊าซเป็นสารทำความเย็น ซึ่งจะมีสารตัวกลางในการดูดรับความร้อน ได้แก่ ของเหลว อากาศ และก๊าซอื่นๆ

2.1.1. ระบบทำความเย็นแบบการอัดไอ

รูปที่ 1 แสดงหลักการของวัฏจักรการอัดไอที่ใช้ในระบบทำความเย็นและการส่งถ่ายความร้อนออกจากวัฏจักรแบบพื้นฐานใช้งานทั่วไป ซึ่งเป็นการทำงานแบบสเตจเดียว



รูปที่1 หลักการของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

2.1.2. ส่วนประกอบที่สำคัญ

- เครื่องทำระเหย (Evaporator) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและแลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้สารทำความเย็นในสถานะของเหลวเปลี่ยนเป็นไอแล้วให้ความเย็นในพื้นที่ที่ต้องการทำความเย็น
- คอมเพรสเซอร์ (Compressor) เป็นเครื่องอัดสารทำความเย็นให้มีสถานะเป็นไอที่ความดันและอุณหภูมิสูง
- คอนเดนเซอร์ (Condenser) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่คายความร้อนหรือถ่ายโอนความร้อนออกแล้วส่งผลทำให้สารทำความเย็นเกิดการกลั่นตัว
- วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) ทำหน้าที่ควบคุม สารทำความเย็นที่มีค่าความดันสูง ให้มีค่าลดลงไปสู่ความดันต่ำ ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของเหลวผสม ระหว่างสถานะที่เป็นของเหลวกับไอ

2.2. ทฤษฎีการทำความเย็น

2.2.1.เครื่องทำระเหย

การทำงานเริ่มที่เครื่องทำระเหย เมื่อต้องการทำความเย็น สารทำความเย็นมีสถานะผสมระหว่างของเหลวกับไอ เมื่อไหลผ่านเข้าสู่เครื่องทำระเหย จะรับเอาความร้อนแล้วค่อยๆ เปลี่ยนสถานะจากไอผสมกับของเหลวเป็นไอทั้งหมดก่อนเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ที่จุด 1 หรือ 1′ โดยจุดที่ 1′ เป็นจุดที่สารทำความเย็นมีสถานะเป็นไออิ่มตัวพอดี แต่ในทางปฏิบัติจะต้องให้ไอมีอุณหภูมิสูงขึ้น

เล็กน้อย ให้มีสถานะเป็นไอดง เพื่อให้มั่นใจว่าไอของสารทำความเย็นเป็นไอทั้งหมด ไม่มีของเหลวปน เพื่อป้องกันความเสียหายที่คอมเพรสเซอร์

สมการการถ่ายเทความร้อนที่เครื่องทำระเหย

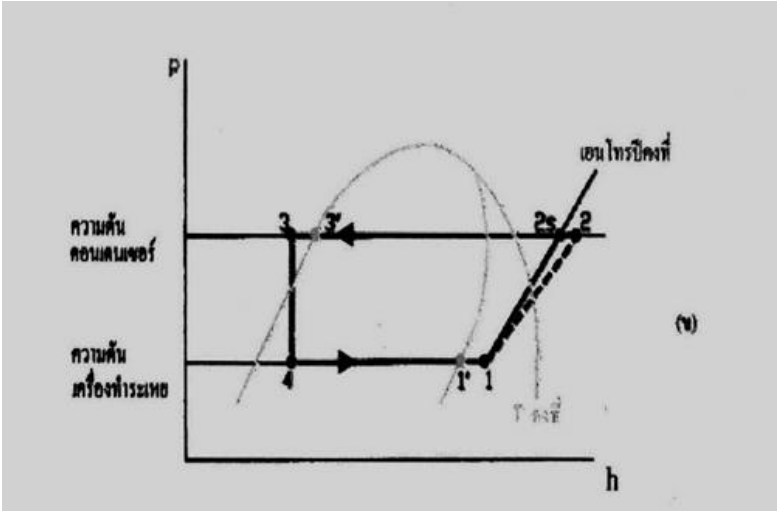
$\frac{Q_{in}}{m} = h_1' - h_4$ หรือ $\mathrm{h_1 - h_4}$ ---------->(1)

$\mathrm{Q_{in}}$ = อัตราการถ่ายเทความร้อนให้แก่อุปกรณ์ (W)

m = อัตราการไหลของสารทำความเย็น (kg/s)

h_1', h_1, h_4 = ค่าเอนทาลปี (kJ/kg)

หมายเหตุ : อัตราการถ่ายเทความร้อน 1 ตันความเย็น $= 3.517\ kW = 12{,}000\ Btu/h$



รูปที่2 ไดอะแกรมของวัฏจักรการอัดไอ แสดงค่าความดันกับเอนทาลปี

2.2.2.คอมเพรสเซอร์

คอมเพรสเซอร์ทำหน้าที่อัดไอสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำไปสู่ตำแหน่ง 2s หรือ 2 ซึ่งมีความดันสูงและอุณหภูมิสูง การอัดไอไปที่ตำแหน่ง 2s เป็นการอัดไอตามทฤษฎีและการอัดไอไปในตำแหน่ง 2 เป็นการอัดไอที่ได้จริง ซึ่งการอัดไอจากตำแหน่ง 1 ไป 2s จะเป็นการอัดไอของสารทำความเย็นแบบกระบวนการไอเซ็นทรอปิค (Isentropic)

สมการกำลังงานที่ใช้ในการอัดไอที่คอมเพรสเซอร

$\frac{W_c}{m} = h_{2s} - h_1'$ หรือ $h_2 - \mathrm{h_1}$----------->(2)

W_c = กำลังงานที่ให้กับคอมเพรสเซอร์ (W)

h_2, h_{2s}, h_1', h_1 = ค่าเอนทาลปี (kJ/kg)

โดยประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์หาได้จาก

$$\eta_c = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1}$$

2.2.3.คอนเดนเซอร์

เมื่อไอสารทำความเย็นถูกอัดให้ไหลผ่านไปยังคอนเดนเซอร์จะเกิดการถ่ายโอนความร้อนออกสู่บรรยากาศ หรือระบบหล่อเย็น สารทำความเย็นที่เป็นไอร้อนยิ่งยวด จะค่อยๆ เปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวในจุดที่ 3

สมการการถ่ายเทความร้อนที่คอนเดนเซอร์

$\frac{Q_{out}}{m} = h_{2s} - h_{3}$ หรือ $h_2 - \mathrm{h}_3$----------->(3)

เมื่อ Q_{out} = อัตราการถ่ายเทความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์ (W)

h_2, h_{2s}, h_3, h_{3} = ค่าเอนทาลปี (kJ/kg)

2.2.4.วาล์วลดความดัน

เนื่องจากสารทำความเย็นจะเดือดที่อุณหภูมิและความดันต่ำ ดังนั้นเมื่อสารทำความเย็นขยายตัวผ่านวาล์วลดความดัน จะทำให้อุณหภูมิและความดันของสารทำความเย็นลดลง ในกระบวนการนี้จะมีค่าเอนทาลปีคงที่ตลอดช่วงของการลดค่าความดันจากจุด 3 ไปยังจุด 4

การคำนวณหาค่าประสิทธิภาพในรูปของสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะของระบบทำความเย็น (COP, Coefficient of Performance) คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$COP = \frac{Q_{in}}{W_c} = \frac{h_1 - h_4}{h_{2s} - h_1}$ เป็นค่าทางทฤษฎี ----------->(4)

$COP = \frac{Q_{in}}{W_c} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$ เป็นค่าจริง ----------->(5)

อัตราการถ่ายเทความร้อนหาได้จากปริมาณความร้อนที่เครื่องทำความเย็นถ่ายเทให้กับน้ำ

$$Q = m_w C_{pw} \frac{\Delta T}{\Delta \mathrm{t}}$$

เมื่อ

Q = อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

$\mathrm{m_w}$ = น้ำหนักของน้ำ (kg)

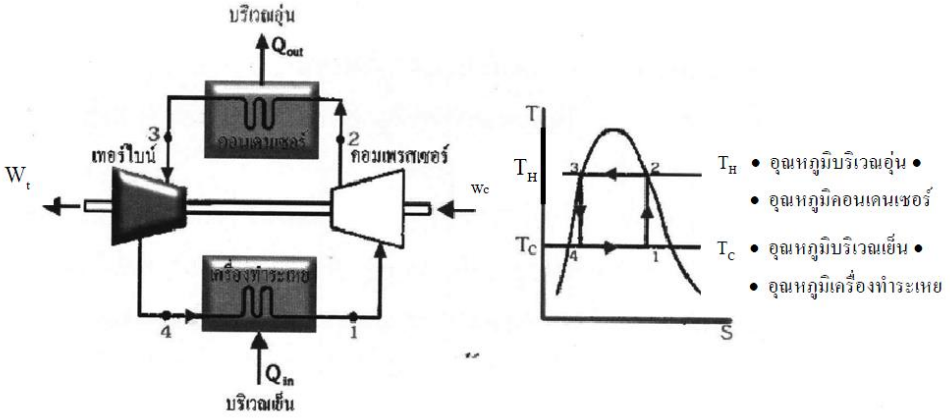
C_{pw} = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ = $(4.186\ \mathrm{kJ/kg\ K})$

ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิของน้ำเข้าและออก (°C)

Δt = เวลาที่ผ่านไป (วินาที)

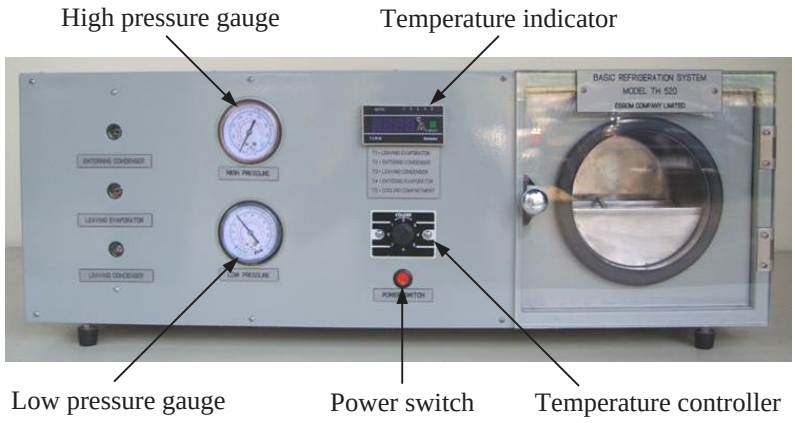
ประสิทธิภาพสูงสุดของวัฏจักรการทำความเย็น ได้แก่ ประสิทธิภาพของวัฏจักรคาร์โนท์ที่ทำงานระหว่างอุณหภูมิของบริเวณเย็น $T_C\ (K)$ และอุณหภูมิบริเวณร้อน $T_H\ (K)$ เดียวกัน ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$COP_{max} = \frac{T_C}{T_H - T_C}$ ----------->(6)

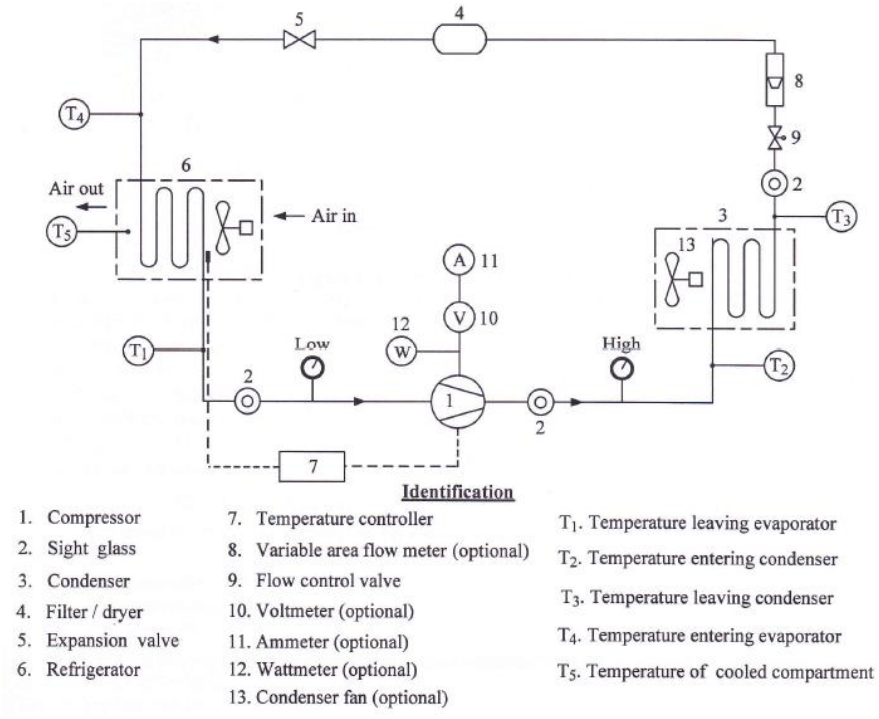


รูปที่3 วัฏจักรการทำความเย็นของคาร์โนท์

3. เครื่องมือการทดลอง



รูปที่ 4 อุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ 5 Schematic diagram ของระบบการทำความเย็น

4. การทดลอง

4.1. ทดสอบโดยการปิดพัดลม (หรือกรณีไม่มีพัดลมที่คอนเดนเซอร์)

4.1.1.เปิดสวิตช์ที่ ELCB และที่ Power Breaker และตั้ง Temperature Controller ไปที่ตำแหน่งเลข 7 และถ้วยที่อยู่ภายในช่องทำความเย็นจะต้องว่างเปล่า

4.1.2.ทุกอย่างจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่เรียบร้อย อุปกรณ์ถึงจะพร้อมที่จะทำงาน

4.1.3. เปิดประตูที่ช่องทำความเย็น เติมน้ำลงไปในถ้วย พร้อมทั้งบันทึกน้ำหนักของน้ำที่ถูกเติม

4.1.4.จุ่มเทอร์โมคัพเปิลลงไปในน้ำ แล้วปิดประตูที่ช่องทำความเย็น

4.1.5.รอประมาณ 15 นาทีขึ้นไป อุปกรณ์ถึงจะพร้อมที่จะทำการตรวจวัด

4.1.6.บันทึกค่าความดันที่ด้านความดันสูง, ด้านความดันต่ำ, อุณหภูมิที่จุดต่างๆ, เวลา, แรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า, กำลังไฟฟ้า, และอัตราการไหลในการทดลอง

4.1.7.บันทึกข้อมูลเหมือนกับข้อ 4.1.6 ทุกๆ 10 นาที เป็นจำนวน 4 ครั้ง

4.1.8.ปิดสวิตช์ ELCB และที่ Power Breaker

4.1.9.นำข้อมูลที่ได้หาค่าเฉลี่ย

4.1.10. นำข้อมูลที่ได้ไปเขียนลงในแผนภาพความดัน-เอนทาลปี (P-h Diagram) เพื่อให้ได้วัฏจักรการทำงาน

5. ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

Tested by :.....Date :.....

Water mass =.....kg. C_P of water =.....4.186.....kJ/kg K.

Temperature Controller Position =.....

Time (min)	P_H (bar)	P_L (bar)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)	T_{W1} (°C)	T_{W2} (°C)	Volt	Amp	Watt	Flow rate	
												Calculated	meter

6. คำสั่งท้ายการทดลอง

6.1. จงคำนวณหา

6.1.1.ผลของการทำความเย็น (Refrigeration Effect) มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม

6.1.2.การถ่ายเทความร้อนที่คอนเดนเซอร์มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม

6.1.3.อัตราการถ่ายเทความร้อนที่เครื่องทำความเย็นถ่ายเทให้กับน้ำหน่วยเป็นกิโลวัตต์

6.1.4.อัตราการหมุนเวียนของสารทำความเย็นหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อวินาที

6.1.5.กำลังที่ต้องการโดยเครื่องอัด (Compressor) หน่วยเป็นกิโลวัตต์

6.1.6.ค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ (Coefficient Of Performance)

6.1.7.อัตราการไหลเชิงปริมาตรที่ทางออกของคอนเดนเซอร์หน่วยเป็นลิตรต่อวินาที

6.1.8.กำลังของเครื่องอัดเป็นกิโลวัตต์ต่ออัตราการทำความเย็นเป็นตันความเย็น (kW/Ton)

6.1.9.นำข้อมูลที่ได้ไปเขียนลงในแผนภาพความดัน-เอนทาลปี (P-h Diagram) เพื่อให้ได้วัฏจักรการทำงาน

7. วิจารณ์ผลการทดลอง

8. สรุปผลการทดลอง

9. ตัวอย่างการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

Tested by :.....Date :.....

Water mass =.....0.790.....kg. C_P of water =.....4.186.....kJ/kg K.

Temperature Controller Position =.....7.....

Time (min)	P_H (bar)	P_L (bar)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)	T_{W1} (°C)	T_{W2} (°C)	Volt	Amp	Watt	Flow rate	
												Calculated	meter
60	15.84	1.57	-2	66	41	-15	-	24	223.6	0.711	94		
70	15.49	1.57	-6	68	41	-15	24	21	222.7	0.71	93		
80	15.49	1.57	-4	69	41	-15	21	18	223.7	0.709	93		
90	15.49	1.57	-13	70	41	-15	18	16	225.2	0.71	94	0.08	

10. ตัวอย่างการคำนวณ

10.1. ตัวอย่างข้อมูลจากการทดสอบครั้งที่ 4

$$P_H = 15.49 \text{ bar}, P_L = 1.57 \text{ bar}, T_1 = -13\ ^\circ\text{C}, T_2 = 70\ ^\circ\text{C}, T_3 = 41\ ^\circ\text{C}, T_4 = -15^\circ\text{C}$$

จากกราฟคุณสมบัติสารทำความเย็น (R-134a), ตารางคุณสมบัติสารทำความเย็น (R-134a) และตารางคุณสมบัติสารทำความเย็น (R-134a Super heat Vapor) สามารถหาค่าเอลทาลปี h_1, h_2, h_3, h_4 ได้

$$h_1 = 390.27\ kJ/kg, h_2 = 442.33\ kJ/kg, h_3 = h_4 = 257.66\ kJ/kg$$

10.1.1. ผลของการทำความเย็น (Refrigeration Effect) มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม

$$RE = h_1 - h_4 = 390.27 - 257.66 = 132.61\ kJ/kg$$

10.1.2. กำลังที่ต้องการโดยเครื่องอัด (Compressor) หน่วยเป็นกิโลวัตต์

$$W_c = h_2 - h_1 = 442.33 - 390.27\ 6 = 52.06\ kJ/kg$$

10.1.3. การถ่ายเทความร้อนที่คอนเดนเซอร์มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม

$$Q_{out} = h_2 - h_3 = 442.33 - 257.66 = 184.67\ kJ/kg$$

10.1.4. ค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ (Coefficient Of Performance)

$$COP = \frac{RE}{W_c} = 132.61/52.06 = 2.55$$

10.1.5. อัตราการถ่ายเทความร้อนที่เครื่องทำความเย็นถ่ายเทให้กับน้ำหน่วยเป็นกิโลวัตต์

$$\mathrm{Q} = \mathrm{m_w C_{pw}} \frac{\Delta \mathrm{T}}{\Delta \mathrm{t}} = \frac{0.79\ kg\ x\ 4.186\ kJ/kg\ K\ x\ (18-16)\ K}{600\ s} = 0.01102\ \mathrm{kJ/s}$$

10.1.6. อัตราการหมุนเวียนของสารทำความเย็นหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อวินาที

$$\mathrm{m_R} = \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{RE}} = 0.01102/132.61 = 8.31\mathrm{x}\ 10^{-5}\ \mathrm{kg/s}$$



สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 11 ระบบการปรับอากาศแบบแยกส่วน

(Split Type Air Conditioner System)



1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อเข้าใจพื้นฐานการทำงานและองค์ประกอบของระบบการปรับอากาศแบบแยกส่วน

1.2 เพื่อศึกษาระบบการทำงานของระบบการปรับอากาศแบบแยกส่วน

1.3 เพื่อศึกษาวิธีประเมินการทำงานของระบบการปรับอากาศแบบแยกส่วน

1.4 เพื่อศึกษาวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการปรับอากาศแบบแยกส่วน

2. ทฤษฎี

2.1. บทนำ

หลักการทำงานและอุปกรณ์พื้นฐานของระบบปรับอากาศไม่ต่างจากระบบทำความเย็นมากนัก จะต่างกันก็ที่จุดประสงค์ของการใช้งาน ซึ่งระบบปรับอากาศจะทำหน้าที่เพิ่มหรือลดอุณหภูมิให้เหมาะสมตามที่เราต้องการ รวมถึงการปรับสภาพอากาศให้มีความสะอาด มีการถ่ายเทหมุนเวียนและมีความชื้นที่เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความสุขสบาย เช่น ในบ้าน สำนักงาน ที่ทำการ ห้องคอมพิวเตอร์ ห้องเก็บสารเคมี ฯลฯ ในขณะที่ระบบทำความเย็นมักจะหมายถึง การทำความเย็นในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม หรือการทำความเย็นเพื่อจุดประสงค์อื่นที่นอกเหนือไปจากระบบปรับอากาศ เช่น ห้องเย็น การแช่แข็งอาหาร การควบคุมอุณหภูมิน้ำในกระบวนการผลิตน้ำอัดลม ฯลฯ

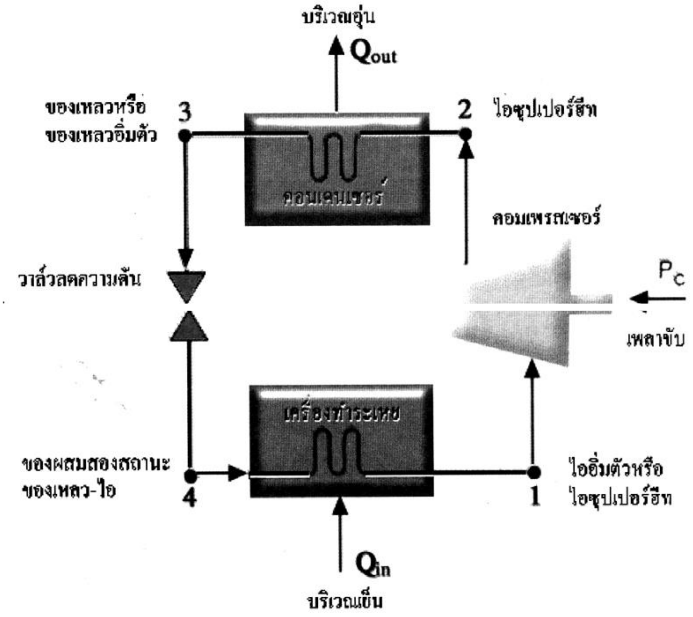
ระบบการปรับอากาศ(Air Conditioning System) สามารถแบ่งได้หลายประเภท การแบ่งประเภทของระบบปรับอากาศสามารถแบ่งตามการเรียกชื่อระบบปรับอากาศดังนี้

- เรียกตามตัวกลางที่ทำให้อากาศเย็น เช่น ระบบน้ำยา(Refrigerant) ระบบน้ำเย็น (Chilled water) เช่น F-11, F-22, F500, R-123,R134A
- เรียกตามการระบายความร้อนออกสู่บรรยากาศ เช่น Water cooled ,Air cooled condenser
- เรียกตามส่วนประกอบ เช่น Window type, Split type
- เรียกตามตำแหน่งติดตั้งของ Fan coil เช่น Wall mounted type, Ceiling type , Floor mounted type

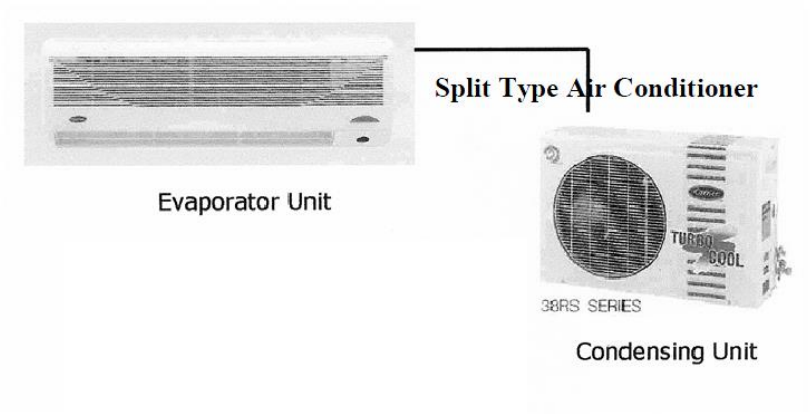
ระบบการปรับอากาศจะเป็นระบบการทำความเย็นแบบระบบการอัดไอ โดยทั่วไปใช้หลักการอัดไอสารทำความเย็นให้มีอุณหภูมิและความดันสูง โดยใช้คอมเพรสเซอร์ก่อนถ่ายโอนความร้อนออก เพื่อให้เกิดการกลั่นตัวแล้วลดความดันให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะอีกครั้ง จากนั้นนำสารทำความเย็นอุณหภูมิต่ำไปรับความร้อน ออกมาจากพื้นที่ที่ต้องการ ทำความเย็น สารทำความเย็นที่ใช้ เช่น สารไฮโดรคาร์บอน แอมโมเนีย หรือฟลูออโรคาร์บอน

2.1.1. ระบบทำความเย็นแบบการอัดไอ

รูปที่ 1 แสดงหลักการของวัฏจักรการอัดไอที่ใช้ในระบบทำความเย็นและการส่งถ่ายความร้อนออกจากวัฏจักรแบบพื้นฐานใช้งานทั่วไป ซึ่งเป็นการทำงานแบบสเตจเดียว



รูปที่ 1 หลักการของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ



รูปที่ 2 ส่วนประกอบระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

2.1.2. ส่วนประกอบที่สำคัญ

- เครื่องทำระเหย (Evaporator) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและแลกเปลี่ยนความร้อน ทำให้สารทำความเย็นในสถานะของเหลวเปลี่ยนเป็นไอแล้วให้ความเย็นในพื้นที่ที่ต้องการทำความเย็น
- คอมเพรสเซอร์ (Compressor) เป็นเครื่องอัดสารทำความเย็นให้มีสถานะเป็นไอที่ความดันและอุณหภูมิสูง

- คอนเดนเซอร์ (Condenser) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่คายความร้อนหรือถ่ายโอนความร้อนออกแล้วส่งผลทำให้สารทำความเย็นเกิดการกลั่นตัว
- วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) ทำหน้าที่ควบคุม สารทำความเย็นที่มีค่าความดันสูง ให้มีค่าลดลงไปสู่ความดันต่ำ ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของเหลวผสม ระหว่างสถานะที่เป็นของเหลวกับไอ

2.2. ทฤษฎีการทำความเย็น

2.2.1.เครื่องทำระเหย

การทำงานเริ่มที่เครื่องทำระเหย เมื่อต้องการทำความเย็น สารทำความเย็นมีสถานะผสมระหว่างของเหลวกับไอ เมื่อไหลผ่านเข้าสู่เครื่องทำระเหย จะรับเอาความร้อนแล้วค่อยๆ เปลี่ยนสถานะจากไอผสมกับของเหลวเป็นไอทั้งหมดก่อนเข้าสู่คอมเพรสเซอร์ที่จุด 1 หรือ $1'$ โดยจุดที่ $1'$ เป็นจุดที่สารทำความเย็นมีสถานะเป็นไออิ่มตัวพอดี แต่ในทางปฏิบัติจะต้องให้ไอมีอุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อย ให้มีสถานะเป็นไอดง เพื่อให้มั่นใจว่าไอของสารทำความเย็นเป็นไอทั้งหมด ไม่มีของเหลวปน เพื่อป้องกันความเสียหายที่คอมเพรสเซอร์

สมการการถ่ายเทความร้อนที่เครื่องทำระเหย

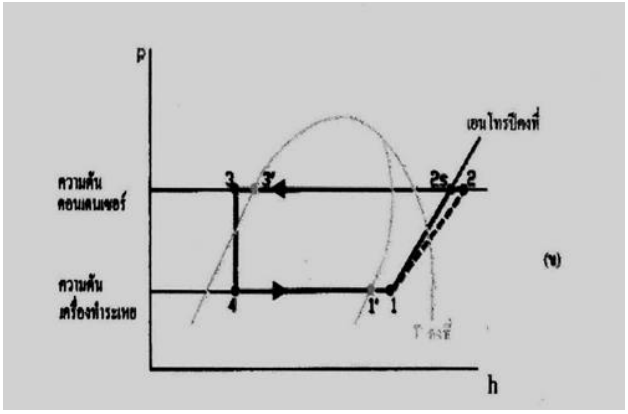
$\frac{Q_{in}}{m} = h_1' - h_4$ หรือ $\mathrm{h_1 - h_4}$ ---------->(1)

$\mathrm{Q_{in}}$ = อัตราการถ่ายเทความร้อนให้แก่อุปกรณ์ (W)

m = อัตราการไหลของสารทำความเย็น (kg/s)

h_1', h_1, h_4 = ค่าเอนทาลปี (kJ/kg)

หมายเหตุ : อัตราการถ่ายเทความร้อน 1 ตันความเย็น $= 3.517\ kW = 12{,}000\ Btu/h$



รูปที่3 ไดอะแกรมของวัฏจักรการอัดไอ แสดงค่าความดันกับเอนทาลปี

2.2.2.คอมเพรสเซอร์

คอมเพรสเซอร์ทำหน้าที่อัดไอสารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำไปสู่ตำแหน่ง 2s หรือ 2 ซึ่งมีความดันสูงและอุณหภูมิสูง การอัดไอไปที่ตำแหน่ง 2s เป็นการอัดไอตามทฤษฎีและการอัดไอไปในตำแหน่ง 2 เป็นการอัดไอที่ได้จริง ซึ่งการอัดไอจากตำแหน่ง 1 ไป 2s จะเป็นการอัดไอของสารทำความเย็นแบบกระบวนการไอเซ็นทรอปิค (Isentropic)

สมการกำลังงานที่ใช้ในการอัดไอที่คอมเพรสเซอร

$\frac{W_c}{m} = h_{2s} - h_1^{'}$ หรือ $h_2 - \mathrm{h}_1$----------->(2)

W_c = กำลังงานที่ให้กับคอมเพรสเซอร์ (W)

$h_2, h_{2s}, h_1^{'}, h_1$ = ค่าเอนทาลปี (kJ/kg)

โดยประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์หาได้จาก

$\eta_c = \frac{h_{2s}-h_1}{h_2-h_1}$

2.2.3.คอนเดนเซอร์

เมื่อไอสารทำความเย็นถูกอัดให้ไหลผ่านไปยังคอนเดนเซอร์จะเกิดการถ่ายโอนความร้อนออกสู่บรรยากาศ หรือระบบหล่อเย็น สารทำความเย็นที่เป็นไอร้อนยิ่งยวด จะค่อยๆ เปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวในจุดที่ 3

สมการการถ่ายเทความร้อนที่คอนเดนเซอร์

$\frac{Q_{out}}{m} = h_{2s} - h_3^{'}$ หรือ $h_2 - \mathrm{h}_3$----------->(3)

เมื่อ Q_{out} = อัตราการถ่ายเทความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์ (W)

$h_2, h_{2s}, h_3, h_3^{'}$ = ค่าเอนทาลปี (kJ/kg)

2.2.4.วาล์วลดความดัน

เนื่องจากสารทำความเย็นจะเดือดที่อุณหภูมิและความดันต่ำ ดังนั้นเมื่อสารทำความเย็นขยายตัวผ่านวาล์วลดความดัน จะทำให้อุณหภูมิและความดันของสารทำความเย็นลดลง ในกระบวนการนี้จะมีค่าเอนทาลปีคงที่ตลอดช่วงของการลดค่าความดันจากจุด 3 ไปยังจุด 4

การคำนวณหาค่าประสิทธิภาพในรูปของสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะของระบบทำความเย็น (COP, Coefficient of Performance) คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$COP = \frac{Q_{in}}{W_c} = \frac{h_1-h_4}{h_{2s}-h_1}$ เป็นค่าทางทฤษฎี ----------->(4)

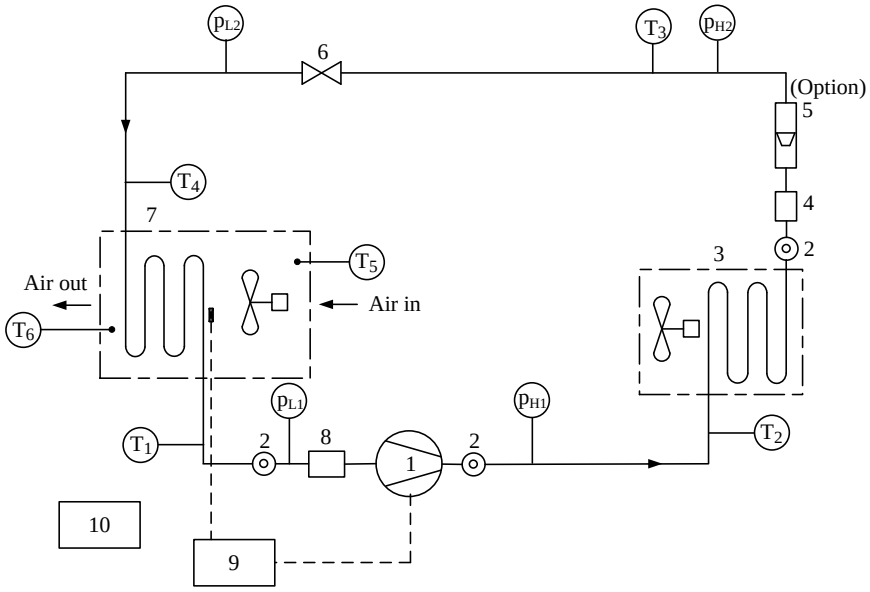
$COP = \frac{Q_{in}}{W_c} = \frac{h_1-h_4}{h_2-h_1}$ เป็นค่าจริง ----------->(5)

อัตราการถ่ายเทความร้อนที่เครื่องทำความเย็นถ่ายเทให้กับอากาศหรือความสามารถในการทำความเย็นสามารถดูได้จาก Nameplate ของเครื่องปรับอากาศ

3. เครื่องมือการทดลอง



รูปที่4 อุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ 5 Schematic diagram ของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

1 = Compressor
2 = Sight glass
3 = Condenser with fan
4 = Filter / drier
5 = Rotameter (option)
6 = Expansion valve
7 = Evaporator with fan
8 = Filter
9 = Temperature controller
10 = Remote control

T_1 = Evaporator outlet temperature
T_2 = Condenser inlet temperature
T_3 = Condenser outlet temperature
T_4 = Evaporator inlet temperature
T_5 = Ambient temperature
T_6 = Cooled compartment temperature

4. การทดลอง

4.1. ก่อนการทดลองต้องแน่ใจว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆต้องพร้อมในการทดลอง

4.2. เปิดสวิตช์ที่เครื่องและตั้งอุณหภูมิที่รีโมทไว้ที่ 25°C

4.3. ปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 15 นาทีขึ้นไป อุปกรณ์ถึงจะพร้อมที่จะทำการตรวจวัด

4.4. บันทึกค่าความดันที่ด้านความดันสูง, ด้านความดันต่ำ, อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการทดลอง

4.5. บันทึกข้อมูลเหมือนกับข้อ 4.4 ทุกๆ 10 นาที เป็นจำนวน 4 ครั้ง

4.6. ปิดสวิตช์ ELCB และที่ Power Breaker

4.7. นำข้อมูลที่ได้หาค่าเฉลี่ย

4.8. นำข้อมูลที่ได้ไปเขียนลงในแผนภาพความดัน-เอนทาลปี (P-h Diagram) เพื่อให้ได้วัฏจักรการทำงาน

5. ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

Tested by :.....Date :.....

Remote Control(°C)	P_{H1} (bar) Compressor exit	P_{H2} (bar) Condenser exit	P_{L1} (bar) Compressor inlet	P_{L2} (bar) Evaporator inlet	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)	T_5 (°C)	T_6 (°C)	Q (L/hr)

6. คำสั่งท้ายการทดลอง

6.1. จงคำนวณหา

6.1.1.ผลของการทำความเย็น (Refrigeration Effect) มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม

6.1.2.การถ่ายเทความร้อนที่คอนเดนเซอร์มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม

6.1.3.อัตราการหมุนเวียนของสารทำความเย็นหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อวินาที

6.1.4.กำลังที่ต้องการโดยเครื่องอัด (Compressor) หน่วยเป็นกิโลวัตต์

6.1.5.ค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ (Coefficient Of Performance)

6.1.6.อัตราการไหลเชิงปริมาตรที่ทางออกของคอนเดนเซอร์หน่วยเป็นลิตรต่อวินาที

6.1.7.นำข้อมูลที่ได้ไปเขียนลงในแผนภาพความดัน-เอนทาลปี (P-h Diagram) เพื่อให้ได้วัฏจักรการทำงาน

7. วิจารณ์ผลการทดลอง

8. สรุปผลการทดลอง

9. ตัวอย่างการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

Tested by :.....Date :.....

Remote Control(°C)	P_{H1} (bar) Compressor exit	P_{H2} (bar) Condenser exit	P_{L1} (bar) Compressor inlet	P_{L2} (bar) Evaporator inlet	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)	T_5 (°C)	T_6 (°C)	Q (L/hr)
25	22.39	22.39	6.53	8.25	2.6	96.7	36.6	17.8	32.2	18.2	35

10. ตัวอย่างการคำนวณ

10.1. ตัวอย่างข้อมูลจากการทดสอบ

$$P_H = 22.39 \text{ bar}, P_{L1} = 6.53 \text{ bar}, P_{L2} = 8.25 \text{ bar}, T_1 = 2.6 \text{ ℃}, T_2 = 96.7 \text{ ℃}, T_3 = 36.6 \text{ ℃}, T_4 = 17.8 \text{℃}$$

จากกราฟคุณสมบัติสารทำความเย็น (R-134a), ตารางคุณสมบัติสารทำความเย็น (R-134a) และตารางคุณสมบัติสารทำความเย็น (R-134a Super heat Vapor) สามารถหาค่าเอลทาลปีh_1, h_2, h_3, h_4ได้

$h_1 = 430\ kJ/kg, h_2 = 502\ kJ/kg, h_3 = h_4 = 260\ kJ/kg$

10.1.1. ผลของการทำความเย็น (Refrigeration Effect) มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม

$RE = h_1 - h_4 = 430 - 260 = 170\ kJ/kg$

10.1.2. กำลังที่ต้องการโดยเครื่องอัด (Compressor) หน่วยเป็นกิโลวัตต์

$W_c = h_2 - h_1 = 502 - 430 = 72\ kJ/kg$

10.1.3. การถ่ายเทความร้อนที่คอนเดนเซอร์มีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม

$Q_{out} = h_2 - h_3 = 502 - 260 = 242\ kJ/kg$

10.1.4. ค่าสัมประสิทธิ์เชิงสมรรถนะ (Coefficient Of Performance)

$$COP = \frac{RE}{W_c} = 170/72 = 2.36$$

10.1.5. อัตราการถ่ายเทความร้อนที่เครื่องทำความเย็นถ่ายเทให้กับอากาศหรือความสามารถในการทำความเย็นดูได้จาก Nameplate หน่วยเป็นกิโลวัตต์

สมมติอ่านความสามารถในการทำความเย็นได้ = $9649.14\ Btu/hr$

10.1.6. อัตราการหมุนเวียนของสารทำความเย็นหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อวินาที

จาก $1\ W = 3.413\ btu/hr$

$$m_R = \frac{Q}{RE} = \frac{(9649.14\ /(3.413\ x\ 1000))}{170} = 0.017\ kg/s$$

10.1.7. อัตราการหมุนเวียนของสารทำความเย็นที่ทางออกของคอนเดนเซอร์หน่วยเป็นลิตรต่อวินาที

จากอุณหภูมิที่ทางออกของคอนเดนเซอร์ $T_3 = 36.6℃$ จากกราฟคุณสมบัติสารทำความเย็น (R-134a), ตารางคุณสมบัติสารทำความเย็น (R-134a) สามารถหาค่าปริมาตรจำเพาะ $\mathrm{v} = 0.0010305\ m^3/\mathrm{kg}$

$$V_R = 0.017\ kg/s\ x\ 0.0010305\ m^3/kg = 0.00001751\ m^3/s = 0.0175\ l/s$$



สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 12 การทดสอบหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง
BOMB CALLORIMETER



1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อทดสอบหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเหลวและเชื้อเพลิงแข็ง

1.2 เพื่อให้ศึกษาและใช้เครื่องหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงด้วยบอมบ์แคลอริมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง

2. ทฤษฎี

2.1 บอมบ์แคลอริมิเตอร์

บอมบ์แคลอริมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับทดสอบหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงโดยอาศัยหลักการทำงานด้วยกระบวนการตามมาตรฐาน ASTM เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการสันดาปแล้วจะให้พลังงานความร้อนออกมา ซึ่งจะกำหนดให้อยู่ในรูปของค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงต่อหน่วยน้ำหนัก เช่น กิโลจูล/กิโลกรัม บีทียู/ปอนด์ กิโลแคลอรี/ กิโลกรัม

ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงคือ ปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทออกจากเชื้อเพลิง เนื่องจากการสันดาปที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ในระบบโดยปกติการสันดาปของเชื้อเพลิงจำพวกสารไฮโดรคาร์บอนเมื่อสันดาปในบรรยากาศของออกซิเจน ผลของการสันดาปจะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ การหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงโดยใช้บอมบ์แคลอริมิเตอร์โดยการนำเอาเชื้อเพลิงที่จะทำการทดสอบไปชั่งน้ำหนักให้ละเอียดมาเผาไหม้กับออกซิเจนบริสุทธิ์ ภายใต้ความดันภายในบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้จะถ่ายเทให้กับตัวบอมบ์ , น้ำหล่อเย็นรอบตัวบอมบ์และอุปกรณ์อื่น ๆ โดยรอบ ซึ่งจะสามารถวัดอุณหภูมิของน้ำได้โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ และปริมาณความร้อนสามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$W \Delta t = Q \times g$$

เมื่อ W คือ ค่าเทียบเท่าน้ำ (Water equivalent) หรือความร้อนจำเพาะของ Calorimeter MJ/ $^{\circ}C$

Δtคือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง $^{\circ}C$

Q คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง MJ/g

g คือ ปริมาณของเชื้อเพลิง g

คำว่าแคลอริมิเตอร์ในที่นี้ หมายความรวมถึงตัวบอมบ์ , ถ้วยใส่เชื้อเพลิง, ถัง, น้ำที่ใส่เข้าไป (ประมาณ 2000 กรัม), อุปกรณ์กวน, เทอร์โมมิเตอร์ที่จุ่มในน้ำ ฯลฯ

ปริมาณความร้อนที่คำนวณได้จากสมการยังมิใช่ค่าความร้อนที่ถูกต้องเพราะมีความร้อนบางส่วนที่มาจากการเผาไหม้ของขดลวดขณะจุดระเบิดในบรรยากาศของออกซิเจน และจากการรวมตัวของไนโตรเจนและออกซิเจนกับไอน้ำกลายเป็นกรดไนตริกและจากการเผาไหม้ของกำมะถันในเชื้อเพลิงทำให้เกิดกรดซัลฟูริค

ขณะเดียวกันอุณหภูมิของน้ำระหว่างการทดลองนั้นจะเพิ่มขึ้นตลอดเวลาฉะนั้นจะต้องมีการปรับค่าของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นให้ถูกต้องด้วย

2.2 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (Q)

นอกจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแล้ว ยังมีความร้อนที่เกิดจากการรวมตัวของออกซิเจน และสิ่งอื่น ๆ ด้วยดังนั้น

$$W\Delta t = Q \times g + e_1 + e_2 + e_3$$

เมื่อ e_1 = ค่าความร้อนจากการเกิดกรด Nitric

MJ = จำนวนมิลลิลิตรของน้ำยา Na OH มาตรฐาน (0.0866N) ที่ใช้ในการ Titration $\times 5/10^6$

e_2 = ค่าความร้อนที่เกิดจากกรด Sulfuric

MJ = 58.64 เปอร์เซ็นต์กำมะถันในเชื้อเพลิง × ปริมาณเชื้อเพลิงตัวอย่าง /10^6

e_3 = ค่าความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของลวดจุดระเบิด

MJ = 1.13 × ความยาวของลวดเหล็กที่เผาไหม้ (มม.) /10^6

หรือ MJ = 0.96 × ความยาวของลวด Chromed C. ที่เผาไหม้ (มม.) /10^6

1 Calorie= 4.1868 Joules

การเตรียมน้ำยาสำหรับ Titration กรดไนตริก และกรดกำมะถันให้ถือปฏิบัติตาม ASTM D 240 ที่แนบ

ในทางปฏิบัติน้ำมันเบนซิน (Gasoline) ถือว่าไม่มี sulfur น้ำมันโซล่า (Automotive Diesel Oil) ในประเทศไทยกำหนดไม่เกิน 0.05% น้ำมันเตาอย่างใสไม่เกิน 2% น้ำมันเตาอย่างข้นจะมีกำมะถันมากกว่า 2% กำมะถันในถ่านหินจะมีมากน้อยแล้วแต่แหล่งถ่านหิน

อย่างไรก็ตาม e_1, e_2, e_3 มีค่าน้อยมากเทียบกับค่าความร้อนของเชื้อเพลิง หากไม่ต้องการค่าความร้อนเชื้อเพลิงที่แม่นยำมากอาจตัดทิ้งได้

2.3 อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นค่าที่ถูกต้องจะมีการปรับดังนี้

$$\Delta t = t_c - t_a - r_1 (b-a) - r_2 (c-b)$$

เมื่อ a คือ เวลาเมื่อจุดระเบิด

b คือ เวลาที่อุณหภูมิสูงขึ้นจนถึง 60 เปอร์เซ็นต์ของอุณหภูมิที่ขึ้นทั้งหมด (ดูจากข้อมูลการทดลอง)

c คือ เวลาที่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเริ่มมีอัตราคงที่ (หลังการเผาไหม้)

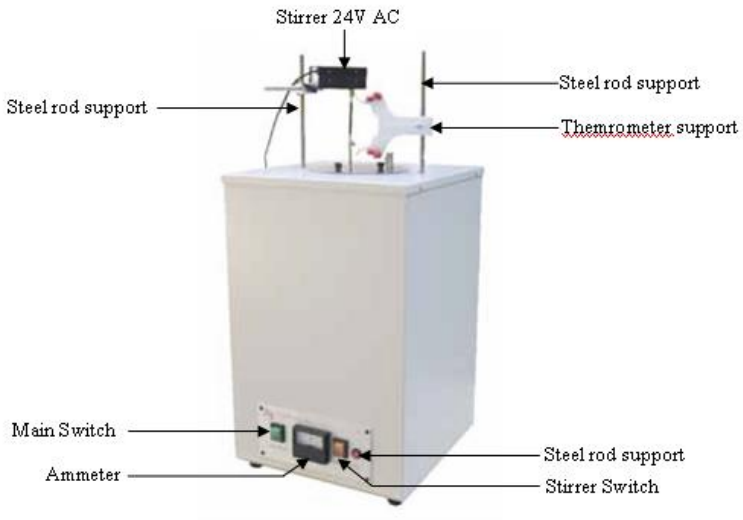
t_a คือ อุณหภูมิเมื่อจุดระเบิด (เวลา a)

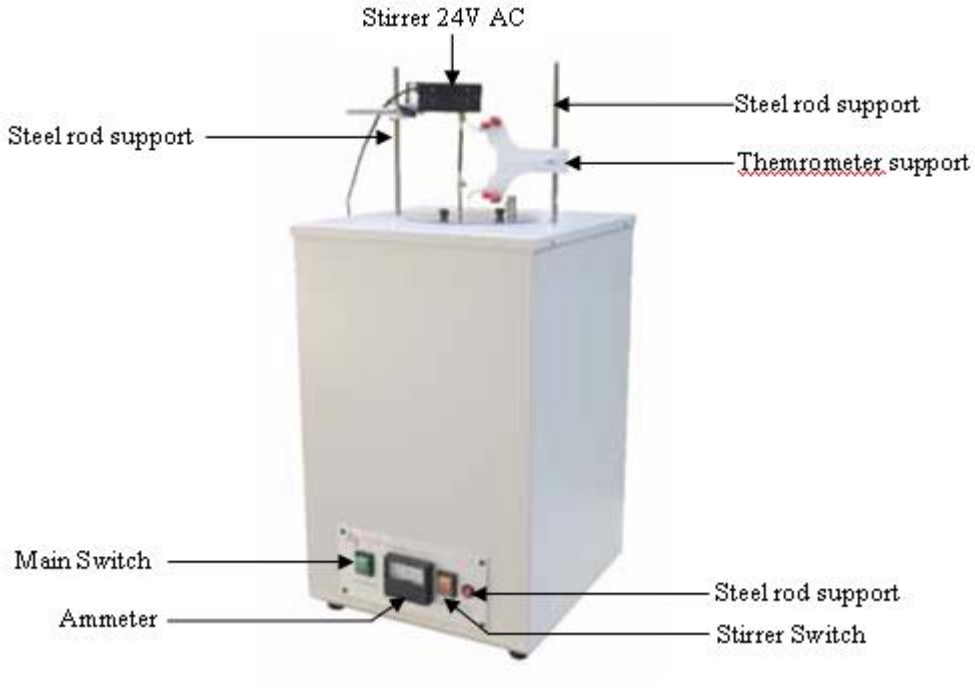
t_c คือ อุณหภูมิที่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเริ่มมีอัตราคงที่ (เวลา C)

r_1 คือ อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ (°C / นาที) ช่วง 5 นาที ก่อนการจุดระเบิด

r_2 คือ อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ (°C / นาที) ช่วง 5 นาที หลังจุด C ถ้าอุณหภูมิลดลงค่า r_2 เป็นลบ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ





รูปที่ 1-1 เครื่องทดสอบหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

3.1 บอมบ์แคลอริมิเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยตัวบอมบ์ ถังใส่น้ำทดลอง , ถ้วยใส่เชื้อเพลิง , ที่กวน , เทอร์โมมิเตอร์ ชุดควบคุมการจุดระเบิด ฯลฯ

3.2 เทอร์โมมิเตอร์ ASTM C 56 ย่านวัด 19-35 °C อ่านได้ละเอียด 0.02 องศา พร้อมแว่นขยายสำหรับการ
อ่านละเอียด

3.3 ถังออกซิเจน 1 ถัง พร้อมสายต่อออกซิเจนเข้าบอมบ์

3.4 ตาชั่งละเอียดขนาดอ่านได้ละเอียด 0.1 มิลิกรัม หรือ 0.0001 กรัม

3.5 นาฬิกาจับเวลา

3.6 หลอดฉีดยาชนิดแก้ว (มีสเกลวัดปริมาตร) สำหรับเติมน้ำกลั่น หรือเชื้อเพลิง

3.7 ลวดจุดระเบิดยาวประมาณ 10 ซม.

3.8 น้ำบริสุทธิ์ (น้ำกลั่นหรือน้ำ Deionized ที่ใช้กับหม้อน้ำ)

3.9 Benzoic Acid ชนิดเม็ด พร้อมค่าความร้อนมาตรฐานเชื้อเพลิงสำหรับการทดลอง

4. วิธีการทดลอง

4.1 การเตรียมการทดลอง

4.1.1 จัดเตรียมอุปกรณ์ในการทดลองให้ครบ ทำความสะอาดอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยใช้ผ้าเช็ดภายในบอมบ์ ให้สะอาดด้วย

4.1.2 ก่อนทำการทดลอง สวิตซ์ควบคุมตู้จุดระเบิดต้องอยู่ในตำแหน่ง OFF

4.1.3 นำเชื้อเพลิงใส่ลงในถ้วย 0.9-1.1 กรัม โดยเข็มฉีดยาชั่งด้วยตาชั่งละเอียดและบันทึกน้ำหนักไว้

4.1.4 นำถ้วยที่ใส่น้ำมันเชื้อเพลิงไปติดในบอมบ์แคลอริมิเตอร์แล้วนำลวดที่ยาวประมาณ 10 เซนติเมตรไปผูกไว้ที่ปลายทั้ง 2 ข้าง ของขั้วจุดระเบิด

4.1.5 เติมน้ำลงไปในบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ประมาณ 1 มิลลิลิตร (ใช้เข็มฉีดยา)

4.2 วิธีการทดลอง

4.2.1 นำบอมบ์ที่ภายในใส่เชื้อเพลิงและพันลวดจุดระเบิดเรียบร้อยแล้ว ปิดฝาให้แน่น นำไปบรรจุออกซิเจนโดยเปิดลิ้นบรรจุอย่างช้า ๆ เพื่อป้องกันออกซิเจนที่เข้าไปเป่าเชื้อเพลิงหกจากถ้วย จนกระทั่งออกซิเจนมีความดันประมาณ 25 บาร์ (ห้ามเกิน 35 บาร์) ก่อนบรรจุออกซิเจนให้ปิดลิ้นระบายให้แน่น

4.2.2 เติมน้ำลงในถังนอกประมาณสูงเท่ากับน้ำในกระป๋องแคลอรีมิเตอร์ ตามข้อ 4.2.4 และบันทึกอุณหภูมิของน้ำไว้

4.2.3 นำกระป๋องแคลอริมิเตอร์เปล่าไปชั่งน้ำหนักแล้วจดบันทึกค่าไว้ใส่น้ำลงไป 2,000 มิลลิลิตร การเติมน้ำจะเติมโดยกระบอกตวงก็ได้ น้ำที่เติมน้ำกลั่นหรือน้ำ Deionized อุณหภูมิของน้ำควรต่ำกว่าอุณหภูมิของน้ำในถังเปลือกนอกตามข้อ 4.2.2 ประมาณ 1.6-2 องศาเซลเซียส โดยอาจจะเติมน้ำเย็น แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักสุทธิของน้ำจดบันทึกค่าไว้ ค่าที่วัดควรละเอียดถึง $\pm$ 0.5 °C

4.2.4 ต่อสายไฟจุดระเบิดเข้ากับบอมบ์แล้วค่อย ๆ วางบอมบ์ลงไปในถังแคลอริมิเตอร์โดยตั้งบอมบ์บนฐานที่เตรียมไว้ให้ ซึ่งเป็นฉนวนยกสูงประมาณ 4 ซม. จากพื้นถังแคลอริมิเตอร์ (เพื่อให้น้ำ 2000 มิลลิลิตร ท่วมขอบบนของบอมบ์ประมาณไม่เกิน 10 มม.)

4.2.5 ใส่เทอร์โมมิเตอร์เข้าที่ปรับเครื่องกวนน้ำให้ถูกตำแหน่งปิดฝาถังแคลอริมิเตอร์ แล้วจึงเดินเครื่องกวนน้ำจนกระทั่งสังเกตว่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงสม่ำเสมอ ให้อ่านค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วบันทึกค่าอุณหภูมิไว้

4.2.6 เมื่อครบ 5 นาทีแล้ว ให้กดสวิตช์จุดระเบิดเพื่อจุดเชื้อเพลิงให้ลุกไหม้ จากนี้ให้อ่านค่าอุณหภูมิ ทุก ๆ 10 วินาทีไปจนกว่าอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นสูงสุดและอุณหภูมิเริ่มลดลงอย่างสม่ำเสมอ ตอนนี้ ให้อ่านอุณหภูมิทุก ๆ 1 นาที ต่อไปอีก 5 นาที บันทึกค่าไว้

4.2.7 ถ้าอุณหภูมิไม่ขึ้นเลย แสดงว่าเชื้อเพลิงไม่เกิดการลุกไหม้ ให้ถอดบอมบ์ออกทำความสะอาดและทำการทดลองใหม่

4.2.8 เมื่อบันทึกครบตามข้อ 4.2.6 แล้ว ให้นำบอมบ์ออกมาจากแคลอริมิเตอร์ค่อย ๆ แล้วเปิดลิ้นลดความดันจนเท่ากับความดันบรรยากาศ จึงเปิดฝาบอมบ์ออก แล้วสังเกตดูสภาพภายในบอมบ์ ถ้ามีเชื้อเพลิงเหลือจากการสันดาป การทดลองครั้งนี้ก็ใช้ไม่ได้ให้ทำการทดลองใหม่

4.2.9 แกะลวดความร้อนที่เหลือในบอมบ์ออกมาวัดความยาว แล้วนำค่าที่ได้ไปลบออกจากความยาวเดิม เพื่อหาความยาวของลวดความร้อนที่เผาไหม้จริง บันทึกค่าไว้เพื่อคำนวณหา ค่าความร้อนที่เกิดจากลวดทำความร้อน

4.2.10 ล้างบอมบ์รวมทั้งถ้วยเชื้อเพลิง Electrodes ฯลฯ ด้วยน้ำกลั่นในปริมาณไม่เกิน 350 ml. แล้วนำไป Titrate (ดูเอกสารแนบหมายเลข 4) ในกรณีที่ต้องการหาค่าความร้อนของกรดไนตริก และกรดซัลฟูริคอย่างละเอียดดูตาม ASTM D240 ข้อ A 2.2

4.2.11 ทำความสะอาดอุปกรณ์ทดลอง เทน้ำออกจากถังแคลอรีมิเตอร์ จัดเก็บอุปกรณ์เข้าที่ให้เรียบร้อย

4.2.12 นำผลที่ได้จากการทดลองไปคำนวณหาค่าความร้อน และค่าอุณหภูมิเพิ่มที่ถูกต้อง

4.3 การหาค่าเทียบเท่าน้ำของแคลอริมิเตอร์ (Water Equivalent หรือ Energy Equivalent)

4.3.1 ดำเนินการตามข้อ 4.2 โดยใช้ Benzoic acid เม็ดเป็นเชื้อเพลิง ค่าความร้อนของ Benzoic acid ถือตามค่าที่ระบุข้างกล่อง หรือใช้ค่า 6320 cal/g โดยประมาณ

4.3.2 จากสูตร $W\Delta t = Qg + e_1 + e_2 + e_3$ สำหรับกรด Benzoicไม่มี Sulphur $e_2 = O$

4.3.3 ค่าเทียบเท่าน้ำที่ได้ต้องเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลองไม่น้อยกว่า 6 ครั้ง ในช่วงเวลาไม่ต่ำกว่า 3 วัน

4.3.4 จากการทดลองนี้คำนวณค่าเทียบเท่าน้ำของเฉพาะแคลอริมิเตอร์ และบันทึกไว้

4.4 ข้อควรระวัง

4.4.1 ต้องแน่ใจว่าวาล์วลดความดันทุกตัวของบอมบ์ถูกปิดแน่นอย่างสนิทก่อนการจุดระเบิด เพราะอาจจะทำให้เกิดการระเบิดได้

4.4.2 ห้ามเปิดฝาบอมบ์ในขณะที่มีความดันสูง เพราะอาจจะทำให้เกิดอันตรายได้

4.4.3 ถ้าเปิดฝาบอมบ์ไม่ออก ให้เปิดวาล์วระบายความดันก่อนเพื่อให้ความดันที่มีอยู่ในบอมบ์ลดลง

<u>คำแนะนำการป้องกันและใช้เครื่องทดสอบ MAHLER BOME อย่างปลอดภัย</u>

เครื่องมือทดสอบเครื่องนี้อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติได้ถ้าขาดการระมัดระวังป้องกันการติดตั้งเครื่องทดสอบควรติดตั้งในบริเวณที่กำหนดเป็นพื้นที่ทดสอบโดยเฉพาะ และขอให้ปฏิบัติตามคำแนะนำดังต่อไปนี้

1. ไม่วางวัสดุทุกชนิดบนเครื่องทดสอบ
2. บุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องไม่ควรเข้าไปอยู่ในพื้นที่ทดสอบ
3. สวมชุดป้องกันขณะทำการทดลอง
4. สวมถุงมือและแว่นนิรภัยหรือหน้ากากขณะทดสอบ
5. ไม่วางกรวยสำหรับกรอกน้ำบนอุปกรณ์
6. เอาใจใส่ในการใช้เครื่องทดสอบตลอดเวลา
7. ไม่ควรสูบบุหรี่ขณะเตรียมหรือทำการทดสอบ

ควรตรวจสอบบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ทุกครั้งหลังทดสอบ หากพบรอยร้าวหรือสิ่งผิดปกติให้หยุดใช้งานทันที

5. ตารางบันทึกผลการทดลอง

การทดสอบหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

ผู้ทำการทดลอง..............................วันที่.................

น้ำมันเชื้อเพลิงที่นำมาหาค่าความร้อน ....

อุณหภูมิห้องขณะทำการทดลอง...°C

อุณหภูมิน้ำในแคลอรีมิเตอร์ก่อนการทดลอง.................................... °C

น้ำหนักของเชื้อเพลิง ....กรัม

ความยาวของลวดความร้อนที่ใช้จริง..เซนติเมตร

ตารางแสดงการหาค่าความร้อนจากบอมบ์บนแคลอริมิเตอร์

ก่อนทำการเผาไหม้ (บันทึกทุก ๆ 1 นาที)		ช่วงการเผาไหม้ (บันทึกทุก ๆ 10 วินาที)						หลังการเผาไหม้ เมื่ออุณหภูมิลดลง (บันทึกทุกๆ 1 นาที)	
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (°C)

6. คำสั่งท้ายการทดลอง

6.1 จงเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลา

6.2 กำหนดจุด a,b,c และค่า t_a และ t_c

6.3 หาค่า r_1 และ r_2 จากกราฟ

6.4 จาก 6.2 และ 6.3 คำนวณหาค่า Δt

6.5 จาก 4.3 คำนวณหาค่าเทียบเท่าน้ำ w. ของแคลอริมิเตอร์

6.6 จาก 5.5 คำนวณหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงตัวอย่างตามข้อ 4.2

7.ผลการศึกษาและวิจารณ์

ให้ทำการวิเคราะห์วิจารณ์และสรุปผลการทดลองที่ได้ทดสอบ

ภาคผนวก

8.ตัวอย่างการทดลอง

การทดสอบหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

ผู้ทำการทดลอง...นายวิศวกร รักอุดร....วันที่....28/08/49....

น้ำมันเชื้อเพลิงที่นำมาหาค่าความร้อน.....เบนซินอัดแห้ง.....

อุณหภูมิห้องขณะทำการทดลอง.....30.20.....℃

อุณหภูมิน้ำในแคลอริมิเตอร์ก่อนการทดลอง.....28.22..... ℃

น้ำหนักของเชื้อเพลิง.....(7.00 - 6.00).....1.00.....กรัม

ความยาวของลวดความร้อนที่ใช้จริง.....12.....เซนติเมตร

ตารางแสดงการหาค่าความร้อนจากบอมบ์บนแคลอริมิเตอร์

ก่อนทำการเผาไหม้ (บันทึกทุก ๆ 1 นาที)		ช่วงการเผาไหม้ (บันทึกทุก ๆ 10 วินาที)						หลังการเผาไหม้ เมื่ออุณหภูมิลดลง (บันทึกทุกๆ 1 นาที)	
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (°C)
1	28.22	10	28.28	220	30.42	430	30.69	1	30.68
2	28.24	20	28.32	230	30.46	440	30.70	2	30.68
3	28.24	30	28.38	240	30.48	450	30.70	3	30.68
4	28.26	40	28.50	250	30.50	460	30.70	4	30.68
5	28.28	50	28.68	260	30.54	470	30.70	5	30.66
		60	28.84	270	30.54	480	30.70		
		70	29.06	280	30.58	490	30.70		
		80	29.24	290	30.58	500	30.70		
		90	29.40	300	30.60	510	30.70		
		100	29.56	310	30.60	520	30.70		
		110	29.69	320	30.62	530	30.70		
		120	29.80	330	30.62	540	-		
		130	29.10	340	30.64	550	-		
		140	30.00	350	30.66	560	-		
		150	30.08	360	30.66	570	-		
		160	30.14	370	30.66	580	-		
		170	30.20	380	30.66	590	-		
		180	30.26	390	30.67	600	-		
		190	30.30	400	30.68				
		200	30.36	410	30.68				
		210	30.40	420	30.68				

หมายเหตุ : อุณหภูมิคงที่ที่ 30.70 ℃ เป็นเวลา 7.20 นาที

8. แบบอย่างผลการทดลอง (ต่อเนื่อง)

การทดสอบหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

ผู้ทำการทดลอง.....นายวิศวกร รักอุดร....วันที่....28/08/49....

น้ำมันเชื้อเพลิงที่นำมาหาค่าความร้อน.....น้ำมันเบนซิน 95.....

อุณหภูมิห้องขณะทำการทดลอง.....31.10..... ℃

อุณหภูมิน้ำในแคลอริมิเตอร์ก่อนการทดลอง..... 29.10..... ℃

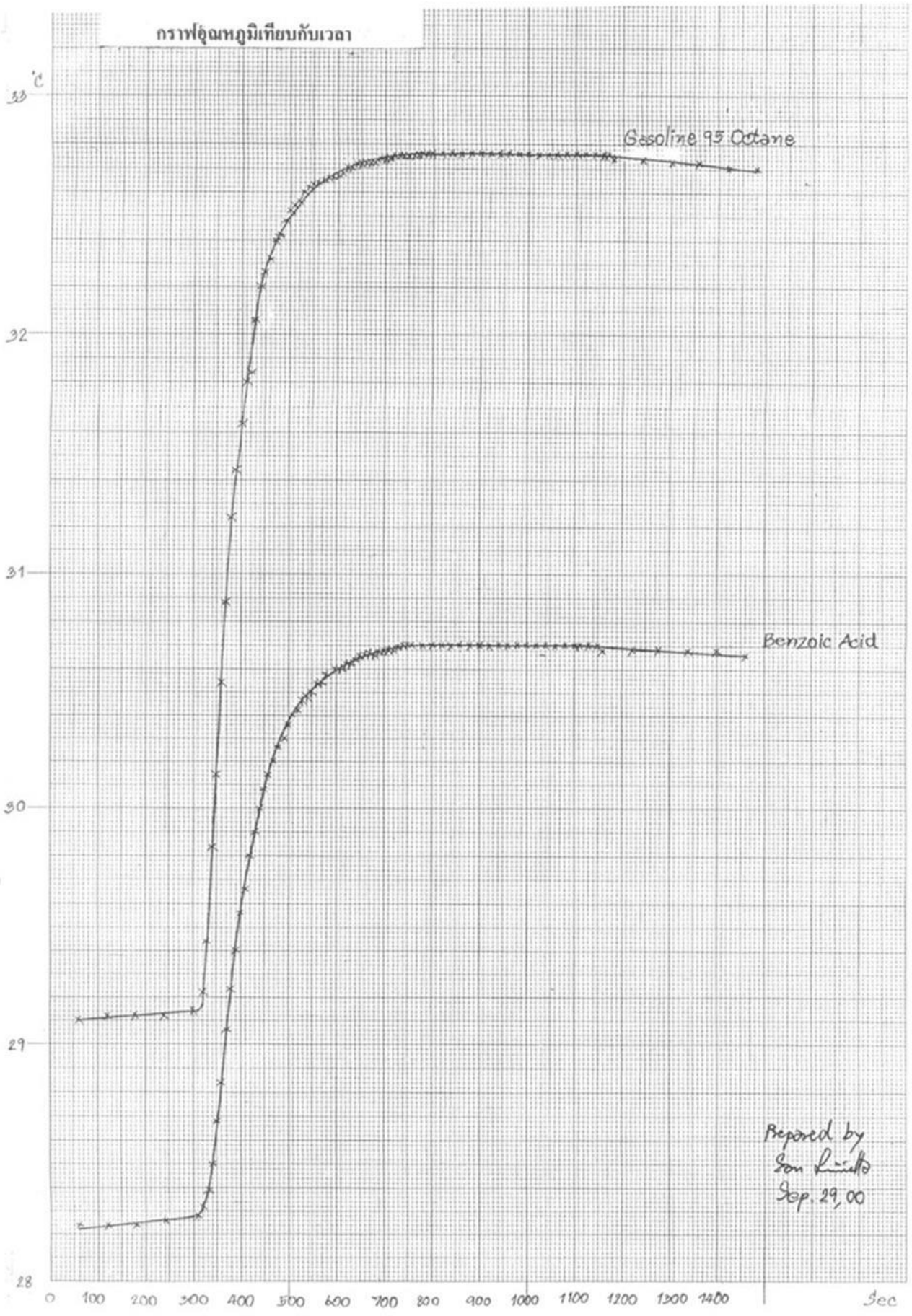
น้ำหนักของเชื้อเพลิง..... (7.07-6.07) .....1.00.....กรัม

ความยาวของลวดความร้อนที่ใช้จริง.....12.....เซนติเมตร

ตารางแสดงการหาค่าความร้อนจากบอมบ์บนแคลอริมิเตอร์

ก่อนทำการเผาไหม้ (บันทึกทุก ๆ 1 นาที)		ช่วงการเผาไหม้ (บันทึกทุก ๆ 10 วินาที)						หลังการเผาไหม้ เมื่ออุณหภูมิลดลง (บันทึกทุกๆ 1 นาที)	
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (วินาที)	อุณหภูมิ (°C)
1	29.10	10	29.14	220	32.56	430	32.75	1	32.74
2	29.12	20	29.22	230	32.60	440	32.75	2	32.73
3	29.12	30	29.44	240	32.62	450	32.75	3	32.72
4	29.12	40	29.84	250	32.63	460	32.75	4	32.70
5	29.14	50	30.14	260	32.64	470	32.76	5	32.70
		60	30.54	270	32.65	480	32.76		
		70	30.88	280	32.66	490	32.76		
		80	31.24	290	32.66	500	32.76		
		90	31.44	300	32.67	510	32.76		
		100	31.64	310	32.68	520	32.76		
		110	31.80	320	32.70	530	32.76		
		120	31.84	330	32.70	540	32.76		
		130	32.06	340	32.72	550	32.76		
		140	32.20	350	32.72	560	32.76		
		150	32.26	360	32.72	570	-		
		160	32.32	370	32.72	580	-		
		170	32.40	380	32.72	590	-		
		180	32.42	390	32.74	600	-		
		190	32.44	400	32.74				
		200	32.51	410	32.74				
		210	32.54	420	32.75				

หมายเหตุ : อุณหภูมิคงที่ที่ 32.76 ℃ เป็นเวลา 7.50 นาที


กราฟอุณหภูมิเทียบกับเวลา
°C
33
32
31
30
29
28
Gasoline 95 Octane
Benzoic Acid
Prepared by
Sep. 29, 00
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
Sec

9. ตัวอย่างการคำนวณ

9.1 ค่าความร้อนเทียบเท่าของแคลอริมิเตอร์

$W\Delta t = Q \times g + e_1 + e_2 + e_3$

W = ค่าเทียบเท่าน้ำ

Δt = อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง

Q = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง Benzoic acid ถ้าเป็น Benzoic acid มาตรฐานจะมีค่าความร้อนระบุที่ข้างกล่องแต่ Benzoic acid ที่ใช้เป็น Commercial grade ไม่มีค่าความร้อนระบุไว้ จึงมีสมมติให้ = 6320 Cal/g

g = ปริมาณของเชื้อเพลิง = 1.00 g.

a = 5 min

b = 6.55 min

c = 12.20 min

t_a = 28.28 ^{o}C

t_c = 30.70 ^{o}C

r_1 = (28.28 – 28.22)/5 = 0.012 ^{o}C /min

r_2 = (30.66-30.68)/5= –0.004 ^{o}C /min

$\Delta t = t_c - t_a - r_1 (b - a) - r_2 (c - b)$

$= 30.70 - 28.28 - 00.012 (6.55 - 5) - \left[-0.004(12.20 - 6.55)\right]$

$\Delta t = 30.70 - 28.28 - 0.0186 + 0.0226 = 2.424$

$e_3 = 1.13 \times 120/10^6 = 0.0001356 \text{ MJ} = 135.6 \text{ J} \times \frac{1\text{Cal}}{4.1868\text{J}} = 32.387 \text{ Cal}$

$W\Delta t = Q \times g + e_1 + e_2 + e_3$

e_1, e_2 มีค่าน้อยถือว่า = 0

$W = \frac{(6320 \times 1.00) + 32.387}{2.424}$

W = 2620.62 Cal

9.2 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

a = 5 min

b = 6.25 min

c = 12.50 min

t_a = 29.14 min

t_c = 32.76 min

r_1 = (29.14 – 29.10)/5 = 0.008 °C /min

r_2 = (32.70 – 32.74)/5 = -0.008 °C /min

$\Delta t = t_c - t_a - r_1 (b - a) - r_2 (c - b)$

$= 32.76 - 29.14 - (0.008(6.25 - 5) - [- 0.008 (12.50-6.25)]$

$= 32.76 - 29.14 - 0.01 + 0.05$

$\Delta t = 3.66$

$e_3 = 1.13 \times 120/10^6 = 0.0001356 \text{ MJ} = 135.6 \text{ J} \times \frac{1\text{Cal}}{4.1868\text{J}} = 32.387 \text{ Cal}$

$W\Delta t = Q \times g + e_1 + e_2 + e_3$

e_1, e_2 มีค่าน้อยถือว่า = 0

$W = \frac{6320 \times 1.00 + 32.387}{2.424}$

$Q = \frac{(2620.62 \times 3.66) - 32.387}{1}$

$Q = 9557.76 \ \frac{\text{Cal}}{\text{g}}$

หมายเหตุ : ค่าความร้อนของเบนซิน Octone 95 ของบริษัท เอสโซ่ ประมาณ 11,300 kCal/kg. แต่จากการทดลองออกมาได้ค่าความร้อนต่ำกว่าตัวเลขของเอสโซ่ สันนิษฐานว่า

1. ค่าความร้อน e_1 จากการเผาไหม้ของ N1 ไม่ได้นำมาคิดทำให้ได้ค่า W ต่ำกว่าที่เป็นจริง
2. Benzoic Acid ที่ใช้เป็น Commercial grade ไม่ใช้ Benzoic Acid มาตรฐาน ค่าความร้อนที่สมมติอาจไม่ตรงกับความจริง
3. ทำการทดลองน้อยครั้งไม่ครบตามาตรฐานค่าที่ได้อาจคลาดเคลื่อน

10. วิธีการไตเตรต

10.1 ใช้น้ำกลั่นล้างถ้วยบอมบ์, electrode และถ้วยบรรจุตัวอย่างโดยฉีดน้ำเบา ๆ และรวมน้ำไว้ใน beaker ไม่ควรใช้น้ำเกิน 350 ml.

10.2 เตรียมสารละลายด่างโดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต 10.4 กรัม ผสมน้ำ 1 ลิตร (เพื่อให้ได้ความเข้มข้น 0.1 โมล)

10.3 นำสารละลายด่างใส่ใน burette

10.4 แบ่งน้ำที่ล้างถ้วยบอมบ์ออกเป็น 3 ส่วน ๆ ละ 100 ml. ลงใน Flask

10.5 เติม methyl red 2-3 หยด ลงใน flask

10.6 ทำการไตเตรตหาความเข้มข้นของกรด โดยหยดสารละลายด่างลงใน flask ทีละหยดพร้อมเขย่า ช้า ๆ จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีแดงเป็นใส

10.7 จดปริมาตรการใช้สารละลายด่างจาก burette เพื่อคำนวณหาความเข้มข้นของกรด

ตัวอย่างการคำนวณ

ตั้งค่าการหยดสารละลายด่าง 20 ซีซี จึงทำให้น้ำที่ใช้ล้างถ้วยบอมบ์ เปลี่ยนสีจากสีแดงเป็นใส

สารละลายด่าง 1000 ซีซี มีเนื้อด่าง 0.1 โมล

สารละลายด่าง 20 ซีซี มีเนื้อด่าง $\frac{0.1 \times 20}{1000} = 0.002$ โมล

$\therefore$ กรดมีความเข้มข้น 0.002 โมล

หมายเหตุ ถ้าการผสม สารละลายด่าง 0.1 โมล ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีได้ ให้ผสมสารละลายด่าง ที่ความเข้มข้น 1 โมล (โซเดียมไบคาร์บอเนต 104 กรัม ผสมน้ำ 1 ลิตร)

FUEL DATA SHEETS

ESSO EXTRA UNLEADED

(UGR)

	Specification Min	Max	Typical Inspection
Appearance	-	-	Bright&Clear
Colour, ASTM	Red	Red	Red
Copper Strip Corrosion @ 50 °C 3 hrs.	-	No. 1	la
Distillation:			
10% Evaporated, °C	-	70	52
50% Evaporated, °C	70	110	92
90% Evaporated, °C	-	170	151
End Point, °C	-	200	183
Residue, % vol.	-	2.0	1.3
Existent Gum, mg/10 ml	-	4.0	1.9
Lead Content, g/l	-	0.013	0.001
Octane Number, Research method	87	-	92.3
Oxidation Stability, minutes	360	-	>360
R. V. p., kPa @ 37.8 °C	-	62	59.5
Sulfur Content % wt.	-	0.15	0.04

Note: The typical inspection values shown here are representative of current production.
All may vary within the modest range.

Specific Gravity at C 60 °F ≈ 0.7

Heating Value (Kcal / kg) = 11,320

Remark: Reference data from ESSO Standard (Thailand) Co., Ltd.

ESSO DIESEL 2000

(LSADO) Mar 15, 2000

Rev. 0

	Specification		Typical
	Min	Max	Inspection
Appearance	-	-	Bright&Clear
Colour, ASTM	-	4.0	0.5
Gravity, API @ 15.6 °C	-	-	38.0
Specific gravity @ 15.6 °C/ 15.6 °C	0.81	0.87	0.8348
Cetane Number or Calculated Cetane Index	47	-	55
Flash Point (PMCC), °C	52	-	81
Pour Point, °C	-	10	6
Sulfur Content, % wt.	-	0.05	0.04
Viscosity, @ 40 °C, cSt	1.8	4.1	3.4
Ash, % wt.	-	0.01	0.002
Copper Strip Corrosion, 3 hrs @ 100 °C	-	No. 1	1a
Carbon Residue, % wt.	-	0.05	0.005
Water and Sediment, % vol.	-	0.05	0.010
Distillation, 90% recovered °C	-	357	355
Gross Heat of Combustion, kcal/kg	-	-	11,030

Note: The typical inspection values shown here are representative of current production.
All may vary within the modest range.

LOW SULFUR STANFUEL

(ISLFO, Light Fuel Oil) Mar 15, 2000

Rev, 0

Typical	Specification		
	Min	**Max**	**Inspection**
Gravity, API @ 15.6 °C	-	-	20.5
Specific gravity @ 15.6 °C / 15.6 °C	-	0.985	0.931
Flash Point (PMCC), °C	60	-	81
Pour Point, °C	-	24	3
Sulfur Content, % wt	-	2.0	1.9
Viscostiy @ 50 °C, cSt	7	80	63
Ash, % wt	-	0.1	0.02
Water and Sediment, % vol.	-	1.0	0.2
Gross Heat of Combusion, Cal/g	10,000	-	10,444

Note: The typical inspection values shown here are representative of current production.
All may vary within the modest range.

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 13 การทดสอบเครื่องอัดอากาศแบบขั้นตอนเดียว

(Single Stage Air Compressor Testing)



1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อเข้าใจพื้นฐานการทำงานและองค์ประกอบของระบบอัดอากาศ

1.2 เพื่อศึกษาระบบการทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบอัด 1 ขั้นตอน

1.3 เพื่อศึกษาวิธีประเมินการทำงานของระบบอัดอากาศ

1.4 เพื่อหาสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศที่ความดันอัดอากาศต่างๆ

1.5 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรภายในเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ

2. ทฤษฎี

2.1 บทนำ

เครื่องอัดอากาศเป็นเครื่องจักรกลที่ใช้ในการอัดอากาศหรือก๊าซจากความดันต่ำให้มีความดันสูง โดยใช้พลังงานการขับด้วยมอเตอร์ หรือเครื่องยนต์

เครื่องอัดอากาศ (Air compressor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพิ่มความดันให้กับอากาศ แล้วส่งผ่านอากาศที่ถูกอัดไปยังสถานที่ที่จะใช้งานเช่น อุปกรณ์ที่ขับด้วยกำลังลม อุปกรณ์ฉีดพ่นของเหลว เครื่องสูบลม หรือเครื่องอัดจาระบี เมื่ออากาศถูกอัดอุณหภูมิจะสูงขึ้นเป็นสัดส่วนกับแรงอัด ดังนั้นการอัดอากาศที่ความดันสูงมากๆ อุณหภูมิของอากาศจะสูงมาก เครื่องอัดอากาศ เครื่องอัดอากาศบางชนิดจึงถูกออกแบบให้สามารถอัดอากาศได้หลายขั้นตอน และในแต่ละขั้นตอนอากาศที่ถูกอัดจะถูกช่วยระบายความร้อนออกไป

เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ (Reciprocating air compressor) เป็นการอัดอากาศโดยการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของตัวลูกสูบในกระบอกสูบ มีทั้งแบบอัดอากาศด้านเดียว (Single-acting) และแบบอัดอากาศได้สองด้าน (Double-acting) นอกจากนี้ยังแบ่งเป็นแบบลูกสูบเดี่ยวหรือหลายลูกสูบ จัดเรียงลำดับเป็นแนวเดียวกันหรือเป็นรูปตัววีหรือดับเบิลยู เป็นต้น

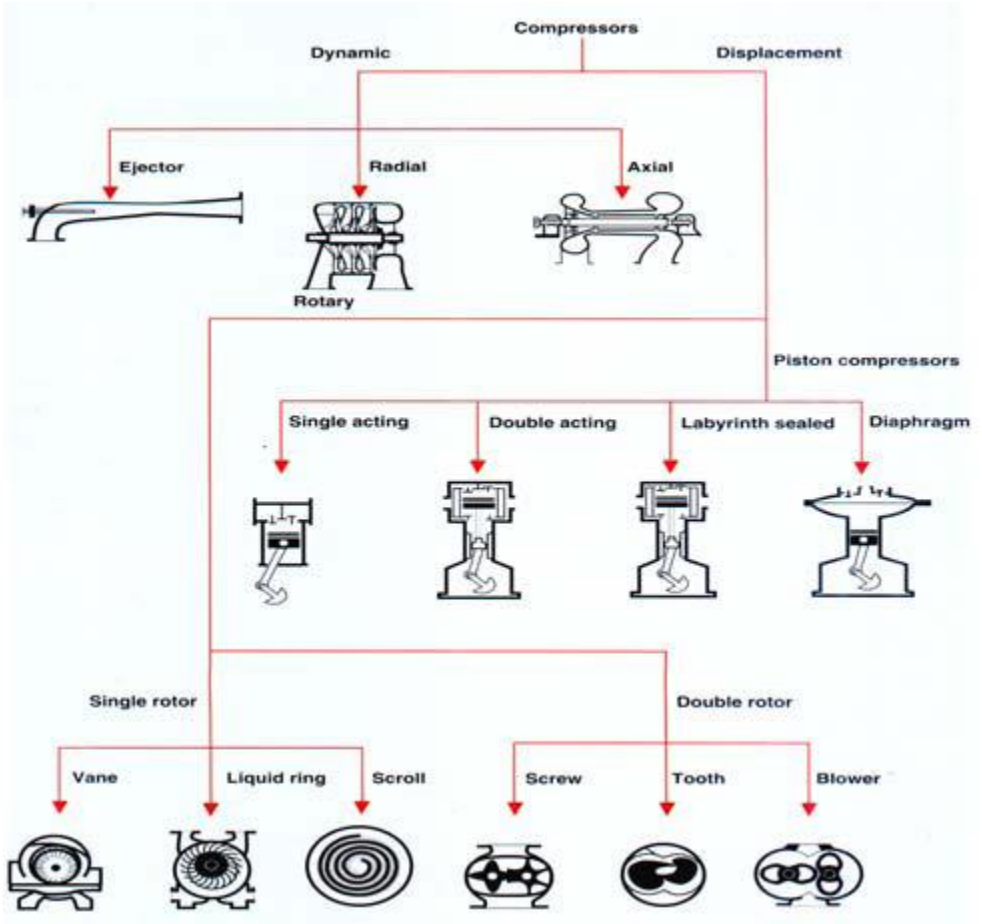
2.2 ประเภทและหลักการทำงานของเครื่องอัดอากาศ

2.2.1 เครื่องอัดอากาศประเภทปริมาตรแทนที่เชิงบวก (Positive Displacement)

หลักการทำงาน คือดูดอากาศเข้าไปในปริมาตรของห้องอัด แล้วลดปริมาตรอากาศโดยใช้พลังงานจากภายนอกเช่น เครื่องยนต์ มอเตอร์ไฟฟ้า แรงงานกลต่างๆ เมื่ออากาศถูกลดปริมาตรลงทำให้มีความดันสูงขึ้น แล้วปล่อยออกทางด้านจ่ายเป็นอากาศอัดที่มีความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศ มีทั้งแบบโรตารี(Rotary) และแบบที่เป็นลูกสูบ(Reciprocating หรือ Piston Compressor) นิยมใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม

2.2.2 เครื่องอัดอากาศประเภทไดนามิคส์ (Dynamics)

หลักการทำงาน คือให้พลังงานกลแก่อากาศทำให้อากาศมีความเร็วเพิ่มขึ้น โดยผ่านโรเตอร์แล้วอาศัยรูปร่างของโครงสร้าง(Casing) ภายในเครื่องอัดลดความเร็วของอากาศลง ทำให้พลังงานของอากาศในรูปพลังงานจลน์เปลี่ยนเป็นความดันอากาศแล้วไหลออกทางด้านจ่าย ซึ่งมีแบบ Centrifugal, Ejector, Radial, Axial มีใช้ในอุตสาหกรรมบ้างแต่ยังไม่แพร่หลาย โดยเฉพาะ Centrifugal



รูปที่ 1 ประเภทของเครื่องอัดอากาศ

2.3 ทฤษฎีการอัดอากาศ

ในการอัดอากาศหรือก๊าซ ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure ; P) และปริมาตร (Volume ; V) ดังนี้

$$PV^n = C \qquad \text{----------}>(1)$$

เมื่อ C คือค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับชนิดของก๊าซ

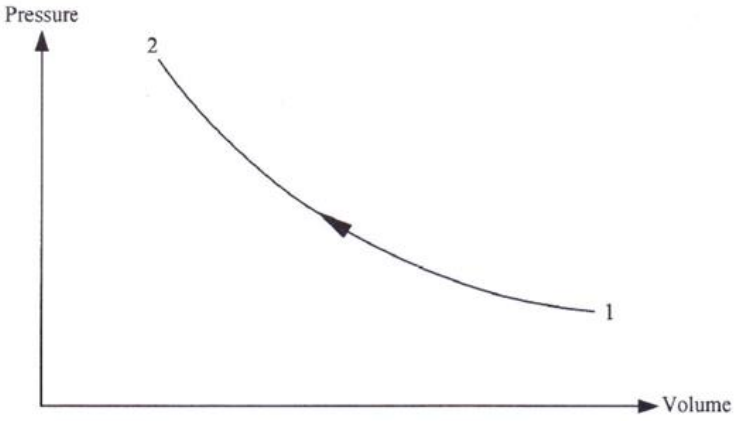
n คือค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับกระบวนการอัดของก๊าซ

กำลังขับเคลื่อนตามทฤษฎีของเครื่องอัดอากาศ จะมีความซับซ้อนเล็กน้อย ในกรณีของการอัดไม่ถ่ายเทความร้อน ระหว่างความดันก๊าซกับปริมาตร จะมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$PV^k = C \qquad \text{----------}>(2)$$

เมื่อ k คือ Specific heat ratio = ความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่ / ความร้อนจำเพาะที่ปริมาตรคงที่ $= C_p/C_v$

แผนภาพ P – V สำหรับการเปลี่ยนแปลงของสภาวะการอัดจากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 2 ตามสมการที่ (1) แสดงในรูป 2.1



รูปที่ 2 แผนภาพความดันและปริมาณของเครื่องอัดอากาศจากสภาวะที่1 ไปสภาวะที่2

ถ้าก๊าซถูกอัดที่อุณหภูมิคงที่ $\mathrm{n} = 1$ เรียกว่ากระบวนการอัดตัวแบบอุณหภูมิคงที่ “Isothermal Process”

ถ้าไม่มีการถ่ายเทความร้อนของอากาศในระหว่างการอัด $n = k = C_p/C_v$ เรียกว่ากระบวนการอัดตัวแบบย้อนกลับได้ โดยไม่ถ่ายเทความร้อน “Isentropic หรือ Reversible Adiabatic”

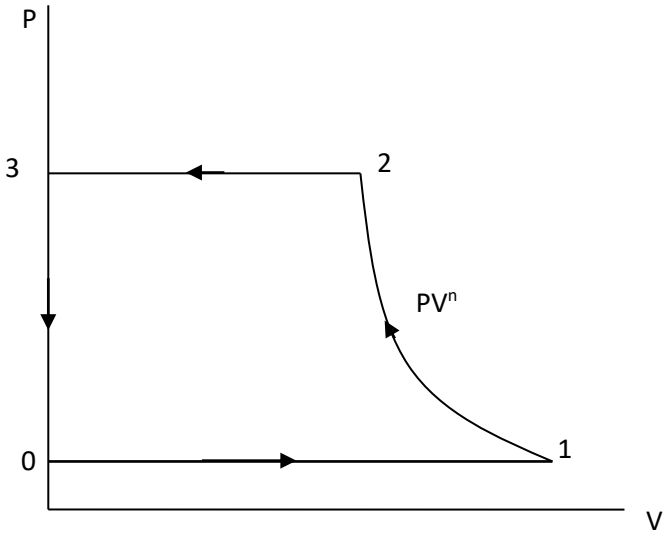
เมื่อ C_p คือค่าความร้อนจำเพาะของก๊าซที่ความดันคงที่ (โดยปกติ = $1.005\ kJ/kg.K$)

C_v คือค่าความร้อนจำเพาะของก๊าซที่ปริมาตรคงที่ (โดยปกติ = $0.718\ kJ/kg.K$)

ในความเป็นจริงกระบวนการอัดจะไม่ได้เป็นทั้งกระบวนการ Isotromal และ Isentropic แต่จะรวมเอากระบวนการทั้งสองเข้าด้วยกัน ซึ่งเรียกว่ากระบวนการ polytropic

กระบวนการอัดในกระบอกสูบ

กระบวนการอัดในกระบอกสูบเมื่อไม่คิดช่องว่างที่หัวลูกสูบ เป็นแบบ Single acting ไดอะแกรมการทำงานจะเป็นดังภาพที่ 3



รูปที่ 3 แสดงไดอะแกรมการทำงานของคอมเพลสเซอร์ Single state เมื่อไม่คิดช่องว่างที่หัวลูกสูบ

กระบวนการจาก (0) ไป (1) เป็นกระบวนการดูดความดันจะคงที่จนกระทำให้ลูกสูบเคลื่อนไปอยู่ที่ศูนย์ตายล่าง (1) ลูกสูบเลื่อนกลับและอัดก๊าซจากสภาวะที่1ไปสภาวะที่2 เรียกว่ากระบวนการอัดในขณะเดียวกันลิ้นทางออกเปิด โดยที่ลูกสูบยังเคลื่อนที่ต่อไป ลูกสูบจะผลักให้แก๊สออกจากกระบอกสูบในกระบวนการดังกล่าว ความดันยังคงที่ จนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนที่ไปยังจุดที่3 ซึ่งเป็นศูนย์ตายบน เมื่อลิ้นทางออกปิดลูกสูบเริ่มเคลื่อนที่ย้อนกลับลิ้นทางเข้าเปิด ความดันจะตกลงมาจากจุดที่3ไปยังจุดที่0 เป็นการสิ้นสุดกระบวนการ งานตลอดวัฏจักรสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$W_{cycle} = \int_0^1 Pdv + \int_1^2 Pdv + \int_2^3 Pdv + \int_3^0 Pdv$$

$$= P_1(V_1 - 0) + \int_1^2 Pdv + P_2(0 - V_2) - 0$$

$$= (P_1V_1 - P_2V_2) + \int_1^2 Pdv$$

จากสมการที่1และ 2 สมมุติให้กระบวนการอัดเป็นกระบวนการ Poly tropic จะได้ว่า

$$W_{cycle} = \frac{n}{(n-1)} P_1V_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$

P_1 คือ ความดันบรรยากาศ (1.013 bar)

2.4 สมรรถนะของเครื่องอัดอากาศ

2.4.1 กำลังทางไฟฟ้า (Electrical Power ; EP)

EP เป็นพลังงานทางไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์เพื่อที่จะขับเครื่องอัดอากาศ

$$EP = E \times I \times \phi, W$$

เมื่อ E = แรงดันไฟฟ้า, Volts

I = กระแสไฟฟ้า, Ampere

ϕ = Power Factor

พลังงานไฟฟ้านี้อาจจะวัดได้โดยตรงจากวัตต์มิเตอร์

2.4.2 กำลังเบรก (Brake Power ; BP) หรือกำลังเพลา (Shaft Power)

กำลังเบรกเป็นกำลังที่มอเตอร์ให้กับเครื่องอัดอากาศ

$$BP = Torque \times \omega$$

$$= F \times r \times \frac{2\pi n}{60} \quad \frac{N.m}{s} = W$$

เมื่อ n = ความเร็วรอบของมอเตอร์ , rpm

r = ความยาวของแขน Dynamometer torque , m

F = แรงจากการหมุนของแขน Torque Arm , N

$$(1\ kg\ =\ 9.807\ N)$$

2.4.3 อัตราการไหลโดยมวลของอากาศ ($\dot{m} = q_m$)

อัตราการไหลโดยมวลของอากาศที่กำลังไหลเข้าสู่เครื่องอัดอากาศคำนวณจากอัตราการไหลของอากาศผ่านช่องออริฟิส (Orifice) ที่อยู่ภายในและความดันที่แตกต่างกันที่อ่านได้จากมาโนมิเตอร์ (Manometer)

$$\dot{m} = q_m = \alpha \in \frac{\pi d^2}{4}\sqrt{2\rho_u \Delta P}$$

2.4.4 กำลังไอเซนโทรปิก (Isentropic Power ; W)

นี้เป็นกำลังทางทฤษฎีจากหลักการของกระบวนการอัดตัวแบบย้อนกลับได้โดยไม่ถ่ายเทความร้อน (Reversible Adiabatic Process)

$$W = q_m \times C_p \times T_1\left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1\right] + q_m C_p T_2\left[\left(\frac{P_3}{P_2}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1\right]$$

เมื่อ $k = C_p/C_v$

C_v = ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศที่ปริมาตรคงที่ = $0.718\ \mathrm{kJ/kg\ K}$

$\mathrm{C_p}$= ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่ = $1.005\ \mathrm{kJ/kg\ K}$

T = อุณหภูมิ , K

P = ความดัน , $\mathrm{N/m^2}$

ตัวห้อย 1 = ทางเข้า

ตัวห้อย 2 = ทางออก

$\dot{m}$ = อัตราการไหลโดยมวล

2.4.5 กำลังไอโซเทอร์มอล (Isothermal Power ; $\mathrm{W_{total}}$)

นี้เป็นแรงม้าที่น้อยที่สุดสำหรับกระบวนการอัด

$$W_{\mathrm{Total}} = \mathrm{P_1V_1}ln\left(\frac{\mathrm{P_2}}{\mathrm{P_1}}\right) + \mathrm{P_3V_3}ln\left(\frac{P_3}{P_2}\right)$$

แต่ $P_1\mathrm{V_1} = \mathrm{P_3V_3}$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}\mathrm{W_{Total}} &= \mathrm{P_1V_1}[(\ln\mathrm{P_2} - \ln\mathrm{P_1}) + (\ln\mathrm{P_3} - \ln\mathrm{P_2})] \\ &= \mathrm{P_1V_1}(\ln\mathrm{P_3} - \ln\mathrm{P_1}) \\ &= \mathrm{P_1V_1}\ln\frac{\mathrm{P_3}}{\mathrm{P_1}}\end{aligned}$$

เมื่อ P = ความดัน , $\mathrm{N/m^2}$

V = อัตราการไหลโดยปริมาตร , m^3/sec

2.4.6 ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิก (Isentropic Efficiency ; $Isen.Eff\ \%$)

$$\text{Isen. Eff}\ \% = 100 \times \frac{W}{BP}$$

2.4.7 ประสิทธิภาพไอโซเทอร์มอล(Isothermal Efficiency ; $Iso.Eff\ \%$)

$$\text{Iso. Eff}\ \% = 100 \times \frac{\text{W}_{\text{total}}}{\text{BP}}$$

2.4.8 ประสิทธิภาพของระบบ(System Efficiency ; $Sys.Eff\ \%$)

$$\text{Sys. Eff}\ \% = 100 \times \frac{\text{W}_{\text{total}}}{\text{BP}}$$

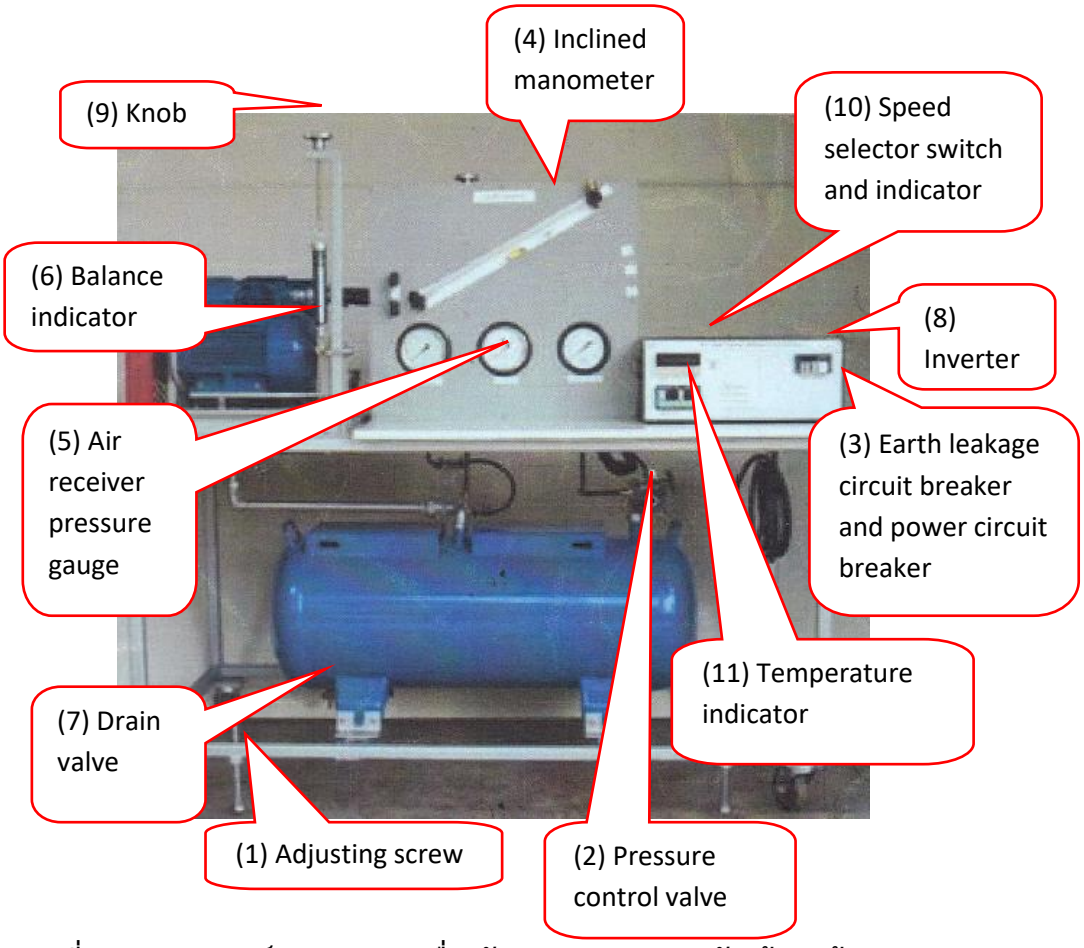
2.4.9 ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร(Volumetric Efficiency ; $Vol.Eff\ \%$)

$$\text{Vol. Eff}\ \% = \frac{\text{Flow Capacity } \times 100}{\text{First stage displacement}}$$

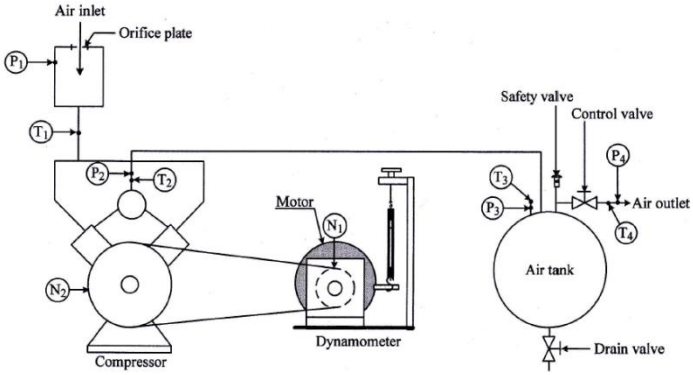
$$= \frac{q_v}{\frac{Swept\ volume}{Cycle} \times speed}$$

3. เครื่องมือการทดลอง

เป็นเครื่องมือสำเร็จรูปของ MP 201 Single Stage Air Compressor Test Set, Air Cooled.



รูปที่ 4 แสดงอุปกรณ์การทดสอบเครื่องอัดอากาศแบบ 1 ระดับ ด้านหน้า



รูปที่ 5 แสดงรูปSchematic diagram ของเครื่องอัดลม

4. <u>การทดลอง</u>

4.1 ปรับตั้งระดับของโต๊ะให้ได้ระดับน้ำโดยปรับที่สกรูด้านล่างของโต๊ะ(1) และให้สังเกตระดับน้ำที่ Inclined manometer (4) ให้อยู่ในตำแหน่งแนวนอน

4.2 ปิดวาล์วควบคุมแรงดันของถังเก็บอากาศ(2) และที่วาล์วด้านล่างของถัง(7)

4.3 เปิดสวิตช์ที่ ELCB และ CB (3)

4.4 กดปุ่ม Run ที่ Inverter(8) และปรับความถี่ไปที่ 50 Hz.

4.5 การทดลองจะเริ่มที่ความดัน 1 Bar และเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 Bar โดยให้สังเกตเข็มวัดความดันของถังเก็บอากาศ(5)

4.6 การลดความดันของถังเก็บอากาศ โดยการเปิดวาล์วควบคุมแรงดันของถังเก็บอากาศ(2) อย่างช้าๆ

4.7 ให้ปรับ Spring Balance indicator(6) ให้อยู่จุดกึ่งกลางโดยการปรับที่ลูกบิด(9)

4.8 ให้เก็บบันทึกข้อมูลที่ได้ดังนี้

ค่าความเร็วรอบมอเตอร์และเครื่องอัดอากาศ(10),ค่าอุณหภูมิ(11),ค่าความดันของถังเก็บอากาศ(5),แรงที่Spring balance (6),ค่าความดันที่ Inclined manometer(4)

4.9 เพิ่มความดันไปที่ 2 Bar โดยหมุนวาล์วควบคุมแรงดันของถังเก็บอากาศอย่างช้าๆ(2) ไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาและให้สังเกตเข็มวัดความดันของถังเก็บอากาศ(5)

4.10 ให้ทำการทดลองซ้ำจากขั้นตอนที่ 4.5-4.9 ให้ครบ 7 ครั้ง หรือได้ความดันถึง 7 Bar

4.11 หลังจากการทดลองเสร็จสิ้นแล้ว ให้เปิดวาล์วด้านล่างของถังเก็บอากาศ(7) เพื่อระบายลมออกจากถัง

5. ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

Tested by :.....Date :.....

Arm length =.....mm. Air box diameter =.....mm.

Orifice diameter =..... ....mm. P_{atm} = ...N/m^2

Test No.	1	2	3	4	5	6	7
Motor speed, n_1 (rpm)							
Compressor speed, n_2 (rpm)							
Force, F (kg)							
Air temperature for compressor inlet, T_1 (^{o}C)							
Air temperature for compressor outlet, T_2 (^{o}C)							
Air temperature in tank, T_3 (^{o}C)							
Air tank outlet, T_4 (^{o}C)							
Pressure in tank, P_3 (Bar)							
Compressor outlet, P_2 (Bar)							
Manometer level 1:2 (mm)							
Pressure at receiver discharge, P_4 (Bar)							

Air compressor :.....

Motor :.....

6. คำสั่งท้ายการทดลอง

6.1 จงคำนวณหา

6.1.1 อัตราการไหลอากาศโดยปริมาตร

6.1.2 กำลังเบรกมอเตอร์

6.1.3 กำลังไอเซนโทรปิก

6.1.4 กำลังไอโซเทอมอล

6.1.5 ประสิทธิภาพไอเซนทรอปิก

6.1.6 ประสิทธิภาพไอโซเทอมอล

6.1.7 ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร

6.2 เขียนแผนภาพความสัมพันธ์ดังนี้

6.2.1 แสดงความสัมพันธ์ของ ความดันกับปริมาตรของเครื่องอัดอากาศ

6.2.2 แสดงความสัมพันธ์ของ ความดันในถังกับอัตราการไหลอากาศโดยปริมาตร

6.2.3 แสดงความสัมพันธ์ของ ความดันในถังกับกำลังเบรคมอเตอร์

6.2.4 แสดงความสัมพันธ์ของ ความดันในถังกับกำลังไอเซนโทรปิก

6.2.5 แสดงความสัมพันธ์ของ ความดันในถังกับกำลังไอโซเทอมอล

6.2.6 แสดงความสัมพันธ์ของ ความดันในถังกับประสิทธิภาพไอเซนทรอปิก

6.2.7 แสดงความสัมพันธ์ของ ความดันในถังกับประสิทธิภาพไอโซเทอมอล

6.2.8 แสดงความสัมพันธ์ของ ความดันในถังกับประสิทธิภาพเชิงปริมาตร

7. วิจารณ์ผลการทดลอง

8. สรุปผลการทดลอง

9. ตัวอย่างการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

Tested by :.....Date :.....

Arm length =.....120.....mm. Air box diameter =.....210.....mm.

Orifice diameter =.....15.....mm. P_{atm} = ...1.013x10^5.....N/m^2

Test No.	1	2	3	4	5	6	7
Motor speed, n_1 (rpm)	1459	1447	1431	1419	1402	1384	1375
Compressor speed, n_2 (rpm)	633	626	621	613	608	601	594
Force, F (kg)	1.7	2.6	3.1	3.6	3.8	4.2	4.4
Air temperature for compressor inlet, T_1 (^{o}C)	28.3	28.7	29	31	31.7	31.1	32.1
Air temperature for compressor outlet, T_2 (^{o}C)	65.7	78.8	85.7	100.7	109.2	112.7	117.5
Air temperature in tank, T_3 (^{o}C)	29.3	30.5	33.3	34.6	35.1	35.1	36.2
Air tank outlet, T_4 (^{o}C)	30.3	32.1	35.1	36.1	37.1	36.4	36.9
Pressure in tank, P_3 (Bar)	1	2	3	4	5	6	7
Compressor outlet, P_2 (Bar)	1.1	2.05	3.1	4.05	5.15	6.15	7.1
Manometer level 1:2 (mm)	110	100	90	80	70	64	58
Pressure at receiver discharge, P_4 (Bar)	-	-	-	-	-	-	-

Air compressor :.....PUMA, Model PP-21, Bore 65 mm, Stroke 51 mm.....

Motor :.....INLIKE, Type In90L-4, 1.5 kW, 2 hp, 220-240 V, 50 Hz, 6.4 A.....

10. ตัวอย่างการคำนวณ

10.1 ตัวอย่างข้อมูลจากการทดสอบครั้งที่ 4

10.1.1	Compressor bore 65 mm, stroke 51 mm			
10.1.2	Motor speed	1419	rpm	
10.1.3	Compressor speed		613	rpm
10.1.4	Spring balance reading	3.6	kg	
10.1.5	Torque arm length		120	mm
10.1.6	Air temperature for compressor inlet, T_1	31	°C	
10.1.7	Air temperature for compressor outlet, T_2		100.7	°C
10.1.8	Air temperature in tank, T_3		34.6	°C
10.1.9	Air tank outlet, T_4	36.1	°C	
10.1.10	Pressure in tank, P_3		4	bar
10.1.11	Compressor outlet, P_2	4.05	bar	
10.1.12	Orifice diameter	15	mm	
10.1.13	Air box diameter	210	mm	
10.1.14	Inclined manometer reading		80	mm
10.1.15	Atmospheric pressure P_{atm}		1.013×10^5	Pa

10.2 ปริมาตรกระจัดของกระบอกสูบต่อวัฏจักร

ปริมาตรกระจัดของกระบอกสูบต่อการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง 1 รอบ

$$= 2 \times \frac{\pi(6.5\ cm)^2}{4} \times 5.1\ cm$$
$$= 338.46\ cm^3$$
$$= 0.33846\ l = 3.3846 \times 10^{-4} m^3$$

ความเร็วรอบของเครื่องอัดอากาศ = 613 rpm

∴ ปริมาตรกระจัดต่อวัฏจักร x ความเร็วรอบของเครื่องอัดอากาศ $= (3.3846 \times 10^{-4} m^3) \times (613\ rpm)$

$$= 0.207\ \frac{m^3}{min}$$

10.3 อัตราการไหลอากาศ

การจ่ายอากาศของเครื่องอัดอากาศเป็นอัตราการไหลของอากาศจริง(m^3/s) จ่ายโดยเครื่องอัดอากาศ สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\dot{m} = q_m = \alpha \in \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2\rho_u \Delta P}$$

ค่าα หาได้จากภาคผนวก2 เป็นฟังก์ชันของβ

$$\beta = \frac{d}{D} = \frac{Orifice\ diameter}{Air\ box\ diameter} = \frac{15\ mm}{210\ mm} = 0.07143$$

ดังนั้นจากกราฟในภาคผนวก2 จะได้

α=0.6

ค่า$\in$ หาได้จากภาคผนวก2 เป็นฟังก์ชันของΔP

$\Delta P = 40\ mmH_2O\ (1{:}2\ Inclined\ manometer\ reading = 80\ mm)$
เมื่อ $25.4\ mmH_2O = 249.1\ Pa$
$\therefore \Delta P = \frac{40\ mmH_2O}{25.4\ mmH_2O} \times 249.1\ Pa = 392.28\ Pa$

และจากการอ่านบารอมิเตอร์ P_{atm}=1.013x10^5 Pa

อัตราส่วนความดันแตกต่าง= $\frac{\Delta P}{P_{atm}} = \frac{392.28\ N/m^2}{1.013\times10^5 N/m^2} = 3.875 \times 10^{-3} = 0.003872$

ดังนั้นจากกราฟในภาคผนวก2 $\in = 0.999$

จากภาคผนวก3 ρ_u ที่ 31 °C = 1.16kg/m^3

$$\dot{m} = q_m = \alpha \in \frac{\pi d^2}{4}\sqrt{2\rho_u \Delta P}$$

$$= 0.6 \times 0.999 \times \left(\frac{\pi \times 0.015^2}{4}\right)\sqrt{2 \times 1.16 \times 392.28}$$

q_m=0.0032 kg/s=0.192 kg/min

$$q_v = \frac{q_m}{\rho_u} = \frac{0.0032\ kg/s}{1.16\ kg/m^3} = 0.002759\frac{m^3}{s} = 0.1655\frac{m^3}{min}$$

10.4 กำลังเบรก (Brake Power ; BP) หรือกำลังเพลา (Shaft Power)

$$BP = \frac{2\pi Tn}{60}$$
$$T = Fr = 3.6 \times 9.81 \times 0.12 = 4.2379\ Nm$$
$$n = 1419\ rpm$$
$$BP = \frac{2 \times \pi \times 4.2379 \times 1419}{60}\ \frac{Nm}{s}$$
$$BP = 629.74\ W$$

10.5 กำลังไอเซนโทรปิก (Isentropic Power ; W)

$$W = q_m \times C_p \times T_1\left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1\right]$$

เมื่อ

q_m=อัตราการไหล =0.0032 kg/s

C_p=1.005 kJ/kg K

C_v=0.718 kJ/kg K

T_1=อุณหภูมิของอากาศ=31°C+273=304 K

T_2=อุณหภูมิของอากาศที่ทางออกของเครื่องอัดอากาศ=100.7°C+273=373.7 K

P_1=ความดันบรรยากาศ=1.013x10^5 Pa

P_2=ความดันที่ทางออกของเครื่องอัดอากาศ =4.05 kg/cm^2=3.97x10^5 Pa gauge=4.983x10^5 Pa abs

k=C_p/C_v=1.4

$$W = 0.0032 \times 1.005 \times 304\left(\left(\frac{4.983 \times 10^5}{1.013 \times 10^5}\right)^{\frac{1.4-1}{1.4}} - 1\right)$$

$$= 0.564\ kW = 564\ W$$

10.6 กำลังไอโซเทอร์มอล (Isothermal Power ; Wtotal)

$$W_{\text{Total}} = \text{P}_1\text{V}_1 ln\left(\frac{\text{P}_2}{\text{P}_1}\right)$$

P1=ความดันบรรยากาศ=1.013x10^5 Pa

V_1=อัตราการไหล=2.759x10^{-3} m^3/s

P_2=ความดันที่ทางออกของเครื่องอัดอากาศ =4.05 kg/cm^2=3.97x10^5 Pa gauge=4.983x10^5 Pa

$$W_{total} = 1.013 \times 10^5 \times 2.759 \times 10^{-3} ln\left(\frac{4.983 \times 10^5}{1.013 \times 10^5}\right)$$

$$W_{total} = 445\ W$$

10.7 ประสิทธิภาพไอเซนโทรปิก (Isentropic Efficiency ; Isen. Eff %)

$$Isen.Eff\ \% = 100 \times \frac{W}{BP}$$

$$= \frac{564\ W}{629.74\ W} \times 100$$

Isen.eff=89.56%

10.8 ประสิทธิภาพไอโซเทอร์มอล(Isothermal Efficiency ; Iso. Eff %)

$$Iso.Eff\ \% = 100 \times \frac{W_{total}}{BP}$$

$$= \frac{445\ W}{629.74\ W} \times 100$$

Iso.eff=70.66%

10.9 ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร(Volumetric Efficiency ; Vol. Eff %)

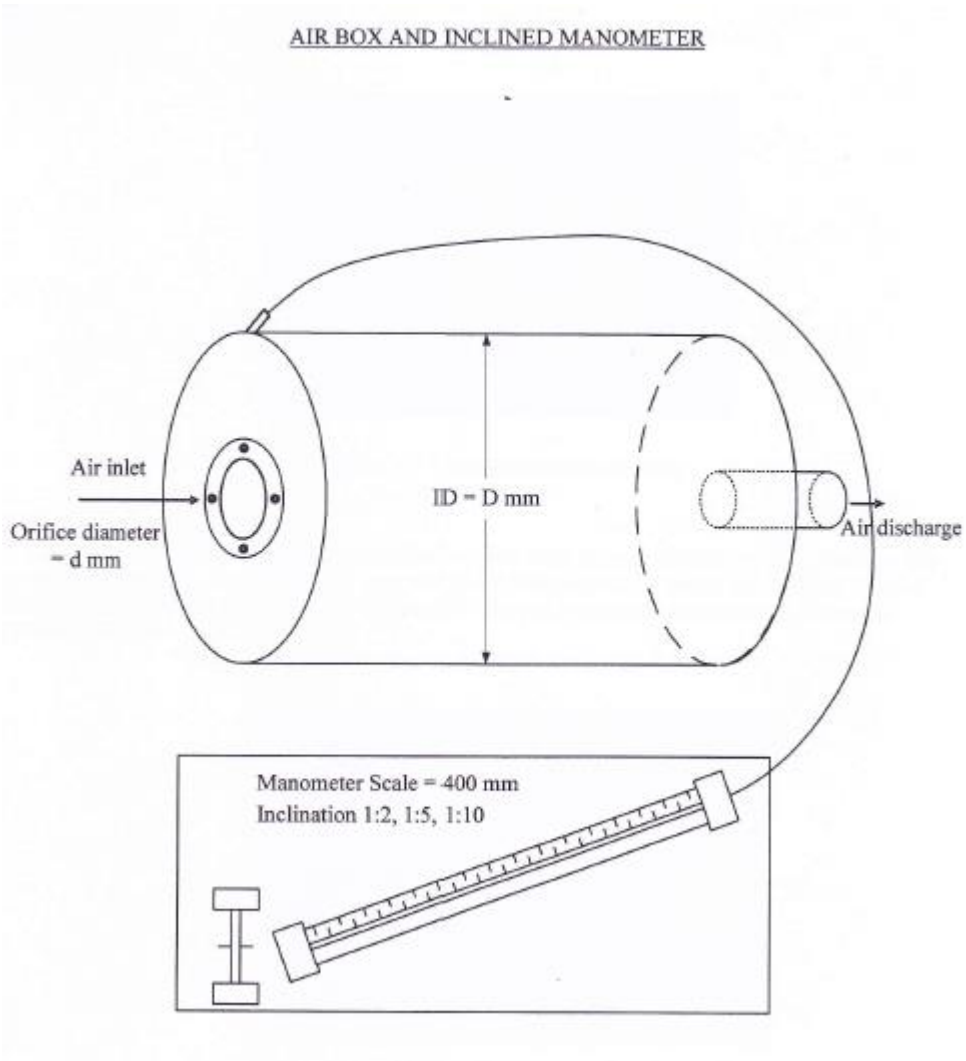
$$Vol.Eff\ \% = \frac{Flow\ Capacity\ \times 100}{First\ stage\ displacement}$$

$$= \frac{q_v}{\frac{Swept\ volume}{Cycle} \times speed}$$

Vol.eff=79.95%

ภาคผนวก 1

ORIFICE PLATE WITH AIR BOX AND INCLINED MANOMETER



Q_{va} = Volumetric flow rate of air
= $C_o VA$, m^3/s

C_o = Coefficient of discharge (suction)

V = Velocity of air, m/s = $\sqrt{\frac{2g\rho_w \Delta H_w}{\rho_a}}$

A = Cross-sectional area of orifice, m^2

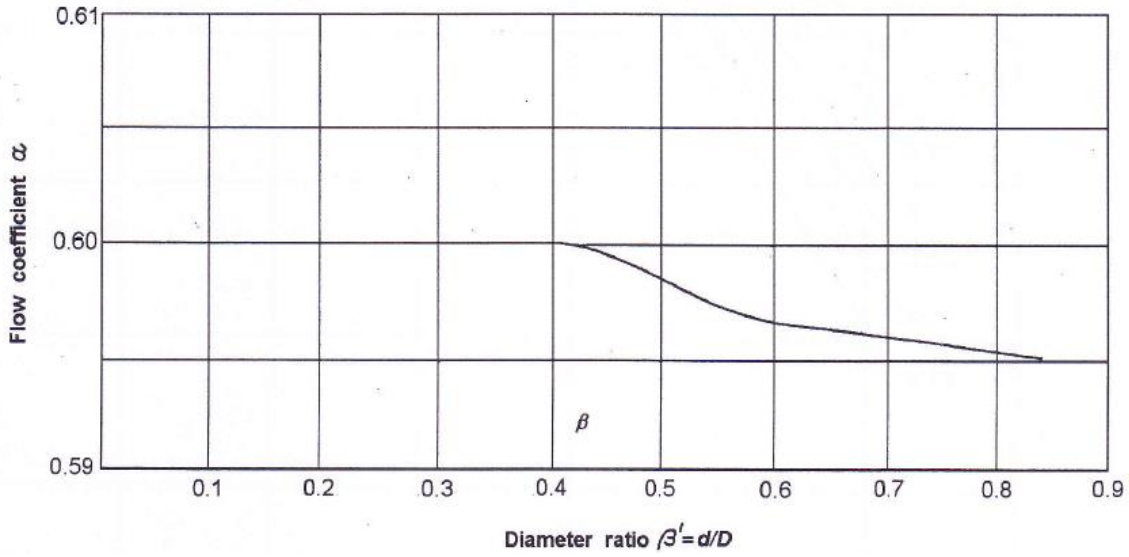
ρ_w = Density of water, kg / m^3

ρ_a = Density of air, kg / m^3

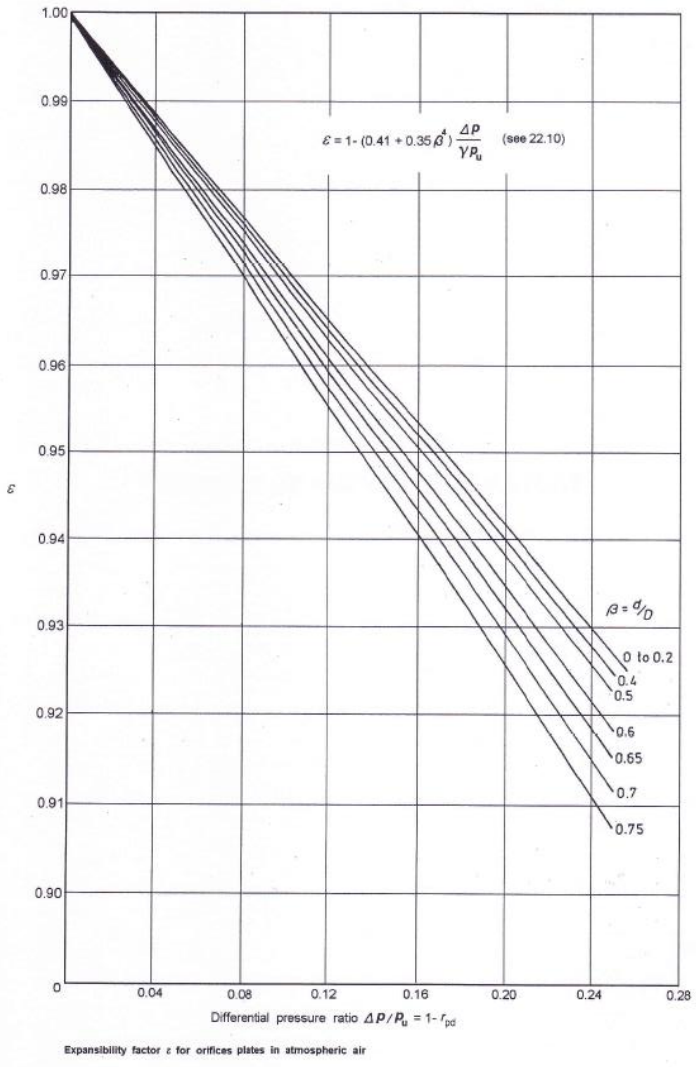
ΔH_w = Differential head of water in manometer.

ภาคผนวก2

FLOW COEFFICIENTS OF INLET ORIFICES α WITH CORNER TAPS AND EXPANSIBILITY FACTOR ϵ FOR ORIFICES PLATES IN ATMOSPHERIC AIR



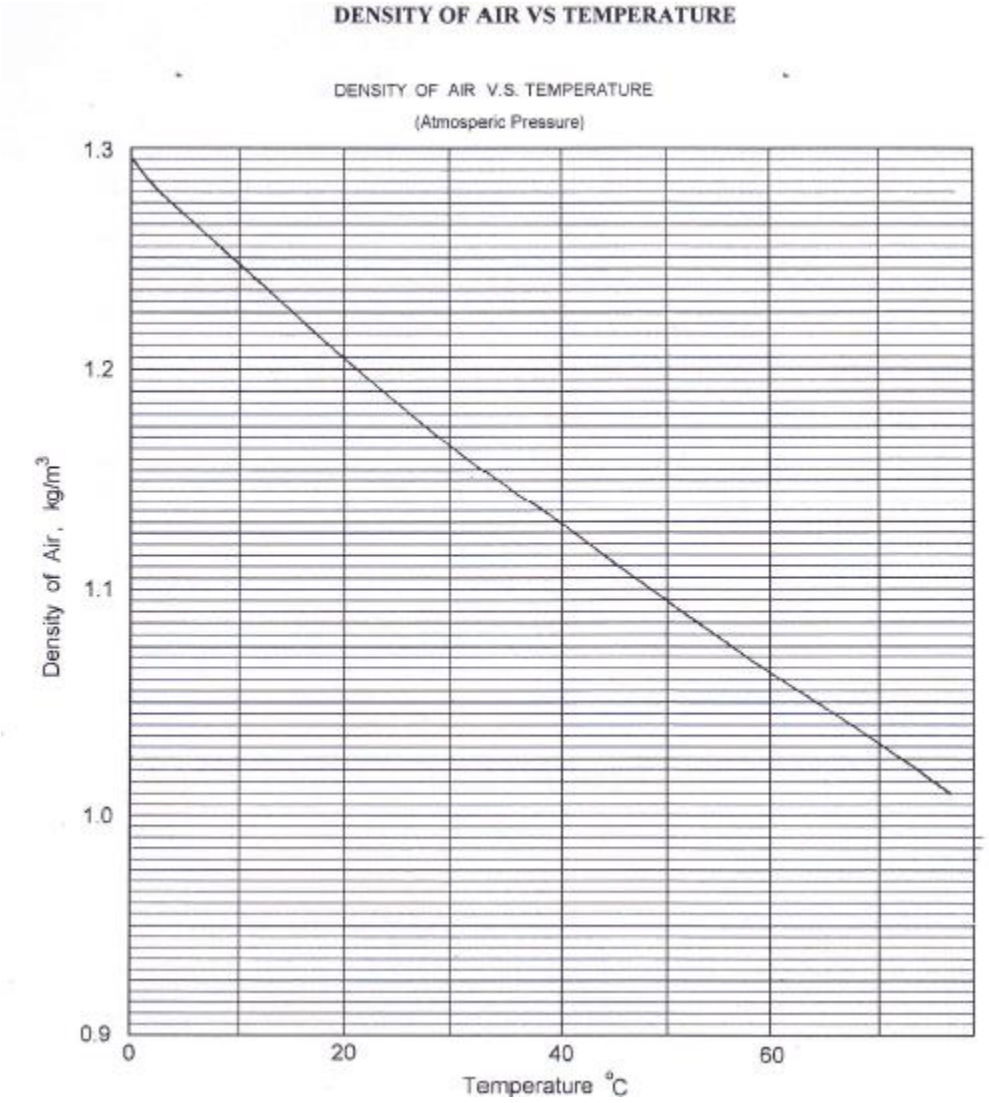
EXPANSIBILITY FACTOR ϵ FOR ORIFICES PLATES IN ATMOSPHERIC AIR



Expansibility factor ε for orifices plates in atmospheric air

ภาคผนวก3

DENSITY OF AIR VS TEMPERATURE





สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 14 การแลกเปลี่ยนความร้อนในหลายลักษณะ (Multi Heat Exchangers)



1. วัตถุประสงค์

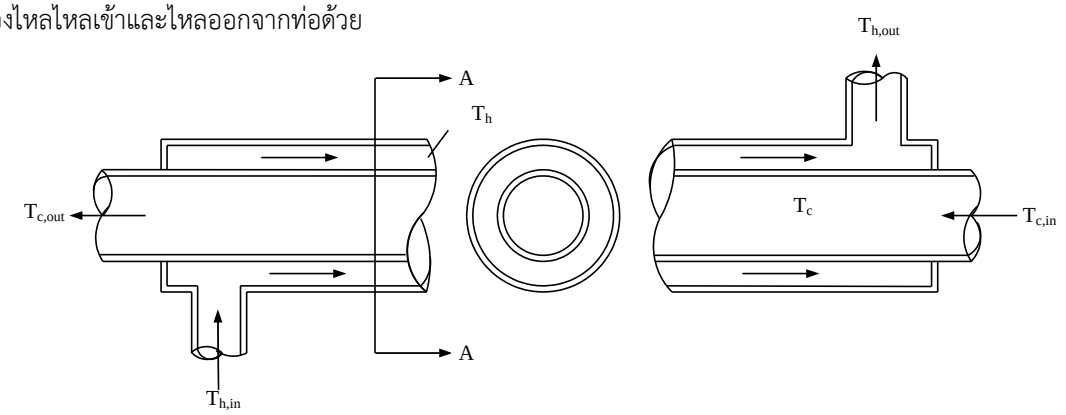
1.1 ศึกษาพฤติกรรมการแลกเปลี่ยนความร้อน โดยมีอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน 3 ชนิด คือ แบบท่อซ้อนร่วมศูนย์กลาง แบบท่อกับเปลือกหุ้ม และแบบแผ่นซ้อน

1.2 ศึกษาพฤติกรรมการแลกเปลี่ยนความร้อนได้โดยการปรับอัตราการไหลของน้ำร้อน และน้ำเย็น ทิศทางการไหลทั้งแบบไหลทางเดียวกัน และสวนทางกัน และอุณหภูมิน้ำร้อนขาเข้า และน้ำเย็นขาเข้า

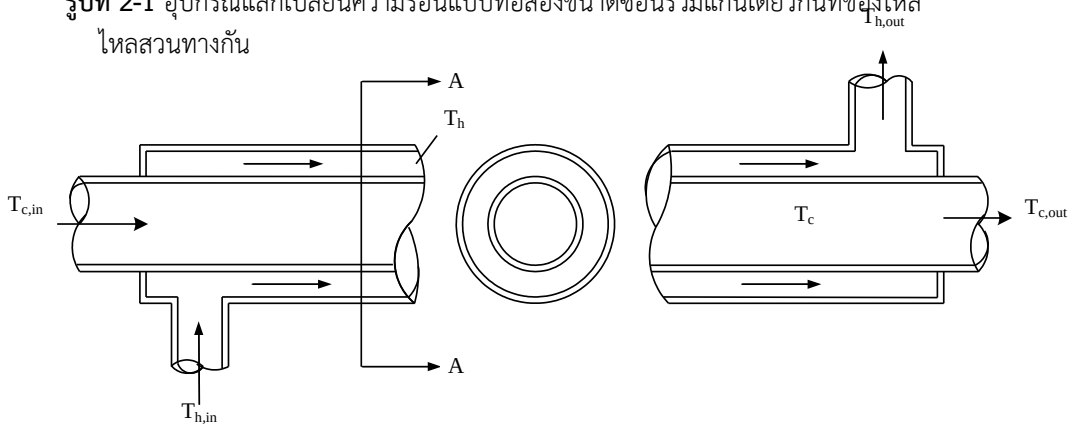
2. บทนำ

2.1 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองขนาดซ้อนร่วมแกนเดียวกัน (Concentric tube heat exchanger)

ท่อสองขนาดที่ซ้อนร่วมแกนเดียวกันนั้นมีลักษณะดังรูปที่ 2-1 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบนี้มีทั้งชนิดที่ของไหลไหลไปในทางเดียวกันและไหลสวนทางกันโดยที่ของไหลร้อนไหลในท่อที่อยู่ด้านในส่วนของไหลเย็นจะไหลในช่องว่างรูปวงแหวน อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบนี้จะแสดงอุณหภูมิของตำแหน่งกึ่งกลางของท่อที่ซ้อนร่วมแกนเดียวกันและอุณหภูมิที่ของไหลไหลเข้าและไหลออกจากท่อด้วย



รูปที่ 2-1 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองขนาดซ้อนร่วมแกนเดียวกันที่ของไหลไหลสวนทางกัน



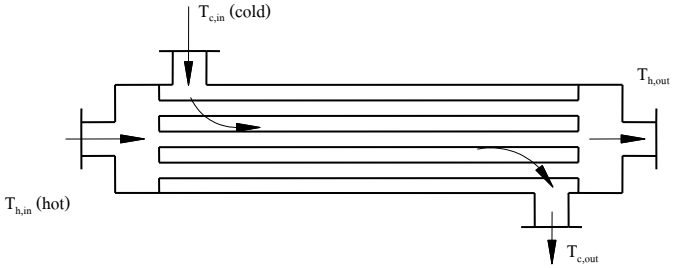
รูปที่ 2-2 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองขนาดซ้อนร่วมแกนเดียวกันที่ของไหลไหลไปในทางเดียวกัน

2.2 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือก และท่อ (Shell and Tube Heat Exchanger)

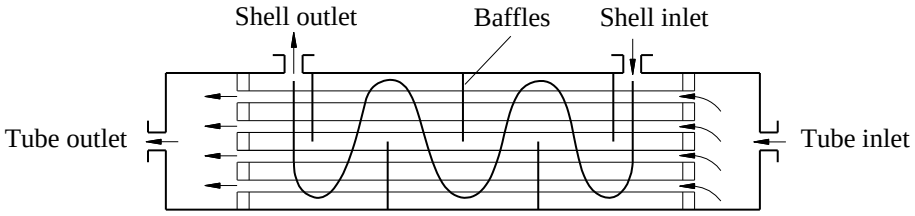
อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ (Shell and Tube Heat Exchanger) เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้โดยทั่วๆ ไปในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของเหลวกับของเหลว ประกอบด้วยกลุ่มท่อกลมที่วางรวมภายในเปลือ (Shell) รูปทางกระบอก อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนประเภทนี้มีลักษณะย่อยแตกต่างกัน ขึ้นกับจำนวนท่อ จำนวนเปลือกและจำนวนการไหลผ่านข้างในท่อและเปลือก รูปที่ 2-3 เป็นรูปแสดงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่ออย่างง่าย ซึ่งของไหลไหลผ่านเปลือกและท่อครั้งเดียว (Single shell pass-one tube pass) รูปที่ 2-4 จะเหมือนรูป

ที่ 2-3 แต่ภายในจะติดตั้งแผ่นกั้น (Baffle) เป็นระยะๆ ทั้งนี้เพื่อให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลในท่อและของไหลในเปลือกสูงขึ้น ถ้าต้องการให้ปริมาณการถ่ายเทความร้อนสูงขึ้นอาจดัดแปลงโดยการให้ของไหลในเปลือกและท่อไหลผ่านกลับไปมาเช่นในรูปที่ 2-5 และ 2-6

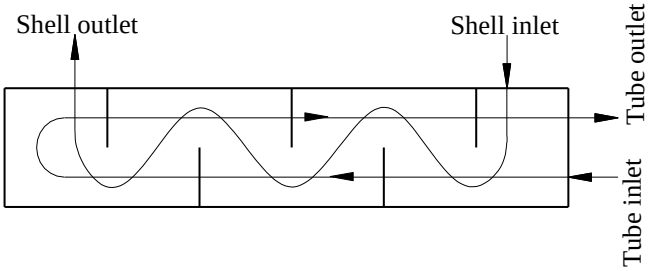
ในกรณีนี้ของไหลที่ไหลผ่านท่อและมีเปลือกหุ้มอยู่รอบ ๆ ท่อ การไหลจะแบ่งเป็นแบบไหลตามกัน (Parallel flow) ดังรูปที่ 2-3 คือ การไหลเป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้งคู่ หรือ แบบไหลสวนกัน (counter flow) คือ การไหลเป็นไปในทิศทางย้อนกลับทาง นอกเหนือจากนี้ยังมีการไหลแบบขวาง (cross flow) ดังรูปที่ 2-7 โดยมีทิศทางการไหลที่เป็นมุมฉาก สำหรับการไหลแบบอื่น ๆ เป็นการไหลแบบมีความซับซ้อน แช่น แบบ multi-pass และแบบ mixed flow



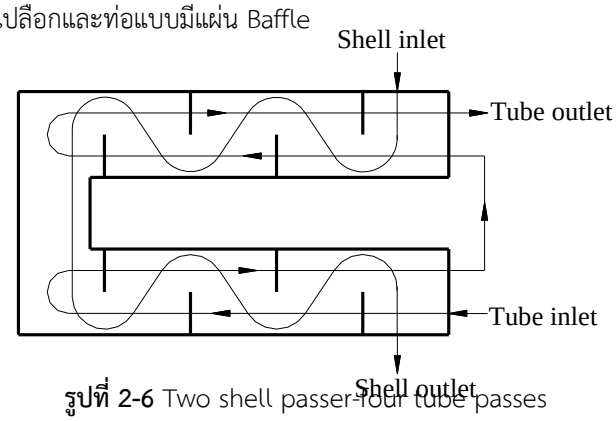
รูปที่ 2-3 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ



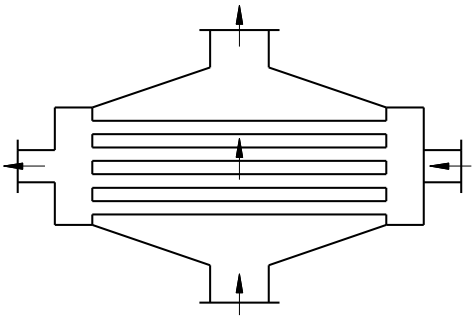
รูปที่ 2-4 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อแบบมีแผ่น Baffle



รูปที่ 2-5 One shell pass-two tube passes

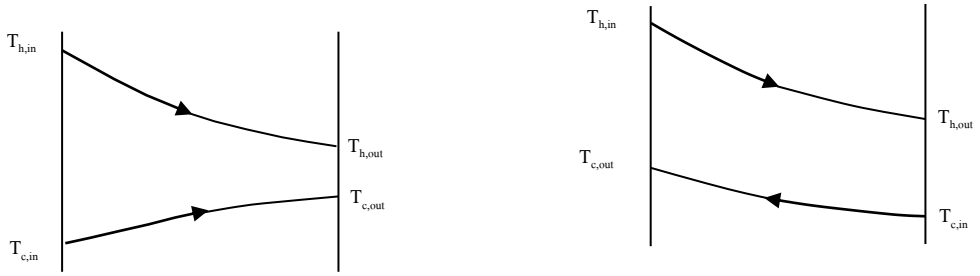


รูปที่ 2-6 Two shell passer-four tube passes



รูปที่ 2-7 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลขวางกัน

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในการทดลองนี้มี 8 ท่อ และแผ่น Baffle 12 แผ่น น้ำร้อนไหลข้างในท่อและน้ำเย็นไหลรอบๆ ท่อ น้ำเย็นสามารถให้ไหลย้อนทางได้ กราฟอุณหภูมิสำหรับไหลตามกันและไหลสวนกันถูกแสดงดังในรูปที่ 2-8



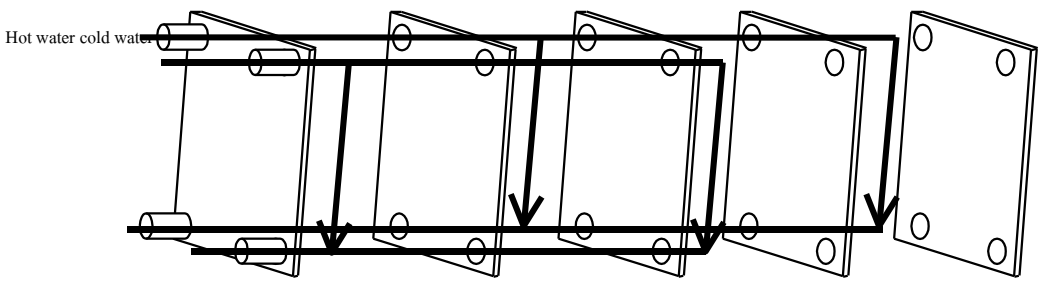
รูปที่ 2-8 กราฟอุณหภูมิสำหรับการไหลแบบตามกันและสวนกัน

2.3 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate Type Heat Exchanger)

หลักพื้นฐานที่สำคัญของการแลกเปลี่ยนความร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนก็คือการถ่ายเทความร้อนจากของไหลหนึ่งไปยังอีกของไหลหนึ่งโดยที่ของไหลทั้งสองไม่มีการผสมหรือสัมผัสกัน โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภททั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะต่างๆ ที่เราพิจารณา อาทิแบ่งตามลักษณะการไหล (Flow arrangement) ก็สามารถแบ่งได้เป็นการไหลแบบขนานหรือทิศทางเดียวกัน (Parallel or concurrent flow) การไหลแบบสวนทางกัน (Counter or counter concurrent flow) และ การไหลแบบขวางทางกัน (Cross flow) ถ้าแบ่งตามลักษณะโครงสร้าง (construction) ก็จะแบ่งได้เป็นแบบท่อซ้อน (Concentric pipe) แบบ shell and tube แบบแผ่นครีบ (Plate fin) หรือแบบท่อมีครีบ (Tube fin) เป็นต้น

สำหรับการทดลองนี้เราจะศึกษาถึงการทำงานของอุปการณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (plate type heat exchangers) ซึ่งเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบกระทัดรัด (Compact heat exchanger) ที่มีขนาดเล็กน้ำหนักเบาและมีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนสูง เนื่องจากมีพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนมากและมีการสูญเสียความร้อนสู่สิ่งแวดล้อมน้อยกว่า

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นนี้ประกอบด้วยแผ่นโลหะบางที่มีความสามารถในการนำความร้อนสูง (เช่น stainless steel หรือ ทองแดง) นำมาขึ้นรูปอย่างระมัดระวังให้เป็นลวดลายหรือรูปแบบเป็นลายผ้าที่ซ้อนทับกัน เมื่อนำแผ่นโลหะบางเหล่านี้มาประกอบเป็นชั้น ๆ ลวดลายก็จะทับกันก่อให้เกิดช่องทางการไหลของของไหลขึ้น อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบนี้สามารถใช้งานได้ทั้งในลักษณะที่ให้ของไหลไหลไปทิศทางเดียวกัน (parallel flow) หรือไหลสวนทางกัน (counter flow) ในการทดลองนี้เรากำหนดให้ทิศทางการไหลของของไหลร้อนคงที่อยู่ในทิศทางเดียวเสมอแต่แปรผันทิศทางการไหลของของไหลเย็นจากวาล์ว 3 ทาง ส่วนพื้นที่ที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในอุปกรณ์ขึ้นอยู่กับจำนวนแผ่นที่นำมาประกอบเป็นชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนดังรูปที่ 2-9

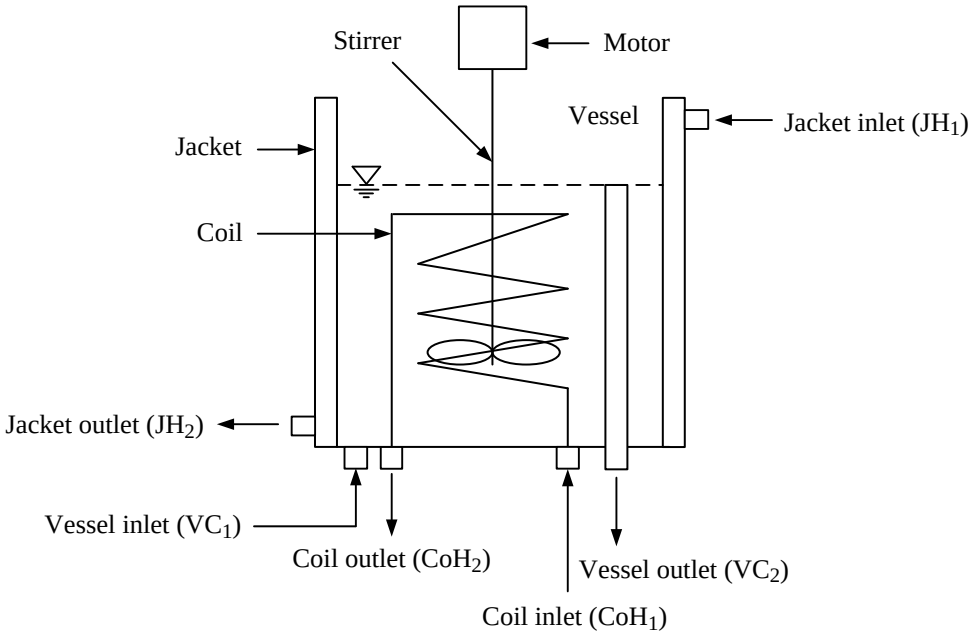


รูปที่ 2-9 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นแบบไหลตามกัน

2.4 ถังแบบมีเปลือกหุ้ม และ coil กับใบกวน (อุปกรณ์เผื่อเลือก)

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนคืออุปกรณ์ที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของเหลวกับของเหลวที่มีอุณหภูมิต่างกัน ซึ่งมีการใช้งานกันหลายรูปแบบในทางอุตสาหกรรม การออกแบบและผลิตอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีหลายประเภทตามลักษณะการไหลเช่น การแลกเปลี่ยนความร้อนแบบอ้อม (indirect) ที่มีการไหลแบบ ตามกัน/สวนทางกัน/ตั้งฉากกัน สำหรับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบถังซ้อนหรือแบบขดลวดที่จมอยู่ในของไหลเย็น เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนอีกประเภทหนึ่งที่นิยมมากในทางอุตสาหกรรม ข้อดีของอุปกรณ์แบบนี้คืออุณหภูมิของของไหลเย็นจะไม่สูงกว่าอุณหภูมิของของไหลเย็น ซึ่งในขบวนการผลิตบางอย่างอุณหภูมิของของไหลมีความสำคัญมากต่อรูปของสี กลิ่นของผลิตภัณฑ์ เช่นการผลิตช็อกโกเลต การติดตั้งใบกวนจะช่วยทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนดีขึ้นมีอุณหภูมิสม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งถัง

สำหรับการทดลองนี้ของเหลวที่เย็นในถังถูกให้ความร้อนโดยน้ำร้อนในเปลือกหุ้มหรือใน coil ใบกวนจะทำให้การผสมทั่วถึง



รูปที่ 2-10 ไดอะแกรมของถังแบบมีเปลือกหุ้มพร้อม coil และใบกวน

3. ทฤษฎี

3.1 ความร้อนไหลผ่านผนังราบโดนการนำ (Heat conduction through Flat Wall)

อัตราความร้อนที่ไหลผ่านแผ่นวัตถุหนา L มีพื้นที่ A (ที่อยู่ในรูปที่ 3-1) จากด้านที่มีอุณหภูมิสูงไปยังด้านทีมีอุณหภูมิต่ำโดยการนำความร้อน สามารถหาได้จากความสัมพันธ์

$$q_k = \frac{kA}{L}(T_1 - T_2) \qquad \text{..... (1)}$$

เมื่อ : q_k = อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำที่ไหลผ่านแผ่นวัตถุ, W

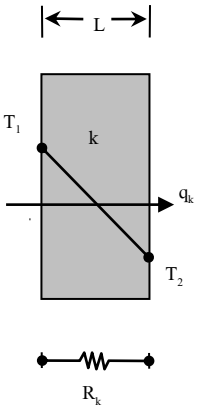
k = ค่าการนำความร้อน (thermal conductivity) ของผนัง, W/m.K

A = พื้นที่ของผนัง, m^2

L = ความหนาของผนัง, m.

T_1 = อุณหภูมิผิวด้านที่มีอุณหภูมิสูง, K

T_2 = อุณหภูมิผิวด้านที่มีอุณหภูมิต่ำ, K



รูปที่ 3-1 การนำความร้อนผ่านผนังราบ

อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำที่อยู่ในสมการ (1) นั้นสามารถเขียนใหม่ให้อยู่ในรูปของสมการไฟฟ้าได้เป็น :

$$q_k = \frac{T_1 - T_2}{L/kA} = \frac{\Delta T}{R_k} \qquad \text{..... (2)}$$

เมื่อ : R_k = ความต้านความร้อนจากการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (Thermal conductive resistance) มีหน่วยเป็น k/W

3.2 ความร้อนไหลจากผิววัตถุไปยังของไหลโดยการพาความร้อน (Convection Heat Transfer)

อัตราความร้อนที่ไหลจากผิววัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปยังของไหลที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า (ดังรูปที่ 3-2) โดยการพาความร้อนนั้น มีค่าตามสมการ

$$q_c = \bar{h}_c A(T_s - T_\infty) \qquad \text{..... (3)}$$

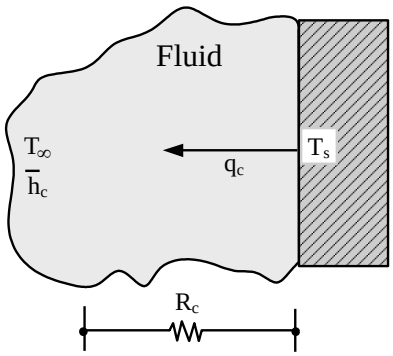
เมื่อ : q_c = อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาที่ไหลจากผิววัตถุไปยังของไหล , W

$\bar{h}_c$ = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Mean convective heat transfer coefficient, W/m^2 K

A = พื้นที่ผิวที่สัมผัสกับของไหล, m^2

T_s = อุณหภูมิของผิววัตถุ, K

T_∞ = อุณหภูมิของของไหล, K



รูปที่ 3-2 การพาความร้อนไหลจากผิววัตถุไปยังของไหล

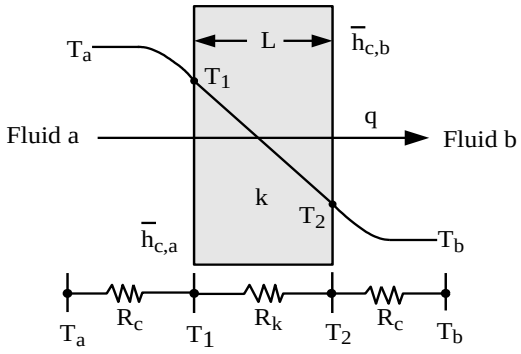
อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาที่อยู่ในสมการ (3) นั้นสามารถเขียนใหม่ให้อยู่ในรูปของสมการไฟฟ้าเป็น:

$$q_c = \frac{T_s - T_\infty}{1/\bar{h}_c A} = \frac{\Delta T}{R_c} \qquad \text{..... (4)}$$

เมื่อ : R_k = ความต้านความร้อนจากการถ่ายเทความร้อนโดยการพา (Thermal convective resistance) มีหน่วยเป็น , K/W

3.3 ความร้อนที่ถ่ายเทระหว่างของไหลกับของไหลที่แยกออกจากกันโดยผนังราบ

ความร้อนที่ถ่ายเทระหว่างของไหลสองชนิดที่ถูผนังราบแยกออกจากกันนั้นสามารถหาได้จากทฤษฎีการนำความร้อนและการพาความร้อนที่ผ่านมาแล้วข้างต้น จากรูปที่ 3-3 ถ้าหากของไหล a ที่อยู่



รูปที่ 3-3 การไหลของความร้อนจากของไหล a ไปยังของไหล b

ทางด้านซ้ายมือของแผ่นวัตถุมีอุณหภูมิเป็น T_a มีสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ยเป็น $\bar{h}_{c,a}$ ส่วนของไหลทางด้านขวามือมีอุณหภูมิเป็น T_b และมีสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ยเป็น $\bar{h}_{c,b}$ โดยที่ของไหลทางด้านซ้ายมือมีอุณหภูมิสูงกว่าของไหลทางด้านขวามือแล้ว ความร้อนก็จะไหลจากของไหลทางด้านซ้ายมือไปยังผิวด้านซ้ายมือของผนังโดยการพาความร้อน จากนั้นความร้อนจำนวนนี้ก็จะไหลจากผิวทางด้านซ้ายมือไปยังผิวทางด้านขวามือของผนังโดยการนำความร้อน และช่วงสุดท้ายความร้อนจำนวนนี้ก็จะไหลจากผิวทางด้านขวามือไปยังของไหลทางด้านขวามือโดยการพาความร้อน อัตราความร้อนที่ไหลจากของไหลทางด้านซ้ายมือไปยังของไหลทางด้านขวามือนั้นสามารถหาได้ดังนี้คือ :

อัตราการพาความร้อนจากของไหล a ที่มีอุณหภูมิเป็น T_a ไปยังผิวด้านซ้ายมือซึ่งมีอุณหภูมิเป็น T_1 นั้นมีค่าเป็น

$$q = \bar{h}_{c,a} A(T_a - T_1)$$

$$\therefore \quad \frac{q}{\bar{h}_{c,a} A} = T_a - T_1 \qquad \text{..... (4a)}$$

อัตราการนำความร้อนจากผิวซ้ายมือซึ่งมีอุณหภูมิเป็น T_1 ไปยังผิวทางด้านขวามือซึ่งมีอุณหภูมิเป็น T_2 เมื่อผนังมีค่าการนำความร้อนเป็น k มีความหนาเป็น L และมีพื้นที่สำหรับการไหลของความร้อนเป็น A จะมีค่าเป็น:

$$q = \frac{kA}{L}(T_1 - T_2) \qquad \text{..... (4b)}$$

$$\therefore \frac{q}{(kA/L)} = T_1 - T_2$$

อัตราการพาความร้อนจากผิวด้านขวามือของผนังที่มีอุณหภูมิ T_2 ไปยังของไหลทางด้านขวามือซึ่งมีอุณหภูมิเป็น T_b จะมีค่าเป็น:

$$q = \bar{h}_{c,b}A(T_2 - T_b)$$

$$\therefore \frac{q}{\bar{h}_{c,b}A} = T_2 - T_b \qquad \text{..... (4c)}$$

เอาสมการ (4a) , (4b) และ (4c) มาบวกเข้าด้วยกันโดยค่าทางด้านซ้ายบวกกับค่าทางด้านซ้าย ส่วนค่าทางด้านขวาก็บวกกับค่าทางด้านขวามือ ก็จะได้

$$q\left(\frac{1}{\bar{h}_{c,a}A} + \frac{L}{kA} + \frac{1}{\bar{h}_{c,b}A}\right) = T_a - T_b$$

$$q = \frac{T_a - T_b}{\frac{1}{\bar{h}_{c,a}A} + \frac{L}{kA} + \frac{1}{\bar{h}_{c,b}A}} = \frac{T_a - T_b}{R_{c,a} + R_k + R_{c,b}} = \frac{\Delta T}{\Sigma R} \qquad \text{..... (5)}$$

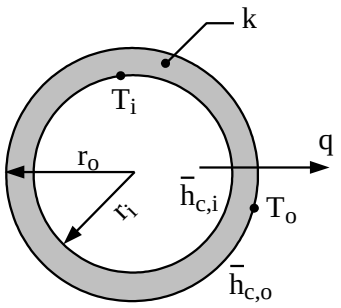
อัตราการถ่ายเทความร้อนในสมการ (4a), (4b), และ (4c) และ (5) นั้นอัตราการถ่ายเทความร้อนเป็นอัตราการถ่ายเทความร้อนค่าเดียวกัน แต่ในการหาอัตราการถ่ายเทความร้อนจากของไหลทางด้านซ้ายมือไปยังด้านขวามือนั้นจะต้องหาจากสมการ (5), ส่วนสมการ(4a) ถึง (4c) นั้นใช้ไม่ได้ทั้งนี้เพราะตามปกติแล้วเราจะทราบแต่อุณหภูมิของของไหลทั้งสองเท่านั้น แต่ไม่ทราบอุณหภูมิของผิวทั้งสองของวัตถุเลย

จะเห็นได้จากสมการ (5) ว่า เส้นทางที่ความร้อนไหลจากอุณหภูมิ T_a ไปยังอุณหภูมิ T_b นั้น จะต้องไหลผ่านความต้านทานจากการพาความร้อน $R_{c,a}$ ของของไหล a จากนั้นไหลผ่านความต้านทางการจากนำความร้อน R_k ของผนัง และสุดท้ายไหลผ่านความต้านทานจากการพาความร้อน $R_{c,b}$ ของของไหล b ดังนั้นความต้านทานรวมจาก a ไป b นั้นจึงเป็นผลบวกของความต้านทานแต่ละตัว การต่อความต้านทานแบบนี้ถือว่าเป็นการต่อความต้านทานแบบอนุกรม

3.4 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำผ่านผนังของวัตถุทรงกระบอก (รูปที่ 3-4)

$$q = \frac{T_i - T_o}{\ln(r_o/r_i)/2\pi k L} = \frac{2\pi kL(T_i - T_o)}{\ln(r_o/r_i)}$$

$$= \frac{kA_m}{x}(T_i - T_o) \qquad \text{.....(6)}$$



รูปที่ 3-4 ผนังของวัตถุรูปทรงกระบอก

เมื่อ : $A_i = 2\pi r_i L$

$A_o = 2\pi r_o L$

$$A_m = \frac{A_o - A_i}{\ln(r_o/r_i)}$$

x = $r_o - r_i$, ความหนาของผนังท่อ.

L = ความยาวของท่อ.

แต่ถ้าหากต้องการหาอัตราการถ่ายเทความร้อนจากของไหล (รูป 3-4) ภายในท่อที่มีอุณหภูมิเป็น T_1 ไปยังของไหลภายนอกท่อซึ่งมีอุณหภูมิเป็น T_2 (หรือกลับกัน) แล้วก็สามารถหาได้ในลักษณะเดียวกับสมการ (5). นั่นก็คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนจะมีค่าเป็น:

$$q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{1}{\bar{h}_{c,i} A_i} + \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi kL} + \frac{1}{\bar{h}_{c,o} A_o}} = \frac{\Delta T}{R_{c,i} + R_k + R_{c,o}} \quad \text{..... (7)}$$

เมื่อ : q = อัตราการไหลของความร้อน, W

ΔT = ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของของไหลในท่อและนอกท่อ, K

$\bar{h}_{c,i}$ = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ยของของไหลในท่อ, $W/m^2 K$

$\bar{h}_{c,o}$ = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ยของของไหลนอกท่อ, , $W/m^2 K$

A_i = พื้นที่ผิวด้านในของท่อ , m^2, ($A_i = 2\pi r_i L$)

A_o = พื้นที่ผิวด้านนอกของท่อ , m^2, ($A_o = 2\pi r_o L$)

r_o = รัศมีภายนอกของท่อ, m

r_i = รัศมีภายในของท่อ, m

k = ค่าการนำความร้อนของผนังท่อ , W/m K

3.5 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall Heat Transfer Coefficient, U)

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม U เป็นสัดส่วนตรงกันข้ามกับผลรวมของความต้านความร้อนรวมของเส้นทางการไหลของความร้อนที่จะไหลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ความต้านทานความร้อนนี้อาจจะประกอบด้วยความต้านทานจากการพาความร้อน ความต้านทานจากการนำความร้อน ความต้านทานจากการแผ่รังสีความร้อนและความต้านทานที่เกิดจากสิ่งสกปรกที่เกิดขึ้นบนผิววัตถุ (fouling resistance) สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมนี้สามารถหาได้ดังนี้

3.5.1 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม U ของผนังราบ

ถ้าหากความร้อนไหลจากของไหลที่อยู่ทางด้านซ้ายมือซึ่งมีอุณหภูมิเป็น T_a ผ่านผนังราบไปยังของไหลทางด้านขวามือซึ่งมีอุณหภูมิเป็น T_b ดังรูป 3-3 ก็จะมีสมการสำหรับหาอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ไหลจากของไหลทางด้านซ้ายมือไปยังของไหลทางด้านขวามือตามสมการ (5)

อัตราการถ่ายเทความร้อนในสมการ (5). นี้ยังสามารถเขียนอยู่ในรูปของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม U ได้เป็น:

$$q = UA (T_a - T_b) = UA\Delta T \quad \text{..... (8)}$$

สมการ (5) และ (8). นี้ต่างก็เป็นสมการที่ใช้สำหรับหาอัตราความร้อนที่ไหลจากของไหลทางด้านซ้ายมือไปยังของไหลทางด้านขวามือ ดังนั้นก็จะต้องเป็นอัตราการไหลค่าเดียวกัน นั่นคือ q ในสมการ A และ B เป็น q ค่าเดียวกัน ฉะนั้น ค่าทางด้านขวามือของสมการ A และ B ก็จะต้องมีค่าเท่ากัน นั่นก็คือ

$$UA(T_a - T_b) = \frac{T_a - T_b}{\frac{1}{\bar{h}_{c,a}A} + \frac{L}{kA} + \frac{1}{\bar{h}_{c,b}A}}$$

$$UA = \frac{1}{\frac{1}{\bar{h}_{c,a}A} + \frac{L}{kA} + \frac{1}{\bar{h}_{c,b}A}} = \frac{1}{\Sigma R}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\bar{h}_{c,a}} + \frac{L}{k} + \frac{1}{\bar{h}_{c,b}}} \quad \text{..... (9)}$$

ถ้าหากว่าความหนาของผนังบางมากแล้ว ค่า *x*/k ก็จะมีค่าน้อยจนสามารถตัดทิ้งได้ และในกรณีนี้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม U ในสมการ (9) ก็จะมีเป็น

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\bar{h}_{c,a}} + \frac{1}{\bar{h}_{c,b}}} \quad \text{..... (10)}$$

3.5.2 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม U ของผนังวัตถุทรงกระบอกกลมกลวง

ความร้อนที่ไหลจากของไหลภายในท่อกลมซึ่งมีอุณหภูมิเป็น T_1 ไหลผ่านผนัง ของท่อไปยังของไหลภายนอกท่อซึ่งมีอุณหภูมิเป็น T_2 ที่อยู่ในรูปที่ 3-4 นั้น มีอัตราไหลตามสมการ (7).

อัตราการถ่ายเทความร้อนในสมการ (7) นี้ยังสามารถเขียนอยู่ในรูปของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม U ได้เป็น:

$$q = UA\,(T_1 - T_2) = UA\Delta T \quad \text{..... (11)}$$

อัตราการถ่ายเทความร้อนในสมการ (7) และ (11). นี้ต่างก็เป็นอัตราความร้อนที่ไหลจากของไหลในท่อไปยังของไหลนอกท่อค่าเดียวกัน ดังนั้นค่าทางดานขวามือของสมการทั้งสองนั้นก็จะต้องมีค่าเท่ากัน นั่นก็คือ :

$$UA(T_1 - T_2) = \frac{T_1 - T_2}{\frac{1}{\bar{h}_{c,i}A_i} + \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi kL} + \frac{1}{\bar{h}_{c,o}A_o}}$$

$$UA = \frac{1}{\frac{1}{\bar{h}_{c,i}A_i} + \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi kL} + \frac{1}{\bar{h}_{c,o}A_o}}$$

เนื่องจากพื้นที่สำหรับการถ่ายเทความร้อนในเส้นทางที่ความร้อนไหลผ่านนั้นไม่คงที่ (เช่นพื้นที่ผิวด้านในและพื้นที่ผิวด้านนอก) ดังนั้นจึงต้องระบุให้ชัดเจนว่าค่า U นั้นๆ สำหรับใช้กับพื้นที่

$$U_iA_i = U_oA_o = UA = \frac{1}{\frac{1}{\bar{h}_{c,i}A_i} + \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi kL} + \frac{1}{\bar{h}_{c,o}A_o}}$$

ด้านในหรือด้านนอกของผนังท่อ อย่างไรก็ตามผลคูณระหว่างค่า U กับพื้นที่ A จะมีค่ากลับกันกับผลรวมของความต้านทางในเส้นทางที่ความร้อนไหลผ่านเสมอ นั่นก็คือ

ดังนั้นค่า U ที่สำหรับใช้กับพื้นที่ผิวด้านนอกของท่อก็จะมีค่าเป็น :

$$U_o = \frac{1}{\frac{A_o}{\bar{h}_{c,i}A_i} + \frac{\ln(r_o/r_i)A_o}{2\pi kL} + \frac{A_o}{\bar{h}_{c,o}A_o}}$$

$$\therefore U_o = \frac{1}{\left(\frac{r_o}{r_i}\right)\frac{1}{\bar{h}_{c,i}} + \frac{r_o}{k}\cdot\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right) + \frac{1}{\bar{h}_{c,o}}} \quad \text{..... (12)}$$

ส่วนค่า U ที่ใช้กับผิวด้านในของท่อ ก็จะมีค่าเป็น:

$$U_i = \frac{1}{\frac{A_i}{\bar{h}_{c,i}A_i} + \frac{\ln(r_o/r_i)A_i}{2\pi kL} + \frac{A_i}{\bar{h}_{c,o}A_o}}$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{\bar{h}_{c,i}} + \frac{r_i}{k}\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right) + \frac{r_i}{r_o}\left(\frac{1}{\bar{h}_{c.o}}\right)}$$

..... (13)

ในกรณีที่ผนังของท่อมีขนาดที่บางมาก ($r_o \approx r_i$) นั้น จากสมการ (12) และ (13) จะมีค่าเป็น

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\bar{h}_{c,i}} + \frac{1}{\bar{h}_{c,o}}}$$

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม U ของของไหลต่าง ๆ ที่ใช้ในงานปฏิบัตินั้นอยู่ตารางที่ 1 จะสังเกตเห็นได้ว่า ค่าจริงของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ ลักษณะของการไหลและรูปร่างของระบบความร้อนนั้น ๆ

ตารางที่ 1 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Values of Overall Heat-transfer Coefficients)

ชนิดของของไหล	U (W/m^2 K)
น้ำ - น้ำ	850-1700
น้ำ - น้ำมัน	110-350
ไอน้ำ - น้ำ	993-3400
น้ำ - แอลกอฮอล์	284-850
น้ำ - แกสโซลีน	340-510

3.6 ฟาล์วลิ่งแฟคเตอร์ (Fouling Factor)

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนั้นมักจะลดน้อยลงจากการที่มีสิ่งตกค้างต่าง ๆ เกิดขึ้นบนผิวของวัตถุ สิ่งตกค้างที่เกิดขึ้นที่ผิววัตถุนี้ได้แก่ ตะกรัน สนิม ฯลฯ สิ่งตกค้างนี้เกิดขึ้นบนผิวที่ใช้สำหรับการถ่ายเทความร้อนได้ทั้งสองผิว และส่งผลให้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีสมรรถนะลดน้อยลง เราเรียกการเกิดสิ่งตกค้างนี้ว่า **การฟาล์วลิ่ง**

ผู้ผลิตอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมักจะไม่ทราบถึงอัตราการเกิดสิ่งตกค้างเหล่านี้เลย ดังนั้นการรับประกันค่าประสิทธิผล (effectiveness) ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจึงประกันเฉพาะในกรณีที่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนั้นยังใหม่ หรือยังไม่มีการฟาล์วลิ่ง การมีสิ่งตกค้างมาเกาะที่ผิวสำหรับการถ่ายเทความร้อนนี้ก็หมายถึงการมีความต้านทานเพิ่มขึ้นนั่นเอง ความต้านที่เพิ่มขึ้นนี้สามารถหาได้จากการทดสอบหรือหาได้จากประสบการณ์ ความต้านทานที่เกิดจากการที่มีสิ่งตกค้างมาเกาะที่ผิว หรือ ความต้านทานที่เกิดจากการฟาล์วลิ่งของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่เกิดขึ้นจากการใช้งานในช่วงของเวลาหนึ่งๆ นั้น สามารถหาจากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม U ของอุปกรณ์

แลกเปลี่ยนความร้อนทั้งในขณะที่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนั้นยังใหม่และหาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม U ภายหลังจากใช้งานไปแล้วช่วงเวลาหนึ่ง ดังนั้นฟาล์วลิ่งแฟคเตอร์จึงมีนิยามว่า :

$$R_f = \frac{1}{U_d} - \frac{1}{U} \quad \text{..... (14)}$$

เมื่อ : U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม เมื่อเครื่องยังใหม่, $W/m^2 K$

U_d = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมในขณะใช้งาน $W/m^2 K$

R_f = หนึ่งหน่วยความต้านทานที่เกิดจากฟาล์วลิ่ง , $m^2 K/W$

สมการ (14) นี้สามารถเขียนใหม่ให้อยู่ในรูป ;

$$U_d = \frac{1}{R_f + \frac{1}{U}} \quad \text{.....(15)}$$

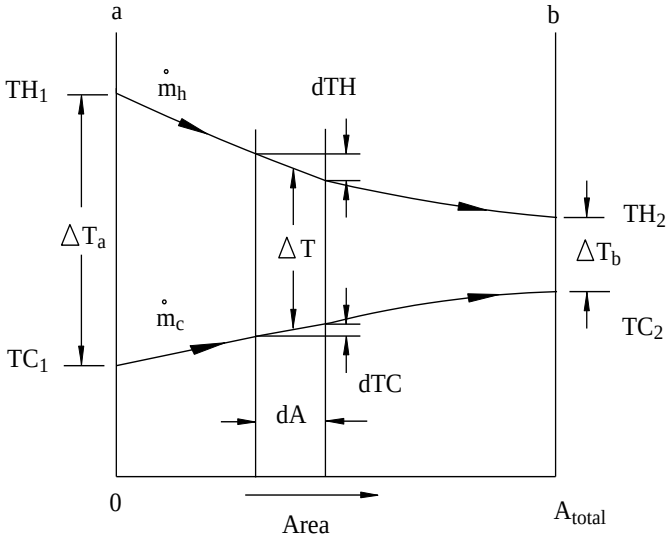
สมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อได้รวบรวมค่าของความต้านทานที่เกิดจากการฟาล์วลิ่งของของไหลต่างๆ ดังในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความต้านทานจากการฟาล์วลิ่งของสมาคมผู้ผลิต ฯ

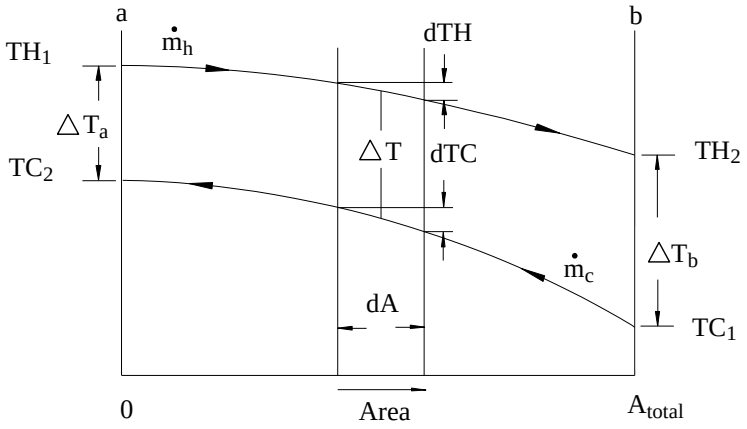
ของไหลชนิดต่างๆ	ค่าฟาล์วลิงแฟคเตอร์ , $m^2 K/W$
น้ำทะเล :	
อุณหภูมิต่ำกว่า 325 K.....	0.00009
อุณหภูมิสูงกว่า 325 K.....	0.0002
น้ำป้อนเครื่องกำเหนิดไอน้ำที่ผ่านกรรมวิธีทางเคมีที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 325 K (Treated boiler feed water)	0.0002
น้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel oil).....	0.0009
น้ำมันชุบโลหะ (Quenching oil).....	0.0007
ไอของแอลกอฮอล์ (Alcohol vapour).....	0.00009
ไอน้ำที่ไม่มีคราบน้ำมัน (Steam, non-oil-bearing).....	0.00009
อากาศในโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial air).....	0.0004
น้ำยาในเครื่องทำความเย็น (Refrigerating liquid).....	0.0002

3.7 ความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยเชิงล็อก (Log-Mean Temperature Difference, LMTD)

อุณหภูมิของของไหลต่างๆ ในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนั้นปกติแล้วจะมีค่าไม่คงที่แต่จะแปรค่าจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งเมื่อมีความร้อนไหลจากของไหลที่ร้อนไปยังของไหลที่เย็นกว่า ดังนั้นถึงแม้ว่าความต้านทานความร้อนตามเส้นทางการไหลจะมีค่าคงที่ก็ตาม อัตราการถ่ายเทความร้อนก็ยังคงแปรค่าตลอดเส้นทางการไหลภายในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนั้น ทั้งนี้ก็เพราะว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนจะแปรค่าตามความแตกต่างของอุณหภูมิของของไหลร้อนและของไหลเย็นที่แต่ละหน้าตัด ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 3-5 และ 3-6 ระยะห่างระหว่างเส้นกราฟทั้งสองจะเป็นความแตกต่างของอุณหภูมิ ΔTระหว่างของไหลทั้งสองนั้น



รูปที่ 3-5 โปรฟาล์ยของอุณหภูมิสำหรับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตามกัน



รูปที่ 3-6 โปรฟาล์ยของอุณหภูมิสำหรับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลสวนทางกัน

รูปที่ 3-5 เป็นรูปที่แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของของไหลร้อนและเย็นสำหรับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบของไหลไหลทางเดียวกัน ส่วนรูปที่ 3-6 เป็นของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบของไหลไหลสวนทางกัน จะเห็นได้จากรูปที่ 3-5 วาอุณหภูมิของของไหลที่เย็นนั้นจะไม่มีโอกาสสูงกว่าอุณหภูมิสุดท้ายของของไหลร้อนเลย แต่สำหรับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบของไหลไหลสวนทางกันนั้นอุณหภูมิสุดท้ายของของไหลที่เย็นนั้นอาจจะมีสูงกว่าอุณหภูมิของของไหลร้อนได้ ทั้งนี้เนื่องจากของไหลร้อนและของไหลที่เย็นยังคงมีความแตกต่างของอุณหภูมิตลอดความยาว ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนั้น ข้อดีอีกประการหนึ่งของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบของไหลไหลสวนทางกันนั้นก็คือที่อัตราการถ่ายเทความร้อนเท่า ๆ กันนั้นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบของไหลไหลสวนทางกันจะใช้พื้นที่สำหรับการถ่ายเทความร้อนที่น้อยกว่าแบบไหลทางเดียวกัน ดังนั้นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลสวนทางกันจึงมีขนาดที่เล็กกะทัดรัดกว่า

เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างของไหลร้อนกับของไหลเย็นเปลี่ยนแปลงตลอดความยาวของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อความสะดวกในการใช้งานจึงนำความแตกต่างประสิทธิ์ผล $\Delta\overline{T}$ ระหว่างของไหลร้อนกับของไหลเย็นมาใช้คำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลทั้งสองของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนั้นแทน ดังนั้นอัตราการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะมีค่าเป็น :

$$q = UA\Delta\overline{T} \quad \text{.....(16)}$$

เมื่อ

$$\Delta\overline{T} = \frac{\Delta T_a - \Delta T_b}{\ln\left(\Delta T_a/\Delta T_b\right)} \quad \text{.....(17)}$$

ในที่นี้ : ΔT_a = ความแตกต่างระหว่างของไหลร้อนกับของไหลเย็นทางปลายอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทางด้านที่ของไหลร้อนไหลเข้า , K

ΔT_b = ความแตกต่างระหว่างของไหลร้อนกับของไหลเย็นทางปลายอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทางด้านที่ของไหลเย็นไหลเข้า , K

เราจะพบเห็นสมการ (16) ในตำราเรียนของวิชาการถ่ายเทความร้อนอยู่เสมอ เราจะเรียกความแตกต่างของอุณหภูมิที่อยู่ในสมการ (16) นี้ว่า ความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยเชิงล็อค และมักนิยมเรียกกันสั้น ๆ เป็นภาษาอังกฤษว่าค่า LMTD ซึ่งเป็นตัวย่อของ Logarithmic Mean Temperature Difference

สำหรับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อกับเชลล์ที่ไหลซับซ้อน เช่น ไหลผ่านท่อหลายเที่ยวไหลผ่านเชลล์หลายเที่ยว อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตั้งฉากและแบบแผ่นโลหะขึ้นรูปนั้น จะมีสมการสำหรับหาอัตราการถ่ายเทความร้อนเป็น

$$q = UA \cdot \Delta\overline{T} \times F \qquad \text{.....(18)}$$

เมื่อ : $\Delta\overline{T}$ = LMTD ความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยเชิงล็อคของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลสวนทางกันโดยใช้ข้อมูลของอุปกรณ์แลกความร้อนที่ไหลซับซ้อนนั้น

F = ตัวแก้ค่า $\Delta\overline{T}$, กำหนดโดยสมาคมผู้ผลิตอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

3.8 การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนของถังแบบมีเปลือกหุ้มพร้อม coil และใบกวน (อุปกรณ์เผื่อเลือก)

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีหลายประเภทอย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ระบบจะใช้หลักเกณฑ์เดียวกัน จากรูปที่ 3-7 แสดงลักษณะการไหลของของไหลในระบบของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เมื่อสมมุติให้ระบบอยู่ในสภาวะเสถียร ไม่คิดค่าการเปลี่ยนแปลงของพลังงานจนล์ และพลังงานศักย์ ไม่มีการถ่ายเทความร้อนสู่สิ่งแวดล้อม ค่าของงานที่ส่งผ่านแกนเพลาถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณความร้อนที่มีการแลกเปลี่ยนในระบบ และให้ค่า c_p มีค่าคงที่ สมดุลย์ของการแลกเปลี่ยนความร้อนในระบบเท่ากับ

$$q = \dot{m}_h \; c_p \, (TH_1 - TH_2) \qquad \text{..... (19)}$$

$$q = \dot{m}_c \; c_p \, (TC_2 - TC_1) \qquad \text{..... (20)}$$

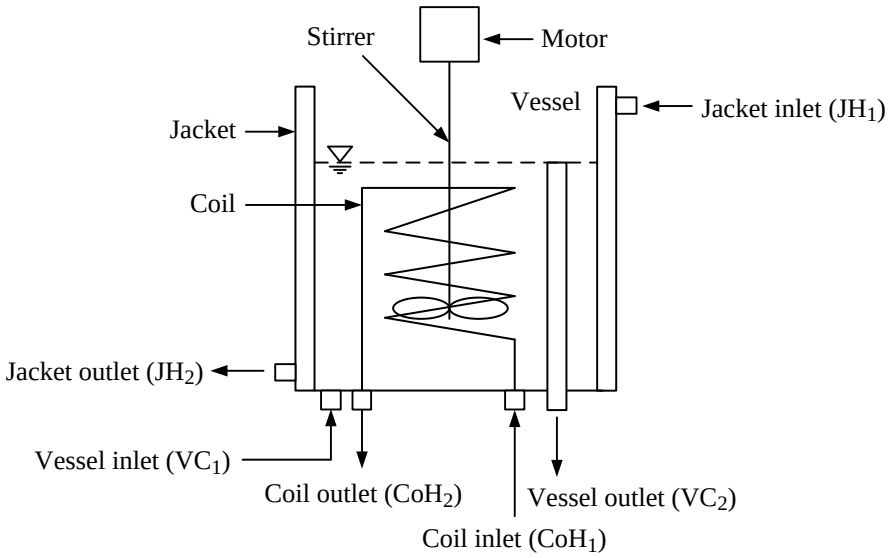
ที่ซึ่งอุณหภูมิเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยของของเหลวและ

TH_1 = อุณหภูมิของของเหลวร้อนที่ทางเข้า

TH_2 = อุณหภูมิของของเหลวร้อนที่ทางออก

TC_1 = อุณหภูมิของของเหลวเย็นที่ทางเข้า

TC_2 = อุณหภูมิของของเหลวเย็นที่ทางออก



รูปที่ 3-7 ไดอะแกรมของถังแบบมีเปลือกหุ้ม

For batch operation, heating by jacket, energy balance is:

Heat loss from hot water = Heat gained by cold water + heat gained in the jacket by the vessel + heat gained by heating coil

$$\dot{m}_h c_p\left(TH_1 - TH_2\right) = m_c c_p\left(TC_{5-2} - TC_{5-1}\right) + m_v c_p\left(\frac{T_{v2} - T_{v1}}{\Delta t}\right) + m_{hc} c_p\left(\frac{T_{hc2} - T_{hc1}}{\Delta t}\right)$$

Where: Δt = Time require for temperature rise from TC_{5-1} to TC_{5-2}.

T_{v1}, T_{v2} = Temperature of vessel at the beginning and the end respectively

T_{hc1}, T_{hc2} = Temperature of heating coil at the beginning and the end respectively

TC_{5-1}, TC_{5-2} = Temperature of water in the vessel at the beginning and the end respectively

By assuming that $TC_{5-2} = T_{v2} = T_{hc2}$ and $TC_{5-1} = T_{v1} = T_{hc1}$

$$\dot{m}_h c_p\left(TH_1 - TH_2\right) = \sum m c_p \cdot \left(\frac{TC_{5-2} - TC_{5-1}}{\Delta t}\right)$$

3.9 ค่าประสิทธิผลของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger Effectiveness)

ค่าประสิทธิผลของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นอัตราส่วนของอัตราการถ่ายเทความร้อนจริงต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดที่จะเป็นไปได้ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดนี้หาได้จากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลสวนทางกันที่มีพื้นที่สำหรับการถ่ายเทความร้อนเป็นอนันต์ (Infinity) ที่ไม่มีความร้อนสูญเสียให้แก่สิ่งแวดล้อมภายนอก อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบนี้ถ้าหาก $\dot{m}_c C_{p,c} < \dot{m}_h C_{p,h}$ แล้ว อุณหภูมิสุดท้ายของของไหลเย็นมีค่าเท่ากับอุณหภูมิของของไหลร้อนที่ไหลเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน แต่ถ้าหาก $\dot{m}_c C_{p,c} > \dot{m}_c C_{p,h}$ แล้ว อุณหภูมิสุดท้ายของของไหลร้อนก็จะเท่ากับอุณหภูมิของของไหลเย็นที่ไหลเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนั้น อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดของอุปกรณ์เปลี่ยนความร้อนนี้จะมีค่าเท่ากับ $\left(\dot{m}c_p\right)_{min}\left(TH_1 - TC_1\right)$ เมื่อ $(\dot{m}c_p)_{min}$ ได้มาจากการเปรียบเทียบระหว่างค่าของ $(\dot{m}c_p)_c$ กับ $(\dot{m}c_p)_h$ ว่าผลคูณคู่ไหนจะมีค่าน้อยกว่ากัน คู่ที่มีค่าน้อยก็คือ $(\dot{m}c_p)_{min}$ ส่วนอัตราการถ่ายเทความร้อนจริงก็จะมีค่าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของของไหลร้อนหรือของไหลเย็น นั่นก็คือ

$$q_{act} = \dot{m}_h c_{p,h}\left(TH_1 - TH_2\right) = \dot{m}_c c_{p,c}\left(TC_2 - TC_1\right) \quad \text{..... (21)}$$

ดังนั้นค่าประสิทธิผล $\in$ ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะมีค่าเป็น :

$$\in = \frac{q_{act}}{q_{max}} = \frac{\dot{m}_h\, c_{p,h}(TH_1 - TH_2)}{(\dot{m}\, c_p)_{min}\,(TH_1 - TC_1)} \quad \text{..... (22)}$$

หรือ

$$\in = \frac{q_{act}}{q_{max}} = \frac{\dot{m}_c\, c_{p,c}(TC_2 - TC_1)}{(\dot{m}\, c_p)_{min}\,(TH_1 - TC_1)} \quad \text{.....(23)}$$

ดังนั้นถ้าหากเราทราบค่าประสิทธิ์ผล $\in$ ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เราก็จะสามารถหาอัตราการถ่ายเทความร้อน (จริง) ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนั้นได้จาก

$$q = q_{act} = \in \cdot q_{max}$$
$$= \in (\dot{m}\, c_p)_{min}\,(TH_1 - TC_1) \quad \text{..... (24)}$$

เมื่อ : q = อัตรา (ที่แท้จริง) ของการถ่ายเทความร้อน

$\dot{m}$ = อัตราการไหลโดยมวล , kg / s

c_p = ค่าความจุความร้อนจำเพาะ , J / kg. K

$(\dot{m}c_p)_{min}$ = $\dot{m}c_p$ ของของไหลร้อนหรือเย็นอันที่ต่ำกว่า

TH_1 = อุณหภูมิที่ทางเข้าของของไหลร้อน, K

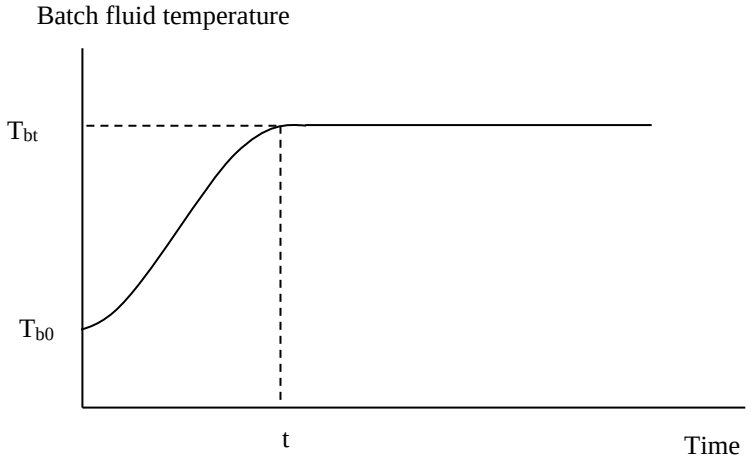
TC_1 = อุณหภูมิที่ทางเข้าของของไหลเย็น, K

สำหรับการให้ความร้อนหรือความเย็นแบบBatch (มีอุณหภูมิเท่ากันตลอดทั่วทั้งถัง) ค่าประสิทธิผลรวมของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน $\in$ หาได้จาก

$$\in = \frac{(TH_1 - TC_{5t})}{(TH_1 - TC_{50})} \quad \text{..... (25)}$$

ที่ซึ่ง TC_{50} = คืออุณหภูมิเริ่มต้นของของเหลว (°C)

TC_{5t} = คืออุณหภูมิที่เวลา t ของของเหลว (°C)

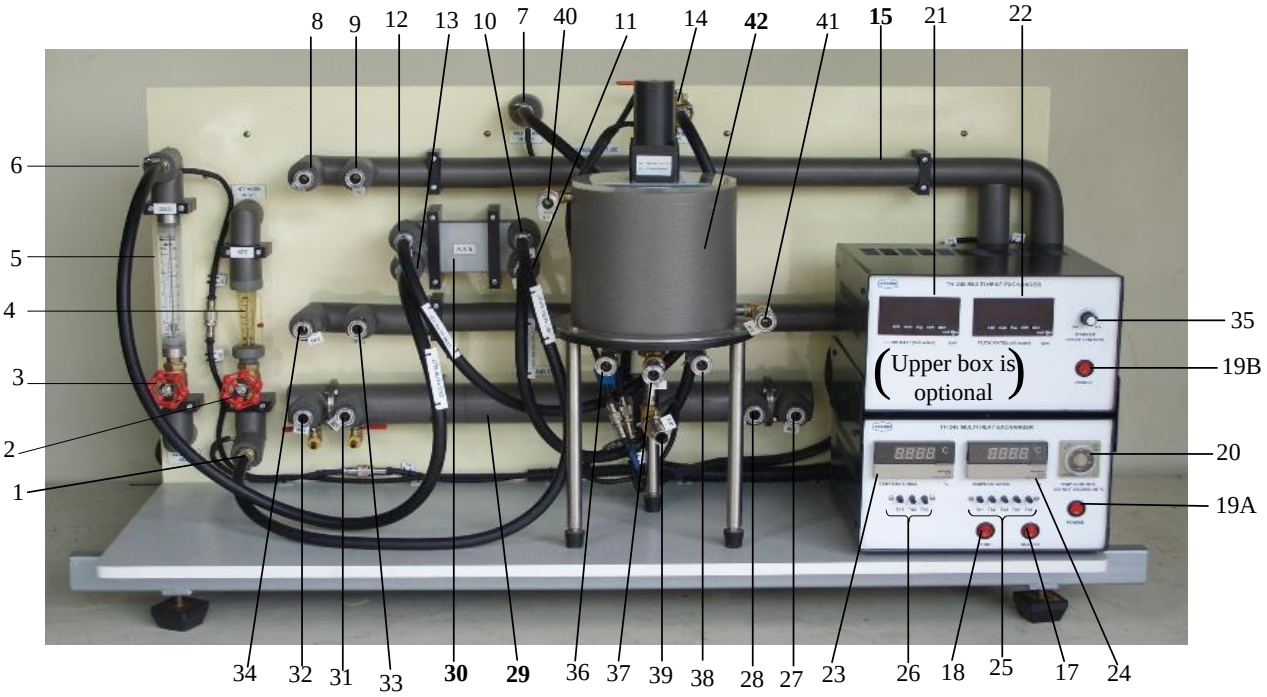


รูปที่ 3-8

4. การทดลอง

4.1 เครื่องมือการทดลอง

เป็นชุดศึกษาการแลกเปลี่ยนความร้อน โดยมีอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน 3 ชนิด คือ แบบท่อซ้อนร่วมศูนย์กลาง แบบท่อกับเปลือกหุ้ม และแบบแผ่นซ้อน ซึ่งสามารถศึกษาพฤติกรรมการแลกเปลี่ยนความร้อนได้โดยการปรับอัตราการไหลของน้ำร้อนและน้ำเย็น ทิศทางการไหลทั้งแบบไหลทางเดียวกัน และสวนทางกัน และอุณหภูมิน้ำร้อนขาเข้า และน้ำเย็นขาเข้า เป็นต้น สามารถปรับทิศทางการไหลของน้ำร้อน และน้ำเย็นให้ไหลตามกันหรือสวนทางกันได้ด้วยการสลับเปลี่ยนท่ออ่อนด้วยข้อต่อสวมเร็ว



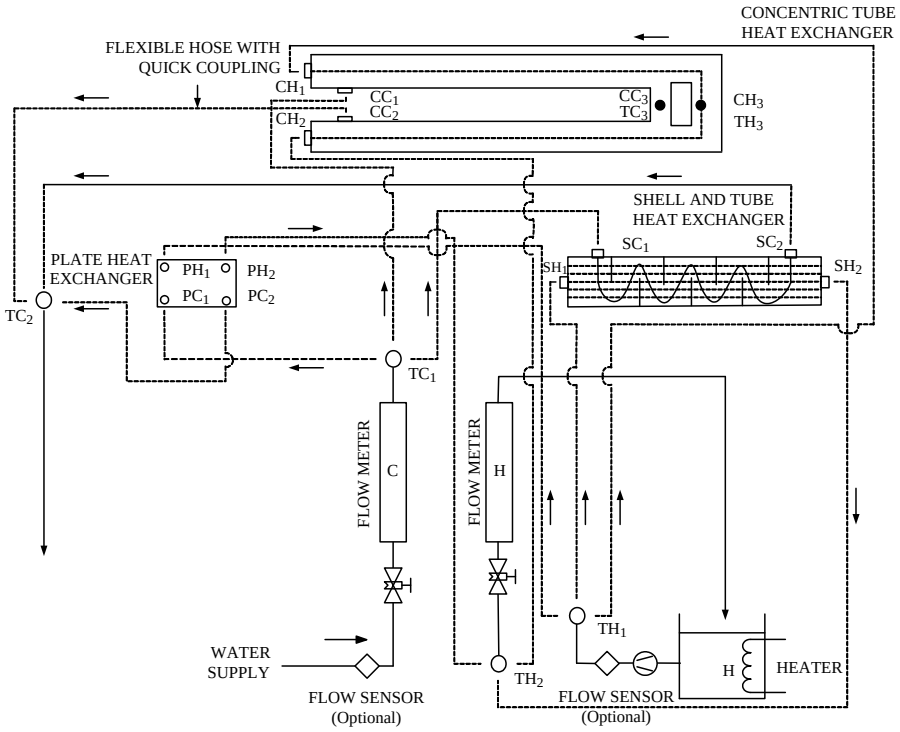
รูปที่ 4-1 ชุดการศึกษาการแลกเปลี่ยนความร้อนในหลายลักษณะ

Hot-water inlet to rotameter	Flow control valve, hot water	Flow control valve, cold water
Rotameter (flow meter), hot water	Rotameter (flow meter), cold water	Cold water inlet to the system
Cold water outlet (to the discharge)	Concentric tube inlet, hot water CH1	Concentric tube inlet, cold water CC1
Plate inlet, hot water PH1	Plate inlet, cold water PC1	Plate outlet, hot water PH2
Plate outlet, cold water PC2	Hot water inlet (to the system)	**Concentric tube heat exchanger**
Emergency Stop (Optional)	Heater ON-OFF switch	Pump ON-OFF switch
19A Power switch for pump and heater	19B Power switch for upper box (optional)	Temperature controller
Flow rate display, hot (Optional)	Flow rate display, cold (Optional)	Temperature display, hot
Temperature display, cold	Selector switch, temperature, cold	Selector switch, temperature, hot
Shell and tube outlet, hot SH2	Shell and tube outlet, cold SC2	**Shell and tube heat exchanger**
Plate heat exchanger	Shell and tube inlet, cold SC1	Shell and tube inlet, hot SH1
Concentric tube outlet, cold CC2	Concentric tube outlet, hot CH2	Stirrer speed controller (Optional)
Coil inlet	Vessel inlet	Coil outlet
Vessel outlet	Jacket inlet	Jacket outlet
42 **Jacket vessel with coil and stirrer** (Optional)		

4.2 วิธีการทดลอง

ก่อนทำการทดลอง

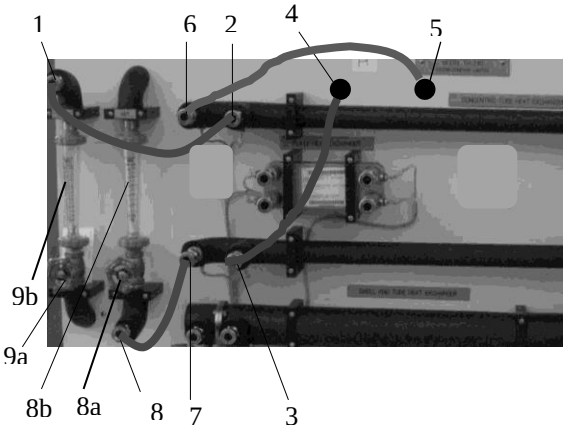
- ต่อทางเข้าน้ำเย็น (ทางด้านหลังอุปกรณ์) ไปยังแหล่งจ่ายน้ำหลัก
- ต่อท่อปลายน้ำออกของน้ำเย็น กับท่อน้ำทิ้งด้วยสายยางที่เหมาะสม
- เติมน้ำเย็นลงในถังโดยเปิดวาล์วหลัก, เมื่อน้ำเต็มถังระบบจะหยุดเนื่องจากสวิตช์ลูกลอกที่ติดตั้งภายในถัง
- เติมน้ำร้อนลงในถังด้วยน้ำร้อน (ทางด้านหลัง)



4.2.1 การทดลองด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อซ้อนร่วมศูนย์กลาง

4.2.1.1 แบบไหลขนานกัน (ดูรูป 4-2)

- ต่อทางน้ำเย็นเข้า (1) กับทางเข้าน้ำเย็นแบบท่อซ้อนร่วมศูนย์กลาง CC_1 (2) ด้วยข้อต่อสวมเร็ว
- ต่อทางออกน้ำเย็นแบบท่อซ้อนร่วมศูนย์กลาง CC_2 (3) ไปยังทางออกน้ำเย็น (4) ด้วยข้อต่อสวมเร็ว
- ต่อทางเข้าน้ำร้อน (5) กับท่อร่วมศูนย์กลางทางน้ำร้อนเข้า CH_1 (6)
- ต่อทางออกน้ำร้อนของท่อซ้อนร่วมศูนย์กลาง CH_2 (7) กับอุปกรณ์วัดอัตราการไหลน้ำ [8]

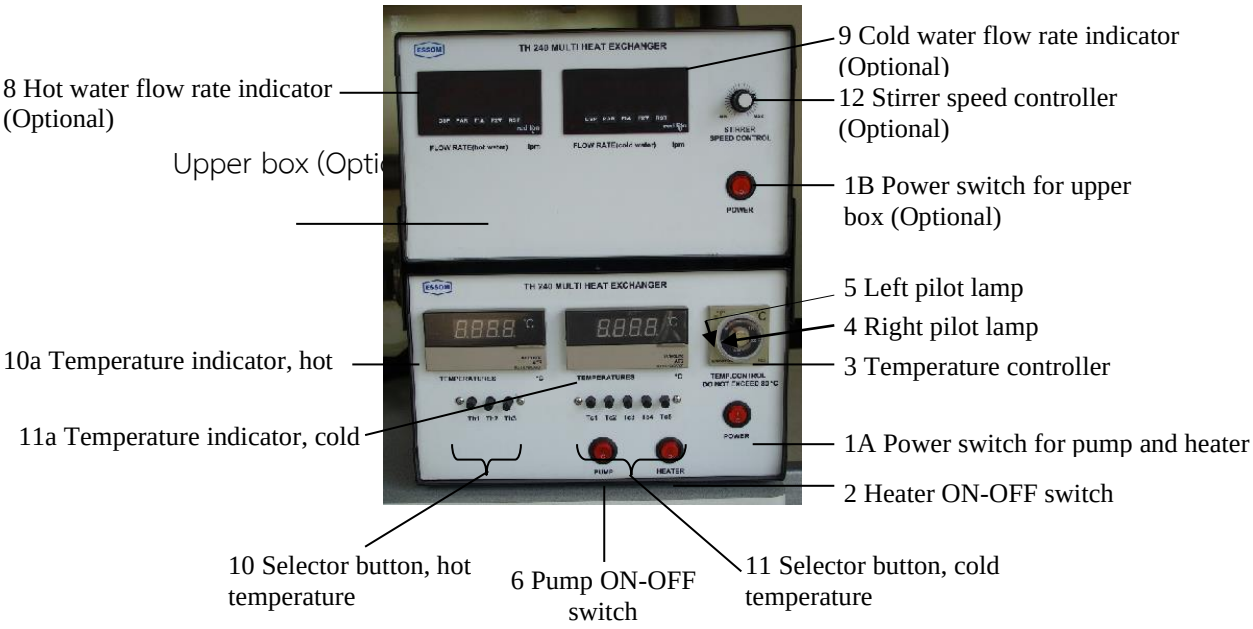


รูปที่4-2 Concentric tube in parallel flow

การเดินเครื่องการทดลอง (ดูรูป 4-3)

1) เปิดวาล์วจ่ายน้ำหลัก (ต้องมั่นใจว่าเปิดอยู่ระหว่างทำการทดลอง)
2) เปิดสวิตช์ Breaker ที่ด้านขวาของกล่องล่างและเปิดสวิตช์ 1A และ 1B
3) เปิดเครื่องทำความร้อน (2)

4) ตั้งอุณหภูมิตามความต้องการโดยหมุนตัวควบคุม (3) อาจจะเลือกอุณหภูมิสูงสุดที่ 80oC ก็ได้
5) หลอดไฟขวามือ (4) จะเปิด และเมื่ออุณหภูมิถึงระดับที่ต้องการจะปิด และหลอดไฟซ้ายมือ (5) จะเปิดขึ้น
6) เปิดสวิตซ์ปั๊มน้ำร้อน [6]
7) ปรับอัตราการไหลน้ำร้อนด้วยวาล์ว (8a) (รูป 4-2) ไปที่ค่าความต้องการซึ่งจะปรากฏบนตัววัดอัตราการไหลน้ำร้อน (8b) (รูป 4-2) และตัวแสดงผลดิจิตอล[8]บนแผงควบคุม
8) ปรับอัตราการไหลน้ำเย็นด้วยวาล์ว (9a) (รูป 4-2) ไปที่ค่าตามต้องการซึ่งจะปรากฏบนอุปกรณ์วัดอัตราการไหลน้ำเย็น (9b) (รูป 4-2) และตัวแสดงผลดิจิตอล[9]บนแผง



รูปที่ 4-3 Control panel

9) รอจนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำเย็น และน้ำร้อนคงที่

a. อ่านอุณหภูมิของท่อน้ำร้อนที่จุด CH_1, CH_2 และ CH_3 ด้วยสวิตซ์ (10) ไปที่ตำแหน่ง TH_1, TH_2 และ TH_3 ตามลำดับค่าที่ได้จะแสดงในรูปแบบดิจิตอล (10a) CH3 ที่อยู่ตรงกลางของท่อซ้อนศูนย์กลางร่วมที่ด้านขวามือของแผงถูกใช้เพื่อการอ้างอิงเท่านั้น

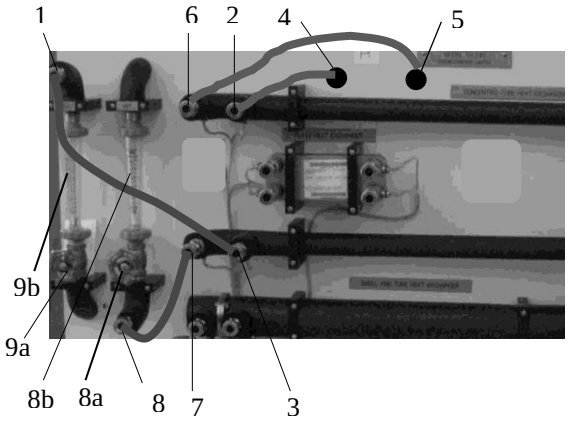
b. อ่านอุณหภูมิของท่อน้ำเย็นที่จุด CC_1, CC_2, และ CC_3 ด้วยสวิตซ์ (11) ไปที่ตำแหน่ง TC_1, TC_2 และ TC_3ตามลำดับ ค่าที่ได้จะแสดงในรูปแบบดิจิตอล (11a) CC3 ที่อยู่ตรงกลางของท่อซ้อนศูนย์กลางร่วมที่ด้านขวามือของแผงถูกใช้เพื่อการอ้างอิงเท่านั้น

10) ปรับอัตราการไหลน้ำเย็นไปที่ค่าอื่นๆ และทำซ้ำขั้นตอน a และ b
11) ทำการทดลองซ้ำด้วยค่าอัตราการไหลน้ำร้อน และอุณหภูมิทางน้ำเข้าที่ค่าอื่นๆ

4.2.1.2 แบบการไหลสวนทางกัน (ดูรูป 4-4)

เพื่อให้การไหลเป็นแบบสวนทางกันต้องกลับทิศทางของข้อต่อน้ำเย็นโดยเปลี่ยนข้อต่อสวมเร็วของทางเข้า และทางออกในท่อแบบร่วมศูนย์กลางเพื่อให้ได้ตามที่ต้องการให้ทำตามนี้

- ปิดปั๊ม
- ต่อ (1) เข้ากับ CC_2 (3)
- ต่อ CC_1 (2) กับ (4)
- ทำตามขั้นตอน 6) ถึง 11) ซ้ำอีกครั้ง



รูปที่ 4-4 Concentric tube in counter flow

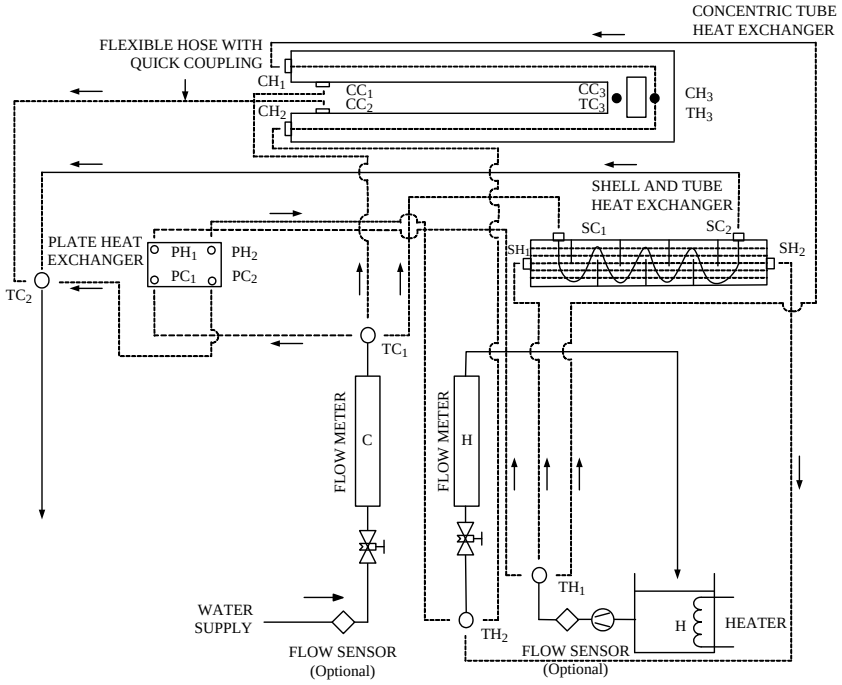
ข้อสำคัญ

- เมื่อทำการทดลองเสร็จสิ้นต้องมั่นใจว่าปิดสวิตซ์ปั๊ม และสวิตซ์หลักเรียบร้อยแล้ว
- ถ้าอุปกรณ์จะไม่ทำการทดลองอีกเป็นเวลานานต้องปล่อยน้ำในระบบทิ้งด้วยวาล์ว U-turn ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนท่อร่วมศูนย์กลาง

4.2.2 การทดลองด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกหุ้ม

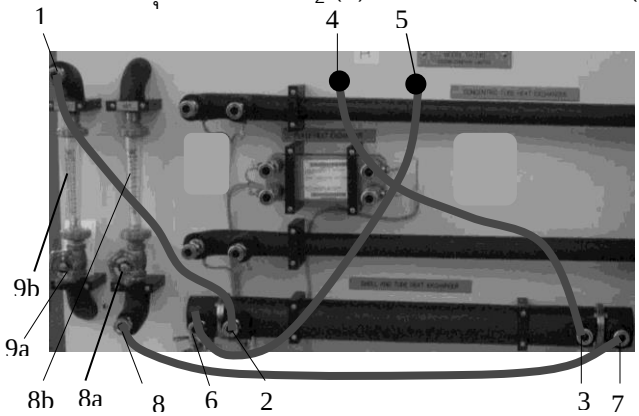
ก่อนทำการทดลอง

- ต่อทางเข้าน้ำเย็น (ทางด้านหลังอุปกรณ์) ไปยังแหล่งจ่ายน้ำหลัก
- ต่อท่อปล่อยน้ำออกของน้ำเย็นกับท่อน้ำทิ้งด้วยสายยางที่เหมาะสม
- เติมน้ำเย็นลงในถังโดยเปิดวาล์วหลัก, เมื่อน้ำเต็มถังระบบจะหยุดเนื่องจากสวิตซ์ลูกลอยที่ติดตั้งภายในถัง
- เติมน้ำร้อนลงในถังด้วยน้ำ (ทางด้านหลัง)



4.2.2.1 แบบการไหลขนานกัน (ดูรูป 4-5)

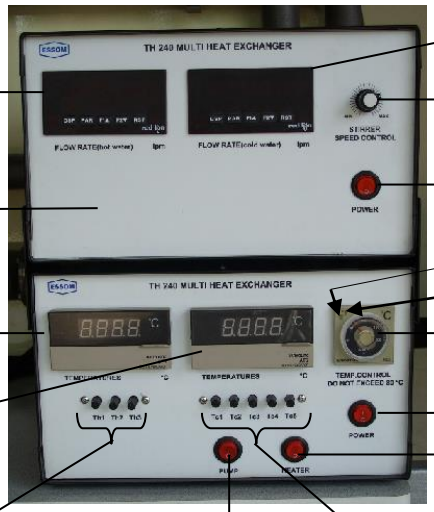
- ต่อทางน้ำเย็นเข้า (1) กับท่อแบบเปลือกหุ้มด้วย SC_1 (2) ด้วยข้อต่อเร็ว
- ต่อทางน้ำออกแบบเย็นแบบท่อเปลือกหุ้ม SC_2 (3) ไปยังท่อน้ำเย็นออก (4) ด้วยข้อต่อสวมเร็ว
- ต่อท่อน้ำร้อนทางเข้า (5) กับท่อแบบเปลือกหุ้มทางน้ำร้อนเข้า SH_1 (6)
- ต่อท่อน้ำร้อนแบบเปลือกหุ้มทางออก SH_2 (7) กับตัววัดอัตราการไหล (8)



รูปที่ 4-5 Shell and tube in parallel flow

การเดินเครื่องการทดลอง (ดูรูป 4-6)

1) เปิดวาล์วจ่ายน้ำหลัก (ต้องมั่นใจว่าเปิดระหว่างการทดลอง)
2) เปิดสวิตซ์ Breaker ที่ด้านขวาของกล่องล่างและเปิดสวิตซ์ 1A และ 1B
3) เปิดเครื่องทำความร้อน (2)



รูปที่ 4-6 Control panel

4) ตั้งอุณหภูมิตามต้องการโดยหมุนตัวควบคุม (3), อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 80oC
5) หลอดไฟขวามือ (4) จะเปิด และเมื่ออุณหภูมิถึงระดับที่ต้องการจะปิด และหลอดไฟซ้ายมือ (5) จะเปิดขึ้น
6) เปิดสวิตซ์ปั๊มน้ำร้อน (6)
7) ปรับอัตราการไหลน้ำร้อนด้วยวาล์ว (8a) (รูป 4-5) ไปที่ค่าความต้องการซึ่งจะปรากฏบนตัววัดอัตราการไหลน้ำร้อน (8b) (รูป 4-5) และตัวแสดงผลดิจิตอล(8)บนแผงควบคุม
8) ปรับอัตราการไหลน้ำเย็นด้วยวาล์ว (9a) (รูป 4-5) ไปที่ค่าตามต้องการซึ่งจะปรากฏบนอุปกรณ์วัดอัตราการไหลน้ำเย็น (9b) (รูป 4-5) และตัวแสดงผลดิจิตอล[9]บนแผงควบคุม
9) รอจนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำเย็น และน้ำร้อนคงที่

a. อ่านอุณหภูมิของท่อน้ำร้อนที่จุด SH_1 และ SH_2 ด้วยสวิตซ์ (10) กับตำแหน่งอ้างอิง TH_1 และ TH_2 ค่าที่ได้จะแสดงในรูปแบบดิจิตตอล (10a)

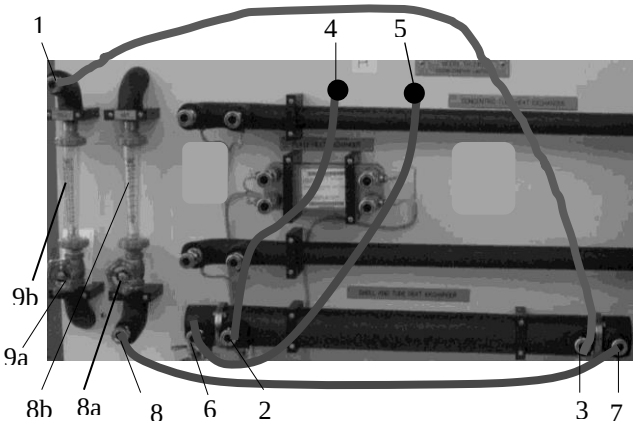
b. อ่านอุณหภูมิของท่อน้ำเย็นที่จุด SC_1 และ SC_2 ด้วยสวิตซ์ (11) กับตำแหน่งอ้างอิง TC_1 และ TC_2 ค่าที่ได้จะแสดงในรูปแบบดิจิตตอล (11a)

10) ปรับอัตราการไหลน้ำเย็นไปที่อื่นๆ และทำตามขั้นตอน a และ b อีกครั้ง
11) ทำการทดลองซ้ำด้วยค่าการไหล และอุณหภูมิทางน้ำเข้าที่ต่างกัน

4.2.2 แบบการไหลสวนทางกัน (ดูรูป 4-7)

เพื่อให้การไหลเป็นแบบสวนทางกันต้องปรับทิศทางของข้อต่อน้ำเย็นโดยเปลี่ยนข้อต่อสวมเร็วของทางเข้า และทางออกท่อแบบเปลือกหุ้มเพื่อให้ได้ตามที่ต้องการให้ทำตามนี้

- ปิดปั๊ม
- ต่อท่อ (1) เข้า SC_2 (3)
- ต่อท่อ (2) SC_1 เข้ากับ (4)
- ทำตามขั้นตอน 6) ถึง 11) ซ้ำอีกครั้ง



รูปที่ 4-7 Shell and tube in counter flow

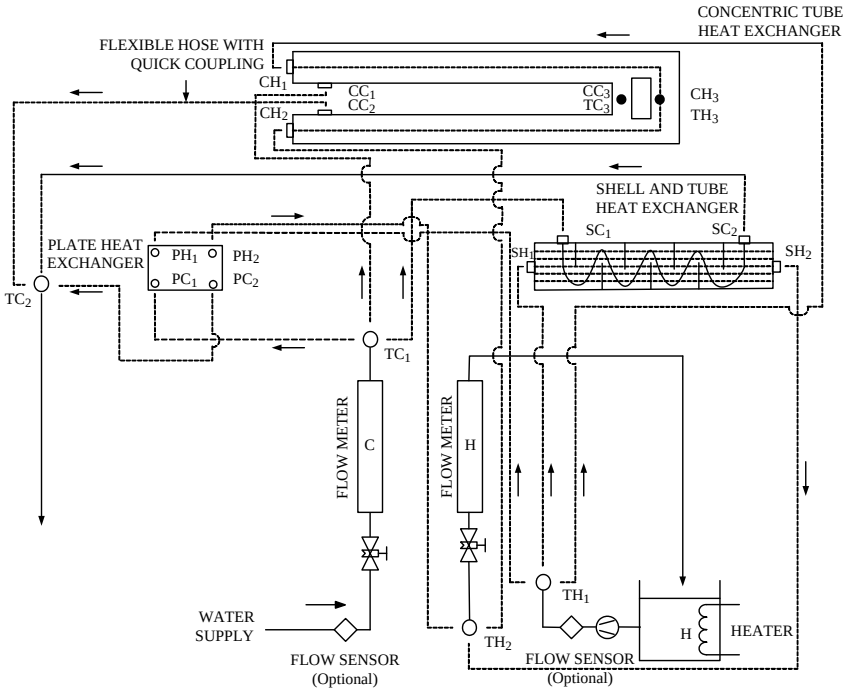
ข้อสำคัญ

- เมื่อทำการทดลองเสร็จสิ้นต้องมั่นใจว่าเปิดสวิตซ์ปั๊ม และสวิตซ์หลักเรียบร้อยแล้ว
- ถ้าอุปกรณ์จะไม่ทำการทดลองอีกเป็นเวลานานต้องปล่อยน้ำในระบบทิ้งด้วยวาล์วแบบ U-turn ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกหุ้ม

4.2.3 การทดลองด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น

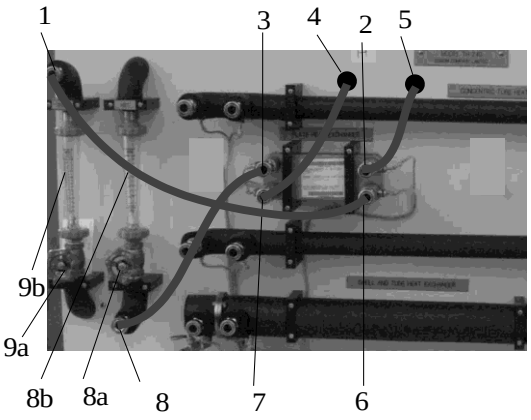
ก่อนทำการทดลอง

- ต่อทางเข้าน้ำเย็น (ทางด้านหลังอุปกรณ์) ไปยังแหล่งจ่ายหลัก
- ต่อท่อปล่อยน้ำออกของน้ำเย็นกับท่อนน้ำทิ้งด้วยสายยางที่เหมาะสม
- เติมน้ำเย็นลงในถังโดยเปิดวาล์วหลัก, เมื่อน้ำเต็มถังระบบจะหยุดเนื่องจากสวิตซ์ลูกลอยที่ติดตั้งภายในถัง
- เติมน้ำลงในถังน้ำร้อนด้วยน้ำ (ทางด้านหลัง)



4.2.3.1 แบบไหลขนานกัน (ดูรูป 4-8)

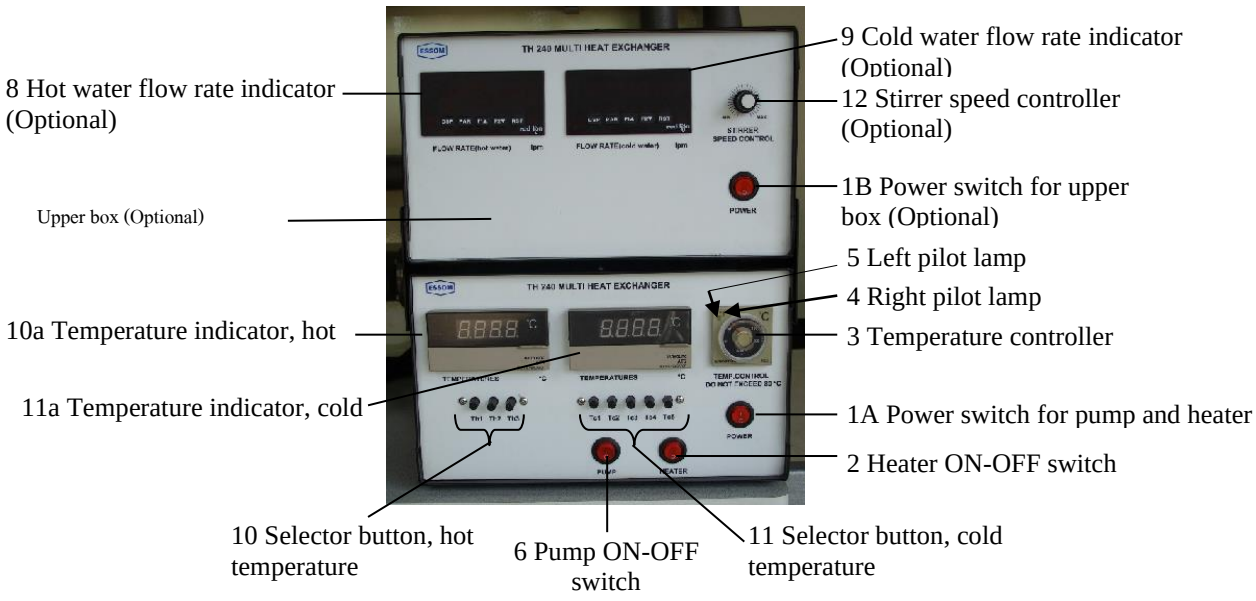
- ต่อทางน้ำเย็นเข้า (1) กับท่อทางเข้าของแบบแผ่น PC_1 (6) ด้วยข้อต่อสวมเร็ว
- ต่อทางน้ำเย็นออกของแบบแผ่น PC_2 (7) ไปยังท่อน้ำเย็นออก (4) ด้วยข้อต่อสวมเร็ว
- ต่อท่อทางน้ำร้อนเข้า (5) กับทางเข้าน้ำร้อน PH_1 ของแบบแผ่น (2)
- ต่อท่อน้ำร้อนแบบแผ่นทางออก PH_2 (3) กับทางเข้าของตัววัดอัตราการไหลน้ำร้อน (8)



รูปที่ 4-8 Plate in parallel flow

การเดินเครื่องทดลอง (ดูรูป 4-9)

1) เปิดวาล์วจ่ายน้ำหลัก (ต้องมั่นใจว่าเปิดระหว่างการทดลอง)
2) เปิดสวิตซ์ Breaker ที่ด้านขวาของกล่องล่างและเปิดสวิตซ์ 1A และ 1B
3) เปิดเครื่องทำความร้อน (2)
4) ตั้งอุณหภูมิตามต้องการโดยหมุนตัวควบคุม (3), อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 80°C



รูปที่ 4-9 Control panel

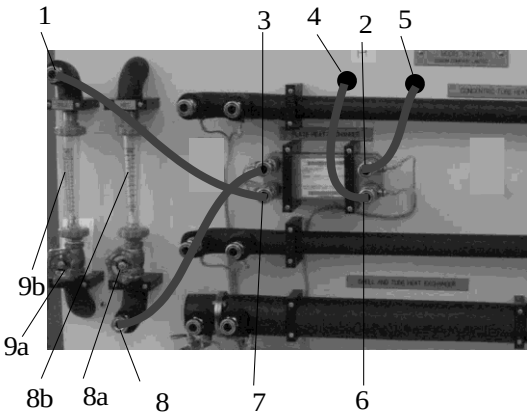
5) หลอดไฟขวามือ (4) จะเปิด และเมื่ออุณหภูมิถึงระดับที่ต้องการจะปิด และหลอดไฟซ้ายมือ (5) จะเปิดขึ้น
6) เปิดสวิตซ์ปั๊มน้ำร้อน (6)
7) ปรับอัตราการไหลน้ำร้อนด้วยวาล์ว (8a) (ดูรูป 4-8) ไปที่ค่าความต้องการซึ่งจะปรากฏบนตัววัดอัตราการไหล (8b) (ดูรูป 4-8) และตัวแสดงผลดิจิตอล[8]บนแผงควบคุม
8) ปรับอัตราการไหลน้ำเย็นด้วยวาล์ว (9a) (รูป 4-8) ไปที่ค่าตามต้องการซึ่งจะปรากฏบนอุปกรณ์วัดอัตราการไหลน้ำเย็น (9b) (รูป 4-8) และตัวแสดงผลดิจิตอล[9]บนแผง
9) รอจนกระทั่งอุณหภูมิของน้ำเย็น และน้ำร้อนคงที่
   a. อ่านอุณหภูมิของท่อน้ำร้อนที่จุด PH_1 และ PH_2 ด้วยสวิตซ์ (10) กับตำแหน่งอ้างอิง TH_1 และ TH_2, ค่าที่ได้จะแสดงในรูปแบบดิจิตอล (10a)
   b. อ่านอุณหภูมิของท่อน้ำเย็นที่จุด PC_1 และ PC_2 ด้วยสวิตซ์ (11) กับตำแหน่งอ้างอิง TC_1 และ TC_2, ค่าที่ได้จะแสดงในรูปแบบดิจิตอล (11a)
10) ปรับอัตราการไหลน้ำเย็นไปที่อื่นๆ และทำตามขั้นตอน a และ b อีกครั้ง
11) ทำการทดลองซ้ำด้วยค่าอัตราการไหลน้ำร้อน และอุณหภูมิทางน้ำเข้าที่ต่างกัน

4.2.3.2 การไหลแบบสวนทางกัน (ดูรูป 4-10)

เพื่อให้การไหลเป็นแบบสวนทางกันต้องปรับทิศทางของข้อต่อน้ำเย็นโดยเปลี่ยนข้อต่อสวมเร็วของทางเข้า และทางออกของท่อแบบแผ่นเพื่อให้ได้ตามที่ต้องการ

ให้ทำตามนี้

- ต้องปิดสวิตซ์ปั๊ม
- ต่อท่อ (1) เข้ากับ PC2 (7)
- ต่อท่อ PC1 (6) to (4)
- ทำตามขั้นตอน 6) ถึง 11)

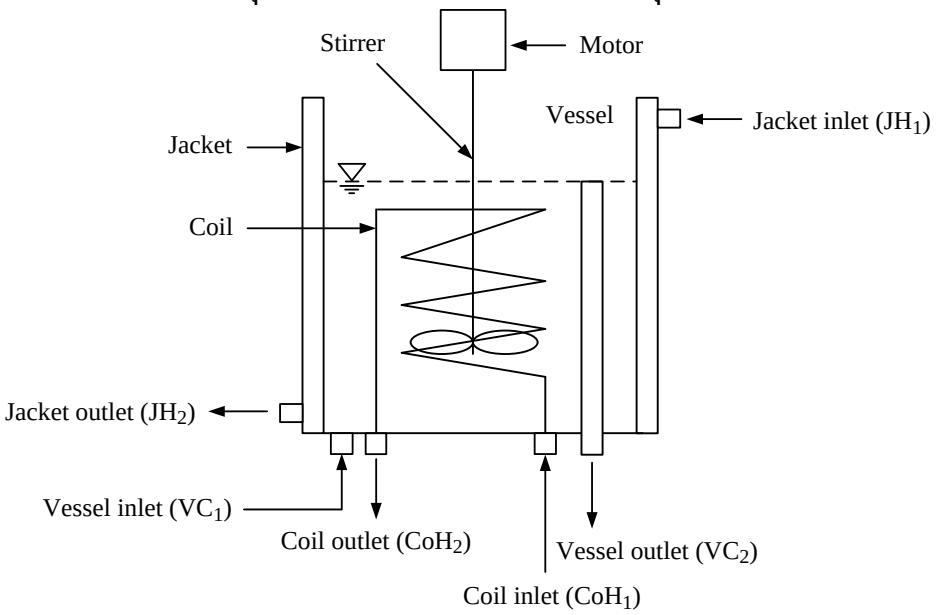


รูปที่ 4-10 Plate in counter flow

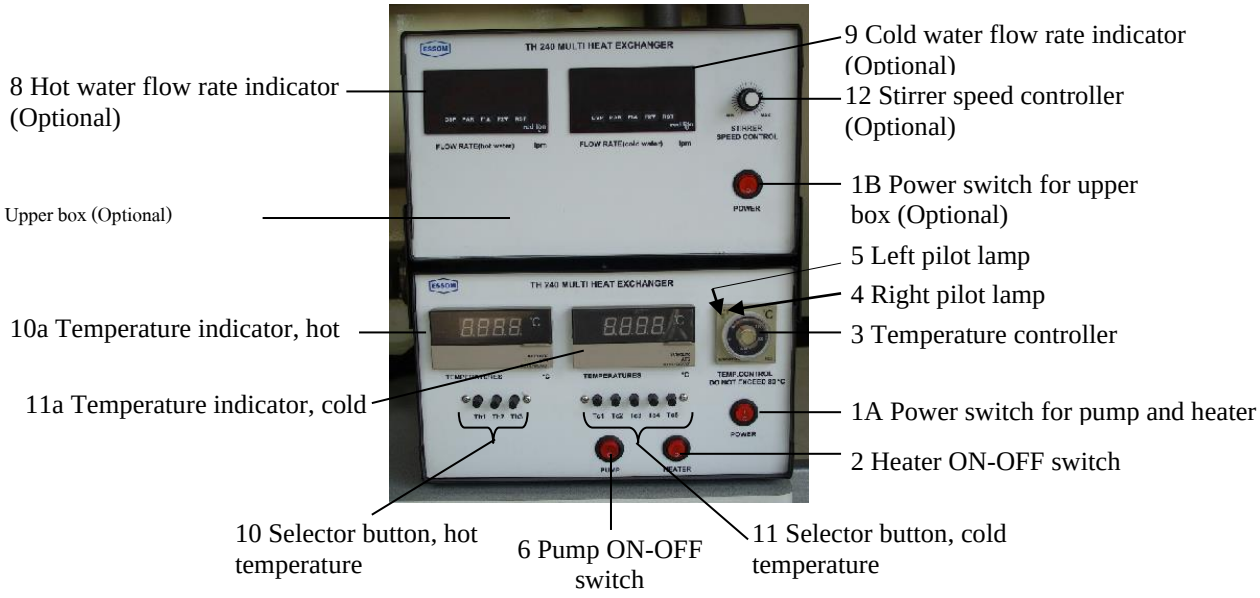
ข้อสำคัญ

- เมื่อทำการทดลองเสร็จสิ้นต้องมั่นใจว่าปิดสวิตซ์ปั๊ม และสวิตซ์หลักเรียบร้อยแล้ว

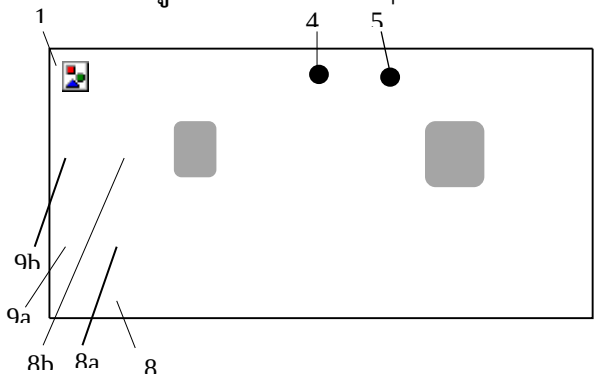
4.2.4 การทดลองกับถังแบบมีเปลือกหุ้มประกอบด้วย coil และใบกวน (อุปกรณ์เผื่อเลือก)



รูปที่ 4-11 Jacketed vessel outline diagram



รูปที่ 4-12 Control panel



รูปที่ 4-13 Heat exchanger panel

4.2.4.1 การทดลองแบบ Batch

1) เติมน้ำเข้าไปในถังน้ำร้อนจนเกือบเต็ม (ระดับน้ำควรอยู่ประมาณ 5-10 cm ต่ำกว่าระดับบนของถัง)
2) เปิดสวิตช์ Breaker ที่อยู่ด้านขวาของกล่องล่างและเปิดสวิตช์ 1A และ 1B
3) ตั้งอุณหภูมิตามต้องการโดยหมุนตัวควบคุม (3) เช่นที่ 75°C, (อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 80oC เพื่อความปลอดภัย)
4) ต่อท่อน้ำร้อนเข้าและออกไปยังเปลือกหุ้ม(หรือคอลย์ให้ความร้อน) ตามข้างล่าง หลังจากอุณหภูมิถึงที่ต้องการ
   - (ดูรูปที่ 4-13) ต่อจากทางน้ำร้อนเข้า (5) ไปทางเข้าของเปลือกหุ้ม(หรือคอลย์)
   - ต่อจากทางออกของเปลือกหุ้ม(หรือคอลย์)ไปยังทางเข้าของโรตามิเตอร์น้ำร้อน (8)
   - ต่อจากทางน้ำเย็นเข้า (1) ไปทางเข้าถัง
   - ต่อจากทางออกถังไปยังทางออกน้ำเย็น (4)
5) เดินปั๊มน้ำร้อน (6) และปรับอัตราการไหลน้ำร้อนไปที่ต้องการเช่น 2.5 ลิตรต่อนาที จนกระทั่งถึงสภาวะสม่ำเสมอ
6) บันทึกอุณหภูมิเริ่มต้น TH1, TH2 และ TC5 หลังจากถึงสภาวะสม่ำเสมอ
7) เติมน้ำเย็น เช่นประมาณ 2.5 กิโลกรัม ลงถังแล้วเริ่มจับเวลา
8) ตั้งค่าความเร็วใบกวน(12) ตามที่ต้องการ (เช่น 0- 400 รอบต่อนาที)
9) บันทึกอุณหภูมิ TH1, TH2 และ TC5, ทุกๆนาที จนกระทั่งอุณหภูมิน้ำ TC5 เข้าใกล้ 80 °C สังเกตุด้วยว่าอุณหภูมิน้ำร้อนคงที่
10) ทำการทดลองซ้ำที่อัตราการไหลน้ำร้อน, อุณหภูมิ และ ความเร็วใบกวนค่าอื่นๆ

หมายเหตุ

1. น้ำอุ่นในถังต้องถูกถ่ายออกก่อนการทดลองต่อไป
2. เพื่อที่จะทำให้ถังเย็นลง ให้ต่อทางเข้าและทางออกของน้ำเย็นเข้าถังและปล่อยให้น้ำเย็นไหลผ่านถังสักพักหนึ่ง
3. น้ำในเปลือกหุ้มถังต้องถูกถ่ายออกก่อนการเปลี่ยนไปทดลองคอลย์ให้ความร้อน และในทำนองกลับกันด้วย

4.2.4.2 การทดลองแบบต่อเนื่อง

1) เติมน้ำเข้าไปในถังน้ำร้อนจนเกือบเต็ม (ระดับน้ำควรอยู่ประมาณ 5-10 cm ต่ำกว่าระดับบนของถัง)
2) เปิดสวิตช์ Breaker ที่อยู่ด้านข้างขวาของกล่องล่างและเปิดสวิตช์ 1A และ 1B
3) ตั้งอุณหภูมิตามต้องการโดยหมุนตัวควบคุม (3) เช่นที่ 75°C, (อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 80°C เพื่อความปลอดภัย)
4) ตั้งค่าความเร็วใบกวน(12) ตามที่ต้องการ (เช่น 0- 400 รอบต่อนาที)
5) ต่อท่อจากทางเข้าและออกของน้ำเย็นไปยังถังและปรับอัตราการไหลน้ำตามที่ต้องการ เช่น 4.5 และ 7.5 ลิตรต่อนาที

6) ต่อท่อน้ำร้อนเข้าและออกไปยังเปลือกหุ้ม(หรือคอลย์ให้ความร้อน) ตามข้างล่าง หลังจากอุณหภูมิถึงที่ต้องการ
   - (ดูรูปที่ 4-13) ต่อจากทางน้ำร้อนเข้า (5) ไปทางเข้าของเปลือกหุ้ม(หรือคอลย์)
   - ต่อจากทางออกของเปลือกหุ้ม (หรือคอลย์) ไปยังทางเข้าของโรตามิเตอร์น้ำร้อน (8)
   - ต่อจากทางน้ำเย็นเข้า (1) ไปทางเข้าถัง
   - ต่อจากทางออกถังไปยังทางออกน้ำเย็น (4)
7) เดินปั๊มน้ำร้อน (6) และปรับอัตราการไหลน้ำร้อนไปที่ต้องการ เช่น 2.5 ลิตรต่อนาที จนกระทั่งถึงสภาวะสม่ำเสมอ
8) หลังจากเข้าสู่สภาวะสม่ำเสมอ บันทึกอุณหภูมิ TH1, TH2 และ TC1 และ TC4, ทุกๆนาที จนกระทั่งอุณหภูมิน้ำร้อนและเย็นคงที่
9) ทำการทดลองซ้ำที่อัตราการไหลน้ำร้อนและเย็น, อุณหภูมิน้ำร้อน และ ความเร็วใบกวนค่าอื่นๆ

หมายเหตุ:

1. น้ำอุ่นในถังต้องถูกถ่ายออกก่อนการทดลองต่อไป
2. เพื่อที่จะทำให้ถังเย็นลง ให้ต่อทางเข้าและทางออกของน้ำเย็นเข้าถังและปล่อยให้น้ำเย็นไหลผ่านถังสักพักหนึ่ง
3. น้ำในเปลือกหุ้มถังต้องถูกถ่ายออกก่อนการเปลี่ยนไปทดลองคอลย์ให้ความร้อน และในทำนองกลับกันด้วย

ข้อควรระวัง: ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษเมื่อเปลี่ยนจากเปลือกหุ้มถังให้ความร้อนไปเป็นคอลย์ให้ความร้อนหรือทำนองกลับกัน น้ำร้อนสามารถไหม้ผิวหนัง สวมอุปกรณ์ป้องกันเช่น ถุงมือ ก่อนถอดสายน้ำร้อน

1. หยุดปั๊มน้ำร้อน ปิดวาล์วและถอดทางน้ำร้อนเข้าจากเปลือกหุ้มถังแล้วต่อเข้าทางเข้าคอล์ยให้ความร้อน
2. หาภาชนะมาวางใต้ทางเปิดของจุดที่ถูกถอดออกในข้อ1
3. ถอดทางน้ำร้อนออกจากเปลือกหุ้มถัง น้ำร้อนจะไหลลงภาชนะที่รองรับในข้อ 2 รอจนกระทั่งน้ำหยุดไหล
4. แล้วต่อเข้าทางออกของคอล์ยให้ความร้อน

ใบบันทึกผลการทดลอง

ชุดการศึกษาการแลกเปลี่ยนความร้อนในหลายลักษณะ

ทดสอบโดย: .... วันที่: ....

Heat exchanger type: ☐Concentric tube ☐ Shell and tube ☐ Plate

Test No.	Hot flow lpm	Cold flow lpm	Cold water direction	Hot water temp. ℃			Cold water temp. ℃		
				Inlet	mid point	Outlet	Inlet	mid point	Outlet
				TH_1	TH_3	TH_2	TC_1	TC_3	TC_2

ใบบันทึกผลการทดลอง

ถังแบบมีเปลือกหุ้มพร้อม coil และใบกวน (อุปกรณ์เผื่อเลือก)

ทดสอบโดย: ..... วันที่: .....

☐ Batch ☐ Continuous operation using ☐ Jacket ☐ Coil

Stirrer speed ..... rpm

Time (min)	Hot water				Cold water				Note
	Flow rate (lpm)	TH_1 (°C)	TH_2 (°C)	Q_h (W)	Flow rate (lpm)	TC_1 (°C)	TC_5 (°C)	Q_c (W)	
-									
0									
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									

5. ตัวอย่างผลการทดลอง

5.1 ใบบันทึกผลการทดลอง

ชุดการศึกษาการแลกเปลี่ยนความร้อนในหลายลักษณะ

ทดสอบโดย: …K.Weerapol…..... วันที่: ....Nov 29,12.....

Heat exchanger type: ☑Concentric tube ☐ Shell and tube ☐ Plate

Test No.	Hot flow lpm	Cold flow lpm	Cold water direction	Hot water temp. °C			Cold water temp. °C		
				Inlet	mid point	Outlet	Inlet	mid point	Outlet
				TH_1	TH_3	TH_2	TC_1	TC_3	TC_2
1	2.00	3.00	Parallel	82.1	69.8	63.5	37.3	45.3	50.4
2	2.03	4.51	Parallel	82.0	68.5	61.7	38.8	43.0	47.5
3	3.04	3.02	Parallel	81.4	71.1	66.3	37.2	47.1	53.5
4	3.08	4.51	Parallel	82.0	70.9	64.6	37.0	44.5	49.5
5	2.05	3.09	Counter	82.7	71.2	68.6	50.2	43.1	38.5
6	2.07	4.51	Counter	82.5	69.7	60.8	43.9	41.6	38.3
7	3.11	3.09	Counter	81.7	72.9	65.9	52.8	44.6	38.6
8	3.09	4.51	Counter	80.3	70.5	63.1	48.5	42.5	38.2

5.2 ใบบันทึกผลการทดลอง

ชุดการศึกษาการแลกเปลี่ยนความร้อนในหลายลักษณะ

ทดสอบโดย: … K.Weerapol …..... วันที่: ....Nov 29, 12.....

Heat exchanger type: ☐ Concentric tube ☑ Shell and tube ☐ Plate

Test No.	Hot flow lpm	Cold flow lpm	Cold flow direction	Hot water temp °C			Cold water temp °C		
				Inlet SH1	mid point	Outlet SH2	Inlet SC1	mid point	Outlet SC2
				TH_1	TH_3	TH_2	TC_1	TC_3	TC_2
1	2.00	3.00	Parallel	82.6		64.8	36.7		48.9
2	2.02	4.54	Parallel	81.1		61.2	35.7		45.8
3	3.11	3.08	Parallel	81.5		65.7	35.3		51.9
4	3.02	4.51	Parallel	81.0		60.5	35.5		46.6
5	2.09	3.13	Counter	81.3		61.2	36.9		47.9
6	2.12	4.52	Counter	81.2		59.3	37.5		45.3
7	3.09	3.15	Counter	79.8		63.5	37.8		53.1
8	3.14	4.58	Counter	77.6		59.7	37.3		46.9

5.3 ใบบันทึกผลการทดลอง

TH 240 ชุดการศึกษาแลกเปลี่ยนความร้อนในหลายลักษณะ

ทดสอบโดย: … K.Weerapol …..... วันที่: ....Nov 29,12.....

Heat exchanger type: ☐ Concentric tube ☐ Shell and tube ☑ Plate

Test No.	Hot flow lpm	Cold flow lpm	Cold flow direction	Hot water temp °C			Cold water temp °C		
				Inlet PH1	mid point	Outlet PH2	Inlet PC1	mid point	Outlet PC2
				TH_1	TH_3	TH_2	TC_1	TC_3	TC_2
1	2.00	3.00	Parallel	84.6		64.2	39.4		55.2
2	2.12	3.08	Counter	79.0		57.1	39.9		52.4
3	2.02	4.51	Parallel	80.5		58.2	39.0		49.4
4	2.05	4.51	Counter	76.3		53.9	39.8		48.3
5	3.16	3.07	Parallel	80.0		63.8	39.5		54.6
6	3.06	3.18	Counter	76.1		59.9	39.9		53.6
7	3.01	4.54	Parallel	70.1		60.7	39.2		51.1
8	3.03	4.55	Counter	71.0		55.0	40.0		49.0

5.4 ใบบันทึกผลการทดลอง

ถังแบบมีเปลือกหุ้มพร้อม coil และใบกวน (อุปกรณ์เผื่อเลือก)

ทดสอบโดย: … K.Weerapol..... วันที่: ....24/03/12.....

☑ Batch ☐ Continuous operation using ☐ Jacket ☑ Coil
Stirrer speed .....400..... rpm

Time	Hot water				Cold water				Note
(min)	Flow rate (l/m)	TH_1 (°C)	TH_2 (°C)	Q_h (W)	Flow rate (l/m)	TC_1 (°C)	TC_5 (°C)	Q_c (W)	
-	2.4	73	72	-	-	-	42 (Air temp)		Empty tank
0	2.4	73	63	1674.80	-	-	36	0.00	
1	2.4	71	63	1339.84	-	-	42	1059.31	
2	2.4	70	65	837.40	-	-	47	882.76	
3	2.4	70	66	669.92	-	-	50	529.66	
4	2.4	70	67	502.44	-	-	53	529.66	
5	2.4	71	67	669.92	-	-	55	353.10	
6	2.4	71	68	502.44	-	-	56	176.55	
7	2.4	71	69	334.96	-	-	57	176.55	
8	2.4	72	69	502.44	-	-	58	176.55	
9	2.4	72	70	334.96	-	-	59	176.55	
10	2.4	72	70	334.96	-	-	60	176.55	
11		71.18	Q_{hAv} =	700.37	-	-	Q_{cAv} =	423.72	
12							Q_c =	423.72	
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									

6. ตัวอย่างการคำนวณ

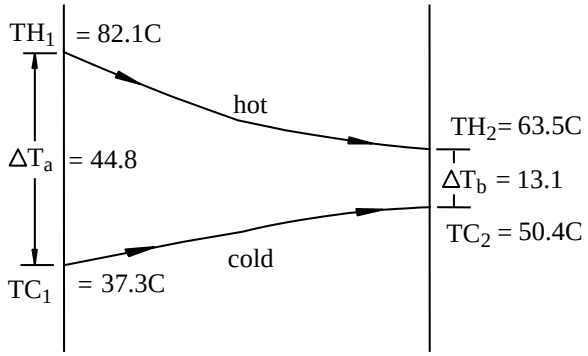
ในหัวข้อนี้จะทำการแสดงตัวอย่างการคำนวณค่าต่างๆ ดังนี้

- อัตราการถ่ายเทความร้อน (Heat transfer rate)
- สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall heat transfer coefficient)
- ประสิทธิผลของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Effectiveness of heat exchanger)

6.1 *อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อซ้อนร่วมศูนย์กลาง*

จากการทดสอบ 4.2.1 ตามตาราง 5.1

Hot water flow rate = 2.00 lpm
Parallel flow cold water = 3.00 lpm
Inlet hot water temp. = 82.1 ℃
Outlet hot water temp. = 63.5 ℃
Inlet cold water temp. = 37.3 ℃
Outlet cold water temp. = 50.4 C



6.1.1 การคำนวนอัตตราการถ่ายเทความร้อน

From the rate of change of hot water internal energy.

$$q_h = \dot{m}c_p\Delta T = \rho Q c_p \Delta T \qquad \text{.....(A)}$$

c_p from the table of Thermo physical properties of water at average temperature T_{av}

$$T_{av} = \left(\frac{T_1 + T_2}{2}\right) = \frac{82.1 + 63.5}{2} = 72.8°C$$

From the table, properties of hot water at 72.8°C: ρ = 975.90 kg/m^3, c_p = 4.189 kJ/kgK

From equation (A) we have

$$q_h = 975.904\frac{kg}{m^3} \times \left(2\frac{l}{min} \times \frac{1\,min}{60\,s} \times \frac{1\,m^3}{1{,}000\ l}\right) \times 4{,}189\frac{J}{kg \cdot K} \times (82.1 - 63.5)K$$
$$= 2{,}534.60\ W = 2.53\ kW$$

From the rate of change of cold water internal energy

$$q_c = \dot{m}c_p\Delta T = \rho Q c_p \Delta T \qquad \text{..... (B)}$$

Average temperature of cold water

$$TC_{av} = \frac{TC_1 + TC_2}{2} = \frac{37.3 + 50.4}{2} = 43.9°C$$

From table, properties of cold water at 43.9 □C $\rho = 990.445\frac{kg}{m^3}$, $c_p = 4.17617\frac{kJ}{kg.K}$

From equation (B) we get

$$q_c = 990.445\frac{kg}{m^3} \times \left(3\frac{l}{min} \times \frac{1\,m^3}{1{,}000\ l} \times \frac{1}{60\,s}\right) \times 4{,}176.17\frac{J}{kg \cdot K} \times (273 + 50.4) - (273 + 37.3)K$$
$$= 2{,}709.25\ W = 2.71\ kW$$

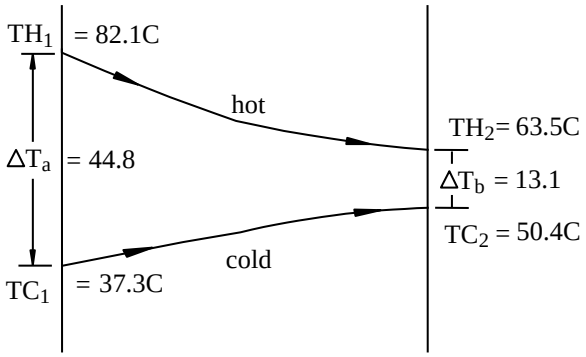
6.1.2 ***การคำนวนสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม*** *"U"*

Overall heat transfer coefficient can be calculated from

$$q = UA \cdot \Delta\overline{T} \qquad \text{.....(C)}$$

Log mean temperature difference (LMTD) between hot and cold water (for parallel flow)

$$\Delta\overline{T} = \frac{\Delta T_a - \Delta T_b}{\ln(\Delta T_a/\Delta T_b)}$$
$$= \frac{44.8 - 13.1}{\ln(44.8/13.1)}$$
$$= 25.78\text{K}$$



Overall heat transfer coefficient (U_o), based on outside surface of heat transfer area is calculated as follows:

From equation (C)

$$q_h = U_o A_o \cdot \Delta\overline{T}$$
$$= U_o \times \pi\, d_o L \cdot \Delta T$$
$$2{,}534.60\,\text{W} = U_o \times \pi \times \frac{12.6}{1{,}000}\text{m.} \times \frac{160}{100}\text{m} \times 25.78\text{K}$$
$$U_o = 1{,}552.34 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Overall heat transfer coefficient (U_i), based on inside surface of heat transfer area is calculated as follows:

From equation (C)

$$q_h = U_i A_i \cdot \Delta\overline{T}$$
$$= U_i \times \pi\, d_i L \cdot \Delta T$$
$$2{,}534.60\,\text{W} = U_i \times \pi \times \frac{10.6}{1{,}000}\text{m.} \times \frac{160}{100}\text{m} \times 25.78\text{K}$$
$$U_i = 1{,}845.23 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Overall heat transfer coefficient (U_m) based on mean surface area is calculated as follows:

$$q_h = U_m A_m \cdot \Delta\overline{T}$$
$$2{,}534.60\,\text{W} = U_m \times \pi \times \frac{(12.6 + (10.60/2))}{1{,}000}\text{m} \times \frac{160}{100}\text{m} \times 25.78\text{K}$$

$$U_m = 1{,}686 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

6.1.3 **การคำนวนประสิทธิผลของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน, $\in$**

Effectiveness $\in$ of heat exchanger can be calculated from

$$\in = \frac{q_{actual}}{q_{max}} = \frac{q_{actual}}{(\dot{m}c_p)_{min}(TH_1 - TC_1)} \quad \text{..... (D)}$$

Find: $(\dot{m}c_p)_{min}$ by comparing $(\dot{m}c_p)_h$ to $(\dot{m}c_p)_c$

For hot water

$$\begin{aligned}(\dot{m}c_p)_h &= \rho Q c_p \\ &= 975.904 \frac{kg}{m^3} \times \left(\frac{2\,l}{min} \times \frac{1\,min}{60\,s} \times \frac{1\,m^3}{1{,}000\,l} \right) \times 4{,}189 \frac{J}{kg \cdot K} \\ &= 136.27 \frac{W}{K}\end{aligned}$$

For cold water

$$\begin{aligned}(\dot{m}c_p)_h &= \rho Q c_p \\ &= 990.445 \frac{kg}{m^3} \times \left(\frac{3\,l}{min} \times \frac{1\,min}{60\,s} \times \frac{1\,m^3}{1{,}000\,l} \right) \times 4{,}176.17 \frac{J}{kg \cdot K} \\ &= 206.81 \frac{W}{K}\end{aligned}$$

$$\text{Then } (\dot{m}c_p)_{min} = 136.27 \frac{W}{K}$$

The effectiveness of heat exchanger from equation (D) is

$$\begin{aligned}\in = \frac{q_{actual}}{q_{max}} &= \frac{q_h}{(\dot{m}c_p)_{min}(TH_1 - TC_1)} \\ &= \frac{2{,}534.60\ W}{136.27 \frac{W}{K}(82.1 - 37.3)K} \\ &= 0.415\end{aligned}$$

Summary table

Test no	Hot water heat transfer rate q_h (W)	Cold water heat transfer rate q_c (W)	Overall heat transfer coefficient U_o (W/m^2K)	Overall heat transfer coefficient U_i (W/m^2K)	Effectiveness $\in$	Notes
1	2534.60	2709.25	1,552.34	1,845.23	0.415	Parallel flow
2						
3						

6.2 *อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบหลายท่อมีเปลือกหุ้ม (ไหลตามกัน)*

จากผลการทดลอง 4.2.2 ตามตาราง 5.2

Hot water flow rate = 2 lpm

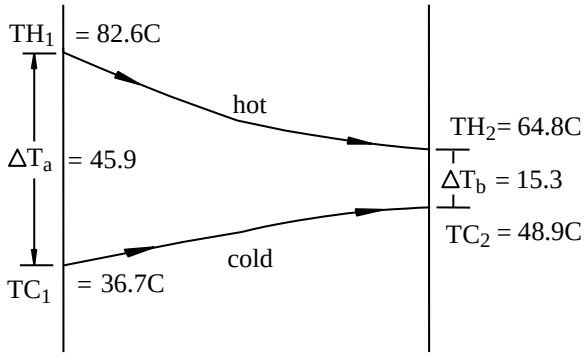
Cold water flow rate = 3 lpm

Hot water, Inlet temp. = 82.6 °C

Hot water, Outlet temp. = 64.8 °C

Cold water, Inlet temp. = 36.7 °C

Cold water, Outlet temp. = 48.9 °C



6.2.1 *การคำนวนอัตตราการถ่ายเทความร้อน*

The heat transfer rate from rate of change of internal energy of hot water is.

$$q_h = \dot{m}\, c_p \cdot \Delta T = \rho\, Q\, c_p \cdot \Delta T$$ ..... (E)

The average temperature of hot water is

$$TH_{av} = \frac{TH_1 + TH_2}{2} = \frac{82.6 + 64.8}{2} = 73.7°C$$

The properties of hot water at av. temp (from the table) is

$$\rho = 375.39\,kg/m^3,\ c_p = 4{,}189\ J/kg \cdot K$$

From (E), the rate of heat transfer is

$$q_h = 975.39\frac{kg}{m^3} \times \left(2\frac{l}{min} \times \frac{1\,min}{60\,s} \times \frac{1\,m^3}{1{,}000\,l}\right) \times 4{,}189.22\frac{J}{kg \cdot K} \times (82.6 - 64.8)K$$

$$= 2{,}424.43\,W$$

The heat transfer rate from rate of change of internal energy of cold water is

$$q_c = \dot{m}\, c_p \cdot \Delta T = \rho\ Q\, c_p \cdot \Delta T$$ ..... (F)

The average temperature of cold water is

$$TC_{av} = \frac{TC_1 + TC_2}{2} = \frac{36.7 + 48.9}{2} = 42.8°C$$

The properties of cold water at average temperature 42.8°C (from the table) is

$$\rho = 990.94\frac{kg}{m^3}, c_p = 4{,}175.84\ J/kg \cdot K$$

From (F), the rate of heat transfer is

$$q_c = 990.94\frac{kg}{m^3} \times \left(3\frac{l}{min} \times \frac{1\ min}{60\ s} \times \frac{1\,m^3}{1{,}000\ l}\right) \times 4{,}175.84\frac{J}{kg \cdot K} \times (48.9 - 36.7)K$$

$$= 2{,}524.18\ W$$

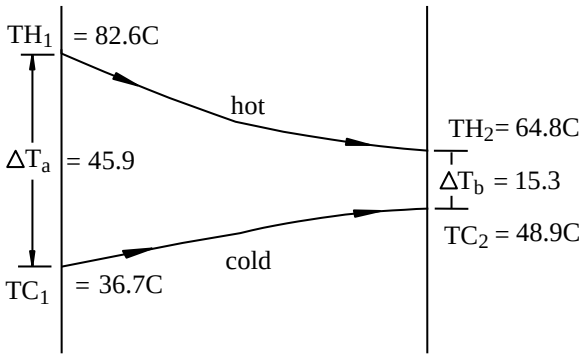
6.2.2 *การคำนวนสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม "U"*

The overall heat transfer coefficient can be calculated from

$$q = UA \cdot \Delta\overline{T} \qquad \text{..... (G)}$$

6.2.3 การคำนวน log mean temperature difference (LMTD) **ระหว่างน้ำร้อนและเย็น (สำหรับการไหลแบบขนาน)**

$$\Delta\overline{T} = \frac{\Delta T_a - \Delta T_b}{\ln(\Delta T_a / \Delta T_b)}$$
$$= \frac{45.9 - 15.3}{\ln(45.9/15.3)}$$
$$= 27.85\text{K}$$



Calculations of overall heat transfer coefficient based on outside surface of heat transfer area: from equation (G)

$$q_h = U_o A_o \cdot \Delta\overline{T}$$
$$= U_o \times \pi\, d_o L\, n \cdot \Delta\overline{T}$$
$$2{,}424.43\,\text{W} = U_o \times \pi \times \frac{6.3}{1{,}000}\text{m.} \times \frac{540}{1{,}000}\text{m} \times 7 \times 27.85\text{K}$$
$$U_o = 1163.60 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Overall heat transfer coefficient based on inside surface of heat transfer area: from equation (G)

$$q_h = U_i A_i \cdot \Delta\overline{T}$$
$$= U_i \times \pi\, d_i L\, n \cdot \Delta\overline{T}$$
$$2{,}424.43\,\text{W} = U_i \times \pi \times \frac{5}{1{,}000}\text{m.} \times \frac{540}{1{,}000}\text{m} \times 7 \times 27.85\text{K}$$
$$U_i = 923.49 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Overall heat transfer coefficient based on mean surface area:

$$q_h = U_m A_m \cdot \Delta\overline{T}$$
$$= U_m \times \pi d_m L\, n \cdot \Delta\overline{T}$$
$$2{,}424.43\,\text{W} = U_m \times \pi \times \frac{(6.3+5)/2}{1{,}000}\text{m.} \times \frac{540}{1{,}000}\text{m} \times 7 \times 27.85\text{K}$$
$$U_m = 1{,}043.54 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

6.2.4 การคำนวนประสิทธิผลของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน, $\in$

Effectiveness of a heat exchanger can be calculated from

$$\in = \frac{q_{actual}}{q_{max}} = \frac{q_{actual}}{(\dot{m}c_p)_{min}(TH_1 - TC_1)}$$

Fine: $(\dot{m}c_p)_{min}$ by comparing $(\dot{m}c_p)_h$ to $(\dot{m}c_p)_c$

สำหรับน้ำร้อน

$$(\dot{m}c_p)_h = 975.39\frac{kg}{m^3} \times \left(2\frac{l}{min} \times \frac{1\,min}{60\,s} \times \frac{1\,m^3}{1{,}000\,l}\right) \times 4{,}189.22\frac{J}{kg \cdot K}$$

$$= 136.2\frac{W}{K}$$

สำหรับน้ำเย็น

$$(\dot{m}c_p)_c = 990.94\frac{kg}{m^3} \times \left(3\frac{l}{min} \times \frac{1\,min}{60\,s} \times \frac{1\,m^3}{1{,}000\,l}\right) \times 4{,}175.84\frac{J}{kg \cdot K}$$

$$= 206.9\frac{W}{K}$$

$$\text{Then } (\dot{m}c_p)_{min} = 136.2\frac{W}{K}$$

The effectiveness of a heat exchanger is

$$\in = \frac{q_{actual}}{q_{max}} = \frac{q_h}{(\dot{m}c_p)_{min}(TH_1 - TC_1)}$$

$$= \frac{2{,}424.43\ W}{136.2\frac{W}{K}(82.6 - 37.7)\ K}$$

$$= 0.388$$

Summary table

Test no.	Hot water heat transfer rate q_h (W)	Cold water heat transfer rate q_c (W)	Overall heat transfer coefficient U_o (W/m^2K)	Overall heat transfer coefficient U_i (W/m^2K)	Effectiveness $\in$	Notes
1	2,424.43	2,524.18	1,163.60	923.49	0.388	Parallel flow
2						
3						
4						

5						

6.3 ***อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น***

จากผลการทดสอบ 4.2.3 ตามตาราง 5.3

Hot water flow rate = 2 lpm

Cold water flow rate = 3 lpm

Hot water, Inlet temp. = 84.6 °C

Hot water, Outlet temp. = 64.2 °C

Cold water, Inlet temp. = 39.4 °C

Cold water, Outlet temp. = 55.2 °C

6.3.1 ***การคำนวนอัตตราการถ่ายเทความร้อน***

The heat transfer rate from rate of change of internal energy of hot water is

$$q_h = \dot{m}\, c_p \cdot \Delta T = \rho\, Q\, c_p \cdot \Delta T \qquad \text{..... (H)}$$

The average temperature of hot water is

$$TH_{av} = \frac{TH_1 + TH_2}{2} = \frac{84.6 + 64.2}{2} = 74.4^{\circ}\,C$$

The properties of hot water at av. temp (from the table)

$$\rho = 974.992 \frac{kg}{m^3},\ c_p = 4{,}188.64\ J/kg \cdot K$$

From (H), the rate of heat transfer is

$$q_h = 974.992 \frac{kg}{m^3} \times \left(2 \frac{l}{min} \times \frac{1\,min}{60\,s} \times \frac{1\,m^3}{1{,}000\,l} \right) \times 4{,}188.64 \frac{J}{kg \cdot K} \times (84.6 - 64.2)K$$

$$= 2{,}776.62\,W$$

The heat transfer rate from the rate of change of internal energy of cold water is

$$q_c = \dot{m}\, c_p \cdot \Delta T = \rho\, Q\, c_p \cdot \Delta T \qquad \text{..... (I)}$$

The average temperature of cold water is

$$TC_{av} = \frac{TC_1 + TC_2}{2} = \frac{39.4 + 55.2}{2} = 47.3\,K$$

The properties of cold water at an av. temp (from the table)

$$\rho = 988.915 \frac{kg}{m^3},\quad c_p = 4{,}177.19\ J/kg \cdot K$$

From (I) , rate of heat transfer is

$$q_c = 988.915\frac{kg}{m^3}\times\left(3\frac{l}{min}\times\frac{1\,min}{60\,s}\times\frac{1\,m^3}{1{,}000\,l}\right)\times 4{,}177.19\frac{J}{kg\cdot K}\times(55.2-39.4)K$$

$$= 3{,}263.40\,W$$

$\therefore$ q_{av} = (2776.62+3263.40)/2 = 3020.01 W

6.3.2 ***การคำนวนสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม*** *"U"*

The overall heat transfer coefficient U can be calculated from

$$q_h = U\times A\times\Delta\overline{T}\times F \qquad \text{..... (J)}$$

Where: q_h = rate of change of internal energy of hot water, W

U = overall heat transfer coefficient, $W/m^2\cdot K$

$\Delta\overline{T}$ A = heat transfer area, 600 cm^2 = LMTD from counter flow arrangement, K

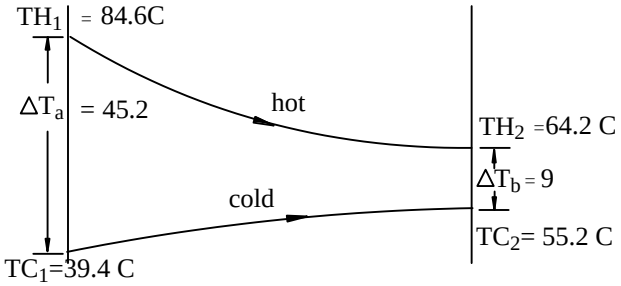
F = correction factor of $\Delta\overline{T}$ for plate type heat exchanger = 0.93 for Plate type heat exchanger

6.3.3 ***การคำนวน*** *log mean temperature difference (LMTD)* ***ระหว่างน้ำร้อนและเย็น (สำหรับการไหลแบบขนาน)***

$$\Delta\overline{T} = \frac{\Delta T_a-\Delta T_b}{\ln(\Delta T_a/\Delta T_b)}$$

$$= \frac{45.2-9}{\ln(45.2/9)}$$

$$= 22.43\,K$$



From (J) we have

$$2{,}776.62\,W = U\times\left(600cm^2\times\frac{1\,m^2}{10000\,cm^2}\right)\times 22.43\,K\times 0.93$$

$$\therefore\quad U = 2{,}218.47\frac{W}{m^2\cdot K}$$

6.3.4 ***การคำนวนประสิทธิผลของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน,*** $\in$

The effectiveness of a heat exchanger can be calculated from

$$\in = \frac{q_{actual}}{q_{max}} = \frac{q_{actual}}{(\dot{m}c_p)_{min}(TH_1-TC_1)}$$

Find $(\dot{m}c_p)_{min}$ by comparing $(\dot{m}c_p)_h$ to $(\dot{m}c_p)_c$

สำหรับน้ำร้อน:

$$\left(\dot{m}c_p\right)_h = 974.992\frac{kg}{m^3}\times\left(2\frac{l}{min}\times\frac{1\,min}{60\,s}\times\frac{1\,m^3}{1{,}000\,l}\right)\times 4{,}188.64\frac{J}{kg\cdot K}$$

สำหรับน้ำเย็น:

$$\left(\dot{m}c_p\right)_c = 988.915\frac{kg}{m^3}\times\left(3\frac{l}{min}\times\frac{1\,min}{60\,s}\times\frac{1\,m^3}{1{,}000\,l}\right)\times 4{,}177.19\frac{J}{kg\cdot K}$$

$$= 206.54\frac{W}{K}$$

Then $(\dot{m}c_p)_{min} = 136.13\frac{W}{K}$

The effectiveness of a heat exchanger is

$$\in = \frac{q_{actual}}{q_{max}} = \frac{q_h}{(\dot{m}c_p)_{min}(TH_1 - TC_1)}$$

$$= \frac{2{,}776.62\ W}{136.13\frac{W}{K}(84.6-39.4)K} = 0.45$$

Summary table

Test No.	Rate of the average heat transfer of water q (W)	Overall heat transfer coefficient U (W/m^2K)	Effectiveness of heat exchanger $\in$	Notes
1	3020.01	2218.47	0.45	Parallel flow

6.4 **ถังเปลือกหุ้มพร้อมคอล์ยและตัวกวนของเหลว (อุปกรณ์เผื่อเลือก)**

จากตัวอย่างผลการทดลอง 4.2.4 ตามตาราง 5.4, the heat transfer from hot water can be calculated from:

$$Q_h = \overset{\circ}{m} c_p \left(TH_1 - TH_2\right)$$

By using the sample data at time 10th minute:

$$Q_h = \frac{\left(2.4\ \text{kg/min}\right)}{60\ \text{s/min}} \left(4187\ \text{J/kg K}\right)\left(72-70\right)\text{K}$$

$$= 334.96 \quad \text{W}$$

The average heat transfer from heater is then:

$$Q_{hav} = \frac{\sum_{n=0}^{10} Q_{hn}}{n} = \frac{\left(1674.80+\ldots+334.96\right)}{11}$$

$$= 700.37 \quad \text{W}$$

The heat absorbed by water in the vessel can be calculated from

$$Q_c = m\ c_p \left(\frac{TC_{3n} - TC_{3n-1}}{t_n - t_{n-1}}\right)$$

By using the sample data at time 9th and 10th minute:

$$Q_c = \left(2.53\ \text{kg}\right)\left(4187\ \text{J/kg K}\right)\frac{\left(60-59\right)\text{K}}{\left(10-9\right)\text{min}\times 60\ \text{s/min}}$$

$$= 176.55 \quad \text{W}$$

The average heat absorbed is then:

$$Q_{cAv} = \frac{\sum_{n=0}^{10} Q_{cn}}{n} = \frac{\left(1059.31+\ldots+176.55\right)}{10}$$

$$= 423.72 \quad \text{W}$$

This is the same as total heat absorbed:

$$Q_c = \left(2.53\ \text{kg}\right)\left(4187\ \text{J/kg K}\right)\frac{\left(60-36\right)\text{K}}{\left(10-0\right)\text{min}\times 60\ \text{s/min}}$$

$$= 423.72 \quad \text{W}$$

From equation (7), the effectiveness is:

$$\in = \frac{\left(TH_1 - TC_{5t}\right)}{\left(TH_1 - TC_{5o}\right)} = \frac{72-60}{72-36} = 0.3333$$

From sample data sheet, the first table for continuous operation, by using the sample data at the 7th minute:

$$Q_h = \overset{\circ}{m} c_p \left(TH_1 - TH_2\right) = \frac{\left(2.4\ \text{kg/min}\right)}{60\ \text{s/min}} \left(4187\ \text{J/kg K}\right)\left(69-62\right)\text{K}$$

$$= \quad 1172.36 \quad W$$

$$Q_c \quad = \quad \dot{m} c_p \left(TC_2 - TC_1\right) \quad = \frac{\left(2.5 \text{ kg/min}\right)}{60 \text{ s/min}} \left(4187 \text{ J/kg K}\right)\left(36-31\right)\text{K}$$

$$= \quad 872.29 \quad W$$

จากสมการ (5), the effectiveness is:

$$\in \quad = \quad \frac{\dot{m}_c c_{p,c}\left(TC_2 - TC_1\right)}{\left(\dot{m} c_p\right)_{min}\left(TH_1 - TC_2\right)}$$

$$= \quad \frac{\left(2.4 \text{ kg/s}\right)\left(4187 \text{ J/kg K}\right)\left(36-31\right)\text{K}}{\left(2.4 \text{ kg/s}\right)\left(4187 \text{ J/kg K}\right)\left(69-31\right)\text{K}}$$

$$= \quad 0.1371$$

เอกสารแนบ 1

SPECIFIC HEATS OF SOME COMMON LIQUIDS AND SOLIDS

c_p, kJ/ (kg.°C)

Specific heats of some common liquids and solids
c_p, kJ/(kg.°C)

A. Liquids

Substance	State	c_p	Substance	State	c_p
Water	1 atm, 273 K	4.217	Benzene	1 atm, 15°C	1.80
	1 atm, 280 K	4.198		1 atm, 65°C	1.92
	1 atm, 300 K	4.179	Glycerin	1 atm, 10°C	2.32
	1 atm, 320 K	4.180		1 atm, 50°C	2.58
	1 atm, 340 K	4.188	Mercury	1 atm, 10°C	0.138
	1 atm, 360 K	4.203		1 atm, 315°C	0.134
	1 atm, 373 K	4.218	Sodium	1 atm, 95°C	1.38
Ammonia	Sat., -20°C	4.52		1 atm, 540°C	1.26
	Sat., 50°C	5.10	Propane	1 atm, 0°C	2.41
Refrigerant-12	Sat., -40°C	0.883	Bismuth	1 atm, 425°C	0.144
	Sat., -20°C	0.908		1 atm, 760°C	0.164
	Sat., 50°C	1.02	Ethyle alcohol	1 atm, 25°C	2.43

B. Solids

Substance	Temp.	c_p	Substance	Temp.	c_p
Ice	200 K	1.56	Silver	20°C	0.233
	220 K	1.71		200°C	0.243
	240 K	1.86	Lead	-173°C	0.118
	260 K	2.01		- 50°C	0.126
	270 K	2.08		27°C	0.129
	273 K	2.11		100°C	0.131
Aluminium	200 K	0.797		200°C	0.136
	250 K	0.859	Copper	-173°C	0.254
	300 K	0.902		-100°C	0.342
	350 K	0.929		-50°C	0.367
	400 K	0.949		0°C	0.381
	450 K	0.973		27°C	0.386
	500 K	0.997		100°C	0.393
Iron	293	0.448		200°C	0.403

Material	Relative density	Specific heat capacity kJ/kg °C
Aluminium	2.55 - 2.80	0.92
Andalusite		0.71
Antimony		0.20
Apatite		0.83
Asbestos	2.10 - 2.80	0.83
Augite		0.79
Bakelite, wood filler	1.38	
Bakelite, asbestos filler		1.59
Barite	4.50	0.46
Barium	3.50	2.93
Basalt rock	2.70 - 3.20	0.83
Beryl		0.83
Bismuth	9.80	0.12
Borax	1.70 - 1.80	1.00
Boron	2.32	1.29
Cadmium	8.65	0.25
Calcite 0 - 37°C		0.79
Calcite 0 - 100°C		0.83
Calcium	4.58	0.62
Carbon	1.80 - 2.100	0.71
Carborundum		0.66
Cassiterite		0.37
Cement, dry		1.54
Cement, powder		0.83
Charcoal		1.00
Chalcopyrite		0.54
Chromium	7.10	0.50
Clay	1.80 - 2.60	0.92
Coal	0.64 - 0.93	1.08 - 1.54
Cobalt	8.90	0.46
Concrete, stone		0.79
Concrete, cinder		0.75
Copper	8.80 - 8.95	0.37

Material	Relative density	Specific heat capacity kJ/kg °C
Corundum		0.41
Diamond	3.51	0.62
Dolomite rock	2.90	0.92
Fluorite		0.92
Fluorspar		0.87
Galena		0.20
Proxylin plastics	1.42 - 1.59	
Quartz, 12.8 - 100°C	2.50 - 2.80	0.79
Quartz, 0°C		0.71
Rock salt		0.92
Rubber		2.00
Sandstone	2.00 - 2.60	0.92
Serpentine	2.70 - 2.80	1.08
Silk		1.38
Silver	10.40 - 10.60	0.25
Sodium	0.97	1.25
Steel	7.80	0.50
Stone		0.83
Stoneware		0.79
Talc	2.60 - 2.80	0.87
Tar	1.20	1.46
Tellurium	6.00 - 6.24	0.20
Tin	7.20 - 7.50	0.20
Tile, hollow		0.62
Titanium	4.50	0.58
Topaz		0.87
Tungsten	19.22	0.16
Vanadium	5.96	0.50
Vulcanite		1.38
Wood	0.35 - 0.99	1.33 - 2.00
Wool	1.32	1.38
Zinc blend	3.90 - 4.20	0.46
Zinc	6.90 - 7.20	0.37

Liquid	Relative density	Specific heat capacitiy kJ/kg °C
Acetone	0.7900	2.13
Alcohol, ethyl, 0°C	0.7890	2.30
Alcohol, ethyl, 40°C	0.7890	2.72
Alcohol, methyl, 4 - 10°C	0.7960	2.46
Alcohol, methyl, 15 - 21°C	0.7960	2.51
Ammonia 0°C	0.6200	4.60
Ammonia 40°C		4.85
Ammonia 80°C		5.39
Ammonia 100°C		6.19
Ammonia 114°C		6.73
Anilin	1.0200	2.17
Benzol		1.75
Calcium chloride	1.2000	3.05
Castor oil		1.79
Citron oil		1.84
Diphenylamine	1.1600	1.92
Ethyl ether		2.21
Ethylene glycol		2.21
Fuel oil	0.9600	1.67
Fuel oil	0.9100	1.84
Fuel oil	0.8600	1.88
Fuel oil	0.8100	2.09
Gasoline		2.21
Glycerine	1.2600	2.42
Kerosene		2.00
Mercury	19.6000	1.38
Naphthalene	1.1400	1.71
Nitrobenzole		1.50
Olive oil	0.91 - 0.9400	1.96
Petroleum		2.13
Potassium hydrate	1.2400	3.68
Sea water	1.0235	3.93
Sesame oil		1.63
Sodium chloride	1.1900	3.30
Sodium hydrate	1.2700	3.93
Soybean oil		1.96
Toluol	0.8660	1.50
Turpentine	0.8700	1.71
Water	1.0000	4.18
Xylene	0.861 - 0.8810	1.71

Gas or vapour	Specific heat capacity kJ/kg °C (constant pressure)
Acetone	1.31
Air, dry, 0°C	1.00
Air, dry, 100°C	1.01
Air, dry, 200°C	1.03
Air, dry, 300°C	1.05
Air, dry, 400°C	1.07
Air, dry, 500°C	1.09
Alcohol, C2 H5 OH	1.66
Alcohol, CH3 OH	1.53
Ammonia	1.76
Argon	0.30
Benzene, C6 H6	0.98
Bromine	0.19
Carbon dioxide	0.62
Carbon monoxide	0.71
Carbon disulphide	0.55
Chlorine	3.43
Chloroform	0.54
Ether	1.95
Hydrochloric acid	0.56
Hydrogen	10.00
Hydrogen sulphide	0.79
Methane	1.86
Nitrogen	0.71
Nitric oxide	0.69
Nitrogen tetroxide	4.59
Nitrous oxide	0.69
Oxygen	0.65
Steam, 0.5 bar a saturated	1.99
Steam, 2 bar a saturated	2.13
Steam, 10 bar a saturated	2.56
Steam, 0.5 bar a 150°C	1.95
Steam, 2 bar a 200°C	2.01
Steam, 10 bar a 250°C	2.21
Sulphur dioxide	0.49

เอกสารแนบ 2
ข้อมูลทางเทคนิคของพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน และอุปกรณ์ทำความร้อน

ข้อมูลพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน

1. แบบท่อซ้อนศูนย์กลางร่วม

Stainless tube OD = 12.7mm, ID = 10.7mm

Heat transfer area = $\pi \times \left(\frac{D+d}{2}\right) \times$ tube length of heat transfer section $\times$ number of tubes

Heat transfer area = $\pi \times \left(\frac{1.27\,\text{cm} + 1.07\,\text{cm}}{2}\right) \times 85\,\text{cm} \times 2$ tubes

Heat transfer area = 624.86 cm^2

2. แบบท่อกับเปลือกหุ้ม

Stainless tube OD = 6.35mm, ID = 5.35mm

Heat transfer area = $\pi \times (\frac{0.635\,\text{cm} + 0.535\,\text{cm})}{2} \times 54\,\text{cm} \times 7$ tubes

Heat transfer area = 694.7 cm^2

3. แบบแผ่น

Heat transfer area = 720.0 cm^2
(See Plate Heat Exchanger Technical data)

4. แบบถังมีเปลือกหุ้มพร้อม coil และใบกวน

4.1. พื้นที่ถ่ายเทความร้อนของเปลือกหุ้ม

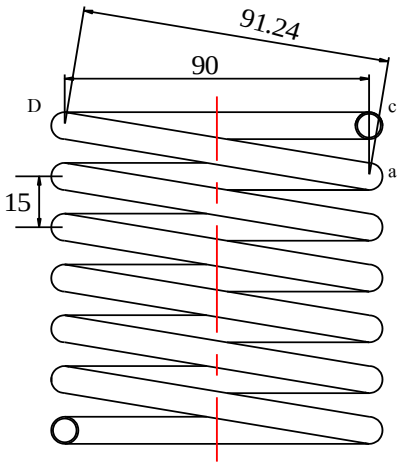
Stainless steel cylinder OD = 150 mm, ID = 147 mm, h = 180 mm

Heat transfer area = $\pi \times \left(\frac{D+d}{2}\right) \times h$

Heat transfer area = $\pi \times \left(\frac{15.0 + 14.7}{2}\right) \times 18.0\text{cm}^2$

= 839.7 cm^2

4.2. พื้นที่ถ่ายเทความร้อนของCoil



Stainless tube OD = 9.5 mm, ID = 8 mm, Pitch = 15 mm
Total length can be calculated from below:
For 1 coil;
Dc = 90 mm, H = 15 mm

Then Da = $\sqrt{H^2 + Dc^2}$

= $\sqrt{15^2 + 90^2}$

= 91.24 mm

Circumference of circle L = πDa = 286.64 mm
Consider all 6 coils, L_{total} = 6 x L = 1719.86 mm

From heat transfer area = $\pi \times \left(\frac{D+d}{2}\right) \times L$

= $\pi \times \left(\frac{0.95 + 0.8}{2}\right) \times 172\,\text{cm}^2$

= 473

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 15 การหาจุดวาปไฟและจุดติดไฟของน้ำมัน
FLASH POINT AND FIRE POINT TEST



1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อสามารถหาจุดวาบไฟของน้ำมันแต่ละชนิด

1.2 เพื่อสามารถหาจุดติดไฟของน้ำมันแต่ละชนิด

1.3 เพื่อศึกษาถึงวิธีการใช้เครื่องมือทดลองหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟของน้ำมัน

2. ทฤษฎี

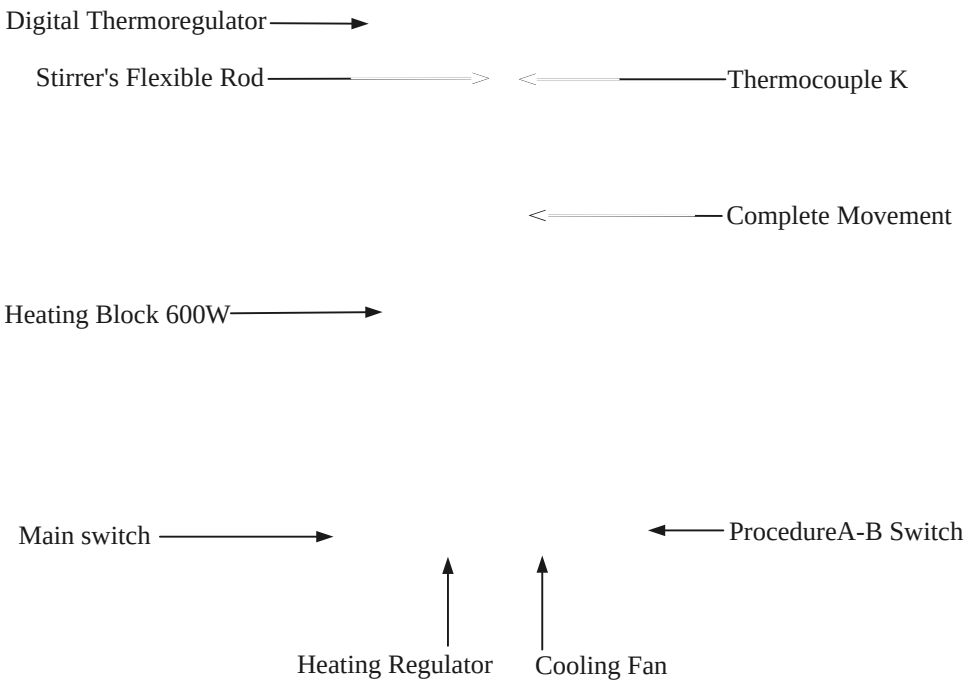
จุดวาบไฟ คือ จุดที่อุณหภูมิต่ำสุดที่จะเกิดไอน้ำมันขึ้น มีจำนวนชั่วขณะซึ่งไอน้ำมันนี้จะลุกวาบไฟขึ้นได้ เมื่อถูกประกายไฟหรือเปลวไฟ ลักษณะการลุกไหม้จะเป็นเปลวไฟที่ลุกขึ้นวูบหนึ่งแล้วก็ดับไป

จุดติดไฟ คือ จุดที่อุณหภูมิต่ำสุดของน้ำที่เกิดไอน้ำมันขึ้น และทำให้มีเปลวไฟลุกขึ้นอย่างต่อเนื่องอย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 5 วินาที โดยทั่วไปจุดติดไฟจะสูงกว่าจุดวาบไฟประมาณ 5 – 35 °C ข้อมูลดังกล่าวแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงจุดวาบไฟของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมบางชนิด

ชนิดผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม	จุดวาบไฟ (°C)	จุดติดไฟ (°C)
น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว	ประมาณ 75	ประมาณ 85
น้ำมันหล่อลื่นทั่วไป	80 – 230	120 – 260
น้ำมันหล่อลื่นลูกสูบ	260 - 370	280 - 390

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ



3.1 แท่นเครื่องสำหรับให้ความร้อนกับตัวอย่าง สามารถปรับกำลังในการให้ความร้อนได้

3.2 ถ้วยทดสอบทำด้วยทองเหลือง ซึ่งมีขนาดมาตรฐานตาม ASTM กำหนด

3.3 ฝาครอบถ้วยทดสอบเป็น ชุดกลไกเปิดปิดช่องนำเปลวไฟ (Shutter) โดยมีท่อจุดเปลวไฟ พร้อมใบพัดกวนตัวอย่าง ยึดติดอยู่เป็นชิ้นเดียวกันบนฝานี้ ชุดกลไกนี้จะบังคับให้ท่อจุดเปลวไฟ ยื่นลงไปในช่องนำเปลวไฟ ซึ่งจะเปิดออกในจังหวะเดียวกันเมื่อหมุนลูกบิด

3.4 มอเตอร์กวน พร้อมเพลาแบบอ่อน (Stirrer's Flexible Rod)

3.5 เทอร์โมมิเตอร์ ตามช่วงอุณหภูมิที่ทดสอบ เช่น เบอร์ ASTM 9C, 10C หรือ 9F, 10F

3.6 ถังแก๊ส พร้อมเกจวัดความดัน

4. วิธีการทดลอง

4.1 เทตัวอย่างทดสอบลงในถ้วยทดสอบให้เต็มจนถึงขีดกำหนด

4.2 วางถ้วยทดสอบ ลงบนฐานรองรับ โดยดูให้บ่าของถ้วยให้ตรงกับหมุดที่เครื่องให้ความร้อน

4.3 ใส่ฝาครอบถ้วยลงบนถ้วยทดสอบโดยให้พัดกวนให้จุ่มลงกลางถ้วยทดสอบพอดี

4.4 ใส่เทอร์โมมิเตอร์ ในช่องข้างแกนใบพัดอย่างระมัดระวังไม่ให้สัมผัส ส่วนใดส่วนหนึ่งของใบพัดกวน และเทอร์โมมิเตอร์ต้องเหมาะสมกับอุณหภูมิทดสอบของแต่ละตัวอย่าง

4.5 ต่อท่อแก๊สเข้ากับระบบจุดเปลวไฟ และปรับความดันให้ได้ 0.05 บาร์

4.6 จุดไฟที่ปลายท่อจุดเปลวไฟ และปรับลูกไฟให้มีขนาดประมาณ 4 มม.

4.7 ปรับอุณหภูมิให้เพิ่มขึ้น 5° - 6°C (9°- 11°F) ต่อนาที

4.8 เปิดมอเตอร์กวนและเลือกความเร็วสำหรับทดสอบ Procedure A มอเตอร์จะกวนที่ความเร็วในช่วง 90-120 รอบต่อนาที, Procedure B มอเตอร์จะกวนที่ความเร็วในช่วง 250 ± 10 รอบต่อนาที

4.9 กรณีตัวอย่างทดสอบมีจุดวาบไฟ ต่ำกว่า 110◦ C (230◦ F) ให้เริ่มทดสอบเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าจุดวาบไฟช่วง 17◦ - 28◦ C (30◦ - 50◦ F) ทุก ๆ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1◦ C (2◦ F) ปรับท่อจุดเปลวไฟลงโดยบิดชุดกลไกบนฝาให้เปลวไฟจุ่มลงในช่องนำเปลวไฟ ของถ้วยทดสอบใน 0.5 วินาทีและแช่เปลวไฟไว้ 1 วินาที จากนั้นให้รีบปล่อยมือให้เปลวไฟกลับคืนสู่ตำแหน่งเดิมทันทีขณะปรับเปลวไฟลงจะต้องหยุดมอเตอร์ไม่ให้กวนตัวอย่าง

4.10 ถ้าตัวอย่างทดสอบ มีจุดวาบไฟสูงกว่า 110◦ C (230◦ F) ปฏิบัติตามข้อ 9 โดยทดสอบเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุก ๆ 2◦C (5◦ F)

4.11บันทึกผลการทดลองโดยอ่านค่าจากเทอร์โมมิเตอร์

4.12 ถ้าต้องการหาจุดติดไฟให้ความร้อนตัวอย่างต่อไปโดยให้อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 5-6 °C จนกระทั่งตัวอย่างติดไฟและเกิดการลุกไหม้อยู่อย่างน้อย 5 วินาที อุณหภูมิที่จุดนี้คือจุดติดไฟ

<u>หมายเหตุ</u>

1. ถ้าหากต้องการผลการทดลองที่มีประสิทธิภาพ จะต้องระมัดระวังในการเพิ่มอัตราความร้อน ควรรักษาความร้อนตามที่กำหนด

2. หลังจากจบการทดลอง เครื่องจะร้อนไม่สามารถจับได้ ถ้าต้องการให้เครื่องเย็นลงโดยเร็วขึ้น ให้เปิดสวิตช์พัดลม ช่วยระบายความร้อน

ข้อควรระวัง

1. ควรสวมถุงมือและเสื้อแขนยาวในขณะที่เทตัวอย่างทดสอบจากถ้วย เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้วควรระวังในการเทเพื่อหลีกเลี่ยงการหกหรือกระเด็นของตัวอย่างทดสอบ
2. ปกติการทดลองเกี่ยวกับเปลวไฟและการลุกไหม้ ควรมีการระวังการระเบิดตลอดจนอัคคีภัยต่างๆ นักศึกษาควรมีความระมัดระวังในเรื่องนี้อย่างมากและควรเรียนรู้วิธีการป้องกันกรณีที่เกิดอุบัติเหตุฉุกเฉิน
3. ควรทำการทดลองบริเวณที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก และอยู่ใกล้กับอุปกรณ์ดับเพลิง

5. ตารางบันทึกผลการทดลอง

การหาจุดวาปไฟและจุดติดไฟของน้ำมัน

ผู้ทำการทดลอง.....วันที่.....

ชนิดตัวอย่าง.....เลขที่ตัวอย่าง..

ครั้งที่	จุดวาปไฟ ($^{o}C, ^{o}F$)	จุดติดไฟ ($^{o}C, ^{o}F$)	หมายเหตุ

6.ผลการศึกษาและวิจารณ์

ให้ทำการวิเคราะห์วิจารณ์และสรุปผลการทดลองที่ได้ทดสอบ

FUEL DATA SHEETS

ESSO EXTRA UNLEADED

(UGR)

	Specification		Typical
	Min	Max	Inspection
Appearance	-	-	Bright & Clear
Colour, ASTM	Red	Red	Red
Copper Strip Corrosion @ 50 °C 3 hrs.	-	No. 1	la
Distillation:			
10% Evaporated, °C	-	70	52
50% Evaporated, °C	70	110	92
90% Evaporated, °C	-	170	151
End Point, °C	-	200	183
Residue, % vol.	-	2.0	1.3
Existent Gum, mg/10 ml	-	4.0	1.9
Lead Content, g/l	-	0.013	0.001
Octane Number, Research method	87	-	92.3
Oxidation Stability, minutes	360	-	>360
R. V. p., kPa @ 37.8 °C	-	62	59.5
Sulfur Content % wt.	-	0.15	0.04

Note: The typical inspection values shown here are representative of current production.
All may vary within the modest range.

Specific Gravity at C 60 °F ≈ 0.7

Heating Value (Kcal / kg) = 11,320

Remark: Reference data from ESSO Standard (Thailand) Co., Ltd.

ESSO DIESEL 2000

(LSADO) Mar 15, 2000

Rev. 0

	Specification		Typical
	Min	Max	Inspection
Appearance	-	-	Bright & Clear
Colour, ASTM	-	4.0	0.5
Gravity, API @ 15.6 °C	-	-	38.0
Specific gravity @ 15.6 °C/ 15.6 °C	0.81	0.87	0.8348
Cetane Number or Calculated Cetane Index	47	-	55
Flash Point (PMCC), °C	52	-	81
Pour Point, °C	-	10	6
Sulfur Content, % wt.	-	0.05	0.04
Viscosity, @ 40 °C, cSt	1.8	4.1	3.4
Ash, % wt.	-	0.01	0.002
Copper Strip Corrosion, 3 hrs @ 100 °C	-	No. 1	1a
Carbon Residue, % wt.	-	0.05	0.005
Water and Sediment, % vol.	-	0.05	0.010
Distillation, 90% recovered °C	-	357	355
Gross Heat of Combustion, kcal/kg	-	-	11,030

Note: The typical inspection values shown here are representative of current production.
All may vary within the modest range.

LOW SULFUR STANFUEL

(ISLFO, Light Fuel Oil) Mar 15, 2000

Rev, 0

	Specification		Typical
	Min	Max	Inspection
Gravity, API @ 15.6 ^{O}C	-	-	20.5
Specific gravity @ 15.6 ^{O}C / 15.6 ^{O}C	-	0.985	0.931
Flash Point (PMCC), ^{O}C	60	-	81
Pour Point, ^{O}C	-	24	3
Sulfur Content, % wt	-	2.0	1.9
Viscostiy @ 50 ^{O}C, cSt	7	80	63
Ash, % wt	-	0.1	0.02
Water and Sediment, % vol.	-	1.0	0.2
Gross Heat of Combusion, Cal/g	10,000	-	10,444

Note: The typical inspection values shown here are representative of current production.
All may vary within the modest range.

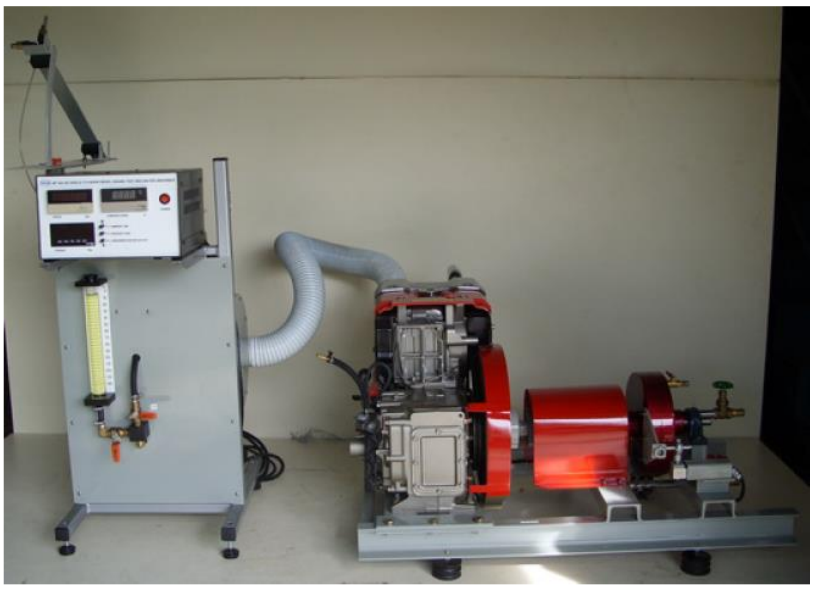
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 16 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ชนิดสูบเดียวแบบไฮดรอลิกส์ไดนาโมมิเตอร์

(SINGLE CYLINDER DIESEL ENGINE TEST BED, Water Absorber)



1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาแรงบิดกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ค่าเปิด – ปิดจ่ายน้ำมันต่าง ๆ (Throttle settings)

1.2 เพื่อศึกษากำลังเบรกของเครื่องยนต์ และประสิทธิภาพกับความเร็วรอบเครื่องยนต์

1.3 เพื่อศึกษาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (sfc)

1.4 เพื่อศึกษา อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง

1.5 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพเชิงปริมาตร

2. ทฤษฎี

ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

2.1 กำลังเบรกของเครื่องยนต์ (Engine brake power)

ถ้าใช้จอแสดงผลแรงบิด กำลังเบรกได้จาก

$$p = \frac{2\pi nT}{60} = 0.10472\ Tn \quad \text{..... (1)}$$

ซึ่ง P = กำลังเบรกของเครื่อง (วัตต์, W)

T = แรงบิด (นิวตันเมตร, N-m), อ่านได้โดยตรงจากจอ

n = รอบเครื่องยนต์ (รอบต่อนาที, rpm)

ถ้าใช้ Prony brake กับตาชั่งสปริง แรงบิดหาได้จาก

$$T = Fr$$

$$P = 1.0273\ Frn \quad \text{..... (2)}$$

ซึ่ง F = แรงสุทธิจากตาชั่งสปริง หรือ load call (กิโลกรัม, kg)

r = ความยาวแขนรับภาระ (เมตร, m)

2.2 ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Consumption)

ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ถูกวัดจากกระบอกตวง และนาฬิกาจับเวลาดูหัวข้อ 3.1.4 และ 3.2.4

$$Q_{mf} = Q_{vf}\rho_f$$

.....(3)

ซึ่ง Q_{mf} = ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (กิโลกรัมต่อวินาที kg/s)

Q_{vf} = ปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิง (m3/s)

ρ_f = ความหนาแน่น น้ำมันเชื้อเพลิง (kg/m3)

ความหนาแน่นของน้ำมันเบนซิน $\approx$ 0.72 kg/l และของน้ำมันดีเซล $\approx$ 0.84 kg /l.

2.3 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake specific fuel consumption)

ค่านี้แสดงถึงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันต่อ 1 หน่วยกำลังเบรกเครื่องยนต์

$$B_{sfc} = \frac{3600 Q_{mf}}{P} \quad \text{..... (4)}$$

ซึ่ง B_{sfc} = อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (kg/kWh)

P = กำลังเบรกของเครื่อง (กิโลวัตต์)

Q_{mf} = ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (กิโลกรัมต่อวินาที kg/s)

2.4 อัตราการไหลอากาศ

ค่านี้หาได้ดังนี้

2.4.1 อัตราการไหลอากาศเชิงปริมาตรผ่านเว็นจูริ (Venturi) หาได้จาก

$$Q_{va} = C_v \frac{\pi d_1^2}{4} \sqrt{\frac{2g(\Delta H_w)\rho_w}{\left\{\frac{d_1^4}{d_2^4} - 1\right\}\rho_a}} \quad \text{..... (5)}$$

ซึ่ง Q_{va} = อัตราการไหลอากาศเชิงปริมาตร (m3/s)

C_v= สัมประสิทธิ์การไหลผ่านเว็นจูริ

d1 = เส้นผ่าศูนย์กลางเว็นจูริ (m)

d2 = เส้นผ่าศูนย์กลางคอคอด (m)

ΔH_w= เฮดความดันตกคร่อมข้ามเวนจูริ (m)

g = 9.81 m/s2

ρ_w= ความหนาแน่นน้ำ (1000 kg/m3)

ρ_a= ความหนาแน่นอากาศ (kg/m3)

2.4.2 อัตราการไหลอากาศเชิงปริมาตรผ่านแผ่น Orifice

ค่านี้สามารถหาได้จาก

$$Q_{va} = \frac{Q_{ma}}{\rho_{ma}} = \alpha\varepsilon \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_a}} \quad \text{.....(6)}$$

ซึ่ง Q_{ma} = อัตราการไหลอากาศเป็นมวล (kg/s)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางรู orifice (m)

Δp = ความดันต่างคร่อมแผ่น orifice (N/m2)

α = สัมประสิทธิ์การไหล (Flow coefficient) จากเอกสารแนบ 4

ε= ตัวประกอบของการขยายตัว (Expansibility factor) จากเอกสารแนบ 4

ดังนั้นอัตราการไหล คือ

$$Q_{ma} = Q_{va}\rho_a \qquad \text{.....(7)}$$

2.5 ค่าความร้อนจากน้ำมันเชื้อเพลิง (Heating Value of Fuel)

ความร้อนของการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถหาได้จาก

$$Q_f = Q_{mf}LHV \qquad \text{.....(8)}$$

ซึ่ง Q_f = ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง (kW)

Q_{mf} = ค่าความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (kg/s)

LHV = ค่าความร้อนต่ำของน้ำมันเชื้อเพลิง (kJ/kg) (ดูเอกสารแนบ 6)

2.6 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (Brake Thermal Efficiency)

สามารถหาได้จาก

$$\eta_{bt} = \frac{P}{Q_f} \qquad \text{.....(9)}$$

ซึ่ง η_{bt} = ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก

P = กำลังเบรก (kW)

Q_f = ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง (kW)

ความแตกต่างระหว่างพลังงานเชื้อเพลิง และพลังงานที่ออกจากเครื่องยนต์ เนื่องจากการสูญเสียความร้อนต่อน้ำหล่อเย็น, ความร้อนที่เสียไปยังอากาศจากเครื่อง, แก๊สไอเสีย และการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

2.7 อัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง

อัตราส่วนนี้คือ อัตราส่วนของอัตราการไหลของมวลอากาศต่ออัตราการไหลของมวลน้ำมันเชื้อเพลิง

$$A/F = \frac{Q_{ma}}{Q_{mf}} \qquad \text{.....(10)}$$

Q_{mf}และ Q_{ma} หาได้จากสมการ (3) และสมการ (7) ตามลำดับ

2.8 ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร

ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร เป็นอัตราส่วนของอัตราการไหลอากาศจริงต่อปริมาตรกระบอกสูบตามทฤษฎี

$$\eta_v = \frac{Q_{va}}{Q_{th}} \qquad \text{.....(11)}$$

Q_{va} ได้จากสมการ (5) หรือ (6)

Q_{th} = ปริมาตรกระบอกสูบตามทฤษฎี (m3/s)

สำหรับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ,

$$Q_{th} = \text{ความจุกระบอกสูบ} \times \frac{n}{2\times60} \quad \text{.....(12)}$$

ซึ่ง, n = ความเร็วรอบต่อนาที (rpm)

3. เครื่องมือการทดลอง

ชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ชนิดสูบเดียวแบบไฮดรอลิกส์ไดนาโมมิเตอร์

SINGLE CYLINDER DIESEL ENGINE TEST BED, Water Absorber



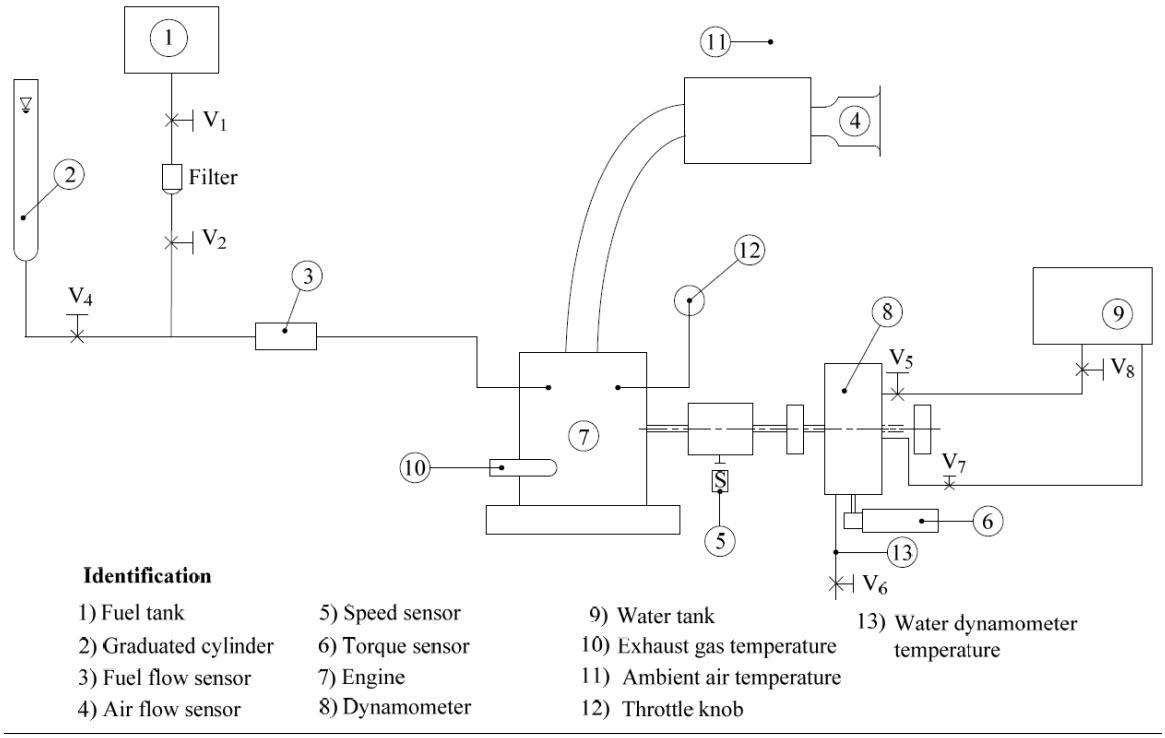
รูปที่ 3.1 MT502HD ชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ชนิดสูบเดียวแบบไฮดรอลิกส์ไดนาโมมิเตอร์
(เครื่องที่ส่งให้ลูกค้าอาจจะแตกต่างจากรูป หลักๆ เนื่องจากอุปกรณ์เผื่อเลือก (Option) ที่แตกต่างกัน)

รายละเอียดทั่วไป

ไดนาโมมิเตอร์ขนาดเล็กนี้ถูกใช้สำหรับการทดสอบเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบลูกสูบเดียวชุดทดสอบประกอบด้วยเครื่องยนต์ที่เชื่อมต่อกับไฮดรอลิกส์ไดนาโมมิเตอร์บนฐานทดสอบโดยข้อต่อตรงพร้อมตัวครอบเพื่อความปลอกภัย สำหรับถังน้ำมันเชื้อเพลิง และอุปกรณ์อื่น ๆ อยู่บนแผงที่แยกออกไปมีเครื่องมือวัดที่ใช้วัดอัตราการไหลอากาศ, อัตราการไหลน้ำมันเชื้อเพลิง, แรงบิดเครื่องยนต์, ความเร็วและอุณหภูมิ ภาระจากไดนาโมมิเตอร์และ

ตัวปรับเร่งเครื่องเป็นแบบใช้มือปรับ ถังน้ำมันเชื้อเพลิงและกล่องอากาศวัดปริมาณอากาศอยู่บนแผงถัดไปจากเครื่องยนต์ ชุดทดลอบนี้ต้องการแหล่งจ่ายน้ำจากภายนอกเพื่อหล่อเย็นไดนาโมมิเตอร์

4. การทดลอง



4.1 วางไดนาโมมิเตอร์บนพื้นและปรับโครงรองรับให้ได้ระดับ

4.2 ถ้าถังน้ำถูกใช้ให้ต่อท่อน้ำประปามายังถังเก็บน้ำที่มีลูกลอยสำหรับควบคุมระดับน้ำและต่อท่อน้ำจากถังเก็บมาที่ไดนาโมมิเตอร์พร้อมวาล์วควบคุมการไหล

4.3 ถ้าถังน้ำไม่ถูกใช้ให้ต่อท่อน้ำประปามาที่ไดนาโมมิเตอร์พร้อมวาล์วควบคุมการไหล

4.4 ต่อท่อน้ำทิ้งจากไดนาโมมิเตอร์ไปยังรางน้ำทิ้ง

4.5 ถ้าหัววัดการไหลของอากาศถูกใช้ ให้ต่อท่อสายอากาศจากกล่องอากาศไปยังเครื่อง และต่อหัววัดไปยังแผงอุปกรณ์ควบคุม

4.6 ต่อท่อน้ำมันเชื้อเพลิงจากเครื่องยนต์ไปยังถังน้ำมันเชื้อเพลิง

4.7 ปิดวาล์วจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง เติมน้ำมันลงถังและเปิดวาล์วตามไดอะแกรม

4.8 ต่อสายสัญญาณแรงบิดจากไดนาโมมิเตอร์ไปยังจอแสดงผล

4.9 ต่อสัญญาณวัดความเร็วรอบไปยังแผงควบคุม

4.10 ต่อสายคันเร่งเครื่องจากแผงควบคุมไปยังเครื่องยนต์ถ้าปุ่มปรับเร่งเครื่องอยู่ที่แผงควบคุม

4.11 ต่อแหล่งจ่ายไฟและเปิดสวิตซ์

4.12 ตั้งตัวปรับเร่งเครื่องไปยังตำแหน่งเดินเครื่องตัวเปล่า และสตาร์ทเครื่อง

4.13 รอประมาณ 5 นาที เพื่ออุ่นเครื่องให้ถึงอุณหภูมิทำงาน

4.14 เปิดวาล์วทางออกน้ำหล่อเย็นและปรับวาล์วเพื่อควบคุมอุณหภูมิน้ำของไดนาโมมิเตอร์ที่อุณหภูมิคงที่ ภายในไม่เกิน 80 °C

4.1 เดินเครื่องทำการทดลอง

มันจะเป็นการดีที่สุดทีจะปรับเร่งเครื่องไม่เกิน 75% ของตำแหน่งเปิดสุด (full throttle) เพื่อยืดอายุการใช้งานเครื่องยนต์

4.1.1 ปรับตัวปรับเร่งเครื่องไปยังตำแหน่งที่ต้องการเช่น 75% ของตำแหน่งเปิดสุด (full throttle) และในขณะเดียวกันค่อย ๆ เพิ่มโหลด (อัตราการไหลของน้ำ) และความดันจลน์ (ดูเอกสารแนบ 2)
จนกระทั่งได้ความความเร็วรอบที่ต้องการ

4.1.2 รอจนกระทั่งสภาวะต่าง ๆ ของการเดินเครื่องคงที่ แล้วจึงบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้ ที่ไม่มีโหลด

4.1.2.1 ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rpm)

4.1.2.2 แรงบิด (N-m)

4.1.2.3 อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่อง T1 หรืออุณหภูมิห้องและอุณหภูมิไอเสียเครื่องยนต์ที่ท่อร่วม (T2)

4.1.2.4 ระดับของมาโมมิเตอร์ หรือค่าที่จอแสดงผลอัตราการไหลของอากาศถ้าเลือกแบบมีจอ

4.1.2.5 จับเวลาการกินน้ำมันเชื้อเพลิงที่ 15 และ 30 CC

4.1.2.6 น้ำหนักจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ หรือใช้ค่าความถ่วงจำเพาะจากเอกสารแนบ 6

4.1.3 ปรับโหลดสำหรับความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่าง ๆ

4.1.4 รอจนกระทั่งสภาวะที่เดินเครื่องคงที่ และบันทึกข้อมูลตาม 4.1.2.1 ถึง 4.1.2.6

4.1.5 ทำซ้ำข้อ 4.1.3 ที่โหลดเพิ่มขึ้นเพื่อว่าความเร็วรอบเครื่องถูกลดเป็นขั้น ๆ ขั้นละ 500 rpm จนกระทั่งความเร็วรอบลดเหลือ 1500 rpm หรือเครื่องยนต์เริ่มที่จะหยุด

4.1.6 ทำซ้ำข้อ 4.1.1 ถึง 4.1.5 ที่ตำแหน่งตัวปรับเร่งเครื่องอื่น ๆ

4.2 การปิดเครื่อง

หลังจากการทดสอบเสร็จสิ้น ชุดทดสอบควรจะถูกปิดลงดังต่อไปนี้

4.2.1 หยุดเครื่องโดยปรับคืนตัวปรับเร่งเครื่องไปยังตำแหน่งหยุด ดูเอกสารแนบ 1A หรือ 1B

4.2.2 ปิดวาล์วควบคุมโหลด

4.2.3 เอาระบบจ่ายน้ำออกจากไดนาโมมิเตอร์

4.2.4 เปิด Vent valve ที่ไดนาโมมิเตอร์, ปล่อยน้ำทิ้งจากไดนาโมมิเตอร์แล้วปิดวาล์ว

5. <u>คำสั่งท้ายการทดลอง</u>

หาค่ากำลังเบรกของเครื่องยนต์ (Engine brake power)

คำนวณค่าความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Consumption)

คำนวณค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก (Brake specific fuel consumption)

คำนวณค่าอัตราการไหลอากาศ

คำนวณค่าอัตราการไหลอากาศเชิงปริมาตรผ่านแผ่น Orifice

คำนวณค่าความร้อนจากน้ำมันเชื้อเพลิง (Heating Value of Fuel)

คำนวณค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก (Brake Thermal Efficiency)

คำนวณค่าอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง

คำนวณค่าประสิทธิภาพเชิงปริมาตร

เขียนกราฟความสัมพันธุ์แรงบิดกับความเร็วรอบและประสิทธิภาพกับความเร็วรอบ

6. ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

MT502HD ชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ชนิดสูบเดียวแบบไฮดรอลิกส์ไดนาโมมิเตอร์

ทดสอบโดย: .... วันที่: .....

อุณหภูมิห้อง: ..... ชนิดเครื่องยนต์: .... เส้นผ่าศูนย์กลางของ กล่องอากาศ/Orifice: .....

ความดันอากาศ: ..... ชนิดน้ำมันเชื้อเพลิง: ☐ เบนซิน ☐ ดีเซล ความชันของมาโนมิเตอร์: .....

ตำแหน่งของตัวปรับเร่งเครื่อง: ..... ค่าความถ่วงจำเพาะ: ..... ค่าที่อ่านได้จากมาโนมิเตอร์ที่ไม่มีการไหลของอากาศ: .....

n	Spring balance			T	Fuel consumption					Air flow rate						A/F	Temperature (°C)		P	Bsfc	η_{bt}	η_v
					Graduated cylinder			Indicator Q_{vf}	Q_{mf}	Air box				Indicator Q_{va}	Q_{ma}							
										Manometer Reading mm H_2O			Q_{va}									
rpm	Left reading kg	Right reading kg	Net Force kg	N.m	Volume ml	Time s	Q_{vf} lph	lph	g/s	Left	Right	Net	m^3/h	m^3/h	g/s	ratio	Engine Inlet air T1	Exhaust gas T2	kW	kg/kWh	%	%

7. ตัวอย่างการทดลอง

MT502HD ชุดทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ชนิดสูบเดียวแบบไฮดรอลิกส์ไดนาโมมิเตอร์

ทดสอบโดย: .....เอกชัย ศรีษาเอี่ยม ..... วันที่: .....13/07/09.....

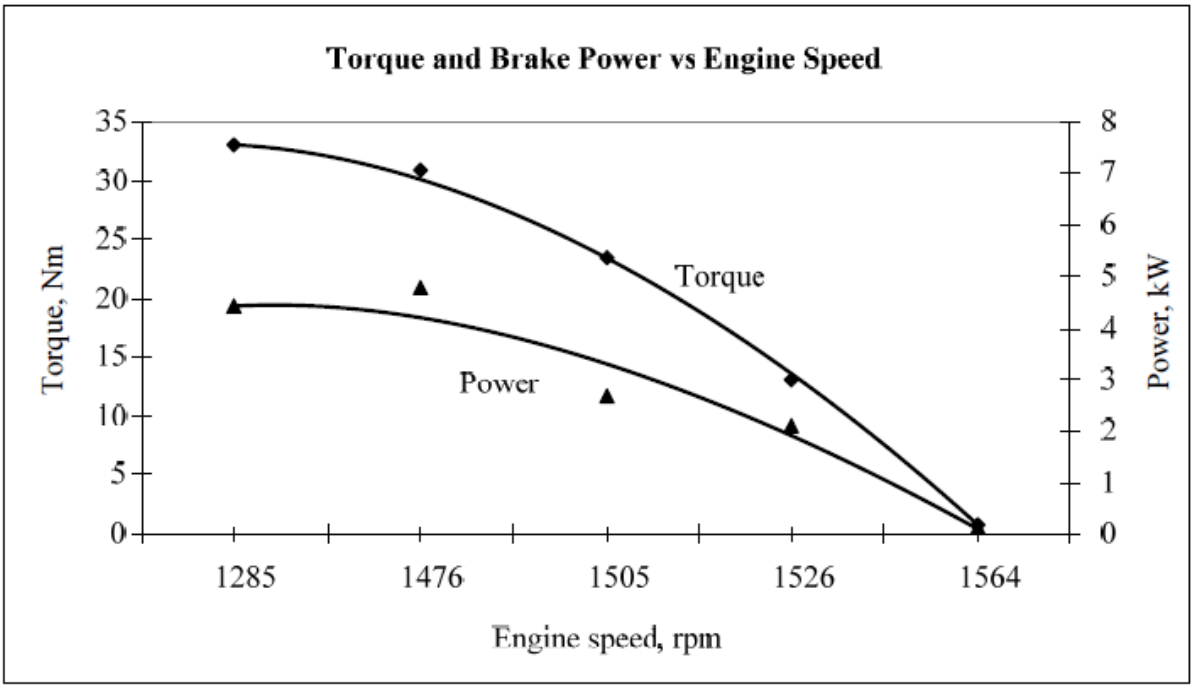
อุณหภูมิห้อง: .....34°C..... ชนิดเครื่องยนต์: .....KUBOTA RT100 DI, 547 CC..... เส้นผ่าศูนย์กลางของ กล่องอากาศ/Orifice: ...300/25 mm .....

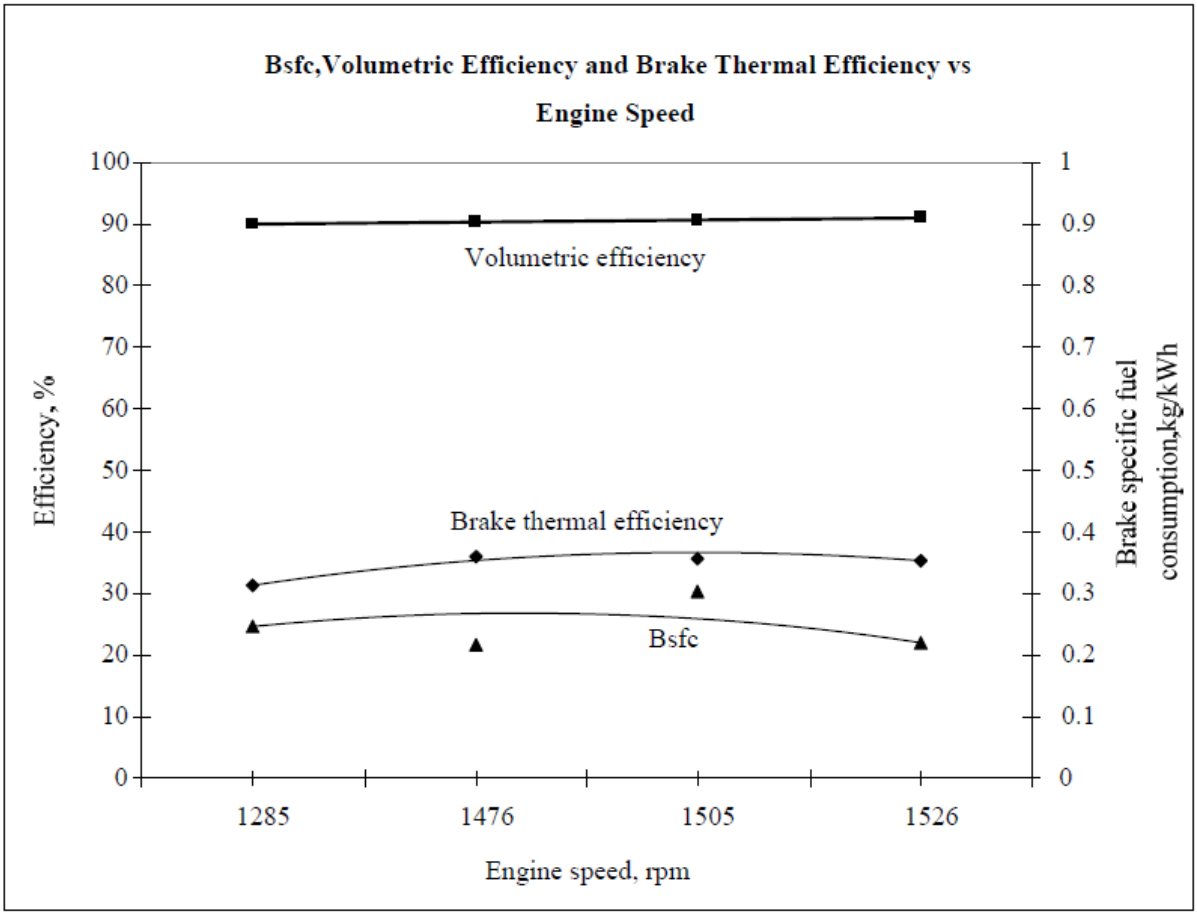
ความดันอากาศ: .....1052 hPa..... ชนิดน้ำมันเชื้อเพลิง: ☐ เบนซิน ☑ ดีเซล ความชันของมาโนมิเตอร์: .....1:2.....

ตำแหน่งของตัวปรับเร่งเครื่อง: ...70%.....ค่าความถ่วงจำเพาะ: .....0.84 kg/l..... ค่าที่อ่านได้จากมาโนมิเตอร์ที่ไม่มีการไหลของอากาศ: ....--.....

n	Spring balance			T	Fuel consumption					Air flow rate						A/F	Temperature (°C)		P	Bsfc	η_{bt}	η_v
rpm	Left reading kg	Right reading kg	Net Force kg	N.m	Graduated cylinder			Indicator Q_{vf} lph	Q_{mf} g/s	Air box				Indicator Q_{va} m^3/h	Q_{ma} g/s	ratio	Engine Inlet air T1	Exhaust gas T2	kW	kg/kWh	%	%
					Volume ml	Time s	Q_{vf} lph			Manometer Reading mm H_2O			Q_{va} m^3/h									
										Left	Right	Net										
1564	-	-	-	0.8	-	-	-	-	-	249	191	58	23.6	-	7.525	-	34	139	0.131	-	-	91.79
1526	-	-	-	13.1	10	65.45	0.55	-	0.128	248	194	54	22.7	-	7.261	56.58	34	145	2.093	0.221	35.34	90.77
1505	-	-	-	23.4	10	37.11	0.97	-	0.226	247	195	52	22.3	-	7.125	31.48	34	194	3.688	0.221	35.30	90.32
1476	-	-	-	30.8	10	29.27	1.23	-	0.287	246	196	50	21.9	-	6.987	24.35	34	260	4.761	0.217	35.95	90.30
1285	-	-	-	33.0	10	27.48	1.31	-	0.306	245	207	38	19.1	-	6.091	19.93	34	297	4.441	0.248	31.48	90.43

8. ตัวอย่างกราฟ





9. ตัวอย่างการคำนวณ

จากตัวอย่างข้อมูล KUBOTA RT100 DI, 547 CC, 1-cylinder, 4-stroke diesel engine ที่แถวห้า:
อุณหภูมิห้อง = 34 °C

ความดันบรรยากาศ (pa) = 1052 h Pa

Δp = 38/2 = 19 mm H2O

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ = 1285 rpm

แรงบิด = 33 N. m

11.1 อัตราการไหลของอากาศ

จากสมการ 6**,**

$$Q_{va} = \frac{Q_{ma}}{\rho_{ma}} = \alpha\varepsilon\frac{\pi d^2}{4}\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_a}}$$

หา α จาก BS848 ในเอกสารแนบ 4/1:
คำนวณหาอัตราส่วนเส้นผ่าศูนย์กลาง,

$$\beta = \frac{\text{orifice diameter,d}}{\text{pipe diameter,D}} = \frac{25}{300} = 0.0833$$

ดังนั้น α = 0.60 หาได้จาก α vs. β .

หา ε จาก BS848 ในเอกสารแนบ 4/2:

เพราะว่า 25.4 mm H2O = 249.1 Pa, ดังนั้น:

$$\Delta P = \frac{249.1}{25.4} = (19) = 186.335$$

เพราะว่า 1 hPa = 100 Pa,

แล้วความดันบรรยากาศเท่ากับ: pa = 1052 hPa = 1052×100 Pa = 1.052×105 Pa

อัตราส่วนความดันต่าง:

$$\frac{\Delta \mathrm{P}}{\mathrm{Pa}} = \frac{186.335}{1.052 \times 10^5} = 0.001771$$

จากกราฟของ ε vs $\frac{\Delta P}{P_u}$ ในเ อกสารแนบ 4/2, ε = 0.999

จากกราฟความหนาแน่นของอากาศ ต่ออุณหภูมิในเอกสารแนบ 5, ที่อุณหภูมิ 34 oC, ความหนาแน่นอากาศ ρa = 1.15 kg/m3.

ดังนั้นอัตราการไหลของอากาศเชิงปริมาตรคือ:

$$Q_{\text{va}} = (0.6)(0.999)\frac{\pi 0.025^2}{4}\sqrt{\frac{2(186.335)}{1.15}} = 0.00530\ {}^{m^3}/_{s} = 19.08\,{}^{m^3}/_{s}$$

อัตราการไหลของอากาศโดยน้ำหนัก:

Q_{ma}= ρa Q_{va}= (1.15 kg/m3) (0.00530 m3/s) = 0.006095 kg/s = 6.095 g/s

11.2 ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

ข้อมูลความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง,

Qvf = 10 ml/27.48 sec = 0.364 x 10-3 l/s = 1.31 l/h

จากสมการ 3,

Qmf = Qvf ρf = (0.364×10-3l/s) (0.84 kg/l) = 0.3058 × 10-3 kg/s = 0.3058 g/s

11.3 อัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง

อัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงหาได้จากสมการ 10:

$$\text{Air-fuel ratio} = \frac{Q_{ma}}{Q_{mf}}$$

จาก 11.1, the air mass flow rate Qma = 6.091 g/s

จาก 11.2, the fuel consumption, Qmf = 0.306 g/s

∴ อัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง = (6.091 g/s) / (0.306 g/s) = 19.91 : 1

11.4 ค่าความร้อนจากน้ำมันเชื้อเพลิง

Qf = Qmf LHV = (0.306 g/s) (11.030 Kcal/g × 4.184 kJ/kCal)

= 14.122 kW

ข้อมูลของ LHV หาได้จากเอกสารแนบ 6

11.5 กำลังเบรก

จากสมการ 1,

P = 0.10472 Tn = 0.10472 × 33 × 1285

= 4440.652 W = 4.441 kW

11.6 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะเบรก

จากสมการ 4,

$$B_{\text{sfc}} = \frac{3600\text{Q}_{\text{mf}}}{\text{P}} = \frac{3600\times 0.306\times 10^{-3}}{4.441} = 0.248 \text{ kg/kWh}$$

11.7 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรก

จากสมการ 9,

$$\eta_{\mathrm{bt}} = \frac{\mathrm{P}}{\mathrm{Q_f}} = \frac{4.441}{14.122} \times 100 = 31.447\%$$

11.8 ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร

จากสมการ 12,

$$Q_{th} = \text{engine total displacement volume} \times \frac{n}{2 \times 60}$$
$$= 547cc \times \frac{1285}{2 \times 60\ sec} = 5857 \frac{cc}{sec} = 0.005857 \frac{m^3}{sec}$$

จากสมการ 11,

$$\eta_v = \frac{Q_{va}}{Q_{th}} = \frac{0.00530}{0.005857} \times 100 = 90.49\%$$

หมายเหตุ :

- ความแตกต่างระหว่างพลังงานที่ถูกให้โดยเชื้อเพลิงและกำลังเบรกของเครื่องยนต์เนื่องจาก พลังงานที่
สูญเสียไปกับน้ำหล่อเย็น, อุณหภูมิอากาศรอบๆเครื่องยนต์และไอเสีย

- สำหรับเครื่องยนต์เบนซิน การคำนวณก็ทำนองเดียวกับข้างบนนี้ อย่าลืมใช้ค่า LHV และ ความหนาแน่น
ของเชื้อเพลิงเบนซินให้ถูกต้อง ซึ่งคือ 11.320 kcal/g และ 0.72 kg/l ตามลำดับ (เอกสารแนบ 6).

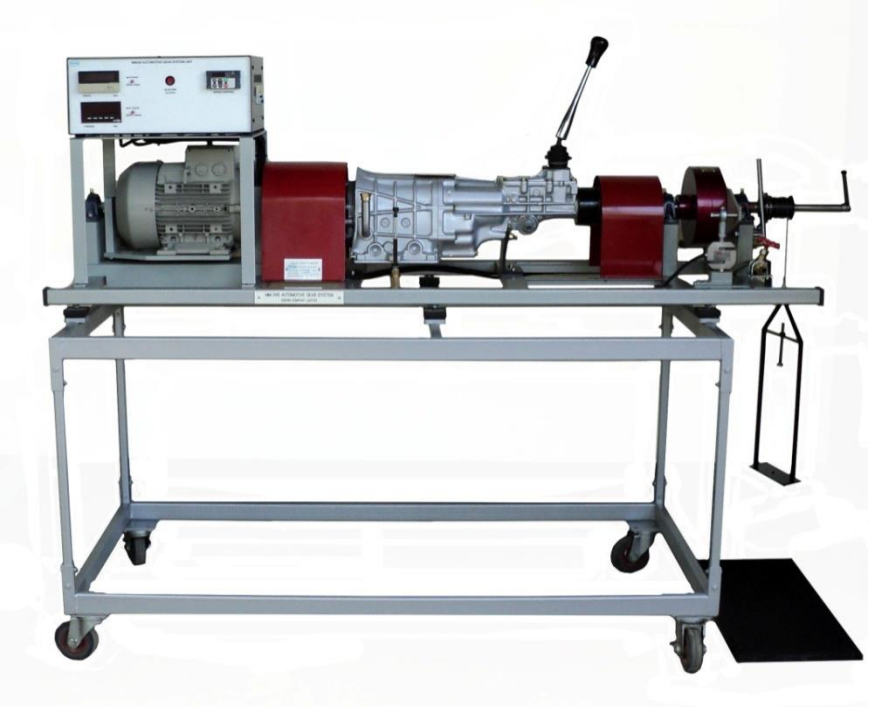
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการงที่ 17 ระบบเกียร์รถยนต์

(AUTOMOTIVE GEAR SYSTEM)



1. วัตถุประสงค์

1.2 ศึกษาและเปรียบเทียบ กำลังทางด้านกำลังขับ, กำลังทางส่งกำลัง และประสิทธิภาพของเกียร์

1.2 ศึกษาผลกระทบของความเร็ว และภาระ (Load) ที่มีต่อประสิทธิภาพของเกียร์

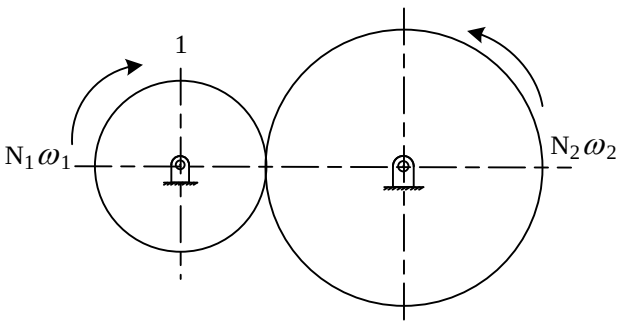
1.2 ศึกษาความเฉื่อยของมวล และระบบเกียร์

2. ทฤษฎี

2.1 บทนำ

เฟืองเป็นอุปกณณ์ที่ใช้ในการถ่ายทอดกำลังชนิดหนึ่ง เกียร์ที่ประกอบไปด้วยเฟืองอย่างน้อย 1 คู่ ประกอบเข้าด้วยกันกันเป็นชุดเฟือง เฟืองที่ต่ออยู่กับเครื่องกลที่ใช้ในการส่งกำลังเรียกว่าเฟืองขับ ส่วนเฟืองที่รับการส่งกำลังละต่ออยู่กับอุปกณณีด้านส่งกำลังเรียงว่าเพลาตาม เมื่อเฟืองขับที่อัตราเร่งเชิงมุมและแรงบิดต่ออยู่กับเฟืองตามอัตราเร่งเชิงมุมแรงบิดและทิศทางการหมุนของเฟืองตามจะเป็นไปดังต่อไปนี้

อัตราส่วนระหว่างความเร่งเชิงมุมที่เข้าสู่ชุดเฟืองขับ ต่อ ความเร็วเชิงมุมของเฟืองตามจะเป็นไปตามสมการ $\frac{\omega_{in}}{\omega_{out}} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{N_2}{N_1} = i$



รูปที่ 2.1 ระบบเฟืองแบบง่าย

เมื่อ

ω_1= ความเร็วเชิงมุมของเฟืองขับ

ω_2= ความเร็วเชิงมุมของเฟืองตาม

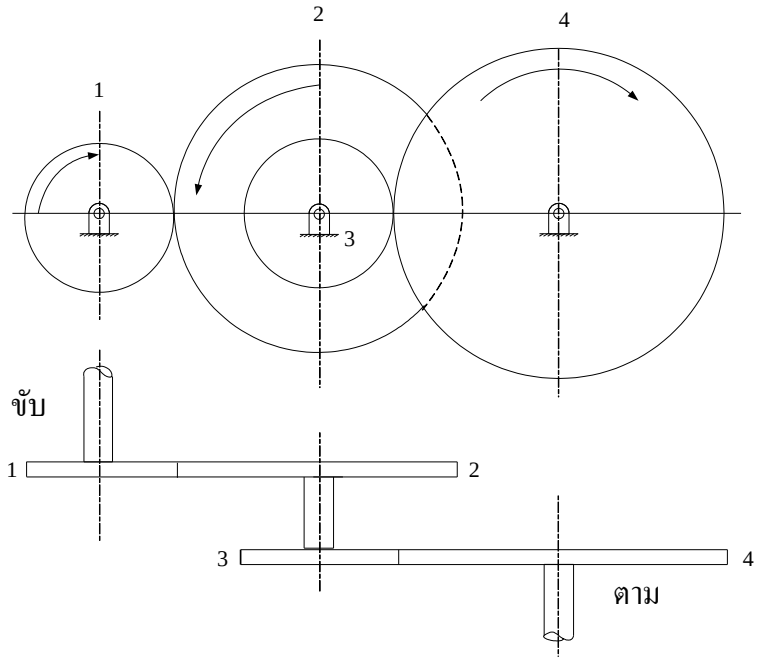
N_1 = จำนวนฟันของเฟืองขับ

N_2 = จำนวนฟันของเฟืองตาม

i = อัตราทดของชุดเฟือง

จากรูปที่ 2.1 อัตราส่วนของความเร็วเชิงมุมจะแปรผกผันกลับ กับจำนวนฟันของคู่เฟืองขับและเฟืองตาม (N_1, N_2) ทิศทางการหมุนของเพลาขับและเพลาตาม จะมีทิศทางการหมุนตรงกันข้ามกัน ซึ่งสามารถแสดงโดยเครื่องหมาย “ลบ” หน้าอัตราส่วนจำนวนฟันตามสมการข้างต้น ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนทิศทางการหมุนของเฟืองโดยไม่ต้องการเปลี่ยนความเร็วเชิงมุม จะใส่เฟืองไปกลับทิศทาง (Idle gear) ระหว่างเฟืองขับและเฟืองตาม ซึ่งจะทำให้เฟืองตามมีทิศทางการหมุนเช่นเดียวกับเฟืองขับ ทิศทางการหมุนของเฟืองสามารถทราบได้จากการนับจำนวนเฟืองทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบจากเฟืองขับไปจนเฟืองตามตัวสุดท้าย เฟืองที่เป็นเลขที่ (3, 5, 7 ...) จะมีทิศทางการหมุนเช่นเดียวกับเฟืองขับตัวแรก ส่วนเฟืองที่เป็นเลขคู่ (2, 4, 6 .....) จะมีทิศทางการหมุนตรงข้ามกับเฟืองขับตัวแรก

ชุดเฟืองที่มีเฟืองเพียงตัวเดียวบนเพลา ดังแสดงตารางรูปที่ 2.1 เรียกว่าชุดเฟืองชั้นเดียว (Simple gear train) ในกรณีที่ชุดเฟืองในเพลาเดียวกันมีเฟืองมากกว่า 1 ตัว ทั้งนี้ ยกเว้นเฟืองขับและเฟืองตาม (เพลาแรกและเพลาสุดท้าย) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 เรียกว่าชุดเฟืองสองชั้น (Compound gear train)



รูปที่ 2.2 ชุดเฟืองสองชั้น

2.2 อัตราทดของชุดเฟือง

อัตราส่วนความเร็วเชิงมุมหรืออัตราทดของชุดเฟือง, i สามารถหาได้จากจำนวนฟันของเฟืองตามหารด้วยจำนวนฟันของเฟืองขับ หรือหาได้จากอัตราเร็วเชิงมุมของเฟืองขับหารด้วยอัตราเร็วเชิงมุมของเฟืองตาม

ในรูปที่ 2.2 เป็นชุดเฟืองสองชั้น โดยเฟือง 2 และเฟือง 3 อยู่บนเพลาเดียวกัน อัตราส่วนความเร็วเชิงมุมจะได้จาก

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{N_2}{N_1} = i_1 \quad \text{..... (1)}$$

เมื่อ i_1 = อัตราทดของชุดเฟืองที่ 1

อัตราส่วนความเร็วเชิงมุมของคู่เฟือง 3 และ 4

$$\frac{\omega_3}{\omega_4} = -\frac{N_4}{N_3} = i_2 \quad \text{..... (2)}$$

เมื่อ i_2 = อัตราทดของชุดเฟืองที่ 2

เมื่อนำสมการที่ 1 คูณสมการที่ 2

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} \times \frac{\omega_3}{\omega_4} = \left(-\frac{N_2}{N_1}\right) \times \left(-\frac{N_4}{N_3}\right) = i_1 \times i_2$$

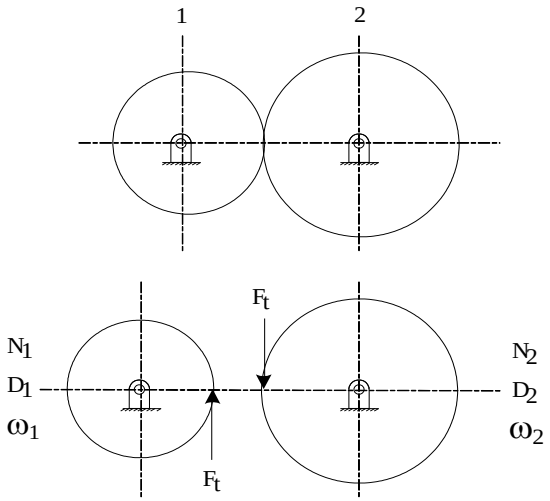
เฟือง 2 และ 3 อยู่บนเพลาเดียวกัน

จะได้ $\omega_2 = \omega_3$

$$\frac{\omega_1}{\omega_4} = \frac{N_2}{N_1} \times \frac{N_4}{N_3} = i_1 \times i_2 \quad \text{..... (3)}$$

ด้านขวาวมือของสมการที่ 3 เรียกว่า อัตราทดของชุดเฟือง ซึ่งหมายถึงผลคูณของจำนวนเฟืองตามทั้งหมดหารด้วยผลคูณของจำนวนเฟืองขับทั้งหมด

2.3 อัตราส่วนของแรงบิด



รูปที่ 2.3 แรงบิดบนเฟือง

จาก โมดุลของเฟือง $= \frac{D}{N}$ ..... (4)

เมื่อ D = เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์, mm

N = จำนวนฟัน

ดังนั้นแรงบิดบนเฟืองตัวที่ 1 จะเป็น

$$T_1 = F_t \times \frac{D_1}{2} \quad \text{..... (5)}$$

ทำนองเดียวกันแรงบิดบนเฟืองตัว 2 จะเป็น

$$T_2 = F_t \times \frac{D_2}{2} \quad \text{..... (6)}$$

สมการที่ 5 หารด้วย สมการที่ 6 $\frac{T_1}{T_2} = \frac{D_1}{D_2}$

$$\therefore \frac{T_1}{T_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{i} \quad \text{..... (7)}$$

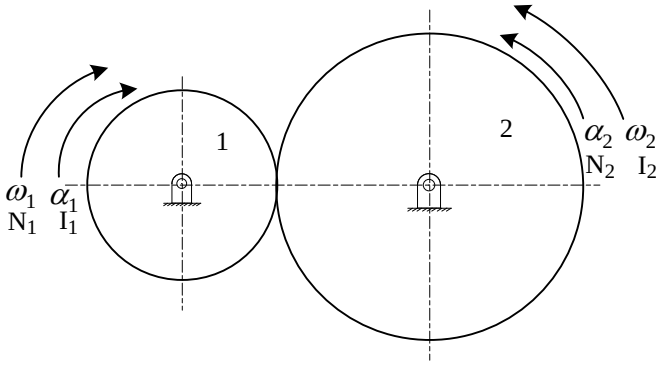
2.4 ความเร่งของชุดเฟือง

จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน สำหรับการเคลื่อนที่แบบหมุน แรงบิดที่ต้องการหมุนระบบที่มีความเฉื่อย I ให้อัตราเร่งเชิงมุม α หาได้จาก

$$T = I\alpha \quad \text{..... (8)}$$

เมื่อ α = อัตราเร่งเชิงมุมที่ต้องการ, rad/s^2

I = โมเมนต์ความเฉื่อยของระบบ, kgm^2



รูปที่ 2.4 ความเร็วและความเร่งของระบบเฟืองแบบง่าย

จะได้ $$\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{\alpha_1}{\alpha_2}=\frac{N_2}{N_1}=i$$ ..... (9)

จากสมการที่ 1 $$\frac{\omega_1}{\omega_2}=-\frac{N_2}{N_1}=i_1$$

ทำนองเดียวกัน $$\frac{\alpha_1}{\alpha_2}=-\frac{N_2}{N_1}=i_1$$

แรงบิดที่ใช้เร่งเฉพาะเฟือง I หาได้จาก

$$T_{11}=I_1\times\alpha_1$$ ..... (10)

เมื่อ T_{11} = แรงบิดที่ใช้เร่งเฉพาะเฟือง 1, Nm

I_1 = โมเมนต์ความเฉื่อยของเพลา 1, kgm^2

α_1 = อัตราเร่งของเพลาที่ 1, rad/s^2

แรงบิดที่ใช้เร่งเฉพาะเฟือง 2 หาได้จาก

$$T_{22}=I_2\times\alpha_2$$ ..... (11)

เมื่อ T_{22} = แรงบิดที่ใช้เร่งเฉพาะเฟือง 2, Nm

I_2 = โมเมนต์ความเฉื่อยของเพลา 2, kgm^2

α_2 = อัตราเร่งของเพลาที่ 2, rad/s^2

แต่เฟือง 1 และ 2 ขบกันดังนั้น แรงบิดจากเฟือง 1 เพื่อ เร่งเฟืองตัวที่ 2 จะคำนวนได้จากสมการ 7

$$T_{12}=\frac{T_{22}}{i}$$
$$=\frac{I_2}{i}\times\alpha_2$$
$$=\frac{I_2}{i}\times\frac{\alpha_1}{i}$$
$$\therefore T_{12}=\frac{I_2}{i^2}\times\alpha_1$$ ..... (12)

ดังนั้นแรงบิดทั้งหมดที่ใช้ในการเร่งทั้งเฟือง 1 และ เฟือง 2, T จะหาได้จาก

$$T=T_{11}+T_{12}$$ ..... (13)
$$=(I_1\alpha_1)+\frac{1}{i^2}(I_2\alpha_1)$$

$$T = \left[I_1 + \frac{1}{i^2} I_2 \right] \alpha_1 \quad \text{..... (14)}$$

ทำนองเดียวกันสำหรับเฟือง 3 ชั้น 4 เพลา ที่มีอัตราทดเป็น i_1, i_2 และ i_3 แรงบิด ทั้งหมดใช้เร่งชุดเฟืองจะหาได้จาก

$$T = \left[I_1 + \frac{I_2}{i_1^2} + \frac{I_3}{(i_1 + i_2)^2} + \frac{I_4}{(i_1 + i_2 + i_3)^2} \right] \alpha_1 \quad \text{..... (15)}$$

เทอมในวงเล็บของสมการ 15 และ 16 เรียกว่า โมเมนต์ความเฉื่อยเทียบเท่า I_e ของชุดเฟืองเมื่อคิดที่เพลา 1 ถ้าให้ประสิทธิภาพในการถ่ายทอดกำลังขณะเร่งเป็น η_a สมการที่ 14 จะเป็น

$$T = \left[I_1 + \left[\frac{\frac{1}{i^2} \times I_2}{\eta_a} \right] \right] \alpha_1 \quad \text{..... (16)}$$

2.5 ประสิทธิภาพของระบบเฟือง, η

ในระบบเฟือง ประสิทธิภาพของระบบจะหาได้จาก

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\ \% \quad \text{..... (17)}$$

เมื่อ P_o = กำลังทางด้านส่งกำลัง (Output) , W. และ P_i = กำลังทางด้านกำลังขับ (Input), W.

สำหรับกำลังทางด้านส่งกำลัง, $P_o = T_0 \times N_0 \times \frac{\pi}{30}$, W ..... (18)

เมื่อ: T_o = แรงบิดทางด้านส่งกำลัง (Output Torque), Nmและ

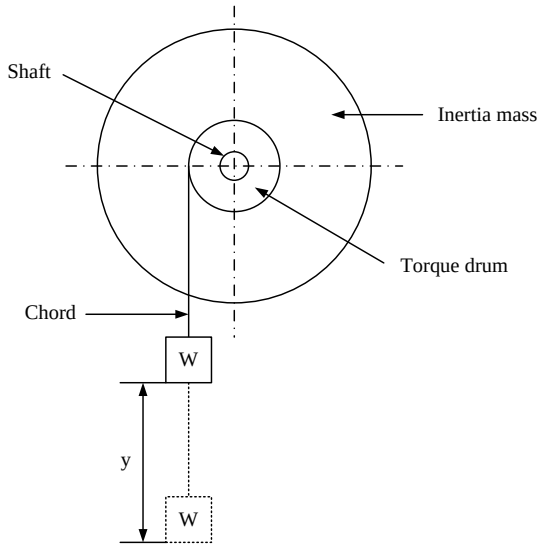
N_o = ความเร็วรอบของเฟืองทางด้านส่งกำลัง (Output Speed), rpm

สำหรับกำลังทางด้านส่งกำลัง, $P_i = T_i \times N_i \times \frac{\pi}{30}$, W ..... (19)

เมื่อ: T_i = แรงบิดทางด้านกำลังขับ (Input torque), Nm

N_i = ความเร็วรอบของเฟืองด้านกำลังขับ (Input speed), rpm

2.6 การหาความเร่งเชิงมุม α



รูปที่ 2.5 การหาค่าความเร่งเชิงมุม

น้ำหนักที่แขวนทำให้เกิดแรงดึงในเชือก จะทำให้เกิดแรงบิดกระทำต่อเพลาทางด้านส่งกำลัง (Output) แรงบิดที่เพลาสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$T = W \times r \quad \text{..... (20)}$$

เมื่อ W = น้ำหนัก, N

r = แขนโมเมนต์บิด, m

ถ้าเชือกคลายออกโดยไม่มีการลื่นไหล เราจะได้ความสัมพันธ์

$$\alpha = \frac{a}{r} \quad \text{..... (21)}$$

เมื่อ α = ความเร่งเชิงมุม, rad/s^2 และ a = ความเร่งของเชือก, m/s^2

ในการทดลองนี้เป็นการหาความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่เชิงเส้นของน้ำหนักกับการเคลื่อนที่เชิงมุมของเพลา ดังนั้นจากสมการความเร่งคงที่จาก

$$y = ut + \frac{1}{2}at^2 \quad \text{..... (22)}$$

เมื่อ y = ระยะเคลื่อนที่ของน้ำหนัก, m

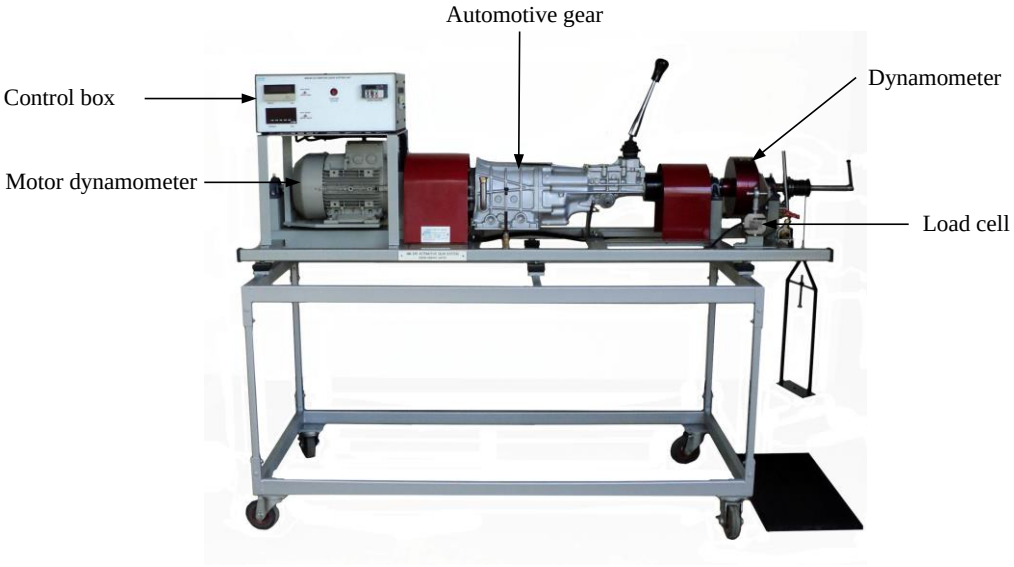
u = ความเร่งเริ่มต้น, m/s และ t = เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่, s

เมื่อเริ่มทดลอง u = 0 ดังนั้นสมการที่ 22 จะเป็น

$$a = \frac{2y}{t^2} \quad \text{..... (23)}$$

3. เครื่องมือการทดลอง

3.1 รายละเอียดทั่วไป



รูปที่ 3.1 ระบบเกียร์รถ

อุปกรณ์สาธิตประกอบการทดลองนี้เป็นชุดทดลองสำหรับศึกษาอัตราเร่ง และประสิทธิภาพของระบบเกียร์ภายใต้เกียร์ที่มีอัตราทดต่างๆ กัน

อุปกรณ์ทดลองประกอบไปด้วยเกียร์รถยนต์แบบเกียร์ธรรมดา (เข้าเกียร์ด้วยมือ) ตัวเกียร์รับกำลังงานเข้าทางด้านเพลาขับจากมอเตอร์ ไดนาโมมิเตอร์ชนิดปรับความเร็วรอบได้ และตัวเกียร์ส่งกำลังขับออกไปขับไดนาโมมิเตอร์แบบไฮโดรลิกส์ เพลาส่งกำลังด้านทางออกมีการเข้ากับมวลความเฉื่อยและกว้านเชือกทำให้สามารถปรับภาระที่จะมากระทำต่อตัวเกียร์ได้ ที่เกียร์มีการติดตั้งคลัชไฟฟ้าเพื่อตัดต่อการส่งกำลังให้กับมอเตอร์ขับได้ตามต้องการ แรงบิดที่กว้านเชือกสามารถทำให้เกิดขึ้นได้ด้วยการแขวนก้อนน้ำหนักถ่วงที่ผ่านการสอบเทียบน้ำหนักถูกต้องมาแล้วกับชุดถ่วงน้ำหนักเพื่อหาความเฉื่อยของมวล, ความเฉื่อยเทียบเท่าของเฟืองเกียร์

4. การทดลอง

วิธีการทดลอง

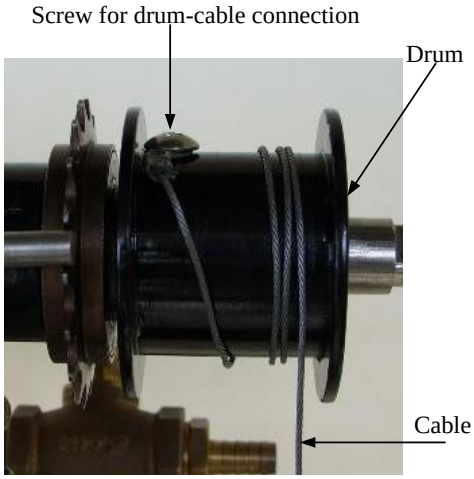
4.1 การหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของระบบเกียร์

4.1.1 ปิดสวิตช์เบรกเกอร์หลักและ ELCB ที่อยู่ด้านข้างด้านขวาของกล่องควบคุม

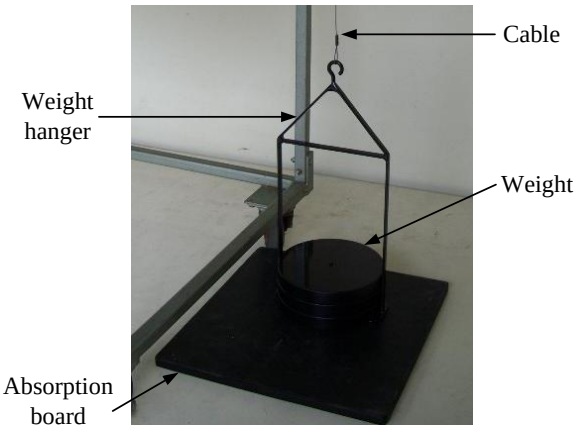
4.1.2 ถ่ายน้ำมันออกจากระบบเกียร์ และต่อส่วนยื่นของเพลาทางออกโดยการหมุนส่วนต่อ (พร้อมดรัม) เข้ากับปลายเพลาทางออกให้แน่น

4.1.3 ติดสายเคเบิลเข้ากับดรัมด้วยสกรูตามรูปที่ 4.1

4.1.4 แขวนชุดจานรับน้ำหนักเข้ากับเคเบิลดังรูปที่ 4.2 แล้วใส่น้ำหนักตามที่ต้องการลงบนจานรับน้ำหนัก



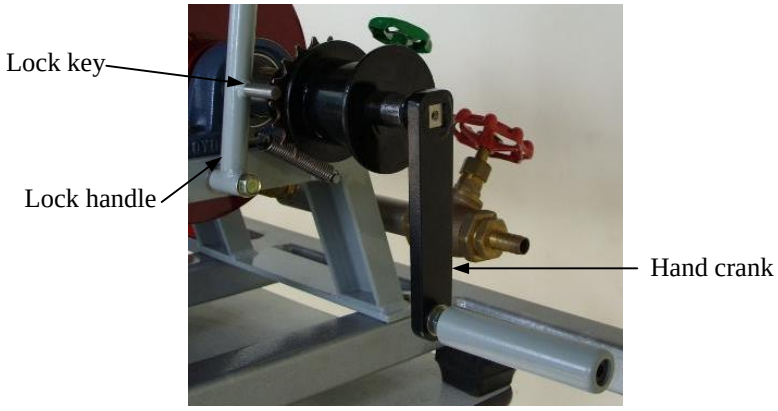
รูปที่ 4.1



รูปที่ 4.2

4.1.5 เข้าเกียร์ไปยังตำแหน่งที่ต้องการเพื่อหาโมเมนต์ความเฉื่อยของระบบเกียร์

4.1.6 ติดมือหมุน (Hand crank) ดังรูปที่ 4.3 แล้วหมุนเพลาดรัมเพื่อยกจานแขวนน้ำหนัก ให้ถึงความสูงอ้างอิงด้านบน แล้วเอา Hand crank ออก



รูปที่ 4.3

หมายเหตุ: มือหมุนต้องถูกถอดออกก่อนทำการทดลองใดๆ

4.1.7 เลื่อนตัวล็อกเฟืองออกโดยการดันแขนล็อกออกแล้วชุดแขวนน้ำหนักพร้อมน้ำหนักจะตกลงเพื่อสร้างแรงบิดให้กับเพลา ให้จับเวลาที่ชุดแขวนน้ำหนักตกลงบนแผ่นรองรับ (Absorption board)

4.1.8 บันทึกระยะที่ตกลงบนแผ่นรองรับ และเวลาในขั้นตอนที่ 4.1.7

4.1.9 หาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของระบบเกียร์โดยการคำนวณ

4.2 การหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของมวล

4.2.1 ใส่มวลที่ปลายเพลาในหัวข้อ 3.2

4.2.2 ล็อกมวลด้วยการขันสกรูล็อกมวล

4.2.3 ทำซ้ำข้อ 4.1.1 ถึง 4.1.8

4.2.4 หาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของระบบเกียร์กับมวลโดยการคำนวณ

4.2.5 โมเมนต์ความเฉื่อยของมวลเท่ากับโมเมนต์ความเฉื่อยของระบบเกียร์พร้อมมวล (จากหัวข้อ 4.2 นี้) ลบโมเมนต์ความเฉื่อยของระบบเกียร์ (จากหัวข้อ 4.1)

4.3 การหาประสิทธิภาพของระบบเกียร์

4.3.1 เอาส่วนของชุดทดสอบหาโมเมนต์ความเฉื่อยออก

4.3.2 เติมน้ำมันเกียร์

4.3.3 เลื่อนเกียร์ไปยังตำแหน่งที่ต้องการเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบเกียร์

4.3.4 เปิดสวิตช์เบรกเกอร์หลักและ ELCB ที่อยู่ด้านข้างด้านขวาของกล่องควบคุม

4.3.5 ปรับตัวควบคุมความเร็วไปที่ศูนย์

4.3.6 ผลักสวิตช์แรงบิดไปที่ “OUTPUT TORQUE” แล้วกดปุ่ม “RST” เพื่อตั้งค่าแรงบิดไปที่ศูนย์ใหม่

4.3.7 ผลักสวิตช์แรงบิดไปที่ “INPUT TORQUE” แล้วบันทึกค่าที่จุดเริ่มต้นนี้

4.3.8 ที่ปุ่มเลือกความเร็ว เลือก “FORWARD” สำหรับการทดสอบเกียร์ 1 ถึง 5 และเลือก “REVERSE” สำหรับการทดสอบเกียร์ถอยหลัง

4.3.9 เริ่มต้นทดลองโดยกดปุ่ม “CLUTCH” แล้วค่อยๆ ปรับตัวควบคุมความเร็วไปที่ความเร็วที่ต้องการ

4.3.10 เริ่มด้วยความเร็วทางด้านส่งกำลัง (Output) ที่มากกว่า 1000 rpm

4.3.11 เพิ่มภาระ (Load) โดยการปรับวาล์วน้ำเข้า (ดูเอกสารแนบ 1) ให้ได้ภาระที่ต้องการ

4.3.12 รอจนกระทั่งค่าความเร็วที่อ่านได้คงที่ แล้วจึงบันทึกค่าดังต่อไปนี้

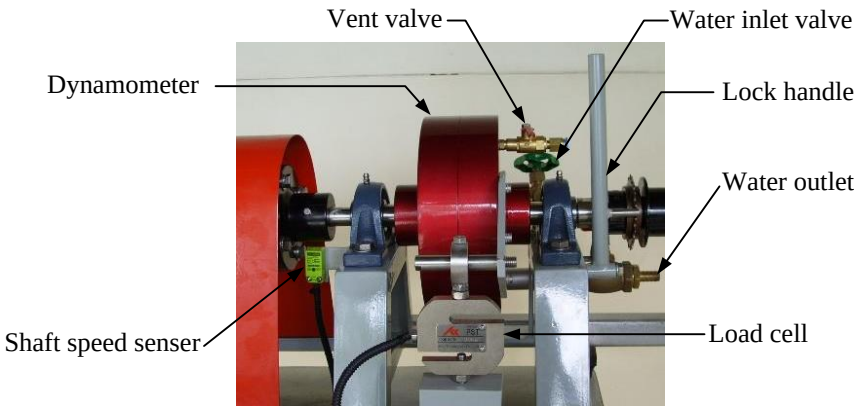
4.3.12.1 ความเร็วรอบของเฟืองด้านกำลังขับ (Input speed), rpm.

4.3.12.2 ความเร็วรอบของเฟืองทางด้านส่งกำลัง (Output Speed), rpm

4.3.12.3 แรงบิดทางด้านกำลังขับ (Input torque), Nm

4.3.12.4 แรงบิดทางด้านส่งกำลัง (Output Torque), Nm

4.3.13 เพิ่มความเร็วขาเข้าเป็นขั้นๆ ละประมาณ 500 rpm โดยการปรับที่ตัวควบคุมความเร็วอีก 3-4 ขั้นความเร็ว



รูปที่ 4.4

4.3.14 เพิ่มแรงบิดทางด้านกำลังขับเป็นขั้นๆ ละประมาณ 2 Nm โดยการเพิ่มภาระโดยการปรับวาล์วน้ำเข้าเพื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำแล้วทำซ้ำขั้นตอนที่ 3.3.11 ถึง 3.3.13 ตามลำดับ เพิ่มแรงบิดแรงบิดทางด้านกำลังขับ ให้มากที่สุดแต่ต้องระวังมอเตอร์ไม่ให้กินกระแสไฟฟ้าเกิน 7.6 แอมแปร์ติดต่อกันนานกว่า 30 วินาที (โดยต่อเนื่อง) หรือ มิฉะนั้นอินเวอร์เตอร์จะตัดมอเตอร์ให้หยุดการทำงาน หากเป็นเช่นนั้นให้ทำการสตาร์ทมอเตอร์ใหม่โดยการกดปุ่มรีเซ็ทที่อินเวอร์เตอร์

4.3.15 หยุดการทดลองโดยปรับปุ่มควบคุมความเร็วไปที่ศูนย์ ปิดเซอกิตเบรกเกอร์ทั้งหมดที่อยู่ด้านข้างด้านขวาของกล่องควบคุม

3.3.16 หาประสิทธิภาพของระบบเกียร์และพล็อตประสิทธิภาพเทียบกับความเร็วที่แรงบิดขาออกค่าต่างๆ

5. <u>ผลการทดลอง</u>

ใบบันทึกผลการทดลอง

ระบบเกียร์รถยนต์

ตารางที่ 1 โมเมนต์ความเฉื่อยของระบบเกียร์

ทดสอบโดย: ..... วันที่: .....

Geared system = ... Gear ratio = ...

No	Weight N	y m	t s	T Nm	a m/s^2	α rad/s^2	I $kg.m^2$	Remarks

Geared system = ... Gear ratio = ...

No	Weight N	y m	t s	T Nm	a m/s^2	α rad/s^2	I $kg.m^2$	Remarks

Geared system = ... Gear ratio = ...

No	Weight N	y m	t s	T Nm	a m/s^2	α rad/s^2	I $kg.m^2$	Remarks

ใบบันทึกผลการทดลอง

ระบบเกียร์รถ

ตารางที่ 2 โมเมนต์ความเฉื่อยของระบบเกียร์พร้อมมวล

ทดสอบโดย: ..... วันที่: .....

Geared system = ... Gear ratio =..... Mass = ...

No	Weight N	y m	t s	T Nm	a m/s^2	α rad/s^2	I $kg.m^2$	Remarks

Geared system = ... Gear ratio =..... Mass = ...

No	Weight N	y m	t s	T Nm	a m/s^2	α rad/s^2	I $kg.m^2$	Remarks

Geared system = ... Gear ratio =..... Mass = ...

No	Weight N	y m	t s	T Nm	a m/s^2	α rad/s^2	I $kg.m^2$	Remarks

ใบบันทึกผลการทดลอง ระบบเกียร์รถ

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพของระบบเกียร์

ทดสอบโดย: ..... วันที่: .....

Geared System = ... Ratio =..... Speed Control Selector =.....

Tare Torque Input = ...

No.	Input				Output			Efficiency
	Speed rpm	Torque Indicator Nm	Net Torque Nm	Power watt	Speed rpm	Torque Indicator Nm	Power watt	%

Geared System = ...Ratio =.....Speed Control Selector =.....

Tare Torque Input = ...

No.	Input				Output			Efficiency
	Speed rpm	Torque Indicator Nm	Net Torque Nm	Power watt	Speed rpm	Torque Indicator Nm	Power watt	%

6. <u>คำสั่งท้ายการทดลอง</u>

ให้คำนวณอัตราทดเกียร์ คำนวณโมเมนท์ความเฉื่อยของระบบเกียร์ ความเร่งมวล ความเร่งเชิงมุมการหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อย และคำนวณประสิทธิภาพของระบบเกียร์

เขียนกราฟระหว่างความเร็วรอบกับประสิทธิภาพ ที่เกียร์ต่างๆ

7. <u>วิจารณ์ผลการทดลอง</u>

8. <u>สรุปผลการทดลอง</u>

9. <u>ตัวอย่างการทดลอง</u>

Geared system = ...Gear 1..... Gear ratio = ... 4.33 :1.....

No	Weight N	y m	t s	T Nm	a m/s^2	α rad/s^2	I $kg.m^2$	Remarks
1	210	0.45	1.34	5.25	0.501	20.05	0.2619	
2	210	0.45	1.23	5.25	0.595	23.80	0.2206	
3	210	0.45	1.6	5.25	0.352	14.06	0.3733	
Avg.			1.39	5.25	0.48	19.30	0.285	
4	260	0.45	1.22	6.5	0.605	24.19	0.2687	
5	260	0.45	1.16	6.5	0.669	26.75	0.2430	
6	260	0.45	1.18	6.5	0.646	25.85	0.2514	
Avg.			1.19	6.50	0.64	25.60	0.254	

10. <u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

10.1 การคำนวณอัตราทดเกียร์ (เกียร์ 1)

จาก เกียร์ 1, $i_1 = \frac{N_2 B}{N_1 A}$

$= \frac{30}{17} = 1.76$

$i_2 = \frac{N_1 D}{N_2 C}$

$= \frac{32}{13} = 2.462$

Gear 1, $i = i_1 \times i_2 = 4.33$

10.2 การคำนวณโมเมนท์ความเฉื่อยของระบบเกียร์ (เกียร์ 1)

จากตัวอย่างผลการทดลองตารางที่ 1 No. 1 เกียร์ 1

Weight hanger = 10 N.

Weight = 200 N.

Fall distance = 0.45 m

Time = 1.34 s

Radius Drum (r) = 0.025 m

10.2.1 แรงบิด T = $W \times r$ = $(\text{Weight hanger} + \text{weight}) \times r$

= 210N × 0.025 m = 5.25 Nm.

10.2.2 ความเร่งมวล

จาก $y = ut + \frac{1}{2}at^2$

$$0.45\,\text{m} = 0 + \frac{1}{2}a(1.34\text{s})^2$$

ดังนั้น a = 0.501 m/s^2

10.2.3 ความเร่งเชิงมุม

จาก $a = r\alpha$

$$\alpha = \frac{a}{r} = \frac{0.501\,\text{m/s}^2}{0.025\,\text{m}} = 20.04 \text{ rad } /s^2$$

10.2.4 การหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อย

จากสมการ 8, $T = I\alpha$

5.25 Nm = I x 20.04 rad/s^2

I = 0.2620 kg m^2

10.4 การคำนวณประสิทธิภาพของระบบเกียร์ (เกียร์ 1)

จากตัวอย่างผลการทดลองตามรางที่ 3 No. 1 เกียร์ 1

ขาเข้า; ความเร็ว = 2023 rpm

แรงบิดสุทธิ = 2.0 Nm

ขาออก; ความเร็ว = 467 rpm

แรงบิด = 2.17 Nm.

จากสมการ 18, $P_o = T_o \times N_o \times \frac{\pi}{30}$

$= 2.1\,\text{Nm} \times 467\,\text{rpm} \times \frac{\pi}{30}$

= 106.12 watt

จากสมการ 19, $P_i = T_i \times N_i \times \frac{\pi}{30}$

$= 2.0\,\text{Nm} \times 2023\,\text{rpm} \times \frac{\pi}{30}$

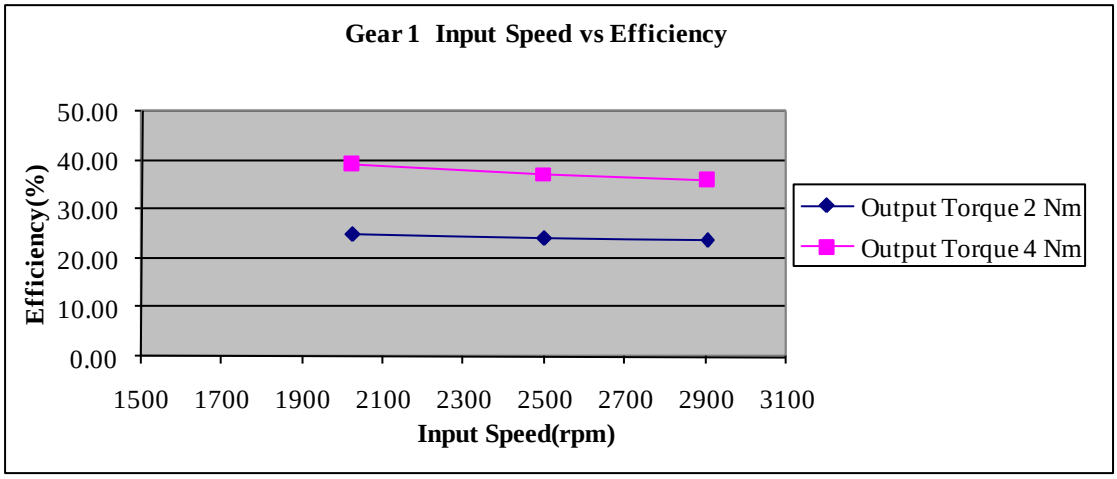
= 423.70 watt

จากสมการ 17, $\text{Efficiency} = \frac{P_o}{P_i} \times 100$

$= \frac{106.12\text{W}}{423.70\text{W}} \times 100\%$

= 25.05 %

11. **ตัวอย่างกราฟ**





สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 18 การวิเคราะห์ก๊าซไอเสียและควันของรถยนต์
Exhaust Gas Analyzer and Smoke Detector



1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อให้ศึกษาถึงวิธีการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ไอเสียรถยนต์

1.2 เพื่อศึกษาปฏิกิริยาของการสันดาปและแก๊สไอเสียที่เกิดจากเครื่องยนต์

1.3 เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบต่อแก๊สไอเสียที่เกิดจากเครื่องยนต์

1.4 เพื่อเปรียบเทียบ AF ทฤษฎี กับ AF จริง

2. ทฤษฎี

2.1 ปฏิกิริยาของการสันดาป (Combustion reactions)

เครื่องยนต์สันดาปภายในส่วนใหญ่ ได้พลังงานจากการสันดาปของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนกับอากาศโดยแปลงพลังงานเคมีของเชื้อเพลิง เป็นพลังงานภายในของแก๊สในเครื่องยนต์ เชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนนี้มีรูปแบบแตกต่างกันมากมายหลายพันชนิด ส่วนใหญ่เป็นส่วนประกอบของไฮโดรเจนและคาร์บอน แต่อาจมีออกซิเจน (เช่น แอลกอฮอล์) ไนโตรเจน และ/หรือ กำมะถัน เป็นส่วนประกอบด้วยก็ได้ เชื้อเพลิงจะปลดปล่อยพลังงานเคมี (ความร้อน) ออกมาให้เราใช้งานสูงสุด ก็ต่อเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในสัดส่วนสมบูรณ์ (Stoichiometric) ปริมาณออกซิเจนเหมาะสมสูงสุดทางทฤษฎีนี้ จะพอเหมาะกับการแปลงคาร์บอน(C) ในเชื้อเพลิงให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และแปลงไฮโดรเจน (H_2) เป็นน้ำ(H_2O) พอดี โดยไม่มีออกซิเจนเหลืออยู่ ดังตัวอย่างสมการเคมีที่ สมดุล ของ มีเธน (Methane) CH_4 ซึ่งสันดาปกับออกซิเจนในสัดส่วนสมบูรณ์

$$CH_4 + 2\ O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2O$$

นั่นคือออกซิเจนสองโมล ทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิงหนึ่งโมล และได้คาร์บอนไดออกไซด์หนึ่งโมลกับน้ำสองโมล และหากใช้ไอโซออกเทนเป็นเชื้อเพลิง สมการการสันดาปกับออกซิเจนในสัดส่วนสมบูรณ์คือ

$$C_8H_{18} + 12.5\ O_2 \rightarrow 8\ CO_2 + 9\ H_2O$$

เนื่องจากโมเลกุลทำปฏิกิริยากับโมเลกุลด้วยกัน จึงใช้จำนวนโมเลกุลแทนจำนวนมวลในการทำสมการเคมีให้สมดุล หนึ่งกิโลกรัมโมล(kgmole) ของสสาร จึงมีมวลเท่ากับค่าน้ำหนักโมเลกุล และมีหน่วยเป็นกิโลกรัม หรือจะใช้ปอนด์โมล(lbmmole) เป็นหน่วยอังกฤษก็ได้

$$m = NM \qquad \text{..... (1)}$$

โดย : m = มวล

N = จำนวนโมล

M = น้ำหนักโมเลกุล

เมื่อใช้หน่วย SI

1. ก.ก. โมล ของ CH_4 = 16.04 ก.ก.

1. ก.ก. โมล ของ O_2 = 32.00 ก.ก.

1 ก.ก. โมล = 6.02×10^{26} โมเลกุล

เมื่อใช้หน่วยอังกฤษ

1. ก.ก. โมล ของ CH_4 = 16.04 ปอนด์1. ก.ก. โมล ของ O_2 = 32.00 ปอนด์

1 ก.ก. โมล = 2.73×10^{26} โมเลกุล

ชื่อสารอยู่ด้านของสมการปฏิกิริยาเคมี คือ สารก่อนเกิดปฏิกิริยาเคมี เรียกว่า สารเริ่มต้น (Reactants) ส่วนสารด้านขวาของสมการ คือ สารหลังการเกิดปฏิกิริยาเคมี เรียกว่า ผลิตผล (Products) หรือไอเสีย

สามารถสร้างเครื่องยนต์ขนาดเล็ก ซึ่งทำงานโดยการสันดาปเชื้อเพลิงกับออกซิเจนด้วยได้ แต่ราคาของออกซิเจนล้วนจะสูงเกินกว่าความคุ้ม จึงใช้อากาศเป็นแหล่งออกซิเจนด้วยได้ แต่ราคาของออกซิเจนล้วนจะถูกเกินกว่าความคุ้ม จึงใช้อากาศเป็นแหล่งออกซิเจนเพื่อทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิง อากาศของบรรยากาศโลกประกอบด้วย

78% ไนโตรเจน (คิดเป็นโมล)

21% ออกซิเจน

1% อาร์กอน

และส่วนเล็กน้อย เช่น CO_2, Ne, CH_4, He, H_2O และอื่น ๆ

ไนโตรเจนและอาร์กอนมีคุณสมบัติทางเคมีเป็นกลาง และไม่ทำปฏิกิริยาในกระบวนการสันดาป แต่ส่วนร่วมต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความดันในห้องเผาไหม้เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ สามารถนับอาร์กอนรวมกับไนโตรเจนได้ โดยมีความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์จากการคำนวณไม่มากนัก คือ ให้อากาศประกอบด้วยออกซิเจน 21% และไนโตรเจน 79% ทุก ๆ 0.21 โมลของออกซิเจน จะมี 0.79 / 0.21 โมลไนโตรเจน ทุก ๆ หนึ่งโมล ของออกซิเจนที่ใช้ในการสันดาป จะได้มาจากอากาศ 4.76 โมล ซึ่งก็คือ 1 โมลออกซิเจนบวกกับ 3.76 โมล ไนโตรเจนนั่นเอง การสันดาปสัดส่วนสมบูรณ์ของมีเธน กับอากาศ เป็นไปตามสมการเคมีนี้

$$CH_4 + 2O_2 + 2(3.76)N_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + 2(3.76)N_2$$

หรือของไอโซออกเทนกับอากาศ

$$C_8H_{18} + 12.5O_2 + 12.5(3.76)N_2 \rightarrow 8CO_2 + 9H_2O + 12.5(3.76)N_2$$

เพื่อความสะดวก เรานิยมใช้จำนวนเชื้อเพลิงในสมการเคมีเท่ากับหนึ่งโมล พลังงานที่ได้จากการทำปฏิกิริยาเคมีจึงมีหน่วยเป็นพลังงานต่อกิโลกรัมโมลเชื้อเพลิง ซึ่งคำนวณเป็นพลังงานที่ใช้ทั้งหมดได้ หากทราบอัตราการไหลของเชื้อเพลิง ตารางที่ 5.1 แสดงน้ำหนักโมเลกุลสำหรับใช้ในการคำนวณและ ใช้น้ำหนักโมเลกุลของอากาศเท่ากับ 29 การสันดาปจะเกิดขึ้นได้แม้สัดส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงจะ แตกต่างจากสัดส่วนสมบูรณ์ไม่ว่าจะมากกว่าคือไอดีจาง (Lean) หรือน้อยกว่าคือไอดีเข้ม (Rich) ก็ตาม แต่ต้องไม่เกินขอบเขตที่ไอดีไม่สามารถถูกจุดให้ลุกไหม้ได้ หากมีเธนถูกสันดาปกับอากาศมีปริมาณ 150% ของปริมาณสมบูรณ์ (Stoichiometric) จะมีออกซิเจนส่วนเกินเหลืออยู่หลังการทำปฏิกิริยา

$$CH_4 + 3O_2 + 3(3.76)N_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + 3(3.76)N_2 + O_2$$

หรือหากไอโซนออกเทน ถูกสันดาปกับอากาศปริมาณ 80% ของปริมาณสมบูรณ์จะขาดออกซิเจนที่จะทำปฏิกิริยากับคาร์บอน (C) ได้พอดี จึงมีคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ปนอยู่

$$C_8H_{18} + 10O_2 + 10(3.76)N_2 \rightarrow 3CO_2 + 9H_2O + 5CO + 10(3.76)N_2$$

ตารางที่ 1 น้ำหนักโมเลกุลสสาร

สสาร		น้ำหนักโมเลกุล (kg/kgmole) หรือ (lbm/lbmmole)
Air	-	28.97
Argon	Ar	39.95
Carbon	C	12.01
Carbon Monoxide	CO	28.01
Carbon Dioxide	CO_2	44.01
Hydrogen	H_2	2.02
Water Vapor	H_2O	18.02
Helium	He	4
Nitrogen	N_2	28.01

มอนนอกไซด์ไม่มีสีและกลิ่นเป็นแก๊สพิษที่สามารถถูกเผาไหม้ต่อให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนไอออกไซด์เกิดขึ้นเสมอ ในการสันดาปที่ขาดออกซิเจน นอกจากนี้การขาดออกซิเจน ยังทำให้มีเชื้อเพลิงส่วนหนึ่งไม่ถูกสันดาป และกลายเป็นมลพิษปนอยู่ในไอเสียเครื่องยนต์ มีวิธีบอกปริมาณอากาศหรือออกซิเจน สำหรับการสันดาปได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น:

อากาศ 80% ของสัดส่วนสมบูรณ์ = อากาศ 80% ของทฤษฎี = อากาศ 80% = อากาศขาด 20% ออกซิเจน 133% ของสัดส่วนสมบูรณ์= ออกซิเจน 133% ของทฤษฎี= ออกซิเจน 133%= อากาศเกิน 33% สำหรับการเผาไหม้จริงที่เกิดขึ้นภายในเครื่องยนต์ ใช้อัตราส่วนที่บอกว่าสัดส่วนระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศของไอดีของเครื่องยนต์มีค่าเป็นที่เท่าของสัดส่วนเชื้อเพลิงกับอากาศให้การเผาไหม้สมบูรณ์ดังนี้

$$\phi = (FA)_{act}/(FA)_{stoich} = (AF)_{stoich}/(AF)_{act} \quad \text{..... (2)}$$

โดย :

$$FA = mf/ma = \text{อัตราส่วนเชื้อเพลิงต่ออากาศ} \quad \text{..... (3)}$$

$$AF = ma/mf = \text{อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง} \quad \text{..... (4)}$$

ma = มวลของอากาศ

mf = มวลของเชื้อเพลิง

เมื่อ : $\phi <$ 1 ไอดีจาง (Lean) มีออกซิเจนเหลือในไอเสีย

$\phi >$ 1 ไอดีเข้ม (Rich) มีคาร์บอนมอนนอกไซด์ และเชื้อเพลิงในไอเสีย

$\phi =$ 1 สัดส่วนสมบูรณ์ได้พลังงานสูงสุดจากเชื้อเพลิง

เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ทำงานที่อัตราส่วนความเข้มไอดี 0.9 - 1.2 ขึ้นอยู่กับสภาวะใช้งานในการวัด ϕ จากไอเสียของเครื่องยนต์ นิยมใช้การวัดค่าออกมาเป็น □ ซึ่ง

$$\lambda = 1/\phi \quad \text{..... (5)}$$

ตัวอย่างที่ 1 ไอโซออกเทนสันดาปกับอากาศ 120% ของทฤษฎี ในเครื่องยนต์สามสูบขนาดเล็กติดเทอร์โบชาร์จเจอร์ และใช้งานสำหรับรถยนต์ จงคำนวณ :

1. อัตราส่วนอากาศ-เชื้อเพลิง
2. อัตราส่วนเชื้อเพลิง-อากาศ
3. อัตราส่วนความเข้มไอดี

ปฏิกิริยาสมบูรณ์

$C_8H_{18} + 12.5O_2 + 12.5(3.76)N_2 \rightarrow 8CO_2 + 9H_2O + 12.5(3.76)N_2$

ปฏิกิริยาเมื่อมีอากาศเกิน 20%

$C_8H_{18} + 15O_2 + 15(3.76)N_2 \rightarrow 8CO_2 + 9H_2O + 15(3.76)N_2 + 2.5O_2$

การมีอากาศเกินทำให้เชื้อเพลิงถูกเผาไหม้หมด จำนวนคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำที่ได้จึงเท่ากับปฏิกิริยาสมบูรณ์ แต่มีออกซิเจนและไนโตรเจนเหลือมากกว่า (จากอากาศส่วนเกิน)

1. คำนวณอัตราส่วนอากาศ-เชื้อเพลิง ด้วยสมการ (1) และ (4)

AFR = ma/ mf = NaMa/ Nf Mf = [(15)(4.76)(29)] / [(1)(114)] = 18.16

2. คำนวณอัตราส่วนเชื้อเพลิง-อากาศ ด้วยสมการ (1-26)

FAR = mf/ ma = 1/AF = 1/18.16 = 0.055

3. อัตราส่วนเชื้อเพลิง-อากาศ เผาไหม้สมบูรณ์

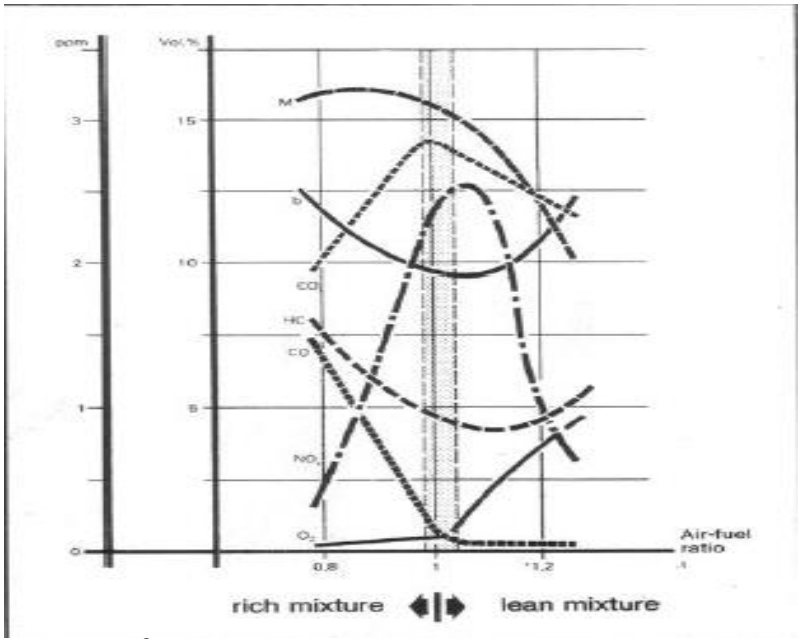
FA_{stoich} = [(1)(114)] / [(12.5)(4.76)(29)] = 0.066 $\rightarrow$ = $(FA)_{act}/ (FA)_{stioich}$

= (0.055) / (0.066) = 0.833

แม้การคำนวณอัตราการไหลของอากาศและเชื้อเพลิง จะถูกควบคุมอย่างแม่นย าให้อยู่ที่ความเข้มแบบสมบูรณ์ แต่การสันดาปก็จะไม่มีวันที่จะ “สมบูรณ์แบบ” ได้สารอื่นนอกเหนือไปจาก CO_2, H_2O และ N_2 ยังมีอยู่ในไอเสีย เพราะช่วงเวลาของวัฏจักรทำงานของเครื่องยนต์สั้นมาก เชื้อเพลิงไม่สามารถและคลุกเคล้ากับอากาศได้อย่างสมบูรณ์ โมเลกุลของเชื้อเพลิงบางส่วน ไม่สามารถจับคู่กับโมเลกุลของออกซิเจนเพื่อทำปฏิกิริยา จึงมีทั้งเชื้อเพลิงและออกซิเจนอยู่ในไอเสีย ส่วนสาเหตุที่การสันดาปอย่างสมบูรณ์ไม่เกิดขึ้นได้นั้น มีในเรื่องประสิทธิภาพสันดาป (Combustion efficiency) ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ มีค่าระหว่าง 95% ถึง 98% สำหรับไอดีจาง และต่ำกว่านี้หากไอดีเข้ม เนื่องจากไม่มีอากาศพอสำหรับทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิง ส่วนเครื่องยนต์จุด ระเบิดการอัด ซึ่งทำงานด้วยไอดีจางตลอด มีค่าประสิทธิภาพ ประมาณ 98%

ในการหาประสิทธิภาพของการสันดาปเชื้อเพลิง โดยทั่วไปจะกำหนดเอาปริมาณของคาร์มอน-น๊อกไซด์สูง ก็แสดงว่าอากาศน้อยเกินไป และถ้าปริมาณของอ๊อกซิเจนในผลิตผลของการสันดาปแสดงว่าอากาศมากเกินไป และเนื่องจากประสิทธิภาพของการสันดาปก าหนดโดยปริมาณของคาร์มอนน๊อกไซด์ และอ๊อกซิเจนในผลิตผลของการสันดาปโดยไม่มีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงเรียกการ สันดาปนี้ว่า “Dry flue exhaust gas”

ดังนั้นในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการสันดาป โดยมากจะเริ่มกระทำจากส่วนผสมที่บางมากจนถึงส่วนผสมที่หนามาก ซึ่งผลจากการวิเคราะห์จะนำมาพล๊อตลงในกราฟเปอร์เซนต์กับอัตราส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิง ซึ่งจะทำให้สะดวกและง่ายต่อการพิจารณา



จากรูปแสดงผลของการวิเคราะห์การสันดาปของเชื้อเพลิงแบบ Dry flue exhaust gas จะพบว่าถ้าส่วนผสมบางเปอร์เซนต์ CO_2 จะลดลง ส่วนเปอร์เซนต์ของ O_2 จะสูงขึ้น และ CO_2 จะสูงสุดที่จุด Stoichiometric fuel – air ratio ที่จุดนี้ O_2 จะมีค่าเป็น 0 และในทางตรงกันข้ามถ้าส่วนผสมหนา CO_2 ก็จะลดลง ขณะที่ CO สูงขึ้นตามความหนาของส่วนผสมในทางปฏิบัติ จากการวิเคราะห์พบว่าเส้น O_2 และ CO จะเกยกันเล็กน้อย

2.2 การวิเคราะห์ไอเสียของเครื่องยนต์ (Engine exhaust analysis)

การวิเคราะห์ไอเสียของเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นเรื่องปกติและจำเป็นระบบควบคุมเครื่องยนต์ยุคปัจจุบัน จะมีเซนเซอร์ตรวจสอบไอเสียอยู่ตลอดเวลา เซนเซอร์เหล่านี้ตรวจส่วนผสมทางเคมีของไอเสียขณะที่ยังร้อน ด้วยวิธีทางเคมี อิเล็กทรอนิกส์และความร้อน ข้อมูลที่ได้รวมทั้งข้อมูลจากเซนเซอร์อื่น ๆ จะถูกประมวลผลโดยระบบบริหารเครื่องยนต์ (Engine management system) หรือ EMS เพื่อนำมาปรับจังหวะจุดระเบิดการป้อนไอดี จังหวะเปิด-ปิดลิ้น ฯลฯ อู่ซ่อมรถก็จำเป็นต้องวิเคราะห์ไอเสียรถยนต์เพื่อตรวจสอบการทำงานของเครื่องยนต์และปริมาณสารพิษในไอเสีย โดยน าไอเสียส่วนหนึ่งมาผ่าน เครื่องวิเคราะห์ ไอเสียจะเย็นลงก่อนที่การวิเคราะห์จะเสร็จสิ้น น้ำที่กลั่นตัวจะเปลี่ยนส่วนผสมของไอ เสีย เพื่อชดเชยกับความคลาดเคลื่อนนี้ จึงนิยมวิเคราะห์แบบแห้ง (Dry analysis) โดยการแยกน้ำออก จากไอเสียด้วยวิธีทางเคมีและความร้อน

ตัวอย่างที่ 2 เครื่องยนต์สี่สูบของรถบรรทุกขนาดเล็ก ถูกดัดแปลงให้ใช้ โพรเพน(Propane) เป็นเชื้อเพลิง การวิเคราะห์ไอเสียแบบแห้ง ให้ผลเป็นร้อยละของปริมาตรดังนี้

CO_2 4.90% CO 9.79% O_2 2.45%

จงคำนวณอัตราส่วนความเข้มไอดี ผลรวมของแก๊สทั้งสาม คือ

4.90 + 9.79 + 2.45 = 17.14% ของปริมาตรรวม

ซึ่งหมายถึงมีแก๊ส (ไนโตรเจน) เหลืออยู่ 82.86% เนื่องจากร้อยละของปริมาตรเทียบเท่าร้อยละของโมล ดังนั้นหากเชื้อเพลิงไม่ทราบปริมาณถูกเผาไหม้กับอากาศไม่ทราบปริมาณเช่นกัน ปฏิกิริยาทางเคมีจะเป็นดังนี้

$$xC_3H_8 + yO_2 + {}_y(3.76)N_2 \rightarrow 4.90CO_2 + 9.79CO + 2.45O_2 + 82.86N_2 + zH_2O$$

โดย

z = จำนวนโมลน้ำที่ถูกแยกออกก่อนการวิเคราะห์แห้ง

คิดจำนวนไนโตรเจนขณะเกิดปฏิกิริยา จะได้ :

$$y(3.76) = 82.86 \quad \text{หรือ} \quad y = 22.037$$

คิดคำนวณคาร์บอน :

$$3x = 4.9 + 9.79 \text{ หรือ } x = 4.897$$

คิดคำนวณไฮโดรเจน :

$$8x = 8(4.897) = 2z \quad \text{หรือ} \quad z = 19.588$$

ดังนั้นสมการปฏิกิริยา คือ :

$$4.90C_3H_8 + 22.037O_2 + 22.037(3.76)N_2 \rightarrow 4.90CO_2 + 9.79CO + 2.45O_2 + 82.86N_2 + 19.588H_2O$$

หารด้วย 4.90 :

$$C_3H_8 + 4.50O_2 + 4.50(3.76)N_2 \rightarrow CO_2 + 2CO + 0.5O_2 + 16.92N_2 + 4H_2O$$

อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงจริง :

$$AFact = ma/mf = [(4.50)(4.76)(29)] / [(1)(44)] = 14.12$$

การสันดาปสมบูรณ์ (Stoichiometric combustion)

$$C_3H_8 + 5O_2 + 5(3.76)N_2 \rightarrow 3C\,O_2 + 4H_2O + 5(3.76)\,N_2$$

อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงสมบูรณ์ :

$$AF_{stoich} = ma/mf = [(5)(4.76)(29)] / [(1)(44)] = 15.69$$

อัตราส่วนความเข้มไอดี

$$\rightarrow = (AF)_{stoich}/(AF)_{act} = 15.69 / 14.12 = 1.11$$

2.3 มลพิษจากเครื่องยนต์

เชื้อเพลิงที่ใช้เครื่องยนต์จะเป็นน้ำมันเบนซินหรือก๊าซหุงต้มก็ได้ซึ่งจะถูกดูดเข้าไปในคาร์บูเรเตอร์ ผ ส ม กับอากาศเป็นอย่างดีแล้วจึงแจกจ่ายต่อไปยังห้องเผาไหม้ในกระบวนการเผาไหม้ CO_2 และ H_2O จะเกิดขึ้นแน่ แต่เนื่องจากอากาศที่มีปริมาณ N_2 อยู่ด้วยร้อยละ 79 ในปริมาณในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงก็อาจจะทำให้เกิด NOx ได้ CO ก็อาจจะเกิดได้เนื่องจากการสันดาปที่ไม่สมบรูณ์ ในขณะเดียวกัน HC ก็ อาจจะเกิดขึ้นได้หากการสันดาปที่ไม่สมบรูณ์และจะปล่อยออกมาในจังหวะคาย ดังนั้นไอเสียจะมีส่วนประกอบต่างกันอยู่กับกระบวนการเผาไหม้และตัวแปรอื่นๆที่สัมพันธ์กันส่วนประกอบของไอเสีย ในขณะที่มีอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงพอดี และการเผาไหม้ตามปกตินั้นอาจเป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบไอเสียเมื่อมีอัตราส่งอากาศต่อเชื้อเพลิงพอดี

ส่วนประกอบ	ปริมาตร %
N_2	83.5
O_2(รวม argon ด้วย)	2.22
CO_2	13
H_2	0.23
CO	0.97
HC	205 ppm
NO	2900 ppm
NO_2	18

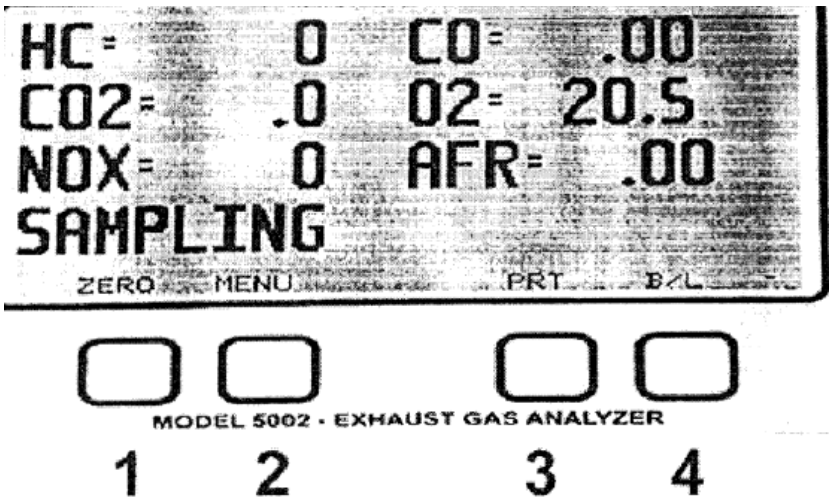
2.4. ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการเกิดมลพิษในเครื่องยนต์

ตัวแปรที่มีผลต่อมลพิษทั้งปริมาณและอัตรานั้นส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์กันทั้งสิ้นในการพิจาราณา จึงจะเน้นเฉพาะส่วนที่มีผลกระทบจริงๆสำหรับความสัมพันธ์และผลกระทบของตัวแปรต่างๆต่อกันนั้น พอจะสรุปได้พอสังเขป อัตราส่วนผสม โดยทั่วไปความเข้มข้นของมลพิษจากไอเสียแปรตามส่วนผสม CO จะพูดได้ว่าแปรตามอัตราส่วนผสมโดยตรง ตัวแปรอื่นมีผลน้อยมาก แต่ปริมาณ HC และอัตรา เชื้อเพลิงจำเพาะจะเพิ่มถ้าส่วนผสมบางไป จากการลามของเปลวไม่สมบรูณ์และการเผาไหม้ที่ผิดเวลา ปริมาณ NO จะสูงสุดที่ส่วนผสม 16 และจะลดลงอย่างรวดเร็วหากส่วนผสมหมดหรือบางกว่านี้ เวลาจุด ระเบิด เวลาจุดระเบิดต่ าความเข้มข้นของ NOx จะลดลงอย่างรวดเร็วจากค่าอัตราส่วนพอดีในเครื่องยนต์ ทั่วไปที่ไม่มีอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ หากตั้งการจุดระเบิดล่าไปความเข้มข้นจะลดลง 30-40% และกำลังขา ออกลดลงด้วย ดังรูป สภาวะไอดี อุณหภูมิไอดีสูงจะทำให้เพิ่ม NOx และทำให้อากาศเข้าห้องเผาไหม้บาง ลง ทำให้กำลังตกด้วยสำหรับผลกระทบของอุณหภูมิไอดีต่อ HC นั้นน้อยมาก แต่ความดันไอดีต่ำจะ ลดลงปริมาณ NOx แต่เพิ่ม HC ความชื้นในอากาศมากจะมีผลทำให้ NOx ลดเนื่องจากทำให้อุณหภูมิ เปลวต่ำลงจะเห็นได้ชัดขึ้นหากส่วนผสมบางลงจะเกิดก๊าซค้าง หากมีก๊าซค้างในกระบอกสูบมากจะทำให้อุณหภูมิก๊าซที่เผาไหม้ต่ำลง ปริมาณ HC จะเพิ่ม และเกิด NOx ด้วย ในเครื่องยนต์ 2 จังหวะจะเห็นว่ามี ปริมาณ NOx น้อยเพราะการค้างจะมีมากในกระบอกสูบอยู่แล้วความดันกลับจากไอเสีย ความดันกลับ จากไอเสียเนื่องจากไอเสียออกไม่สะดวกหรือออกไม่ทัน จะทำให้เกิดความดันกลับขึ้นทำให้ก๊าซค้างใน กระบอกสูบมากขึ้น ลดปริมาณ NOx แต่มีผลต่อ HC น้อยมากอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น สูงขึ้นจะช่วยลด HC ได้เล็กน้อย แต่ขณะเดียวกันก็เพิ่มปริมาณ NOx

สภาพการใช้งาน ความเร็วรอบของรถยนต์มีผลต่อ CO HC และ NOx น้อยมากภาระสูงจะให้ NOx มาก ภาระต่ำรอบต่ำจะให้ CO HC สูง ความเข้มข้นของ NOx จะเปลี่ยนแปลงเป็นไปตามความเร็วรอบและกำลังเพลา และแปรตามส่วนผสมและเวลาจุดระเบิดด้วย

3. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. รถยนต์หรือเครื่องยนต์แก๊สโซลีนสำหรับทดสอบ 3 คัน/เครื่อง
2. เครื่องวิเคราะห์ไอเสียรุ่น 5002 1 เครื่อง
3. น้ำมันแก๊สโซลีน 5 ลิตร



รูปที่ 3-1 เครื่องวิเคราะห์ไอเสีย ยี่ห้อ EMS รุ่น 5002



รูปที่ 3-2 แสดงปุ่มควบคุมบนหน้าจอของเครื่องวิเคราะห์ไอเสีย

3.1 ปุ่ม “ZERO” มี 2 ฟังก์ชั่นการทำงาน
- 3.1.1 ใช้ในการตั้งศูนย์ของเครื่อง ซึ่งจำเป็นในระหว่างการใช้งาน
- 3.1.2 ใช้ในการเริ่มเดินเครื่องใหม่ของปั๊มเมื่อมีการปิดแบบอัตโนมัติ

3.2 ปุ่ม “MENU” มีหลายฟังก์ชั่นการทำงาน
- 3.2.1 ใช้เมื่อเข้าหน้าจอการสอบเทียบ
- 3.2.2 เปลี่ยน AFR/Lamda
- 3.2.3 ใช้เมื่อเข้าหน้าจอ ERROR

3.3 ปุ่ม “PRT” หมายถึง Print ใช้ในการพิมพ์ค่าของไอเสียที่อ่านได้ โดยเครื่องพิมพ์นี้ จะต้องทำการติดตั้งโดยต่อสายเครื่องพิมพ์กับด้านหลังเครื่องวิเคราะห์ไอเสีย

3.4 ปุ่ม “B/L” ใช้ในการ เปิด/ปิด ไฟแสง หน้าจอของเครื่อง วิเคราะห์ไอเสีย โดยจะสามารถ เปิด/ปิด ไฟแสงหน้าจอได้เท่านั้น

4. วิธีการทดลอง

4.1 เปิดเครื่องวิเคราะห์ไอเสีย หน้าปัดจะแสดง EMS Warming Up เป็นเวลาประมาณ 5 ถึง 10 นาที หลังจากนั้นเครื่องจะแสดง ZEROING จะหมายถึง ก ารที่เครื่องเซ็ตค่าศูนย์ให้ค่าต่างๆ ดังรูปที่ 3(b)

4.2 ติดตั้งสายวัดเข้าที่ท่อไอเสียของรถยนต์เหยียบคันเร่งรถยนต์ให้ได้ความเร็วรอบตามที่ ต้องการและจนกว่าค่า AFR ปรากฏบนหน้าเครื่องมือวัด

4.3 บันทึกผลการทดลอง

4.4 ปิดเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย ทำความสะอาดและเก็บเครื่องมือ

5. ตารางบันทึกผลการทดลอง

การวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย

ผู้ทำการทดลอง.....วันที่.....

เครื่องยนต์แบบที่ ..... รุ่น.....

ความเร็วรอบ	CO (%vol)	CO_2 (%vol)	O_2 (%vol)	AFR
เดินเบา				
1000				
1500				
2000				
2500				
3000				
3500				
4000				
4500				
5000				

6. คำสั่งท้ายการทดลอง

6.1 จงเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซและความเร็วรอบ

7.ผลการศึกษาและวิจารณ์

ให้ทำการวิเคราะห์วิจารณ์และสรุปผลการทดลองที่ได้ทดสอบ

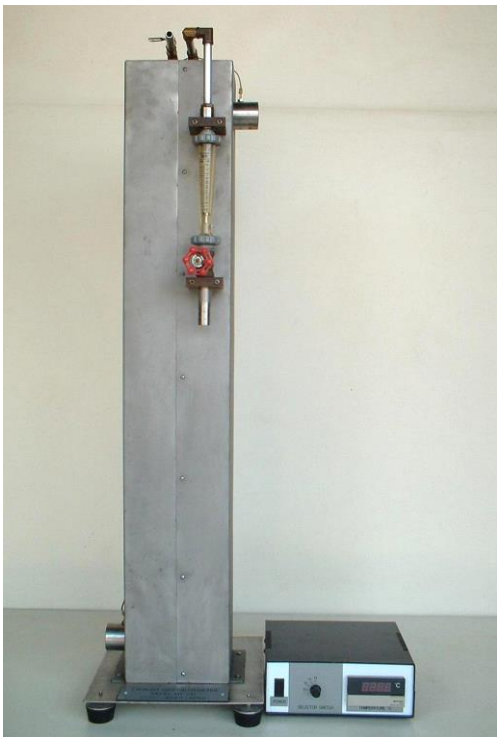
8. แหล่งอ้างอิงข้อมูลจาก

http://www.mechanical.rmutk.ac.th/Laboratory/LAB2/5_Gas%20Analysis.pdf



สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 19 การทดสอบหาค่าความร้อนของก๊าซไอเสีย
Exhaust Gas Calorimeter



1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อทดสอบหาค่าความร้อนและอัตราการไหลของก๊าซไอเสียจากรถยนต์หรือจักรยานยนต์

1.2 เพื่อให้ศึกษาและใช้เครื่องหาค่าความร้อนของก๊าซไอเสียได้อย่างถูกต้อง

2. ทฤษฎี

2.1 การหาอัตราการไหลของก๊าซไอเสีย

ถ้าแคลอริมิเตอร์ได้รับการหุ้มฉนวนเป็นอย่างดีจนไม่มีการสูญเสียความร้อนและดังนั้นความร้อนที่มีอยู่ในก๊าซไอเสียซึ่งถ่ายเทให้แก่น้ำที่ไหลเข้ามารับความร้อนคือ

ความร้อนที่สูญเสียจากก๊าซไอเสีย = ความร้อนที่น้ำในแคลอริมิเตอร์ได้รับ

$$m_G C_{PG} (T_{GI} - T_{GO}) = m_W C_{PW} (T_{WO} - T_{WI}) \quad \text{..... (1)}$$

เมื่อ: m_G = อัตราการไหลเชิงมวลของก๊าซไอเสีย มีหน่วยเป็น kg/s (เป็นสิ่งที่ไม่ทราบค่า)

m_W = อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำที่ไหลผ่านแคลอริมิเตอร์ มีหน่วยเป็น kg/s, โดยทั่วไปสามารถวัดได้

C_{PG} = ค่าความร้อนจำเพาะของก๊าซไอเสีย มีหน่วยเป็น J/kg K, โดยทั่วไปทราบค่า

C_{PG} = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำที่ไหลผ่านแคลอริมิเตอร์ (= 4.186 kJ/kg K), โดยทั่วไปทราบค่า

T_{GI} = อุณหภูมิของก๊าซไอเสียที่ไหลเข้าแคลอริมิเตอร์ มีหน่วยเป็น K, โดยทั่วไปสามารถวัดได้

T_{GO} = อุณหภูมิของก๊าซไอเสียที่ไหลออกจากแคลอริมิเตอร์ มีหน่วยเป็น K, โดยทั่วไปสามารถวัดได้

T_{WI} = อุณหภูมิของน้ำที่ไหลเข้าแคลอริมิเตอร์ มีหน่วยเป็น K, โดยทั่วไปสามารถวัดได้

T_{WO} = อุณหภูมิของน้ำที่ไหลออกจากแคลอริมิเตอร์ มีหน่วยเป็น K, โดยทั่วไปสามารถวัดได้

เพราะฉะนั้น จากสมการ (1):

$$m_G = m_W (C_{PW}/C_{PG}) [(T_{WO} - T_{WI})/(T_{GI} - T_{GO})] \quad \text{..... (2)}$$

เนื่องจากปริมาณทางด้านขวามือของสมการ (2) ทั้งหมดรู้ค่า ดังนั้นจะสามารถคำนวณหาอัตราการไหลเชิงมวลของก๊าซไอเสียได้

2.2 การหาปริมาณความร้อนที่อยู่ในก๊าซไอเสีย

กรณีที่ 1: สามารถวัดอุณหภูมิของก๊าซไอเสียที่เพิ่งไหลออกจากลิ้นไอเสียได้:

ความร้อนที่ติดมากับก๊าซไอเสียสามารถคำนวณได้จาก:

$$Q_G = m_G C_{PG} (T_{GE} - T_A) \quad \text{..... (3)}$$

เมื่อ T_{GE} = อุณหภูมิของก๊าซไอเสียที่เพิ่งไหลออกจากลิ้นไอเสีย, K

T_A = อุณหภูมิของอากาศในบรรยากาศ, K

ตำแหน่งของการวัด T_{GE} แสดงไว้ในรูปที่ 2

กรณีที่ 2: ไม่สามารถวัดอุณหภูมิของก๊าซไอเสียที่เพิ่งไหลออกจากลิ้นไอเสียได้:

ความร้อนที่ติดมากับก๊าซไอเสียสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้ได้ด้วย:

ความร้อนที่ติดมากับก๊าซไอเสีย = ความร้อนที่น้ำในแคลอริมิเตอร์ได้รับ + ความร้อนที่ติดไปกับก๊าซไอเสียที่ไหลออกจากแคลอริมิเตอร์

$$Q_G = m_W C_{PW} (T_{WO} - T_{WI}) + m_G C_{PG} (T_{GO} - T_A) \quad \text{..... (4)}$$

ผลคูณ $m_g C_{Pg}$ สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ (2):

$$m_G C_{PG} = m_W C_{PW} [(T_{WO} - T_{WI})/(T_{GI} - T_{GO})] \quad \text{..... (5)}$$

เพราะฉะนั้น ความร้อนที่ติดมากับก๊าซไอเสีย:

$$Q_G = m_W C_{PW} (T_{WO} - T_{WI}) [1+ (T_{GO} - T_A)/ (T_{GI} - T_{GO})] \quad \text{..... (6)}$$

กรณีที่ 3: อุณหภูมิของก๊าซไอเสียที่ไหลออกจากแคลอริมิเตอร์มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศในบรรยากาศมาก:

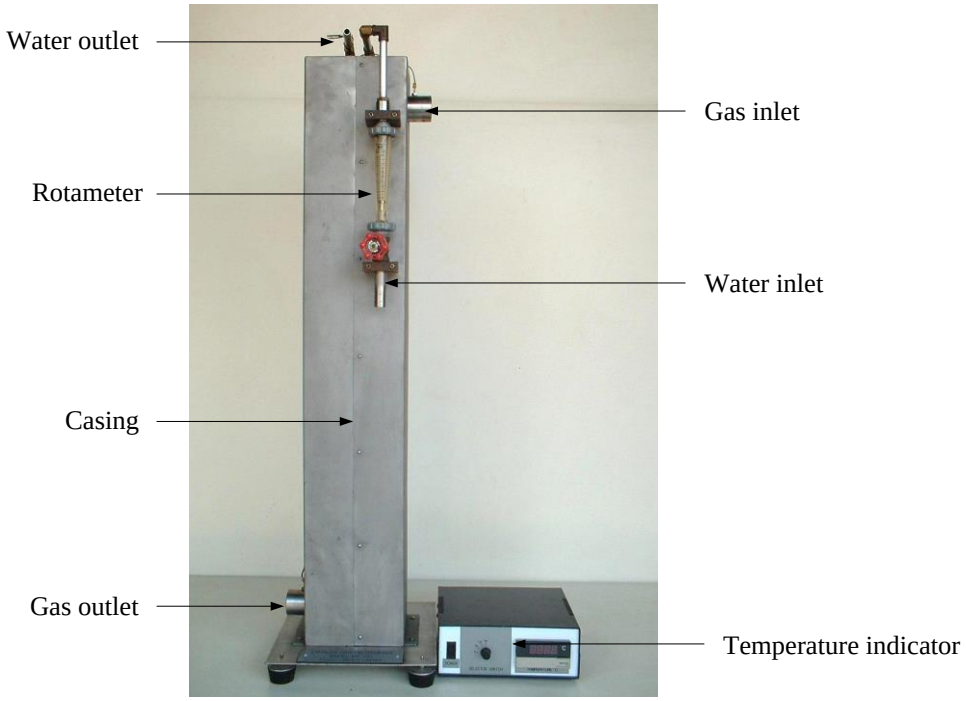
ด้วยการปรับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านแคลอริมิเตอร์ T_{GO} จะมีค่าใกล้เคียงกับ T_A ได้ด้วยเหตุนั้นเทอมที่สองทางด้านขวามือของสมการ (4) จะมีค่าน้อยมาก ดังนั้นความร้อนที่ติดมากับก๊าซไอเสียจึงสามารถประมาณได้จาก:

$$Q_G = m_W C_{PW} (T_{WO} - T_{WI}) \quad \text{..... (7)}$$

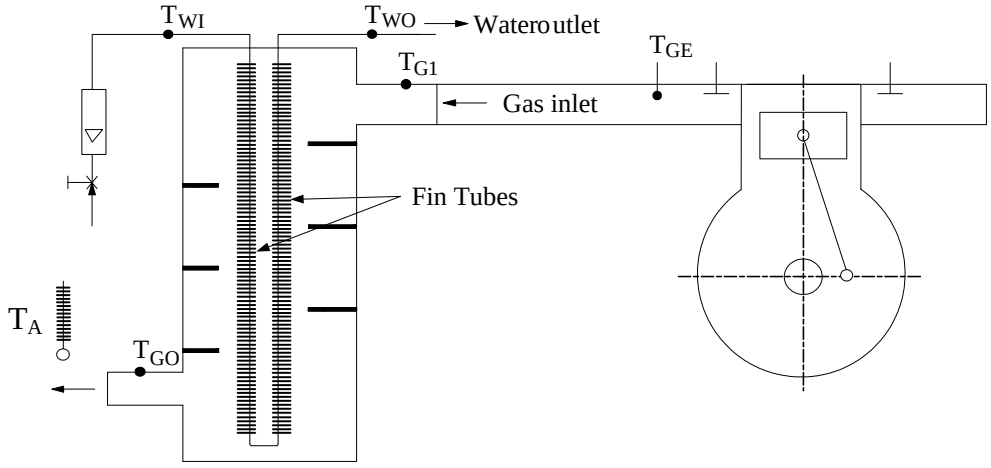
3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.1 แคลอริมิเตอร์ก๊าซไอเสีย

แคลอริมิเตอร์ก๊าซไอเสียเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซไอเสียกับน้ำ รูปภาพและแผนภาพของเครื่องทดลองแสดงไว้ในรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ น้ำเย็นไหลผ่านท่อในแนวดิ่งที่มีครีบรับความร้อนซึ่งอยู่ภายในห้องทรงกระบอกสี่เหลี่ยมที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีฉนวนกันความร้อนหุ้มอยู่ที่ผิวภายใน ก๊าซไอเสียจากเครื่องยนต์ไหลเข้ามาในแคลอริมิเตอร์โดยอยู่ข้างนอกโดยรอบท่อที่มีครีบ อัตราการไหลของน้ำวัดด้วยโรตามิเตอร์ อุณหภูมิของก๊าซไอเสียและน้ำที่ไหลเข้าและออกจากแคลริมิเตอร์วัดด้วยเธอร์โมคัปเปิลและอ่านจากจอเป็นตัวเลขซึ่งมีสวิทช์สำหรับเลือกอ่านจุดวัดอุณหภูมิด้วย เครื่องทดลองนี้ต้องการแหล่งจ่ายน้ำจากภายนอก



รูปที่ 1: รูปถ่ายของแคลอริมิเตอร์ก๊าซไอเสีย



รูปที่ 2: แผนภาพของแคลอริมิเตอร์ก๊าซไอเสีย

4. วิธีทำการทดลอง

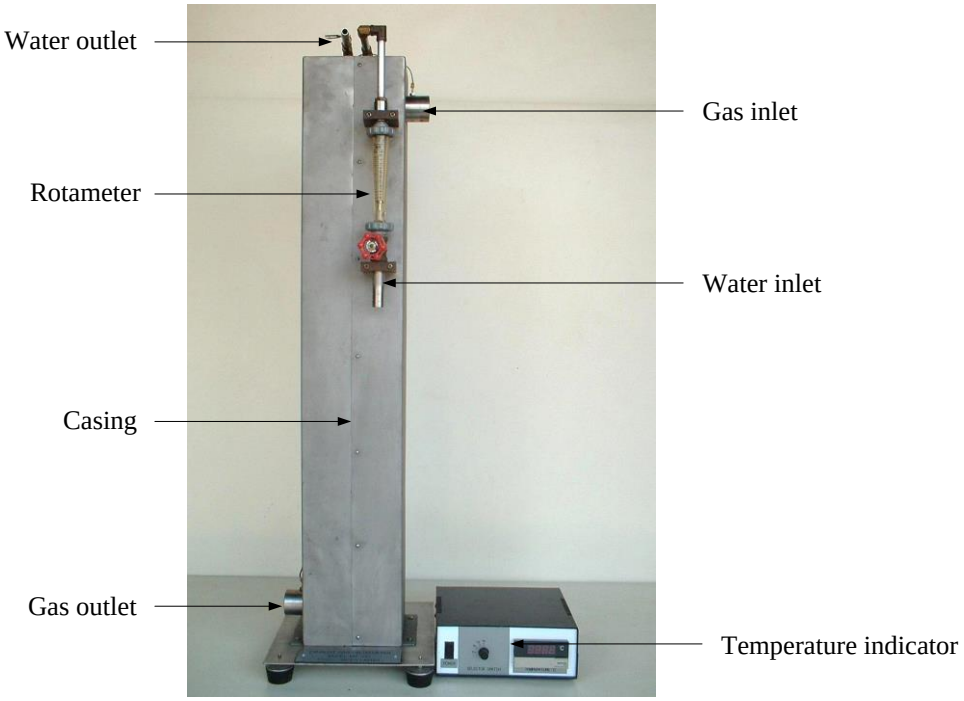


Figure 3: MT 520 Exhaust gas calorimeter

ดูรูปที่ 3:

4.1 ตรวจให้แน่ใจว่าได้ต่อท่อน้ำเข้ากับทางเข้าของ Gate valve ที่ติดอยู่กับ Rotameter และท่ออลูมิเนียมอ่อน
ถูกต่อเข้ากับท่อไอเสียของเครื่องยนต์เรียบร้อยแล้ว

4.2 เปิด Gate valve เพื่อให้น้ำไหลผ่านแคลอริมิเตอร์ในอัตราการไหลที่ต้องการ

4.3 สตาร์ทเครื่องยนต์แล้วอุ่นเครื่องจนเครื่องยนต์ร้อนถึงอุณหภูมิทำงาน

4.4 ตั้งลิ้นคันเร่งของเครื่องยนต์ในตำแหน่งที่ต้องการแล้วปล่อยให้เครื่องยนต์ทำงานที่ตำแหน่งลิ้นคันเร่งที่ตั้งไว้จนกระทั่งได้สภาวะคงตัว (Steady condition)

4.5 อ่านและบันทึกค่าของอุณหภูมิน้ำที่ไหลเข้าและออกจากแคลอริมิเตอร์, อุณหภูมิของก๊าซไอเสียที่ไหลเข้าและออกจากแคลอริมิเตอร์, อัตราการไหลของน้ำที่ไหลเข้าแคลอริมิเตอร์

4.6 ทำขั้นตอนที่ 3.5 ซ้ำ 2-3 ครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลที่บันทึกทั้งหลายไม่เปลี่ยนแปลงค่า

4.7 คำนวณผลลัพธ์จากการทดลองจากค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่บันทึกได้ (ดูตัวอย่างการคำนวณ)

5. ตารางบันทึกผลการทดลอง

EXHAUST GAS CALORIMETER

Tested by: .... Date: ....

Type of engine : ....

Type of fuel : ....

Fuel used	No.	T_1	T_2	T_3	T_4	Thermometer	Rotameter
		T_{WI} ($^{\circ}C$)	T_{WO} ($^{\circ}C$)	T_{GI} ($^{\circ}C$)	T_{GO} ($^{\circ}C$)	T_A ($^{\circ}C$)	(l/min)

6.ผลการศึกษาและวิจารณ์

ให้ทำการวิเคราะห์วิจารณ์และสรุปผลการทดลองที่ได้ทดสอบ

ภาคผนวก

7. ข้อมูลตัวอย่าง

ตารางจดข้อมูล

MT 520 EXHAUST GAS CALORIMETER

Tested by: .....Y. nopadon... Date: ...Nov, 18, 05.....

Type of engine : Nissan, 1600 cc, 4 cylinders, 4-stroke cycle gasoline engine

Type of fuel : Gasoline 95

Fuel used	No.	T_1	T_2	T_3	T_4	Thermometer	Rotameter
		T_{WI} (°C)	T_{WO} (°C)	T_{GI} (°C)	T_{GO} (°C)	T_A (°C)	(l/min)
Gasoline	1	34	37	83	44	29	5.0
	2	34	37	83	44	29	5.0
	3	34	37	83	44	29	5.0
	Av.	34	37	83	44	29	5.0

8. ตัวอย่างการคำนวณ

8.1 อัตราการไหลของก๊าซไอเสีย

จากค่าเฉลี่ยของข้อมูลในตารางข้อมูลตัวอย่าง, อัตราการไหลของก๊าซไอเสียคือ:

$$m_G = m_W (C_{PW}/C_{PG}) [(T_{WO} - T_{WI})/(T_{GI} - T_{GO})]$$

$$= (5/60 \text{ kg/s}) [(4.186 \text{ kJ/kg K})/ (1.005 \text{ kJ/kg K})] [(37\text{-}34 \text{ K})/ (83\text{-}44 \text{ K})]$$

$$= 0.0267 \text{ kg/s}$$

ในการคำนวณนี้ ใช้การสมมติค่าของ C_{PG} = 1.005 kJ/kg K, อย่างไรก็ตาม ค่าของ C_{PG} ที่ละเอียดกว่านี้สามารถหาได้จากตำรา Thermodynamics ทั่วไป

8.2 ความร้อนที่ติดมากับก๊าซไอเสีย

ความร้อนที่ติดมากับก๊าซไอเสียคือ:

$$Q_G = m_W C_{PW} (T_{WO} - T_{WI}) [1+ (T_{GO} - T_A)/ (T_{GI} - T_{GO})]$$

$$= (5/60 \text{ kg/s}) (4.186 \text{ kJ/kg K}) (37\text{-}34 \text{ K}) [1 + (44\text{-}29)/ (83\text{-}44)]$$

$$= 1.449 \text{ kJ/s}$$

เอกสารอ้างอิง

Arkhangelsy V, Khovakh M, Stepanov Y, Trusov V, Vikhert M and Voinov A. (1979) Motor vehicle engines. Moscow: Mir Publishers.

Domkundwar AV and Domkundwar VM. (1999). A course in internal combustion engines. Delhi: Dhanpat Rai.

Greene AB and Lucas GG. (1969). The testing of internal combustion engines. London: The English University Press.



สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 20 การหาค่าความเหนียวหรืออ่อนของจาระบี
GREASE PENETRO METER



1.วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อทดสอบหาคุณสมบัติความแข็งอ่อนของจาระบีชนิดต่าง ๆ ได้

1.2 เพื่อให้ศึกษาและใช้เครื่องหาความแข็งอ่อนของจาระบีได้อย่างถูกต้อง

1.3 สามารถทดสอบจาระบีได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐานการทดสอบ

1.4 สามารถเลือกใช้จาระบีได้อย่างเหมาะสมกับงาน

2. ทฤษฎี

จาระบีเป็นสารหล่อลื่นชนิดหนึ่งมีลักษณะกึ่งของเหลวกึ่งของแข็งเหมาะสำหรับใช้ในการหล่อลื่นในที่ที่น้ำมันหล่อลื่นไม่สามารถที่จะหล่อลื่นได้สมบูรณ์ เช่น แบริ่ง บูช หรือตลับลูปปืนบางชนิด เพราะการใช้น้ำมันเพื่อการหล่อลื่นเช่นนี้ย่อมมีปัญหาเกี่ยวกับการรั่วไหลของน้ำมัน หรือน้ำมันกระเด็นออก และอาจมีฝุ่นผงเข้าไปเจือปนทำให้การหล่อลื่นไม่ได้ผล และอาจเกิดการเสียหายแก่ชิ้นงานได้ ดังนั้นจาระบีจะใช้งานได้ดีกว่าน้ำมันหล่อลื่นภายใต้สภาวะดังต่อไปนี้

1. ในที่ซึ่งน้ำมันหล่อลื่นไม่สามารถให้การหล่อลื่นได้อย่างสมบูรณ์ เช่น ที่ลูกปืนล้อ หรือเกียร์เปิด
2. ความเร็วของเพลาช้ามาก
3. การจับเกาะชิ้นงานได้ดี
4. ไม่ต้องเติมบ่อยครั้ง ทำให้การบำรุงรักษาเสียเวลาน้อยลง
5. เหมาะกับแบริ่งที่รับภาระมากหรือใช้งานหนักมาก ๆ
6. บริเวณที่ไม่ต้องการความสะอาดมากเป็นพิเศษ เหมาะกับงานที่ไม่มีการป้องกันสิ่งสกปรกจากภายนอก เช่น ความชื้น หรือฝุ่นผง

เพเนเทรชั่น (Penetration) เป็นการทดสอบหาค่าความอ่อนแข็งของจาระบี ซึ่งมีวิธีการทดสอบหลาย วิธีด้วยกันคือ

1. ทดสอบโดยวิธีการ Undisturbed Penetration
2. ทดสอบโดยวิธีการ Unworked Penetration
3. ทดสอบโดยวิธีการ Worked Penetration
4. ทดสอบโดยวิธีการ Prolong Worked Penetration
5. ทดสอบโดยวิธีการ Block Penetration

การทดสอบจะใช้วิธีการทดสอบแบบใดก็ได้ ตามความเหมาะสม แต่เพื่อความถูกต้องควรจะใช้วิธีทดสอบแบบที่ 3 หน่วยที่ใช้วัดเป็นเพเนเทรชั่น ซึ่ง 1 เพเนเทรชั่นจะมีค่าเท่ากับ 1/10 มิลลิเมตร

การทดลองหาค่าความอ่อนแข็งของจาระบีโดยการวัดระยะความลึกของกรวยปลายแหลมซึ่งจมลงไปในเนื้อจาระบีที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (±0.5) โดยอ่านค่าจากเกจวัดที่เครื่องวัดแล้วนำมาเปรียบเทียบ กับตารางของ NLGI (National Lubrication Grease Institute) ก็จะได้เบอร์ของจาระบี ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางของ NLGI ซึ่งแสดงถึงมาตรฐานของเบอร์จาระบี

เบอร์จารบี	ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือทดสอบที่ 25°C
000	445 – 475
00	400 – 430
0	355 – 385
1	310 – 340
2	265 – 295
3	220 – 250
4	175 – 205
5	130 – 160
6	85 - 115

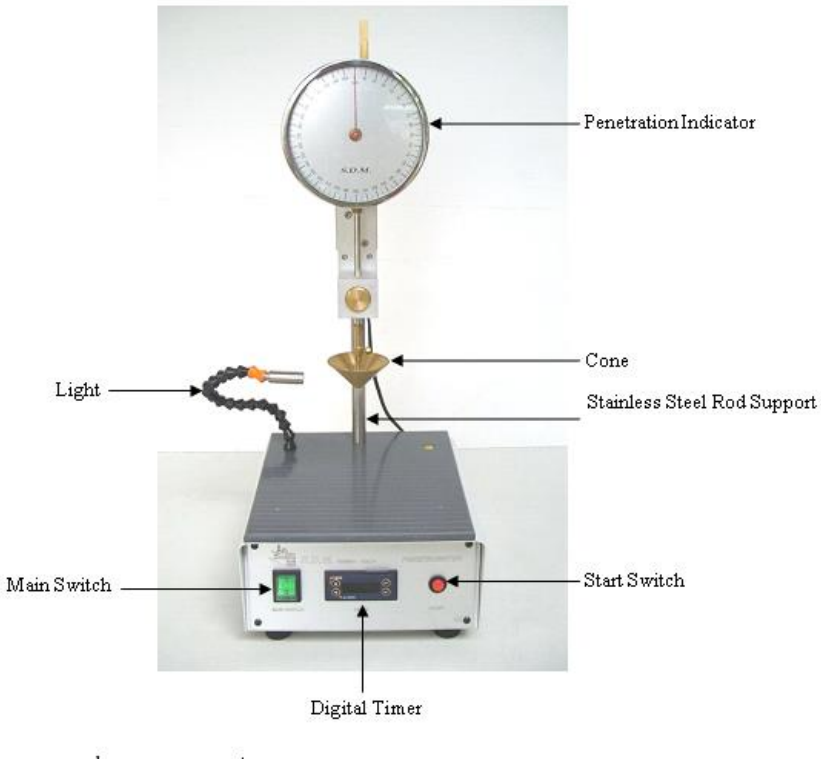
ในบางครั้งอาจจะเกิดปัญหาขึ้นได้จากการทดลอง เช่น อ่านค่าได้จากเกจ 300 หน่วย เมื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่าในตารางจะไม่มีค่า 300 ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการปัดเศษเลื่อนขึ้นไปอ่านค่าในตารางที่มีอยู่

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.1 เครื่องมือหาความอ่อนแข็งของจาระบีหรือเพเนโทรมิเตอร์ (penetrometer)

3.2 กรวยปลายแหลม ซึ่งใช้วัสดุ รูปร่าง และน้ำหนักตามมาตรฐานที่ทำการทดลอง ในที่นี้ใช้มาตรฐานของ ASTM

3.3 พาย (spatula) ที่ทำด้วยโลหะตามมาตรฐาน ASTM



รูปที่ 1-1 เครื่องทดสอบหาค่าเพนิเทรชันของวัสดุ Bituminous

4. วิธีการทดลอง

4.1 ปาดจาระบีด้วยไม้พายในถ้วยบรรจุจาระบีให้เรียบ (พยายามอย่าให้เกิดโพรงอากาศ)

4.2 ทำความสะอาดกรวย (cone) ให้สะอาด

4.3 นำถ้วยทดสอบที่บรรจุจาระบีที่ต้องการทดสอบมาปรับอุณหภูมิให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดคือ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (± 0.5) หรือ 77 องศาฟาเรนไฮต์ (± 1.0)

4.4 ปล่อยกรวยปลายแหลมให้ลงไปในอ่างจาระบี เมื่อปลายกรวยจุ่มถึงเนื้อจาระบีตามเวลาที่กำหนด (5 วินาที)

4.5 วัดระยะทางจากเกจ เป็นหน่วยเพเนโทรมิเตอร์

4.6 นำค่าที่ได้ไปเทียบกับตาราง NLGI ในตารางที่ 1 ก็จะทราบค่าของจาระบี

5. ตารางบันทึกผลการทดลอง

การหาค่าความเหนียวหรืออ่อนของจาระบี

ผู้ทำการทดลอง 1.....
ผู้ทำการทดลอง 2.....
ผู้ทำการทดลอง 3.....

วันที่..... สถานที่ทดสอบ .....

ชนิดของวัสดุทดสอบ ..... ยี่ห้อ ..... สี .... หมายเลข .....

การทดสอบครั้งที่	อุณหภูมิที่ทำการทดสอบ (^{o}C)	เพนิเทรชันที่วัดได้	ตัวเลข NLGI	ชนิดการทดสอบ

6.ผลการศึกษาและวิจารณ์

ให้ทำการวิเคราะห์วิจารณ์และสรุปผลการทดลองที่ได้ทดสอบ



สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 21 การหาค่าความหนืดน้ำมัน

Saybolt Viscometer



1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาถึงอัตราความหนืดของน้ำมัน

1.2 เพื่อศึกษาถึงวิธีการใช้เครื่องมือทดสอบความหนืด

1.3 เพื่อให้เข้าใจความหมายของความหนืด

1.4 เพื่อหาความสัมพันธ์ของความหนืด

2. ทฤษฎี

จากทฤษฎีที่กล่าวว่าของไหลที่มีความหนืดสูง จะยอมให้วัตถุจมลงไปได้ช้ากว่าขอองไหลที่มีความหนืดต่ำ ดังนั้น HOPPLER จึงสร้างอุปกรณ์ทดลองหาค่าความหนืดของของไหลโดยการบรรจุของไหลในหลอดแก้ว แล้วปล่อยให้ลูกบอลซึ่งทำด้วยวัสดุต่างๆ จมลงไปตามระยะทางที่กำหนดไว้จึงเรียกเครื่องมืออันนี้ว่า เครื่องทดสอบความหนืดของของไหลแบบลูกบอล (Falling Bell Viscosity) สามารถวัดหาค่าความหนืดได้อย่างแม่นยำสำหรับของไหลและแก๊สที่เป็นแบบทรานสพาเร้นท์นิวโตเนียน (Transparent Newtonian) จึงเหมาะที่จะวัดค่าความหนืดของสารที่มีค่าความหนืดต่ำ ดังนี้

อุตสาหกรรมทางเคมี

- Polymer in solution
- Solvents
- Inks

อุตสาหกรรมพวกยา

- Raw materials
- Glycerin

อุตสาหกรรมพวกอาหาร

- Gelatin
- Sugar solutions

อุตสาหกรรมน้ำมันแร่

- Oils
- Liquid hydrocarbons

1. การประเมินหาสูตรการคำนวณ

กำหนดให้ทรงกลมรัศมี r ความหนาแน่น ρ_1 เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ในของไหลที่มีความหนืดและความหนาแน่น ρ_2

สำหรับที่ความเร็วน้อยมากๆ ค่าความต้านทาน(W) หาได้จากสูตร

$W = 6\pi\eta rv$ (stokes' law) ..... (1.1)

ถ้าของเหลวที่มีปริมาณไม่มากนักและอยู่ในที่จำกัด อาจประมาณค่าได้ดังสูตร

$$W = 6\pi\eta v\,(1+\frac{2.4r}{R}) \quad \text{(Ladenbury correction)} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1.2)$$

ถ้าของเหลวนั้นบรรจุอยู่ในภาชนะรูปทรงกระบอกที่มีรัศมี R และความสูงสูงกว่ารัศมีทรงกลมมากๆแรงที่กระทำต่อทรงกลมที่อยู่ภายใต้สนามแรงดึงดูดของโลก จะขึ้นอยู่กับค่าความแตกต่างของความหนาแน่นระหว่างทรงกลมนั้นกับของไหล ซึ่งหาได้จากสูตร

$$F = \left(\frac{4}{3}\right)\pi r3\,(\rho_1 - \rho_2)g \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1.3)$$

เมื่อ g เป็นอัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก จากสมการ (1) และสมการ (3) เท่ากัน จะได้ว่า

$$\eta = \left(\frac{2g}{gv}\right)(\rho_1 - \rho_2)\, r^2 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1.4)$$

สำหรับของเหลวทั่ว ๆ ไป ความหนืดจะเป็นเอ็กโพเนนเชียลฟังก์ชั่นของอุณหภูมิ ดังสมการข้างล่าง

$$\eta = A\, e^{b/T} \qquad \text{(Andrade)} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1.5)$$

ค่าคงที่ b ในสมการ (1.5) เป็นพลังงานเนื่องจากของไหลที่มีความหนืด ส่วน $\theta^{b/T}$ สามารถอธิบายโดยใช้ Boltzman factor ซึ่งกำหนดคุณสมบัติของโมเลกุลที่มีพลังงานมากเพียงพอที่จะเอาชนะก่อนการเซ็ทค่าการไหลเข้ามา

1.1 การคำนวณหาค่าความหนืดไดนามิกส์ (Dynamic viscosity, η)

ประกอบด้วยเนื้อหาที่มีสัมพันธ์เกี่ยวข้องกัน ได้แก่ ของไหล ของไหลนิวโตเนียน กฎของสโตก แรงต้านทานภายใน และความหนืด จากหลักการที่ว่า ภายใต้ผลของแรงดึงดูดของโลกและแรงต้านทานภายในของเหลว HAKKE[1] จึงได้สร้างเครื่องมือทดสอบในการวัดค่าความหนืดของทรานสพาเร้นนิวโนเนียม โดยกำหนดว่า ค่าความหนืดของไหลสัมพันธ์กับเวลาที่ลูกบอลตกเป็นระยะทางเท่าที่กำหนดไว้ (100 mm) และขณะที่ลูกบอลลื่นไถลผ่านของเหลวที่ต้องการวัดค่าความหนืด ซึ่งบรรจุอยู่ภายใต้หลอดแก้วที่มีการขยายตัวอย่างแน่นอน (ขยายตัวตามเส้นมีค่าน้อยมาก) และช่องว่างระหว่างหลอดแก้วกับลูกบอลมีค่าไม่มากนักและลูกบอลที่ตกลงมานั้นจะมีอาการหมุนรอบตัวเองอยู่ภายในหลอดแก้วรูปทรงกระบอกที่ทำมุมเอียงไว้เล็กน้อย (ประมาณ 10 ถึง 15 องศา) ดังนั้นจากสมการที่ (4) จึงนำมาปรับปรุงเสียใหม่ และค่าที่คำนวณได้จากสูตรที่ปรับปรุงใหม่จะได้เป็นค่าความหนืดไดนามิกส์ ดังสูตรข้างล่าง

$$\eta = K(\rho_1 - \rho_2)\, t$$

เมื่อ η คือ ค่าความหนืดไดนามิกส์ วัดเป็น mPa.s (cP)

K คือ ค่าคงที่ของลูกบอล (หาได้จากตารางที่ผู้ผลิตให้มา) (mPa.s $cm^3/g.s$)

ρ_1 คือ ค่าความหนาแน่นของลูกบอล (จากตารางที่ผู้ผลิตให้มา) (g/cm^3)

ρ_2 คือ ค่าความหนาแน่นของของไหล ณ ที่อุณหภูมิทดลอง (g/cm^3)

t คือ เวลาที่ลูกบอลตกเป็นระยะทาง 100 มม. วัดเป็น seconds

1.2 การคำนวณหาค่าความหนืดคิเนมาติกส์ (Kinematic Viscosity, ν)

สูตรการคำนวณ $$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

เมื่อ ν คือ ค่าความหนืดคิเนมาติกส์ วัดเป็น cS

η คือ ค่าความหนาแน่นของของไหล ณ ที่อุณหภูมิทดลอง (g/cm^3)

HAKKE[1] ได้สร้างตามมาตรฐานสากล (ของประเทศเยอรมัน หมายเลข DIN 53 015)

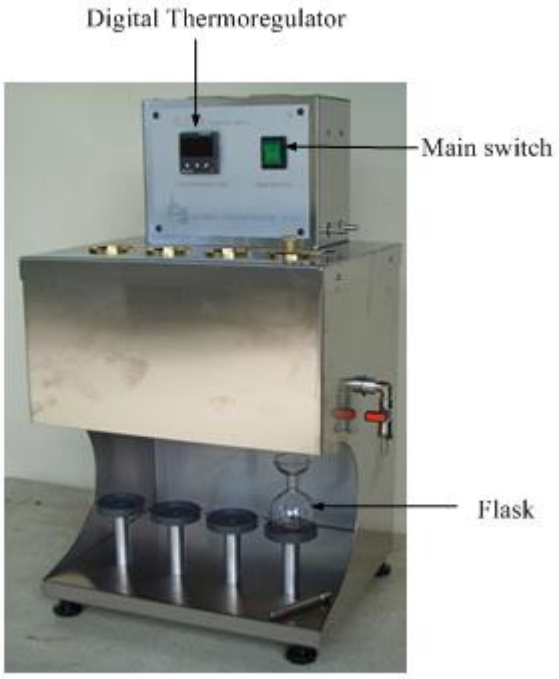
---

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.1 เครื่องทดสอบความหนืดแบบ Saybolt

3.2 เทอร์โมมิเตอร์

3.3 ขวดพิโนมิเตอร์สำหรับรองรับของเหลว (Picnometer Saybolt)



รูปที่ 1-1 เครื่องทดสอบความหนืดแบบ SAYBOLT

4. วิธีการทดลอง

4.1 ตรวจสอบความสะอาดของหลอดทดลอง ถ้าไม่สะอาดจะต้องทำความสะอาดก่อน และทำการปิดจุก Teflon

4.2 เทน้ำมันในที่ใส่น้ำมันจมท่วมหลอดทดลอง Furol ตามระดับของเหลว (ใช้น้ำในกรณีทดสอบความหนืดของน้ำมัน)

4.3 ในการทดลองถ้าเลือกอุณหภูมิที่ใช้ทดลองสูงกว่าอุณหภูมิในห้องทดลอง ควรเพิ่มอุณหภูมิวัสดุตัวอย่างที่ใช้ทดลองให้สูงกว่าอุณหภูมิในห้องไม่เกิน 1.7 องศาเซลเซียส (3 องศาฟาเรนไฮต์) ทั้งนี้อุณหภูมิวัสดุตัวอย่างควรจะอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิของจุดวาบไฟ (Flash Point) ไม่น้อยกว่า 28 องศาเซลเซียส (50 องศาฟาเรนไฮต์)

4.4 เสียบปลั๊กและกดสวิทซ์ในตำแหน่งเปิด (ON) ฮีทเตอร์จะทำงาน 1 ชุด พร้อมเครื่องกวนให้น้ำในอ่างมีอุณหภูมิเท่ากัน

4.5 เลือกใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการทดลอง แต่ละอย่างดังนี้

4.5.1 ใช้อุณหภูมิ 25 , 37.8 , 50 และ 98.9 องศาเซลเซียส สำหรับทดสอบแบบฟูโรล

4.5.2 ใช้อุณหภูมิ 21.1 , 37.8 , 54.4 และ 98.9 องศาเซลเซียส สำหรับทดสอบแบบยูนิเวอร์แซล

4.6 กดสวิทซ์ตั้งค่าอุณหภูมิที่ชุดควบคุม ตามข้อ 3.5

4.7 กดสวิทซ์ชุดที่ 2 ไปที่ตำแหน่ง FAST ฮีทเตอร์ชุดที่สองจะเร่งให้อุณหภูมิเข้าใกล้อุณหภูมิทดสอบเร็วขึ้น ฮีทเตอร์ชุดที่ 2 นี้ จะตัดการทำงานโดยอัตโนมัติเมื่ออุณหภูมิในอ่างใกล้ค่าที่ตั้งไว้ (ตามข้อ 3.6)

4.8 วางขวดพิโนมิเตอร์ใต้หลอดทดลอง

4.9 เทตัวอย่างที่เตรียมสำหรับทดลองผ่านตะแกรงสำหรับกรองเบอร์ 100 ลงสู่หลอดทดลองเมื่ออุณหภูมิของอ่างได้ตามข้อ 3.7 แล้ว

4.10 ตรวจสอบตำแหน่งขวดพิโนมิเตอร์ให้อยู่ใต้หลอดทดลองและเตรียมตัวจับเวลา

4.11 หลังจากเทตัวอย่างไปแล้ว ประมาณ 10 นาที (ใช้เทอร์โมมิเตอร์คนตัวอย่างไปด้วย) อุณหภูมิของตัวอย่างจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอ่าง ดึงจุก Teflon ออก พร้อมกับเริ่มจับเวลาเมื่อได้ปริมาตร 60 ซีซี หยุดจับเวลา

4.12 บันทึกเวลา

4.13 ทำการทดสอบซ้ำเพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม

หมายเหตุ ในการทดสอบน้ำมันใช้หลอดทดสอบแบบ UNIVERSAL
ในการทดสอบยางมะตอยใช้หลอดทดสอบแบบ FUROL

5. ตารางบันทึกผลการทดลอง

การหาค่าความหนืด

ผู้ทำการทดลอง .....วันที่.....

ตัวอย่างเลขที่.....รายละเอียด .....

ทดสอบสำหรับ.....Source .....

ชนิดของออริฟิส ☐ ฟูโรล ☐ ยูนิเวอร์แซล

ปริมาตรของตัวอย่างที่ 60 CC, อุณหภูมิ (C) .....

ทดสอบครั้งที่	1	2	3
เวลา, วินาที			

ค่าเฉลี่ย 1, 2, 3 = ...

ตัวอย่างเลขที่.....รายละเอียด .....

ทดสอบสำหรับ.....Source .....ชนิดของออริฟิส

☐ ฟูโรล ☐ ยูนิเวอร์แซล

ปริมาตรของตัวอย่างที่ 60 CC, อุณหภูมิ (C) .....

ทดสอบครั้งที่	1	2	3
เวลา, วินาที			

ค่าเฉลี่ย 1, 2, 3 = ...

6. คำสั่งท้ายการทดลอง

6.1 จงคำนวณหาค่าความหนืดทางไดนามิคส์

6.2 จงคำนวณหาค่าความหนืดทางคิเนติกส์ของน้ำมัน

7. ผลการศึกษาและวิจารณ์

ให้ทำการวิเคราะห์วิจารณ์และสรุปผลการทดลองที่ได้ทดสอบ

8. ตารางเปรียบเทียบความหนืด

ENGLER (DEGS)	SAY BOLT FUROL (SECS)	SAY BOLT UNIV (SECS)	KINE MATIC VISCO SITY (CENTI STOKES)	RED WOOD NO. 1 (SECS)	ENGLER (DEGS)	SAY BOLT FUROL (SECS)	SAY BOLT UNIV (SECS)	KINE MATIC VISCO SITY (CENTI STOKES)
1.13		35	1.50	340	11.0	41	390	83
1.28		38.9	3.48	360	11.6	43	410	88
1.47		44.7	5.45	380	12.2	46	435	93
1.59		50.5	7.30	400	12.8	48	460	97
1.74		56.5	9.05	420	13.5	50	480	102
1.90		62.5	10.75	440	14.1	52	500	108
2.07		68.2	12.30	460	14.8	54	525	112
2.24		74.5	14.20	480	15.5	57	550	118
2.40		80.5	15.50	500	16.1	59	580	122
2.53		86.5	17.00	600	19.2	71	680	147
2.70		92.0	18.50	700	22.5	82	800	172
2.86		96.0	20.00	800	25.8	94	920	197
3.01		104	21.30	900	28.6	105	1050	221
3.18		110	22.70	1000	32.1	118	1150	245
3.43		116	24.10	1100	35.0	129	1250	270
3.62		127	27.20	1200	39.0	140	1360	295
3.90		132	29.20	1300	42.0	153	1500	322
4.11		149	31.70	1400	44.0	165	1600	345
4.33	20.2	160	34.10	1500	48.0	175	1700	370
4.80	21.2	169	36.50	2000	64.0	235	2350	495
5.19	22.1	183	39.10	2500	81.0	295	2900	625
5.5	23.1	194	41.50	3000	96.0	350	3450	740
5.80	24.1	207	44.00	3500	112.0	410	4000	860
6.20	25.1	219	46.80	4000	127.0	470	4600	970
6.47	26.1	229	49.00	4500	142.0	520	5100	1100
6.75	27.2	240	52.00	5000	160.0	575	5650	1220
7.10	28.2	253	54.00	5500	175.0	650	6300	1350
7.40	29.3	263	57.00	6000	190.0	700	6800	1490
7.80	30.4	275	59.00	6500	208.0	760	7700	1600
8.00	31.3	288	61.00	7000	225.0	810	8000	1710
8.30	32.2	300	63.00	7500	240.0	880	8600	1850
8.70	33.3	310	66.00	8000	259.0	936	9200	1995
9.00	34.5	320	68.00	8500	272.0	10000	9800	2100
9.30	35.6	335	71.00	9000	285.0	1080	10300	2220
9.60	36.7	341	73.00	9500	300.0	1110	10900	2330
10.20	39.0	365	78.00	10000	320.0	1190	11800	2500

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 22 การทดลองสมดุลแบบสแตติกและไดนามิกส์
(STATIC AND DYNAMIC BALANCING MACHINE)



1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาถึงการถ่วงสมดุลแบบสแตติก หรือการถ่วงสมดุลแบบระนาบเดียว

1.2 เพื่อศึกษาถึงการถ่วงสมดุลแบบไดนามิกส์ หรือการถ่วงสมดุลแบบสองระนาบ

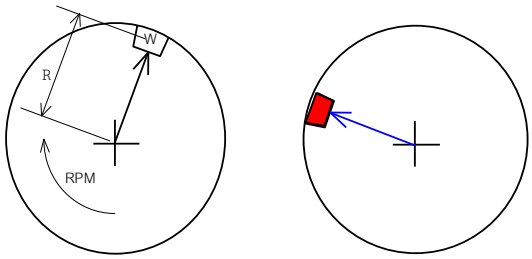
1.3 Balancing machine calibration

2. ทฤษฎี

2.1 การถ่วงสมดุล

การแก้ปัญหาความไม่สมดุลนั้นจะต้องใช้ความรู้และความเข้าใจเฉพาะทาง ซึ่งไม่เหมือนกับการแก้ปัญหาการไม่ได้ศูนย์ , การหลวมคลอน (misalignment , looseness) และการแก้ปัญหาทางด้านไฟฟ้าซึ่งสามารถแก้ได้โดยตรง

ความไม่สมดุลของเครื่องจักรกลนั้นเกิดมาจากน้ำหนักที่การกระจายตัวรอบแกนหมุนของตัวโรเตอร์นั้นไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กระทำกับตัวรองรับเพลา



รูปที่ 1

เราสามารถบอกความไม่สมดุลได้โดยใช้คุณสมบัติการสั่นสะเทือนที่ 1 × RPM ของการหมุนของส่วนไม่สมดุลในรูปที่ 1 แอมพลิจูดตามแนวรัศมี (ยกเว้นในกรณีการสั่นสะเทือนในแนวแกนของโรเตอร์เกิดจากความไม่สมดุลที่น้ำหนักยื่นออกทางด้านข้าง , overhang ตามรูปที่ 10) และมุมเฟสเกือบคงที่

2.2 การถ่วงสมดุล (Balancing Requirements) ต้องมีเงื่อนไขต่อไปดังนี้

2.2.1 เป็นการสั่นสะเทือนที่เกิดจากความไม่สมดุล

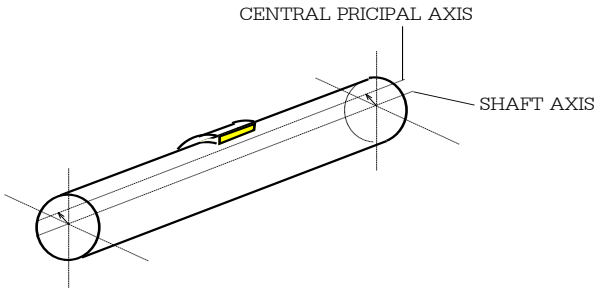
2.2.2 สามารถแก้ไขปัญหาได้บนโรเตอร์

2.2.3 สามารถสังเกตขนาดและมุมเฟสของการสั่นสะเทือนได้ชัดเจน

2.3 ชนิดของความไม่สมดุล (Type of Unbalance)

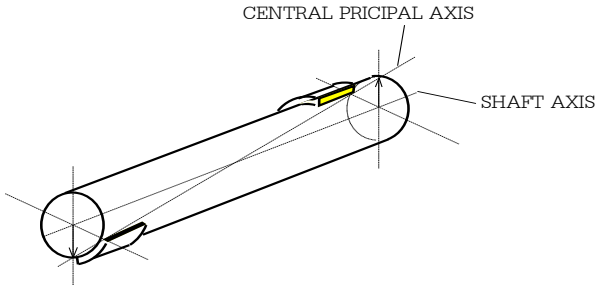
จากคำจำกัดความของความไม่สมดุลที่ว่าน้ำหนักของโรเตอร์รอบแกนหมุนกระจายตัวไม่เท่ากัน หรือกล่าวได้อีกลักษณะหนึ่งว่าแกนเพลาของโรเตอร์กับแกนหมุนของโรเตอร์ไม่ได้อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน (แกนหมุนของโรเตอร์คือแกนที่มีน้ำหนักของโรเตอร์กระจายตัวเท่า ๆ กัน)

ชนิดของความไม่สมดุลที่ขึ้นอยู่กับรูปร่าง ความสัมพันธ์ของแกนเพลาของโรเตอร์ กับแกนหมุนของโรเตอร์ มีอยู่ 4 ชนิด คือ static, couple, quasi-static และ dynamic unbalance ความไม่สมดุล แบบระนาบเดียว (Static Unbalance) ตรวจจับได้บนคมมีดที่รองรับแกนเพลาของโรเตอร์



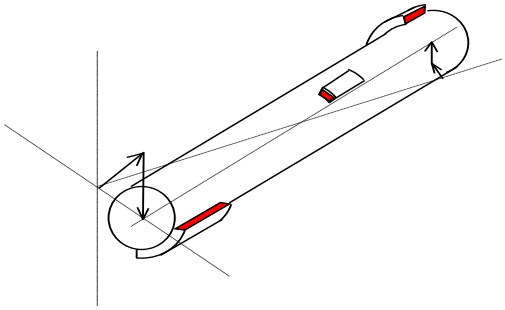
รูปที่ 2

ความไม่สมดุลที่เกิดจากโมเมนต์แรงควบคู่ (Couple Unbalance) สามารถตรวจจับไม่ได้บนคมมีด (ถือว่าอยู่ทีตัวรองรับเพลา)



รูปที่ 3

ความไม่สมดุลแบบ 2 ระนาบ (Dynamic Unbalance) พบได้ทั่วไป การสั่นสะเทือนสองจุดจะมีเฟสต่างกันไม่เกิน 180 องศา



รูปที่ 4

ข้อควรพิจารณาที่สำคัญสำหรับการถ่วงสมดุล (Important Balancing Considerations)

1. การสั่นสะเทือน ต้องแปรผันโดยตรงตามจำนวนความไม่สมดุลของโรเตอร์
2. การเปลี่ยนแปลงของเครื่องหมายบนโรเตอร์ต้องแปรตามมุมของ trial weight
3. ค่าของการสั่นสะเทือนที่อ่านได้ต้องมีค่าที่แน่นอน

2.4 สาเหตุของความไม่สมดุล (Causes of Unbalance)

2.4.1 มีโพรงว่างเกิดขึ้นในชิ้นงานที่ได้มาจากการหล่อขึ้นรูป (Blow holes in casting)

2.4.2 เกิดการเยื้องศูนย์ (Eccentricity) ขึ้น

2.4.3 ร่องลิ่มและตัวลิ่ม (Addition of keys and key ways)

2.4.4 การบิดเบี้ยว (Distortion)

2.4.5 ความหลวม , ความคลาดเคลื่อนของขนาด (Clearance, tolerances)

2.4.6 การกัดกร่อนและสึกหรอ (Corrosion and wear)

2.4.7 การสะสมของสิ่งสกปรก (Deposit build-up)

2.5 การเตรียมงานถ่วงสมดุล (Preparing for Balancing)

2.5.1 ต้องแน่ใจว่าการสั่นสะเทือนเกิดจากความไม่สมดุล

2.5.2 ตรวจสอบเครื่องจักรว่ามีร่องรอยการเสียหายหรือไม่ เช่น รอยร้าวของชิ้นส่วน ตัวเพลาเองยึดแน่นหรือไม่

2.5.3 กำจัดวัสดุแปลกปลอมที่ติดอยู่บนตัวโรเตอร์ ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดการไม่สมดุลชั่วคราว

2.5.4 จากการวิเคราะห์ข้อมูลการสั่นสะเทือนในแนวรัศมีสูงกว่าการสั่นสะเทือนในแนวดิ่งหรือแนวราบ และการติดตั้งตัวตรวจจับการสั่นสะเทือน (transducer) ให้ติดตั้งในตำแหน่งที่มีแอมพลิจูดสูงสุด

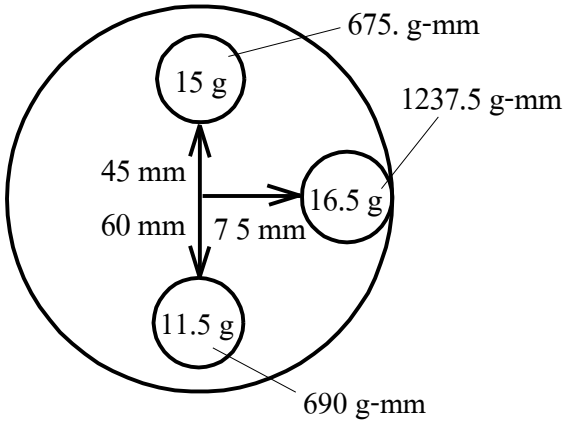
2.5.5 ก่อนการบันทึกค่าความไม่สมดุลต้องแน่ใจว่าเครื่องจักรนั้นกำลังทำงานด้วยความเร็วคงที่มีเครื่องจักรหลายชนิด ที่เดินจากหยุดนิ่งและเย็นจะต้องใช้เวลาให้เครื่องเดินเรียบคงที่สังเกตได้จาก ค่าความไม่สมดุลของความเร็ว, อุณหภูมิ และภาระเปลี่ยนแปลง เข้าหาค่าคงที่

2.5.6 ขณะที่เครื่องจักรหยุดนิ่งให้สังเกตว่าการสั่นสะเทือนนั้นเกิดจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรที่อยู่ใกล้เคียงหรือไม่

2.5.7 ต้องแน่ใจว่า trial weight ที่ติดเข้าไปนั้นยึดได้แน่นและจะต้องไม่หลุดออกมาในขณะที่ทำงาน

2.6 การเลือกขนาดของน้ำหนักทดสอบ (Selecting and Using Trial Weights)

หน่วยวัดในการถ่วงสมดุล (Units for Expressing Unbalance) ค่าความไม่สมดุลจะอยู่ในเทอมของ ผลคูณระหว่างน้ำหนัก (กรัม) กับระยะห่างจากแกนหมุน (มิลลิเมตร) ดังนั้นจึงมีหน่วยเป็นกรัม-มิลลิเมตร (ดูรูปที่ 5)



รูปที่ 5

การใส่น้ำหนักทดสอบที่ดีควรจะต้องทำให้ค่า Amplitude เปลี่ยนแปลงไป 30% และมุมเปลี่ยนแปลงไป 30° อย่างไรก็ตามการทดลองในห้องปฏิบัติการนั้น ตำแหน่งของรูสำหรับใส่น้ำหนักทดสอบ จะต่าง กันรูละ 60°

น้ำหนักทดสอบจะต้องติดเข้ากับโรเตอร์ เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงค่าที่วัดได้ชัดเจน ขนาดของน้ำหนักนั้นสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$F_{unbalaqnce} = F_{weight}$$

$$m_t(kg) \times r_t(m) \left(2\pi\, n \left(\frac{1}{min}\right)\right)^2 = m_r(kg) \times 9.81 \left(\frac{m}{s^2}\right)$$

$$m_t(kg) = \frac{m_r(kg) \times 9.81 \left(\frac{m}{s^2}\right)}{r_t(cm) \left(\frac{m}{100cm}\right) \left[2\pi\, n \left(\frac{1}{min}\right) \left(\frac{min}{60\ s}\right)\right]^2}$$

$$m_t(kg) = \frac{m_r(kg) \times 9.81 \left(\frac{m}{s^2}\right)}{\frac{r_t(cm)}{10^2} \left(\frac{n \left(\frac{1}{min}\right)}{9.55}\right)^2 \frac{m}{cm} \cdot \frac{min^2}{s^2}}$$

$$m_t(kg) = \frac{m_r(kg) \times 9.81 (\frac{m}{s^2})}{r_t(cm) \left(\frac{n \frac{1}{min}}{95.5}\right)^2}$$

ใช้ค่า (1/10) g น้ำหนักทดสอบควรจะมีค่า

$$m_t \approx \frac{m_r}{r_t (\frac{n}{100})^2} \cdot \frac{cm}{min^2}$$

m_t = น้ำหนักที่ใช้ทดสอบ, g / kg

m_r = น้ำหนักโรเตอร์, g / kg

r_t = ระยะทางที่วัดตามแนวรัศมีของน้ำหนักทดสอบ , cm

n = ความเร็วรอบ , rpm

2.7 หลักการของการทำสมดุล

แนวความคิดเบื้องต้น

2.7.1 ค่าของขนาดความสั่นสะเทือนจะแปรโดยตรงกับความไม่สมดุล.

2.7.2 มุมเปลี่ยนไปตามตำแหน่งของตำแหน่งน้ำหนัก

การถ่วงสมดุล 1 ระนาบด้วย Vector

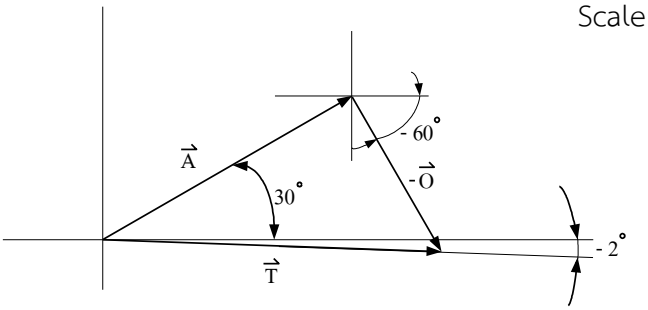
(1) บันทึกค่าเริ่มต้น

(2) ติดน้ำหนักทดสอบและบันทึกค่าใหม่ Vector " O + T "

(3) เขียน vector ในอัตราส่วนเดียวกัน แล้วลากเส้นปิด เรียก vector นี้ว่า "T "

$$\text{น้ำหนักถ่วง} = \text{น้ำหนักทดสอบ} \times \frac{\text{"O"}}{\text{"T"}}$$

หมายเหตุ ตัวอย่างต้องใช้เทคนิคของ Complex number เพื่อความง่าย

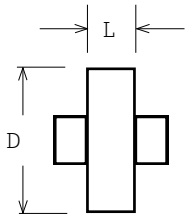
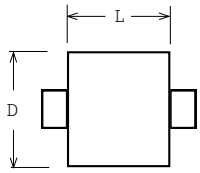
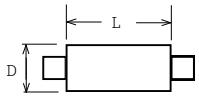


$$\vec{A} = \vec{O} + \vec{T} = 5.16\mu m.phase30^{\circ}$$

$$\vec{O} = 3.2\mu m.phase - 60^{\circ}$$

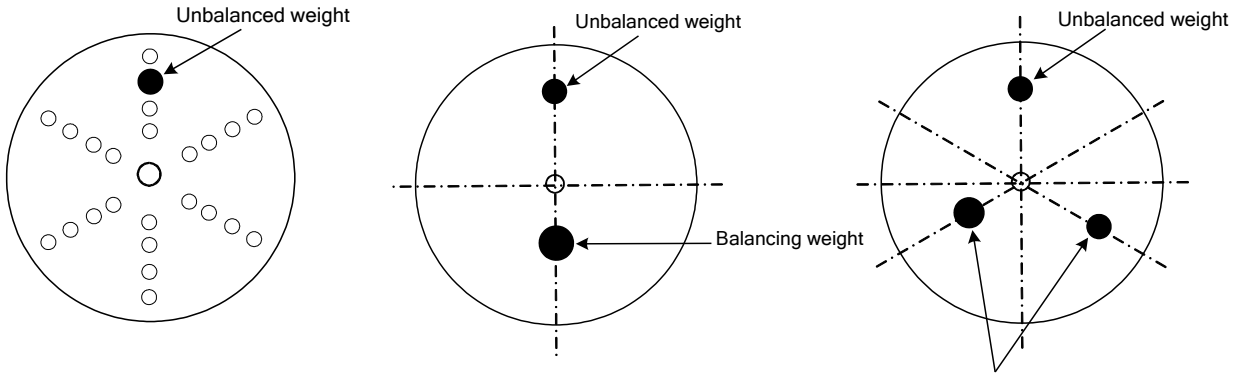
$$\vec{T} = \vec{A} - \vec{O}$$

<u>ตารางที่ 1</u> อัตราส่วนของ L/D การถ่วงสมดุลแบบ 2 ระนาบ

	อัตราส่วน	การแก้ไข		
		ระนาบเดียว	2 ระนาบ	หลายระนาบ
	Less than 0.5	0-1000 RPM	Above 1000 RPM	Not Application
	More than 0.5 but less than 2	0-150 RPM	150-2000 RPM or above 70% of 1st Critical	Above 2000 RPM or above 70% of 1st Critical
	More than 2	0-100 RPM	Above 100 RPM to 70% of 1st Critical	Above 70% of 1st Critical

2.8 การถ่วงสมดุลในห้องปฏิบัติการ

หัวข้อนี้แนะนำการถ่วง Rotor อย่างง่าย ๆ โดยสามารถติดน้ำหนักทดสอบในตำแหน่งตรงข้ามกับ น้ำหนักไม่สมดุลที่ไม่ทราบค่า หรือติดในตำแหน่งที่ห่างออกไปเป็นมุม 60° เริ่มต้นด้วยการติดมวลที่ไม่รู้ค่า (แป้นเกลียวและสลักเกลียว) ไว้ที่ตัว rotor ในตำแหน่งที่เลือกไว้ ในกรณีนี้เราทราบแน่นอนว่าจะต้องติดมวล ไว้ในตำแหน่งที่ทำมุม 180° ที่อยู่ด้านตรงข้ามเพื่อแก้ปัญหาความสั่นสะทือนที่เกิดขึ้น ในการทดสอบนี้จะต้อง หาน้ำหนักและรัศมีที่ต้องการใช้ในการติดน้ำหนักที่ใช้สำหรับแก้ไขความสั่นสะเทือนอีกวิธีก็คือ ติดน้ำหนักจำนวน 2 ก้อน ไว้ในช่องที่ไม่อยู่ตรงข้ามกับน้ำหนักที่ไม่สมดุล เพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับการบวกของแรงทั้งสองให้อยู่ในแนวตรงข้ามกับน้ำหนักไม่สมดุลและให้แรงอีกด้านหนึ่งของน้ำหนักทั้งสองหักล้างกันไป



Unbalanced condition Balancing by single weight Balancing by two weight

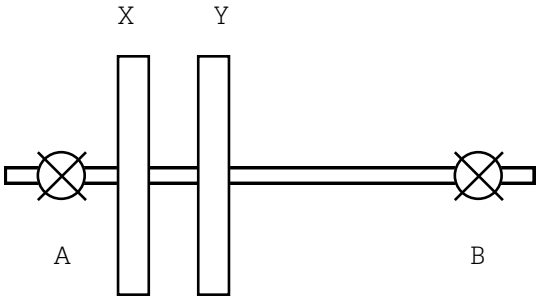
รูปที่ 6

การถ่วงสมดุลแบบ 2 ระนาบนั้นจะทำหลังจากนักที่ศึกษาเข้าใจถึงการถ่วงแบบระนาบเดียวเป็นอย่างดี มาแล้ว

การถ่วงแบบ 2 ระนาบนั้นจะคล้ายกับการถ่วงสมดุลแบบระนาบเดียว แต่ต้องคำนึงถึงผลกระทบ cross-effect หรือ correction-plane interference ซึ่งหมายความว่า การเกิดความไม่สมดุลที่ปลายด้านหนึ่งของ เพลาหนึ่งจะส่งผล กระทบไปทำให้เกิดความไม่สมดุลขึ้นที่อีกปลายด้านตรงข้ามของเพลา ตามรูปที่ 7

ถ้าหากไม่มีผลกระทบดังกล่าวแล้ว การถ่วงสมดุลแบบ 2 ก็สามารถเดินเครื่องเพียว 3 ครั้ง เพื่อทำการถ่วงสมดุลแบบระนาบเดียว และสองระนาบแยกกันได้ในเวลาเดียวกัน แต่ถ้ามีผลกระทบในระบบ การถ่วงสมดุลแบบ 2 ระนาบแล้ว ก็ไม่สามารถทำได้ง่าย ๆ ดังวิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว

Single-Plane Vector Method for Two-Plane Balancing เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก โดยการทำ two-plane ให้เป็น single-plane สองชุดถ้าไม่มีผลกระทบจะทำการถ่วงได้สมบูรณ์ ในรูป 8 เป็นตัวอย่างของโรเตอร์ที่มี ross-effect เกิน 100% มีวิธีการถ่วงที่ง่าย ๆ คือ พยายามถ่วงแก้ระนาบ X โดยอ่านค่าการสั่นสะเทือน ที่ตัวรองรับ B และถ่วงระนาบ Y โดยอ่านค่าการสั่นสะเทือนที่ตัวรองรับ A



รูปที่ 7

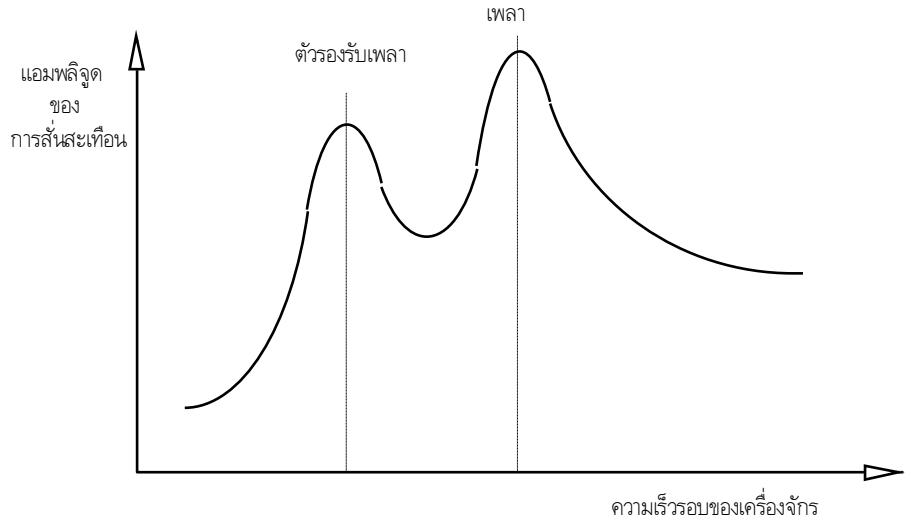
วิธีเวคเตอร์สองระนาบ (Two-Plane Vector Method) เป็นวิธีที่นำเอา single-plane มาใช้กับ two-plane อาจจะทำให้มีการใช้ trial weight หลายครั้งที่จะลดผลกระทบซึ่งไม่เหมาะในทางปฏิบัติขั้นตอนต่อไปนี้เป็นการเดินเครื่อง 3 ครั้ง สำหรับการถ่วงสมดุลแบบ 2 ระนาบ

(1) บันทึก การสั่นสะเทือนที่เนื่องจากความไม่สมดุลของตัวรองรับเพลาทั้งสอง
(2) ปิดเครื่องและติด trial weight ที่ระนาบถ่วงแก้ด้านหนึ่ง
(3) เดินเครื่องแล้วและบันทึกการสั่นสะเทือนที่เนื่องจากความไม่สมดุลที่ตัวรองรับปลายทั้งสองของโรเตอร์
(4) หยุดเครื่องแล้วนำเอา trial weight ออกต่อจากนั้นให้ติด trial weight ไว้ที่ระนาบถ่วงแก้ในด้านตรงข้าม
(5) เดินเครื่องอีกครั้งหนึ่งแล้ว บันทึกค่าไม่สมดุลที่ตัวรองรับทั้งสองตัวของโรเตอร์
(6) นำค่าที่บันทึกมาเขียนเวคเตอร์แล้วคำนวนหาน้ำหนักมาแก้การสะเทือนทั้งสองระนาบ

2.9 โรเตอร์แบบแข็งและอ่อนตัวได้ (Rigid vs. Flexible Rotors)

ในความเป็นจริงนั้นโรเตอร์ส่วนมากจะมีรูปร่างที่ซับซ้อน อาจจะประกอบด้วย disk หลายอัน แต่ก็ยังจะเลือกสองระนาบที่สะดวกไว้สำหรับติดตั้งน้ำหนักสำหรับแก้ถ่วงสมดุล

การจัดโรเตอร์ให้เป็น rigid หรือ flexible นั้นจะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็วรอบกับความถี่ธรรมชาติ กราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอมพลิจูดของการสั่นสะเทือนกับความเร็วรอบของเครื่องจักรที่เริ่มต้นจากจุดที่เพลาหยุดนิ่งนั้นมีลักษณะดังรูปที่ 8 ถ้าความเร็วรอบ (RPM) เกิดที่ มี peak หรือเกิด “สั่นพ้อง (resonance)” แล้วก็จะเรียกความเร็วดังกล่าวว่า “ความเร็ววิกฤต (critical speed)”

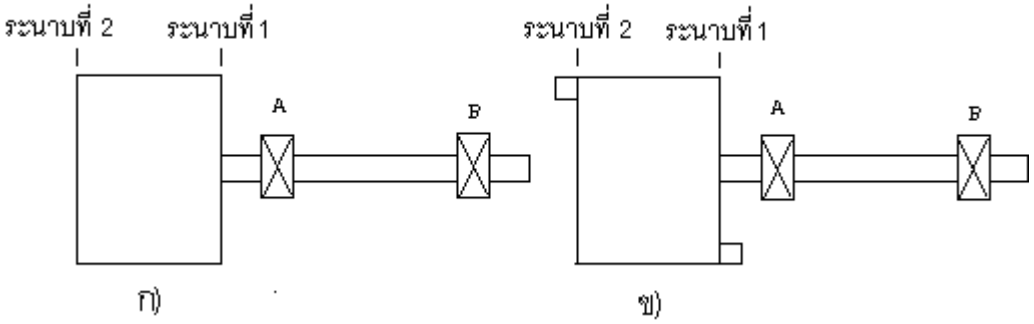


รูปที่ 8

ตามกฎทั่ว ๆ ไปนั้นจะถือว่าโรเตอร์ที่ทำงานด้วยความเร็วรอบต่ำกว่า 70% ของความเร็วรอบวิกฤติ นั้นเป็น rigid แต่ถ้ามีความเร็วรอบสูงกว่านี้แล้วโรเตอร์ก็จะโก่งงอเนื่องจากแรงไม่สมดุล

2.10 วิธีถ่วงสมดุลแบบเฉพาะ (Special Balancing Procedures)

การถ่วงสมดุลโรเตอร์แบบยื่นข้างหรืออยู่นอกตัวรองรับเพลา (Balancing Overhang Rotors) จากรูป ที่ 9 การถ่วงสมดุล overhang rotor ได้แก่ พัดลม, blower และ pump ถ้าอัตราส่วน L/D น้อยกว่า 0.5 แล้วก็ให้วิธีการถ่วงสมดุลแบบ static unbalance ถ้ามีผลกระทบจาก L/D แล้ว ขั้นตอนจะมีมากขึ้น และมีข้อ เสนอแนะดังนี้



รูปที่ 9

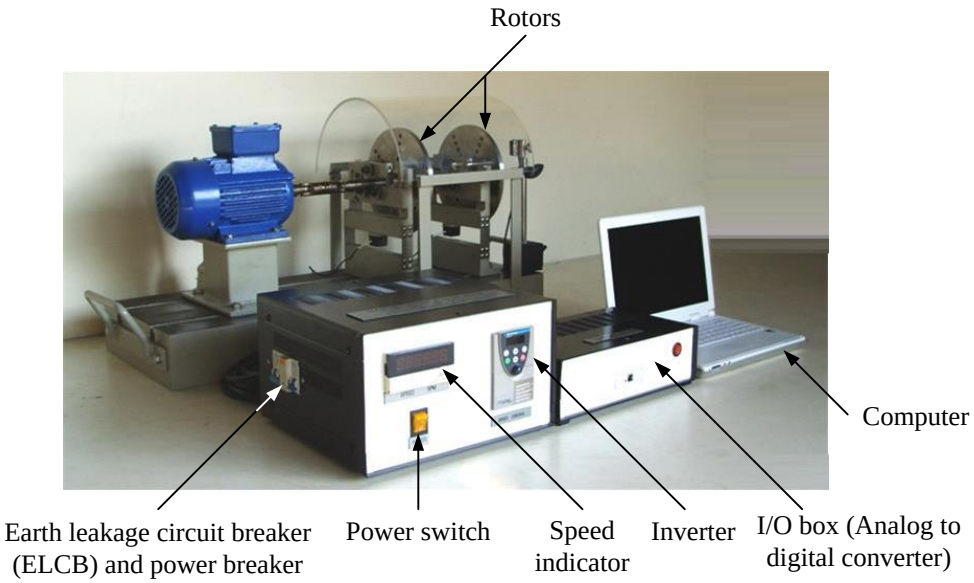
เริ่มที่ตัวรองรับเพลากับระนาบที่จะถ่วงแก้ความสั่นสะเทือนจะต้องอยู่ใกล้กัน จากรูปที่ 9 นั้น ถ้าหากตัวรองรับ A กับระนาบที่ 1 อยู่ใกล้กันแล้ว ให้นำวิธี single-plane vector มาใช้ในการ ถ่วงสมดุล ระนาบที่ 1 แต่เนื่องจาก cross effect จะทำให้ unbalance ที่ตัวรองรับ B เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นทำการถ่วงสมดุลที่จุดนั้น ติดน้ำหนักบนระนาบที่ 2 ซึ่งคล้ายกับการถ่วงวิธี two-plane balancing

วิธีถ่วงสมดุลสำหรับการสั่นสะเทือนที่ตัวรองรับเพลา B โดยไม่คำนึงถึงตัวรองรับเพลา A มากกว่าพยายามที่จะถ่วงสมดุลโดยวิธี two-plane balancing อีกวิธีหนึ่งใช้วิธี static balance ที่ระนาบที่ 1 โดยการติด trial weight ที่ระนาบที่ 2 และติด balance weight ที่ด้านตรงข้ามกันบนระนาบที่ 1 ตามรูปที่ 9 (ข)

ยังเหลือการถ่วงตัวรองรับ B กับระนาบที่ 2 ใช้การเขียนเวคเตอร์ สำหรับ single-plane balancing เมื่อติดน้ำหนักถ่วงที่ระนาบที่ 2 ให้ติดน้ำหนักขนาดเดียวกันที่ระนาบที่ 1 แต่ด้านตรงข้ามกัน

3. วิธีการทดลอง

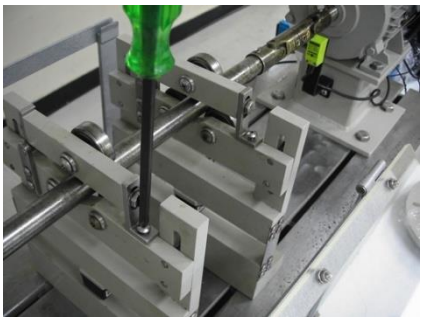
3.1 ชุดทดลองสมดุลแบบสแตติกและไดนามิกส์



รูปที่ 10 ชุดทดลองสมดุลแบบสแตติกและไดนามิกส์

3.2 วิธีการติดตั้ง Rotor ที่ต้องการ Balance แบบ One plane

3.2.1 คลายสกรูยึดชุดลูกปืนที่กดเพลา ตัวบน ออกทั้ง 2 ตัว และโยกชุดลูกปืน กดเพลาขึ้น (ดังรูปที่ 11)



รูปที่ 11

3.2.2 คลายเกลียวตัวหนอนที่ยึดเพลากับข้อต่อเพลา และถอดเพลาออก(ดังรูปที่ 12)



รูปที่ 12

3.2.3 สวมโรเตอร์เข้าไปในเพลา และนำเพลาไปวางบนชุดลูกปืนรองรับ และใส่ปลายเพลาเข้าไปยึดกับชุดข้อต่อเพลา (ดังรูปที่ 13)

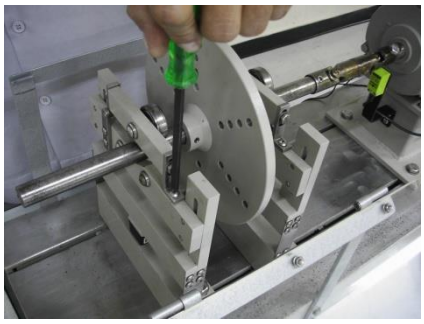
ข้อสังเกต เกลียวตัวหนอนต้องตรงกับรูที่เจาะไว้และขันเกลียวให้ฝังเข้าไปในรูด้วย(ดังรูปที่ 14)





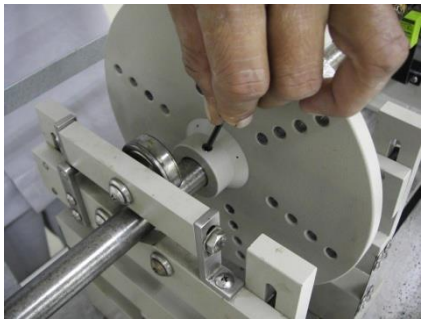
รูปที่ 13 **รูปที่ 14**

3.2.4 โยกชุดลูกปืนกดเพลาลงมาและขันสกรูยึดให้แน่นทั้ง 2 ตัว (ดังรูปที่ 15)



รูปที่ 15

3.2.5 เลื่อนโรเตอร์ให้อยู่ตรงกลางระหว่างกลางแท่นรองรับการสั่นสะเทือนทั้ง 2 อัน และขันเกลียว ตัว หนอน ยึดโรเตอร์ให้แน่นติดกับเพลา (ดังรูปที่ 16)



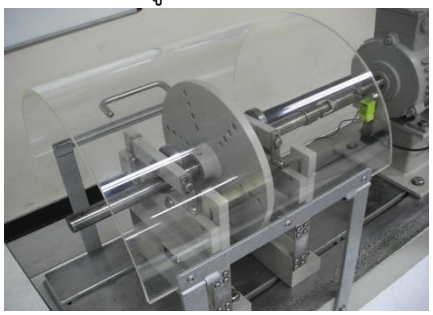
รูปที่ 16

ข้อสังเกตในการติดตั้งโรเตอร์แบบ One plane

- การติดตั้ง bladeใด blade หนึ่งใน 6 blade ให้ตรงกับหัววัดรอบแล้วใช้ blade นั้นเป็น blade อ้างอิงในการทำ Trial mass แล้วกำหนด blade นั้นให้เป็น blade ที่ 0 ในการจัดมุม Phase ใน Program จะวัดตามการหมุนของมอเตอร์
- การติดตั้ง Sensor Viabration pickup (สามารถวัดการสั่นสะเทือนได้ในทิศทางเดียว) ติดที่ตัวไหนก็ได้ที่เกิดสัญญาณการสั่นสะเทือนมากที่สุด การ Balance จะเป็นการลดสัญญาณการสั่นสะเทือน ที่ตำแหน่งที่ติด Sensor ในที่นี้ได้ออกแบบชุดทดลองให้มีการสั่นมากที่สุด

ในทิศทางเดียวคือทิศทางขวางชุดทดลอง ควรติด Sensor ให้หัวลูกศรไปในทิศทางนั้นทั้งสอง Sensorในการติดตั้งแบบ One plane นี้ให้ติด Sensor เพียงตัวเดียว โดยเลือกจุดรองรับเพลาที่อยู่ใกล้กับมอเตอร์

3.2.6 ปิดฝาครอบใส เพื่อป้องกันอันตราย (ดังรูปที่ 17)

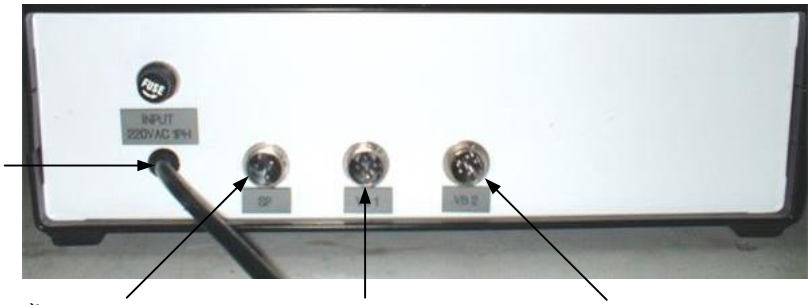


รูปที่ 17

3.3 การเชื่อมต่อสัญญาณของระบบ

3.3.1 ต่อสายสัญญาณและสายไฟเข้ากับตู้ควบคุม ตาม Diagram (ดังรูปในหน้า18)

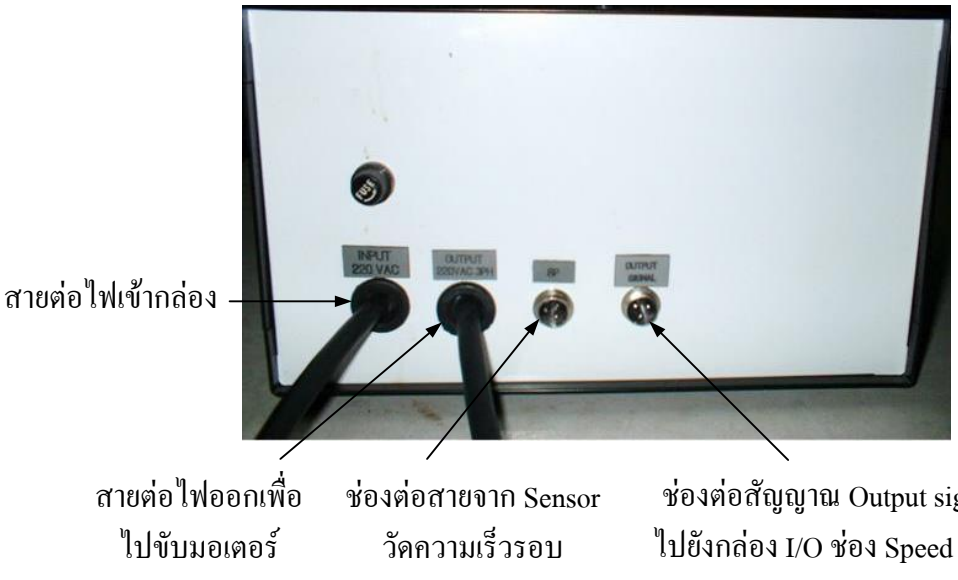
รูปด้านหลังกล่อง I/O



รูปด้านหน้ากล่อง I/O



รูปด้านหลังของกล่อง Inverter



3.4 ขั้นตอนการ ถ่วงสมดุลด้วย Program Field Balance (One plane) กับชุดทดลอง

3.4.1 เปิด Main Switch ที่ตู้ Control (ดังรูปที่ 18)



รูปที่ 18

3.4.2 กดปุ่ม RUN ที่ Inverter เพื่อให้มอเตอร์เริ่มหมุน (ดังรูปที่ 19)



รูปที่ 19

3.4.3 หมุนปรับความถี่ Inverter เพื่อปรับความเร็วรอบ (อยู่ในช่วง 300 – 2900 rpm) (ดังรูปที่ 20) ในการทดลองนี้ใช้ความเร็วรอบที่ 1493 rpm และกดปุ่ม Stop ที่ Inverter เพื่อให้มอเตอร์หยุดทำงาน ให้ใช้รอบดังกล่าวนี้ตลอดการ Balance

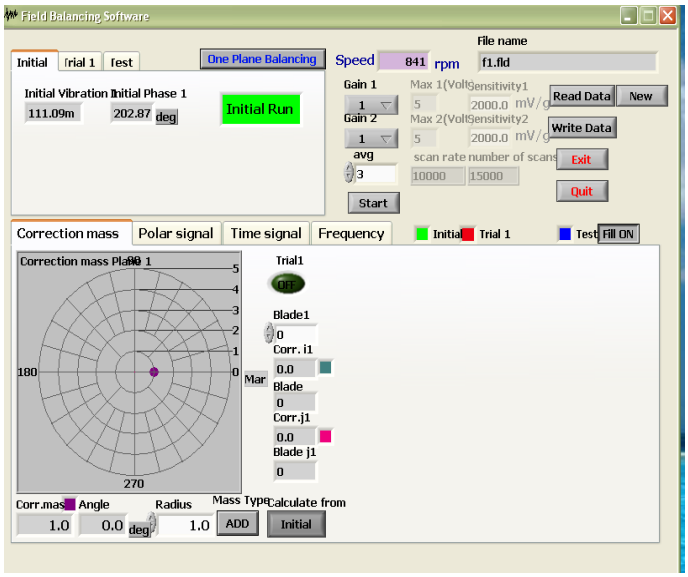


รูปที่ 20

3.4.4 เปิด Program Field balancing เลือกการ Balance แบบ one plane Balancing

3.4.5 เลือก Tab page Initial และกดปุ่ม Run ที่ Inverter เพื่อให้มอเตอร์ทำงานตามความเร็วรอบที่ตั้งไว้ ใน ข้อ 3.4.3

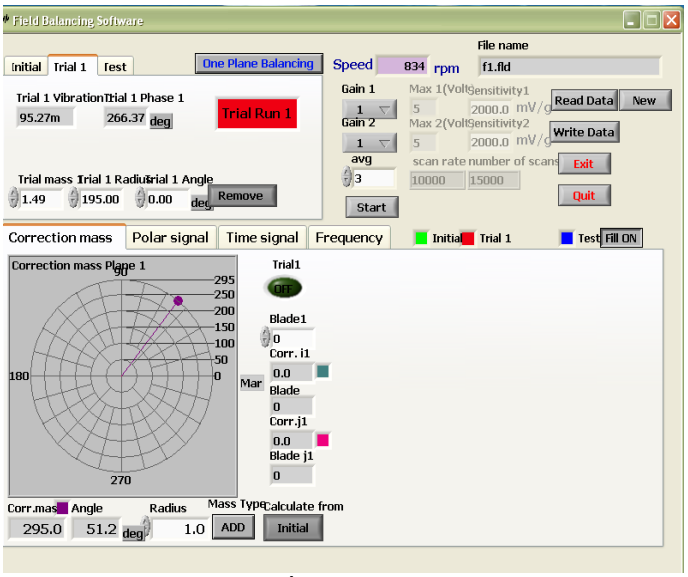
3.4.6 กดปุ่ม Start ในโปรแกรมเพื่อ Run Program และรอให้ความเร็วรอบคงที่ ต่อจากนั้น กดปุ่ม Stop เพื่อหยุดการ Run ในส่วน Initial Run ซึ่งปุ่ม Start และ Stop เป็นปุ่มเดียวกัน ดังรูปที่ (21)



รูปที่ 21

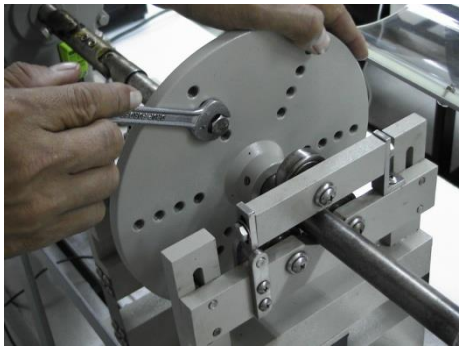
3.4.7 กดปุ่ม Stop ที่ Inverter เพื่อให้มอเตอร์หยุดทำงาน

3.4.8 เลือก Tab page Trial 1 ในโปรแกรมดังรูปที่ (22) แล้วใส่ค่า Trial mass 1 = 11.5 g, Trial 1 Radius = 60 mm, Trial 2 Angle = 0 deg และเลือกการ Trial mass แบบ Remove



รูปที่ 22

ต่อจากนั้นติดก้อนมวลบน Rotor ตามขนาดและตำแหน่งที่ใส่ค่าใน Program โดยอ้างอิงมุม 0 degที่ ตำแหน่งตรงกับหัววัดรอบ ดังรูปที่ (23)

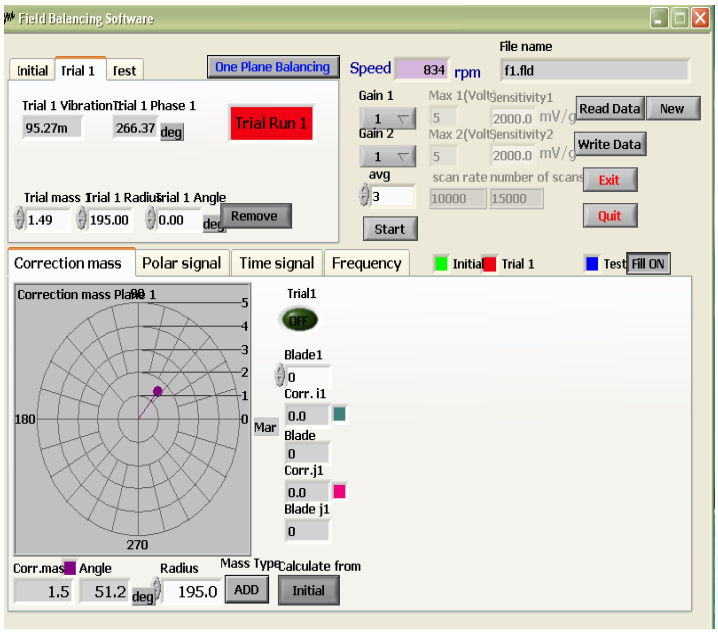


รูปที่ 23

3.4.9 กดปุ่ม Run ที่ Inverter เพื่อให้มอเตอร์ทำงาน และกดปุ่ม Start เพื่อ Run Program รอจนมีความเร็ว รอบคงที่ ต่อจากนั้นให้กดปุ่ม Stop เพื่อหยุดการ Run ในส่วน Trial Run 1

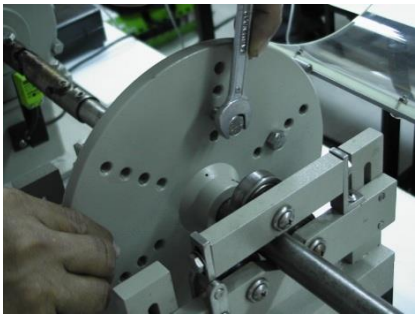
3.4.10 กดปุ่ม Stop ที่ Inverter เพื่อให้มอเตอร์หยุดทำงาน และนำมวล Trial ที่ติดอยู่ที่ Rotor ออกเนื่องจากมีการกำหนด Trial mass แบบ Remove

3.4.11 เลือก Tab page correction mass และใส่ค่าจำนวน Blade = 6 และ Radius = 60 และเลือก Mass Type เป็น Add (ดังรูปที่ 24)



รูปที่ 24

ต่อจากนั้นติดมวลบน Rotor ตามขนาดที่ Program คำนวณได้ในแต่ละ Blade โดยนับจำนวน Blade ตามการหมุนของ Rotor (ดังรูปที่ 25)



รูปที่ 25

3.4.12 กดปุ่ม Run ที่ Inverter เพื่อให้มอเตอร์ทำงาน

3.4.13 เลือก Tab page Test (ดังรูปที่ 24) และกดปุ่ม start เพื่อ Run Program ในส่วน Test Run และรอให้ความเร็วรอบ คงที่ ต่อจากนั้นกดปุ่ม Stop และ สังเกตค่า Test Vibration 1 กับที่เกิดขึ้น จะมีค่าต่ำกว่าในขั้นตอนการ Run ในส่วน Initial Run

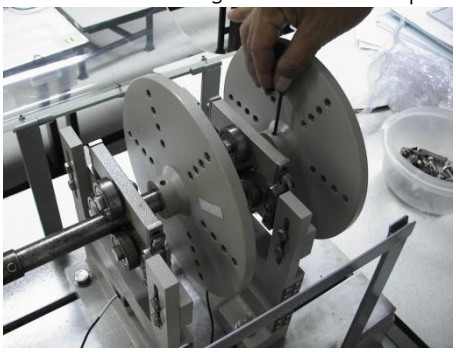
3.4.14 กดปุ่ม Stop ที่ Inverter เพื่อให้มอเตอร์หยุดทำงานเป็นการจบขั้นตอนในการถ่วงสมดุลในครั้งแรก

3.4.15 ถ้าต้องการถ่วงสมดุลต่อให้ทำการ Run ในขั้นตอนที่ 3.4.11-3.4.14 และกดปุ่ม Calculate from จากเดิมเป็น Initial ให้เปลี่ยนเป็น Test ทำการ Run ไปหลายๆครั้งจนค่า Amplitude ลดลง เหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะทำการติดมวลแก้ไข Unbalanceให้กับโรเตอร์ ได้

3.4.16 กดปุ่ม Exit เพื่อปิด Program Field Balancing

3.5 วิธีการติดตั้ง Rotor ที่ต้องการ Balance แบบ Two plane

3.5.1 ทำตามขั้นตอนการติดตั้งโรเตอร์แบบ One plane ในข้อที่ 3.1.1-3.1.6 แต่มีการติดตั้ง Rotor เพิ่มอีกหนึ่ง Rotor และการ Run Program แบบ Two plane (ดังรูปที่ 26)



รูปที่ 26

ข้อสังเกตในการติดตั้งโรเตอร์แบบ Two plane

- ควรติดตั้ง blade ใด blade หนึ่ง ใน 6 blade ของทั้งสอง Rotor ให้ตรงกันและตรงกับหัววัดรอบแล้วใช้ blade นั้นเป็น blade อ้างอิงในการทำ Trial mass แล้วกำหนด blade นั้นให้เป็น blade ที่ 0 ในการจัดมุม Phase ใน Program จะวัดตามการหมุนของมอเตอร์
- การติดตั้ง Sensor Viabration pickup (สามารถวัดการสั่นสะเทือนได้ในทิศทางเดียว)เหมือนกับการติดตั้งแบบ One plane แต่เพิ่มการติดตั้งในแต่ละจุดรองรับเพลาโดยให้ตัวที่ 1 อยู่ใกล้กับมอเตอร์และถัดมาเป็นตัวที่ 2

3.6 ขั้นตอนการ ถ่วงสมดุลด้วย Program Field Balancing (Two plane) กับชุดทดลอง

3.6.1 ทำเหมือนขั้นตอน 3.4.1-3.4.3 ใน One plane

3.6.2 เปิดโปรแกรม Field balancing เลือกการ Balance แบบ Two plane balancing

3.6.3 การ Run ในส่วน Tab page Initial และ Tab page Trial 1ทำเหมือนขั้นตอน 3.4.5-3.4.10 ใน One plane

3.6.4 เลือก Tab page Trial 2 และทำตามขั้นตอนเหมือน Tab page Trial 1

3.6.5 เลือก Tab page correction mass และใส่ค่าจำนวน Blade = 6 และ Radius = 60 mm และเลือก mass Type เป็น Add ทั้ง Plane 1 และ Plane 2 ต่อจากนั้นติดมวลบน Rotor ทั้งสองตามขนาด ที่ Program คำนวณได้ในแต่ละ Blade โดยนับจำนวน Blade ตามการหมุนของ Rotor

3.6.6 กดปุ่ม Run ที่ Inverter เพื่อให้มอเตอร์ทำงาน

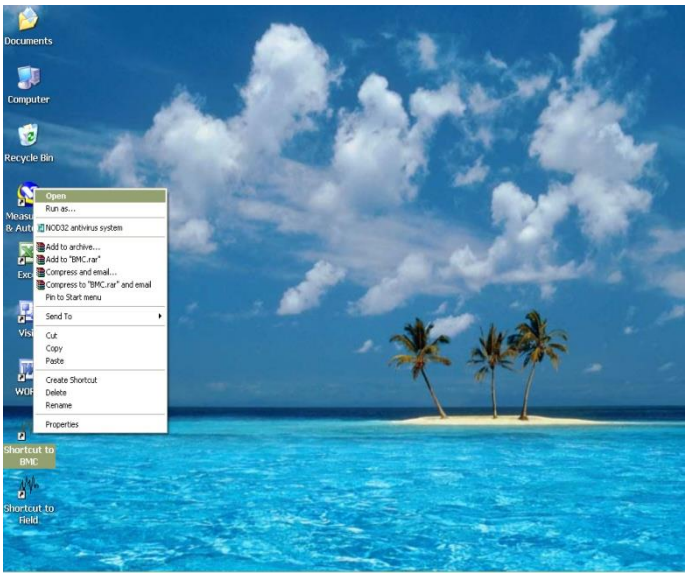
3.6.7 เลือก Tab page Test และกดปุ่ม start เพื่อ Run Program ในส่วน Test Run และรอให้ความเร็วรอบ คงที่ ต่อจากนั้นกดปุ่ม Stop และ สังเกตค่า Test Vibration 1และ Test Vibration 2 ที่เกิดขึ้นจะมีค่าต่ำกว่าในขั้นตอนการ Run ในส่วน Initial Run

3.6.8 ทำเหมือนขั้นตอน 3.4.15-3.4.16 เป็นการจบการ Blance แบบ Two plane

3.7 ขั้นตอนการ Calibration Balancing Machine

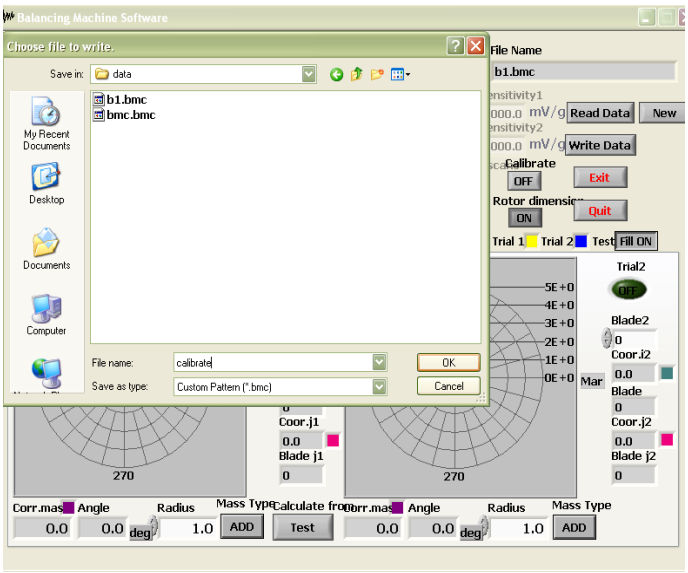
3.7.1 เปิด Program Balancing Machine Software โดยคลิกที่ Shortcut 

แล้วคลิกขวาเลือกคำสั่ง Open เพื่อเปิดโปรแกรม (ดังรูปที่ 27)



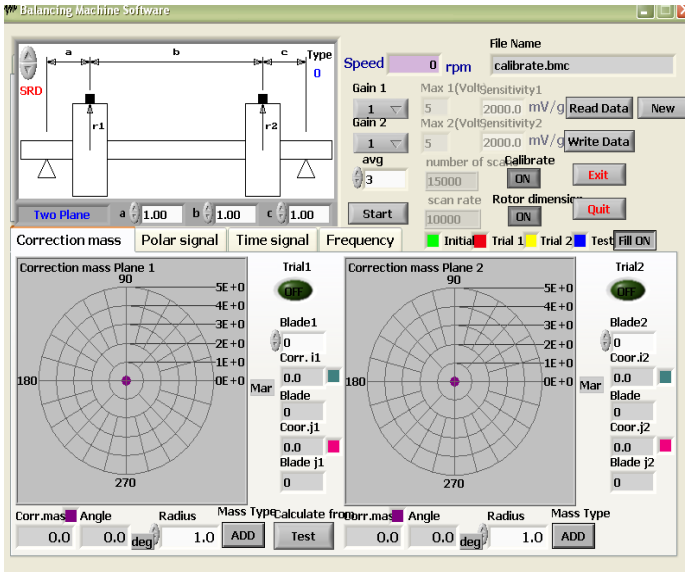
รูปที่ 27

3.7.2 กดปุ่ม write data ตั้งชื่อ file ชื่อ Calibrate.bmc แล้วกด OK ใน Dialog box (ดังรูปที่ 28)



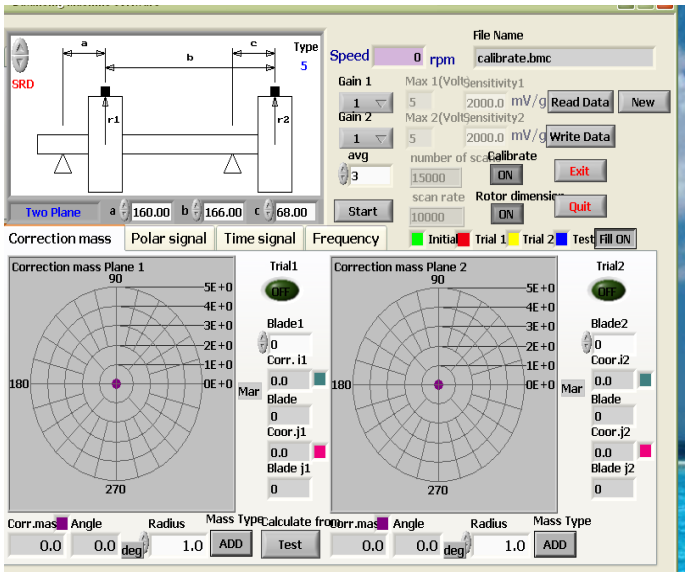
รูปที่ 28

3.7.3 กดปุ่ม Calibration ON และกดปุ่ม Rotor dimension ON. (ดังรูปที่ 29)



รูปที่ 29

3.7.4 เลือกชนิดการ Calibrate แบบ Rotor Type 5 และใส่ค่า a, b, c ในโปรแกรมโดย a = 160.0 mm., b = 166.0 mm., c = 68.0 mm. (ดังรูปที่ 30)



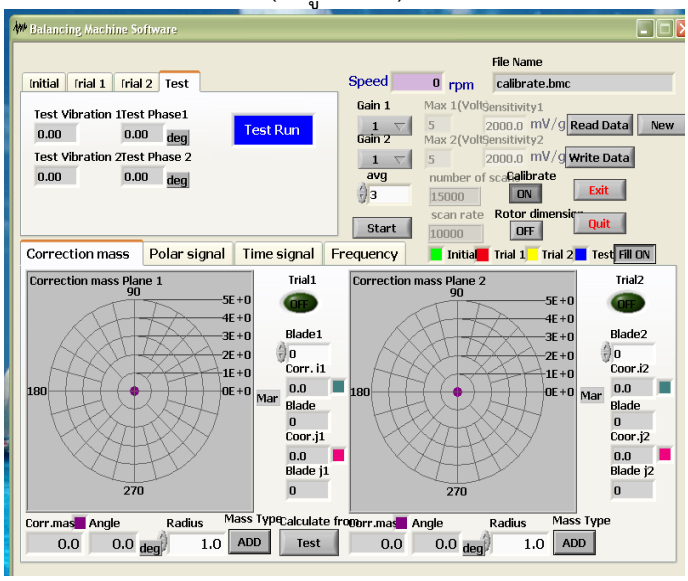
รูปที่ 30

ต่อจากนั้นติดตั้ง Rotor บนเครื่อง Balance แบบ Rotor Type 5 แล้ววัดขนาด a, b, c ให้เท่ากับค่าที่ใส่ใน Program. (ดังรูปที่ 31)



รูปที่ 31

3.7.5 กดปุ่ม Rotor dimension OFF (ดังรูปที่ 32)



รูปที่ 32

3.7.6 กดปุ่ม Run ที่ Inverter เพื่อ Run motor (ดังรูปที่ 33)



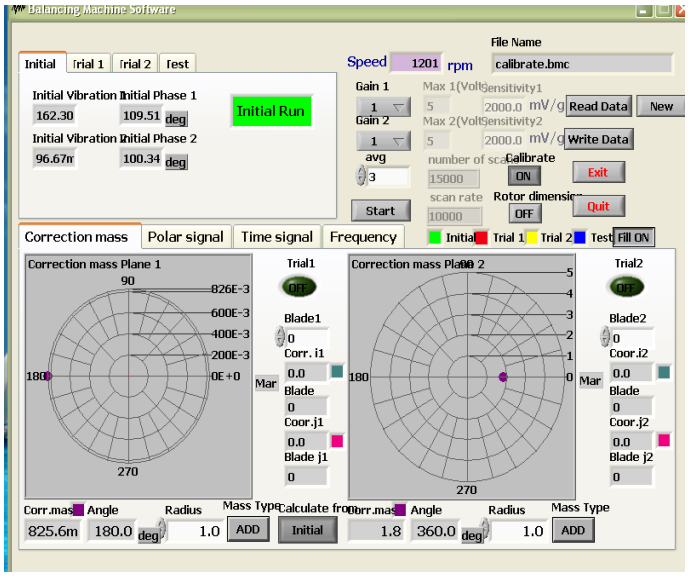
รูปที่ 33

3.7.7 ปรับความเร็วรอบไปที่ความเร็วรอบที่ต้องการทดลอง (300 – 2900 rpm.) และใช้ความเร็วรอบนี้ตลอดการ Calibrate. (ดังรูปที่ 34)



รูปที่ 34

3.7.8 เลือก Tab page Initial และกดปุ่ม Start รอให้ความเร็วรอบคงที่และกดปุ่ม Stop เพื่อหยุดการ Run ในส่วน Initial Run (ดังรูปที่ 35)



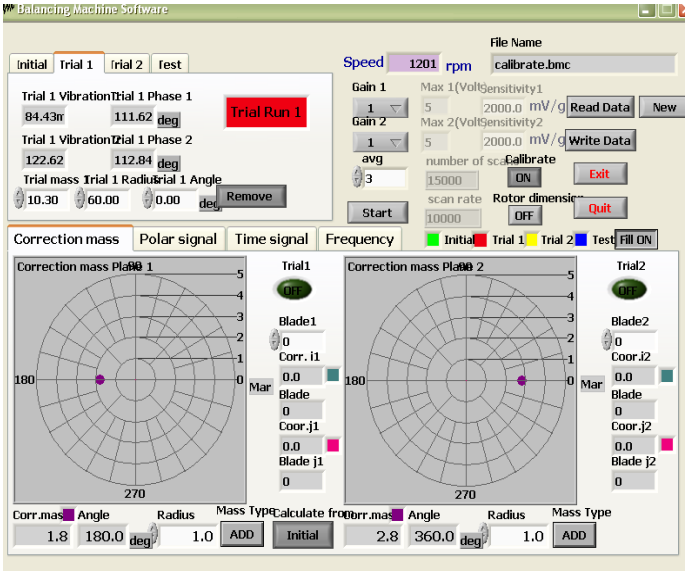
รูปที่ 35

3.7.9 กดปุ่ม Stop ที่ Inverter เพื่อให้มอเตอร์หยุดหมุน (ดังรูปที่ 36)



รูปที่ 36

3.7.10 เลือก Tab Page Trial 1 และใส่ค่า Trial Mass 1 = 10.3 g. Trial 1 Radius = 60 mm, Trial 1 Angle = 0 deg และเลือกการ Trial mass แบบ Remove (ดังรูปที่ 37 (a)) ต่อจากนั้นติดก้อนมวลบน Rotor ตามขนาดและตำแหน่งที่ใส่ค่าใน Program โดยอ้างอิงมุม 0 deg ที่ ตำแหน่งของหัววัดรอบ (ดังรูปที่ 37 (b))



รูปที่ 37(a)



รูปที่ 37(b)

3.7.11 กดปุ่ม Run ที่ Inverter เพื่อให้มอเตอร์ทำงาน และกดปุ่ม Start เพื่อ Run Program รอจนความเร็วรอบคงที่ ต่อจากนั้นกดปุ่ม Stop เพื่อหยุดการ Run ในส่วน Trial 1 ต่อจากนั้นกดปุ่ม Stop ที่ Inventor เพื่อให้มอเตอร์หยุดหมุน (ดังรูปที่ 38 (a)) และนำมวลที่ติดอยู่ที่ Rotor ออก (ดังรูปที่ 38 (b))

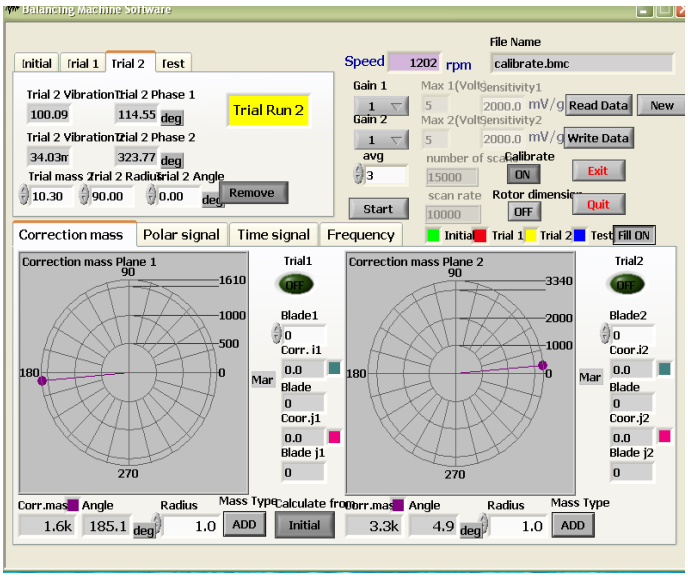


รูปที่ 38 (a)



รูปที่ 38 (b)

3.7.12 เลือก Tab page Trial 2 ดังรูปที่ 39 และทำตามขั้นตอนที่ 3.7.6 – 3.7.11

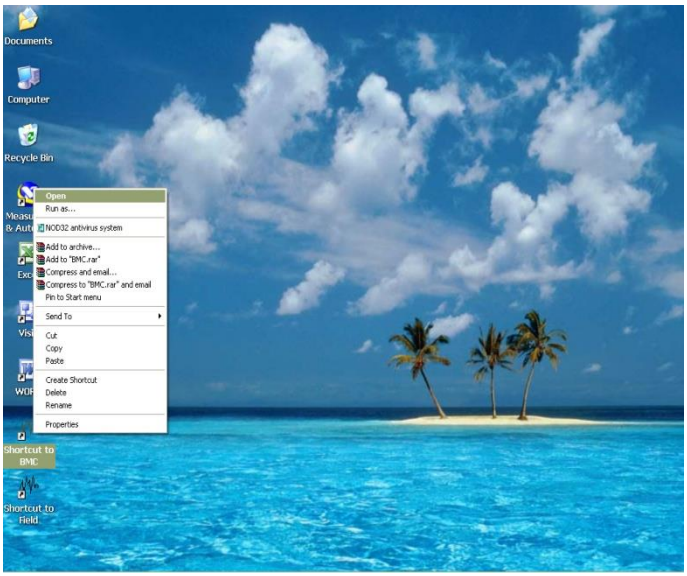


รูปที่ 39

3.7.13 กดปุ่ม Exit จะทำการบันทึกข้อมูลล่าสุดลงไปในแฟ้ม Calibrate bmc และจะใช้ File นี้ในการถ่วงสมดุลได้ทุก Type ของ Rotor ที่อยู่ใน Software MM 340 ในการ Calibate จะเลือก Type แบบใดก็ได้

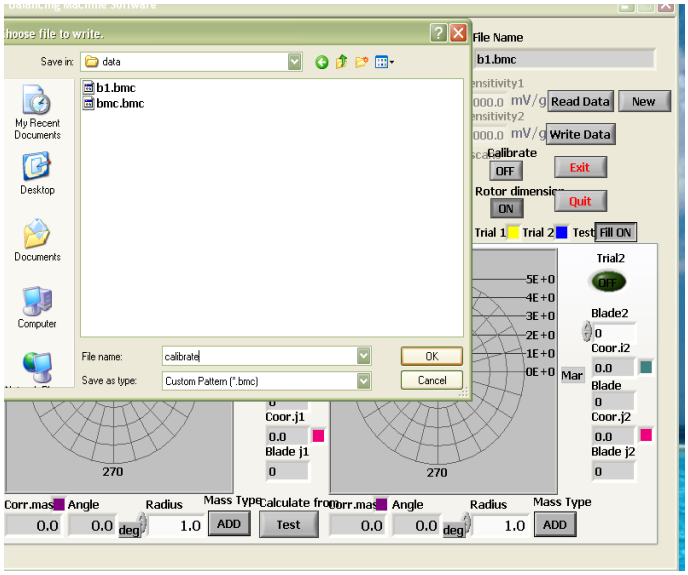
3.8 ขั้นตอนการถ่วงสมดุลด้วย Program Balancing Machine

3.8.1 ปิด Program Balancing Machine โดยคลิกที่ Shortcut แล้วคลิกขวาเลือกคำสั่ง Open เพื่อเปิดโปรแกรม (ดังรูปที่ 40)



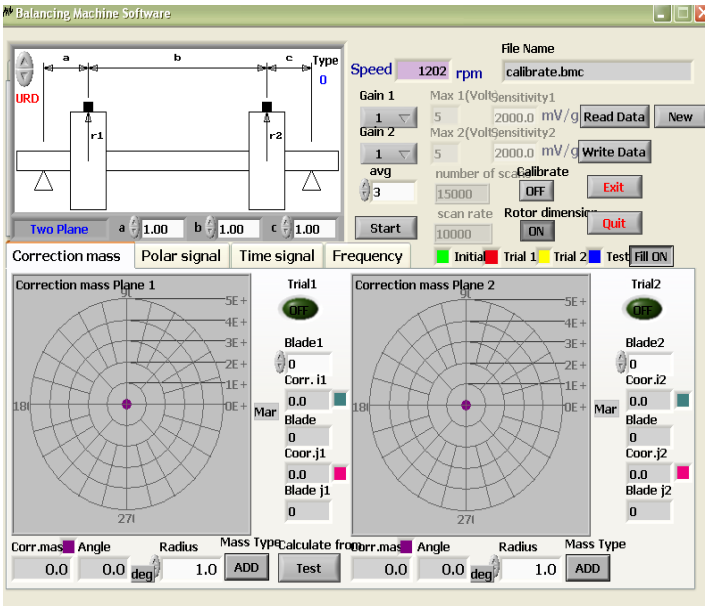
รูปที่ 40

3.8.2 กดปุ่ม Read Data เลือก Calibate.bmc แล้วกด OK ใน Dialog box (ดังรูปที่ 41)



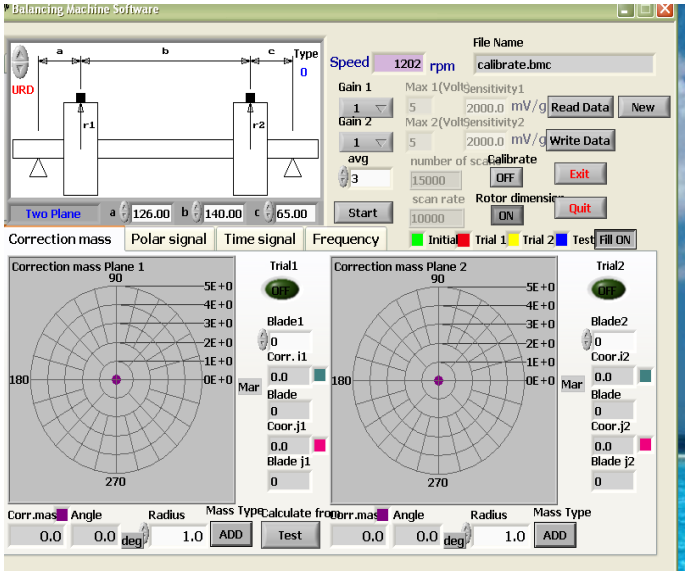
รูปที่ 41

3.8.3 กดปุ่ม Calibration OFF และกดปุ่ม Rotor dimension ON (ดังรูปที่ 42)



รูปที่ 42

3.8.4 เลือกชนิดการ Balance แบบ Rotor Type 5 และใส่ค่า a, b, c ในโปรแกรมโดย a = 126 mm, b = 140 mm, c = 65 mm. (ดังรูปที่ 43 (a))



รูปที่ 43(a)

ต่อจากนั้นติดตั้ง Rotor บนเครื่อง Balance แบบ Rotor Type 5 และวัดขนาด a, b, c ให้เท่ากับค่าที่ใส่ ใน Program (ดังรูปที่ 43 (b))



รูปที่ 43 (b)

3.8.5 กดปุ่ม Rotor dimension OFF และกดปุ่ม Run ที่ Inverter เพื่อ Run motor (ดังรูปที่ 44 (a))



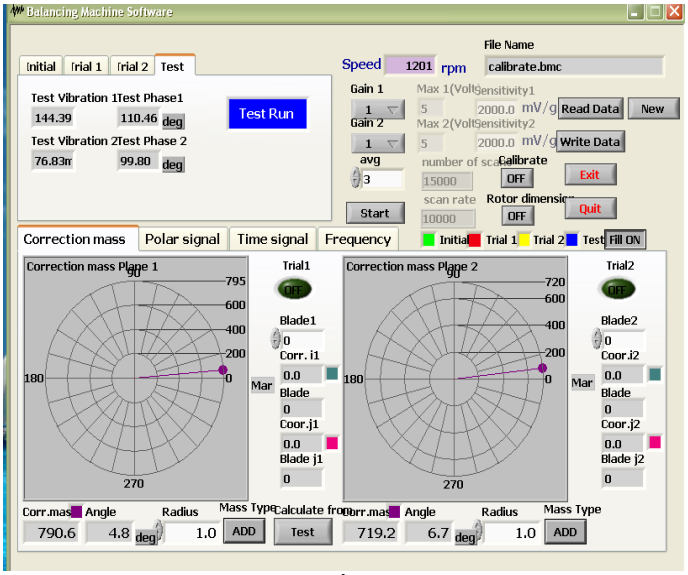
รูปที่ 44 (a)

ปรับความเร็วรอบไปที่ ต้องการทดลอง (300 - 2900 rpm.) และใช้ความเร็วรอบนี้ตลอดการ Balance (ดังรูปที่ 54 (b))



รูปที่ 44 (b)

3.8.6 กดปุ่ม Start รอให้ Speed คงที่และกดปุ่ม Stop ซึ่งเป็นปุ่มเดียวกัน อ่านค่า Vibration Amplitude และ Phase ทั้งสอง Plane ใน Program (ดังรูปที่ 45)



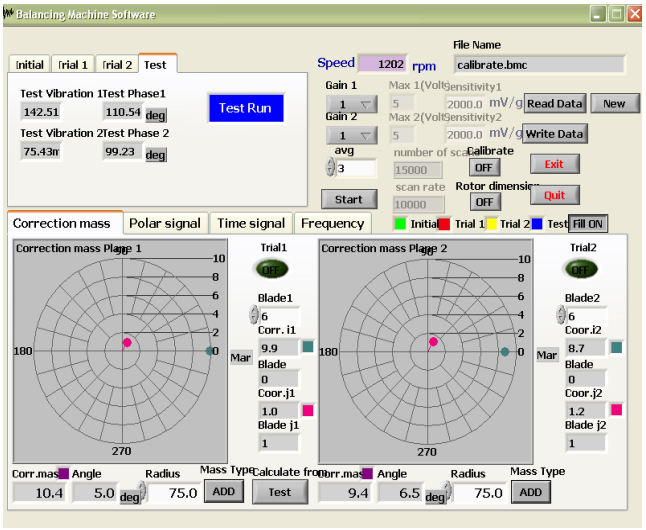
รูปที่ 45

3.8.7 กดปุ่ม Stop ที่ Inverter เพื่อให้มอเตอร์หยุดทำงาน (ดังรูปที่ 46)



รูปที่ 46

3.8.8 เลือก Tab page correction mass และใส่ค่าจำนวน Blade = 6, Radius = 75 และเลือก Mass Type เป็น Add (ดังรูปที่ 47 (a))



รูปที่ 47 (a)

ต่อจากนั้นติดมวลบน Rotor ตามขนาดที่ Program คำนวณได้ในแต่ละ Blade โดยนับจำนวน Blade ตามการหมุนของ Rotor โดยเริ่มที่ Blade 0 ดังนั้น Blade 0 และ Blade 6 จะเป็น Blade เดียวกัน เหมือนกับองศาที่ 0 และ 360 จะอยู่ที่เดียวกันนั่นเอง (ดังรูปที่ 47 (b))

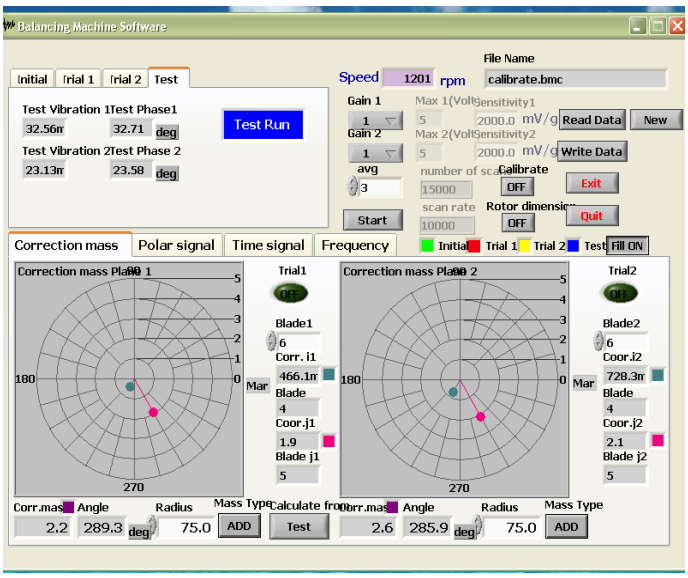


รูปที่ 47 (b)

3.8.9 กดปุ่ม Run ที่ Inverter เพื่อให้มอเตอร์ทำงาน

3.8.10 กดปุ่ม Start Program รอให้รอบคงที่และกดปุ่ม Stop

3.8.11 อ่านค่า Amplitude และ Phase ของทั้งสอง Plane ที่ได้จะมีค่าต่ำกว่าขั้นตอนที่ 3.8.6 ต่อจากนั้นเลือก Tab plate correction mass และใส่ค่าจำนวน blade = 0 Blade Radius = 70 และเลือก Mass Type เป็น Add จะสังเกตได้ว่ามวลที่จะต้องทำการติดเป็นมวลแก้ไข Unbalance จะน้อยลงด้วยเช่นกันต่อจากนั้นทำการติดมวลแก้ไขตามที่โปรแกรมคำนวณได้ (ดังรูปที่ 48)



รูปที่ 48

3.8.12 กดปุ่ม Stop ที่ Inverter เพื่อให้มอเตอร์หยุดทำงาน

3.8.13 กดปุ่ม Run ในขั้นตอนที่ 5.4.8 - 5.4.11 จนค่า Amplitude ลดลงเหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะทำการติดมวลแก้ไขไปกับชุดทดสอบได้

3.8.14 กดปุ่ม Quit สำหรับจบการทำงานโดยไม่บันทึกล่าสุดในแฟ้มปัจจุบัน

4. ตารางบันทึกผลการทดลอง
การทดลองสมดุลแบบสแตติกและไดนามิกส์

ทดลองโดย ..... วันที่ .....

4.1 Single plane (Static) Balancing Machine

Speed .....rpm. , Rotor Blade 6 holes

Rotor Type.....a..... b..... c.....

Correction mass Type.....

Description	Plane 1		Note
	Amplitude	Phase	
Test run			
Correction Mass			
	Blade		Radius C1 =
	Blade		
Test run			

4.2 Two Plane (Dynamic) Balancing Machine

Speed .....rpm. , Rotor Blade 6 holes

Rotor Type.....a..... b..... c.....

Correction mass P1Type.....

Correction mass P2Type.....

Description	Plane 1		Plane 2		Note
	Amplitude	Phase	Amplitude	Phase	
Test run					
Correction Mass					
	Blade				Radius C1 =
	Blade				Radius C2 =
Test run					

ตารางบันทึกผลการทดลอง
การทดลองสมดุลแบบสแตติกและไดนามิกส์

ทดลองโดย ..... วันที่ .....

4.3 Balancing Machine Calibration

Speed .....rpm. , Rotor Blade 6 holes

Calibration at Rotor Type .....

Trial mass P1Type .....

Trial mass P2Type .....

Description	Plane 1		Plane 2		Note
	Amplitude	Phase	Amplitude	Phase	
Initial run					
Trial mass P1					Radius P1 =
Measurement					
Trial mass P2					Radius P1 =
Measurement					

5. ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง
การทดลองสมดุลแบบสแตติกและไดนามิกส์

Tested by: .....Weerapol Kaewka..... Date: ...Feb...15, .2012.....

5.1 Single-plane (Static) Balancing Machine

Speed .....1493.....rpm, rotor blade 6 holes
Rotor type...6..... a.....68.5..... b.....12..... c.....79.5.... ....
Correction mass type .....Add.....

Description	Plane 1		Notes
	Amplitude	Phase	
Test run	149.89	261.28	
Correction mass	17.9 g	110.1	
	Blade 1	3.6 g	Radius C1 = 60
	Blade 2	15.9 g	
Test run	34.93 m	157.31	

5.2 Two Plane (Dynamic) Balancing Machine

Speed 1 .....1493.....rpm, rotor blade 6 holes
Rotor Type.....5..... a.....68.5 mm.... b.....135 mm..... c.....52.5 mm.....
Correction mass P1 type .....Add.....
Correction mass P2 type .....Add.....

Description	Plane 1		Plane 2		Notes
	Amplitude	Phase	Amplitude	Phase	
Test run	141.78 m	265.09	253.39 m	231.09	
Correction mass	10.8 g	99.6	11.5 g	60.2	
	Blade 1	4.3 g	Blade 1	11.5 g	Radius C1 = 60
	Blade 2	7.9 g	Blade 2	50.8 mg	Radius C2 = 60
Test run	39.79 m	156.8	7.21 m	154.59	

ตารางบันทึกผลการทดลอง
การทดลองสมดุลแบบสแตติกและไดนามิกส์

Tested by: .....Weerapol Kaewka..... Date: ...Feb...15, .2012.....

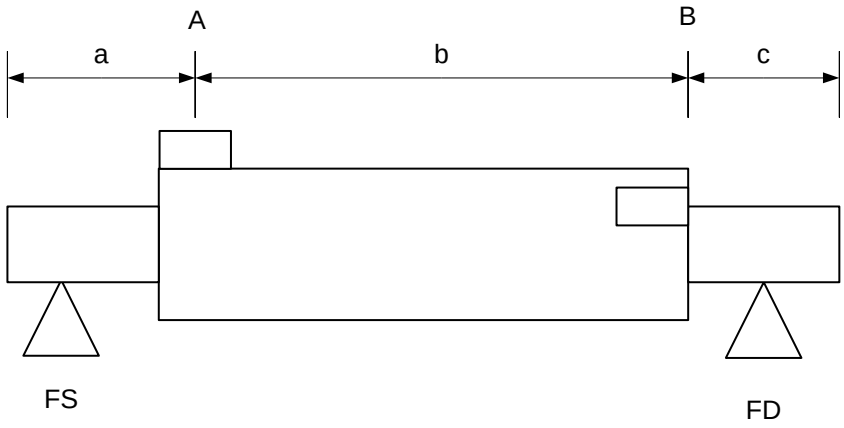
5.3 Balancing Machine Calibration

Speed .....1493.....rpm, rotor blade 6 holes
Calibration at Rotor type .....5 a = 68.5, b = 135 mm, c = 52.5 mm.....
Trial mass P1 type .....Remove.....
Trial mass P2 type .....Remove.....

Description	Plane 1		Plane 2		Note
	Amplitude	Phase	Amplitude	Phase	
Initial run	41.37 m	174.04	7.29 m	148.84	
Trial mass P1	11.5 g				Radius P1 = 60
Measurement	136.56 m	336.07	95.67	337.37	
Trial mass P2			11.5 g		Radius P1 = 60
Measurement	68.35 m	172.86	163.79 m	337.35	

6. ตัวอย่างการคำนวณสำหรับ Balancing machine

โดยการย้ายแรงไปยังตำแหน่งที่ต้องการถ่วงชิ้นงานที่ไม่ได้อยู่ตำแหน่งเดียวกับระนาบของน้ำหนักทดสอบ Balancing Machine



PLANE 1 PLANE 2

Initial run

$c10 = 41.37\ m$ $\phi 10 = 174.04\ deg$ $c20 = 7.29\ m$ $\phi 20 = 148.84\ deg$

Trial weight plane A m $t1 = 11.5\ gn$ $t_1 = 0\ deg$ $rt_1 = 60\ mm$

$c11 = 136.56\ m$ $\phi 11 = 336.07\ deg$ $c21 = 95.67$ $\phi 21 = 337.37\ deg$

Trial weight plane B $mt2 = 11.5\ gm$ $\phi t2 = 0\ deg$ $rt_2 = 60\ mm$

$c12 = 68.35\ m$ $\phi 12 = 172.86\ deg$ $c22 = 163.79\ m$ $\phi 22 = 337.55\ deg$

Vector form

$x10 = c10e^{\phi 10i}$ $x20 = c20e^{\phi 20i}$

$x11 = c11e^{\phi 11i}$ $x21 = c21e^{\phi 21i}$ $T1 = mt1.rt1.e^{\phi t1i}w^2$

$x12 = c12e^{\phi 12i}$ $x22 = c22e^{\phi 22i}$ $T2 = mt2.rt2.e^{\phi t2i}w^2$

Influence Coefficient โดยย้ายแรงไปไว้ที่ Support

ลักษณะการต่อโรเตอร์ตามแบบที่ 5

a = 68.5 mm b = 135 mm c = 52.5 mm l = a + b +c = 256 mm

$FSB = T2.\frac{c}{l}$ $FDB = T2\frac{a+b}{l}$

$FSA = T1\frac{b+c}{1}$ $FDA = T1\frac{a}{1}$

Fs = FSA + FSB Fd = FDA + FDB

Fs = 15.8124 Ed = 17.9207

T1 = 16.8665 T2 = 16.8665

$\alpha_{11} = \frac{x_{11} \cdot x_{10}}{Fs}$ $\alpha_{11} = \frac{x_{21} \cdot x_{20}}{Fs}$

$$\alpha_{12} = \frac{x_{11} \cdot x_{10}}{Fd} \qquad \alpha_{22} = \frac{x_{22} \cdot x_{20}}{Fd}$$

$$A = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} \end{bmatrix} \qquad F = \begin{pmatrix} \frac{Fs}{Fd} \end{pmatrix}$$

$$x1 := -A \cdot F \qquad x1 = \begin{pmatrix} \frac{-0.1443 + 0.0561i}{-0.2519 + 0.1074i} \end{pmatrix}$$

x1 การสั่นสะเทือนจากมวล U ที่ระนาบ A,B วัดค่าที่ฐาน S และ D เป็นโรเตอร์แบบที่ 5

a = 68.5 mm b = 135 mm c = 52.5 mm l = a + b + c = 256 mm.

$$\omega := 1493.2\,\pi \frac{rad}{min}$$

แรงที่ฐาน S และ D

$$Fu := -(A^{-1}).x1 \frac{l}{\omega^2} \qquad Fu = \begin{pmatrix} 1.334 \\ 0.921 \end{pmatrix}$$

Transfer matrix ย้ายแรงจากฐานไปที่ระนาบแก้ไข

$$TR := \begin{pmatrix} b + c & c \\ a & a + b \end{pmatrix} \frac{1}{l} \qquad TR = \begin{pmatrix} 0.7324 & 0.2051 \\ 0.2676 & 0.7949 \end{pmatrix}$$

$$U = TR^{-1} Fu$$

$$U = \frac{690}{690}$$

น้ำหนักแก้ไขที่ระนาบ A รัศมี ru1 = 60 mm

$$|Uo| = 690 \frac{|Uo|}{ru1} = 11.5gm$$

ตำแหน่งที่ระนาบ A (Re(Uo), Im (Uo)) = 360 deg

น้ำหนักแก้ไขที่ระนาบ B รัศมี ru2 = 60 mm

$$|U1| = 690 \frac{|U1|}{ru2} = 11.5gm$$

ตำแหน่งที่ระนาบ B (De(Uo), Im (Uo)) = 360 deg

7. ตัวอย่างการคำนวณหามวลแก้ไข

7.1 การหามวลแก้ไขระนาบเดียว (One Plane Balancing)

Plane 1

Initial run

c10 = 168.84 m ϕ10 = 261.72 deg.

Trial weight plane A

c11 = 268.9 m ϕ11 = 293.84 deg. mt+1 = 11.5 gm rt1 = 60 mm ϕ+1 = 0 deg

Vector form

$$x10 = c10.e^{\phi_{10.i}}$$

$$x11 = c11.e^{\phi_{11.i}} \qquad T1 = mt1.rt1.e^{\phi_{t1.i}}$$

Influence Coefficient

$$\alpha 11 = \frac{x11 - x10}{T1}$$

$$A = (\alpha 11) \qquad u = -(A^{-1})(x10)$$

Correction mass at plane A m1 = 60 mm

$$|u| = 753.4076 \qquad \frac{|u|}{ru1} = 12.556\,gm$$

Position at plane A angle (Re(u), Im(u)) = 67.609 deg.

เนื่องจากมุมที่เกิดขึ้นเป็นมุมกลับเลยมีค่าเท่ากับ 112.4 deg.

W_{rotor} = 3.33 kg $\quad W_{trial}\ \frac{Radius}{|u|}$

Sensitivity = W_{trial}

u = 286.99 –696.61 i

$|u| = 753.4114$

$$Sensitivity = 11.5\,gm\,\frac{60\,mm}{753.4114\,mm} = 0.915gm.$$

Assume Final measurement V_{final} = 0.01 mm

$$Balancing\ Quality = V_{final}\ \frac{Sensitivity}{W_{rotor}}$$

$$= 0.01mm\,\frac{0.915gm}{3330gm.}$$

$$= 2.747\mu.$$

Note เวกเตอร์ A = x + yi

ขนาดเวกเตอร์

$$A = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$$

สมการของออยเลอร์ $Ae^{i\theta} = A\cos\theta + iA\sin\theta$

7.2 การหามวลแก้ไข 2 ระนาบ (Two Plane Balancing)

$$w = 1{,}493 \times 2\pi \ \frac{rad}{min}$$

Plane 1 Plane 2

Initial run

c10=148.9 m ϕ10=265.87 deg $c20 = 281.46m$ $\phi 20 = 228.66deg$

Trial weight plane A

C11 = 290.93 m ϕ11 = 301.31 deg $c21 = 286.37m$ $\phi 21 = 248.72$ $mt\,17 + 1 = 11.5gm$ $rt1 = 60mm$

ϕt1 = 0 deg

Trial weight plane B

C12 = 156.75 m ϕ 12 = 255.27 deg $c22 = 311.23m$ $\phi 22 = 263.79deg$ $2 = 11.5gm$ $rt2 = 60mm$

ϕ t2 = 0 deg

Vector form

$x10 = c10e^{\phi 10..i}$ $x20 = c20.e^{\phi 20.i}$

$x11 = c11e^{\phi 11..}$ $x21 = c21.e^{\phi 21.i}$ $T1 = mt1.rt1.e^{\phi t1.i}$

$x12 = c10e^{\phi 12..i}$ $x22 = c22.e^{\phi 22.i}$ $T2 = mt2.rt2.e^{\phi\ 2.}$

Influence Coefficient

$$\alpha 11 = \left(\frac{x21 - x20}{T1}\right) \qquad \alpha 21 = \left(\frac{x21 - x20}{T1}\right)$$

$$\alpha 12 = \left(\frac{x12 - x10}{T2}\right) \qquad \alpha 22 = \left(\frac{x22 - x20}{T2}\right)$$

$$A = \begin{pmatrix} \alpha_1 & {}_1\alpha_1 \\ \alpha_2 & {}_1\alpha_2 \end{pmatrix} \qquad K = -\left(A^{-1}\right)\begin{pmatrix} x10 \\ x20 \end{pmatrix}$$

Correction mass at plane A ru1 = 60 mm Position at plane A angle ($Re(U_o)$,$Im(U_o)$) = 295.284 deg

$$|u_o| = 659.4039\frac{|u_o|}{rul} = 10.99gm$$

Correction mass at plane B ru2 = 60 mm Position at plane B angle ($Re(U_1)$,$Im(U_1)$) = 247.296 deg

$$|u_1| = 792.4073\frac{|u_1|}{ru2} = 13.2\,gm$$

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

การปฏิบัติการที่ 23 ความเร่งของระบบเฟือง (ACCELERATION OF GEARED SYSTEM)



1. วัตถุประสงค์

1.1 ศึกษาประสิทธิภาพของระบบเฟือง

1.2 เปรียบเทียบความเฉื่อยที่วัดได้กับความเฉื่อยทางทฤษฎี

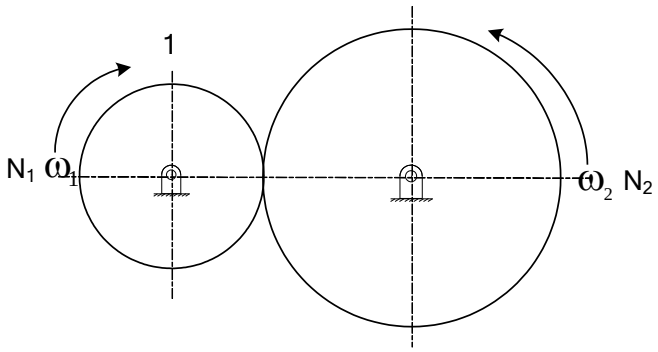
2. ทฤษฎี

2.1 บทนำ

เฟืองที่ใช้ในการถ่ายทอดกำลังอาจประกอบด้วยเฟือง 1 คู่ หรือมากกว่า ประกอบกันเป็นชุดเฟือง เมื่อให้อัตราเร่งเชิงมุมและแรงบิดเข้าสู่เฟืองขับอัตราเร่งเชิงมุมแรงบิดและทิศทางการหมุนของเฟืองตามจะหาได้

อัตราส่วนระหว่างความเร่งเชิงมุมที่เข้าสู่ชุดเฟืองขับ ต่อ ความเร็วเชิงมุมของเฟืองตามจะเป็น

$$\frac{\omega_{in}}{\omega_{out}} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{N_2}{N_1} = i$$



รูปที่ 1 ระบบเฟืองแบบง่าย

เมื่อ

ω_1 = ความเร็วเชิงมุมของเฟืองขับ

ω_2 = ความเร็วเชิงมุมของเฟืองตาม

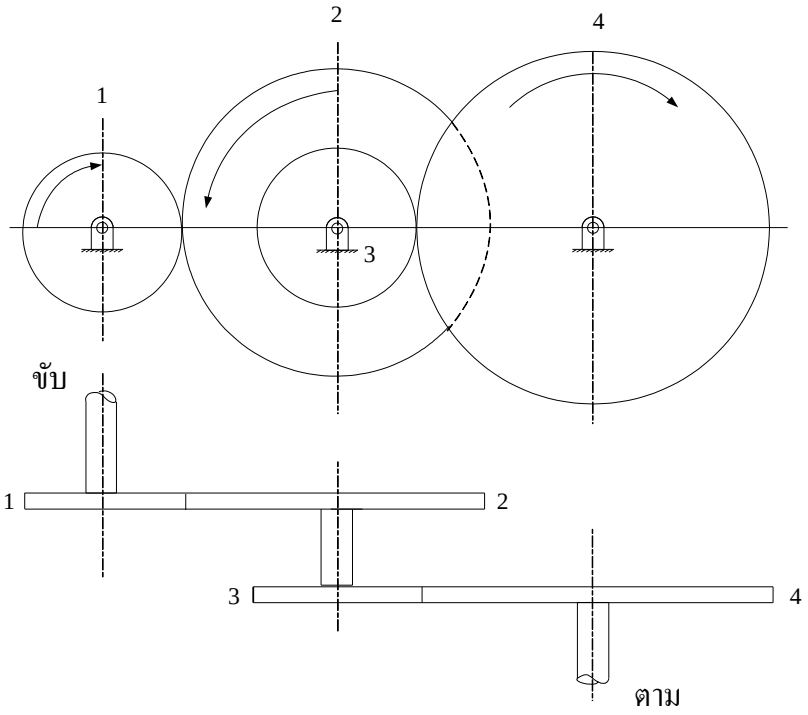
N_1 = จำนวนฟันของเฟืองขับ

N_2 = จำนวนฟันของเฟืองตาม

I = อัตราทดของชุดเฟือง

จากรูปที่ 1 อัตราส่วนความเร็วเชิงมุม ผกผันกลับ กับจำนวนฟันของคู่เฟือง (N_1, N_2) ทิศทางการหมุนของเพลาขับหรือเพลาตาม จะกลับกันซึ่งแสดงโดยเครื่องหมาย “ลบ” หน้าอัตราส่วนจำนวนฟัน ในบางกรณีเมื่อต้องการเปลี่ยนทิศทางการหมุนของเฟือง โดยไม่เปลี่ยนความเร็วเชิงมุม จะใส่เฟืองไปกลับทิศทาง (Idle gear) ระหว่างเฟืองขับและเฟืองตาม ทิศทางการหมุนของเฟืองหาได้โดยนับจำนวนเฟืองทั้งหมดจากเฟืองขับไปจนเฟืองตัวสุดท้าย เฟืองที่เป็นเลขที่ (3, 5, 7 ...) จะมีทิศทางการหมุนเหมือนเฟืองตัวแรก เฟืองที่เป็นเลขคู่ (2, 4, 6 .....) จะหมุนทิศทางตรงข้ามกับเฟืองตัวแรก

ชุดเฟืองที่มีเฟืองเพียงตัวเดียวบนเพลา ดังแสดงตารางรูปที่ 1 เรียกว่าชุดเฟืองชั้นเดียว (Simple gear train) ในกรณีที่ชุดเฟืองในเพลาเดียวกันมีเฟืองมากกว่า 1 ตัว ทั้งนี้ ยกเว้นเฟืองขับและเฟืองตาม (เพลาแรกและเพลาสุดท้าย) ดังแสดงในรูปที่ 2 เรียกว่าชุดเฟืองสองชั้น (Compound gear train)



รูปที่ 2 ชุดเฟืองสองชั้น

2.2 อัตราทดของชุดเฟือง

อัตราส่วนความเร็วเชิงมุมหรืออัตราทดของชุดเฟือง, i จะหาได้จากผลคูณของจำนวนฟันของเฟืองตามหารด้วยผลคูณของจำนวนเฟืองของเฟืองขับ

ในรูปที่ 2 เป็นชุดเฟืองสองชั้น โดยเฟือง 2 และเฟือง 3 อยู่บนเพลาเดียวกัน อัตราส่วนความเร็วเชิงมุมจะได้จาก

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{N_2}{N_1} = i_1 \qquad \text{..... (1)}$$

เมื่อ i_1 = อัตราทดของชุดเฟืองที่ 1

อัตราส่วนความเร็วเชิงมุมของคู่เฟือง 3 และ 4

$$\frac{\omega_3}{\omega_4} = -\frac{N_4}{N_3} = i_2 \qquad \text{..... (2)}$$

เมื่อ i_2 = อัตราทดของชุดเฟืองที่ 2

สมการที่ 1 คูณสมการที่ 2

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} \times \frac{\omega_3}{\omega_4} = \left(-\frac{N_2}{N_1}\right) \times \left(-\frac{N_4}{N_3}\right) = i_1 \times i_2$$

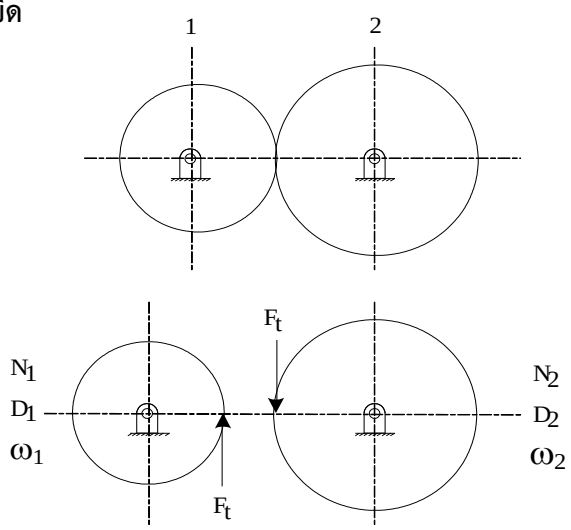
เฟือง 2 และ 3 อยู่บนเพลาเดียวกัน

จะได้ $\omega_2 = \omega_3$

$$\frac{\omega_1}{\omega_4} = \frac{N_2}{N_1} \times \frac{N_4}{N_3} = i_1 \times i_2 \quad \text{..... (3)}$$

ด้านขวาวมือของสมการที่ 3 เรียกว่า อัตราทดของชุดเฟือง หรือ คือผลคูณของจำนวนเฟืองตามทั้งหมด หารด้วยผลคูณของจำนวนเฟืองขับทั้งหมด

2.3 อัตราส่วนของแรงบิด



รูปที่ 3 แรงบิดบนเฟือง

จาก โมดุลของเฟือง $= \frac{D}{N}$ ..... (4)

เมื่อ D = เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์, mm

N = จำนวนฟัน

ดังนั้นแรงบิดบนเฟืองตัวที่ 1 จะเป็น

$$T_1 = F_t \times \frac{D_1}{2} \quad \text{..... (5)}$$

ทำนองเดียวกันแรงบิดบนเฟืองตัว 2 จะเป็น

$$T_2 = F_t \times \frac{D_2}{2} \quad \text{..... (6)}$$

สมการที่ 5 หารด้วย สมการที่ 6 $\frac{T_1}{T_2} = \frac{D_1}{D_2}$

$$\therefore \frac{T_1}{T_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{i} \quad \text{..... (7)}$$

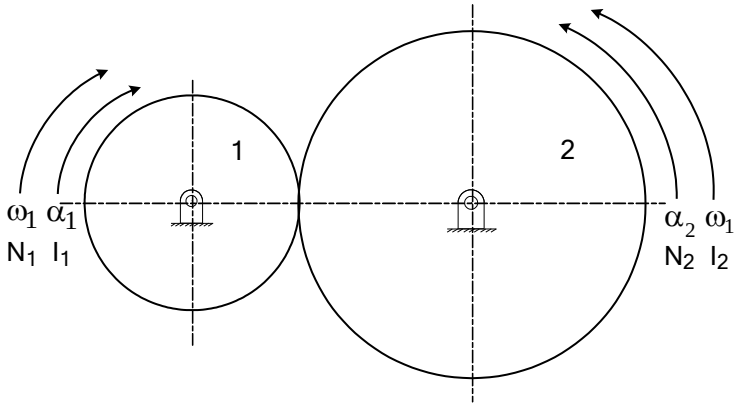
2.4 ความเร่งของชุดเฟือง

จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน สำหรับการเคลื่อนที่แบบหมุน แรงบิดที่ต้องการหมุนระบบที่มีความเฉื่อย I ให้อัตราเร่งเชิงมุม α หาได้จาก

$$T = I\alpha \quad \text{..... (8)}$$

เมื่อ α = อัตราเร่งเชิงมุมที่ต้องการ, rad/s^2

I = โมเมนต์ความเฉื่อยของระบบ, kgm^2



รูปที่ 4 ความเร็วและความเร่งของระบบเฟืองแบบง่าย

จะได้ $$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{N_2}{N_1} = i \quad \text{..... (9)}$$

จากสมการที่ 1 $$\frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{N_2}{N_1} = i_1$$

ทำนองเดียวกัน $$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = -\frac{N_2}{N_1} = i_1$$

แรงบิดที่ใช้เร่งเฉพาะเฟือง I หาได้จาก

$$T_{11} = I_1 \times \alpha_1 \quad \text{..... (10)}$$

เมื่อ T_{11} = แรงบิดที่ใช้เร่งเฉพาะเฟือง 1, Nm

I_1 = โมเมนต์ความเฉื่อยของเพลา 1, kgm^2

α_1 = อัตราเร่งของเพลาที่ 1, rad/s^2

แรงบิดที่ใช้เร่งเฉพาะเฟือง 2 หาได้จาก

$$T_{22} = I_2 \times \alpha_2 \quad \text{..... (11)}$$

เมื่อ T_{22} = แรงบิดที่ใช้เร่งเฉพาะเฟือง 2, Nm

I_2 = โมเมนต์ความเฉื่อยของเพลา 2, kgm^2

α_2 = อัตราเร่งของเพลาที่ 2, rad/s^2

แต่เฟือง 1 และ 2 ขบกันดังนั้น แรงบิดจากเฟือง 1 เพื่อ เร่งเฟืองตัวที่ 2 จะคำนวนได้จากสมการ 7

$$T_{12} = \frac{T_{22}}{i}$$
$$= \frac{I_2}{i} \times \alpha_2$$
$$= \frac{I_2}{i} \times \frac{\alpha_1}{i}$$
$$\therefore T_{12} = \frac{I_2}{i^2} \times \alpha_1 \quad \text{..... (12)}$$

ดังนั้นแรงบิดทั้งหมดที่ใช้ในการเร่งทั้งเฟือง 1 และ เฟือง 2, T จะหาได้จาก

$$T = T_{11} + T_{12} \quad \text{..... (13)}$$
$$= (I_1\alpha_1) + \frac{1}{i^2}(I_2\alpha_1)$$
$$T = \left[I_1 + \frac{1}{i^2} I_2 \right] \alpha_1 \quad \text{..... (14)}$$

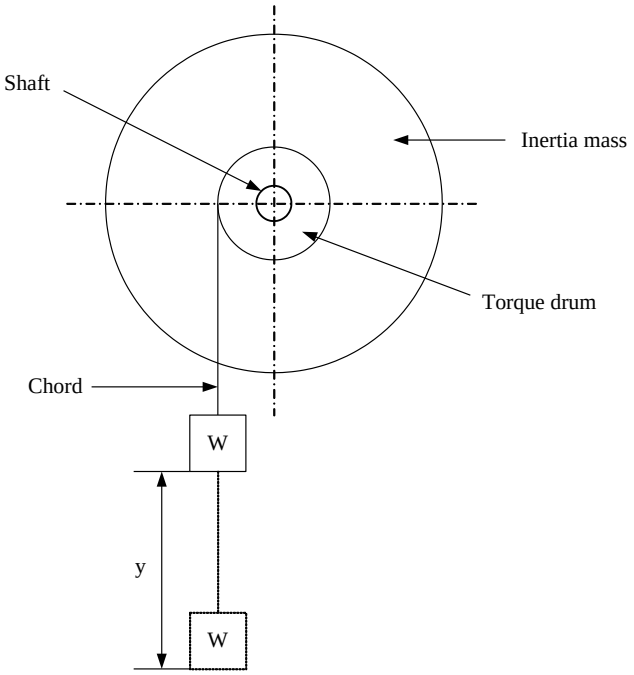
ทำนองเดียวกันสำหรับเฟือง 3 ชั้น 4 เพลา ที่มีอัตราทดเป็น 11, 12 และ 13 แรงบิด ทั้งหมดใช้เร่งชุดเฟืองจะหาได้จาก

$$T = \left[I_1 + \frac{I_2}{i_1^2} + \frac{I_3}{(i_1 + i_2)^2} + \frac{I_4}{(i_1 + i_2 + i_3)^2} \right] \alpha_1 \quad \text{..... (15)}$$

เทอมในวงเล็บของสมการ 15 และ 16 เรียกว่า โมเมนต์ความเฉื่อยเทียบเท่า I_e ของชุดเฟืองเมื่อคิดที่เพลา 1 ถ้าให้ประสิทธิภาพในการถ่ายทอดกำลังเฉพาะเฟืองเป็น η สมการที่ 14 จะเป็น

$$T = \left[I_1 + \left[\frac{\frac{1}{i^2} \times I_2}{\eta} \right] \right] \alpha_1 \quad \text{..... (16)}$$

2.5 การหาความเร่งเชิงมุม α



รูปที่ 5 การหาค่าความเร่งเชิงมุม

น้ำหนักที่แขวนทำให้เกิดแรงดึงในเชือก ซึ่งให้แรงบิดต่อกว้าน แรงบิดที่เพลาจะหาได้จาก

$$T = w \times r \quad \text{..... (17)}$$

เมื่อ

w = น้ำหนัก, N

r = แขนโมเมนต์บิด, m

ถ้าเชือกคลายออกโดยไม่มีการลื่นไหล เราจะได้ความสัมพันธ์

$$\alpha = \frac{a}{r} \quad \text{..... (18)}$$

เมื่อ

α = ความเร่งเชิงมุม, rad/s^2

a = ความเร่งของเชือก, m/s^2

ในการทดลองนี้เป็นการหาความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่เชิงเส้นของน้ำหนักกับการเคลื่อนที่เชิงมุมของเพลา ดังนั้นจะได้สมการความเร่งคงที่จาก

$$y = ut + \frac{1}{2}at^2 \quad \text{..... (19)}$$

เมื่อ

y = ระยะเคลื่อนที่ของน้ำหนัก, n

u = ความเร่งเริ่มต้น, m/s

t = เวลาที่ตก, s

เมื่อเริ่มทดลอง

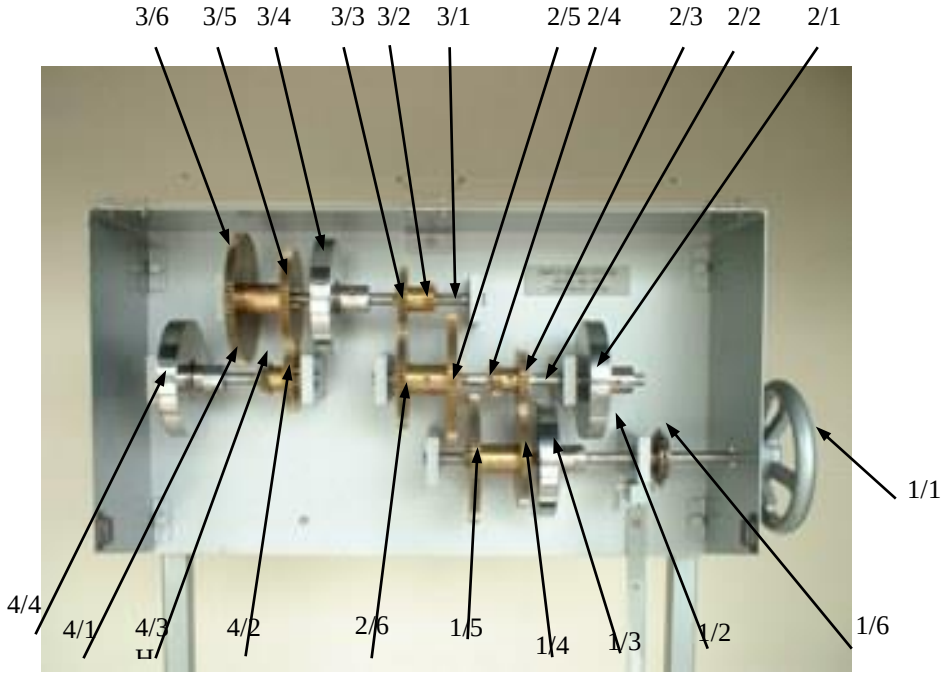
u = 0

ดังนั้นสมการที่ 19 จะเป็น

$$a = \frac{2 \times y}{t^2} \quad \text{..... (20)}$$

3. วิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ 6 ระบบเฟืองแบบง่าย

รายละเอียดอุปกรณ์

1/1 Hand wheel	2/1 Mass and drum 2	3/1 Shaft 3	4/1 Shaft 4
1/2 Shaft 1	2/2 Shaft 2	3/2 Gear = 20 T	4/2 Gear = 40 T
1/3 Mass and drum 1	2/3 Gear = 40 T	3/3 Gear = 40 T	4/3Gear = 20 T
1/4 Gear = 60 T	2/4 Gear = 20 T	3/4 Mass and drum 3	4/4 Mass and drum 4
1/5 Gear = 80 T	2/5 Gear = 80 T	3/5Gear = 60 T	
1/6 Freewheel and lock pin	2/6 Gear = 60 T	3/6Gear = 80 T	

3.2 การหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของแต่ละเพลา

3.2.1 เลื่อนเฟืองลงบนเพลาต่างๆ ให้เป็นอิสระ (แต่ละคู่เพลา ไม่มีเฟืองขับกัน)

3.2.2 แขวนเชือกและจานแขวนน้ำหนักบนเพลาที่ต้องการ

3.2.3 แขวนไม้วัดลงบนตำแหน่งที่แขวน

3.2.4 หมุนเพลาให้เชือกและจานแขวนน้ำหนักขึ้นสู่ตำแหน่งอ้างอิงบนสุด

3.2.5 ใส่น้ำหนักลงในจานแขวน

3.2.6 ปล่อยเพลาให้น้ำหนักเคลื่อนลงทางดิ่งและเกิดแรงบินบนเพลา

3.2.7 จับเวลาที่น้ำหนักเคลื่อนที่

3.2.8 คำนวณอัตราเร่งเชิงมุมของเพลา

3.1.9 คำนวณโมเมนต์ความเฉื่อยของเพลา

3.3 การหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของระบบ

3.3.1 เลื่อนเฟืองบนเพลาต่างๆ เพื่อให้เกิดเฟืองทดตามต้องการ

3.3.2 ทดลองขยับเฟืองด้วยมือหมุน ตรวจดูความคล่องของชุดเฟือง

3.3.3 แขวนเชือกและจานแขวนน้ำหนักบนเพลาที่ต้องการ

3.3.4 หมุนมือหมุนเพื่อให้เชือกและจานแขวนน้ำหนักขึ้นสู่ตำแหน่งอ้างอิงบนสุด

3.3.5 ใส่น้ำหนักลงบนจานแขวน (ควรใส่น้ำหนักน้อยก่อน เพื่อทดลองความเที่ยงตรงในการจับเวลา)

3.3.6 ปล่อยล้อฟรี เพื่อให้น้ำหนักเคลื่อนที่ลงทางดิ่งและเกิดแรงบิดบนเพลา

3.3.7 บันทึกเวลา และระยะทางที่น้ำหนักเคลื่อนที่

3.3.8 สำหรับแต่ละน้ำหนักที่แขวนควรทดลองตั้งแต่ข้อ 4 ถึง 7 ซึ่งทำไม่น้อยกว่า 3 ครั้ง

3.3.9 คำนวณอัตราเร่งเชิงมุมของเพลา, α

ใบบันทึกข้อมูล
ระบบเฟืองแบบง่าย

Shaft no ..... Tested by ..... Date .....

Gear ratio : Shasft 1 to 2 =....., Shasft 2 to 3 =....., Shasft 3 to 4 =..... r = ... m

☐ Mass moment of inertia determination ☐ Acceleration of geared system

No	Weight	y	t	T	a	α	I	Remarks
	N	m	s	Nm	m/s^2	rad/s^2	$kg.m^2$	

4. ตัวอย่างผลการทดลอง

ใบบันทึกข้อมูล
ระบบเฟืองแบบง่าย

Shaft no ……1, 2, 3, 4…….. Tested by …K. Weerapol…… Date. 30/05/12

Gear ratio: Shaft 1 to 2 =…60:40…, Shaft 2 to 3 =…60:40…, Shaft 3 to 4 =…60:40… r = …0.0175.. m

☐ Mass moment of inertia determination ☑ Acceleration of geared system

No	Weight	y	t	T	a	α	Remarks
	N	m	s	N·m	m/s^2	rad/s^2	
1	15	0.8	3.53	0.2625	0.1284	7.337	
2	15	0.8	3.41	0.2625	0.1376	7.863	
3	15	0.8	3.50	0.2625	0.1306	7.464	
4	20	0.8	2.93	0.3500	0.1864	10.650	
5	20	0.8	2.85	0.3500	0.1970	11.256	
6	20	0.8	2.94	0.3500	0.1851	10.578	
7	25	0.8	2.38	0.4375	0.2825	16.141	
8	25	0.8	2.34	0.4375	0.2922	16.697	
9	25	0.8	2.40	0.4375	0.2778	15.873	
10	30	0.8	2.07	0.5250	0.3734	21.337	
11	30	0.8	2.03	0.5250	0.3883	22.187	
12	30	0.8	2.03	0.5250	0.3883	22.187	

5. ตัวอย่างการคำนวณ

5.1 การคำนวณโมเมนต์ของความเฉื่อยรอบเพลาที่ 1

$$I = \frac{1}{2} m\left(R_0^2 + R_i^2\right)$$

Item	Parts	Mass, kg	R_o , m	R_i , m	I (kg/m^2)
1	Hand wheel	1.0715	0.1000	0.0790	0.0087011
2	Freewheel	0.2410	0.0393	0.0075	0.0001924
3	Mass and drum 1	3.5249	0.0750	0.0075	0.0100129
4	Gear 1/4 - 60T	0.9740	0.0620	0.0075	0.0018944
5	Gear 1/5 – 80T	1.7015	0.0825	0.0075	0.0058383
6	Shaft 1	0.6811	0.0075	0.0000	0.0000192
				Sum	0.0266633

5.2 การคำนวณโมเมนต์ของความเฉื่อยเทียบเท่าของเพลา 1, 2 และ 3 รอบเพลาที่ 4

ข้อมูลการทดลอง (ชุดที่ 5)

น้ำหนัก	20	N
ระยะทาง	0.8	m
เวลา	2.85	s

5.2.1 ความเร่งของน้ำหนัก

$$y = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$0.8 = 0 + \frac{1}{2}a(2.85)^2$$

$$\therefore a = 0.197\frac{m}{s^2}$$

5.2.2 ความเร่งเชิงมุมของเพลา 4

$$a = r\alpha$$

$$\alpha = \frac{a}{r} = \frac{0.197}{0.0175}$$

$$\therefore \alpha = 11.256\frac{rad}{s^2}$$

5.2.3 การหาโมเมนต์ความเฉื่อยเทียบเท่า

$$T = I_e\alpha$$

$$0.350 = I_e \times 11.256$$

$$\therefore \quad I_e = 0.0310 \text{ kg/m}^2$$

5.3 การคำนวณประสิทธิภาพของระบบเฟืองในขณะเร่ง

ข้อมูลการทดลองชุดที่ 5

แรงบิด = 0.35 0 Nm

α = 11.256 rad/s^2

I_1 = 0.00938 kg/m^2 (Shaft 4)

I_2 = 0.01586 kg/m^2 (Shaft 3)

I_3 = 0.01387 kg/m^2 (Shaft 2)

I_4 = 0.02109 kg/m^2 (Shaft 1)

$$i_1 = \frac{60}{40} = 1.5$$

$$i_2 = \frac{60}{40} = 1.5$$

$$i_3 = \frac{60}{40} = 1.5$$

จาก

$$T = \left[I_1 + \frac{1}{\eta}\left[\frac{I_2}{i_1^2} + \frac{I_3}{(i_1 \times i_2)^2} + \frac{I_4}{(i_1 \times i_2 \times i_3)^2} \right] \right] \alpha$$

$$0.350 = \left[0.00938 + \frac{1}{\eta}\left[\frac{0.01586}{(1.5)^2} + \frac{0.01387}{(1.5 \times 1.5)^2} + \frac{0.02109}{(1.5 \times 1.5 \times 1.5)^2} \right] \right] 11.256$$

ดังนั้น η = 0.7771

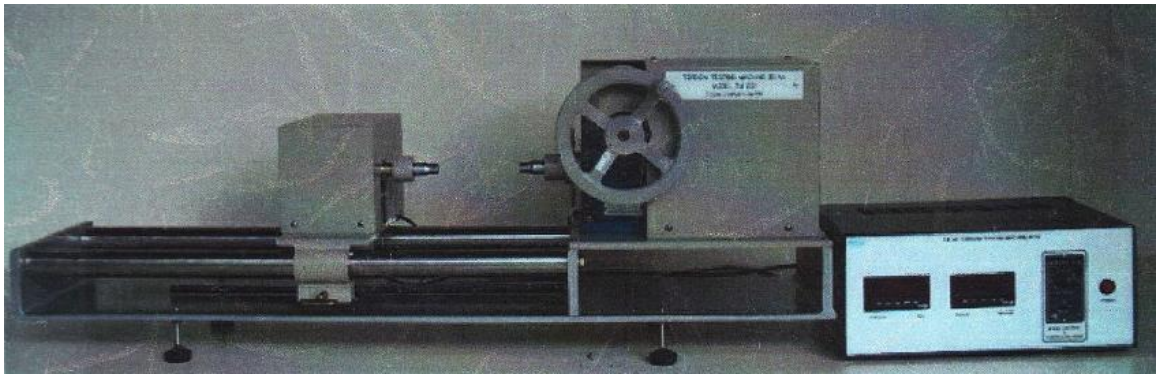
ดังนั้น ประสิทธิภาพในขณะเร่งระบบจะเป็น 77.71%



สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 24 การทดสอบแรงบิดของวัสดุ

(Torsion Testing)



1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาหลักการและวิธีการในการทดสอบแรงบิด (Torsion Testing) พร้อมทั้งศึกษาลักษณะการแตกหักของโลหะอันเนื่องมาจากการได้รับแรงบิด

1.2 เพื่อทดสอบหาค่าความเค้นสูงสุด (Maximum Shearing Stress) ความเค้นที่จุด Proportional Limit ค่าโมดูลัสแรงเฉือน (Shear Modulus หรือ Modulus of Rigidity) และความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด (Torque) และองศาการบิด (Degree of Rotation)

1.3 สามารถบอกความแตกต่างของความสามารถในการรับแรงบิดของวัสดุต่างชนิดกัน และสามารถวิเคราะห์เชื่อมโยงค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการทดลองกับลักษณะพื้นผิวของการแตกหักเนื่องจากแรงบิดได้

1.4 สามารถนำข้อมูลที่ได้มาประยุกต์ใช้ประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับงานทางวิศวกรรมที่เกี่ยวกับการรับแรงบิดได้

2. ทฤษฎีการบิด

2.1บทนำ

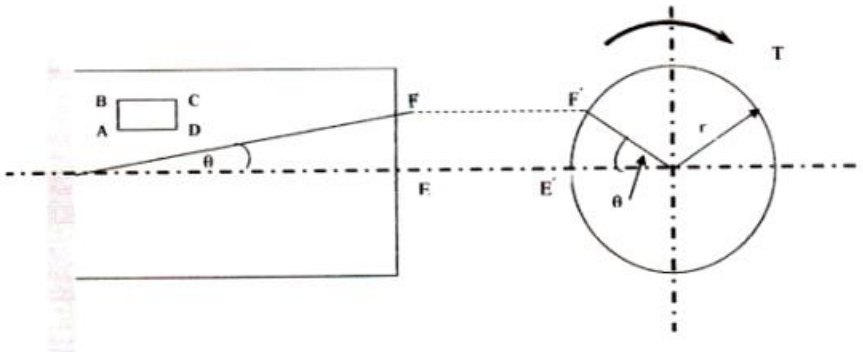
โมเมนต์ที่กระทำกับเพลา ซึ่งจะพยายามบิดเพลาหรือทำให้เพลาหมุนเรียกว่าแรงบิด (Twisting Moment, Turing Moment หรือ Torque Moment หรือTorque)

เมื่อเพลาหมุนขณะส่งกำลังก็จะเกิดการบิดตัวไปด้วย ลักษณะอันหนึ่งคล้ายแผ่นโลหะกลมบางๆหลายแผ่นติดกัน ขณะที่บิดแผ่นโลหะแผ่นหนึ่งจะบิดไปเล็กน้อยเทียบกับอันถัดไป ทำให้เพลามีความเครียดเฉือน (Shear Strain) ซึ่งจะทำให้มีความเค้นเฉือน (Shear Stress)

ก่อนจะศึกษาการบิดของเพลาจะต้องใช้สูตร และใช้ข้อสมมติดังต่อไปนี้

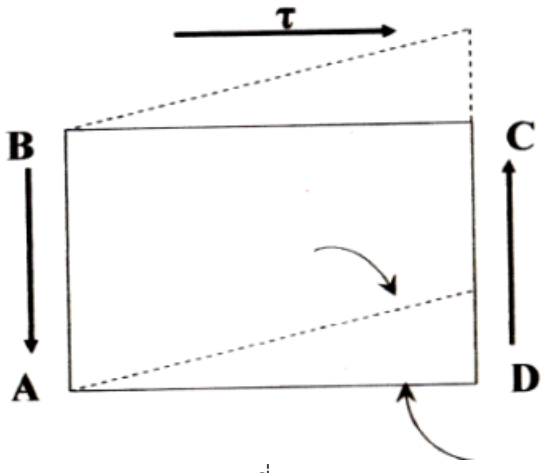
- ✓ เพลาจะต้องตรง และภาคตัดมีความสม่ำเสมอตลอดความยาว
- ✓ แรงบิดคงที่ตลอดความยาวของเพลา
- ✓ ภาคตัดซึ่งเป็นระนาบก่อนบิดจะยังเป็นระนาบตรงระหว่างที่เกิดการบิด
- ✓ เส้นรัศมีตรงยังคงเป็นเส้นรัศมีที่ตรงระหว่างที่เกิดการบิด
- ✓ ความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำกว่าความเค้นที่จุด Proportional Limit

2.2ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเฉือนความ(τ) ความเค้นเครียด(γ) และมุมบิด(θ)



รูปที่ 1 ก รูปที่1 ข

รูปแสดงลักษณะเพลาที่อยู่ภายใต้แรงบิด(T)



รูปที่1 ค

พิจารณาเพลากลมภาคตัดรัศมี r อยู่ภายใต้แรงบิด (Torque =τ) จะบิดไปเช่นในรูป 1 ก และรูป 1 ข จุด E และE' จะเคลื่อนที่ไปที่จุด F และ F' ตามลำดับ มุมที่บิดไป θ เรียกว่ามุมบิด (Angle of Twist)

เมื่อพิจารณาจุดเล็กๆ ในเนื้อวัสดุหนึ่งขยายออกเป็นแท่งสี่เหลี่ยมจัตุรัส ABCD ยาว L หน่วย หนา L หน่วย จะมีความเค้นเฉือน (Shear Stress;τ) เกิดขึ้นที่ AD เมื่อความเค้นเฉือน (Shear Stress;τ) ขึ้น 1 ตัว จะต้องมีอีก 3 ตัว ที่มีค่าเท่ากับการกระทำที่เหลือทันทีจึงจะสมดุลได้ความเค้นเฉือนแต่ละตัวเรียกว่า Complementary Shear Stress

ดังนั้นท่อน ABCD จะอยู่ภายใต้ความเค้นเฉือน (Shear Stress;τ) อย่างเดียวเท่านั้นเรียกว่าอยู่ภายใต้ Pure Shear

การคำนวณหาค่าจะหาค่าความเค้นเฉือน (Shear Stress;τ) จะต้องหาค่าความเครียดเฉือน (Shear Strain;γ) ชื่อมุม r (Radian)

พิจารณารูปที่ 1 ก ระยะ EF = 1r และรูปที่1 ข ระยะ E'F'=rθ มุมบิดจะมีขนาดเล็กมากๆ ดังนั้น

$$EF = E'F'$$
$$1r = r\theta$$

2.3 ความเครียดเฉือน (Shear Strain;γ)

$$R = \frac{r\theta}{L}$$

แต่ความเครียดเฉือน $r = \frac{\tau}{\theta}$

ดังนั้น $\frac{\tau}{\theta} = \frac{r\theta}{L}$

ฉะนั้น $\frac{\tau}{\theta} = \frac{G\theta}{L}$

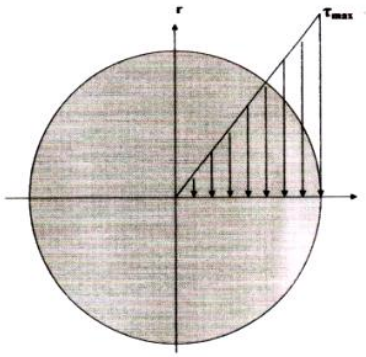
ถ้าแรงบิดทำให้เกิดมุมบิด θ คงที่ มุมหนึ่งค่า G และ L ก็จะเป็นค่าคงที่

ดังนั้น $\frac{\tau}{\theta}$ = ค่าคงที่

หรือ τ = (ค่าคงที่) x (r)

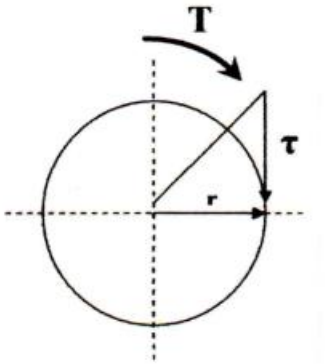
นั่นคือความเค้นเฉือนปฏิภาคโดยตรงกับรัศมี

ดังนั้นถ้าเขียนกราฟระหว่าง τ และ r จะได้กราฟเส้นตรงเรียกว่า Shear Stress Distribution ในเพลา เช่นรูปที่ 2 แสดงการเกิดความเค้นเฉือนสูงสุดในเพลา



รูปที่ 2 แสดงการเกิดความเค้นเฉือนสูงสุดในเพลา

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด (T) และความเค้นเฉือน (τ)



ให้เพลาอยู่ภายใต้แรงบิด = T
พื้นที่วงแหวนบนหน้าตัด = a
วงแหวนอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลาง = r
ความเค้นเฉือนของวงแหวน = τ

จาก $$\frac{\tau}{\theta} = \frac{G\theta}{L}$$

$$\tau = \frac{G\theta}{L} r \text{ หรือ } \frac{P}{a}$$

แรงเฉือน(P) ที่เกิดขึ้นบนวงแหวน $= \tau.a$

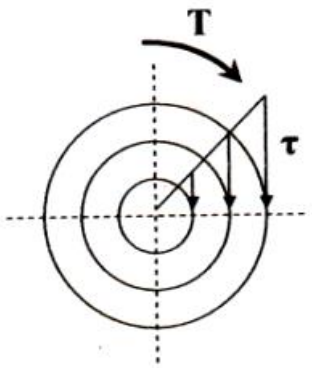
$$= \frac{G\theta}{L} r.a$$

โมเมนต์แรงเฉือนรอบจุดศูนย์กลางบนหน้าตัดเพลา = แรงเฉือน ×รัศมีเพลา

$$\text{Torque} = \frac{G\theta}{L} r.a.r$$

$$T = \frac{Gq.r^2a}{L}$$

ถ้าบนพื้นที่หน้าตัดเพลาประกอบด้วยวงแหวนหลายวงซ้อนกัน



แสดงการเกิดโมเมนต์บนหน้าตัดเพลา

ผลรวมของโมเมนต์รอบแกนเพลา = $M_{วงที่1}+M_{วงที่2}+.....+M_{วงที่n}$

$$= \frac{G\theta.r_1^2a}{L} + \frac{G\theta.r_2^2a}{L} + ... + \frac{G\theta.r_n^2a}{L}$$

$$= \frac{G\theta}{L}\left(\sum ar^2\right)$$

$\sum ar^2$ = Polar second moment of area

= J

$\therefore$ ผลรวมโมเมนต์รอบแกนเพลา(T) $= \frac{G\theta}{L} \times J$

$$\frac{T}{J} = \frac{G\theta}{L}$$

$$\frac{T}{J} = \frac{\tau}{r} = \frac{G\theta}{L}$$

เมื่อ T = แรงบิด (N.m)

J = Polar second moment of area (m^4)

τ = ความเค้นสูงสุดที่ผิวนอก (N/m^2)

r = รัศมีจุดที่ต้องการหาค่าτ (m)

G = Modulus of rigidity (N/m^2)

θ = มุมบิด (rad)

L = ความยาว (m)

จากค่า J = Polar second moment of area

$\sum ar^2$ = $a_{วงที่1} \rightarrow a_{วงที่n}$

$$= \frac{0 + \frac{\pi}{4}.D^2}{2}$$

$$= \frac{\pi D^4}{8}$$

$$r^2 = \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

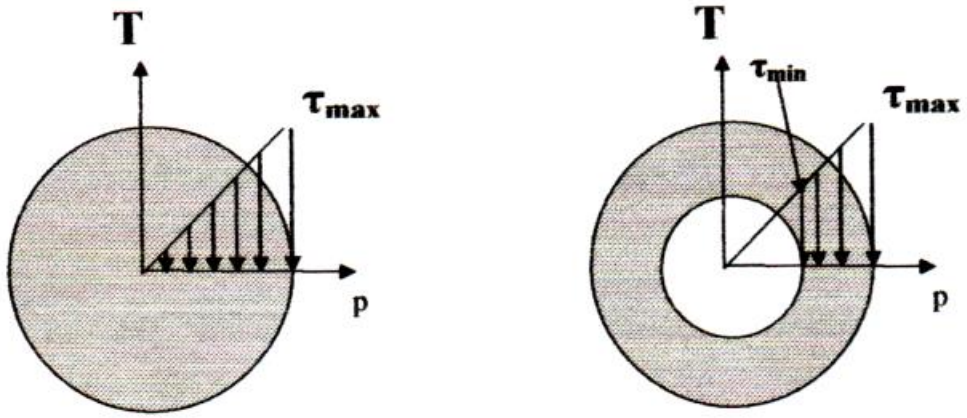
$$= \frac{D^2}{4}$$

$\therefore$ $J = \sum ar^2$

$$= \frac{\pi D^2}{8} \times \frac{D^2}{4}$$

$$= \frac{\pi D^4}{32}$$

เพลากลมตันมีค่า J = $\frac{\pi D^4}{32}$ เพลากลมกลวงมีค่า J = $\frac{\pi}{32}\left(D^4-d^4\right)$



(a) (b)

แสดงการเกิดความเค้นเฉือนสูงสุดของเพลากลมตันและเพลากลวง

ความเค้นเฉือนสูงสุดที่เกิดขึ้นในเพลากลมตันและเพลากลมกลวง

จากสูตร $\tau_{max} = \frac{Tr}{J}$

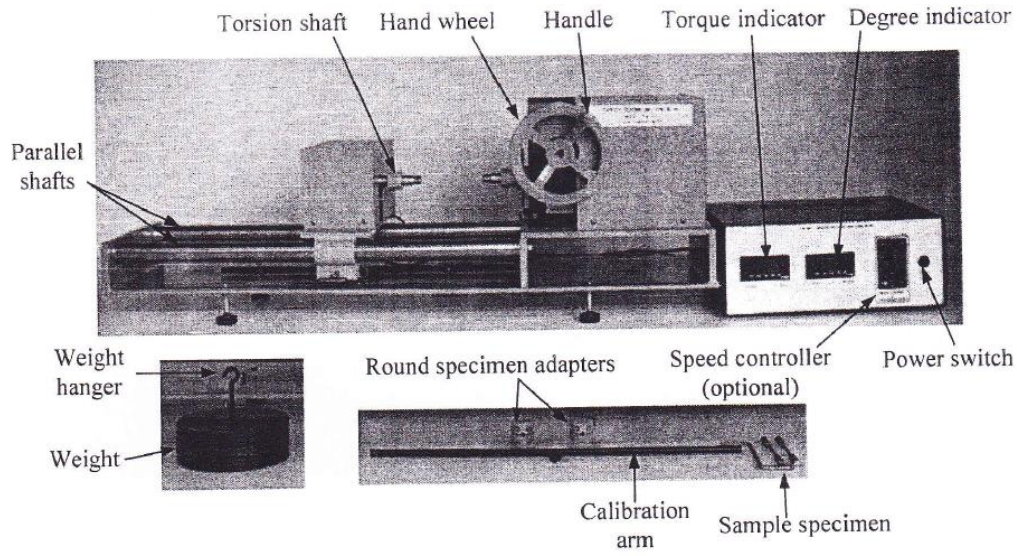
เมื่อ $r = \frac{D}{2}$

ความเค้นเฉือนในเพลากลมตัน $\tau_{max} = \frac{T\frac{D}{2}}{\frac{\pi}{32}D^4}$

$\tau_{max} = \frac{16T}{\pi D^3}$

ความเค้นเฉือนในเพลากลมกลวง $\tau_{max} = \frac{T\frac{D}{2}}{\frac{\pi}{32}\left(D^4-d^4\right)} = \frac{16TD}{\pi\left(D^4-d^4\right)}$

3. เครื่องมือการทดลอง



รูปเครื่องทดสอบแรงบิดและชิ้นงาน

4. การทดลอง

4.1 วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของชิ้นงาน บันทึกผลลงในตาราง

4.2 เปิดเครื่องและสังเกตที่ Torque Indicator อยู่ที่ตำแหน่ง “0”

4.3 ตรวจสอบ Indicator โดยการทดสอบด้วยการวางก้อนน้ำหนัก 10, 20, 30 Nm ลงไปที่ชุดห้อยน้ำหนัก (Weight Hanger) ถ้าแรงบิดที่อ่านได้ไม่ถูกต้อง ให้ตั้งค่าที่ Indicator ใหม่

4.4 คลายสกรูที่ยึดฐานของ Torsion Shaft และ Gear Box ที่วางอยู่บนฐานแกนเพลาขนานทั้งสองและจับปากกาของเครื่องทดสอบเพื่อเตรียมยึดชิ้นงานปลายหกเหลี่ยม

4.5 ใส่ชิ้นงานเข้ากับปากกาของเครื่องทดสอบแรงบิดโดยยึดเข้ากับหัวจับหกเหลี่ยม และย้ายตำแหน่งของ Torsion Shaft หรือ Gear Box ที่วางอยู่บนฐานให้ได้ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด แล้วขันสกรูที่ยึดตรงฐานกับเพลาขนานให้แน่น

4.6 ตั้ง Circular Scale ไปที่”0” โดยการคลายน็อทที่ยึดScale หมุนScale จนกระทั่ง Indicator มาอยู่ที่ตำแหน่ง”0” แล้วขันน็อทยึด Circular Scale ให้แน่น

4.7 ตั้ง Degree Indicator ไปที่”0”

4.8 เริ่มบิดชิ้นงานโดยหมุนวงล้อ(Hand Wheel) และเริ่มบันทึกแรงบิด(Torque) และระยะกระจัดเชิงมุม(Angular Displacement) โดยการเพิ่มองศาการบิดไปครั้งละ 0.5 องศา ทำการทดสอบชิ้นงานจนกระทั่งชิ้นงานเกิดการแตกหัก

5. ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง1

Tested by :.....Date :.....

Sample Materials :.....Diameter:.....mm.

J :.....mm^4 , Length:.....mm.

Angle of twist θ (Degree)	Torque (Nm)	Angle of twist θ (Degree)	Torque (Nm)	Angle of twist θ (Degree)	Torque (Nm)

ตารางบันทึกผลการทดลอง2

Tested by :.....Date :.....

Sample Materials :.....Diameter:.....mm.

J :.....mm^4 , Length:.....mm.

Angle of twist θ (Degree)	Torque (Nm)	Angle of twist θ (Degree)	Torque (Nm)	Angle of twist θ (Degree)	Torque (Nm)

6. <u>คำสั่งท้ายการทดลอง</u>

1.1. จงคำนวณหาความเค้นเฉือน(Shear Stress) หน่วยเป็น N/mm^2

1.2. จงคำนวณหาความเครียดเฉือน(Shear Strain)

1.3. จงคำนวณหาค่าโมดูลัสแรงเฉือน(Modulus of Rigidity) หน่วยเป็น GPa

1.4. จงคำนวณหาความเค้นเฉือนคราก(Shear Yield Stress)

1.5. จงคำนวณหาค่าความเค้นสูงสุด (Maximum Shearing Stress)

1.6. จงอธิบายความหมายคำว่า Shear Stress

1.7. จงอธิบายความหมายคำว่า Shear Strain

1.8. จงอธิบายความหมายคำว่า Shear Yield Stress

1.9. จงอธิบายความหมายคำว่า Maximum Shearing Stress

1.10. จงอธิบายความหมายคำว่า Modulus of Rigidity

1.11. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Shear Stress และ Shear Strain

1.12. บันทึกลักษณะการแตกหัก และ Sketch ลักษณะพื้นผิวการแตกหักของชิ้นงาน

7. วิจารณ์ผลการทดลอง

8. สรุปผลการทดลอง

9. ตัวอย่างการทดลอง

Tested by :.....Date :.....

Sample Materials :.....Brass.....Diameter:.....6.0.....mm.

J :.....127.33.....mm^4 , Length:.....75.....mm.

Angle of twist θ (Degree)	Torque (Nm)	Angle of twist θ (Degree)	Torque (Nm)	Angle of twist θ (Degree)	Torque (Nm)
0	0	174	14.3		
6	6.8	180	14.5		
12	10.5	186	14.6		
18	11.4	192	14.6		
24	11.8	198	14.7		
30	12.1	204	14.5		
36	12.4	210	14.6		
42	12.5	216	14.6		
48	12.6	222	14.7		
54	12.8	228	0		
60	13.0				
66	13.1				
72	13.2				
78	13.2				
84	13.4				
90	13.3				
96	13.4				
102	13.5				
108	13.6				
114	13.7				
120	13.8				
126	13.9				
132	14.0				
138	14.0				
144	14.1				
150	14.1				
156	14.2				
162	14.3				
168	14.2				

10. ตัวอย่างการคำนวณ

จากข้อมูลการทดลอง

Material : Brass

Angle : 12 Degree

Torque : 10.5 Nm.

$$J = \frac{\pi r^4}{2} = \frac{\pi \times 3^4}{2} = 127.23\ mm^4$$

$$L = 75\ mm$$

$$r = 3\ mm$$

Shear Stress

$$\tau = \frac{Tr}{J} = \frac{10.5\ Nm\ \times 1000\frac{mm}{m} \times 3\ mm}{127.23\ mm^4} = 247.58\ \frac{N}{mm^2}$$

Shear Strain

$$\gamma = \frac{r\theta}{L}$$

$$\theta = 12° = \frac{12 \times \pi}{180} = 0.209\ rad$$

$$\gamma = \frac{3\ mm \times 0.209\ rad}{75\ mm} = 0.008$$

Modulus of Rigidity

$$G = \frac{\tau}{\gamma}\ in\ Elastic\ range$$

$$= \frac{247.78\ N}{0.008\ mm^2} = 30972.5\ MPa = 31\ GPa$$

Shear Yield Stress

Let offset = 0.001 rad/25 mm

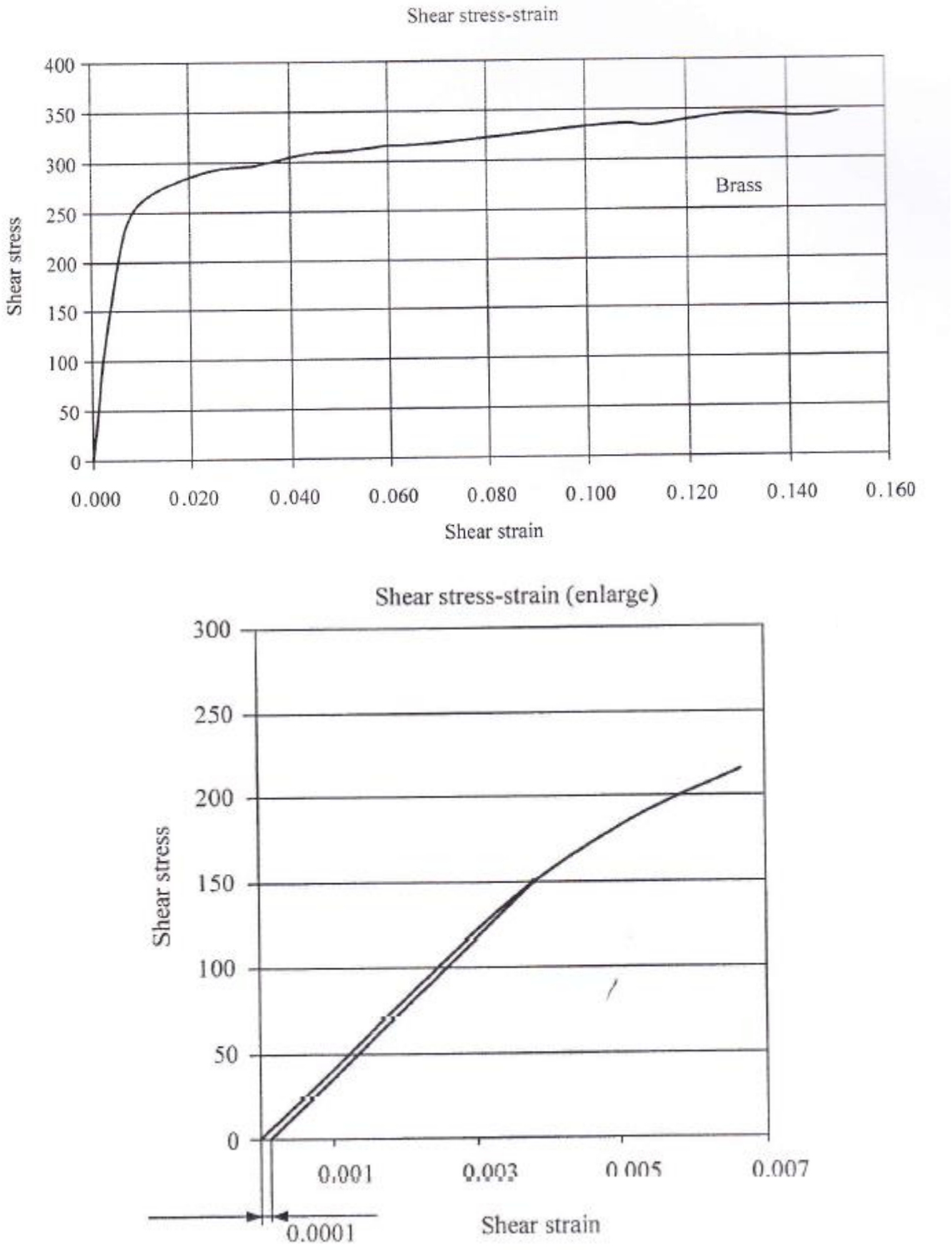
=0.003 rad/75 mm

จาก

$$\gamma = \frac{r\theta}{L}$$

$$\gamma = \frac{3\ mm \times 0.003}{75\ mm} = 0.0001$$

จากรูป Shear Stress-Strain $Shear\ yield\ stress \approx 150\frac{N}{mm^2}$



รูปแสดง Shear Stress-Strain

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 25 การทดสอบการสั่นสะเทือน (UNIVERSAL VIBRATION APPARATUS)



1. วัตถุประสงค์

1.1 ศึกษาระบบสปริงและมวล เพื่อหาค่าคงที่ของสปริงและความสัมพันธ์ของมวลและระยะหดของสปริง

1.2 ศึกษาการสั่นสะเทือนแบบอิสระ เพื่อหาสัมประสิทธิ์การหน่วงการสั่นสะเทือน (Damping Coefficient)

1.3 ศึกษาการสั่นสะเทือนแบบบังคับที่ไม่มีการหน่วง เพื่อหาค่าการสั่นสะเทือนที่สภาวะรีโซแนนซ์

1.4 ศึกษาการสั่นสะเทือนจากการบิดของโรเตอร์เดี่ยว เพื่อหาโมเมนต์ความเฉื่อยของมวล

1.5 ศึกษาการสั่นสะเทือนจากการบิดของโรเตอร์สองตัว เพื่อช่วงเวลาของการหมุนแกว่งไปมา

1.6 ศึกษาการสันสะเทือนจากการบิดที่มีการหน่วงด้วยของไหลที่มีความหนืดสูง เพื่อหาสัมประสิทธิ์การหน่วงการสั่นสะเทือน

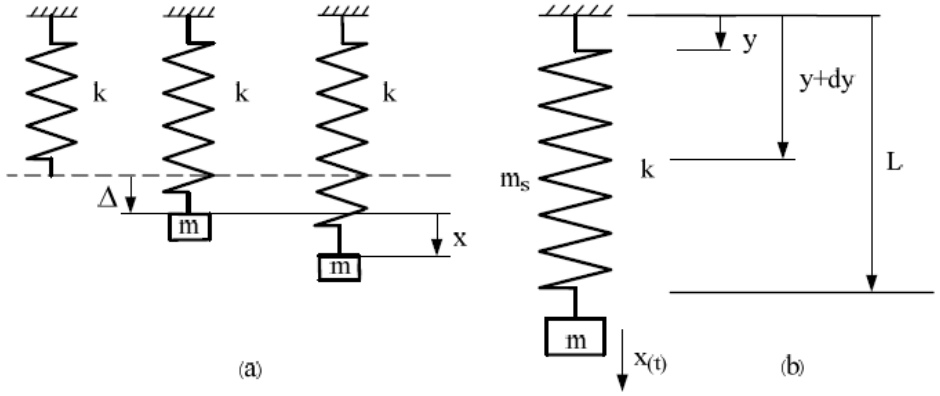
2. เครื่องมือการทดลอง



รูปที่ 2.1 อุปกรณ์ทดสอบการสั่นสะเทือน

3. การทดลองที่ 1: ระบบสปริงมวล-

3.1 ทฤษฎี





(C)

รูปที่ 3.1

3.1.1 ระบบที่ไม่พิจารณาถึงมวลของสปริง (รูปที่ 3.1a)

พลังงานศักย์พ + ลังงานจลน์ค = ่าคงที่

U + T = Constant

U = U spring + U gravitational

$$= \frac{1}{2}k(\Delta + x)^2 + (-mgx) \quad \text{..... (1)}$$

$$T = \frac{1}{2}m\dot{x}^2 \quad \text{..... (2)}$$

$$\therefore \quad \frac{1}{2}k(\Delta + x)^2 - mgx + \frac{1}{2}m\dot{x}^2 = \text{Constant} \quad \text{..... (3)}$$

เมื่อดิฟเฟอเรนเชียลสมการ (3) แล้วก็จะได้

$$\dot{x}(\mathrm{m}\ddot{x} + kx) + \dot{x}(k\Delta - mg) = 0$$

$$\dot{\mathrm{x}} \neq 0 \quad \textit{และ} \quad \mathrm{k}\Delta = \mathrm{mg} \quad \text{..... (4)}$$

$\therefore$ สมการการเคลื่อนที่จะเป็น : $m\ddot{x} + kx = 0$ ..... (5)

จะได้คำตอบเป็น $x = Asin(\omega t + \emptyset)$ ..... (6)

จะได้ขนาดของการสั่นสะเทือนเป็น $x_{\max} = \mathrm{A}$ ..... (7)

จะได้ความถี่ธรรมชาติเป็น $\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$ ..... (8)

จะได้ช่วงเวลาของการแกว่ง 1 รอบ $t = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ ..... (9)

สมการที่ (8) ได้มาจาก $T_{\max} = U_{\max}$

และ $\frac{1}{2}\mathrm{m}(\omega_n A)^2 = \frac{1}{2}kA^2$

3.1.2 ระบบที่พิจารณาถึงมวลของสปริงด้วย (รูปที่ 3.1b)

ถ้าสมมุติว่าความเร็วในสปริงชิ้นเล็ก ๆ ยาว dy แปรเป็นเส้นตรงและเมื่อ Y= L แล้ว ความเร็วก็จะมีค่าเป็น x ดังนั้น $V_{\mathrm{dy}} = \frac{y}{L}\dot{x}$

พลังงานจลรวม $T_{spring} = \frac{1}{2}\int_0^L \frac{m_s}{L}\left[\frac{y}{L}x\right]^2 dy$ ..... (10)

เมื่อ : m_s = มวลของสปริงเท่านั้น

ดังนั้นมวลประสิทธิผลของสปริงจะมีค่า $= \frac{m_s}{3}$

และ พลังงานจลสูงสุดจะมีค่าเป็น : $T_{max} = \frac{1}{2}\left(m + \frac{m_s}{3}\right)\omega_n{}^2 A^2$ ..... (11)

พลังงานศักย์สูงสุดจะมีค่าเป็น : $U_{max} = \frac{1}{2}kA^2$ ..... (12)

$T_{\max} = U_{\max}$ $\therefore$ $\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m+\frac{m_s}{3}}}$ ..... (13)

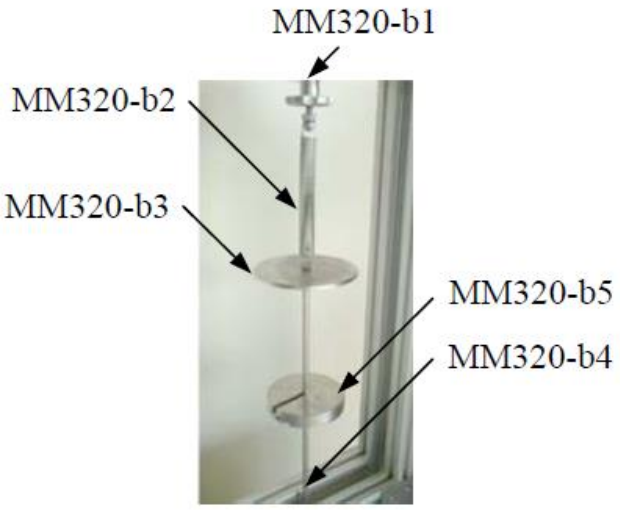
$$\mathrm{t} = 2\pi\sqrt{\frac{m+\frac{m_s}{3}}{k}}$$ ..... (14)

จากสมการ (9) และ (14) จะได้ $t^2 = \left[\frac{4\pi^2}{k}\right]m$ ..... (15)

และ $t^2 = \left[\frac{4\pi^2}{k}\right](m + \frac{m_s}{3})$ ..... (16)

แล้วแต่ว่าจะตัดมวลประสิทธิผลของสปริงทิ้งหรือไม่เท่านั้น

3.2 อุปกรณ์ประกอบการทดลอง



รูปที่ 3.2 การจัดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์การทดลอง

- MM320-b1 แป้นแขวนสปริงติดคานบน ซึ่งมีตัวปรับสปริงให้สูงขึ้นหรือต่ำลงได้
- MM320-b2 สปริง (Helical spring) 3 อัน ค่าคงที่สปริง 5, 10 และ 15 kg/cm (โดยประมาณ)
- MM320-b3 ชุดยึดปลายสปริงและที่ใส่น้ำหนัก
- MM320-b4 ไกด์สำหรับ MM320-b3
- MM320-b5 ก้อนน้ำหนัก : ขนาด 2 กิโลกรัม 5 ก้อน, 0.4 กิโลกรัม 5 ก้อน
- MM320-b6 ตลับเมตร

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การติดตั้ง

3.3.1.1 ติดแป้นแขวนสปริงติดคานบนกับคานคู่ตัวบน

3.3.1.2 ติดสปริงเกลียวที่มีค่าความแข็ง k กับ แป้นแขวนสปริงติดคานบน

3.3.1.3 ติดชุดยึดปลายสปริงและที่ใส่น้ำหนัก

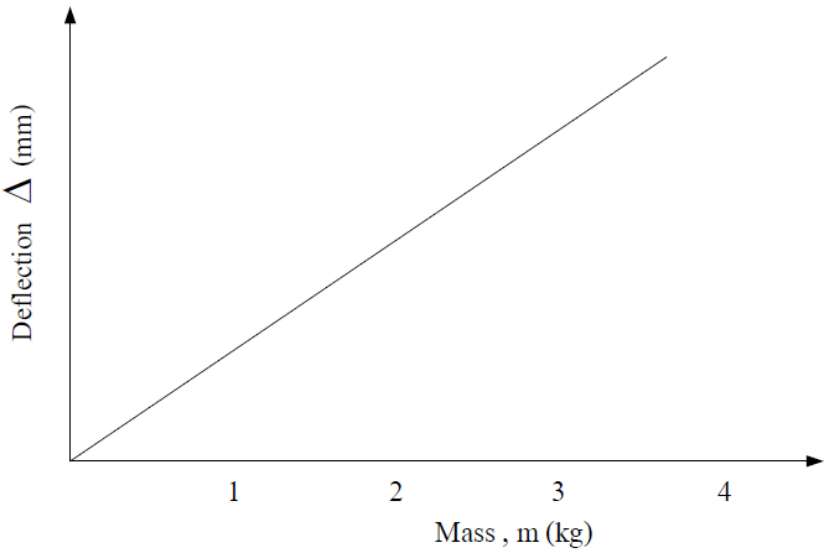
3.3.2 วิธีการทดสอบแบบอยู่กับที่ (Static test) เพื่อหาค่าความแข็ง k ของสปริง

3.3.2.1 เริ่มต้นด้วยการปล่อยสปริงให้เป็นอิสระจากแรงต่าง ๆ จากนั้นให้ใส่มวล ‘m’ ให้แก่สปริง แล้ววัดระยะ 'Δ' ที่สปริงหดตัว

3.3.2.2 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า 'Δ' กับมวลที่ใส่ให้แก่สปริงเพื่อจะได้ความชัน ‘1/k’ สำหรับแต่ละสปริง

3.3.2.3 หาค่า k จากความลาดชันของเส้นกราฟ

3.3.2.4 ทำซ้ำ 3.3.2.1 ถึง 3.3.2.3 สำหรับสปริงอื่นๆ



รูปที่ 3.3

3.3.3 วิธีการทดสอบแบบเคลื่อนไหว (Dynamic-test)

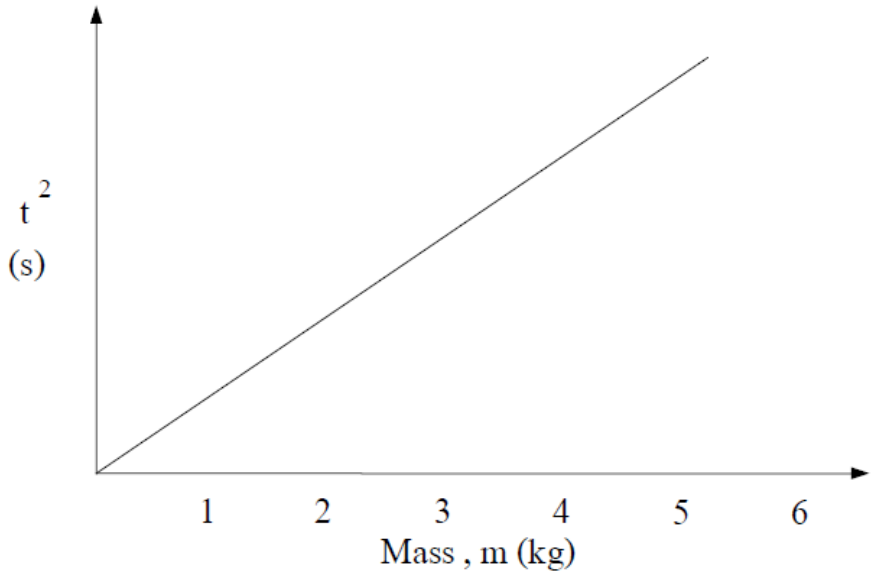
3.3.3.1 เพิ่มมวลขนาดต่าง ๆ ให้แก่สปริงโดยใส่ลงไปบนจานรองรับ

3.3.3.2 จากนั้นให้ดึงจานรองรับลงแล้วปล่อยมือเพื่อให้สปริงแกว่งขึ้นลง

3.3.3.3 จับเวลาที่สปริงแกว่งขึ้นลง 20 รอบ ของแต่ละมวลที่เพิ่มเข้าไปให้

3.3.3.4 จากนั้นให้หาช่วงเวลาเฉลี่ย‘t’ ที่สปริงแกว่งขึ้นลง 1 รอบ และหาค่า ‘t^2’

3.3.3.5 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของ ‘t^2’ กับมวล ‘m’ ซึ่งเป็นมวลรวมของตุ้มน้ำหนักที่เพิ่มเข้าไปให้กับมวลของจานรองรับและมวลของแท่งเหล็กที่แขวนอยู่บนสปริง



รูปที่ 3.4

3.3.3.6 ให้วัดค่าความลาดชันของเส้นกราฟในรูปที่ 3.4 แล้วนำค่าที่วัดได้ไปเปรียบกับค่า $\frac{4\pi^2}{k}$ ในสมการ (15)

3.3.3.7 จากนั้นให้หาค่า ‘k’ จากกราฟ ดังนั้นก็จะสามารถหาค่า ‘g’ ได้จากสมการ (4)

3.3.3.8 ให้วัดระยะทางจากจุดที่เส้นกราฟตัดกับแกน ‘m’ (ที่อยู่ในรูปที่ 3.4 แล้วนำค่าที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับค่า $\frac{m_s}{3}$ (ค่ามวลประสิทธิผลของสปริง) ที่อยู่ในสมการ (16) จะเห็นได้ว่าหน่วยของ $\sqrt{\frac{k}{m}}$ ที่อยู่ในสมการ (8) และหน่วยของ $\sqrt{\frac{k}{m+\frac{m_s}{3}}}$ ควรจะมีหน่วยเป็น $-1\ s$ ซึ่งเป็นหน่วยของ ω_n ของการแกว่ง ดังนั้นหน่วยของ ‘m’ และหน่วยของ ‘m_s’ ก็จะเป็น ‘kg’ และหน่วยของ ‘k’ ก็จะเป็น ‘N/m’ (นิวตันต่อเมตร)

3.3.3.9 ภายหลังจากการทดลองสปริงทุกขนาดที่มีอยู่เสร็จสิ้นลงแล้ว ให้วิจารณ์หรือให้ความเห็นถึงผลที่ได้จากการทดลองในเรื่องต่าง ๆ ดังต่อไปนี้: ทฤษฎีพื้นฐานและพฤติกรรมจริงของสปริง, ความถูกต้องของค่า ‘k’ และค่า ‘g’ ที่ได้จากผลของการทดลอง และ ผลกระทบที่เกิดจากการตัดมวลประสิทธิผลของสปริงทิ้งไป

ตารางบันทึกข้อมูล
อุปกรณ์ทดสอบการสั่นสะเทือน
การทดลองที่ 1 : ระบบสปริง-มวล

ทดสอบโดย.....วันที่.....

Main coil diameter: .....

Mean wire diameter: .....

Number of coil: .....

Platform weight: .....

m (kg)	Static Test		Dynamic Test	
	Force (N)	Deflection, d (mm)	Period, t (s)	t (s^2)

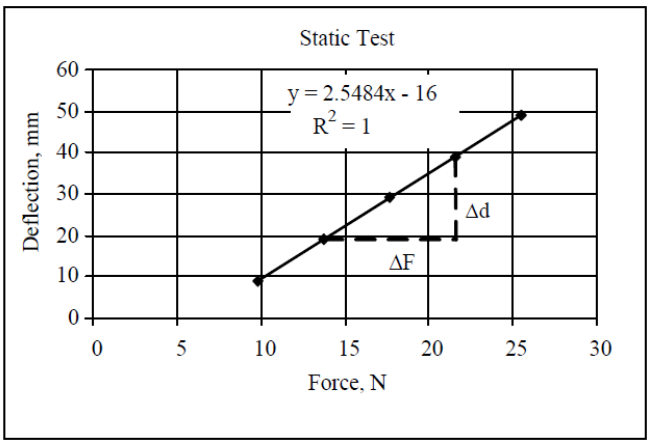
3.4 ตัวอย่างผลการทดลอง

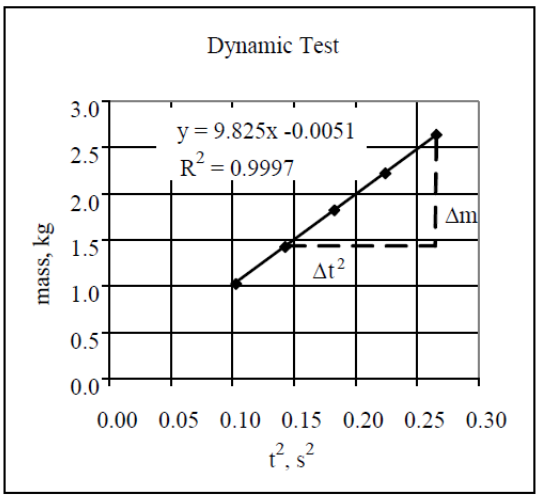
ตารางบันทึกข้อมูล
อุปกรณ์ทดสอบการสั่นสะเทือน
การทดลองที่ 1: ระบบสปริง-มวล

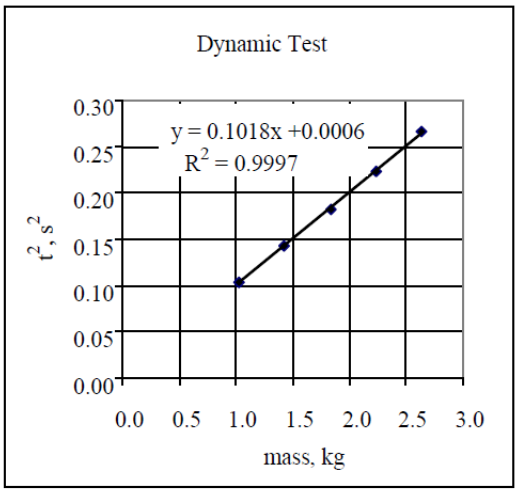
ทดสอบโดย.....วีระพล.....วันที่.....25/06/12.....

Main coil diameter: 34.5 mm.
Mean wire diameter: 4 mm.
Number of coil: -
Platform weight: 0.63 kg

m (kg)	Static Test		Dynamic Test	
	Force (N)	Deflection, d (mm)	Period, t (s)	t (s^2)
1.0	9.810	9	0.3210	0.1030
1.4	13.734	19	0.3785	**0.1433**
1.8	17.658	29	0.4270	0.1823
2.2	**21.582**	**39**	0.4730	0.2237
2.6	25.506	49	0.5160	**0.2663**







3.5 ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างข้อมูล:

จากกราฟ: Static Test

$Slope\ \frac{\Delta d}{\Delta F} = \frac{39-19}{21.582-13.734} = 1/k = 2.5484$ mm/N

$Spring\ consyant, k = \frac{1000}{2.5484} = 392.40$ N/m

จากกราฟ: Dynamic Test t^2 vs. mass

$Slope, \frac{\Delta m}{\Delta t^2} = \frac{2.6-1.4}{0.2663-0.1433} = 9.8\, m/s^2 = g$

หา Y-intercept จากพิกัด (0.1433, 1.4)

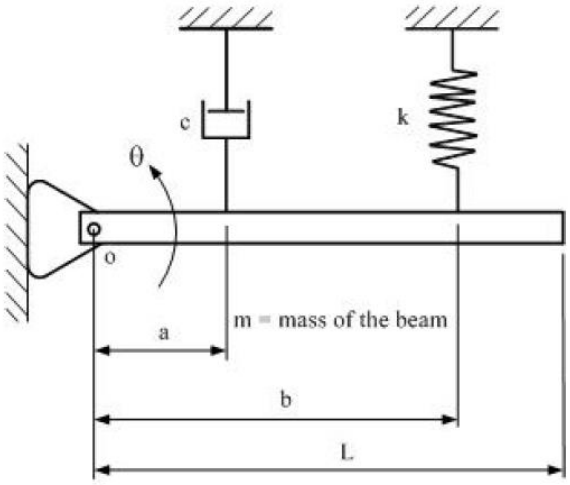
$\mathrm{Y-intercept} = 1.4 - (9.8\mathrm{x}0.1433) = 0.0043\ \mathrm{kg}$

$m_{s,exp} = 0.0043x3 = 0.0129\ kg$

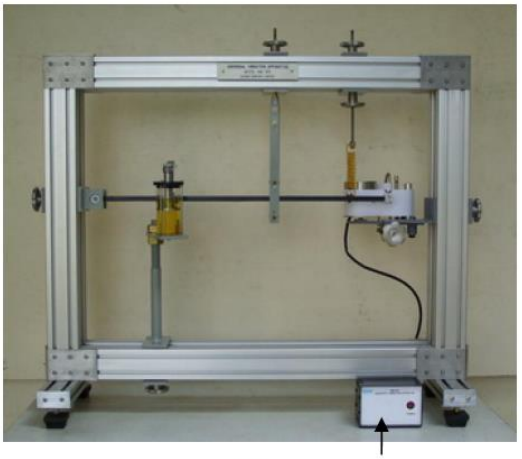
$m_{s,actual} = 0.0723\ kg$

4. การทดลองที่ 2 : การสั่นสะเทือนแบบอิสระ (Free Vibration Apparatus)

4.1 ทฤษฎี



(a)



(b)
Control On/Off switch for MM320-c6

รูปที่ 4.1 อุปกรณ์การทดลองการสั่นสะเทือนแบบอิสระ

สมการการเคลื่อนที่มีรูปเป็น: $\mathrm{I}_0\ddot{\theta} + (ca\dot{\theta})a + (kb\theta) = 0$

จัดรูปใหม่เป็น $\ddot{\theta} + A\dot{\theta} + B\theta = 0$

เมื่อ $A = \frac{ca^2}{\mathrm{I}_0}$ ..... (1)

$B = \frac{kb^2}{\mathrm{I}_0}$ ..... (2)

$\mathrm{I}_0 = \frac{mL^2}{3}$ ..... (3)

ในกรณีนี้จะได้ค่า θ เป็น $\theta = Ce^{-\left(\frac{A}{2}\right)t}(cos\omega_d t + \phi)$

ในกรณีนี้ : C = ค่าคงที่

ϕ = มุมเฟส (ค่าคงที่)

ω_d = ความถี่ธรรมชาติของการสั่นสะเทือนที่มีการหนว่ ง (Damped natural frequency)

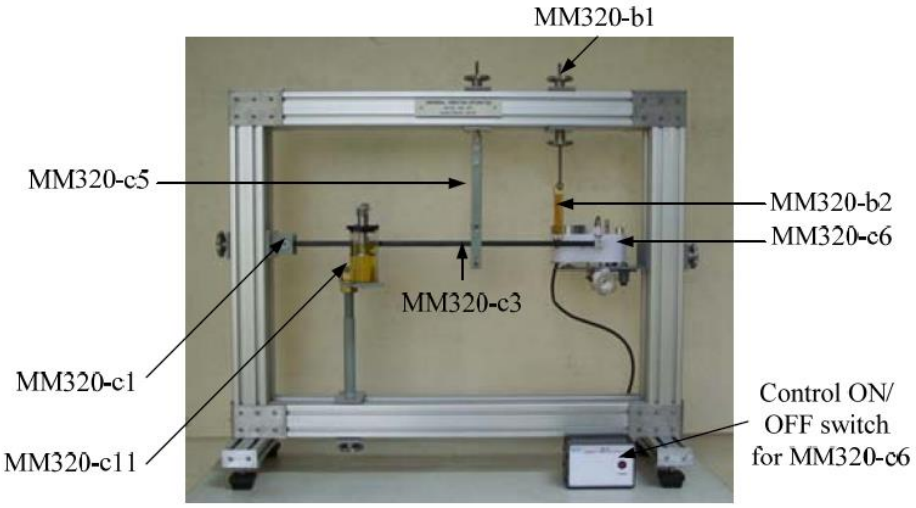
ดังนั้น $\omega_d = \frac{2\pi}{T}$ เมื่อ T เป็นช่วงเวลาของการแกว่ง 1 รอบ

ในการหาขนาดของการสั่นสะเทือนที่ค่อย ๆ ลดลง (Decaying amplitude) ของการแกว่งที่เกิดขึ้นติดต่อกัน 2 ครั้ง (2 consecutive oscillations) ของวัฏจักร *n* ใด ๆ เมื่อใส่ natural logarithmic ให้แก่คำตอบแล้วก็จะได้

$$log_e\left(\frac{y_n}{y_{n+1}}\right) = \left(\frac{A}{2}\right)T \quad \text{..... (4)}$$

ดังนั้นจากการเขียนขนาดการสั่นสะเทือน (Amplitude) ที่เกิดขึ้นติดต่อกันมา 3 ครั้ง ลงบน equilibrium line ด้านเดียวกัน และนำสมการ (1), (2), (3) และ (4) มาใช้งานแล้วก็จะสามารถหาสัมประสิทธิ์การหน่วงการสั่นสะเทือน (damping coefficient) "*c*" ได

4.2 อุปกรณ์ประกอบการทดลอง



รูปที่ 4.2 Apparatus setup

อุปกรณ์การทดลอง

4.2.1 MM320-b1 แป้นแขวนสปริงติดโครงบนพร้องสกรูปรับสปริงขึ้น-ลง

4.2.2 MM320-b2 สปริงมี 3 ขนาด

- ค่าคงที่สปริง 5, 10 และ 15 kg/cm. โดยประมาณ

4.2.3 MM320-b6 ตลับเมตร

4.2.4 MM320-c1 ตัวยึดแบบจุดหมุนสำหรับติดปลายคานเข้ากับโครงในแนวดิ่ง

4.2.5 MM320-c3 คานเหล็กขนาด 25 × 12 ×75 mm. โดยประมาณ

4.2.6 MM320-c5 ตัวประคองคาน

4.2.7 MM320-c6 ชุดบันทึกข้อมูลพร้อมปากกา

- Paper speed : 2 cm/s (โดยประมาณ)

4.2.8 MM320-c11 ตัวหน่วงการสั่นสะเทือนพร้อมขาตั้ง, สกรูปรับ และตัวยึดจับคาน

4.3 วิธีการทดลอง

ให้ต่อตัวบันทึกเข้ากับชุดควบคุมความเร็วแล้วปรับคานให้อยู่ในแนวระดับโดยแป้นแขวนสปริง (Coil spring Bracket) เลื่อนชุดบันทึกข้อมูลเข้าไปสัมผัสกับปากกาเพียงแค่แตะกับกระดาษบันทึกข้อมูลเท่านั้น

4.3.1 การติดตั้ง

4.3.1.1 ติดสปริงที่แป้นแขวนสปริง และติดตั้งแป้นรองรับเข้ากับโครงคู่

4.3.1.2 ติดตั้งตัวรองรับคาน แล้วติดตั้งคานเข้าที่จุดรองรับ

4.3.1.3 ติดสปริง และคานเข้าด้วยกัน

4.3.1.4 ติดตั้ง Dash pot (ตัวหน่วงการสั่นสะเทือน) เข้ากับคาน

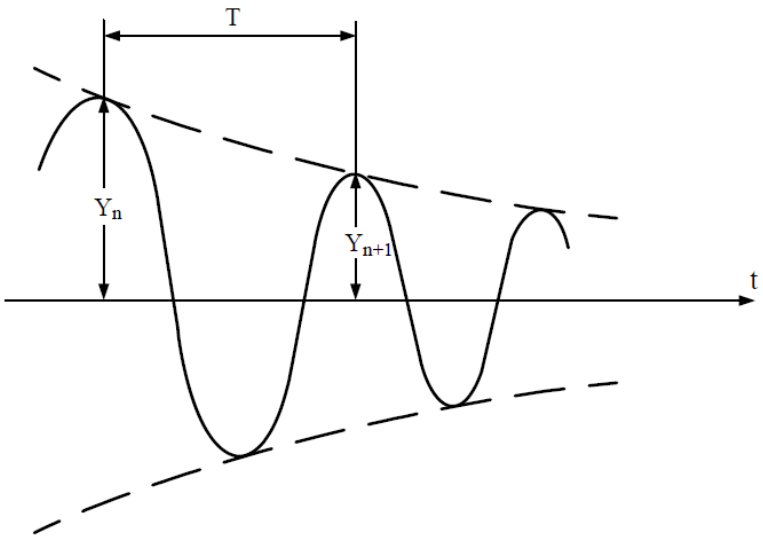
4.3.1.5 ติดตั้งตัวบันทึกข้อมูล และปากกา

4.3.2 วัดความเร็วของตัวบันทึกข้อมูลรูปทรงกระบอกจากความยาวของเส้นที่ลากลงบนตัวบันทึกข้อมูลรูปทรงกระบอกนั้นที่เป็นเส้นตรงในช่วงเวลา 20 วินาที โดยใช้นาฬิกาจับเวลา ความเร็วดังกล่าวนี้สามารถตรวจสอบซ้ำได้จากการสังเกตและนับระยะทางที่อยู่บนตัวบันทึกข้อมูลรูปทรงกระบอก

4.3.3 สร้างขนาดของการสั่นสะเทือนด้วยการดึงคานปลายด้านที่มีสปริงลงไปด้านล่างเป็นระยะทางประมาณ 20 mm. แล้วปล่อยคานให้เป็นอิสระ ในขณะที่พื้นที่ลูกสูบของตัวดูดซับการสั่นสะเทือนมีขนาดคงที่นั้น ให้เปลี่ยนระยะทาง “a” ให้มีขนาดต่างๆ กัน พร้อมกับเขียนกราฟแสดงขนาดของการสั่นสะเทือนที่ค่อย ๆ ลดขนาดลงเอาไว้ลงบนกระดาษกราฟ

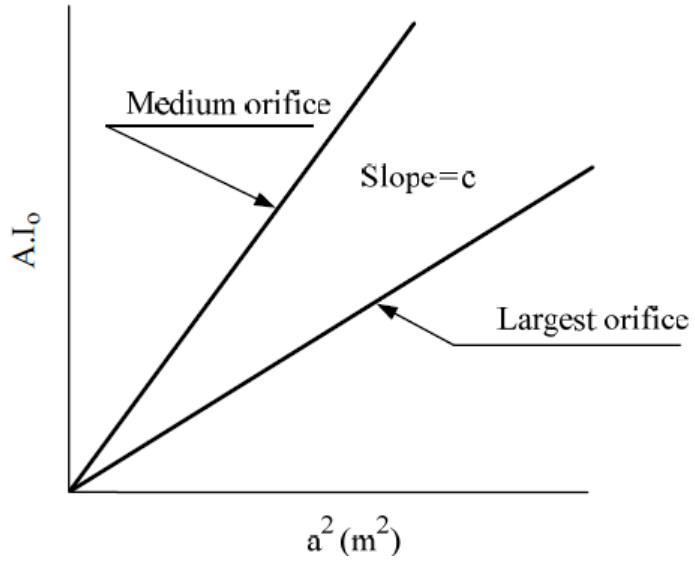
4.3.4 ให้เปลี่ยนขนาดพื้นที่ลูกสูบของตัวหน่วงการสั่นสะเทือนไปที่ขนาดต่างๆ แล้วให้เขียนกราฟแสดงขนาดของการสั่นสะเทือนที่ค่อย ๆ ลดขนาดลง เอาไว้ลงบนกระดาษกราฟที่ระยะ “a” ต่างๆ กัน

4.3.5 ให้ใช้เส้นกราฟที่เขียนได้มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การหน่วง (damping coefficient) c, จากสมการ (1) ถึง (4) แล้วทำตารางและเขียนกราฟจากผลที่คำนวณได้เฉพาะค่าที่ได้จากลูกสูบของตัวหน่วงการสั่นสะเทือนที่มีขนาดรู Orifice โตสุดและกลางเท่านั้น



รูปที่ 4.3 สัญญาณการสั่นสะเทือนของคาน

โดยการตรวจสอบจากกราฟก็จะเห็นได้ว่าค่า “$A.I_o$” แปรผันโดยตรงกับระยะทาง a^2



รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ของ a^2 กับ $A.I_o$

ตารางบันทึกข้อมูล
อุปกรณ์ทดสอบการสั่นสะเทือน
การทดลองที่ 2 : การสั่นสะเทือนแบบอิสระ

ทดลองโดย : .....วันที่: .....

Orifice area: ..... Spring to pivot distance, b = ...m

Mass of the beam, m = ...kg Length of the beam, L = ...m

Damper to pivot distance, a (m)	$\frac{y_n}{y_{n+1}}$	$log_e\left(\frac{y_n}{y_{n+1}}\right)$	T (s)	A s^{-1}	A^*I_o $s^{-1}kg.m^2$	Damping Coefficient "c" (Ns/m or kg/s)

4.4 ตัวอย่างผลการทดลอง

ตารางบันทึกข้อมูล
อุปกรณ์ทดสอบการสั่นสะเทือน
การทดลองที่ 2 : การสั่นสะเทือนแบบอิสระ

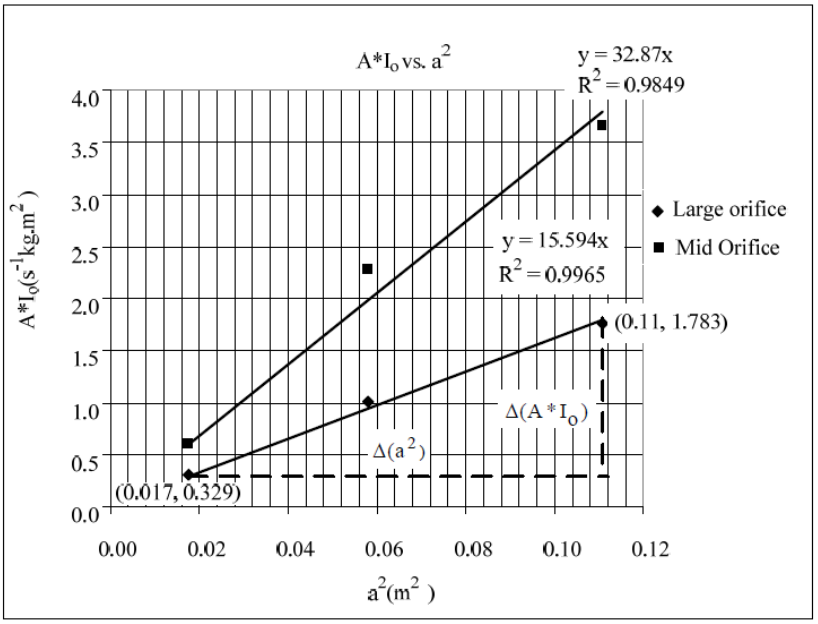
ทดลองโดย : ...วีระพล... วันที่ : ...27/06/12.....

Orifice area: .....Large orifice..... Spring to pivot distance, b = ...0.64..... m
Mass of the beam, m = ...1.886..... kg Length of the beam, L = ...0.745 ..... m

Damper to pivot distance, a (m)	$\frac{y_n}{y_{n+1}}$	$log_e\left(\frac{y_n}{y_{n+1}}\right)$	T (s)	A s^{-1}	A^*I_o $s^{-1}kg.m^2$	Damping Coefficient "c" (Ns/m or kg/s)
0.133	**1.15**	**0.14**	**0.325**	**0.862**	**0.301**	**15.6**
0.241	1.61	0.47	0.325	2.892	1.009	15.6
0.333	2.28	0.82	0.325	5.046	1.761	15.6

Orifice area : .....Medium orifice..... Spring to pivot distance, b = ...0.64..... m
Mass of the beam, m = ...1.886..... kg Length of the beam, L = ...0.745 ..... m

Damper to pivot distance, a (m)	$\frac{y_n}{y_{n+1}}$	$log_e\left(\frac{y_n}{y_{n+1}}\right)$	T (s)	A s^{-1}	A^*I_o $s^{-1}kg.m^2$	Damping Coefficient "c" (Ns/m or kg/s)
0.13	1.320	0.28	0.325	1.723	0.601	32.87
0.24	2.875	1.06	0.325	6.523	2.276	32.87
0.33	5.500	1.70	0.325	10.462	3.650	32.87



4.5 ตัวอย่างการคำนวณ

จากข้อมูลการทดลองของ Large orifice แถวแรก

ความยาวคาน L = 0.745 m

ระยะสปริงถึงจุดหมุน, b = 0.640 m

มวลของคาน, m = 1.886 kg

ระยะจากตัวหน่วงถึงจุดหมุน, a = 0.133 m

T = 0.325 s

$$\frac{y_n}{y_{n+1}} = 1.15$$

$$log_e\left(\frac{y_n}{y_{n+1}}\right) = 0.14$$

จากสมการ 4 $$log_e\left(\frac{y_n}{y_{n+1}}\right) = \left(\frac{A}{2}\right)T$$

$$A = \frac{log_e\left(\frac{y_n}{y_{n+1}}\right)}{T} x2 = \left(\frac{0.014}{0.325}\right) x2 = 0.862\ s^{-1}$$

จากสมการ 3 $$\mathrm{I}_0 = \frac{mL^2}{3}$$

$$\mathrm{I}_0 = \frac{1.886x0.745^2}{3} = 0.349\ kg.m^2$$

จากสมการ 1 $$A = \frac{ca^2}{\mathrm{I}_0}$$

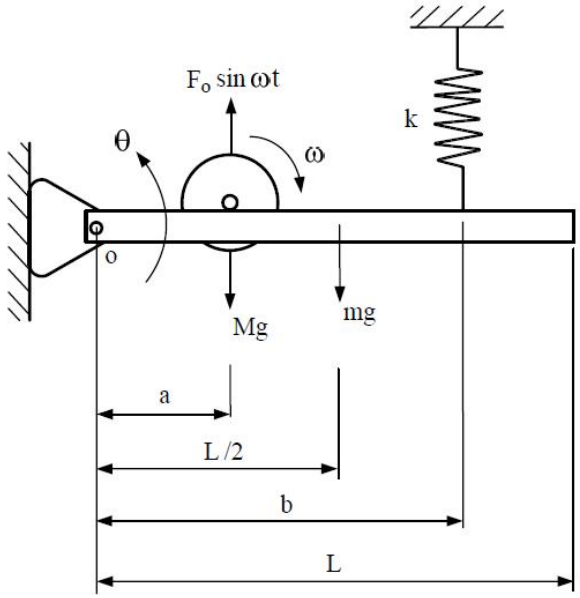
$$A\mathrm{I}_0 = ca^2$$

หาสัมประสิทธิ์การหน่วงจากความชันของกราฟความสัมพันธ์ของ $A\mathrm{I}_0$ กับ ca^2

$$Slope = c = \frac{\Delta(A^*\mathrm{I}_0)}{\Delta(a^2)} = \frac{1.783 - 0.329}{0.11 - 0.017} = 15.6\,kg/s$$

5. การทดลองที่ 3 : การสั่นสะเทือนแบบบังคับที่ไม่มีการหน่วง (Forced vibration)

5.1 ทฤษฎี





รูปที่ 5.1 อุปกรณ์ทดสอบการสั่นสะเทือนแบบบังคับ

ในกรณีที่ไม่มีตัวหน่วงการสั่นสะเทือนนั้น สมการที่ใช้ควบคุมการสั่นสะเทือนจะมีรูปเป็น

$$\mathrm{I}_0\ddot{\theta} + kb^2\theta - aF_0 sin\omega t = 0$$

นั่นก็คือ : $$\ddot{\theta} + B\theta - Asin\omega t = 0$$

ในกรณีนี้จะได้ค่า : $$\theta = \left(\frac{A}{B-\omega^2}\right) sin\omega t$$

เมื่อ $$\mathrm{I}_0 = Ma^2 + \frac{mL^2}{3}$$ ..... (1)

$$B = \frac{kb^2}{\mathrm{I}_0}$$ ..... (2)

และ θ_{max} หรือแอมพลิจูด = $\frac{A}{B-\omega^2}$ ..... (3)

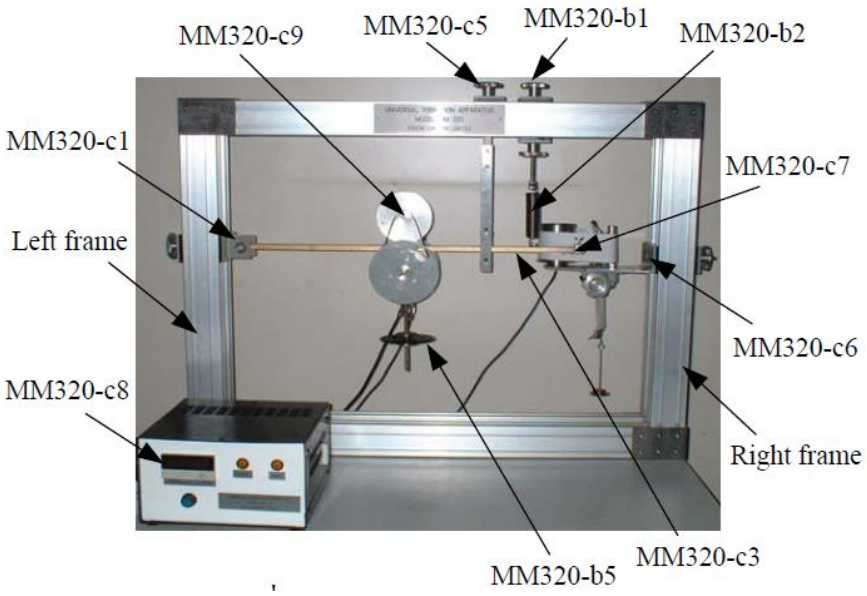
ดังนั้นขนาดของการสั่นสะเทือนก็จะมีขนาดใหญ่โตมากเมื่อ $B - \omega^2 = 0$

ที่เงื่อนไขดังกล่าวนี้ ระบบก็จะอยู่ภายใต้ Resonance condition และความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับสร้างการสั่นสะเทือนก็จะกลายเป็นความเร็ววิกฤติ (Critical speed) ซึ่งจะมีค่าเป็น

$$\omega_n = \sqrt{B}$$ ..... (4)

เนื่องจากธรรมชาติของระบบจะมีคุณสมบัติการหน่วงการสั่นสะเทือนอยู่บ้างเพียงเล็กน้อย ดังนั้นขนาดของการสั่นสะเทือนจึงมีค่าไม่เท่ากับอนันต์ตามค่าที่ได้จากทฤษฎี

5.2 อุปกรณ์ประกอบการทดลอง



รูปที่ 5.2 อุปกรณ์สำหรับการทดลอง

อุปกรณ์การทดลอง

- MM320-b1 แป้นแขวนสปริงติดโครงบนพร้อมสกรูปรับสปริงขึ้น - ลง
- MM320-b2 สปริงมี 3 ขนาด
  - ค่าคงที่สปริง 5, 10 และ 15 kg/cm. โดยประมาณ
- MM320-b5 น้ำหนักขนาด 5x2 + 5x0.4 kg.
- MM320-b6 ตลับเมตร
- MM320-c1 ตัวยึดแบบจุดหมุนสำหรับติดปลายคานเข้ากับโครงในแนวดิ่ง
- MM320-c3 คานเหล็กขนาด 25x12x750 mm โดยประมาณ
- MM320-c5 ตัวประคองคาน
- MM320-c6 ชุดบันทึกข้อมูลการสั่นของคานพร้อมปากกา
- MM320-c7 ปากกาและที่จับสำหรับการสั่นสะเทือนแบบบังคับ
- MM320-c8 ตัวควบคุมความเร็ว และหน้าปัทม์วัดความเร็วรอบ
- MM320-c9 มอเตอร์กระตุ้น 30 W, 3000 rpm พร้อมจานกลมแบบไม่สมดุล 2 อัน และสายพาน
- MM320-c11 ตัวหน่วงการสั่นสะเทือนพร้อมขาตั้ง, สกรูปรับ และตัวยึดจับคานและน้ำมัน
  - Damping constant : 5-15 $\frac{N-s}{m}$

5.3 วิธีการทดลอง

ให้ต่อชุดบันทึกข้อมูลกับมอเตอร์กระตุ้นเข้ากับชุดควบคุมความเร็ว แล้วปรับให้คานอยู่ในแนวระดับด้วยแป้นแขวนสปริง

ให้เลื่อนชุดบันทึกข้อมูลเข้าไปหาปากกาจนกระทั่งปากกาสัมผัสกับกระดาษกราฟที่ใช้บันทึกข้อมูล

5.3.1 การติดตั้ง (ดูรูปที่ 5.2)

5.3.1.1 ติดตั้งตัวประคองคาน (MM320-c5) เข้ากับโครงด้านบน

5.3.1.2 ติดสปริงเข้ากับแป้นแขวนสปริง(MM320-b1) แล้วติดตั้งแป้นแขวนสปริงเข้ากับโครงด้านบน

5.3.1.3 ติดตั้งตัวยึดแบบจุดหมุน (MM320-c1) เข้ากับโครงด้านซ้าย และติดตั้งคาน (MM320-c3) เข้ากับตัวยึดแบบจุดหมุน

5.3.1.4 สอดปลายคาน (MM320-c3) ด้านขวาเข้ากับตัวประคองคาน (MM320-c5)

5.3.1.5 ติดปลายด้านล่างของสปริงเข้ากับคาน

5.3.1.6 ติดตั้งมอเตอร์กระตุ้น (MM320-c9) และน้ำหนักเข้ากับคาน

5.3.1.7 ติดตั้งชุดบันทึกข้อมูล (MM320-c6) เข้ากับโครงด้านขวา ติดปากกาและที่จับ (MM020-c7) เข้าที่ปลายด้านขวาของคานเพื่อวัดการสั่นสะเทือนของคาน

5.3.2 จับเวลาที่ปากกาเขียนเส้นกราฟลงไปบนกระดาษขึ้นๆ ลงประมาณ 20 ครั้ง แล้วคำนวณหาเวลาที่เขียนขึ้นลง 1 ครั้ง ที่เรียกว่าช่วงเวลาของการสั่นสะเทือน 1 ครั้ง (periodic time)

5.3.3 หาค่า $\mathrm{I_0}$, k (ค่าความแข็งของสปริง) และ $\sqrt{B}$

ให้ใช้สมการ (1) ถึง (4) มาคำนวณหา

- โมเมนต์ความเฉื่อย $\mathrm{I_0} = Ma^2 + \frac{mL^2}{3}$
- ค่าความแข็ง k ของสปริงมีหน่วยเป็น $\frac{N}{m}$ จากสมการ

$$k = \frac{\text{น้ำหนักที่กดสปริง } (N)}{\text{ระยะหดของสปริง } (m)}$$

- ความถี่ของระบบ

เนื่องจาก $\sqrt{B} = \sqrt{\frac{kb^2}{\mathrm{I_0}}}$ มีหน่วยเป็น s^{-1} (rad/s)

และ $f_{req} = \frac{\sqrt{B}}{2\pi}$ มีหน่วยเป็น Hz หรือ cycle/s

5.3.4 ให้วิจารณ์ค่าของขนาดการสั่นสะเทือนที่สภาวะรีโซแนนซ์และวิจารณ์ค่าของความถี่ที่ได้จากการคำนวณเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้

ตารางบันทึกข้อมูล
อุปกรณ์ทดสอบการสั่นสะเทือน
การทดลองที่ 3 : การสั่นสะเทือนแบบบังคับ

ทดลองโดย : .....วันที่ : .....

Mass of beam, m_{beam} =..... Motor distance, a =..... Deflection at the pen =.....

Mass of motor with disc, M =..... Spring distance, b =..... Weight at motor =.....

Beam length, L =..... Paper speed =.....

Additional weight m (kg)	Mass of motor with disc plus additional weight (kg)	Motor speed (rpm)	20 oscillations (s)	Period from recorder (mm)	Results and Calculation					
					Mass moment of inertia about 'o', I_0 (kg.m^2)	Parameter $\sqrt{B}$ or ω_n (rad/s)	Parameter $\sqrt{B}$ or ω_n (Hz)	Forced vibration frequency		
								Unbalance speed (Hz)	Oscillation (Hz)	Recorder (Hz)

5.4 ตัวอย่างผลการทดลอง

อุปกรณ์ทดสอบการสั่นสะเทือน

การทดลองที่ 3 : การสั่นสะเทือนแบบบังคับ

ทดลองโดย : ..... วีระพล แก้วก่า .....วันที่ : .....27/06/12.....

Mass of beam, m_{beam} =.....1.89.....kg.

Mass of motor with disc, M =.....6.735.....kg.

Motor distance, a =.....0.38..... m.

Spring distance, b =.....0.64..... m.

Beam length, L =.....0.745..... m.

Deflection at the pen =.....11.....m.

Weight at motor =.....2.....kg.

Paper speed = ...20.....mm/s.

Additional weight m (kg)	Mass of motor with disc plus additional weight (kg)	Motor speed (rpm)	20 oscillations (s)	Period from recorder (mm)	Results and Calculation					
					Mass moment of inertia about 'o', I_0 (kg.m^2)	Parameter $\sqrt{B}$ or ω_n (rad/s)	Parameter $\sqrt{B}$ or ω_n (Hz)	Forced vibration frequency		
								Unbalance speed (Hz)	Oscillation (Hz)	Recorder (Hz)
0	6.735	470	8.54	7	1.322	19.54	3.11	2.39	2.34	2.86
0.4	7.135	470	8.78	7	1.380	19.13	3.04	2.39	2.28	2.86
0.8	7.535	470	8.31	7	1.438	18.74	2.98	2.39	2.41	2.86
1.2	7.935	470	8.53	7	1.495	18.38	2.92	2.39	2.34	2.86
1.6	8.335	470	8.87	7	1.553	18.03	2.87	2.39	2.25	2.86
2.0	8.735	470	8.82	7	1.611	17.70	2.82	2.39	2.27	2.86

5.5 ตัวอย่างการคำนวณ

จากข้อมูลในตารางแถวที่แรเงา

5.5.1 ค่าความแข็งสปริง, k

$$\text{Spring deflection} = \frac{\text{Deflection at the pen x b}}{L}$$

$$= \frac{11 \text{ x } 0.64}{0.745} = 9.4497\ m$$

$$\text{Deflecting weight} = \frac{\text{Mga}}{b}$$

$$= \frac{2 \text{ kg x } 9.81\ m/s^2 x\ 0.38\ m}{0.64\ m} = 11.6494\ N$$

$$\text{k} = \frac{\text{Deflecting weight}}{\text{Spring deflection}}$$

$$= \frac{1000 \text{ x } 11.6494\ N}{9.4497\ m} = 1232.7819\ N/m$$

5.5.2 โมเมนต์ความเฉื่อย, I_0

$$I_0 = Ma^2 + \frac{m_{beam}L^2}{3}$$

$$= 6.735\ kg\ x\ (0.38)^2 + \frac{1.89\ kg\ x\ (0.745\ m)^2}{3}$$

$$= 1.322\ kg.m^2$$

5.5.3 ค่าความถี่ของระบบ

$$\sqrt{B} = \sqrt{\frac{kb^2}{I_0}}$$

$$= \sqrt{\frac{1232.7819\ N/m\ x\ (0.64m)^2}{1.322\ kg.m^2}}$$

$$= 19.54\ rad/s$$

$$= \frac{19.54}{2\pi} = 3.11\ Hz$$

5.5.4 ความถี่ของการสั่นสะเทือนแบบบังคับ

Unbalance frequency = Speed ratio × motor speed

$$= \frac{22}{72} x\ 470 \frac{rev}{min} x \frac{1\ min}{60\ s} = 2.39\ Hz$$

$$\text{Oscillation frequency} = \frac{\text{Number of oscillation}}{\text{Time}}$$

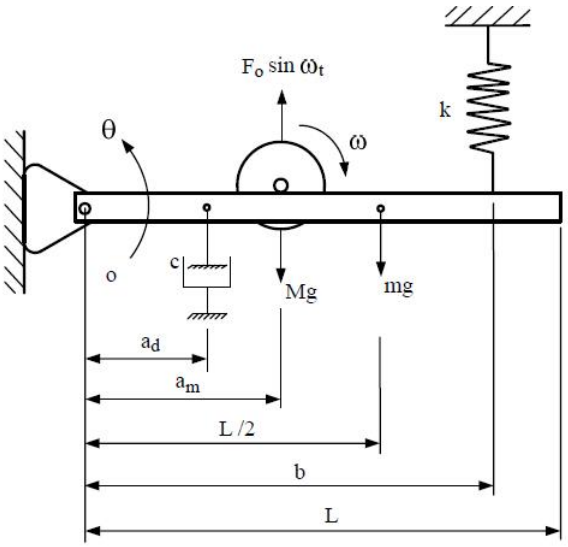
$$= \frac{20}{8.54\ s} = 2.34\ Hz$$

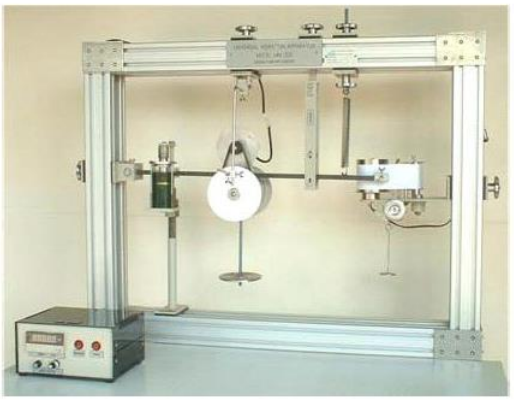
$$\text{Recorder frequency} = \frac{\text{Paper speed}}{\text{Period from records}}$$

$$= \frac{20\ mm/s}{7\ mm} = 2.86\ Hz$$

6. การทดลองที่ 4: การสั่นสะเทือนแบบบังคับที่มีการหน่วง (Forced Vibration Apparatus with Damper)

6.1 ทฤษฎี





รูปที่ 6.1 การสั่นสะเทือนแบบบังคับที่มีการหน่วง

คิดโมเมนต์รอบจุด O

$$I_0\ddot{\theta} + ca^2\dot{\theta} + kb^2\theta =$$

ได้สมการการเคลื่อนที่ :

$$\ddot{\theta} + \frac{ca_d{}^2}{I_0}\dot{\theta} + \frac{kb^2}{I_0}\theta = \frac{a_m F_0}{I_0} sin\omega t \quad \text{..... (1)}$$

เขียนสมการอยู่ในรูปที่นิยมใช้กัน

$$\omega_n = \sqrt{\frac{kb^2}{I_0}} \quad \text{..... (2)}$$

$$\varepsilon = \frac{ca_d{}^2}{2I_0\omega_n} \quad \text{..... (3)}$$

$$f_0 = \frac{a_m F_0}{I_0} \quad \text{..... (4)}$$

$$\therefore\ \ddot{\theta} + 2\varepsilon\omega_n\dot{\theta} + \omega_n{}^2\theta = f_0 sin\omega t \quad \text{..... (5)}$$

ได้ผลเฉลยจากสมการ 5 คือ $\theta = \theta_{max} sin(\omega t - \emptyset)$ ..... (6)

เมื่อ $\theta_{max} = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_n{}^2 - \omega^2)^2 + (2\varepsilon\omega_n\omega)^2}}$ ..... (7)

และ $tan\emptyset = \frac{2\varepsilon\omega_n\omega}{\omega_n{}^2 - \omega^2}$ ..... (8)

แนะนำให้รู้จัก Dynamic Magnifier: $D_m = \frac{\theta_{max}}{\theta_0}$ ..... (9)

เมื่อ θ_0 = ระยะกระจัดเชิงมุมเมื่อคานหยุดนิ่งเนื่องจากมีแรง F_0 กระทำ

$$\therefore \theta_0 = \frac{F_0 a}{kb^2} \quad \text{..... (9A)}$$

และ $$\theta_{max} = \frac{x_{max}}{L} \quad \text{..... (9B)}$$

เมื่อ x_{max} คือ ระยะการโยกขึ้นลงของปลายคาน (ด้านที่ติดปากกา) มากที่สุดที่ นั่นก็คือที่ตัว magnitude chart recorder

โดยให้อัตราส่วนของความถี่เป็น $r = \frac{\omega}{\omega_n}$ ..... (10)

ω_n= ความถี่ธรรมชาติของกรณีที่ไม่มีการหน่วง

ω = ความถี่ของกรณีที่มีแรงมากระตุ้น หรือความเร็วเชิงมุมของจานกลมที่ไม่สมดุล

อัตราส่วนของความเร็วระหว่างจานกลมและมอเตอร์มีค่าเท่ากับ 22:72 แล้ว

$\omega = \left(\frac{n}{60} 2\pi\right) \frac{22}{72}$ เมื่อ n เป็นความเร็วรอบต่อนาที

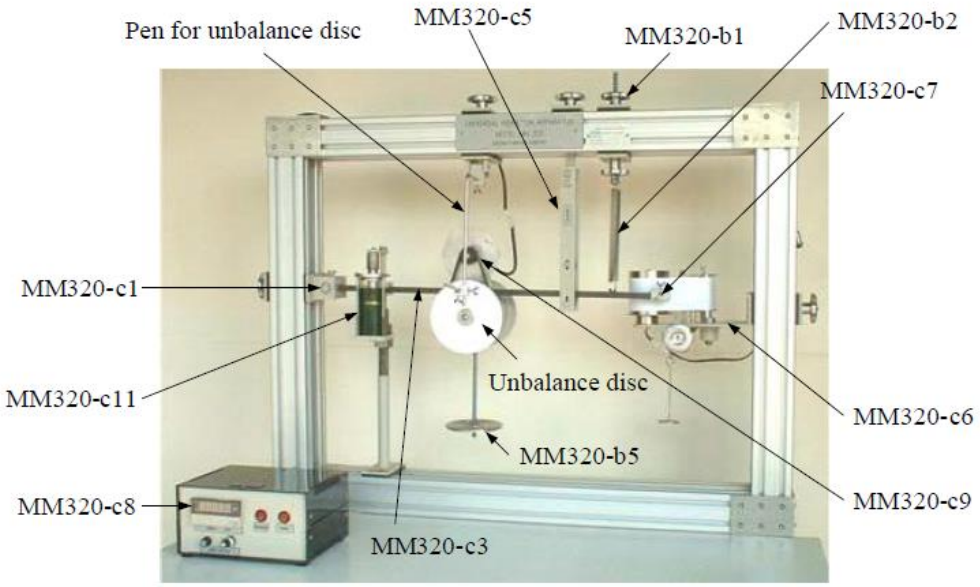
ดังนั้นสมการ (7) และสมการ (8) ก็จะมีรูปง่าย ๆ เป็น

$$D_m = \frac{\theta_{max}}{\theta_0} = \frac{\theta_{max}\omega_n{}^2}{f_0} = \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)^2+(2\varepsilon r)^2}} \quad \text{..... (11)}$$

$$\emptyset = tan^{-1}\left(\frac{2\varepsilon r}{1-r^2}\right) \quad \text{..... (12)}$$

รูปที่ 6.4 เป็นกราฟตัวอย่างที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง D_m กับ r ในทำนองเดียวกันรูปที่ 6.5 ก็เป็นกราฟตัวอย่างที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\emptyset$ กับ r ด้วย

6.2 อุปกรณ์ประกอบการทดลอง



รูปที่ 6.2 อุปกรณ์ประกอบการทดลอง

อุปกรณ์การทดลอง

- MM320-b1 แป้นรองรับติดโครงบนพร้อมสกรูปรับสปริงขึ้น – ลง
- MM320-b2 สปริงมี 3 ขนาด
  - ค่าคงที่สปริง 5, 10 และ 15 kg/cm. โดยประมาณ
- MM320-b5 น้ำหนักขนาด 5x2 + 5x0.4 kg.
- MM320-b6 ตลับเมตร
- MM320-c1 ตัวยึดแบบจุดหมุนสำหรับติดปลายคานเจ้ากับโครงในแนวดิ่ง
- MM320-c3 คานเหล็กขนาด 25x12x750 mm โดยประมาณ
- MM320-c5 ตัวประคองคาน
- MM320-c6 ชุดบันทึกข้อมูลการสั่นของคานพร้อมปากกา
  - Paper speed : 2 cm/s (โดยประมาณ)
- MM320-c7 ปากกา และที่จับสำหรับการสั่นสะเทือนแบบบังคับ
- MM320-c8 ตัวควบคุมความเร็ว และหน้าปัทม์วัดความเร็วรอบ
- MM320-c9 มอเตอร์กระตุ้น 30 W, 3000 rpm พร้อมจานกลมแบบไม่สมดุล 2 อัน และสายพาน
- M320-c11 ตัวหน่วงการสั่นสะเทือน (Damper) พร้อมขาตั้ง, สกรูปรับความหนืด และตัวยึดเข้ากับคาน
  - ค่าคงที่การหน่วง : 5-15 $\frac{N-s}{m}$

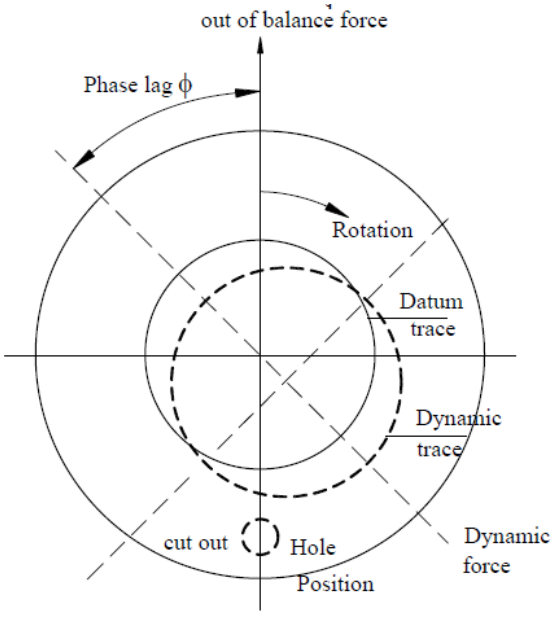
6.3 วิธีการทดลอง

6.3.1 ให้หาความถี่ธรรมชาติ ω_n ตามวิธีในการทดลองที่ 3 สมการ (4) และบันทึกขนาดของการสั่นสะเทือนจากกระดานกราฟบนตัวบันทึกการสั่นของคานโดยไม่ต่อตัวหน่วงการสั่นสะเทือนเข้ากับคานของอุปกรณ์ทดลอง

6.3.2 ทำนองเดียวกับการทดลองที่ 2 ให้ต่อตัวหน่วงการสั่นสะเทือนเข้ากับคาน ณ ที่แรงหน่วงค่าหนึ่งให้ลากเส้นอ้างอิงไว้บนกระดาษที่ติดอยู่กับแผ่นวัตถุบนจานกลมที่ไม่สมดุลนั้นโดยใช้ความเร็วที่ต่ำมากๆ ของมอเตอร์ให้ทำเครื่องหมายตำแหน่งของรูในตัวจานกลมไว้แผ่นกระดาษด้วย

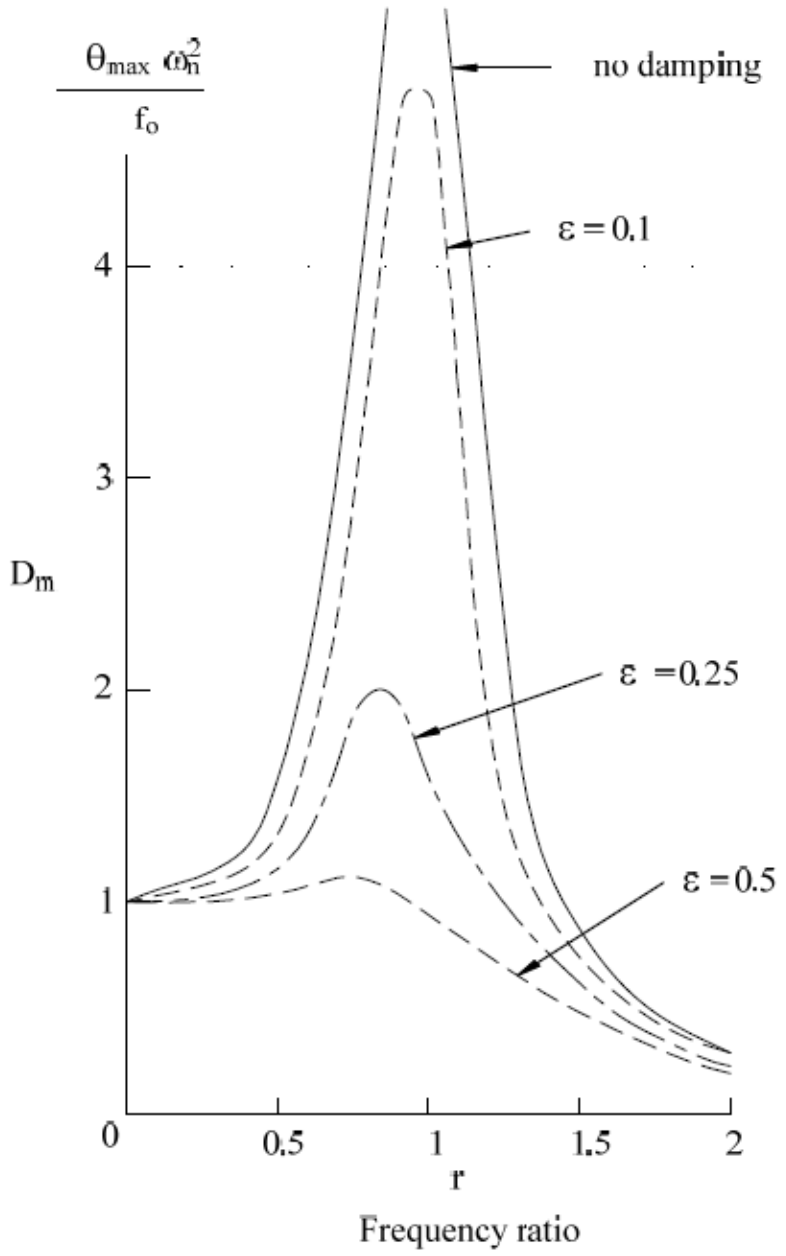
6.3.3 เพิ่มความเร็วรอบของมอเตอร์จนกระทั่งมีระดับการสั่นสะเทือนที่พอเหมาะค่าหนึ่ง จากนั้นให้เขียนเส้นกราฟไดนามิคเส้นที่สองลงไปในกระดาษที่ติดอยู่กับแผ่นวัตถุบนจานกลม และให้เขียนเส้นกราฟลงบนตัวเขียนกราฟ (chart recorder) ซึ่งอยู่ที่ปลายคาน (เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2) ให้ใช้ขนาดของแรงหน่วงเท่าเดิม เมื่อจะหาเส้นอ้างอิง (ตามข้อ6.3.2), จะเขียนมุมเหลื่อม (phase angle) และหาขนาดการสั่นสะเทือน (ตามข้อ 6.3.3)

6.3.4 ให้ทำซ้ำข้อ 6.3.3 โดยใช้ความเร็วอื่น ๆของมอเตอร์ (เช่น 500 rpm., 900rpm) ที่มีความเร็วสูงกว่าและต่ำกว่าความเร็ววิกฤติ (นั่นก็คือมีค่า r = 1) เพื่อเปลี่ยนแปลงค่า Dynamic Magnifier ภายในช่วงของความถี่ของระดับการหน่วงที่กำหนดให้ ในขณะเดียวกันก็จะได้ค่าการเปลี่ยนแปลงของมุมเหลื่อมที่แปรค่าตามความถี่ที่ได้จากการขับของมอเตอร์ ให้สังเกตความถี่ที่ขับมอตอร์มีค่าเข้าใกล้ความถี่ธรรมชาติของกรณีที่ไม่มีการหน่วงนั้นมุมเหลื่อมจะผ่าน 90° (การปรับให้ได้มุมเหลื่อม 90 องศาทำได้ยาก) Phase lag ที่ได้จากเส้นกราฟที่เขียนไว้บนกระดาษจะมีลักษณะคล้ายกับรูปที่ 6.3. เส้นไข่ปลาที่ได้จาก dynamic trace จะเลื่อนไปตามแกนของแรงที่ไม่สมดุลหรือแกนอ้างอิงถ้าหากไม่มี phase lag (นั่นคือมุม ϕ =0) phase lag นี้เกิดขึ้นจากการหน่วงเนื่องจากมีแรงหน่วงอื่นเข้ามาในระบบที่มีแรงไม่สมดุลอยู่แล้ว เส้นอ้างอิงและเส้นไดนามิค (dynamic trace) นี้จะตัดกันที่จุด 2 จุด ให้ลากเส้นเชื่อมระหว่างจุดทั้งสองนี้ และลากแกนของ dynamic trace ให้ตั้งฉากกับเส้นดังกล่าวนี้จะได้มุมเหลื่อม ϕ ให้หามุมเหลื่อม ϕ ที่ความเร็วต่างๆ (นั่นคือ $\omega = \frac{n}{60}.2\pi.\frac{22}{72}$) แล้วบันทึกไว้ในรูปแบบของตาราง

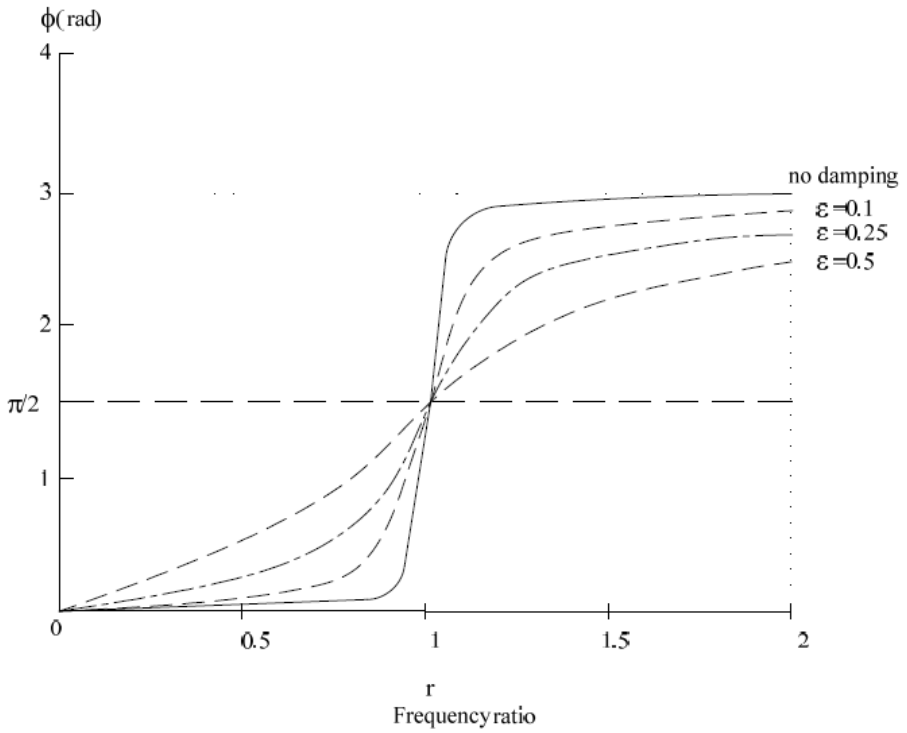


รูปที่ 6.3

6.3.5 สร้างตารางบันทึกผลเป็น 2 ตาราง ตารางแรกสำหรับในกรณีที่ไม่มีการหน่วง ตารางที่ สอง สำหรับในกรณีที่มีการหน่วง ถ้าต้องการศึกษาถึงการหน่วงระดับอื่นๆ ก็จะต้องเพิ่มตารางให้มากขึ้น ในขณะที่สามารถหาระยะกระจัดปลายคานทางสะแตติคจากสมการ (9A) ส่วน dynamic magnifier หาได้จากสมการ (11) ให้เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลของ Dynamic Magnifier กับค่าอัตราส่วนความถี่ r และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมเหลื่อม (Phase angle) กับอัตราส่วนของความถี่ r ของทั้งสองกรณี รูปที่ 6.4 และ 6.5 เป็นกราฟตัวอย่างที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่า D_m กับ r และค่า ϕ กับ r ตามลำดับ



รูปที่ 6.4 กราฟตัวอย่างที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่า D_m กับ r



รูปที่ 6.5 กราฟตัวอย่างที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่า ϕ กับ r

ตารางบันทึกข้อมูล
อุปกรณ์ทดสอบการสั่นสะเทือน
การทดลองที่ 4 การสั่นสะเทือนแบบบังคับที่มีการหน่วง

ทดลองโดย : .....วันที่ : .....

Spring stiffness, k =.....
Mass of beam, m_{beam} =.....
Mass of motor, m_{motor} =.....
Motor distance, a_m = ...
Spring distance, b =.....
Beam Length, L =.....

Motor speed (rpm)	Disc speed, ω (rad/s)	Frequency ratio, r ω/ω_n	Amplitude, X_{max} (mm)	Angular Amplitude, θ_{max} (rad)	Phase lag, f (degree)	Static angular displacement,θ_o (rad)	"Dynamic Magnifyer" D_m

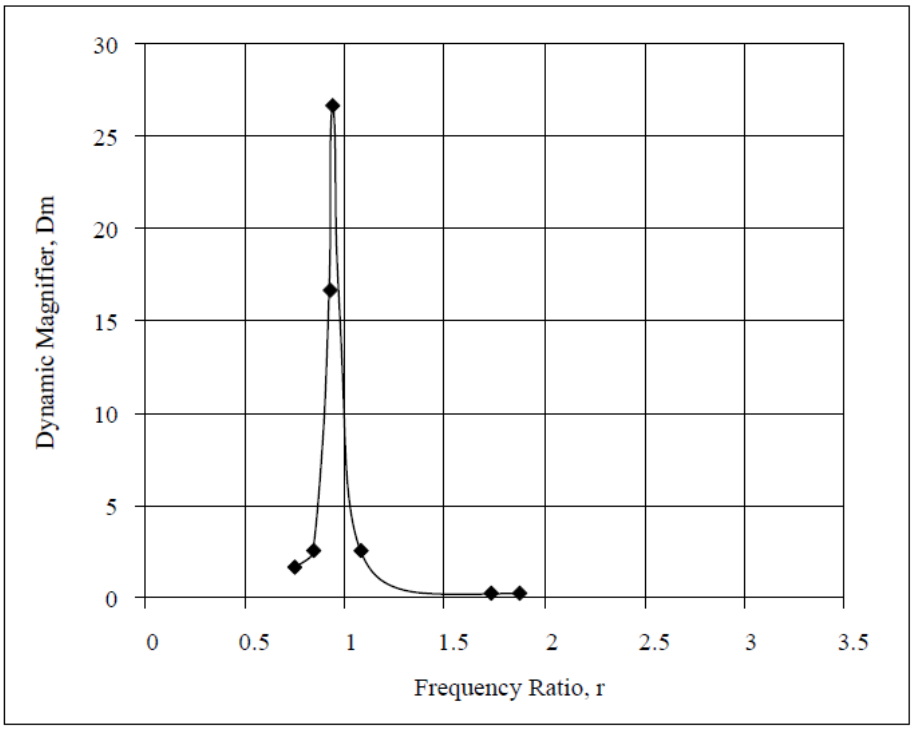
6.4 ตัวอย่างผลการทดลอง

อุปกรณ์ทดสอบการสั่นสะเทือน
การทดลองที่ 4 การสั่นสะเทือนแบบบังคับที่มีการหน่วง

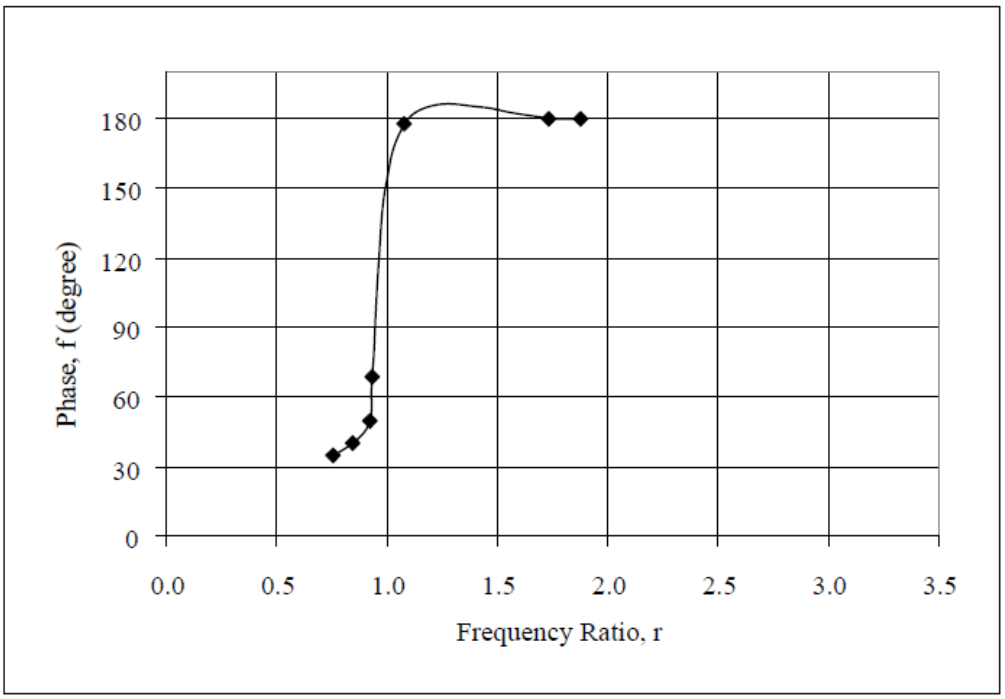
ทดลองโดย :...วีระพล แก้วก่า...วันที่ : ...27/06/12.....

Spring stiffness, k =....1232.782.... N/m
Mass of beam, m_{beam} =....1.89..... kg.
Mass of motor, m_{motor} =....7.135.....kg.
Motor distance, a_m =.....0.38.....m.
Spring distance, b =.....0.64.....m.
Beam Length, L =.....0.745.....m.

Motor speed (rpm)	Disc speed, ω (rad/s)	Frequency ratio, r ω/ω_n	Amplitude, X_{max} (mm)	Angular Amplitude, θ_{max} (rad)	Phase lag, f (degree)	Static angular displacement,θ_o (rad)	"Dynamic Magnifyer" D_m
450	14.40	0.75	1.00	0.001342	35	0.0008355	1.606
503	16.09	0.84	2.00	0.002685	40	0.0010439	2.572
550	17.60	0.92	15.50	0.020805	50	0.0012481	16.669
558	17.85	0.93	25.50	0.034228	69	0.0012847	26.643
643	20.57	1.08	3.25	0.004362	178	0.0017059	2.557
1037	33.18	1.73	1.00	0.001342	180	0.0044370	0.303
1123	35.93	1.88	1.00	0.001342	180	0.0052035	0.258



รูปที่ 6.6 กราฟตัวอย่างที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่า D_m กับ r



รูปที่ 6.7 กราฟตัวอย่างที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่า ϕ กับ r

6.5 ตัวอย่างการคำนวณ

จากข้อมูลแถวที่แรเงา :

Motor speed, n = 450 rpm

Beam Length, L = 0.745 m

Motor distance am = 0.38 m

Spring stiffness, k = 1232.782 N/m

Spring distance, b = 0.64 m

Mass of motor, mmotor = 7.135 kg

Mass of beam, mbeam = 1.89 kg

6.5.1 Mass moment of inertia

$$\mathrm{I}_0 = M_{motor}a^2 + \frac{m_{beam}L^2}{3}$$

$$= 7.135\ kg\ x\ (0.38m)^2 + \frac{1.89\ kg(0.745m)^2}{3}$$

$$= 1.379\ kg.m^2$$

6.5.2 Undamped natural frequency

$$\omega_n = \sqrt{\frac{kb^2}{\mathrm{I}_0}}$$

$$= \sqrt{\frac{1232.782\ N/m\ (0.64m)^2}{1.379\ kg.m^2}}$$

$$= 19.135\ rad/s$$

6.5.3 Angular velocity of the unbalanced discs

$$\omega = \left(\frac{n}{60}2\pi\right)\frac{22}{72}$$

$$= 450\frac{rev}{min}x\frac{min}{60\ s}x2\pi\frac{rad}{rev}x\frac{22}{72}$$

$$= 14.4\ rad/s$$

6.5.4 Frequency ratio

$$r = \frac{\omega}{\omega_n}$$

$$= \frac{14.4\ rad/s}{19.135\ rad/s}$$

$$= 0.75$$

6.5.5 Angular Amplitude

$$\theta_{max} = \frac{x_{max}}{L} = \frac{1\ mm}{745\ mm} = 0.001342\ rad$$

6.5.6 Static angular displacement

Force Unbalance disc:

$$\mathrm{F_0} = m\omega^2 r$$

$$= 0.005355\ kg.m\ x\ \left(14.4\ \frac{rad}{s}\right)^2\ x\ 0.75$$

$$= 1.11\ kg.m\left(\frac{rad}{s}\right)^2$$

$$\theta_0 = \frac{\mathrm{F_0} a_m}{kb^2}$$

$$= \frac{1.11\ kg.m(rad/s)^2\ x\ 0.387}{1232.782(N/m)x\ (0.64\ m)^2}$$

$$= 0.000835\ rad$$

6.5.7 Dynamic Magnifier

$$D_m = \frac{\theta_{max}}{\theta_0}$$

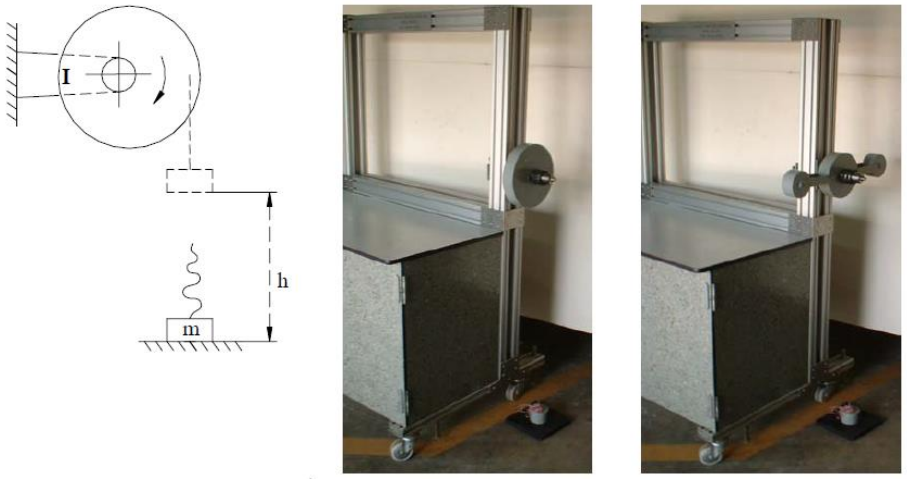
$$= \frac{0.001342}{0.000835}$$

$$= 1.607$$

7. การทดลองที่ 5: การสั่นสะเทือนจากการบิดของโรเตอร์เดี่ยว (Torsional Vibration Apparatus, Single Rotor System)

7.1 ทฤษฎี

7.1.1 การทดสอบโดยการปล่อยลงจากด้านบน (Drop Test)



รูปที่ 7.1 ทดสอบโดยการปล่อยจากด้านบน

เพื่อหาโมเมนต์ความเฉื่อยของมวลโดยการยึดโรเตอร์ไว้กับ Portal frame ของอุปกรณ์สำหรับใช้ในการทดสอบโดยไม่ยึดติดกับเพลาใด ๆ เลย ต่อจากนั้นก็ใส่มวลให้ด้วยการพันเชือกไว้รอบๆ โรเตอร์ในลักษณะที่เมื่อปล่อยมวลให้เคลื่อนที่ลงไปบนพื้นแล้วเส้นเชือกก็จะเพียงแค่คลายออกจากตัวโรเตอร์

ให้บันทึกเวลาและจำนวนรอบทั้งก่อนและภายหลังจากมวลตกลงไปถึงพื้นแล้ว จากนั้นก็จะสามารถคำนวณหาโมเมนต์ความเฉื่อยของมวลได้ดังนี้

งานที่เกิดจากความเสียดทานของแกน = การเปลี่ยนแปลงของพลังงานโรเตอร์หมุนไปพร้อมกับมวล :

$$-\mathrm{T}n_1(2\pi) = \frac{m}{2}(v^2 - 0) + mg(0 - h) + \frac{1}{2}\mathrm{I}(\omega^2 - 0)$$

$$-2\pi\mathrm{T}n_1 = \frac{1}{2}mv^2 + mgh + \frac{1}{2}\mathrm{I}\omega^2 \qquad \text{..... (1)}$$

โรเตอร์หมุนต่อไปอีกโดยไม่มีมวล :

$$-n_2(2\pi)\mathrm{T} = \frac{1}{2}\mathrm{I}(0 - \omega^2)$$

$$2\pi n_2\mathrm{T} = \frac{1}{2}\mathrm{I}\omega^2 \qquad \text{..... (2)}$$

แทนค่า T จากสมการ (2) ลงไปในสมการ (1) ก็จะได้

$$-n_1\left(\frac{\mathrm{I}\omega^2}{2n_2}\right) = \frac{1}{2}mv^2 - mgh + \frac{1}{2}\mathrm{I}\omega^2$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}\mathrm{I}\omega^2\left[1 + \frac{n_1}{n_2}\right] \qquad \text{..... (3)}$$

เมื่อ $$v = \frac{2h}{t_1}$$ ..... (4)

$$\omega = \frac{v}{r}$$ ..... (5)

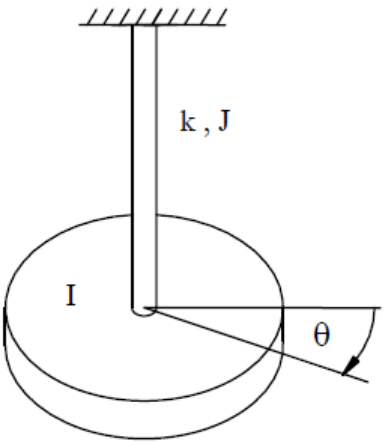
$$2\pi n_1 = \frac{\omega}{2} t_1$$ ..... (6)

$$2\pi n_2 = \frac{\omega}{2} t_2$$ ..... (7)

m = มวลของวัตถุที่ถูกปล่อยลงมาจากด้านบน (แนะนำให้ใช้ค่าประมาณ 0.05 kg)
h = ความสูงที่วัตถุที่ถูกปล่อยลงมา, m
v = ความเร็วของมวลก่อนที่จะสัมผัสกับพื้น, m/s
ω = ความเร็วเชิงมุมของโรเตอร์ , rad/s
T = แรงบิดจากความเสียดทานของแบริ่งที่รองรับแกนของโรเตอร์, Nm
n_1 = จำนวนรอบที่โรเตอร์หมุน ในช่วงที่ปล่อยมวลตกลงไปบนพื้น
n_2 = จำนวนรอบที่โรเตอร์หมุนภายหลังจากมวลกระทบพื้นจนหยุด
r = รัศมีประสิทธิผลของโรเตอร์ตรงจุดที่เส้นเชือกสัมผัสกับโรเตอร์, m
t_1 = เวลาที่มวลตกลงไปถึงพื้น, s
t_2 = เวลาที่โรเตอร์ใช้ในการหยุดหมุน ภายหลังจากที่โรเตอร์สัมผัสกับพื้น, s

7.1.2 การแกว่งที่เกิดจากการแรงบิด (Torsional Oscillations)

เมื่อนำเอากฎการอนุรักษ์พลังงานมาใช้กับระบบรูป 7.2 แล้วก็จะได้



$$K.E. + P.E. = constant$$

$$\frac{1}{2}\mathrm{I}\dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}\mathrm{k}\dot{\theta}^2 = constant$$

$$\frac{d}{dx}\left[\frac{1}{2}\mathrm{I}\dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}\mathrm{k}\dot{\theta}^2\right] = 0$$

$$\left(\mathrm{I}\ddot{\theta} + \mathrm{k}\theta\right)\dot{\theta} = 0$$

รูปที่ 7.2

เนื่องจาก $\dot{\theta}$ มีค่าไม่เท่ากับศูนย์ ดังนั้นสมการการเคลื่อนที่ ก็จะมีรูปเป็น :

$$\mathrm{I}\ddot{\theta} + \mathrm{k}\theta = 0$$ ..... (8)

และ $$\mathrm{k} = \frac{\mathrm{GJ}}{\mathrm{L}}$$ ..... (9)

ความถี่เป็น $$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{\mathrm{I}}}$$ ..... (10)

ช่วงเวลาของการแกว่ง 1 รอบเป็น: $t = 2\pi\sqrt{\frac{\mathrm{I}}{k}}$ ..... (11)

$$= 2\pi\sqrt{\frac{\mathrm{IL}}{\mathrm{GJ}}}$$

และ $$t^2 = \left[\frac{4\pi^2\mathrm{I}}{\mathrm{GJ}}\right]\mathrm{L}$$ ..... (12)

เมื่อ I = โมเมนต์ความเฉื่อยของมวลของโรเตอร์, kg.m^2/rad

k = ความแข็งในด้านการรับแรงบิด (torsional stiffness) ของเพลา, Nm/rad หรือ $\frac{kg.m^2}{s^2\mathrm{rad}}$

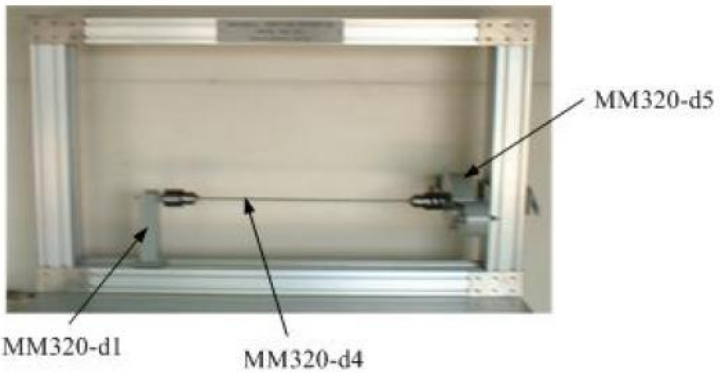
θ = มุมบิด, rad

G = โมดูลัสในการรับแรงเฉือน (Shear Modulus of Rigidity) ของเพลา, N/m^2.rad

J = $\frac{\pi d^4}{32}$ โพลาโมเมนต์ที่สองของพื้นที่ (Polar second moment of area) ของเพลา, m^4

L = ความยาวประสิทธิผลของเพลา, m

7.2 อุปกรณ์ประกอบการทดลอง



รูปที่ 7.3

อุปกรณ์การทดลอง

- MM320-b6 ตลับเมตร
- MM320-d1 ตัวจับเพลาแบบอยู่กับที่พร้อมฐานสำหรับการแกว่งแบบบิดไปมา
- MM320-d4 เพลาสั่นสะเทือนแบบบิด
  a. เส้นผ่าศูนย์กลาง 3, 4.5 และ 6 มม. (โดยประมาณ)
  b. ความยาว : 850 มม. โดยประมาณ
- MM320-d5 ชุดประกอบการหมุน (Compound rotor) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 180 มม. และโรเตอร์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มม. 2 ตัว พร้อมหัวจับยึดและแกน

7.2.1 โรเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางแตกต่างกันจำนวน 2 ตัว โรเตอร์ดังกล่าวนี้ยึดอยู่กับแกนสั้นๆ ที่ด้านใดด้านหนึ่งของโครงที่อยู่ในแนวดิ่ง (รูปที่ 7.3)

7.2.2 มวลจำนวน 2 คู่ที่สามารถเพิ่มให้แก่โรเตอร์ตัวเล็กเพื่อเพิ่มความเฉื่อยให้แก่โรเตอร์ โดยยึดขาทั้งสองเข้ากับตัวโรเตอร์ด้วยสลักเกลียว แล้วยึดมวลทั้งสองเข้ากับปลายด้านตรงกันข้ามกับขาทั้งสอง

7.2.3 เพลาที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางแตกต่างกันแต่ยาวเท่าๆ กันจำนวน 3 เพลา ปลายทั้งสองของเพลายึดด้วยหัวจับ (Chucks) หัวจับของตัวโรเตอร์สามารถจับเพลาขนาดที่แตกต่างกันได้ และจะมีความสูงเท่ากับความสูงของโครงสำหรับจับยึด (bracket) ที่อีกปลายของเพลา โครงสำหรับจับยึด (bracket) และหัวจับนี้จะยึดติดกันเข้าเป็นชิ้นเดียวกันและยึดติดไว้กับเพลาอย่างแน่นหนา ความสูงของหัวจับนี้สามารถปรับให้เหมาะกับฐานของโครงเหล็ก

7.3 วิธีการทดลอง

7.3.1 เตรียมการทดลองสำหรับการปล่อยวัตถุจากด้านบนเพื่อหาโมเมนต์ความเฉื่อยของโรเตอร์โดยยึดโรเตอร์ไว้ด้านนอกของโครงเครื่องทดสอบ ผูกมวลเข้ากับขอบของโรเตอร์ด้วยเชือกต่อจากนั้นให้ปล่อยมวลลงสู่พื้น จับเวลา 't_1'และนับจำนวนรอบ 'n_1' ที่โรเตอร์หมุนภายหลังจากที่ปล่อยมวลลงสู่พื้น และให้จับเวลา 't_2' และจำนวนรอบ 'n_2' เมื่อมวลกระทบกับพื้นแล้ว ซึ่งตัวโรเตอร์จะยังคงหมุนต่อไปอีกจนกระทั่งโรเตอร์หยุดหมุน

ให้ทำการทดลองโรเตอร์แต่ละตัวซ้ำอีกหลาย ๆ ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยของ n_1 , t_1 และ n_2 , t_2 จากนั้นก็จะสามารถคำนวณหาค่า I จากสมการ (3)

7.3.2 เตรียมการทดลองการวัดความถี่ของการแกว่งที่เกิดจากการแรงบิด (Torsional Oscillation) ด้วยการยึดโรเตอร์ไว้ทางด้านในของโครงเครื่องทดสอบแล้วยึดหัวจับเข้ากับเพลาให้แน่นจากนั้นให้เลื่อนโครงสำหรับจับยึด (bracket) ไปตามร่องของฐานคานจนกระทั่งปากจับ (jaw) ของหัวจับมีระยะทาง 'L' ตามที่ต้องการจากนั้นให้ยึดหัวจับของโครงสำหรับจับยึด (bracket) ให้แน่น

เมื่อปากจับของหัวจับ จับเพลาแน่นแล้วให้หมุน โรเตอร์ไปเป็นมุมเล็กๆ จานนั้นให้จับเวลาที่โรเตอร์หมุนกลอกไปมาจำนวน 20 ครั้ง

เปลี่ยนค่า 'L' แล้วทดลองซ้ำพร้อมกับบันทึกเวลาที่โรเตอร์ หมุนกลอกไปมา 1 ครั้ง และความยาวของเพลา

เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของ t^2 กับค่าของ L และวัดความลาดชัน (slope) $\left[\frac{4\pi^2 I}{GJ}\right]$ ของเส้นกราฟ คำนวณหาค่าของ 'G' แล้วเปรียบเทียบกับค่า 'G' ของเหล็กซึ่งมีค่าที่ยอมรับกันว่าเท่ากับ (8×1010 N/m^2. rad)

ตารางบันทึกข้อมูล
อุปกรณ์ทดสอบการสั่นสะเทือน
การทดลองที่ 5: การสั่นสะเทือนจากการบิดของโรเตอร์เดี่ยว

ทดลองโดย : ....วันที่: ....

Drop test

Test no.	t_1, (s)		t_2, (s)		n_1		n_2		I,(Moment of Inertia)	
	Single	Two	Single	Two	Single	Two	Single	Two	Single rotor	Compound rotor
							Average			

ตารางบันทึกข้อมูล
อุปกรณ์ทดสอบการสั่นสะเทือน
การทดลองที่ 5: การสั่นสะเทือนจากการบิดของโรเตอร์เดี่ยว

ทดลองโดย : .....วันที่: .....

Torsional oscillations

L (mm)	Time for 20 Oscillations (s)	Period time, t (s)	t^2 (s^2)

7.4 ตัวอย่างผลการทดลอง

ตารางบันทึกข้อมูล
อุปกรณ์ทดสอบการสั่นสะเทือน
การทดลองที่ 5: การสั่นสะเทือนจากการบิดของโรเตอร์เดี่ยว

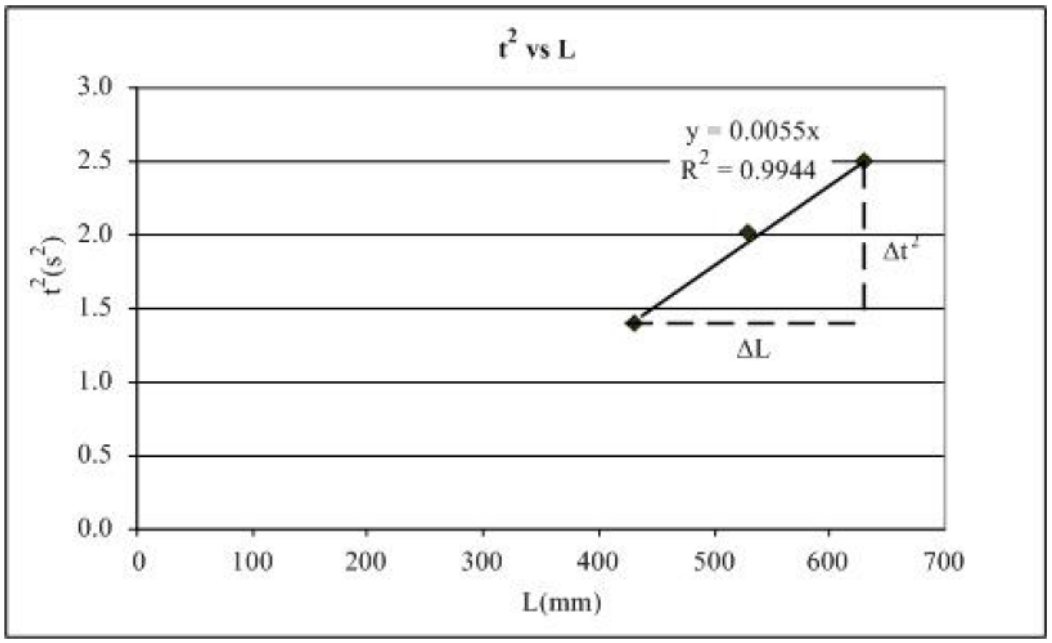
ทดลองโดย : ...วีระพล แก้วก่า... วันที่ : ...27/06/12.....

Drop test

Test no.	t_1, (s)		t_2, (s)		n_1		n_2		I,(Moment of Inertia)	
	Single	Two	Single	Two	Single	Two	Single	Two	Single rotor	Compound rotor
1	4.56	7.15	75.21	91.25	6	7	89	70	0.133519	0.322076
2	4.35	7.06	77.34	91.25	6	9	91	66	0.121555	0.311770
3	4.75	7.16	77.25	93.44	5	8	91	65	0.146704	0.315458
							Average		0.133926	0.316435

Torsional oscillations

L (mm)	Time for 20 Oscillations (s)	Period time, t (s)	t^2 (s^2)
430	23.750	1.188	1.4102
530	28.530	1.427	2.0349
630	31.720	1.586	2.5154



7.5 ตัวอย่างการคำนวณ

จากข้อมูลการทดลอง (แถวที่แรเงา)

h = 1000 mm

r = 28 mm

m = 1.8 kg

d = 4.5 mm

t_1 = 7.15 s

t_2 = 91.25 s

n_1 = 7

n_2 = 70

$$\therefore \ v = \frac{2h}{t_1} = \frac{(2)(1)}{7.15}$$

$$\therefore \ \omega = \frac{v}{r} = \frac{0.279}{0.028} = 9.96428 \, rad/s$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}\mathrm{I}\omega^2\left[1 + \frac{n_1}{n_2}\right]$$

$$\therefore \ \mathrm{I} \ = \frac{mgh - \frac{1}{2}mv^2}{\frac{1}{2}\omega^2\left[1+\frac{n_1}{n_2}\right]}$$

$$= \frac{(1.8)(9.81)(1) - \frac{1}{2}(1.8)(0.279)^2}{\frac{1}{2}(9.96428)^2\left[1+\frac{7}{70}\right]} \ = \ 0.322076 \, kg.m^2/rad$$

$$\therefore J = \frac{\pi d^4}{32}$$

$$= \frac{\pi(4.5)^4}{32} = \ 40.25779 \, mm^4$$

$$\therefore \ t^2 = \left[\frac{4\pi^2\mathrm{I}}{\mathrm{GJ}}\right]\mathrm{L}$$

$$Slope = \frac{\Delta t^2}{\Delta L} = \frac{2.5154 - 1.4102}{630 - 430} = 0.0055 = \left[\frac{4\pi^2\mathrm{I}}{\mathrm{GJ}}\right]$$

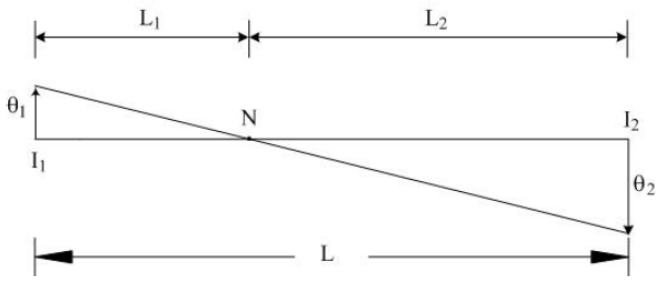
$$\therefore \ \mathrm{G} = \left[\frac{4\pi^2\mathrm{I}}{(0.0055)(\mathrm{J})}\right]$$

$$= \left[\frac{4\pi^2(0.322076)}{(0.0055)(40.25779)} x10^3\right]$$

$$= \ 57533.9 \, N/mm^2.rad$$

8. การทดลองที่ 6: การสั่นสะเทือนจากการบิดของโรเตอร์สองตัว (Torsional Vibration Apparatus, Two Rotors System)

8.1 ทฤษฎี





รูปที่ 8.1

ให้ N เป็น node บนเพลาในระนาบที่ไม่มีการหมุนกลอกไปมา (oscillation) ของพื้นที่หน้าตัดของเพลา ดังนั้นการเคลื่อนที่ของโรเตอร์ทั้งสองจึงสามารถถือได้ว่าเหมือนกับการเคลื่อนที่ของโรเตอร์เดี่ยว 2 ตัว ที่หมุนอยู่ทางคนละด้านของ N ในทิศทางตรงข้ามกัน โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางของเพลาขนาดเดียวกัน แต่มีเส้นผ่าศูนย์กลางของเพลาขนาดเดียวกัน แต่มีความยาวเป็น L1 และ L2 ตามลำดับ (รูปที่ 8.1) จากสมการ (12) ของการทดลองที่ (5) ก็จะได้ช่วงเวลาของการหมุนกลอกไปมาของโรเตอร์หนึ่งครั้งของทั้งสองโรเตอร์เท่าๆ กัน

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I_1 L_1}{GJ}} \quad \text{..... (1)}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I_2 L_2}{GJ}} \quad \text{..... (2)}$$

และ $L = L_1 + L_2$ ..... (3)

$$L_1 = \frac{T^2 GJ}{4\pi^2 I_1} \ , \quad L_2 = \frac{T^2 GJ}{4\pi I_1} \text{ และ } L_1 I_1 = L_2 I_2 \quad \text{..... (4)}$$

จากสมการ (3) $L = L_1 + L_2 = \frac{T^2 GJ}{4\pi^2}\left[\frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_2}\right]$

$$\therefore L = \frac{T^2 GJ}{4\pi^2}\left[\frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2}\right]$$

ดังนั้น ช่วงเวลาของการหมุนกลอกไปมา 1 รอบ จะมีค่าเป็น:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I_1 I_2 L_2}{GJ(I_1 + I_2)}} \quad \text{..... (5)}$$

$$J = \frac{\pi d^4}{32}$$

$G = 8.2x10^{10} N/m^2$ สำหรับเหล็ก

$g = 9.81\ m/s^2$

8.2 อุปกรณ์ประกอบการทดลอง



รูปที่ 8.2 อุปกรณ์ประกอบการทดลอง

อุปกรณ์การทดลอง

- MM320-b6 ตลับเมตร
- MM320-d4 เพลาสั่นสะเทือนแบบบิด

a. เส้นผ่าศูนย์กลาง 3, 4.5 และ 6 มม. (โดยประมาณ)

b. ความยาว : 850 มม. โดยประมาณ

- MM320-d5 ชุดประกอบการหมุน (Compound rotor) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 180 มม. และโรเตอร์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มม. 2 ตัว พร้อมหัวจับยึดและแกน
- MM320-d6 โรเตอร์เดี่ยว เส้นผ่าศูนย์กลาง 250 มม. พร้อมหัวจับยึด และแกน

8.3 วิธีการทดลอง

8.3.1 ถ้าหากไม่ทราบค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของมวลของแต่ละโรเตอร์แล้ว ก็จะต้องใช้วิธีการในข้อ (7.3.1) ของการทดลองที่ 5 มาหาค่า I_1 และ I_2

8.3.2 ให้ใช้เพลาเพียงเพลาเดียวมาติดโรเตอร์ 2 ตัว ปลายละตัวเพื่อทำให้เพลาหมุนบิดไปมา โดยจับโรเตอร์ทั้งสองให้บิดไปเป็นมุมเล็ก ๆ ในทิศทางตรงกันข้าม จากนั้นให้จับเวลาที่เพลาหมุนบิดไปมาจำนวน 20 ครั้ง

8.3.3 กำหนดตำแหน่งของ N ซึ่งเป็น node ลงบนเพลา ในตำแหน่งที่เพลาไม่มีการหมุนบิดไปมา โดยใช้แผ่น card board ที่ตัดมวลทิ้งมาติดไว้กับเพลา แล้วเลื่อนไปมาจนกระทั่งแผ่น card board นั้นไม่มีการหมุนบิดไปมาเลย ตำแหน่งของ N นี้สามารถหาได้จากสมการ (4)

8.3.4 ให้เปรียบเทียบช่วงเวลาที่ใช้ในการหมุนบิดไปมา 1 ครั้ง ที่ได้จากขั้นตอนการทดลองที่ (7.3.2) กับค่าตามทฤษฎีที่หาจากสมการที่ (5)

8.3.5 ให้ทำการทดลองซ้ำทุกข้อเมื่อใช้เพลาขนาดอื่น จนครบทั้ง 3 เพลา

ตารางบันทึกข้อมูล
อุปกรณ์ทดสอบการสั่นสะเทือน
การทดลองที่ 6: การสั่นสะเทือนจากการบิดของโรเตอร์สองตัว

ทดลองโดย : .....วันที่: .....

Length = ... m

G = ... N/m2

Shaft Diameter (mm)	I_1	I_2	Time for 20 oscillations	Period, T (s)	Theoretical Value of Period (s)	Node distance, L_1 (m)	Verify L_1 (m)

8.4 ตัวอย่างผลการทดลอง

ตารางบันทึกข้อมูล
อุปกรณ์ทดสอบการสั่นสะเทือน
การทดลองที่ 6: การสั่นสะเทือนจากการบิดของโรเตอร์สองตัว

ทดลองโดย : ...วีระพล แก้วก่า.....วันที่: ...27/06/12.....

Length,L = 0.6 m

G = 8.20E+10 N/m^2

Shaft Diameter (mm)	I_1	I_2	Time for 20 oscillations	Period, T (s)	Theoretical Value of Period (s)	Node distance, L_1 (m)	Verify L_1 (m)
4.5	0.133926	0.316435	15.75	0.7875	0.82	0.42	0.42
4.5	0.133926	0.316435	15.81	0.7905	0.82	0.42	0.42
4.5	0.133926	0.316435	15.41	0.7705	0.82	0.42	0.42

14.5 ตัวอย่างการคำนวณ

$$\therefore \ \mathrm{T} = 2\pi\sqrt{\frac{\mathrm{I_1 I_2} L_2}{\mathrm{GJ(I_1 + I_2)}}}$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{(0.133926)(0.316435)(0.6)}{(8.20\mathrm{E}^{10})\left(\frac{\pi(0.0045)^4}{32}\right)(0.133926 + 0.316435)}}$$

$$= 0.82\ s$$

ค่า $\mathrm{I_1}$ และ $\mathrm{I_2}$ หาเหมือนการทดลองที่ 5

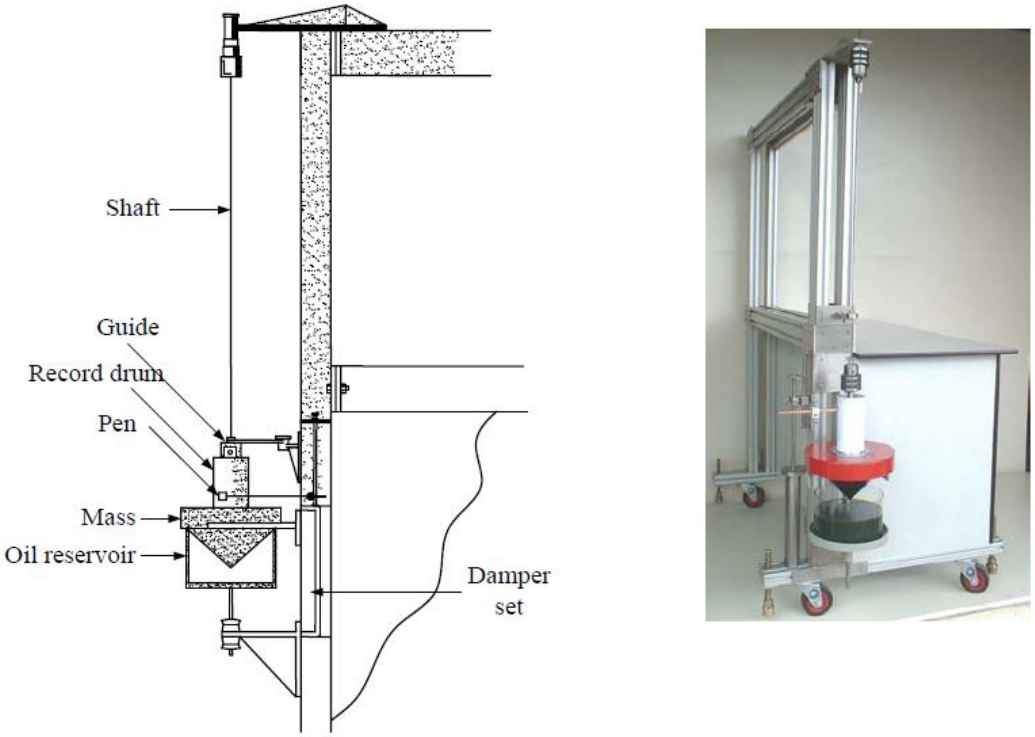
$$\therefore L = \frac{\mathrm{L}\ x\ \mathrm{I_2}}{\mathrm{I_1 + I_2}}$$

$$= \frac{(0.6)\ \ (0.316435)}{(0.133926 + 0.316435)}$$

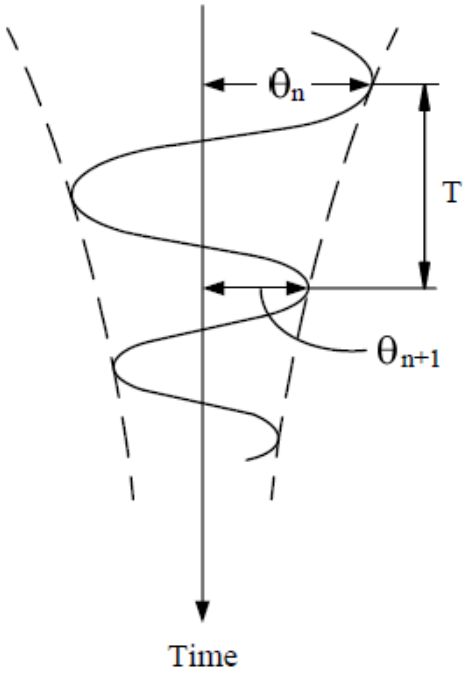
$$= 0.42\ \ m$$

9. การทดลองที่ 7: การสั่นสะเทือนจากการบิดที่มีการหน่วงด้วยของไหลที่มีความหนืดสูง (Torsional Vibration Apparatus, Single Rotor with Damping)

9.1 ทฤษฎี



รูปที่ 9.1



รูปที่ 9.2

นำเอาแรงต้านการเคลื่อนที่ที่เกิดจากของไหลที่มีความหนืดสูงซึ่งแปรค่าเป็นสัดส่วนกับความเร็วเชิงมุม มาใส่เข้าไปในสมการการเคลื่อนที่ซึ่งเป็นสมการที่ (8) ของการทดลองเรื่องที่ 5 ที่ผ่านมา ซึ่งจะมีรูปสมการเป็น :

$$\mathrm{I}\ddot{\theta} + \mathrm{c}\dot{\theta} + \mathrm{k}\theta = 0 \quad \text{..... (1)}$$

ซึ่งกำหนด $$\mathrm{a} = \frac{C}{\mathrm{I}} \quad \text{..... (2)}$$

$$\mathrm{b} = \frac{k}{\mathrm{I}} \quad \text{..... (3)}$$

จากสมการ (1) เราได้: $\ddot{\theta} + \mathrm{a}\dot{\theta} + \mathrm{b}\theta = 0$

ในทำนองเดียวกันการทดลองที่ผ่านมานั้น ก็จะได้:

$$\omega = Ae^{-\frac{a}{2}t}cos(\omega_d + \phi) \quad \text{..... (4)}$$

$$\omega_d = \frac{2\pi}{\mathrm{T}} \quad \text{..... (5)}$$

เมื่อ : A = ค่าคงที่

c = สัมประสิทธิ์การหน่วงของการเคลื่อนที่ที่หมุนบิดไปมา (Torsional damping Coefficient) Nm-s / rad

I = โมเมนต์ความเฉื่อยของมวลของโรเตอร์ในรูปที่ 15.1 kgm^2/rad

k = ค่าความแข็งในการรับแรงบิดของเพลากลม N- m / rad

ω_d = ความถี่ของการหมุนบิดไปมาที่มีตัวหน่วงการเคลื่อนที่, rad/s

ϕ = มุมเหลื่อม (phase angle), rad

T = ช่วงเวลาที่เพลาบิดไปมา 1 ครั้ง, s

θ_n = ขนาดของมุมบิดของการหมุนบิดไปมาของเพลา n ครั้ง (ดูรูปที่ 9.2)

θ_{n+1} = ขนาดของมุมบิดภายหลังจากหมุนบิดไปมา n ครั้ง

ทำนองเดียวกับการทดลองที่ 2, สมการ (4) และรูปที่8.3 ถ้าหากใส่ log ฐาน e ให้แก้สมการ (4) แล้วก็จะได้

$$log_e\left(\frac{\theta_n}{\theta_{n+1}}\right) = \left(\frac{a}{2}\right)\mathrm{T} \quad \text{..... (6)}$$

ทั้งนี้ก็โดยถือว่าการหน่วงนั้นเป็นการหน่วงภายใต้เงื่อนไขของ Under damped ดังในรูป 9.2

9.2 อุปกรณ์ประกอบการทดลอง



รูปที่ 9.3

อุปกรณ์การทดลอง

- MM320-b6 ตลับเทปวัดความยาว
- MM320-d1 ตัวจับเพลาแบบอยู่กับที่พร้อมฐานสำหรับการแกว่งแบบบิดไปมา
- MM320-d3 ไกด์สำหรับเพลาแนวดิ่ง
- MM320-d4 เพลาสั่นสะเทือนแบบบิด: a. เส้นผ่าศูนย์กลาง 3, 4.5 และ 6 มม. (โดยประมาณ)
  b. ความยาว : 850 มม. โดยประมาณ
- MM320-d7 โรเตอร์เดี่ยว เส้นผ่าศูนย์กลาง 250 มม. พร้อม Cone, drum และหัวจับยึด
- MM320-d8 ชุดตัวหน่วงการบิดพร้อมตัวยึดด้านข้าง และน้ำมัน
- MM320-d9 ปากกาและตัวจับแบบเลื่อนได้สำหรับการสั่นแบบบิดไป-มา

จากรูปที่ 9.3 โรเตอร์ขนาดใหญ่ถูกแขวนไว้ทางปลายของเพลากลมแข็งเกร็งโดยที่ปลายบนของเพลาจะยึดติดไว้กับหัวจับที่อยู่ภายในตัวโครงสำหรับการจับยึด (Bracket)

ตัวโรเตอร์จะแช่อยู่ในน้ำมันที่อยู่ในภาชนะที่สามารถปรับระดับน้ำมันได้จากลูกบิดที่เป็นตัวรองรับ

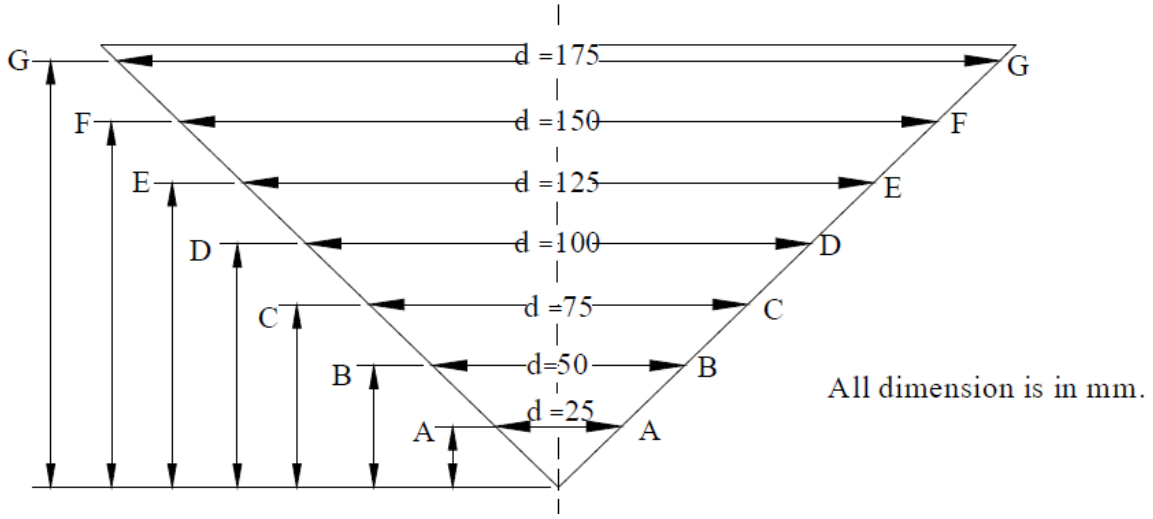
ดังนั้นก็จะสามารถปรับระดับความสูงของผิวน้ำมันที่สัมผัสกับผิวรูปกรวยของโรเตอร์ได้ สามารถดูจากสเกลที่อยู่บนผิวของตัวโรเตอร์

การหมุนกลอกไปมาของโรเตอร์สามารถบันทึกด้วยปากกาที่ลากไปบนกระดาษที่พันอยู่รอบ ๆ ตัวกระบอกที่อยู่เหนือโรเตอร์ โดยที่ปากกานั้นสามารถเลื่อนลงด้านล่างด้วยความเร็วคงที่ค่าหนึ่ง ดังนั้นจึงสามารถเขียนกราฟแสดงขนาดของมุมบิดที่ค่อยๆ ลดขนาดลง (Decaying amplitudes) และสามารถวัด envelopes ได้ (รูปที่ 9.2)

9.3 วิธีการทดลอง

9.3.1 การวัดสัมประสิทธิ์การหน่วง (damping coefficient), c

ในการทดลองด้วยความสูงของระดับน้ำมันระดับหนึ่ง (เช่น ห่างจากขอบบนสุด 10 mm) นั้น ให้ปรับระดับน้ำมันจนกระทั่งสูงเท่ากับขีดสูงสุดของสเกล เมื่อน้ำมันอยู่ที่สูงสุดนั้น ความสูงของส่วนที่ตัวโรเตอร์สัมผัสกับน้ำมันจะมีค่าเท่ากับ 175 mm ดังรูป 15.4 ให้สอบเทียบความเร็วของปากกาโดยให้ปากกาลดระดับลงจนถึงความยาวค่าหนึ่งของกระดาษพร้อมกับจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลา



รูปที่ 9.4 Conical graduation

ดำเนินการทดลองการหมุนกลอกไปมาหรือการแกว่งที่เกิดจากแรงบิด โดยให้ปากกาอยู่ในตำแหน่งสูงสุดในขณะที่บิดโรเตอร์ให้หมุนไปเป็นมุม 40° จากนั้นให้ปล่อยโรเตอร์ให้หมุนและจับปากกาให้สัมผัสกับกระดาษและปล่อยปากกาให้เลื่อนลงสู่ด้านล่าง

ให้บันทึกขนาดของมุมบิดที่ค่อยๆ ลดขนาดลง (Decaying amplitudes) และวัดขนาดการแกว่งไปมาอย่างต่อเนื่องนั้นไปยังด้านใดด้านหนึ่งของเส้นแบ่งครึ่งของเส้นกราฟ

ให้คำนวณหาค่า log ของขนาดความแตกต่างของมุดบิด ที่เกิดจากการหมุนกลอกไปมาจำนวน 2 ครั้งที่อยู่ติด ๆ กัน และให้บันทึกลงในตารางข้างล่างนี้

ช่วงเวลา T ที่โรเตอร์ใช้ในการหมุนกลอกไปมา 1 ครั้ง สามารถหาได้จากเส้นกราฟที่เกิดจาก การลากไปมาของปากกาที่ค่อยๆ ลดความเร็วลง ดังนั้นก็จะสามารถหาค่าของ a จากสมการ (6)

ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การหน่วง c จากสมการ (2) จะต้องทราบค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของมวล I ของโรเตอร์ ถ้าหากยังไม่ทราบค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของมวลแล้ว ก็จะต้องวัดโดยวิธีการที่ผ่านมาแล้วในการทดลองที่ 5 (7.1.1) ซึ่งเป็นการทดลองโดยการปล่อยวัตถุให้ตกลงสู่พื้น มาหาค่า I

9.3.2 การศึกษาถึงผลกระทบระดับความลึกของน้ำมันที่มีต่อค่า c

ในการศึกษาว่าน้ำมันที่ตัวโรเตอร์แช่อยู่นั้นมีผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์การหน่วง ของการเคลื่อนที่ที่หมุนบิดไปมา (Torsional damping coefficient) นั้น ให้เปลี่ยนระดับของน้ำมันด้วยการปรับลูกบิดขึ้นลายที่อยู่ทางด้านล่างของภาชนะใส่น้ำมัน จนกระทั่งระดับของน้ำมันในภาชนะสูงเท่ากับเครื่องหมายที่อยู่บนสเกลของตัวโรเตอร์ แล้วให้ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนที่ผ่านมาแต่ต้น (9.3.1) ของแต่ละความสูงของน้ำมันดังในรูปที่ 9.4

เนื่องจาก ‘c’ นี้เป็นสัมประสิทธิ์การหน่วง มีหน่วยเป็น N.m/rad.s^{-1}

$$c \; \alpha \; A.r_m$$

เมื่อ A = พื้นที่ผิวของโรเตอร์รูปกรวยส่วนที่แช่อยู่ในน้ำมัน

r_m = รัศมีเฉลี่ยของโรเตอร์รูปกรวยส่วนที่แช่อยู่ในน้ำมัน

ถ้าหากว่า ‘r’ เป็นรัศมีของโรเตอร์รูปกรวยตรงตำแหน่งของระดับน้ำมัน และ ‘h’ เป็นระดับความลึกของโรเตอร์ที่แช่อยู่ในน้ำมัน แล้ว

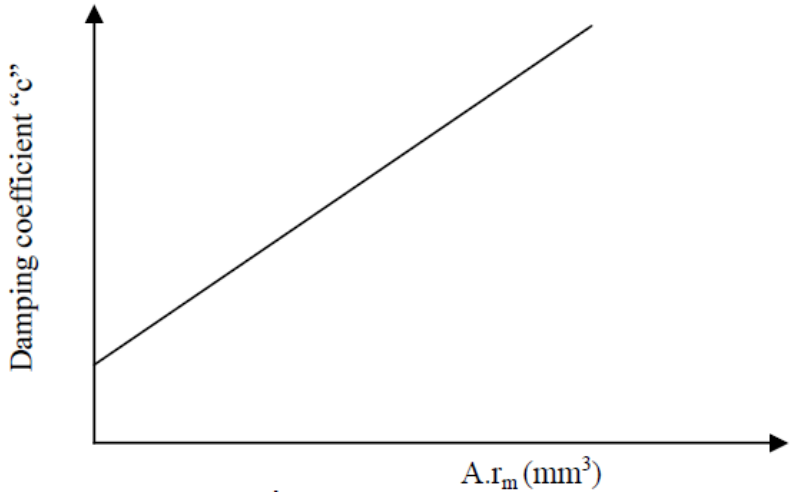
$$A = \pi r L$$

เมื่อ $r = \frac{d}{2}$

และ $L = \sqrt{r^2 + h^2}$ (L = เป็นความกว้างที่วัดตามแนวเอียงของผิวโรเตอร์รูปกรวย)

$$r_m = \frac{d}{2}$$

ดังนั้นจึงสามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าต่างๆ ที่หาได้ ซึ่งจะได้กราฟเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า c กับ $\mathrm{A}.r_m$ ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 9.5 กราฟของค่า c VS $\mathrm{A}.r_m$

c = แรงบิดที่ถูกหน่วงไป ต่อ หนึ่งหน่วยของความเร็วเชิงมุม

$\mathrm{A}.r_m$ = พื้นที่สำหรับใช้ในการหน่วง คูณกับ รัศมีเฉลี่ยประสิทธิผล

ตารางบันทึกข้อมูล

อุปกรณ์ทดสอบการสั่นสะเทือน

การทดลองที่ 7: การสั่นสะเทือนจากการบิดที่มีการหน่วงด้วยของไหลที่มีความหนืดสูง

Measurement of damping coefficient “c”

ทดลองโดย : ....วันที่: ....

Test No.	d = ... mm				d = ... mm				d = ... mm			
	θ_n	θ_0/θ_n	Period, T (s)	$\ln\theta_0/\theta_n$	θ_n	θ_0/θ_n	Period, T (s)	$\ln\theta_0/\theta_n$	θ_n	θ_0/θ_n	Period, T (s)	$\ln\theta_0/\theta_n$

ตารางบันทึกข้อมูล
อุปกรณ์ทดสอบการสั่นสะเทือน
การทดลองที่ 7: การสั่นสะเทือนจากการบิดที่มีการหน่วงด้วยของไหลที่มีความหนืดสูง
Investigation of the effects of oil depth on "c"

ทดลองโดย : .....วันที่: .....

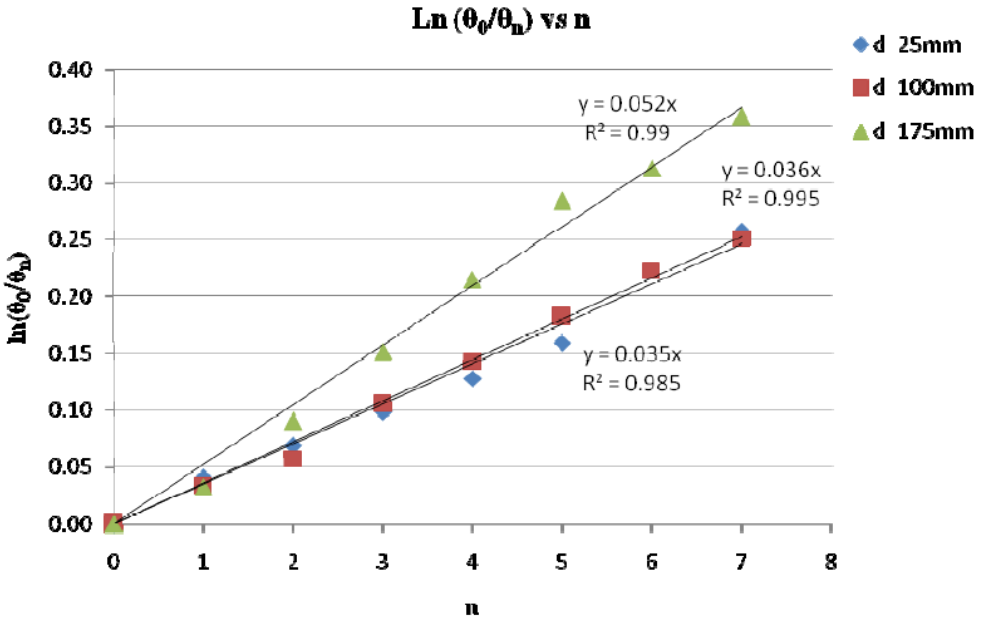
d (mm)	mean radius, r_m (mm)	L (mm)	Area, A (mm^2)	Ar_m (cm^3)	Period, T (s)	'a'	Damping Coeff., c (Nm/rad s-1)

9.4 ตัวอย่างผลการทดลอง

ตารางบันทึกข้อมูล
อุปกรณ์ทดสอบการสั่นสะเทือน
การทดลองที่ 7: การสั่นสะเทือนจากการบิดที่มีการหน่วงด้วยของไหลที่มีความหนืดสูง
Measurement of damping coefficient "c"

ทดลองโดย : .....K. Weerapol.....วันที่: ...27/06/12.....

Test No.	d = 25 mm				d = 100 mm				d = 175 mm			
	θ_n	θ_0/θ_n	Period, T (s)	$\ln \theta_0/\theta_n$	θ_n	θ_0/θ_n	Period, T (s)	$\ln \theta_0/\theta_n$	θ_n	θ_0/θ_n	Period, T (s)	$\ln \theta_0/\theta_n$
0	7.5	1.00	1.59	0	9.0	1.00	1.36	0	9.3	1.00	1.36	0
1	7.2	1.04	1.59	0.0408	8.7	1.03	1.36	0.0339	9.0	1.03	1.36	0.0328
2	7.0	1.07	1.59	0.0690	8.5	1.06	1.36	0.0572	8.5	1.09	1.36	0.0899
3	6.8	1.10	1.59	0.0980	8.1	1.11	1.36	0.1054	8.0	1.16	1.36	0.1506
4	6.6	1.14	1.59	0.1278	7.8	1.15	1.36	0.1431	7.5	1.24	1.36	0.2151
5	6.4	1.17	1.59	0.1586	7.5	1.20	1.36	0.1823	7.0	1.33	1.36	0.2841
6	6.0	1.25	1.59	0.2231	7.2	1.25	1.36	0.2231	6.8	1.37	1.36	0.3131
7	5.8	1.29	1.59	0.2570	7.0	1.29	1.36	0.2513	6.5	1.43	1.36	0.3582



รูปที่ 9.6

9.4 ตัวอย่างผลการทดลอง (ต่อ)

ตารางบันทึกข้อมูล

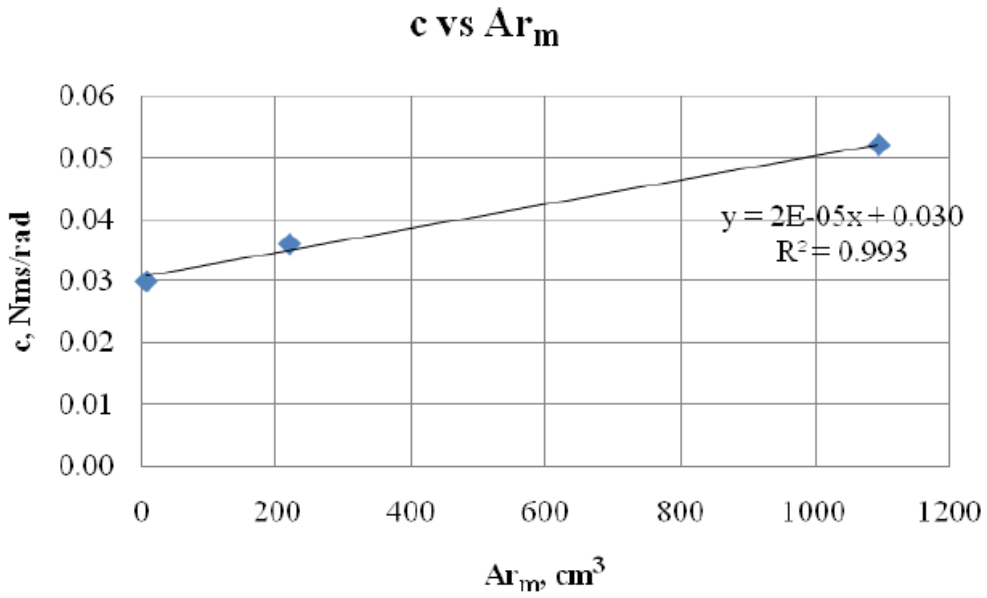
อุปกรณ์ทดสอบการสั่นสะเทือน

การทดลองที่ 7: การสั่นสะเทือนจากการบิดที่มีการหน่วงด้วยของไหลที่มีความหนืดสูง

Investigation of the effects of oil depth on "c"

ทดลองโดย : .....K. Weerapol.....วันที่: ...27/06/12.....

d (mm)	mean radius, r_m (mm)	L (mm)	Area, A (mm^2)	Ar_m (cm^3)	Period, T (s)	'a'	Damping Coeff., c (Nm/rad s-1)
25	6.25	27.95	1,097.63	6.86	1.59	0.044	0.030
100	25	5.90	8,781.02	219.53	1.36	0.053	0.036
175	43.75	91.00	25,015.31	1,094.42	1.36	0.076	0.052



รูปที่ 9.7

9.5 ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างข้อมูล:

ความเร็วปากกา	=	4.4	mm/s
Inertia	=	0.68	kg.m2
d	=	25	mm
T	=	1.59	s

จากสมการ (6) $log_e\left(\frac{\theta_n}{\theta_{n+1}}\right) = \left(\frac{a}{2}\right)\mathrm{T}$ และจากกราฟในรูปที่ 9.6,

$$\mathrm{a} = \frac{Slope\ x\ 2}{\mathrm{T}}$$

จากกราฟรูปที่ 9.6, d = 25 mm, ได้ความชัน = 0.035

$$\therefore\ \mathrm{a} = \frac{0.035\ x\ 2}{1.59} = 0.044\ s^{-1}$$

จากข้อ 9.3.2; $\mathrm{r} = \frac{d}{2} = \frac{25}{2} = 12.5\ mm$

$$L = \sqrt{r^2 + h^2} = \sqrt{12.5^2 + 25^2} = 27.95\ mm$$

$$\therefore\ A = \pi\ x\ r\ x\ L$$

$$= \pi\ x\ 12.5\ x\ 27.95\ = 1{,}097.594\ mm^2$$

จากสมการ (2); $\mathrm{a} = \frac{C}{\mathrm{I}}$

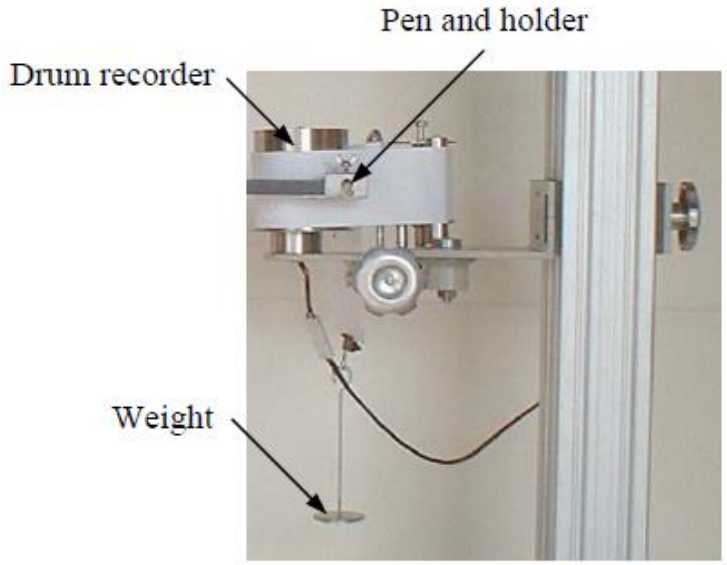
$$\therefore\ c = a\ x\ \mathrm{I}$$

$$= 0.044\ x\ 0.68 = 0.0299\ Nms/rad$$

ภาคผนวก
การใช้ตัวบันทึกข้อมูลรูปทรงกระบอก

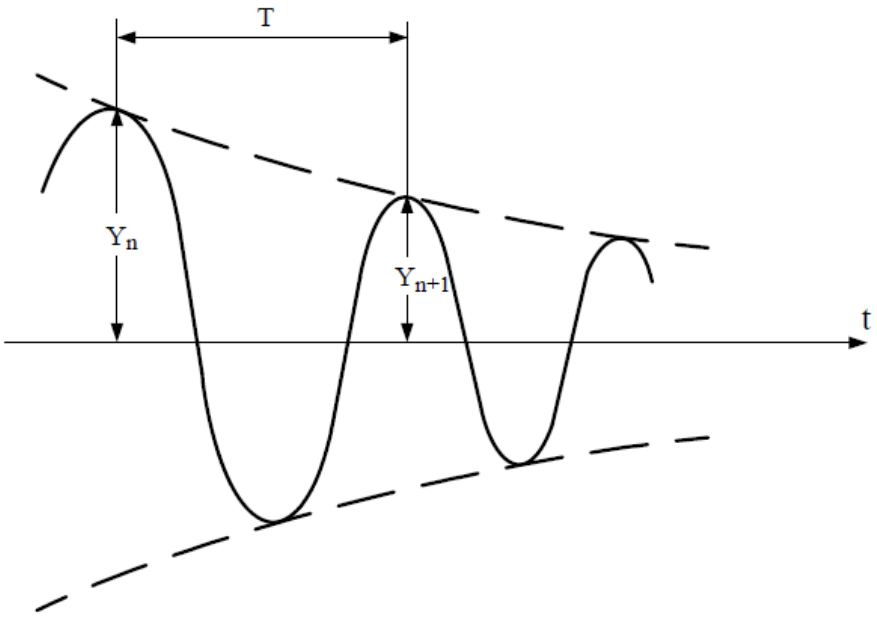
การใช้ตัวบันทึกข้อมูลรูปทรงกระบอก (Drum Recorder)

1. น้ำหนักควรจะถูกยึดวัดที่ปลายกระดาษเพื่อที่จะให้กระดาษแน่นกับ Drum



2. ความเร็วของการบันทึกข้อมูล:

ความยาวบนกระดาษบันทึกจะถูกจับเวลาเพื่อที่จะคำนวณความเร็ว



Signal vibration of beam



สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 26 การทดลองไจโรสโคป

(Gyroscope Set)



1. วัตถุประสงค์

1.1. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง แรงบิดไจโรสโคปต่อความเร็วในการหมุนควง

1.2. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของโรเตอร์ต่อแรงบิดของไจโรสโคป

2. ทฤษฎี

2.1. บทนำ

ไจโรสโคปเป็นอุปกรณ์ที่มีความแตกต่างจากอุปกรณ์ที่ทำงานโดยการหมุนทั่วไปเป็นอย่างมาก เพราะการหมุนของมันค่อนข้าง แปลก และคล้ายกับว่า มันท้าท้ายกับแรงโน้มถ่วงของโลกได้ คุณสมบัติอันพิเศษนี้ สามารถนาไปประยุกต์ใช้ได้ ตั้งแต่รถจักรยาน จนถึงยานขนส่งอวกาศ เครื่องบิน โดยสารทุกประเภทมีไจโรสโคป ไว้สาหรับทำเป็น เข็มทิศ และระบบนำร่องอัตโนมัติ สถานีอวกาศ Mir ของรัสเซีย ใช้ไจโรสโคปจำนวน 11 อัน เพื่อบังคับให้แผงโซลาร์เซลล์หันไปในทิศทางเดียวกับดวงอาทิตย์ตลอดเวลา

2.2. ทฤษฎี

จากสมการ Euler – Newton แรงบิดเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของโมเมนต์ตัมเชิงมุม H_0

นั่นคือ $\overrightarrow{\mathrm{H_0}} = \mathrm{I_0}\frac{\mathrm{d}\vec{\theta}}{\mathrm{dt}} = \mathrm{I_0}\vec{\omega}$

แรงบิดเชิงมุม $\vec{\tau} = \frac{\mathrm{d}\overrightarrow{\mathrm{H_0}}}{\mathrm{dt}} = \frac{\mathrm{d}(\mathrm{I_0}\vec{\omega})}{\mathrm{dt}}$

อิมพัลส์เชิงมุม$\vec{\tau}.\Delta\mathrm{t} = \Delta\overrightarrow{\mathrm{H_0}} = \Delta(\mathrm{I_0}\vec{\omega})$

เมื่อ θ= ระยะการเคลื่อนที่เชิงมุม

ω=ความเร็วรอบของโรเตอร์, $\mathrm{rad/s}$

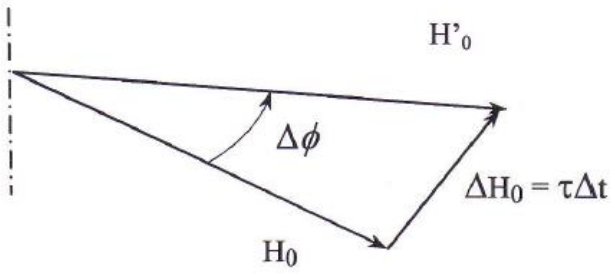
ω_p=ความเร็วรอบของแกนตั้งของโรเตอร์ (precession), $\mathrm{rad/s}$

$\mathrm{H_0}$=โมเมนตัมเชิงมุมของโรเตอร์ $\frac{\mathrm{kg\,m^2}}{\mathrm{s}}$

τ=แรงบิด, Nm

$\mathrm{I_0}$=โมเมนต์ความเฉื่อยของโรเตอร์, $\mathrm{kg.m^2}$

เขียนเวคเตอร์โดยใช้กฎมือขวา แสดงความสัมพันธ์ของ อิมพัลส์เชิงมุม และ ค่าการหมุนควง (Precession) ϕได้ดังนี้



รูปที่ 1 เวคเตอร์ไดอะแกรม

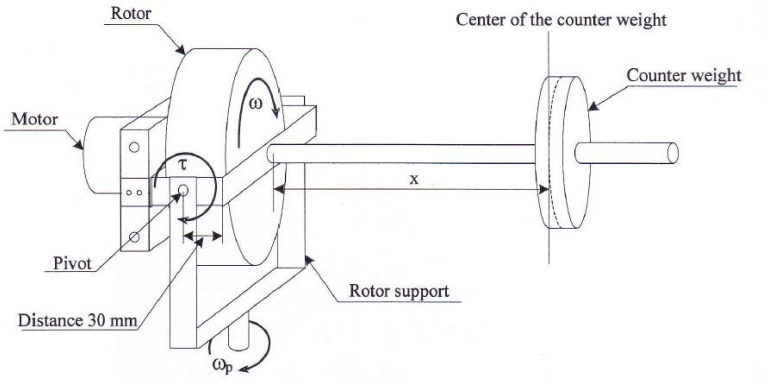
$$\Delta H_0 = \tau \Delta t = H_0 \Delta \phi$$
$$\tau = H_0 \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$
$$= H_0 \omega_p$$
$$= I_0 \omega \omega_p$$
$$\omega = \frac{I}{I_0 \omega_p}$$
$$= \frac{K}{\omega_p}$$

เมื่อ τ และ I_0 คือค่าคงที่

$$\omega = \frac{K}{\omega_p}$$

เมื่อ K เป็นค่าคงที่

จากการเขียนเวคเตอร์เราสามารถแสดงรูปของ แรงบิดกระทำกับโรเตอร์ที่มุมด้วยความเร็วเชิงมุมค่าๆ หนึ่ง



รูปที่ 2 รูปชี้บ่งของไจโรสโคป

3. เครื่องมือการทดลอง



รูปที่ 3 อุปกรณ์การทดลอง

4. การทดลอง

4.1. ถอดน้ำหนักถ่วงเพื่อหาแรงหมุนไจโรสโคปออกและดูว่าชุดทดลองอยู่ในภาวะสมดุล ถ้าไม่สมดุลให้ปรับสกูรยึดมอเตอร์และปรับให้สมดุล

4.2. ติดตั้งน้ำหนักถ่วงไว้บนแกนสกูร เป็นระยะ x ตามรูปที่ 3 ต้องใช้น้ำหนักถ่วงทั้งสองชิ้น ระยะ x สามารถปรับโดยการหมุนน้ำหนักถ่วงบนแกนสกูร และขันน้ำหนักถ่วงเข้าหากันให้แน่นที่ตำแหน่งที่ต้องการ วัดระยะจากแนวประกบของน้ำหนักถ่วงไปยังจุดหมุน เพื่อหา โมเมนต์แรงบิด จะสังเกตเห็นว่าแขนอยู่ในแนวระดับ

4.3. ตั้งความเร็วรอบของโรเตอร์ที่ไม่เกิน 4,000 รอบต่อนาที(ผู้สอนกำหนด)

4.4. ให้ปรับความเร็วรอบการหมุนควง จนแขนใช้แขวนน้ำหนักมาอยู่ที่ในแนวระดับ จุดนี้เป็นจุด สมดุลระหว่าง แรงคู่ควบของแรงบิดของไจโรสโคป กับโมเมนต์เนื่องจากแขวนน้ำหนัก

4.5. จับเวลาการหมุนของพรีเซ็สชันในหนึ่งรอบโดยใช้นาฬิกาจับเวลาหรือจากจอวัด

4.6. ลดความเร็วรอบของโรเตอร์ลงครั้งละ 500 รอบต่อนาที และทำการทดลองซ้ำ

4.7. ทำการทดลองซ้ำที่น้ำหนักถ่วง และระยะห่าง (x) ต่างๆ

4.8. คำนวณค่า ω,ω_p และนำมาเขียนกราฟ ω vs. $\frac{1}{\omega_p}$

5. ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

Tested by :.....Date :.....

Mass (g)	Distance (mm)		Torque (Nm)	Rotor speed (ω)		Precession (ω_p)		$\frac{1}{\omega_p}$ (s/rad)
	x	X + 30		(rev/min)	(rad/s)	(rev/min)	(rad/s)	
100								
150								
200								
250								
300								

6. คำสั่งท้ายการทดลอง

6.1. จงคำนวณหาแรงบิด τ หน่วย Nm

6.2. จงคำนวณหาโมเมนต์ความเฉื่อยของโรเตอร์ I_0 หน่วย $\mathrm{kg.m^2}$

6.3. โมเมนตัมเชิงมุมของโรเตอร์ H_0 หน่วย $\frac{\mathrm{kg\,m^2}}{\mathrm{s}}$

6.4. คำนวณค่า ω,ω_p และนำมาเขียนกราฟ ω vs. $\frac{1}{\omega_p}$

7. วิจารณ์ผลการทดลอง

8. สรุปผลการทดลอง

9. ตัวอย่างการคำนวณ

9.1. ข้อมูลจากการทดลอง

Mass, m = 200 g

Distance, x= 130 mm

x + 30 = 160 mm

Rotor speed, ω=2,000 $(\mathrm{rev/min})$=209.33 $(\mathrm{rad/s})$

Precession (ω_p) = 39.6 $(\mathrm{rev/min})$=4.14 $(\mathrm{rad/s})$

9.2. คำนวณหาแรงบิด τ หน่วย Nm

จาก $\tau = F \times r$

$$= \frac{200\ (\mathrm{mm})}{1000} \times 9.81 \times \frac{160(\mathrm{mm})}{1000}$$

$$\tau = 0.314\ \mathrm{Nm}$$

9.3. คำนวณหาโมเมนต์ความเฉื่อยของโรเตอร์I_0 หน่วย $\mathrm{kg\,m^2}$

จาก $\tau = I_0 \omega \omega_p$

$$I_0 = \frac{\tau}{\omega\omega_p}$$

$$= \frac{0.314\ (\mathrm{Nm})}{209.33(\mathrm{rad/s}) \times 4.14(\mathrm{rad/s})}$$

$$\therefore\ I_0 = 0.000362\ \mathrm{kg\,m^2}$$

9.4. คำนวณหาโมเมนตัมเชิงมุมของโรเตอร์H_0 หน่วย $\frac{\mathrm{kg\,m^2}}{\mathrm{s}}$

จาก

$$H_0 = I_0 \omega$$

$$= 0.000362\ (\mathrm{kg\,m^2}) \times 209.33 \left(\frac{\mathrm{rad}}{\mathrm{s}}\right)$$

$$\therefore\ H_0 = 0.076\ \frac{\mathrm{kg\,m^2}}{\mathrm{s}}$$

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 27 การทดสอบหาค่าแรงดึงของวัสดุ
Tensile Test





1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลของวัสดุภายใต้แรงดึง

1.2 ศึกษาความสัมพันธ์ของความเค้น(Stress)และความเครียด(Stain)

1.3 หา Yield Strength และ Ultimaie Tensile Strength

2. ทฤษฎี

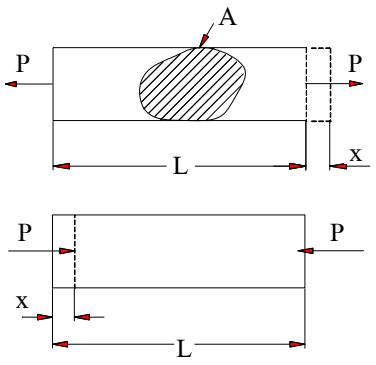
การออกแบบงานทางด้านวิศวกรรมเกี่ยวข้องกับการหาขนาดของชิ้นส่วนที่เหมาะสมโดยชิ้นส่วนนั้นสามารถรับความเค้นสูงสุดที่เกิดจากผลรวมของแรงที่กระทำตามแนวแกน โมเมนต์ดัด และแรงเฉือน

2.1 ความเค้นตามแนวแกน ความเค้นเฉือน และความเค้นดัด

ความเค้นดึง และความเค้นอัด (ความเค้นตามแนวแกน) (รูปที่ 2-1)

ความเค้น , $\sigma = \frac{\text{แรง}}{\text{พื้นที่}} = \frac{P}{A}$

ความเครียด , $\varepsilon = \frac{x}{L}$

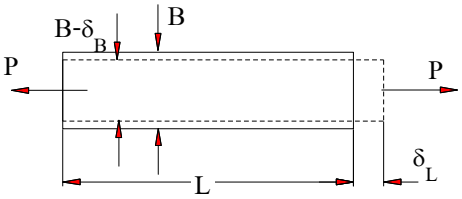


รูปที่ 2-1 ความเค้นดึง / ความเค้นอัด

อัตราส่วนปัวซอง (รูปที่ 2-2)

$\nu = \frac{\text{ความเครียดในทิศทางที่ตั้งฉากกับแรง}}{\text{ความเครียดในทิศทางของแรง}}$

$= \frac{\delta_B/B}{\delta_L/L} = \frac{\varepsilon_B}{\varepsilon_L}$



รูปที่ 2-2 อัตราส่วนปัวซอง

หมายเหตุ : ถ้าหาก ε_L มีค่าเป็นบวกแล้ว ε_B ก็จะต้องมีค่าเป็นลบ

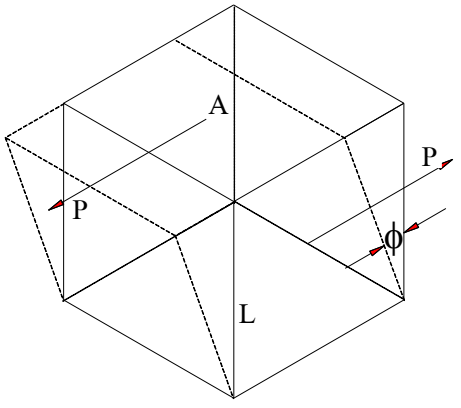
ความเค้นเฉือน (รูปที่ 2-3)

ความเค้นเฉือน , $\tau = \frac{P}{A}$

ความเครียดเฉือน , $\varphi = \frac{\tau}{G}$

เมื่อ G = โมดูลัสเฉือน

$\varphi = \frac{x}{L}$



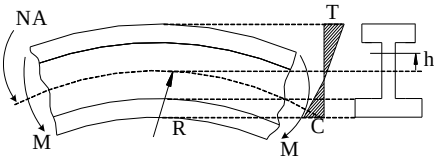
รูปที่ 2-3 ความเค้นเฉือน

$$G = \frac{PL}{Ax}$$

หมายเหตุ: A ขนานกับทิศทางของ P

ความเค้นดัด (รูปที่ 2-4)

ความเค้นดัด , $\sigma = \frac{M\,h}{I}$

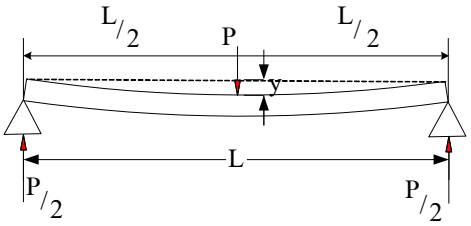


รูปที่ 2-4 ความเค้นดัด

เมื่อ : M = โมเมนต์ดัด

I = โมเมนต์ความเฉื่อย

h = ระยะห่างจาก centroid ถึงจุดที่พิจารณา



ความเค้นดัดสูงสุด , $\sigma_{max} = \frac{M\,h_{max}}{I}$

รูปที่ 2-5 ระยะโก่งงอสูงสุด

เมื่อ : h_{max} = ค่าสูงสุดของ h สำหรับความเค้นอัดและความเค้นดึง

รัศมีความโค้ง $R = \frac{E\,I}{M}$

โมดูลัสการดัด $Z = \frac{I}{h_{max}}$ และ $\sigma_{max} = \frac{M}{Z}$

สำหรับคานที่มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้านั้นจะมีระยะโก่งงอสูงสุดเป็น : (รูปที่ 2-5)

$$y_{max} = \frac{1}{48}\frac{P\,L^3}{E\,I}$$

เมื่อ : B = ความกว้างของคาน

D = ความหนาของคาน

L = ความยาวของคาน

P = แรงที่กระทำกับจุดกึ่งกลางของตัวคาน

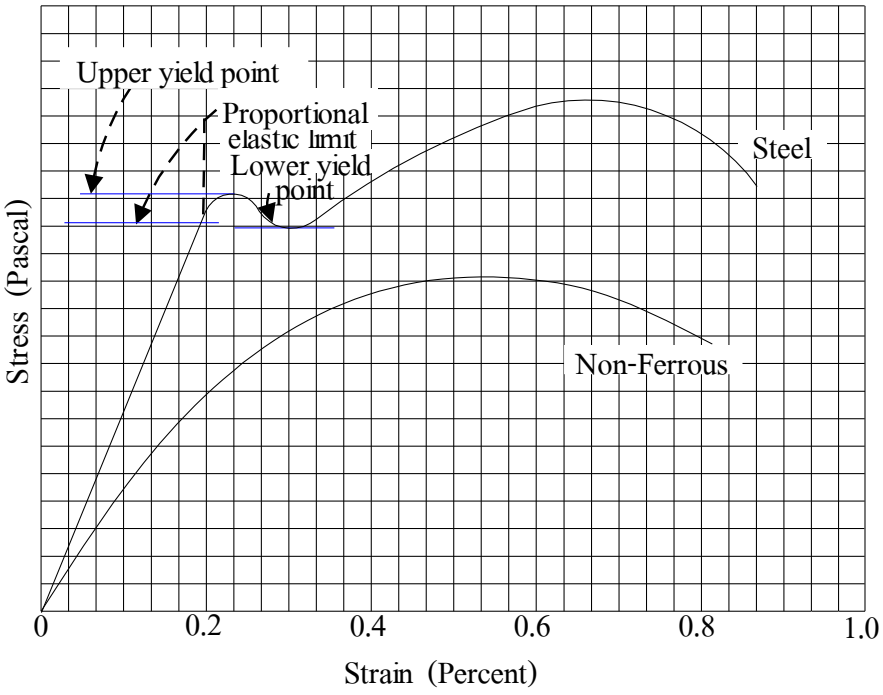
I = โมเมนต์ความเฉื่อนของคาน $= BD^3/12$

E = โมดูลัสของความยืดหยุ่นของวัสดุ

สำหรับเหล็กเหนียว $E = 2.1 \times 10^5\ N/mm^2$

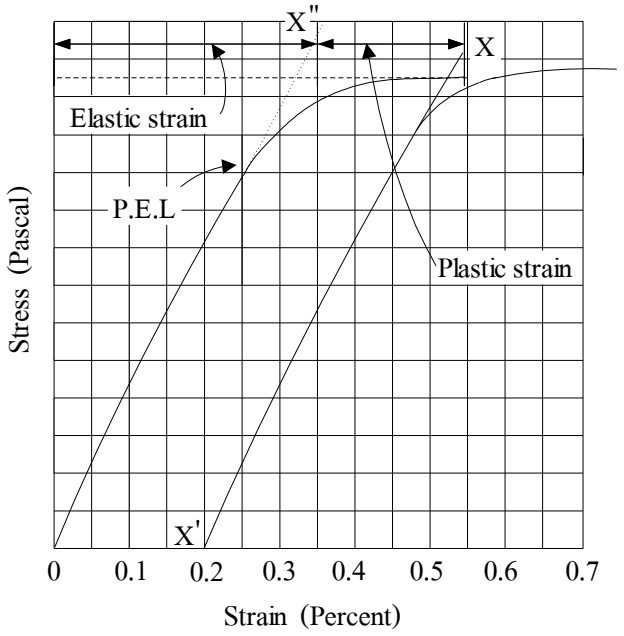
2.2 ไดอะแกรมความเค้น – ความเครียด

กราฟความเค้น–ความเครียดของการทดสอบแรงดึงนั้นหาได้จากการเขียนความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้น σ (ได้จากแรง P หารด้วยพื้นที่หน้าตัด A_o) กับความเครียด ε_o (ได้จากความยาวที่ยืดออกหารด้วย ความยาวเดิม L_o) โดยให้ค่าความเค้นอยู่ในแกนตั้ง ส่วนค่าความเครียดอยู่ในแกนนอน ความเครียด ε_o ได้จาก การวัดโดยตรง เนื่องจาก A_o และ L_o มีค่าคงที่ ดังนั้นรูปร่างของเส้นกราฟจึงมีรูปร่างเหมือนกับเส้นกราฟของ แรง P กับความยาว δ ที่ยืดออก ตัวอย่างของเส้นกราฟ ความเค้น–ความเครียดอยู่ในรูปที่ 2-6



รูปที่ 2-6 กราฟความเค้นความเครียด

ส่วนของเส้นกราฟของชิ้นทดสอบที่ยังอยู่ในช่วงของความยืดหยุ่นนั้นเป็นส่วนของเส้นกราฟที่เป็นเส้นตรง ค่าความชันของเส้นกราฟในช่วงนี้ คือค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น E (Young's modulus) ของชิ้นทดสอบนั้น ๆ เมื่อเพิ่มความเค้นให้มากขึ้นไปอีกเส้นกราฟก็จะเบนออกไปจากเส้นตรง ความเค้นสูงสุดของจุดที่ยังอยู่ในส่วนของ เส้นตรงนี้เรียกว่า proportional limit หรือ elastic limit (ดังแสดงด้วยจุด P.E.L. ของรูปที่ 2-7)



รูปที่ 2-7 การยืดตัวถาวร

Proportional limit นี้เป็นคนละจุดกับ elastic limit จุดที่เป็น elastic limit คือ จุดที่มีความเค้นสูงสุดที่สามารถใช้ดึงชิ้นทดสอบได้โดยไม่ทำให้เกิดการยืดตัวถาวรขึ้นเมื่อลดแรงที่กระทำลงจนเป็นศูนย์ ในการหา elastic limit นั้นจะต้องค่อย ๆ เพิ่มแรงที่กระทำกับชิ้นทดสอบให้มากขึ้นและลดแรงที่กระทำกับชิ้นทดสอบให้น้อยลง จนกระทั่งเกิด การยืดตัวถาวรขึ้นกับชิ้นทดสอบที่รับแรงเมื่อลดแรงลงจนหมด เนื่องจากขั้นตอนการหา elastic limit นี้จะเสียเวลามากและค่า elastic limit นี้ก็แตกต่างจากค่า proportion limit เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในทางปฏิบัติก็หาค่า elastic limit ที่ถูกต้องจริง ๆ ได้ยากมาก

ถ้าหากเพิ่มความเค้นให้มากขึ้นไปอีก เส้นกราฟของความเค้น-ความเครียดก็จะเบี่ยงเบนออกไปจากเส้นตรงมากยิ่งขึ้น และถ้าหากลดแรงที่กระทำกับชิ้นทดสอบเพิ่มความเค้นถึงจุด X แล้ว เส้นกราฟ XX' ที่เกิดจากการลดแรงก็จะเป็นกราฟเส้นตรงและจะขนานกับเส้นกราฟ OX' ซึ่งเป็นเส้นกราฟเดิม ระยะทางที่ OX' เกิดขึ้นในแกนนอนนี้มีชื่อเรียกว่าค่าของการยืดตัวถาวร (permanent set) ที่เกิดจากความเค้นที่จุด X และจะถือเป็นหลักเกณฑ์สำหรับหาความต้านทานที่จุดคราก (yield strength) ในการหาจุดครากนั้นให้ลากเส้นตรง XX′ ขนานกับเส้นตรง OX″ซึ่งเป็นเส้นกราฟในช่วง elastic limit แต่จะต้องอยู่ห่างจากเส้น OX' เป็นระยะทางเท่ากับค่าของการยืดตัวถาวรของชิ้นทดสอบนั้น ๆ ค่าความเครียดจากระยะยืดตัวถาวรนี้มักจะมีค่าประมาณเท่ากับ 0.20 % ของค่าจากความยาวเดิมของชิ้นทดสอบจุดตัดที่เกิดจากเส้นที่ลากขนาน

กับเส้นกราฟเส้นเดิมนี้จะเป็นค่า yield strength ในรายงานเกี่ยวกับจุดคราก (yield strength) นั้นจะต้องระบุขนาดของการยืดตัวถาวรไว้ด้วย จุดครากที่ใช้กับวัสดุที่ไม่มีจุดครากตามธรรมชาตินั้นได้แก่โลหะนอกกลุ่มเหล็ก แต่ก็ไม่ได้ถูกจำกัดให้ใช้เฉพาะกับวัสดุนอกกลุ่มเหล็ก เท่านั้น

ถ้าหากเพิ่มแรงให้แก่ชิ้นทดสอบใหม่ภายหลังจากได้ลดแรงที่กระทำกับชิ้นทดสอบจนหมดเมื่อถึงจุด X ของรูปที่ 2-7 แล้ว เส้นกราฟ OX ก็จะถูกต่อให้ยาวขึ้นจากความยาวเดิมเหมือนกับว่าไม่มีการลดแรงลง

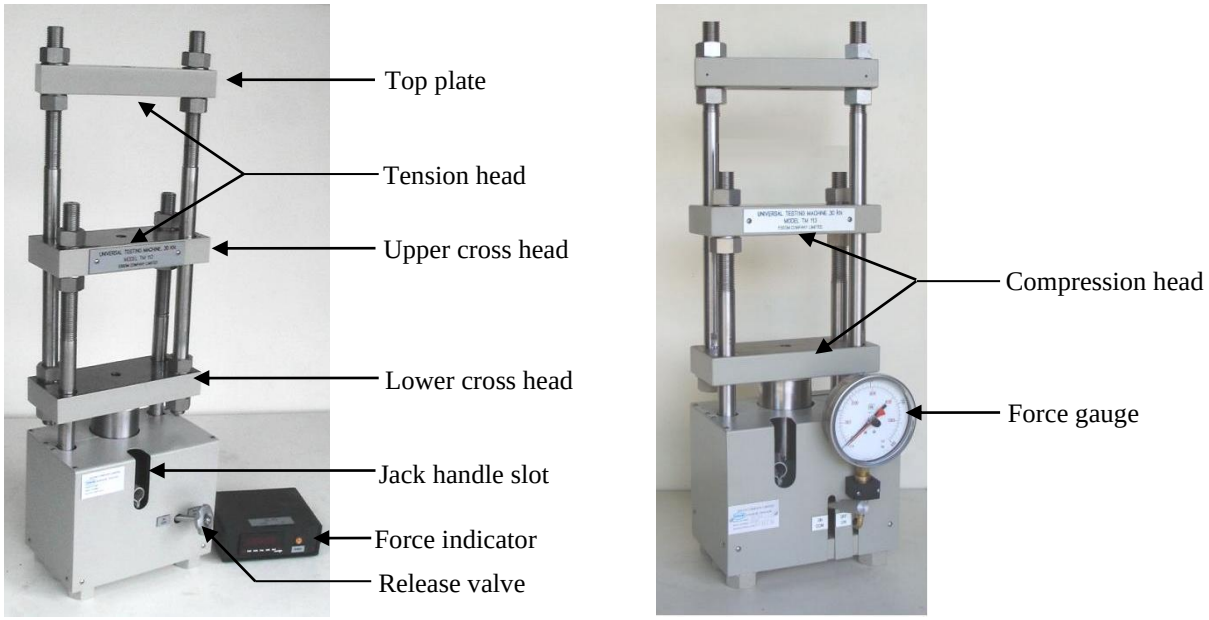
จุดครากที่เกิดขึ้นจริงตามธรรมชาติจะเห็นได้ในเส้นกราฟจากการทดสอบแรงดึงของเหล็กคาร์บอนที่ผ่านกรรมวิธีอบอ่อน (annealing) มาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นเหล็กที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่ำ จุดครากตามคำนิยามนั้นคือความเค้นของชิ้นทดสอบตรงจุดที่ชิ้นทดสอบมีการเปลี่ยนแปลงความ เครียดเกิดขึ้นโดยที่ไม่เพิ่มความเค้น ในกราฟที่ได้จากการทดสอบเหล็กคาร์บอนที่ผ่านกรรมวิธีอบอ่อน จะมีจุดครากค่าต่ำและค่าสูง (upper and lower yield point) ปรากฏให้เห็นด้วย หลังจากที่เกิดจุดครากขึ้นแล้วความเค้นก็จะลดน้อยลงและเส้นกราฟก็เกือบจะอยู่ในแนวระดับในขณะที่กำลังยืดออกอยู่ช่วงหนึ่ง ก่อนที่เส้นกราฟจะเริ่มสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่ง จุดครากค่าสูงนั้นเป็นความเค้นที่เกิดจากการที่ความเค้นเดิมลดต่ำลงจุดครากค่าต่ำเป็นความเค้นต่ำสุดของชิ้นทดสอบหลังจากที่ความเค้นนั้นลดน้อยลง และเป็นจุดก่อนที่ความเค้นจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องอีกครั้งหนึ่ง หรือความเค้นเฉลี่ยในช่วงที่ความเค้นลดลงถึงเพิ่มขึ้นที่อยู่ในกราฟรูปที่ 2-6 ไม่ควรนำเอาจุดคราก (yield point) มาใช้กับวัสดุที่ไม่มีส่วนของเส้นกราฟของความเค้น-ความเครียดอยู่ในแนวระดับหรือไม่แสดงให้เห็นความเค้นที่ลดน้อยลงเมื่อมีการเพิ่มความเครียดขึ้นในบริเวณที่มีการยืดตัวเกิดขึ้น

เมื่อชิ้นทดสอบยืดมากขึ้น ๆ แรงที่กระทำกับชิ้นทดสอบก็จะมากตามขึ้นไปด้วยจนกระทั่งถึงค่าสูงสุด จากนั้นก็จะลดลง เล็กน้อยก่อนที่ชิ้นทดสอบจะขาดออกจากกัน ความเค้นดึงของชิ้นทดสอบนั้นหาได้จากการหารค่าแรงสูงสุดในขณะทำการ ทดสอบด้วยพื้นที่หน้าตัดเดิมของชิ้นทดสอบนั้น ความเหนียว (ductility) ของชิ้นทดสอบหาได้จากเปอร์เซ็นต์ของการยืดตัว และเปอร์เซ็นต์การลดขนาดของพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ เปอร์เซ็นต์ของการยืดตัวภายหลังจากชิ้นทดสอบขาดออกจากกันนั้น หาได้จากความยาวที่ยืดออกหารด้วยความยาวเดิมของชิ้นทดสอบแล้วคูณด้วย 100 ในรายการที่เกี่ยวข้องกับเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของชิ้นทดสอบนั้นจะต้องบอกความยาวเดิมของชิ้นทดสอบที่ให้หาเปอร์เซ็นต์การยืดตัว (original gauge length) ของชิ้นทดสอบนั้นไว้ด้วย ส่วนเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่หน้าตัดที่ลดน้อยลงภายหลังจากชิ้นทดสอบขาดออกจากกันนั้น หาได้จากพื้นที่ที่ลดน้อยลงที่วัดจากพื้นที่เล็กสุดของชิ้นทดสอบที่ขาดออกจากกัน หารด้วยพื้นที่เดิมของชิ้นทดสอบ แล้วคูณด้วย 100 การทดสอบแรงอัดนั้น วัสดุที่มีความเหนียวส่วนใหญ่มีกราฟความเค้น-ความเครียดในช่วงแรกคล้าย คลึงกับกราฟที่กล่าวมาแล้ว และเมื่อพื้นที่หน้าตัดของวัตถุมีขนาดเพิ่มขึ้นแล้วเส้นกราฟแทนที่จะลดระดับลงก็กลับเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าความเค้นจากกราฟของการทดสอบแรงดึง ด้วยเหตุนี้จึงไม่มีความเค้นสูงสุดเหมือนกับกราฟที่ได้จากการทดสอบ

แรงดึงเว้นแต่จะมีแรงเฉือนเกิดขึ้น มีการแยกตัวออกจากกัน (splitting) เกิดขึ้นหรือการแตกออกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย (crumbling) เกิดขึ้น ถ้าหากชิ้นทดสอบไม่แตกหักแล้วก็จะไม่สามารถหาค่าความเค้นอัด ความเค้นอัดสูงสุดนั้นเป็นความเค้นอัดที่วัตถุสามารถรับได้ก่อนที่ชิ้นทดสอบนั้นจะแตกหัก

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.1 เครื่อง UNIVERSAL TESTING MACHINE, 30 kN



พร้อมอุปกรณ์เผื่อเลือก พร้อมเกจวัดความดัน

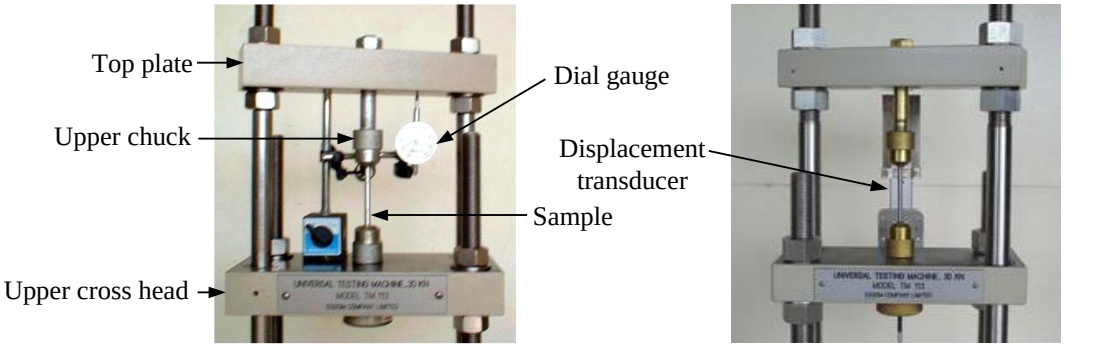
รูปที่ 1-1 TM 113 Universal Testing Machine



รูปที่ 1.2 ชุดสำหรับทดสอบแรงดึง

Universal Testing Machine เป็นอุปกรณ์ทดสอบแบบตั้งโต๊ะ ใช้สำหรับทดสอบแรงดึง, แรงอัด, แรงดัด, แรงเฉือน และความแข็งแบบบริเนล เครื่องมีเสา 4 เสา แบบ 2 ระนาบ การให้แรงกับการทดสอบใช้แม่แรงไฮโดรลิกส์แรง อ่านได้จากเกจวัดแรง เซนเซอร์วัดความดันและชุดแสดงแรงแบบตัวเลขเป็นอุปกรณ์เผื่อเลือก การยืดของชิ้นทดสอบวัดด้วยเครื่องวัดระยะแบบจอเข็ม (dial gauge) หรือใช้เซนเซอร์ระยะขจัด (อุปกรณ์เผื่อเลือก)

4. วิธีการทดลอง



รูปที่ 3-1 TM113-010 Screw Chucks

4.1 ส่วนที่ 1 ดึงชิ้นทดสอบภายในช่วงของความยืดหยุ่น

ตัวอย่างชิ้นทดสอบมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม.

4.1.1ใส่ตัวอย่างชิ้นงานสำหรับทดสอบเข้ากับหัวจับแบบเกลียวหมุน (screw chuck)

4.1.2ขันแป้นเกลียวของหัวจับชิ้นงานตัวบนให้แน่นด้วยมือ แล้วติดตั้งอุปกรณ์วัดระยะแบบจอเข็ม (dial gauge) และ/หรือ แบบไฟฟ้า (displacement transducer) ไว้บนคานขวาง

4.1.3ปรับอุปกรณ์วัดระยะและปรับแรงให้อ่านได้ค่าศูนย์

4.1.4ค่อย ๆ เพิ่มแรงให้แก่ตัวอย่างชิ้นงานโดยการโยกมือโยกช้า ๆ แล้วบันทึกแรงที่อ่านได้จากทุก ๆ ความยาวที่ยืดออก 0.1 ม.ม. ลงในตารางบันทึกข้อมูล

4.1.5เมื่อแรงเพิ่มถึง 6-8 kN แล้ว ให้ลดแรงลงโดยเปิดวาล์วที่แม่แรงให้น้ำมันไหลกลับช้า ๆ พร้อมกับบันทึกแรงและระยะยืดตัวเช่นเดียวกับข้อ 4

4.1.6เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับความยาวที่ยืดออกความยาวที่ยืดออกนี้จะไม่หดกลับไปที่เดิมเมื่อลดแรงจนเป็นศูนย์ เนื่องจากเกิด hysteresis

4.2 ส่วนที่ 2 ดึงชิ้นทดสอบจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาดออกจากกัน

ตัวอย่างชิ้นทดสอบมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม., Gauge length = 30 mm.

4.2.1 ใส่ชิ้นทดสอบเข้ากับหัวจับแบบเกลียวหมุน (screw chuck)

4.2.2 ขันแป้นเกลียวของหัวจับชิ้นงานทั้งสองปลายให้แน่นด้วยมือ

4.2.3 ติดตั้งอุปกรณ์วัดระยะแบบจอเข็ม (dial gauge) และ/หรือแบบไฟฟ้า (displacement transducer) ไว้บนคานขวาง

4.2.4 แรงถูกให้แก่ชิ้นทดสอบโดยการโยกแม่แรง

4.2.5 ก่อนใส่แรงให้แก่ชิ้นทดสอบให้ปรับอุปกรณ์วัดระยะและปรับแรงให้อ่านได้ค่าศูนย์

4.2.6 ค่อย ๆ เพิ่มแรงให้แก่ชิ้นทดสอบโดยการโยกแม่แรงขึ้นลงช้า ๆ แล้วบันทึกแรงที่อ่านได้จากทุก ๆ ความยาวที่ยืดออก 0.1 mm ลงในตารางบันทึกข้อมูลจนกระทั่งชิ้นงานขาดออกจากกัน

4.2.7 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำกับความยาวที่ยืดออกพร้อมกับระบุช่วงความยืดหยุ่น จุดครากค่าบน และจุดครากค่าล่าง

4.2.8 คำนวณหาความต้านที่จุดคราก (yield strength) และความต้านแรงดึง (tensile strength)

5. ตารางบันทึกผลการทดลอง

ผู้ทำการทดลอง: …………….......วันที่: ………………..

การทดสอบแรงดึง

วัสดุ..…………..…..…. ขนาดชิ้นทดสอบ …….………mm Effective length ………...mm E=...................N/mm^2

ระยะยืด (mm)	แรง (kN)	ความเค้น (N/mm^2)	% ความเครียด	หมายเหตุ

6. คำสั่งท้ายการทดลอง

6.1 จงหาค่า Yield Strength และ Ultimate Tensile Strength

6.2 จงเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างความเค้นและความเครียด

7.ผลการศึกษาและวิจารณ์

ให้ทำการวิเคราะห์วิจารณ์และสรุปผลการทดลองที่ได้ทดสอบ

ภาคผนวก

8. แบบอย่างข้อมูลและตัวอย่างการคำนวณ

8.1 แบบอย่างข้อมูลการทดสอบแรงดึง

TENSILE TEST

ผู้ทำการทดลอง:....นายอุดร รักวิศวะ..... วันที่:.....20/02/12.....

การทดสอบแรงดึง

วัสดุ....Aluminium.... ขนาดชิ้นทดสอบ ....ϕ 6....mm Effective length ...70.....mm E=...13947.39... N/mm^2

ระยะยืด (mm)	แรง (kN)	ความเค้น (N/mm^2)	% ความเครียด	หมายเหตุ
0.011	0.072	2.546	0.016	
0.056	0.685	24.227	0.080	
0.083	1.066	37.702	0.119	
0.111	1.384	48.949	0.159	
0.152	1.658	58.640	0.217	
0.191	1.976	69.887	0.273	
0.272	2.291	81.028	0.389	
0.320	2.660	94.078	0.457	
0.392	3.217	113.778	0.560	
0.452	3.688	130.436	0.646	
0.488	4.052	143.310	0.697	
0.533	4.268	150.950	0.761	
0.590	4.530	160.216	0.843	
0.635	4.630	163.753	0.907	
0.730	4.751	168.032	1.043	
0.841	4.805	169.942	1.201	
0.943	4.875	172.418	1.347	
1.069	4.932	174.434	1.527	
1.174	4.977	176.025	1.677	
1.294	5.038	178.183	1.849	
1.419	5.068	179.244	2.027	
1.521	5.107	180.623	2.173	
1.767	5.123	181.189	2.524	
1.851	5.153	182.250	2.644	
1.923	5.174	182.993	2.747	
2.013	5.207	184.160	2.876	
2.106	5.240	185.327	3.009	
2.190	5.252	185.752	3.129	
2.264	5.252	185.752	3.234	
2.346	5.278	186.671	3.351	
2.435	5.285	186.919	3.479	
2.513	5.321	188.192	3.590	
2.597	5.334	188.652	3.710	
2.678	5.340	188.864	3.826	
2.771	5.370	189.925	3.959	
2.873	5.385	190.455	4.104	
2.975	5.404	191.127	4.250	

8.1 แบบอย่างข้อมูลการทดสอบแรงดึง(ต่อเนื่อง)

TENSILE TEST

ผู้ทำการทดลอง:....นายอุดร รักวิศวะ..... วันที่:.....20/02/12.....

การทดสอบแรงดึง

วัสดุ....Aluminium.... ขนาดชิ้นทดสอบ ....ϕ 6....mm Effective length ...70.....mm E=...13947.39... N/mm^2

ระยะยืด (mm)	แรง (kN)	ความเค้น (N/mm^2)	% ความเครียด	หมายเหตุ
3.070	5.404	191.127	4.386	
3.130	5.403	191.092	4.471	
3.355	5.433	192.153	4.793	
3.517	5.463	193.214	5.024	
3.667	5.479	193.780	5.239	
3.814	5.488	194.098	5.449	
3.954	5.509	194.841	5.649	
4.122	5.512	194.947	5.889	
4.248	5.494	194.311	6.069	
4.404	5.515	195.053	6.291	
4.530	5.521	195.265	6.471	
4.701	5.500	194.523	6.716	
4.874	5.497	194.417	6.963	
4.943	5.294	187.237	7.061	
5.171	5.439	192.365	7.387	
5.339	5.328	188.439	7.627	
5.462	5.249	185.645	7.803	
5.572	5.161	182.533	7.960	
5.680	5.101	180.411	8.114	
5.788	5.013	177.299	8.269	
5.905	4.929	174.328	8.436	
6.094	4.742	167.714	8.706	
6.178	4.672	165.238	8.826	
6.259	4.597	162.586	8.941	
6.340	4.518	159.792	9.057	
6.405	4.397	155.512	9.150	
6.501	4.323	152.895	9.287	
6.551	4.063	143.699	9.359	
6.609	4.002	141.542	9.441	
6.762	4.063	143.699	9.660	
6.882	3.912	138.359	9.831	
7.005	3.734	132.063	10.007	
7.116	3.474	122.868	10.166	

8.1 แบบอย่างข้อมูลการทดสอบแรงดึง(ต่อเนื่อง)

TENSILE TEST

ผู้ทำการทดลอง:....นายอุดร รักวิศวะ..... วันที่:.....20/02/12.....

การทดสอบแรงดึง

วัสดุ..... Brass ..... ขนาดชิ้นทดสอบ ....ϕ 6....mm Effective length ...70.....mm E=...13947.39... N/mm^2

ระยะยืด (mm)	แรง (kN)	ความเค้น (N/mm^2)	% ความเครียด	หมายเหตุ
0.013	0.589	20.832	0.019	
0.056	1.252	44.280	0.080	
0.083	1.898	67.128	0.119	
0.108	2.444	86.439	0.154	
0.124	3.011	106.492	0.177	
0.160	3.534	124.990	0.229	
0.185	4.249	150.278	0.264	
0.214	4.831	170.862	0.306	
0.266	5.493	194.275	0.380	
0.334	5.961	210.827	0.477	
0.435	6.323	223.630	0.621	
0.534	6.641	234.877	0.763	
0.645	6.906	244.250	0.921	
0.778	7.136	252.384	1.111	
0.972	7.378	260.943	1.389	
1.096	7.568	267.663	1.566	
1.222	7.716	272.898	1.746	
1.346	7.749	274.065	1.923	
1.373	7.323	258.998	1.961	
1.565	7.997	282.836	2.236	
1.704	8.111	286.868	2.434	
1.769	8.220	290.723	2.527	
1.833	8.260	292.138	2.619	
1.923	8.356	295.533	2.747	
2.041	8.383	296.488	2.916	
2.168	8.483	300.025	3.097	
2.307	8.595	303.986	3.296	
2.437	8.670	306.639	3.481	
2.576	8.773	310.281	3.680	
2.697	8.888	314.349	3.853	
2.843	8.939	316.152	4.061	
3.004	9.036	319.583	4.291	
3.075	9.117	322.448	4.393	
3.159	8.734	308.902	4.513	
3.407	9.240	326.798	4.867	
3.583	9.365	331.219	5.119	
3.710	9.447	334.119	5.300	

8.1 แบบอย่างข้อมูลการทดสอบแรงดึง(ต่อเนื่อง)

TENSILE TEST

ผู้ทำการทดลอง:....นายอุดร รักวิศวะ..... วันที่:.....20/02/12.....

การทดสอบแรงดึง

วัสดุ..... Brass ..... ขนาดชิ้นทดสอบ ....ϕ 6....mm Effective length ...70.....mm E=...13947.39... N/mm^2

ระยะยืด (mm)	แรง (kN)	ความเค้น (N/mm^2)	% ความเครียด	หมายเหตุ
3.809	9.522	336.772	5.441	
3.918	9.610	339.884	5.597	
4.001	9.610	339.884	5.716	
4.107	9.663	341.759	5.867	
4.221	9.734	344.270	6.030	
4.364	9.803	346.710	6.234	
4.500	9.839	347.983	6.429	
4.646	9.912	350.565	6.637	
4.788	9.951	351.945	6.840	
4.851	9.842	348.090	6.930	
4.872	9.610	339.884	6.960	
5.132	10.168	359.619	7.331	
5.318	10.151	359.018	7.597	
5.501	10.232	361.883	7.859	
5.649	10.401	367.860	8.070	
5.814	10.413	368.285	8.306	
6.001	10.422	368.603	8.573	
6.174	10.582	374.262	8.820	
6.321	10.570	373.837	9.030	
6.447	10.649	376.631	9.210	
6.528	10.628	375.889	9.326	
6.553	10.528	372.352	9.361	
6.748	10.745	380.027	9.640	
6.914	10.833	383.139	9.877	
7.068	10.812	382.396	10.097	
7.228	10.869	384.412	10.326	
7.376	10.860	384.094	10.537	
7.545	11.012	389.470	10.779	
7.693	10.999	389.010	10.990	
7.825	11.005	389.222	11.179	
7.935	11.092	392.299	11.336	
8.079	11.097	392.476	11.541	
8.211	11.175	395.235	11.730	
8.333	11.153	394.457	11.904	
8.379	11.119	393.254	11.970	
8.383	10.890	385.155	11.976	
8.440	10.712	378.860	12.057	

8.1 แบบอย่างข้อมูลการทดสอบแรงดึง(ต่อเนื่อง)

TENSILE TEST

ผู้ทำการทดลอง:....นายอุดร รักวิศวะ..... วันที่:.....20/02/12.....

การทดสอบแรงดึง

วัสดุ..... Brass ..... ขนาดชิ้นทดสอบ ....ϕ 6....mm Effective length ...70.....mm E=...13947.39... N/mm^2

ระยะยืด (mm)	แรง (kN)	ความเค้น (N/mm^2)	% ความเครียด	หมายเหตุ
8.572	11.220	396.826	12.246	
8.707	11.236	397.392	12.439	
8.832	11.308	399.939	12.617	
8.933	11.271	398.630	12.761	
9.027	11.308	399.939	12.896	
9.121	11.333	400.823	13.030	
9.250	11.340	401.070	13.214	
9.350	11.354	401.566	13.357	
9.460	11.423	404.006	13.514	
9.586	11.455	405.138	13.694	
9.743	11.422	403.971	13.919	
9.837	11.461	405.350	14.053	
9.948	11.442	404.678	14.211	
10.040	11.410	403.546	14.343	
10.168	11.527	407.684	14.526	
10.186	11.319	400.328	14.551	
10.211	11.145	394.174	14.587	
10.378	11.557	408.745	14.826	
10.488	11.594	410.054	14.983	
10.583	11.591	409.948	15.119	
10.684	11.592	409.983	15.263	
10.784	11.607	410.514	15.406	
10.894	11.634	411.469	15.563	
10.995	11.650	412.034	15.707	
11.092	11.706	414.015	15.846	
11.190	11.741	415.253	15.986	
11.294	11.725	414.687	16.134	
11.425	11.693	413.555	16.321	
11.532	11.707	414.050	16.474	
11.624	11.709	414.121	16.606	
11.700	11.712	414.227	16.714	
11.762	11.685	413.272	16.803	
11.775	11.573	409.311	16.821	
11.828	11.445	404.784	16.897	
11.973	11.762	415.996	17.104	
12.106	11.821	418.082	17.294	
12.208	11.844	418.896	17.440	

8.1 แบบอย่างข้อมูลการทดสอบแรงดึง(ต่อเนื่อง)

TENSILE TEST

ผู้ทำการทดลอง:....นายอุดร รักวิศวะ..... วันที่:.....20/02/12.....

การทดสอบแรงดึง

วัสดุ..... Brass ..... ขนาดชิ้นทดสอบ ....ϕ 6....mm Effective length ...70.....mm E=...13947.39... N/mm^2

ระยะยืด (mm)	แรง (kN)	ความเค้น (N/mm^2)	% ความเครียด	หมายเหตุ
12.329	11.856	419.320	17.613	
12.468	11.834	418.542	17.811	
12.561	11.840	418.754	17.944	
12.667	11.827	418.295	18.096	
12.784	11.850	419.108	18.263	
12.874	11.850	419.108	18.391	
12.986	11.955	422.822	18.551	
13.110	11.932	422.008	18.729	
13.215	11.937	422.185	18.879	
13.323	11.918	421.513	19.033	
13.410	11.944	422.433	19.157	
13.611	11.962	423.069	19.444	
13.763	11.925	421.761	19.661	
13.887	11.925	421.761	19.839	
14.050	11.944	422.433	20.071	
14.155	11.985	423.883	20.221	
14.265	12.000	424.413	20.379	
14.361	12.022	425.191	20.516	
14.456	12.005	424.590	20.651	
14.545	12.027	425.368	20.779	
14.631	12.027	425.368	20.901	
14.723	12.024	425.262	21.033	
14.837	12.099	427.915	21.196	
14.905	12.019	425.085	21.293	
14.925	11.877	420.063	21.321	
14.945	11.698	413.732	21.350	
15.129	12.085	427.419	21.613	
15.277	12.096	427.808	21.824	
15.370	12.059	426.500	21.957	
15.486	12.096	427.808	22.123	
15.597	12.072	426.960	22.281	
15.670	12.104	428.091	22.386	
15.760	12.069	426.854	22.514	
15.827	12.096	427.808	22.610	
15.914	12.086	427.455	22.734	
16.005	12.077	427.136	22.864	
16.099	12.101	427.985	22.999	

8.1 แบบอย่างข้อมูลการทดสอบแรงดึง(ต่อเนื่อง)

TENSILE TEST

ผู้ทำการทดลอง:....นายอุดร รักวิศวะ..... วันที่:.....20/02/12.....

การทดสอบแรงดึง

วัสดุ..... Brass ..... ขนาดชิ้นทดสอบ ....ϕ 6....mm Effective length ...70.....mm E=...13947.39... N/mm^2

ระยะยืด (mm)	แรง (kN)	ความเค้น (N/mm^2)	% ความเครียด	หมายเหตุ
16.205	12.121	428.693	23.150	
16.296	12.105	428.127	23.280	
16.390	12.110	428.304	23.414	
16.444	12.120	428.657	23.491	
16.481	11.955	422.822	23.544	
16.494	11.858	419.391	23.563	
16.512	11.768	416.208	23.589	
16.703	12.121	428.693	23.861	
16.832	12.145	429.542	24.046	
16.935	12.131	429.046	24.193	
17.026	12.166	430.284	24.323	
17.142	12.163	430.178	24.489	
17.227	12.149	429.683	24.610	
17.327	12.151	429.754	24.753	
17.408	12.160	430.072	24.869	
17.480	12.163	430.178	24.971	
17.568	12.152	429.789	25.097	
17.634	12.147	429.612	25.191	
17.710	12.168	430.355	25.300	
17.787	12.166	430.284	25.410	
17.872	12.139	429.329	25.531	
17.926	12.171	430.461	25.609	
17.932	11.891	420.558	25.617	
18.063	12.179	430.744	25.804	
18.226	12.146	429.577	26.037	
18.348	12.160	430.072	26.211	
18.458	12.147	429.612	26.369	
18.580	12.177	430.673	26.543	
18.709	12.208	431.770	26.727	
18.815	12.120	428.657	26.879	
18.944	12.091	427.632	27.063	
19.063	12.072	426.960	27.233	
19.182	12.008	424.696	27.403	

8.1 แบบอย่างข้อมูลการทดสอบแรงดึง(ต่อเนื่อง)

TENSILE TEST

ผู้ทำการทดลอง:....นายอุดร รักวิศวะ..... วันที่:.....20/02/12.....

การทดสอบแรงดึง

วัสดุ..... Mild Steel ..... ขนาดชิ้นทดสอบ ....ϕ 6....mm Effective length ...70.....mm E=...13947.39... N/mm^2

ระยะยืด (mm)	แรง (kN)	ความเค้น (N/mm^2)	% ความเครียด	หมายเหตุ
0.014	0.387	13.687	0.020	
0.045	0.861	30.452	0.064	
0.068	1.146	40.531	0.097	
0.100	1.628	57.579	0.143	
0.137	2.195	77.632	0.196	
0.165	2.844	100.586	0.236	
0.208	3.737	132.169	0.297	
0.240	4.785	169.235	0.343	
0.264	5.957	210.686	0.377	
0.289	6.709	237.282	0.413	
0.333	8.017	283.543	0.476	
0.364	9.300	328.920	0.520	
0.408	10.587	374.439	0.583	
0.448	12.078	427.172	0.640	
0.498	13.429	474.954	0.711	
0.550	14.858	525.494	0.786	
0.604	14.935	528.218	0.863	
0.611	14.164	500.949	0.873	
0.691	15.138	535.397	0.987	
0.762	15.149	535.786	1.089	
0.803	15.232	538.722	1.147	
0.859	15.312	541.551	1.227	
0.927	15.435	545.901	1.324	
0.995	15.512	548.625	1.421	
1.079	15.545	549.792	1.541	
1.154	15.616	552.303	1.649	
1.228	15.664	554.001	1.754	
1.288	15.488	547.776	1.840	
1.389	15.859	560.897	1.984	
1.522	15.793	558.563	2.174	
1.658	15.936	563.621	2.369	
1.754	15.966	564.682	2.506	
1.852	16.001	565.920	2.646	
1.897	15.825	559.695	2.710	
1.900	15.469	547.104	2.714	
1.967	15.587	551.277	2.810	
2.146	16.163	571.649	3.066	

8.1 แบบอย่างข้อมูลการทดสอบแรงดึง(ต่อเนื่อง)

TENSILE TEST

ผู้ทำการทดลอง:....นายอุดร รักวิศวะ..... วันที่:.....20/02/12.....

การทดสอบแรงดึง

วัสดุ..... Mild Steel ..... ขนาดชิ้นทดสอบ ....ϕ 6....mm Effective length ...70.....mm E=...13947.39... N/mm^2

ระยะยืด (mm)	แรง (kN)	ความเค้น (N/mm^2)	% ความเครียด	หมายเหตุ
2.288	16.193	572.710	3.269	
2.408	16.233	574.125	3.440	
2.522	16.297	576.388	3.603	
2.642	16.316	577.060	3.774	
2.744	16.341	577.945	3.920	
2.846	16.377	579.218	4.066	
2.942	16.364	578.758	4.203	
3.053	16.404	580.173	4.361	
3.161	16.402	580.102	4.516	
3.291	16.458	582.083	4.701	
3.303	16.028	566.875	4.719	
3.420	16.273	575.540	4.886	
3.718	16.583	586.504	5.311	
3.857	16.530	584.629	5.510	
3.947	16.460	582.153	5.639	
4.040	16.535	584.806	5.771	
4.142	16.498	583.497	5.917	
4.207	16.498	583.497	6.010	
4.319	16.554	585.478	6.170	
4.427	16.521	584.311	6.324	
4.505	16.465	582.330	6.436	
4.579	16.447	581.694	6.541	
4.644	16.420	580.739	6.634	
4.687	16.407	580.279	6.696	
4.818	16.137	570.730	6.883	
5.007	16.369	578.935	7.153	
5.130	16.260	575.080	7.329	
5.242	16.203	573.064	7.489	
5.335	16.044	567.440	7.621	
5.450	15.937	563.656	7.786	
5.524	15.777	557.997	7.891	
5.595	15.702	555.345	7.993	
5.651	15.587	551.277	8.073	
5.710	15.491	547.882	8.157	
5.775	15.355	543.072	8.250	
5.843	15.328	542.117	8.347	
5.908	15.202	537.661	8.440	

8.1 แบบอย่างข้อมูลการทดสอบแรงดึง(ต่อเนื่อง)

TENSILE TEST

ผู้ทำการทดลอง:....นายอุดร รักวิศวะ..... วันที่:.....20/02/12.....

การทดสอบแรงดึง

วัสดุ..... Mild Steel ..... ขนาดชิ้นทดสอบ ....ϕ 6....mm Effective length ...70.....mm E=...13947.39... N/mm^2

ระยะยืด (mm)	แรง (kN)	ความเค้น (N/mm^2)	% ความเครียด	หมายเหตุ
5.958	15.114	534.548	8.511	
6.041	15.026	531.436	8.630	
6.054	14.602	516.440	8.649	
6.109	14.465	511.595	8.727	
6.317	14.679	519.163	9.024	
6.444	14.375	508.412	9.206	
6.540	14.166	501.020	9.343	
6.624	13.918	492.249	9.463	
6.680	13.704	484.680	9.543	
6.757	13.632	482.133	9.653	
6.800	13.447	475.590	9.714	
6.859	13.320	471.099	9.799	
6.885	13.130	464.379	9.836	
6.924	13.114	463.813	9.891	
6.986	13.021	460.524	9.980	
7.027	12.866	455.042	10.039	
7.076	12.735	450.408	10.109	
7.116	12.638	446.978	10.166	
7.153	12.516	442.663	10.219	
7.184	12.297	434.917	10.263	
7.228	12.372	437.570	10.326	
7.286	12.161	430.107	10.409	
7.333	11.976	423.564	10.476	
7.362	11.837	418.648	10.517	
7.424	11.747	415.465	10.606	
7.471	11.570	409.205	10.673	
7.512	11.381	402.521	10.731	
7.537	11.058	391.097	10.767	
7.653	11.282	399.019	10.933	

8.1 แบบอย่างข้อมูลการทดสอบแรงดึง(ต่อเนื่อง)

TENSILE TEST

ผู้ทำการทดลอง:....นายอุดร รักวิศวะ..... วันที่:.....20/02/12.....

การทดสอบแรงดึง

วัสดุ..... Steel ..... ขนาดชิ้นทดสอบ ....ϕ 6....mm Effective length ...70.....mm E=...13947.39... N/mm^2

ระยะยืด (mm)	แรง (kN)	ความเค้น (N/mm^2)	% ความเครียด	หมายเหตุ
0.044	0.904	31.972	0.063	
0.069	1.892	66.916	0.099	
0.093	2.764	97.757	0.133	
0.109	3.448	121.948	0.156	
0.121	3.966	140.269	0.173	
0.137	4.848	171.463	0.196	
0.141	5.141	181.826	0.201	
0.154	5.603	198.166	0.220	
0.169	6.110	216.097	0.241	
0.183	6.630	234.488	0.261	
0.199	7.264	256.911	0.284	
0.225	8.252	291.855	0.321	
0.264	9.421	333.200	0.377	
0.305	10.886	385.013	0.436	
0.348	11.861	419.497	0.497	
0.401	13.143	464.839	0.573	
0.448	13.805	488.252	0.640	
0.450	13.479	476.722	0.643	
0.479	13.949	493.345	0.684	
0.551	14.609	516.688	0.787	
0.594	14.972	529.526	0.849	
0.650	15.263	539.818	0.929	
0.697	15.535	549.438	0.996	
0.765	15.736	556.547	1.093	
0.824	15.979	565.142	1.177	
0.889	16.195	572.781	1.270	
0.970	16.296	576.353	1.386	
1.060	16.502	583.639	1.514	
1.129	16.638	588.449	1.613	
1.228	16.772	593.188	1.754	
1.315	16.841	595.629	1.879	
1.408	16.964	599.979	2.011	
1.510	17.034	602.455	2.157	
1.554	16.761	592.799	2.220	
1.602	16.833	595.346	2.289	
1.723	17.204	608.467	2.461	
1.815	17.162	606.982	2.593	

8.1 แบบอย่างข้อมูลการทดสอบแรงดึง(ต่อเนื่อง)

TENSILE TEST

ผู้ทำการทดลอง:....นายอุดร รักวิศวะ..... วันที่:.....20/02/12.....

การทดสอบแรงดึง

วัสดุ..... Steel ..... ขนาดชิ้นทดสอบ ....ϕ 6....mm Effective length ...70.....mm E=...13947.39... N/mm^2

ระยะยืด (mm)	แรง (kN)	ความเค้น (N/mm^2)	% ความเครียด	หมายเหตุ
1.929	17.242	609.811	2.756	
2.016	17.221	609.068	2.880	
2.084	17.241	609.776	2.977	
2.182	17.247	609.988	3.117	
2.269	17.208	608.609	3.241	
2.399	17.319	612.534	3.427	
2.507	17.327	612.817	3.581	
2.639	17.357	613.878	3.770	
2.769	17.357	613.878	3.956	
2.920	17.343	613.383	4.171	
3.019	17.295	611.685	4.313	
3.087	16.673	589.687	4.410	
3.253	17.311	612.251	4.647	
3.346	17.228	609.316	4.780	
3.448	17.226	609.245	4.926	
3.563	17.199	608.290	5.090	
3.665	17.084	604.223	5.236	
3.761	16.996	601.111	5.373	
3.873	16.940	599.130	5.533	
3.959	16.775	593.294	5.656	
4.071	16.593	586.857	5.816	
4.149	16.417	580.633	5.927	
4.248	16.294	576.282	6.069	
4.340	16.144	570.977	6.200	
4.421	15.915	562.878	6.316	
4.484	15.736	556.547	6.406	
4.495	15.306	541.339	6.421	
4.632	15.760	557.396	6.617	
4.777	15.316	541.693	6.824	
4.892	15.004	530.658	6.989	
5.034	14.748	521.604	7.191	
5.103	14.416	509.862	7.290	
5.192	14.286	505.264	7.417	
5.267	14.056	497.129	7.524	
5.347	13.802	488.146	7.639	
5.428	13.599	480.966	7.754	
5.505	13.345	471.983	7.864	

8.1.1 ตัวอย่างการคำนวณ

8.1.1.1 แบบอย่างข้อมูลการทดสอบแรงดึงหน้าที่ 4-1

ระยะยืด = 0.083 mm

แรง, P = 1.066 kN

Effective length = 70 mm

พื้นที่, A $= \frac{\pi \times d^2}{4}$

$= \frac{\pi \times (6(mm))^2}{4}$

ดังนั้น = 28.28 mm^2

ความเค้นดึง

$\sigma = \frac{P}{A}$

$= \frac{1.066(kN) \times 1000}{28.28(mm^2)}$

ดังนั้น σ = 37.702 N/mm^2

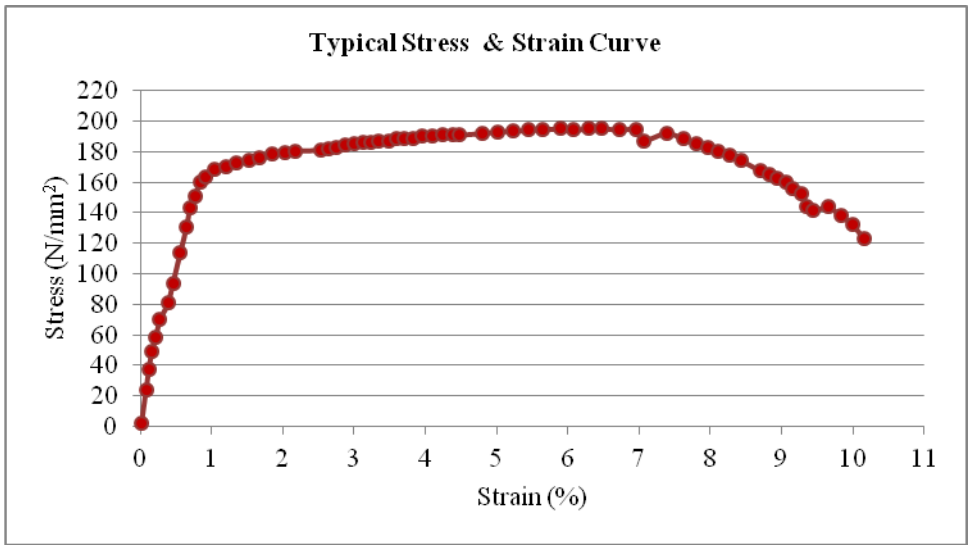
% ความเครียด $= \frac{\text{ระยะยืด}(mm) \times 100(\%)}{\text{Effective length}(mm)}$

$= \frac{0.083(mm) \times 100(\%)}{70(mm)}$

= 0.119%

หมายเหตุ : ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณในหน้านี้ เป็นการคำนวณจากโปรแกรม Excel ซึ่งอาจเกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากจุดทศนิยมได้

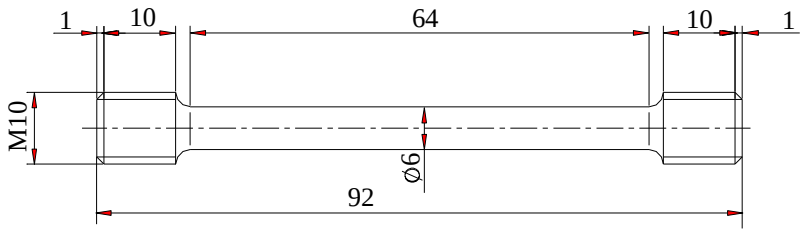
8.1.1.2 แบบอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ Stress & strain (วัสดุ: Aluminium)



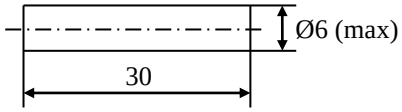
เอกสารแนบ 1
ตัวอย่างชิ้นทดสอบ

ตัวอย่างชิ้นทดสอบ

1. ตัวอย่างชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบแรงดึง



2. ตัวอย่างชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบแรงเฉือน



สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 28 การทดสอบหาค่าความแข็งของวัสดุ
Hardness Test





1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลของวัสดุภายใต้แรงกด

1.2 หาค่าความแข็งของวัสดุได้

2. ทฤษฎี

2.1 ความแข็งบริเนล (Brinell Hardness)

ความแข็งบริเนล (Brinell hardness) หาได้จากการกดลูกบอลเหล็กรูปทรงกลมผิวแข็งลงไปบนผิวชิ้นทดสอบที่ต้องการวัดความแข็งของผิวด้ายแรงค่าหนึ่ง หลังจากนั้นก็ให้วัดเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยบุ๋มที่เกิดจากการกดลูกบอลเหล็กผิวแข็งนั้น ค่าความแข็งบริเนลหรือหมายเลขบริเนลหาได้จากแรงที่กดที่มีหน่วยเป็นกิโลกรัม หารด้วยพื้นที่ผิวของรอยบุ๋มที่มีหน่วยเป็นตารางมิลมิเมตร ดังนั้นจึงมีหน่วยเหมือนหน่วยของความดัน และ สามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งบริเนลกับแรงที่กดได้ดังนี้

$$BHN = \frac{P}{\frac{\pi D}{2}\left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)}$$

ค่าความแข็งตามวิธีการวัดของ Brinell

BHN = ค่าความแข็งบริเนล (Brinell hardness)

P = แรงที่ใช้กด

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของลูกบอลเหล็กผิวแข็ง

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของรอยบุ๋มที่เกิดจากการกด

ลูกบอลเหล็กผิวแข็งของแบริ่งจะมีความแข็งของผิวสูงถึง 500 ถ้าต้องการวัดความแข็งมากกว่านี้ ต้องใช้ลูกบอลที่ผ่านการชุบผิวแข็งเป็นพิเศษ หรือ เพชรพลอย ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงรอยบุ๋มที่ตื้นมากจนเกินไป สำหรับเหล็กนั้นจะใช้ลูกบอลมาตรฐานขนาด 10 mm และแรงกดมาตรฐานขนาด 3000 kg สำหรับโลหะที่อ่อนกว่าจะใช้แรงกดขนาด 500 kg ส่วนโลหะที่อ่อนมาก ๆ จะใช้แรงกด 100 kg แต่ถ้ามีเหตุผลพิเศษอื่นก็สามารถใช้ลูกบอลขนาดอื่นสำหรับกดวัดความแข็งของผิวและจะต้องปรับขนาดของแรงกดตามด้วย
ซึ่งจะมีค่าโดยประมาณเท่ากับ :
สำหรับเหล็กเหนียวและเหล็กกล้า (Iron and steel) จะใช้แรง:

$$P = 30\ D^2$$

ทองเหลือง , เงิน และวัสดุอ่อนอื่น ๆ จะใช้แรง:

$$P = 5\ D^2$$

วัสดุที่อ่อนมากๆ จะใช้แรง :

$$P = D^2$$

(วิธีการทดสอบความแข็งหาดูได้จาก Brinell hardness Testing “ASTM E10-27”)

ในกรณีที่ใช้ลูกบอลขนาดอื่นและแรงกดขนาดอื่นนั้นค่าที่อ่านได้จะต้องระบุขนาดของแรง และขนาดของลูกบอลไว้ด้วย และความแข็งที่อ่านได้จากกรณีดังกล่าวนี้จึงเป็นเพียงค่าโดยประมาณของค่าที่ใช้ขนาดของลูกบอลและขนาดของแรงมาตรฐานเท่านั้น

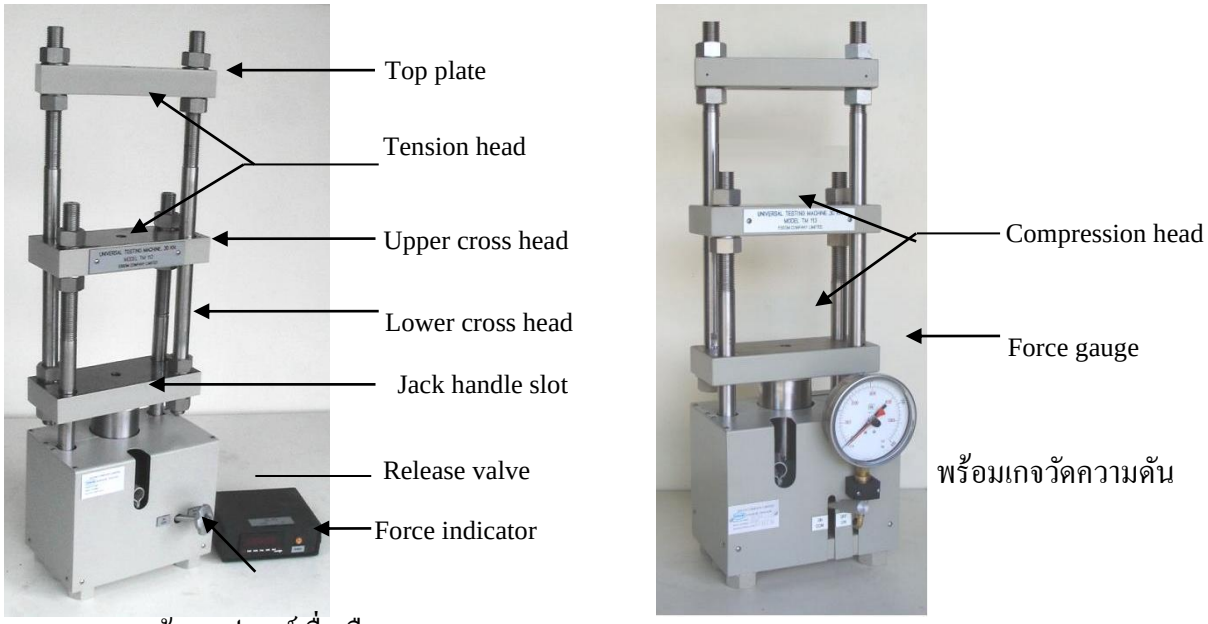
ขนาดของชิ้นทดสอบตัวอย่างควรจะมีขนาดโตเพียงพอที่สามารถแน่ใจว่าไม่มีส่วนของการไหลแบบพลาสติกเกิดขึ้นที่ผิวอิสระของวัตถุที่อยู่รอบๆ รอยกด และความหนาไม่ควรน้อยกว่า 10 เท่าของความลึก

ของรอยกดบุ๋มจากแรงกด หรือมีความกว้างไม่ควรน้อยกว่า 3 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยกด แรงที่ใช้กดควรจะกดอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราคงที่ และควรใช้เวลาในการกดอย่างน้อย 10 วินาทีสำหรับวัสดุกลุ่มเหล็ก และ 30 วินาทีสำหรับวัสดุนอกกลุ่มเหล็ก สำหรับวัสดุที่อ่อนนุ่มก็ควรใช้เวลาที่ยาวนานขึ้น เพื่อจะได้เห็นการไหลของโลหะ (Creep) ที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิห้อง ในการทดสอบวัสดุที่บางนั้นห้ามนำ วัสดุบางนั้นมาซ้อนไว้ใต้หัวกด (Indentor) หลาย ๆ ชั้น ทั้งนี้เพราะจะทำให้ค่าที่อ่านได้มีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง แต่ควรจะใช้หัวกด (Indentor) ที่เล็กลงและแรงกดน้อยลง หรือใช้วิธีทดสอบหาความแข็งแบบอื่น

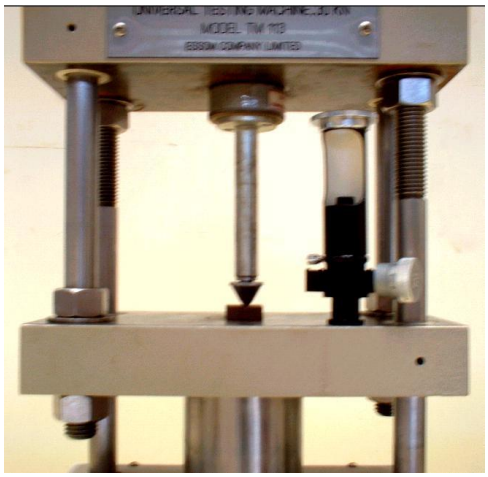
การทดสอบหาความแข็งโดยวิธี Brinell มาตรฐานนั้น จะวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยบุ๋มที่เกิดจากการกด ด้วยกล้องขยาย (Microscope) ที่มีกำลังขยายต่ำ แต่สำหรับงานในด้านการผลิตนั้นจะใช้อุปกรณ์วัดความแข็งที่ สามารถวัดความลึกของรอยกดได้โดยอัตโนมัติและจากความลึกที่วัดได้นี้จะเปลี่ยนค่าออกมาเป็นความแข็งอีกทีหนึ่ง อุปกรณ์ดังกล่าวนี้จะต้องได้รับการสอบเทียบความถูกต้องของค่าที่วัดได้กับค่าของแท่นสอบเทียบที่รู้ค่าความแข็งแล้วอยู่เสมอ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.1 เครื่อง UNIVERSAL TESTING MACHINE, 30 kN



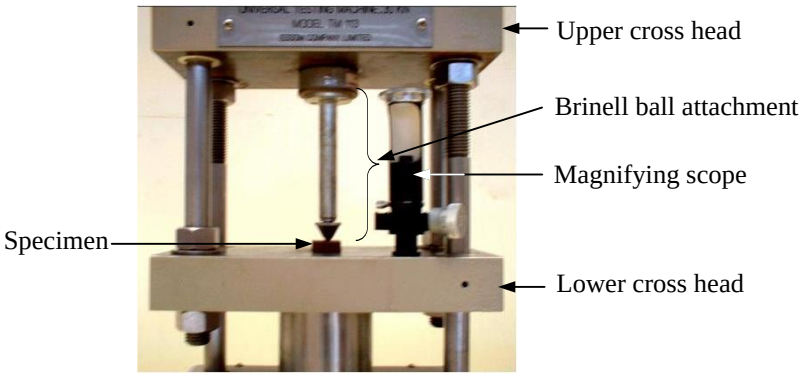
รูปที่ 1-1 TM 113 Universal Testing Machine



รูปที่ 1.2 ชุดสำหรับทดสอบความแข็งแบบบริเนล

4. วิธีการทดลอง

4.1 ขั้นตอนการทดสอบหาค่าความแข็ง Brinell Hardness ของผิว



รูปที่ 3-5 TM113-014 Brinell Hardness Test Attachment

ชิ้นทดสอบเป็นทองเหลืองขนาด 30 มม. × 30 มม. × 10 มม. ลูกบอลของอุปกรณ์วัดความแข็งผิวแบบบริเนล B มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม.

4.1.1 ติดตั้งชุดหัวกด ไว้กับคานขวาง ตัวบนพร้อมติดตั้งแผ่นเหล็กล่างไว้กับคานขวางตัวล่าง

4.1.2 ปรับสกรูของแผ่นเหล็กล่างและอุปกรณ์วัดความแข็ง จนลูกบอลอยู่สูงจากแผ่นเหล็กประมาณ 15 มม.

4.1.3 ใส่ชิ้นทดสอบเข้าไปในช่องที่เว้นไว้

4.1.4 ปรับแรงให้อ่านได้ค่าศูนย์

4.1.5 เพิ่มแรงที่กระทำกับชิ้นงานตัวอย่างจนกระทั่งถึง 500 กก. หรือ 4,905 N ภายในเวลา 5 วินาที และปล่อยให้แรงกระทำกับชิ้นงานค้างไว้นาน 15-20 วินาที

4.1.6 ลดแรงลงจนหมด พร้อมกับวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยบุ๋มที่เกิดขึ้นโดยกล้องขยาย แล้วคำนวณหาค่าความแข็งบริเนลจากสมการ: BHN $= \dfrac{P}{\frac{\pi D}{2}(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$

เมื่อ: D = เส้นผ่าศูนย์กลางของลูกบอลที่กดชิ้นงานของเครื่องมือบริเนล = 10 มม.

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของรอยบุ๋ม, มม.

P = แรงที่กด, กก.

5. ตารางบันทึกผลการทดลอง

HARDNESS TEST

ผู้ทำการทดลอง:..... วันที่:.....

การทดสอบความแข็งบริเนล

วัสดุ..... เส้นผ่านศูนย์กลางลูกบอล.....mm

ขนาดชิ้นทดสอบ.....mm

หมายเลข	แรง (kN)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	ความแข็งบริเนล BHN	หมายเหตุ
แผ่น # 1				
1				
2				
3				
4				
แผ่น# 2				
1				
2				
3				
4				
แผ่น # 3				
1				
2				
3				
4				

6. คำสั่งท้ายการทดลอง

6.1 จงคำนวณหาค่าความแข็งของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

7.ผลการศึกษาและวิจารณ์

ให้ทำการวิเคราะห์วิจารณ์และสรุปผลการทดลองที่ได้ทดสอบ

ภาคผนวก

4.5 แบบอย่างข้อมูลการทดสอบความแข็งบริเนล

TM113 UNIVERSAL TESTING MACHINE, 30 kN

ผู้ทำการทดลอง:....H.Pririn..... วันที่:.....19/10/06.....

การทดสอบความแข็งบริเนล

วัสดุ.....Brass..... เส้นผ่านศูนย์กลางลูกบอล.....10.....mm

ขนาดชิ้นทดสอบ.....30×30×10.....mm

หมายเลข	แรง (kN)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	ความแข็งบริเนล BHN	หมายเหตุ
แผ่น # 1				
1	5	2.73	84	
2	10	3.94	79	
3	15	4.34	96	
4	20	5.38	81	
แผ่น# 2				
1	5	2.82	78	
2	10	4.23	68	
3	15	4.96	73	
4	20	5.98	64	
แผ่น # 3				
1	5	2.56	96	
2	10	3.90	80	
3	15	4.17	105	
4	20	5.07	92	

4.5.1 ตัวอย่างการคำนวณ

4.5.1.1 แบบอย่างข้อมูลการทดสอบความแข็งบริเนลหน้าที่ 4-27

แรง, P = 15 kN

เส้นผ่านศูนย์กลางรอยกด = 4.96 mm

เส้นผ่านศูนย์กลางลูกบอล, D = 10 mm

จาก $BHN = \dfrac{P}{\frac{\pi D}{2}\left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)}$

$= \dfrac{15\,(kN)\times 100}{\frac{\pi\times 10\,(mm)}{2}\left(10\,(mm) - \sqrt{(10\,(mm))^2 - (4.96\,(mm))^2}\right)}$

$\therefore BHN = 73$



สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 29 การทดสอบการล้าของวัสดุ

(Fatigue Testing)



1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อทดสอบหาค่าความต้านทานการล้าของโลหะ

1.2 เพื่อศึกษาถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานการล้าของโลหะ

2. ทฤษฎี

2.1. บทนำ

ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่มีการเคลื่อนที่และรับภาระแบบไม่คงที่ กล่าวคือภาระมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศทางตลอดเวลา จะพบว่าชิ้นส่วนดังกล่าวจะเสียหายเมื่อใช้งานไประยะเวลาหนึ่ง ทั้งๆที่ภาระที่กระทำนั้นทำให้เกิดความเค้นด้วยค่าที่ยังต่ำกว่าค่าความเค้นคราก (Yield Stress) ของวัสดุ เรียกการเสียหายแบบนี้ว่า ความเสียหายจากการล้า (Fatigue Failure)

การทดสอบวัสดุโดยการทำให้ชิ้นทดสอบมาตรฐานรับภาระแบบดัดอย่างเดียว (Pure Bending) แล้วหมุนชิ้นทดสอบภายใต้ภาระดังกล่าวจนเกิดความเสียหาย โดยการนับจำนวนรอบการหมุนที่ทำให้ชิ้นทดสอบเสียหาย แล้วนำจำนวนรอบที่ได้นั้นไปเขียนกราฟในแนวแกนนอน โดยมีค่าความเค้นที่ใช้เป็นแกนตั้งในสเกล Log-Log เรียกกราฟดังกล่าวว่า S-N Curve หรือกราฟ S_f'– N ซึ่งเป็นกราฟของอายุของชิ้นงานเป็น N รอบ และค่าความเค้นสลับS_f'ที่เกิดจากโมเมนต์ดัดคงที่ในชิ้นทดลองของ Moore ค่าความเค้นสลับนี้คือ ความต้านทานการล้า(Fatigue Strength) หรือความทนทานการล้า(Endurance Strength) ซึ่งเขียนแทนด้วย S_f' กราฟ S-N ซึ่งประกอบด้วยเส้นตรงสองเส้นตัดกันเป็นมุม ที่อายุ N $\cong 10^6$ รอบ ดังกราฟรูปที่5 ซึ่งหมายความว่าค่าS_f'ต่ำสุดนี้เป็นค่าที่ไม่ทำให้ชิ้นงานเกิดการแตกหักหรือมีอายุมากกว่า 10^6 รอบขึ้นไป ค่าS_f'ต่ำสุดนี้เรียกว่าเป็นพิกัดความล้า (Fatigue Limit) หรือพิกัดความทนทาน(Endurance Limit) ซึ่งเขียนแทนด้วย $\overline{S_e'}$

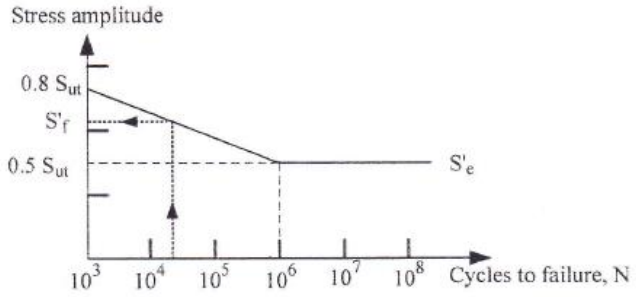
ซึ่งโดยทั่วๆไปแล้วพบว่าค่าพิกัดการล้าจะอยู่ในช่วง 40-60 เปอร์เซ็นต์ ของค่าความเค้นสูงสุด ซึ่งมีค่าตามการสรุปของ Mischke ได้ดังนี้

$$\overline{S_e'} = 0.5S_{ut} \qquad S_{ut} \leq 1400\ MPa$$
$$\overline{S_e'} = 700MPa \qquad S_{ut} > 1400\ MPa$$

เมื่อ $S_{ut} = Ultimate\ tensile\ strength$

ที่ 1000 รอบ ค่าความเค้นสามารถประมาณได้ดังนี้

$S_{1000}' = 0.8\mathrm{S_{ut}}$



รูปที่1 S-N Curve for AISI 1045

จากรูปที่1 เป็นกราฟ S-N ของเหล็กกล้าAISI 1045 ซึ่งจะมีค่า Ultimate tensile strength ; $S_{ut} = 585\ MPa$

ดังนั้น

$0.8S_{ut} = 468\ MPa$

$0.5S_{ut} = 292.5\ MPa = \acute{S_e}$

ความต้านทานการล้า(Fatigue strength) $\acute{S_f}$ จะสัมพันธ์กับอายุของชิ้นงานเป็น N รอบ เขียนสมการของเส้น S-N ได้ดังนี้

$$Log\ \acute{S_f} = b \log N + C$$

เส้นนี้จะตัดกับอายุ N ≅ 10^6 รอบ ที่$\acute{S_e}$ และตัดกับอายุ N ≅ 10^3 ที่$0.8S_{ut}$

สามารถหาค่า C และ b ได้ดังนี้

$$b = -\frac{1}{3} log \frac{0.8S_{ut}}{\acute{S_e}}$$

$$c = log \frac{(0.8S_{ut})^2}{\acute{S_e}}$$

ดังนั้นสามารถหา$\acute{S_f}$ ได้ดังนี้

$$\acute{S_f} = 10^C N^b\ , \quad 10^3 \leq N \leq 10^6$$

ถ้ากำหนดความต้านทานการล้า(Fatigue strength) $\acute{S_f}$ จะสามารถหาอายุ N รอบได้

กำหนดให้ Ultimate tensile strength ; S_{ut} สำหรับเหล็กกล้าดังนี้

$AISI\ 1045\ , S_{ut} = 585\ MPa$

$AISI\ 4140\ , S_{ut} = 655\ MPa$

ความเค้นดัดระบุ Alternating Stress σ_a เป็นค่าที่คำนวณได้ในทางทฤษฎี

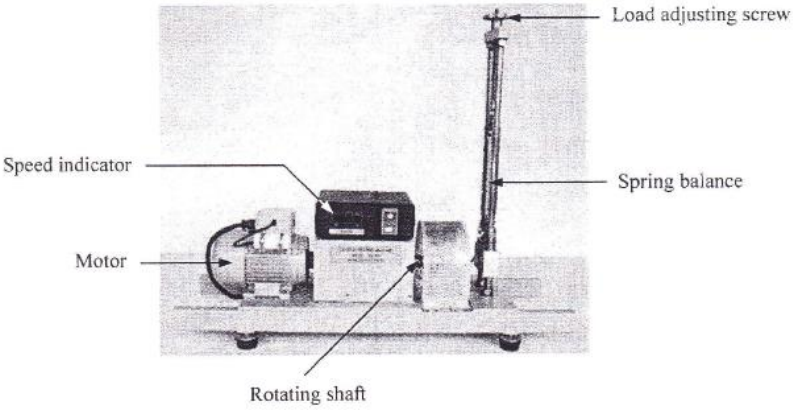
$$\sigma_a = \frac{FL}{\left(\frac{\pi d^3}{32}\right)}$$

น้ำหนัก (F) N

ความยาวของชิ้นงานตัวอย่างทดสอบ (L) = 102 mm

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นทดสอบ (d) = 8 mm

3. เครื่องมือการทดลอง



รูปที่2 อุปกรณ์การทดลอง

4. การทดลอง

4.1. วัดขนาดของชิ้นทดสอบทุกชิ้นด้วยเวอร์เนียร เพื่อใช้ในการคำนวณต่อไป

4.2. ติดตั้งชิ้นทดสอบในเครื่องทดลองหาค่าความต้านทานการล้า

4.3. ปรับแรงดึงสปริงให้เท่ากับน้ำหนักที่ต้องการโดยเริ่มที่ 30 kg

4.4. เปิดสวิตช์เครื่องที่ ELCB และ CB

4.5. ตั้งรอบการหมุน(Revolution Counter) ไปที่เลข 0

4.6. เปิดสวิตช์ให้มอเตอร์ทำงาน

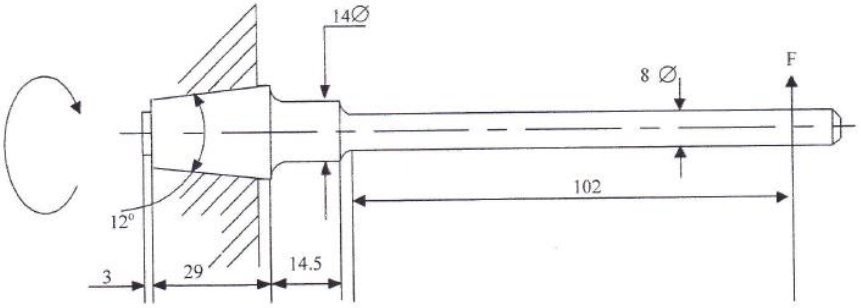
4.7. เมื่อชิ้นทดสอบหักหลังจากเครื่องหมุนไป N รอบ เครื่องจะหยุดทำงาน

4.8. เมื่อชิ้นงานตัวอย่างเสียหาย บันทึกข้อมูลแรงดึง (kg , N) และบันทึกจำนวนรอบการหมุนที่ Counter Indicator ของชิ้นทดสอบ

4.9. ลดค่าแรงดึงของสปริงลงเป็น 0 แล้วถอดเอาชิ้นทดสอบออก

4.10. ทำการทดลองชิ้นทดสอบที่เหลือต่อไปโดยทำตามข้อ 4.2 – 4.9 โดยแต่ครั้งให้ปรับแรงดึงสปริงเป็น 20, 18, 17, 16.5, 16, 15.5 ตามลำดับ

การทดสอบควรที่จะเริ่มที่น้ำหนักมาก เช่น 30 kg เพื่อที่จะรู้ค่าความต้านทานการล้า(Fatigue strength) ของชิ้นงานตัวอย่างแล้วค่อยๆลดน้ำหนักลง



รูปที่3 ชิ้นงานตัวอย่างทดสอบ

5. ผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

Tested by :.....Date :.....

Type of Specimen.....,Speed:.....Tare load:.....kg

Specimen Diameter.....,Strees $\overline{S_e}$ =.....N/mm^2

Specimen No.	Load		σ_a=(N/mm^2)	Revolution	Total Time (s)
	kg	N			

6. คำสั่งท้ายการทดลอง

6.1. จงคำนวณหาความเค้นดัดระบุ Alternating Stress σ_a หน่วยเป็น N/mm^2

6.2. จงอธิบายความหมายคำว่า Yield strength

6.3. จงอธิบายความหมายคำว่า Ultimate tensile strength

6.4. จงอธิบายความหมายคำว่า Fatigue strength

6.5. จงอธิบายความหมายคำว่า Fatigue limit

6.6. วาดกราฟ S-N Curve

7. วิจารณ์ผลการทดลอง

8. สรุปผลการทดลอง

9. ตัวอย่างการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

Tested by :.....Date :.....

Type of Specimen...AISI 1045...,Speed:.....2930.....Tare load:.....0.....kg

Specimen Diameter.....8.....,Strees $\bar{S_e}$ =.....308.44.....N/mm^2

Specimen No.	Load		σ_a=(N/mm^2)	Revolution	Total Time (s)
	kg	N			
1	30	294.3	597.5	17,056	349.29
2	20	196.2	398.34	201,749	4131.66
3	18	176.5	358.34	378,000	7741.14
4	17	166.7	338.44	497,650	10,191.48
5	16.5	161.8	328.5	577,760	11,832.07
6	16	156.9	318.55	2,046,941	41,919.74
7	15.5	152	308.44	>4,000,000	none

Tested by :.....Date :.....

Type of Specimen...AISI 4140...,Speed:.....2930.....Tare load:.....0.....kg

Specimen Diameter.....8.....,Strees $\bar{S_e}$ =.....318.55.....N/mm^2

Specimen No.	Load		σ_a=(N/mm^2)	Revolution	Total Time (s)
	kg	N			
1	30	294.3	597.5	21,327	436.76
2	20	196.2	398.34	166,111	3401.82
3	18	176.5	358.34	413,717	8472.6
4	17	166.7	338.44	750,046	15360.35
5	16.5	161.8	328.5	1,892,750	38762.03
6	16	156.9	318.55	>4,000,000	none
7					

10. ตัวอย่างการคำนวณ

10.1. ตัวอย่างข้อมูลจากการทดสอบ

ที่ น้ำหนัก (F) =294.3 N

ความยาวของชิ้นงานตัวอย่างทดสอบ (L) = 102 mm

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นทดสอบ (d) = 8 mm

Alternating Stress σ_a

$$\sigma_a = \frac{FL}{\left(\frac{\pi d^3}{32}\right)}$$

$$\sigma_a = \frac{294.3 \times 102}{\frac{\pi 8^3}{32}} = 597.5\ N/mm^2$$

พิกัดความทนทาน(Endurance Limit) $\overline{S_e}$ ของ AISI 1045 = 308.44 N/mm^2

พิกัดความทนทาน(Endurance Limit) $\overline{S_e}$ ของ AISI 4140 = 318.55 N/mm^2



สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 30 การทดสอบวัสดุแบบกระแทก
(Impact Testing)



1. วัตถุประสงค์

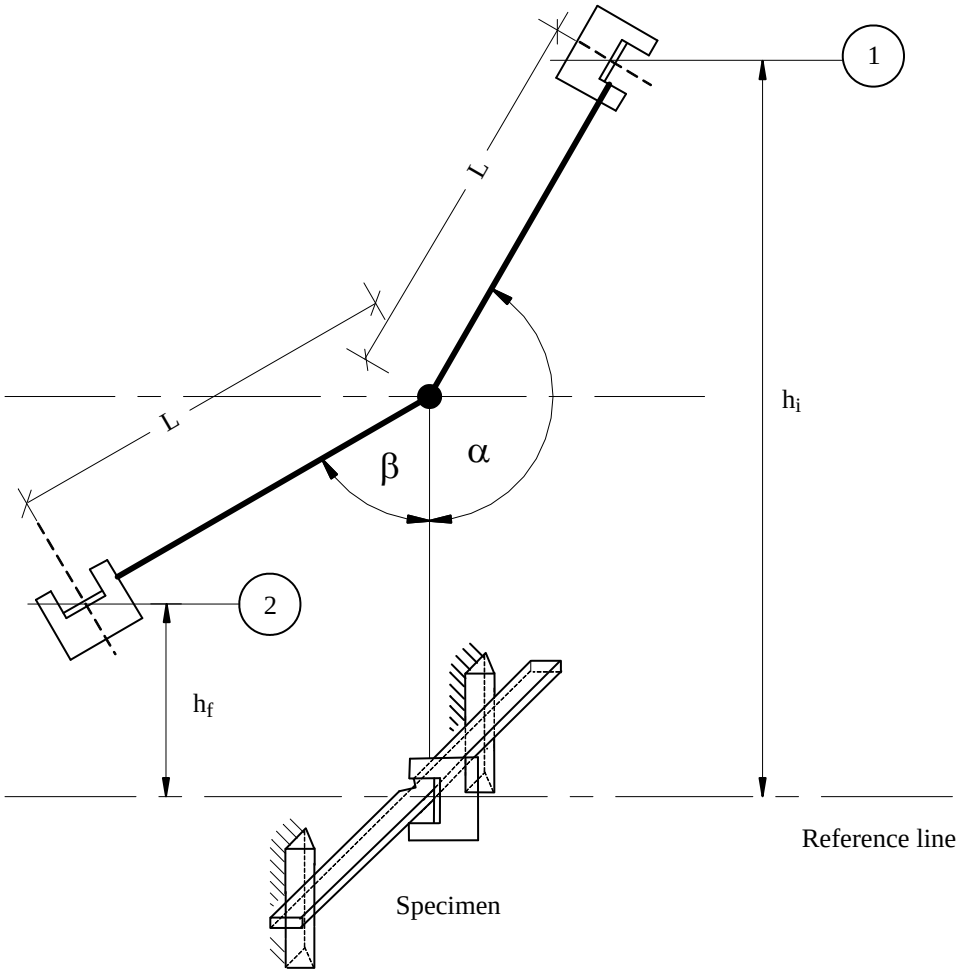
1.1 เพื่อศึกษาค่าความทนทานแรงกระแทกของวัสดุ แบบชาร์ปี้

1.2 เพื่อศึกษาลักษณะการแตกหักของวัสดุ

2. ทฤษฎี

2.1 พลังงานที่ชิ้นทดสอบได้รับ

จะใช้ทฤษฎีอนุรักษ์พลังงานในการคำนวณ พลังงานที่ชิ้นทดสอบได้รับ ทฤษฎีนี้ง่ายต่อการใช้งาน งานที่คำนวณขึ้นกับตำแหน่งแรก และตำแหน่งสุดท้ายของค้อน



รูปที่ 3 มุมและตำแหน่งของเพนดูลัม

จากรูปที่ 3 จะใช้เส้นผ่านตำแหน่งล่างสุดของค้อนเป็นเส้นอ้างอิง ตำแหน่งเริ่มต้นของค้อนอยู่สูงจากเส้นนี้เป็นระยะ h_i

มุมยก α วัดจากเส้นในแนวดิ่ง ถึงตำแหน่งเริ่มต้นของเพนดูลัม

หลังจากปล่อยค้อนตีชิ้นทดสอบแล้ว ค้อนจะไปสู่จุดสูงสุด สุดท้ายที่ตำแหน่ง 2 ตำแหน่งสุดท้ายนี้จะสูงจากเส้นอ้างอิงเป็นระยะ h_f และมีมุมจากเส้นในแนวดิ่งถึงตำแหน่งสุดท้ายเป็น β

ที่ตำแหน่งเริ่มต้น ค่าพลังงานศักย์เริ่มต้น เนื่องจากแรงดึงดูดของโลกจะเป็น

$E_{Pi} = mgh_i = mgL(1-\cos\alpha)$ ---------- (1)

เมื่อค้อนไปสู่จุดสุดท้าย ค่าพลังงานศักย์สุดท้ายจะเป็น

E_{Pf} = mgL (1-cos β) ---------- (2)

สามารถเขียนสมดุลย์ของพลังงานได้ดังนี้

E_{Pi} = E_{Pf} + E_{Ab}+ E_{Loss}

mgL (1-cos α) = mgL (1-cos β) + E_{Ab} + E_{Loss}

E_{Ab} = mgL (cos β - cos α) - E_{Loss} ---------- (3)

เมื่อ m = มวลของเพนดูลัม, กก.

g = ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก = 9.81 (m/s^2)

L = ความยาวของเพนดูลัม, m

E_{Loss} = พลังงานที่สูญเสียในการทดสอบ เช่น ความฝืด ฯลฯ

E_{Ab} = พลังงานที่ชิ้นทดสอบได้รับ, kgf-m หรือ J

2.2 เปอร์เซ็นต์การแตก (%)

เปอร์เซ็นต์การแตกของวัสดุเปราะ (B%) หาได้จาก

$$\% B = \left[\frac{C}{A}\right]100\%$$

เมื่อ A = พื้นที่ผิวแตกทั้งหมด (%)

C = พื้นที่ผิวแตกด้วยความเค้นดึง (%)

2.3 การวิเคราะห์รอยแตก

ส่วนมากของการทดสอบแรงกระแทกมีจุดประสงค์ เพื่อหาพลังงานที่ชิ้นทดสอบรับก่อนแตก หรือเสียหาย วัสดุที่สามารถรับพลังงานได้สูงจะเรียกว่า วัสดุเหนียว วัสดุที่สามารถรับพลังงานได้ต่ำ จะเรียกว่าวัสดุเปราะ รอยแตกของชิ้นทดสอบจะสามารถบ่งความเค้นหลักที่เกิดได้ ความเค้นต่าง ๆ อาจแยกได้ดังนี้

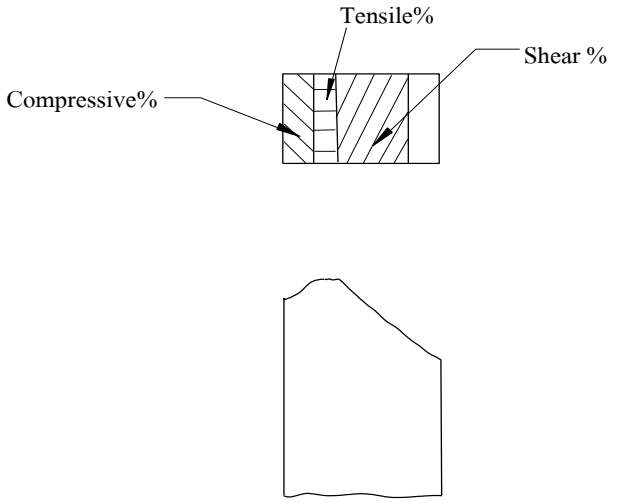
1. ความเค้นเฉือน เนื่องจากแรงดึงที่ให้เกิดการเลื่อนตัวของอะตอมในระนาบ 45°(%)
2. ความเค้นดึง (%)
3. ความเค้นอัด (%)

วัสดุเหนียวหรือวัสดุเปราะสามารถจำแนกได้จากเปอร์เซ็นต์รอยแตกอันเนื่องมาจากความเค้น ทั้งสามชนิด ความเค้นดึง และความเค้นอัด จะหาได้จาก

$$\sigma = \pm \frac{Mc}{I} \quad \text{---------- (4)}$$

2.3.1 รอยแตกแบบเหนียว

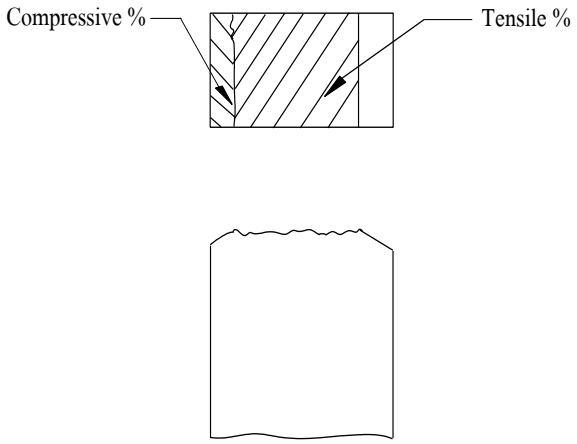
ผิวรอยแตกของชิ้นทดสอบ จะมีลักษณะทำมุม 45° ความเค้นที่ทำให้เสียหาย คือ ความเค้นเฉือน ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การแตกแบบเหนียว

2.3.2 รอยแตกแบบเปราะ

ผิวรอยแตกจะมีลักษณะค่อนข้างสม่ำเสมอ ตามรูปที่ 5 ความเค้นที่ทำให้แตก คือความเค้นดึง



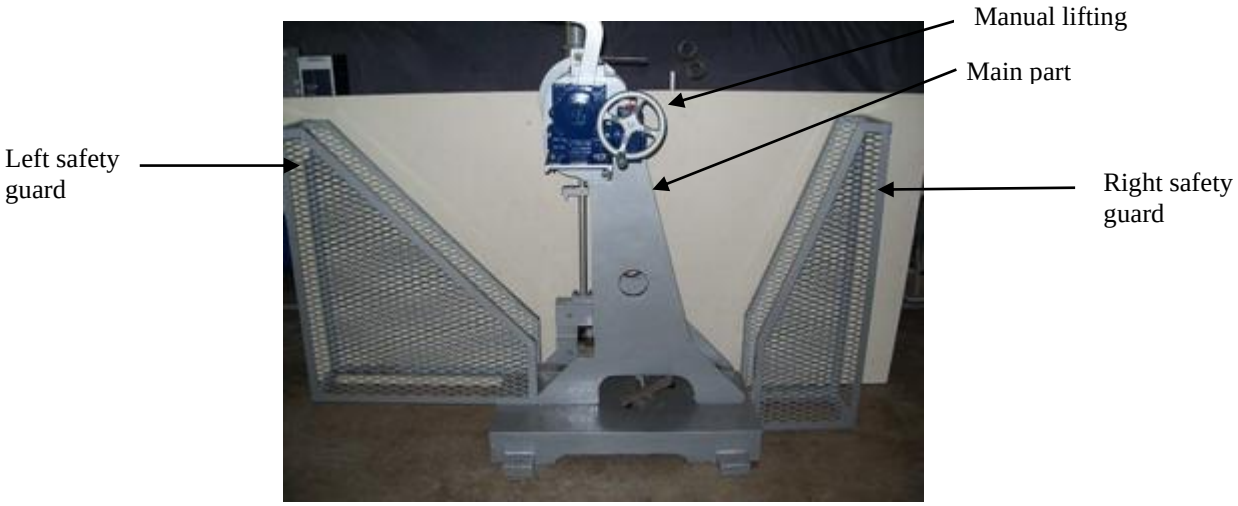
รูปที่ 5 การแตกแบบเปราะ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.1 เครื่องทดสอบแรงกระแทกแบบชาร์ปี้, 150/300 จูล



(ก) ภาพด้านหน้าของ TM235



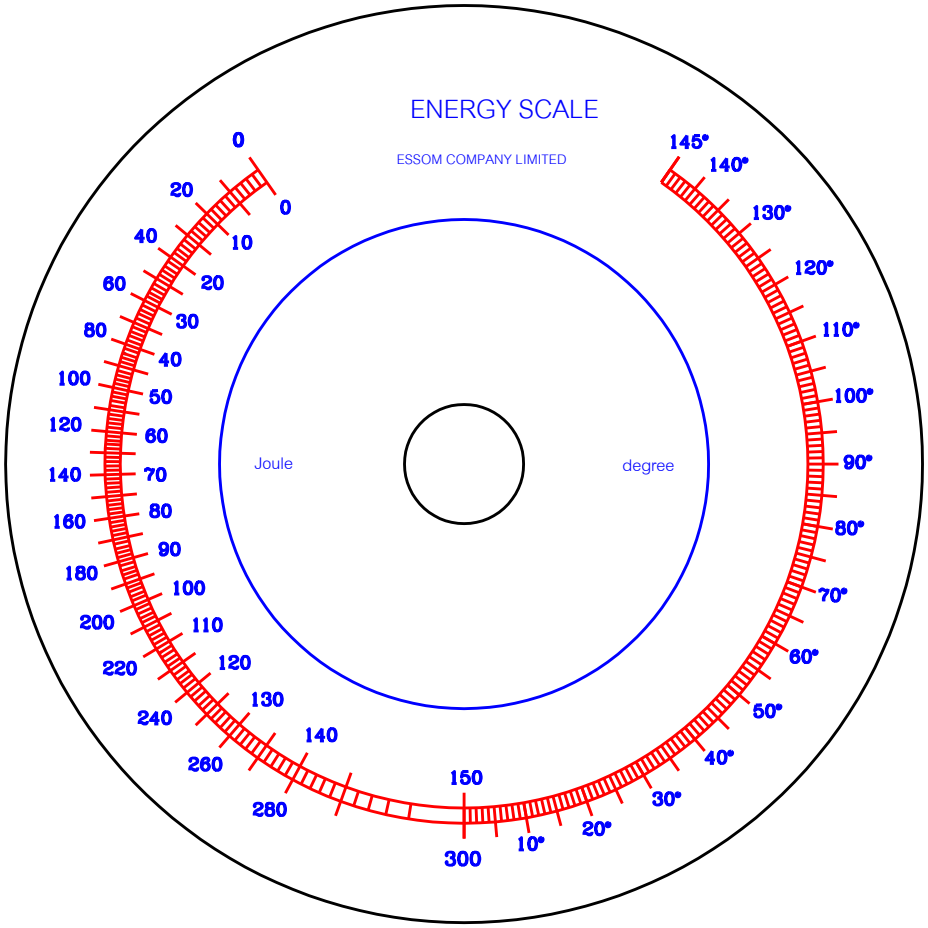
(ข) ภาพด้านหลังของ TM235

รูปที่ 1

เครื่องทดสอบแรงกระแทกนี้ ถูกออกแบบเพื่อใช้หาความต้านทานต่อการแตกของวัสดุโดยวิธี Charpy

เครื่องทดสอบนี้ประกอบด้วยฐานและเสาที่มั่นคงและแข็งแรง เพนดูลัมแขวนกับแกนหมุนที่วางบนตลับลูกปืนเม็ดกลม การยกค้อนเป็นแบบใช้มือโดยตัวลดความเร็วแบบเกียร์ตัวหนอน น้ำหนักฆ้อนสามารถถูกลดเป็นขนาด 150 จูล ที่มีความละเอียด 1 จูล

3.2 สเกลสำหรับเครื่องทดสอบแรงกระแทก

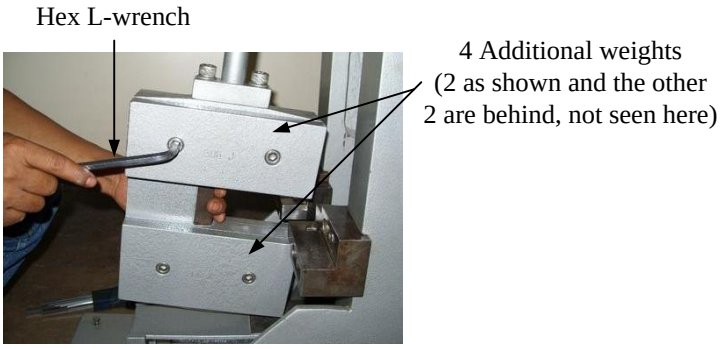


รูปที่ 2 สเกลของพลังงาน

พลังงานเริ่มต้นของเครื่องทดสอบนี้ ได้ตั้งไว้เพื่อปล่อยพลังงาน 150/300 จูล ที่มุม 145 องศา ดูได้จากสเกลด้านขวามือ สเกลสำหรับพลังงานที่ชิ้นทดสอบได้รับ อ่านจากสเกลด้านซ้ายมือ

4. วิธีการทดลอง

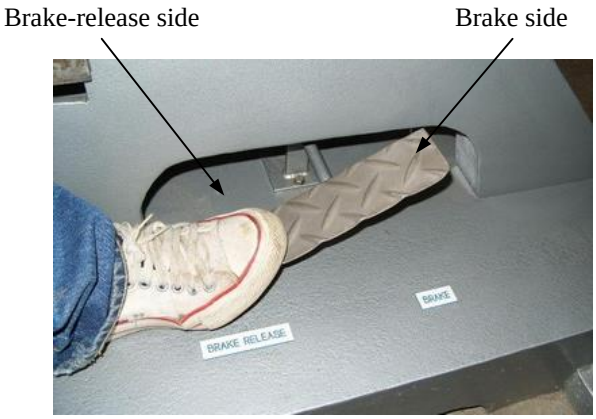
เครื่องนี้สามารถทำการทดสอบได้ทั้ง 150 และ 300 จูล โดยเพียงเพิ่ม (หรือเอาออก) น้ำหนักเพิ่มทั้ง 4 ก้อน โดยใช้ประแจ L ตามรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1

ขั้นตอนการทดลองมีดังต่อไปนี้

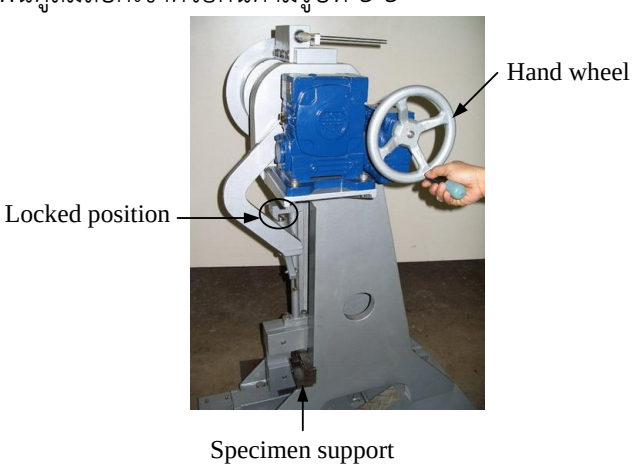
4.1 เหยียบเท้าเบรคด้าน brake-release เพื่อปล่อยเบรคตามรูปที่ 3-2



รูปที่ 3-2 เท้าเบรค

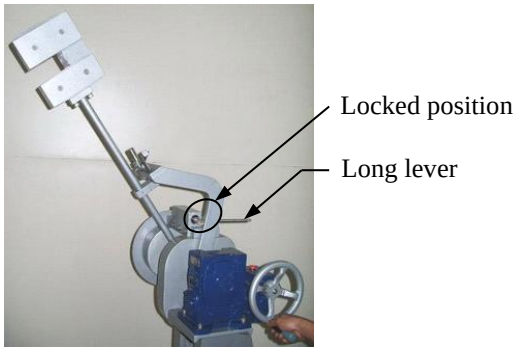
4.2 เตรียมชิ้นทดสอบตาม ASTM E23-96 ดังแสดงในเอกสารแนบ 1

4.3 หมุนล้อมือหมุน (Hand wheel) เพื่อลดระดับตัวจับเพนดูลัม (Pendulum holder) ลง จนกระทั่งเพนดูลัม และตัวจับเพนดูลัมล็อกเข้าด้วยกันตามรูปที่ 3-3



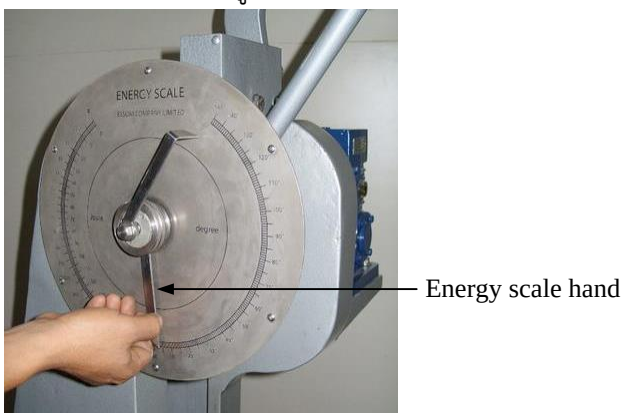
รูปที่ 3-3

4.4 หมุนล้อมือหมุน (Hand wheel) เพื่อยกและตั้งเพนดูลัม และค้อนให้มีพลังงานสูงสุด และล็อคมันที่ 145° โดยการผลักแล้วปล่อยก้านอันยาว (Long lever) ตามรูปที่ 3-4 ที่จุดนี้พลังงานศักย์สูงสุดของเพนดูลัมจะเป็น 150/300 จูล



รูปที่ 3-4

4.5 ปรับเข็มวัดพลังงานให้ชี้ไปที่ 150/300 Joule ตามรูปที่ 3-5



รูปที่ 3-5

4.6 เหยียบเท้าเบรคด้าน brake-release เพื่อปล่อยเบรคตามรูปที่ 3-2

4.7 ตรวจสอบให้แน่ใจว่าก้าน safety (safety lever) ถูกผลักออกไปดังรูปที่ 3-6 แล้วปล่อยเพนดูลัมโดยการจับตัวยึดเพนดูลัมและบีบดังรูปที่ 3-6

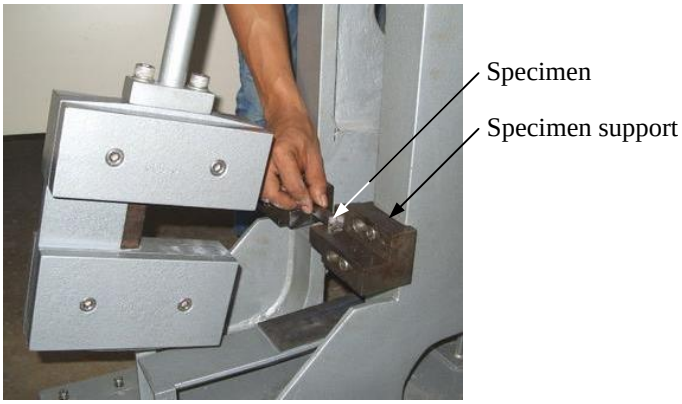


รูปที่ 3-6

4.8 เมื่อเพนดูลัมผ่านตำแหน่งชิ้นงานไปสู่จุดสูงสุดแล้วให้เหยียบด้านเบรคของเท้าเบรคเพื่อเบรคเพนดูลัมจนกระทั่งมันหยุด

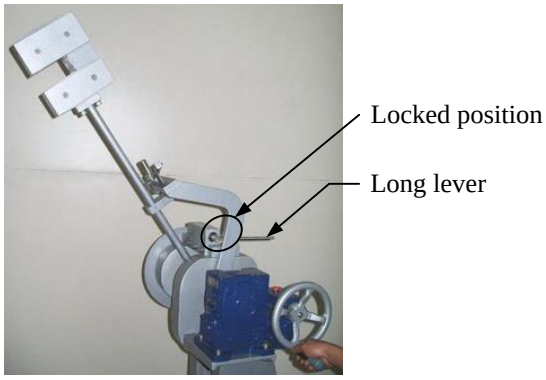
4.9 บันทึกค่าพลังงานที่อ่านได้ พลังงานที่อ่านได้นี้จะเป็นพลังงานที่สูญเสียในการทดสอบ (E_{loss})อันเนื่องมาจากความฝืด เป็นต้น

4.10 หมุนล้อมือหมุนเพื่อยกตัวเพนดูลัมเล็กน้อย วางชิ้นทดสอบ (Specimen) บนที่รองรับชิ้น 150709 (Specimen support) ต้องแน่ใจว่ารอยบากของชิ้นทดสอบอยู่ในแนวศูนย์กลางของที่รองรับชิ้นงาน ดูรูปที่ 3-7 ประกอบ



รูปที่ 3-7

4.11 ยกเพนดูลัมโดยหมุนล้อมือหมุน (Hand wheel) และตั้งเพนดูลัม และค้อนให้มีพลังงานสูงสุด โดยล็อคไว้ที่ 145° โดยการผลักแล้วปล่อยก้านอันยาว (Long lever) ตามรูปที่ 3-8 ที่จุดนี้พลังงานศักย์สูงสุดของเพนดูลัมจะเป็น 150/300 จูล



รูปที่ 3-8

4.12 ปรับเข็มวัดพลังงานให้ชี้ไปที่ 150/300 จูล ดังรูปที่ 3-5

4.13 เหยียบเท้าเบรคและปล่อยเพนดูลัมตามขั้นตอนที่ 3-1 และ 3-6

4.14 เมื่อเพนดูลัมตีชิ้นงานและวิ่งไปสู่จุดสูงสุดแล้วให้เหยียบด้านเบรคของเท้าเบรคเพื่อเบรคเพนดูลัมจนกระทั่งมันหยุด

4.15 บันทึกค่าพลังงานที่อ่านได้ พลังงานที่อ่านได้นี้ คือ $E_{impact} = E_{Ab} + E_{loss}$

4.16 คำนวณค่าพลังงานที่ชิ้นทดสอบได้รับจากสมการ $E_{Ab} = E_{impact} - E_{loss}$

4.17 ตรวจสอบรอยแตก และระบุว่าเป็นรอยแตกเหนียว หรือรอยแตกเปราะ

4.18 ทำซ้ำขั้นตอนข้างบนสำหรับชิ้นทดสอบแบบอื่นๆ

ข้อควรระวัง ต้องติดตั้งการ์ดป้องกันอันตราย และยืนให้ห่างจากระยะที่เพนดูลัมเหวี่ยง

5.ตารางบันทึกผลการทดลอง

TM 235 การทดสอบแรงกระแทกแบบชาร์ปี้, 150/300 จูล

ผู้ทดลอง: ..... ว.ด.ป.: .....

ชนิดของชิ้นทดสอบ: _____ วัสดุ: _____

ชนิดการทดสอบ	พลังงานสูญเสีย E_{loss} (J)	พลังงานที่ตี (J) ($E_{Ab} + E_{loss}$)	พลังงานที่วัสดุรับ (J) E_{Ab}	หมายเหตุ
Charpy				
ค่าเฉลี่ย				

ชนิดของชิ้นทดสอบ: _____ วัสดุ: _____

ชนิดการทดสอบ	พลังงานสูญเสีย E_{loss} (J)	พลังงานที่ตี (J) ($E_{Ab} + E_{loss}$)	พลังงานที่วัสดุรับ (J) E_{Ab}	หมายเหตุ
Charpy				
ค่าเฉลี่ย				

ชนิดของชิ้นทดสอบ: _____ วัสดุ: _____

ชนิดการทดสอบ	พลังงานสูญเสีย E_{loss} (J)	พลังงานที่ตี (J) ($E_{Ab} + E_{loss}$)	พลังงานที่วัสดุรับ (J) E_{Ab}	หมายเหตุ
Charpy				
ค่าเฉลี่ย				

6. ผลการศึกษาและวิจารณ์

ให้ทำการวิเคราะห์วิจารณ์และสรุปผลการทดลองที่ได้ทดสอบ

ภาคผนวก

4. ตัวอย่างการทดลอง

TM 235 การทดสอบแรงกระแทกแบบชาร์ปี้, 150/300 จูล

ผู้ทดลอง: ...ไพรรินทร์ หาญวงศ์... ว.ด.ป. : ...14/06/06.....

ชนิดของชิ้นทดสอบ: 90° V วัสดุ: เหล็กเหนียวคาร์บอนต่ำ

ชนิดการทดสอบ	พลังงานสูญเสีย E_{loss} (J)	พลังงานที่ตี (J) ($E_{Ab} + E_{loss}$)	พลังงานที่วัสดุรับ (J) E_{Ab}	หมายเหตุ
Charpy	0	186	186	ชิ้นงานไม่ขาด
	0	186	186	ชิ้นงานไม่ขาด
	0	184	184	ชิ้นงานไม่ขาด
ค่าเฉลี่ย	0	185.33	185.33	ชิ้นงานไม่ขาด

ชนิดของชิ้นทดสอบ: Reetangular วัสดุ: เหล็กเหนียวคาร์บอนต่ำ

ชนิดการทดสอบ	พลังงานสูญเสีย E_{loss} (J)	พลังงานที่ตี (J) ($E_{Ab} + E_{loss}$)	พลังงานที่วัสดุรับ (J) E_{Ab}	หมายเหตุ
Charpy	0	86	86	ชิ้นงานไม่ขาด
	0	84	84	ชิ้นงานไม่ขาด
	0	84	84	ชิ้นงานไม่ขาด
ค่าเฉลี่ย	0	85.33	85.33	ชิ้นงานไม่ขาด

ชนิดของชิ้นทดสอบ: Semi circle วัสดุ: เหล็กเหนียวคาร์บอนต่ำ

ชนิดการทดสอบ	พลังงานสูญเสีย E_{loss} (J)	พลังงานที่ตี (J) ($E_{Ab} + E_{loss}$)	พลังงานที่วัสดุรับ (J) E_{Ab}	หมายเหตุ
Charpy	0	242	242	ชิ้นงานไม่ขาด
	0	244	244	ชิ้นงานไม่ขาด
	0	242	242	ชิ้นงานไม่ขาด
ค่าเฉลี่ย	0	242.67	242.67	ชิ้นงานไม่ขาด

ตารางบันทึกผลการทดลอง

TM 235 การทดสอบแรงกระแทกแบบชาร์ปี้, 150/300 จูล

ผู้ทดลอง: ...ไพรรินทร์ หาญวงศ์... ว.ด.ป. : .....14/06/06.....

ชนิดของชิ้นทดสอบ: 90° V วัสดุ: เหล็กกล้าผสม

ชนิดการทดสอบ	พลังงานสูญเสีย E_{loss} (J)	พลังงานที่ตี (J) ($E_{Ab} + E_{loss}$)	พลังงานที่วัสดุรับ (J) E_{Ab}	หมายเหตุ
Charpy	0	14	14	ชิ้นงานขาด
	0	14	14	ชิ้นงานขาด
	0	13.8	13.8	ชิ้นงานขาด
ค่าเฉลี่ย	0	13.93	13.93	ชิ้นงานขาด

ชนิดของชิ้นทดสอบ: Rectangular วัสดุ: เหล็กกล้าผสม

ชนิดการทดสอบ	พลังงานสูญเสีย E_{loss} (J)	พลังงานที่ตี (J) ($E_{Ab} + E_{loss}$)	พลังงานที่วัสดุรับ (J) E_{Ab}	หมายเหตุ
Charpy	0	13.8	13.8	ชิ้นงานขาด
	0	13.8	13.8	ชิ้นงานขาด
	0	12.5	12.5	ชิ้นงานขาด
ค่าเฉลี่ย	0	13.37	13.37	ชิ้นงานขาด

ชนิดของชิ้นทดสอบ: Semi circle วัสดุ: เหล็กกล้าผสม

ชนิดการทดสอบ	พลังงานสูญเสีย E_{loss} (J)	พลังงานที่ตี (J) ($E_{Ab} + E_{loss}$)	พลังงานที่วัสดุรับ (J) E_{Ab}	หมายเหตุ
Charpy	0	42	42	ชิ้นงานขาด
	0	44	44	ชิ้นงานขาด
	0	44	44	ชิ้นงานขาด
ค่าเฉลี่ย	0	43.3	43.3	ชิ้นงานขาด

ตารางบันทึกผลการทดลอง

TM 235 การทดสอบแรงกระแทกแบบชาร์ปี้, 150/300 จูล

ผู้ทดลอง: ...ไพรรินทร์ หาญวงศ์... ว.ด.ป. : ...14/06/06.....

ชนิดของชิ้นทดสอบ: 90° V วัสดุ: ทองเหลือง

ชนิดการทดสอบ	พลังงานสูญเสีย E_{loss} (J)	พลังงานที่ตี (J) ($E_{Ab} + E_{loss}$)	พลังงานที่วัสดุรับ (J) E_{Ab}	หมายเหตุ
Charpy	0	19	19	ชิ้นงานขาด
	0	18	18	ชิ้นงานขาด
	0	18	18	ชิ้นงานขาด
ค่าเฉลี่ย	0	18.33	18.33	ชิ้นงานขาด

ชนิดของชิ้นทดสอบ: Rectangular วัสดุ: ทองเหลือง

ชนิดการทดสอบ	พลังงานสูญเสีย E_{loss} (J)	พลังงานที่ตี (J) ($E_{Ab} + E_{loss}$)	พลังงานที่วัสดุรับ (J) E_{Ab}	หมายเหตุ
Charpy	0	14	14	ชิ้นงานขาด
	0	13	13	ชิ้นงานขาด
	0	12	12	ชิ้นงานขาด
ค่าเฉลี่ย	0	13	13	ชิ้นงานขาด

ชนิดของชิ้นทดสอบ: Semi circle วัสดุ: ทองเหลือง

ชนิดการทดสอบ	พลังงานสูญเสีย E_{loss} (J)	พลังงานที่ตี (J) ($E_{Ab} + E_{loss}$)	พลังงานที่วัสดุรับ (J) E_{Ab}	หมายเหตุ
Charpy	0	45	45	ชิ้นงานขาด
	0	45	45	ชิ้นงานขาด
	0	43	43	ชิ้นงานขาด
ค่าเฉลี่ย	0	44.33	44.33	ชิ้นงานขาด

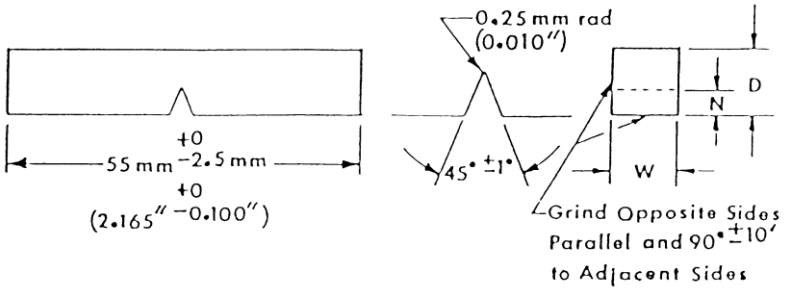
5. ตัวอย่างการคำนวณ

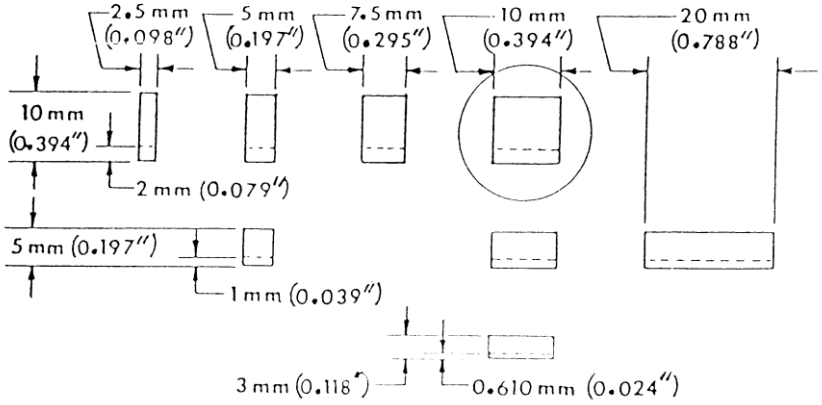
จากตัวอย่างข้อมูลที่

ชนิดของชิ้นทดสอบ	:	90° V
วัสดุ	:	เหล็กเหนียวคาร์บอนต่ำ
พลังงานสูญเสีย	=	0 จูล
พลังงานก่อนตี	=	300 จูล
พลังงานที่ตีเฉลี่ย	=	185.33 จูล
∴ พลังงานที่ชิ้นทดสอบได้รับ	=	185.33 – 0 = 185.33 จูล

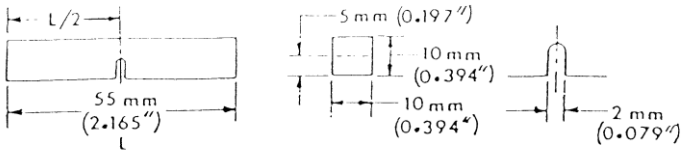
เอกสารแนบ 1
ขนาดของชิ้นทดสอบ

ASTM E23-96/Charpy Impact Test Speciments Type A





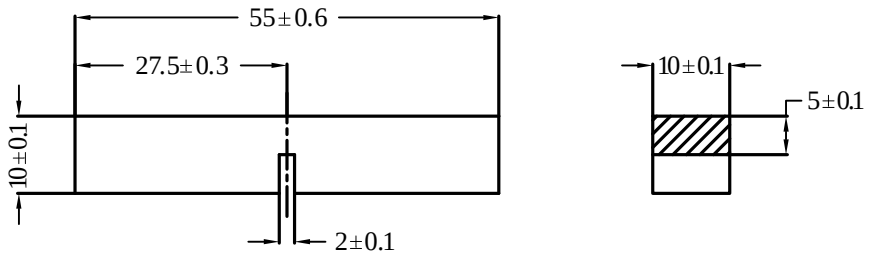
ASTM E23-96/Charpy Impact Test Speciments Type C



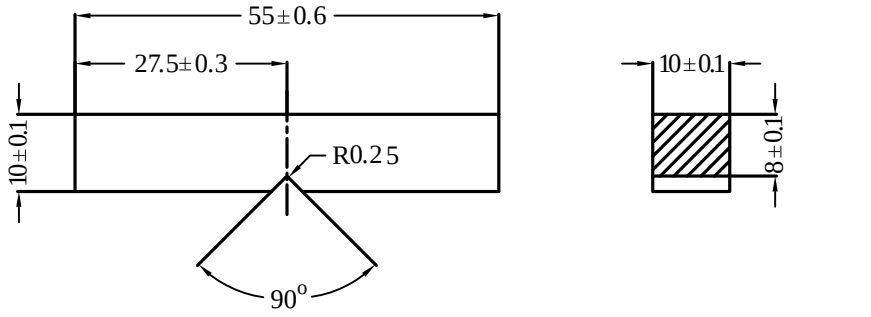
TM235

CHARPY SPECIMEN DIMENSIONS

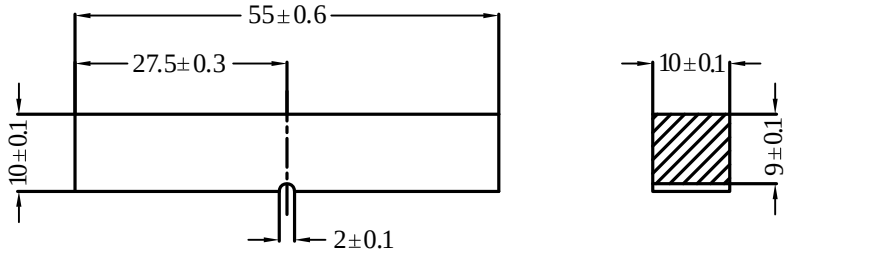
1.Rectangular



2. 90° V



3. Semi circle





สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 31 ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกลระบบอัตโนมัติและการควบคุมแบบ PLC



ใบงานที่ 1 การเชื่อมต่อ Switch Buzzer กับ PLC

ThaiPLCCenter.COM

วัตถุประสงค์:

เข้าใจการเชื่อมต่อ Switch , Buzzer , Lamp กับ PLC

อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลอง TAC-CONPLC-R2 1 ชุด

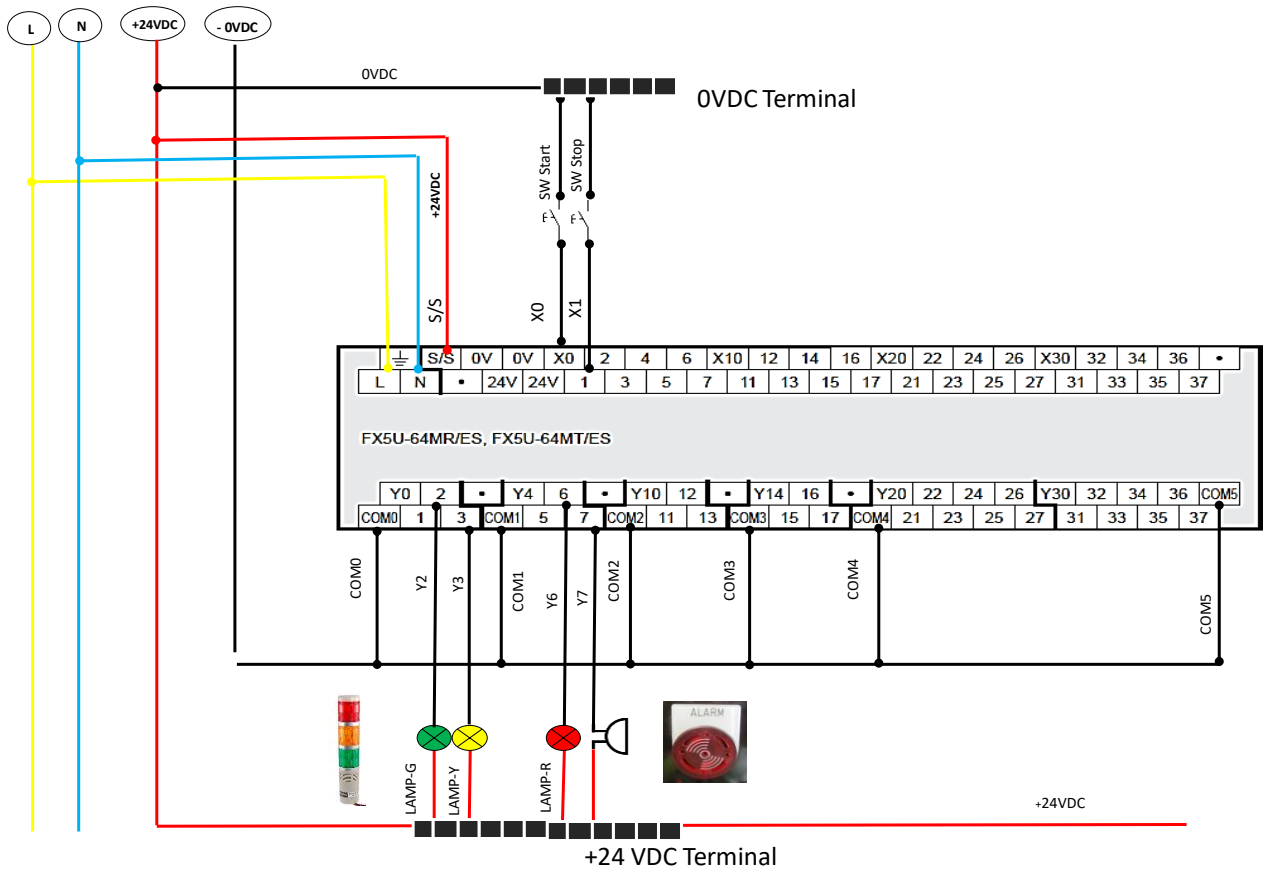
เงื่อนไขการทดลอง

กด SW start ให้หลอดไฟเขียวติด

กด SW stop ให้หลอดไฟแดงติด พร้อม Alarm

ลำดับขั้นการทดลอง

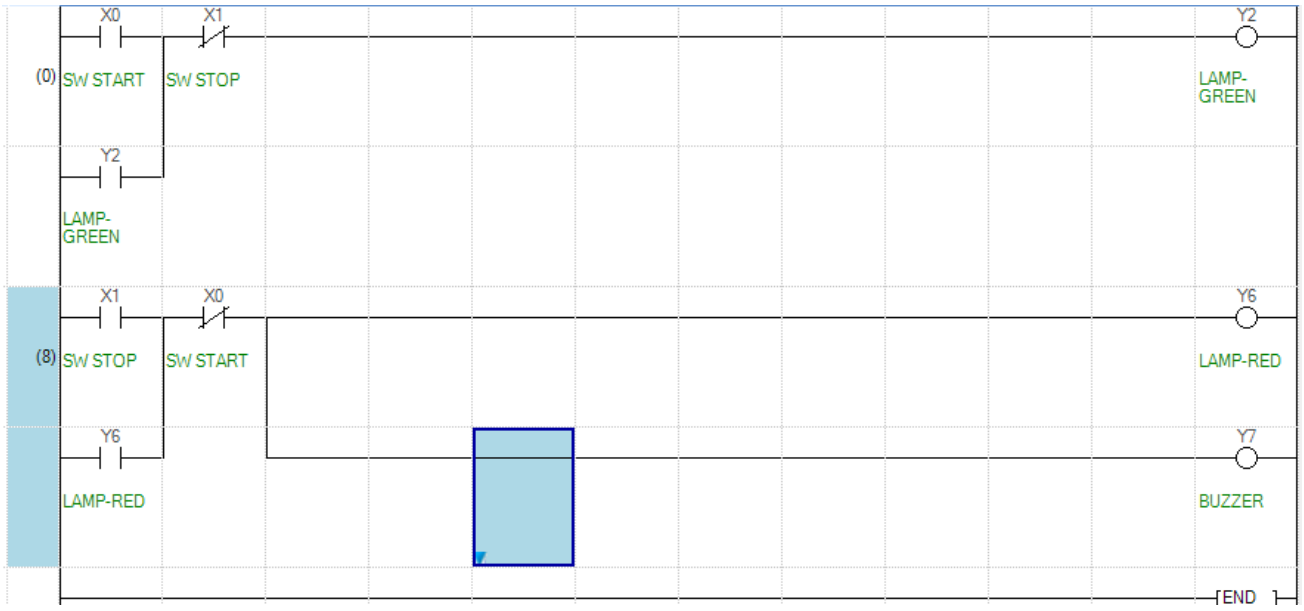
1. ต่อวงจรกำลังตาม ไดอะแกรม



ตารางแสดงการการเชื่อมต่อ Port PLC กับ อุปกรณ์

INPUT PLC	Comment	อุปกรณ์	OUTPUT PLC	Comment	อุปกรณ์
X0	SW Start	สวิตซ์เริ่มทำงาน	Y2	LAMP-G	หลอดไฟเขียว(Green)
X1	SW Stop	สวิตซ์หยุดทำงาน	Y3	LAMP-Y	หลอดไฟสีเหลือง(Yellow)
			Y6	LAMP-R	หลอดไฟสีแดง (RED)
			Y7	ALARM	สัญญาณเตือน

2 .เขียนโปรแกรม PLC ใน GX Work3 ให้ศึกษาวิธีการเขียนจาก คู่มือ



เมื่อกด SW Start(X0) จะทำให้ X0ทำงานแล้วส่งไปที่ Y2 เพื่อให้ LAMP-G ติด และทำการ ล็อกสถานะโดยต่อ Y2 ขนานกับ X0 ส่วนของ SW Stop(X1)จะทำให้ LAMP-G ดับ และกระตุ้นและใช้หลักการเดียวกันเพื่อทำให้ หลอด LAMP-RED ติด พร้อมกับ Alarm

ทดลอง

กด SW start หลอดไฟเขียวติด

กด SW stop หลอดไฟแดงติด พร้อม Alarm

ใบงานที่ 2 การเชื่อมต่อ Cylinder กับ PLC

ThaiPLCCenter.COM

วัตถุประสงค์:

เข้าใจหลักการเชื่อมต่อ Cylinder เข้ากับ PLC

อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลอง PLC TAC-CONPLC-R2 1 ชุด

เงื่อนไขการทดลอง

กด SW start จะทำให้ Cylinder ทำงาน โดยให้ป้อนกล่องช่องจ่าย หลังจากนั้นจะดันกล่องลง Turn Table

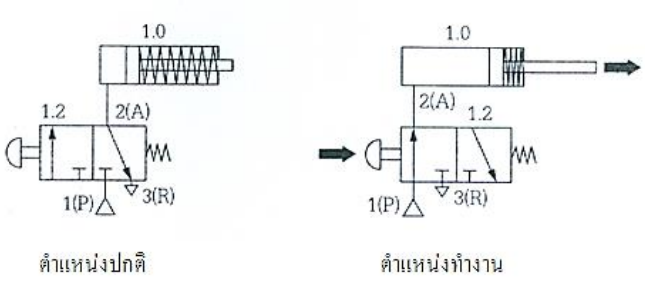
วงจรพื้นฐานของระบบนิวแมติกส์

1. การควบคุมโดยทางตรง

[3]การควบคุมโดยทางตรงเป็นการต่อลมจากแหล่งจ่ายผ่านวาล์วควบคุมทิศทางไปกระบอกสูบโดยตรง เหมาะสำหรับงานที่ตำแหน่งการควบคุมอยู่ใกล้อุปกรณ์ทำงานคือกระบอกสูบ

ตัวอย่าง วงจรควบคุมกระบอกสูบทางเดียว

- ใช้วาล์ว 3/2 ปกติปิด เลื่อนลิ้นไปด้วยมือ เลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง



ตำแหน่งปกติ ตำแหน่งทำงาน

กระบอกสูบทางเดียวใช้วาล์ว 3/2 ปกติปิด เลื่อนลิ้นไปด้วยมือ เลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง

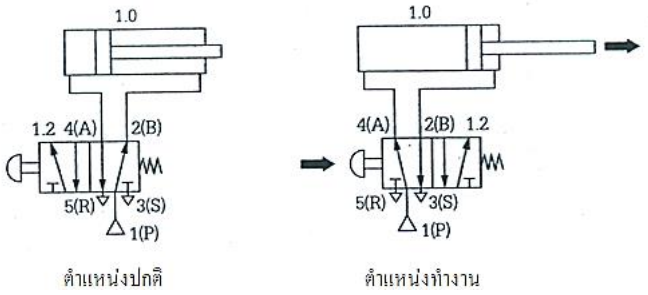
หลักการทำงาน

[3]ตำแหน่งปกติวาล์ว 3/2 ตำแหน่งปกติปิด ลมที่ 1(P) ถูกปิด ลมไม่สามารถไปที่กระบอกสูบ ลูกสูบได้จึงทำให้ลูกสูบไม่มีการเคลื่อนที่

ตำแหน่งทำงาน เมื่อกดวาล์ว 3/2 ลมจะไหลออกจาก 1(P) ไป 2(A) เข้าสู่กระบอกสูบ ทำให้ลูบสูบเกิดการเคลื่อนที่ออก ส่วน 3(R) จะปิด เมื่อปล่อยวาล์ว สปริงจะดันวาล์วให้เลื่อนกลับตำแหน่งปกติ ลมในกระบอกสูบระบายออกผ่านทาง 3(R) สู่บรรยากาศ ลูกสูบจะเคลื่อนที่กลับด้วยแรงสปริงภายใน

ตัวอย่าง วงจรควบคุมกระบอกสูบสองทาง

- ใช้วาล์ว 5/2 เลื่อนลิ้นไปด้วยมือ เลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง



วงจรควบคุมกระบอกสูบสองทาง ใช้วาล์ว 5/2 เลื่อนลิ้นไปด้วยมือ เลื่อนลิ้นกลับด้วยสปริง

หลักการทำงาน

[3]ตำแหน่งปกติ วาล์ว 5/2 จะต่อลมจาก 1(P) ไป2(B) เข้ากระบอกสูบด้านก้านสูบเพื่อให้ลูกสูบอยู่ภายในกระบอกสูบ

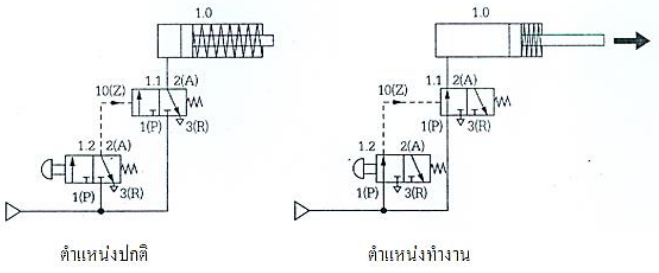
ตำแหน่งทำงาน เมื่อกดวาล์ว 5/2 ลมจะไหลออกจาก 1(P) ไป 4(A)เพื่อเข้ากระบอกสูบด้านลูกสูบและลมจากด้านก้านสูบจะไหลผ่าน 2(B) ไป 3(S) รู 5(R) จะปิด ลูกสูบจะเคลื่อนที่ออก เมื่อปล่อยมือ วาล์วเลื่อนกลับด้วยสปริง ลมจะไหลจาก 1(P) ไป 2(B) เข้าสู่กระบอกสูบ ลมจากด้านลูกสูบจะไหลผ่าน 4(A) ระบายออก 5(R) รู 3(S) ปิด

2. การควบคุมโดยทางอ้อม

[5]การควบคุมโดยทางอ้อมเป็นการต่อลมจากแหล่งจ่ายผ่านวาล์วควบคุมทิศทางไปบังคับให้วาล์วหลักทำงาน แล้วลมจะผ่านวาล์วหลักไปกระบอกสูบ เหมาะสำหรับงานที่จุดควบคุมอยู่ห่างจากอุปกรณ์ทำงานหรือกระบอกสูบ เป็นการแก้ความดันตกในสาย ซึ่งทำให้ความดันลมไปดันกระบอกสูบลดลง และกรณีกระบอกสูบขนาดใหญ่

ตัวอย่าง วงจรควบคุมกระบอกสูบทางเดียว

- ใช้วาล์ว 3/2 เลื่อนลิ้นไปด้วยมือ ควบคุมวาล์ว 3/2 เลื่อนลิ้นไปด้วยลมดัน เลื่อนกลับด้วยสปริง



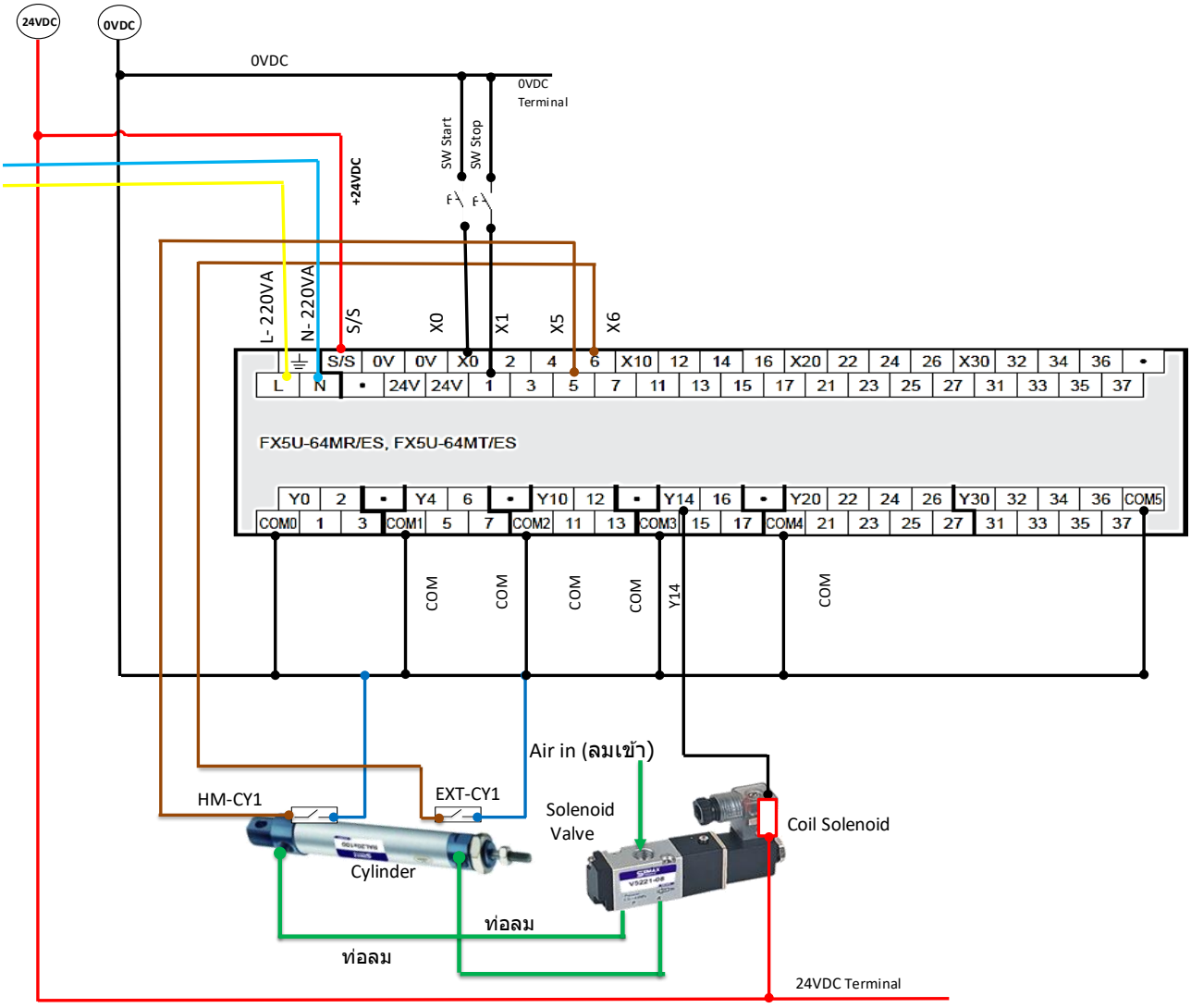
วงจรควบคุมกระบอกสูบทางเดียวใช้วาล์ว 3/2 เลื่อนลิ้นไปด้วยมือ ควบคุมวาล์ว 3/2 เลื่อนลิ้นไปด้วยลมดันเลื่อนกลับด้วยสปริง

หลักการทำงาน

[5]ตำแหน่งปกติ ลูกสูบจะอยู่ในกระบอกสูบด้วยแรงสปริงภายใน ลมจากแหล่งจ่ายจึงถูกปิด ตำแหน่งทำงาน เมื่อทำการกดวาล์ว 3/2(1.2) ลมจะไหลจาก 1(P) ไป 2(A) เข้าท่อ 10(Z) ของวาล์ว 3/2 (1.1) เลื่อนด้วยลม (กลับด้วยสปริง) ทำให้วาล์วหลัก 3/2(1.1) เลื่อน ลมจะไหลจาก 1(P) ไปยัง 2(A) เข้าสู่กระบอกสูบ ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ออก เมื่อปล่อยมือจากวาล์ว 3/2(1.2) จะเลื่อนกลับด้วยสปริง ลม 10(Z) ก็สามารถระบายออกโดยผ่าน 2(A) ไป 3(R) ทำให้วาล์วหลัก 3/2(1.1) เลื่อนกลับด้วยสปริง ลมจากกระบอกสูบระบายออกโดยผ่าน 2(A) ไป 3(R) ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่กลับด้วยสปริงภายใน

ลำดับขั้นการทดลอง

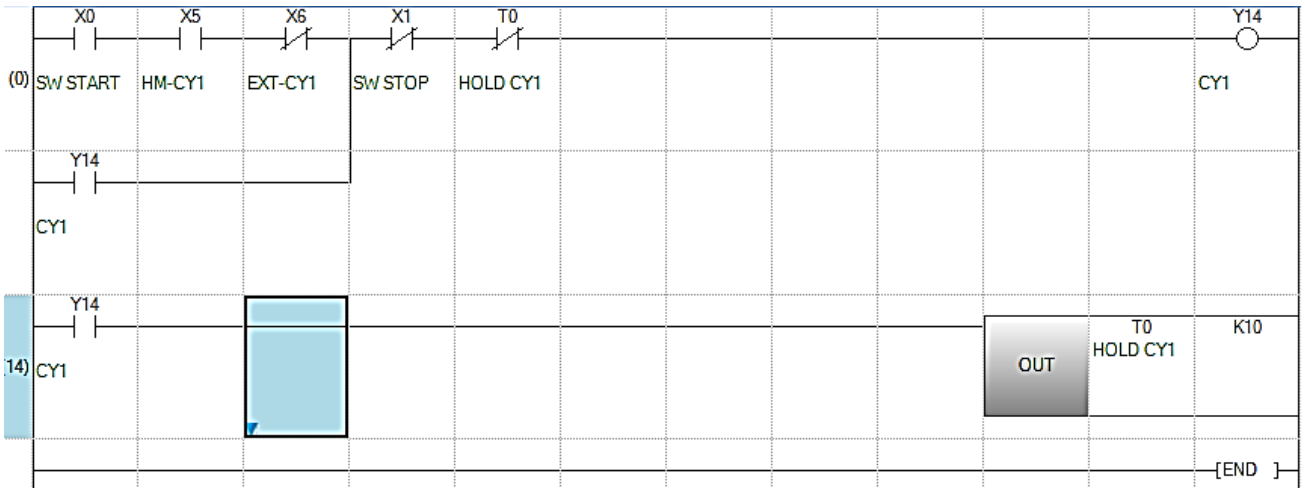
1. ต่อวงจรกำลังตาม ไดอะแกรม



ตารางแสดงการการเชื่อมต่อ Port PLC กับ อุปกรณ์

INPUT PLC	Comment	อุปกรณ์	OUTPUT PLC	Comment	อุปกรณ์
X0	SW Start	สวิตซ์เริ่มทำงาน	Y14	CY-1	Solenoid Valve ไปควบคุม Cyliner 1 (ดันกล่อง)
X1	SW Stop	สวิตซ์หยุดทำงาน			
X5	HM-CY1	Lead Switch ตรวจจับตำแหน่งกระบอกลม ด้าน Home			
X6	EXT-CY1	Lead Switch ตรวจจับตำแหน่งกระบอกลม ด้านที่ดัน			

2 .เขียนโปรแกรม PLC ใน GX work 3 ให้ศึกษาวิธีการเขียนจาก คู่มือ



เมื่อกด SW Start (X0) และตำแหน่ง Cylinder อยู่ที่เริ่มต้น Home

ทำให้ Lead switch HM-CY1(X5) ทำงาน หลังจากนั้น Solenoid Vale CY1 (Y14)จะทำงาน และล๊อกสถานะดันไปเรื่อย ๆ จนกระทั้ง แกนดันออกไปจนถึงตำแหน่ง ที่ Ext-CY1(X6) ก็จะทำให้ X5 เปิดวงจร ทำให้ CY-1(Y14) หยุด และกลับมาตำแหน่ง Home

ใบงานที่ 3 การเชื่อมต่อ Turn table(Stepping Motor) กับ PLC

ThaiPLCCenter.COM

วัตถุประสงค์:

เข้าใจการเขียนโปรแกรม PLC เข้ากับ Stepping Motor

อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลอง PLC TAC-CONPLC-R2 1 ชุด

ทฤษฎีเบื้องต้น

สเตปปิ้งมอเตอร์เป็นอุปกรณ์เอาต์พุตอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถนำไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ มาทำการควบคุมได้สะดวก และเป็นมอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในงานควบคุมการหมุน ที่ต้องการตำแหน่ง และทิศทางที่แน่นอน การทำงานของ สเตปปิ้งมอเตอร์จะขับเคลื่อนทีละขั้นๆ ละ (Step) 0.9, 1.8, 5, 7.5, 15 หรือ 50 องศา ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติแต่ละชนิดของสเตปปิ้งมอเตอร์ตัวนั้นๆ สเต็ปปิ้งมอเตอร์จะแตกต่างจากมอเตอร์กระแสตรงทั่วไป (DC MOTOR) โดยการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงจะหมุนไปแบบต่อเนื่อง ไม่สามารถหมุนเป็นแบบสเต็ปๆ ได้ ดังนั้นในการนำไปกำหนดตำแหน่งจึงควบคุมได้ยากกว่า แต่ในส่วนใหญ่เราจะใช้สเตปปิ้งมอเตอร์มาทำการการควบคุมโดยใช้วิธีในระบบดิจิตอล เช่น พรินเตอร์ (Printer) พล็อตเตอร์ (X-Y Plotter) ดิสก์ไดร์ฟ (Disk drive) ฯลฯ

- **ข้อดีของสเตปปิ้งมอเตอร์เมื่อเปรียบกับมอเตอร์กระแสตรง (DC MOTOR)**

1. การควบคุมไม่ต้องอาศัยตัวตรวจจับการหมุน
2. ไม่ต้องใช้แปรงถ่าน ดังนั้นจึงทำให้ไม่มีส่วนที่จะต้องสึกหรอ และปัญหาของการสปาร์ค (ที่เกิดจากหน้าสัมผัสของแปรงถ่านแหวนตัวนำในโรเตอร์) ที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน
3. การควบคุมโดยทางวงจรดิจิตอลหรือไมโครโพรเซสเซอร์ ทำได้ง่าย และสะดวก

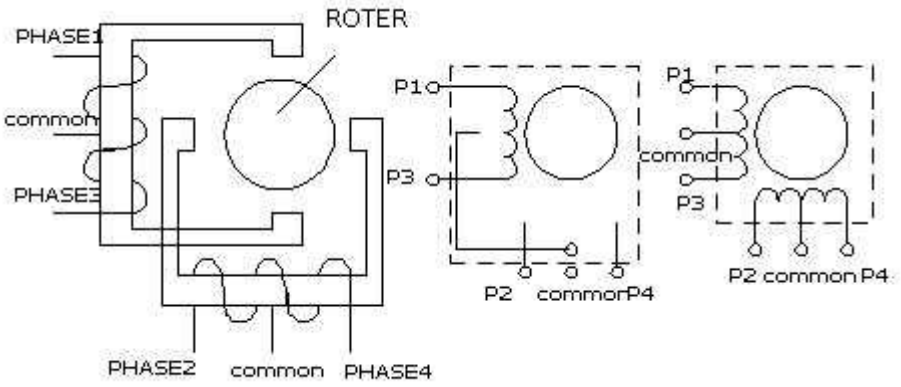


รูปสเตปปิ้งมอเตอร์ และการใช้งาน

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่จะนำมาใช้ในการทดลองนี้ จะใช้สเต็ปปิ้งแบบยูนิโพล่าร์ (Uni.-polar stepper motor) ซึ่งโครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบนี้จะมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนด้วยกันคือ

1 ส่วนที่ทำการหมุน (Rotor) จะเป็นแม่เหล็กถาวรหรืออื่นๆ

2 ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator) เป็นขดลวดที่พันไว้จำนวนหลายๆขด



รูปสเตปปิ้งมอเตอร์ 4 เฟส แบบยูนิโพล่าร์ (Uni-polar stepper motor)

ในการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์เพื่อที่จะให้ทำการหมุน มีวิธีการควบคุมกระแสไฟที่จ่ายให้กับขดลวดสเตเตอร์ (Stator) ในแต่ละเฟสของสเตปปิ้งมอเตอร์ อย่างเป็นลำดับที่แน่นอน โดยถ้าหากเราต้องการให้กระแสไหลในเฟสใดๆ ก็จะทำให้สถานะของเฟสนั้นๆเป็นสถานะลอจิก "1" และในการกระตุ้นเฟสของของสเตปปิ้งมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบคือ

1 การกระตุ้นเฟส แบบฟูลสเตปมอเตอร์ (Full Step Motor) ยังสามารถแบ่งการกระตุ้นเฟสออกได้เป็นอีก 2 วิธีด้วยกันคือ

1.1 การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเตป 1 เฟส (Single-Phase Driver) หรือแบบเวฟ แสดงดังตารางรูป 6.15.ก จะเป็นการป้อนกระแสไฟให้กับขดลวด ของสเตปปิ้งมอเตอร์ทีละขด โดยจะป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไป ดังนั้น กระแส ที่ไหลในขดลวด จะทำการไหลในทิศทางเดียวกันทุกขด ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้แรงขับของสเต็ปปิ้งมอเตอร์มีน้อย

1.2 การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเตป 2 เฟส (Two-Phase Driver) แสดงดังตารางรูป 6.15 ข เป็นการป้อนกระแสให้กับขดลวด 2 ขด ของสเตปปิ้งมอเตอร์พร้อมๆกันไป และจะกระตุ้นเรียงถัดกับไปเช่นเดียวกับแบบหนึ่งเฟส ดังนั้นการกระตุ้นแบบนี้จึงต้องใช้กำลังไฟมากขึ้น และจะทำให้มีแรงบิดของมอเตอร์มากกว่าการกระตุ้นแบบ 1 เฟส

2 การกระตุ้นเฟส แบบฮาลฟ์สเตป (Half Step Motor) หรือ one-two phase Driver คือการกระตุ้นเฟสแบบ ฟูลสเตป 1 เฟส และ 2 เฟส เรียงลำดับกันไป แสดงดังตารางรูป 6.15.ค แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นเฟสแบบนี้จะมีเพิ่มมากขึ้น เพราะช่วงของสเต็ปมีระยะสั้นลง ในการกระตุ้นแบบนี้ เราจะต้องมีการกระตุ้นที่เฟสถึง 2 ครั้ง จึงจะได้ระยะ

ของ สเต็ปเท่ากับการกระตุ้นเพียงครั้งเดียว ของแบบฟูลสเต็ป 2 แบบแรก ความละเอียดของการหมุนตำแหน่งองศาต่อสเต็ป ก็เป็นสองเท่าของแบบแรก ความถูกต้องของตำแหน่งที่กำหนดจึงมีมากขึ้น

สเต็ปที่	เฟสที่1	เฟสที่2	เฟสที่3	เฟสที่4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

รูป 6.15 ก แบบฟูลสเต็ป 1 เฟส

สเต็ปที่	เฟสที่1	เฟสที่2	เฟสที่3	เฟสที่4
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

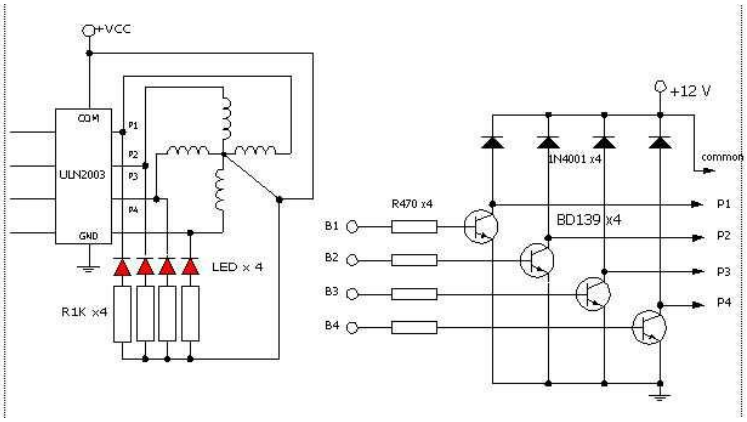
รูป 6.15 ข แบบฟูลสเต็ป 2 เฟส

สเต็ปที่	เฟสที่1	เฟสที่2	เฟสที่3	เฟสที่4
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

รูป 6.15 ค แบบฮาลฟสเต็ป 2 เฟส

รูป2.ข และ 2.ค ตารางแสดงการกระตุ้นเฟสแบบต่างๆของสเตปปิ้งมอเตอร์

วงจรที่ใช้ในการขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์โดยใช้ไอซีสำเร็จรูป และวงจรจากทรานซิสเตอร์ แสดงได้ในรูป 6.16 ในวงจรเราจะต่อไว้เพื่อแสดงการกระตุ้นแต่ละเฟส ของแต่ละแบบ

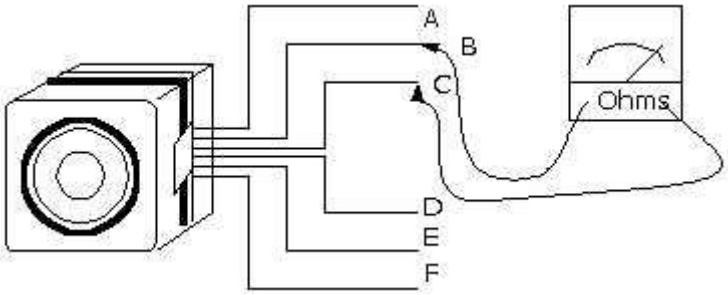


รูปแสดงการต่อวงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์โดยใช้ไอซีสำเร็จรูป และวงจรทรานซิสเตอร์

วิธีการตรวจสอบหาเฟสของขดลวดสเต็ปปิ้งมอเตอร์

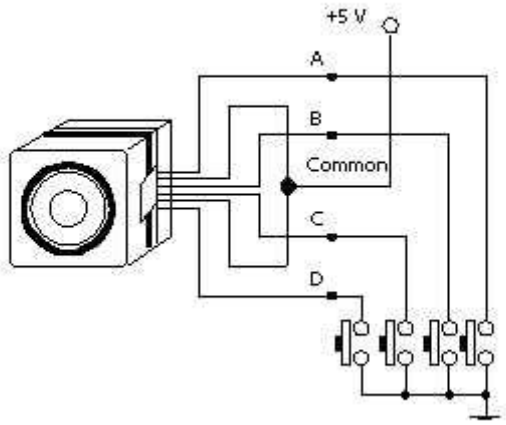
ในขั้นตอนที่ 1 ให้สังเกตว่าสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่นำมาทดลองที่เป็นแบบยูนิโพล่าร์ (Uni-polar stepper motor) จะมีจำนวนสาย 5เส้นหรือ 6 เส้น (ถอดจากดิสก์ไดร์ฟเก่าขนาด 5 นิ้วนำมาใช้งานได้)

ในขั้นตอนที่ 2 ใช้มิเตอร์วัดค่าความต้านทานของเส้นลวดในแต่ละขดดังรูป 6.17 ขั้นตอนการวัด ให้หาสายที่ต่อเป็นจุดร่วมเสียก่อน(common) โดยให้ใช้ มัลติมิเตอร์ตั้งค่าไว้สำหรับการวัดค่าความต้านทาน แต่ละเส้น สังเกตที่ค่าความต้านทาน ถ้าหากเราไม่ได้วัดระหว่าง จุดต่อร่วม(common) กับสายแต่ละเส้น ค่าความต้านทานจะมีค่าเป็น 2 เท่าของการวัดระหว่างจุดต่อร่วมกับสายที่ใช้งาน ตัวอย่างเช่น ถ้าให้จุด B เป็นจุดร่วม หากวัดระหว่างที่จุด A กับจุด B จะมีค่าเท่ากับ 60 Ohm แต่ถ้าวัดระหว่างที่จุด A และจุด C ซึ่งไม่ใช่จุดร่วมก็จะได้ค่าเท่ากับ 120 Ohm หากเป็นแบบที่มีสาย 6 เส้นก็จะมีจุดร่วมสองจุด เพราะมีขดลวดคนละชุดกัน และสายที่เป็นจุดร่วมส่วนใหญ่จะมีสีเหมือนกัน ทำนองเดียวกันหากเป็นแบบที่มีสาย 5 เส้นก็จะมีจุดร่วมเพียงจุดเดียวเท่านั้น



รูปการใช้มิเตอร์วัดค่าความต้านทาน

ในขั้นตอนที่ 3 หากเป็นแบบที่มีสาย 6 เส้นก็ให้ทำการต่อจุดร่วมเข้าด้วยกันจะได้เป็น 5 เส้น แล้วต่อวงจรตาม รูปหลังจากนั้นให้ทดลองกดสวิตซ์ ที่ต่อเข้ากับแต่ละจุดโดยเริ่มที่ จุด A จุด B จุด C และจุด D แล้วให้สังเกตการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ว่าหมุนได้ต่อเนื่องหรือไม่ หากมีการกระโดดข้ามสเต็ปก็ให้ทดลองโดยเรียงลำดับการกดสวิตซ์ใหม่ จนหาลำดับของสายได้ถูกต้องคือมอเตอร์เดินตามที่ละสเต็ป อย่างเป็นลำดับ



รูปแสดงการต่อวงจรเพื่อทดสอบโดยการสวิตซ์เพื่อหาลำดับ

สเต็ปปิ้ง มอร์เตอร์ รุ่นที่ใช้ 57YGBH76

2 เฟส สเต็ปปิ้ง มอร์เตอร์ แรงบิดสูง สัญญาณรบกวนต่ำ คุณภาพสูง เกรดงานอุตสาหกรรม ราคาถูก ควบคุมสเต็ปปิ้ง มอร์เตอร์ 4 สาย สามารถต่อได้แบบ Bipolar มาตรฐาน เฟรมไซด์ อุตสาหกรรม NEMA 24

คุณสมบัติสินค้า

2-phase hybrid step motor

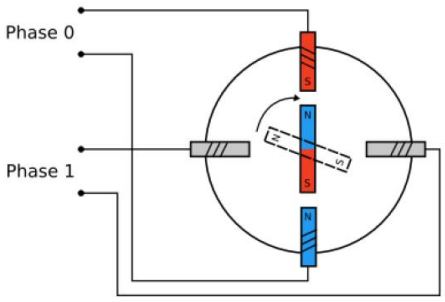
High torque design

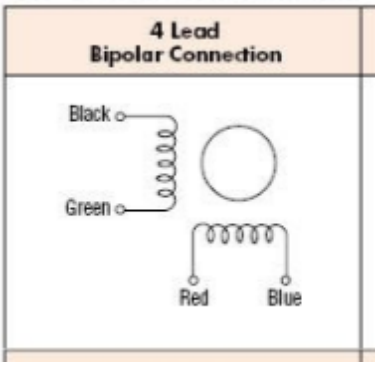
Standard NEMA 24 dimensions

Series or parallel and unipolar wiring

Optimized for microstepping

โครงสร้างภายใน





ไดร์เวอร์ สเต็ปปิ้ง มอร์เตอร์ M542

ไดร์เวอร์ สเต็ปปิ้ง มอร์เตอร์ คุณภาพสูง เกรดงานอุตสาหกรรม ควบคุมสเต็ปปิ้ง มอร์เตอร์ ได้กระแสสูง มีฟังก์ชันการ กดกระแสตอนมอเตอร์ หยุดหมุน เพื่อไม่ให้มอเตอร์ร้อน สัญญาณรบกวนต่ำ ควบคุมด้วย PLC ได้โดยตรง สามารถทำ ไมโครสเต็ปได้สูงสุดถึง 40,000 สเต็ป ต่อรอบ การหมุนที่ราบเรียบ สามารถเลือกปรับกระแสในการขับ เพื่อให้เหมาะสมกับ สเต็ปปิ้ง มอเตอร์แต่ละตัวได้ รูปแบบการขับเป็นแบบ Bipolar ให้แรงบิดสูง

คุณสมบัติ

High performance, cost-effective

Supply voltage up to +50VDC

Output current up to 5.2 A

Self-adjustment technology

Pure-sinusoidal current control technology

Pulse input frequency up to 300 KHz

TTL compatible and optically isolated input

Automatic idle-current reduction

16 selectable resolutions in decimal and binary, up to 40,000 steps/rev

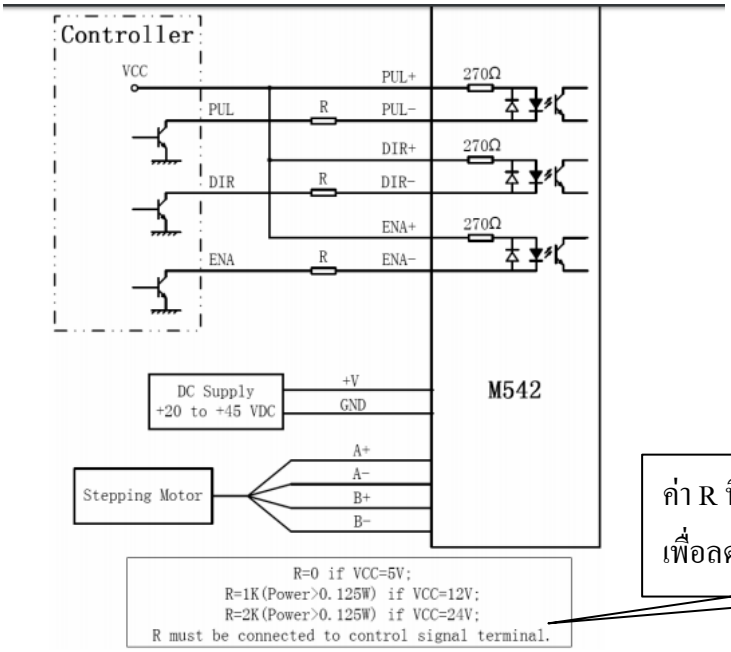
Suitable for 2-phase and 4-phase motors

Support PUL/DIR and CW/CCW modes

Short-voltage, over-voltage, over-current and over temperature protection

การต่อใช้งาน

จะต้องส่งสัญญาณ พัลส์ ไปที่ ขา Pul- -ของ M542 เพื่อกำหนดความเร็ว และส่งพัลส์ ไปที่ DIR- เพื่อกำหนดตำแหน่ง ส่วนขา ENA สำหรับ Enable สามารถปล่อยลอยไว้ไม่ต้องใช้ได้



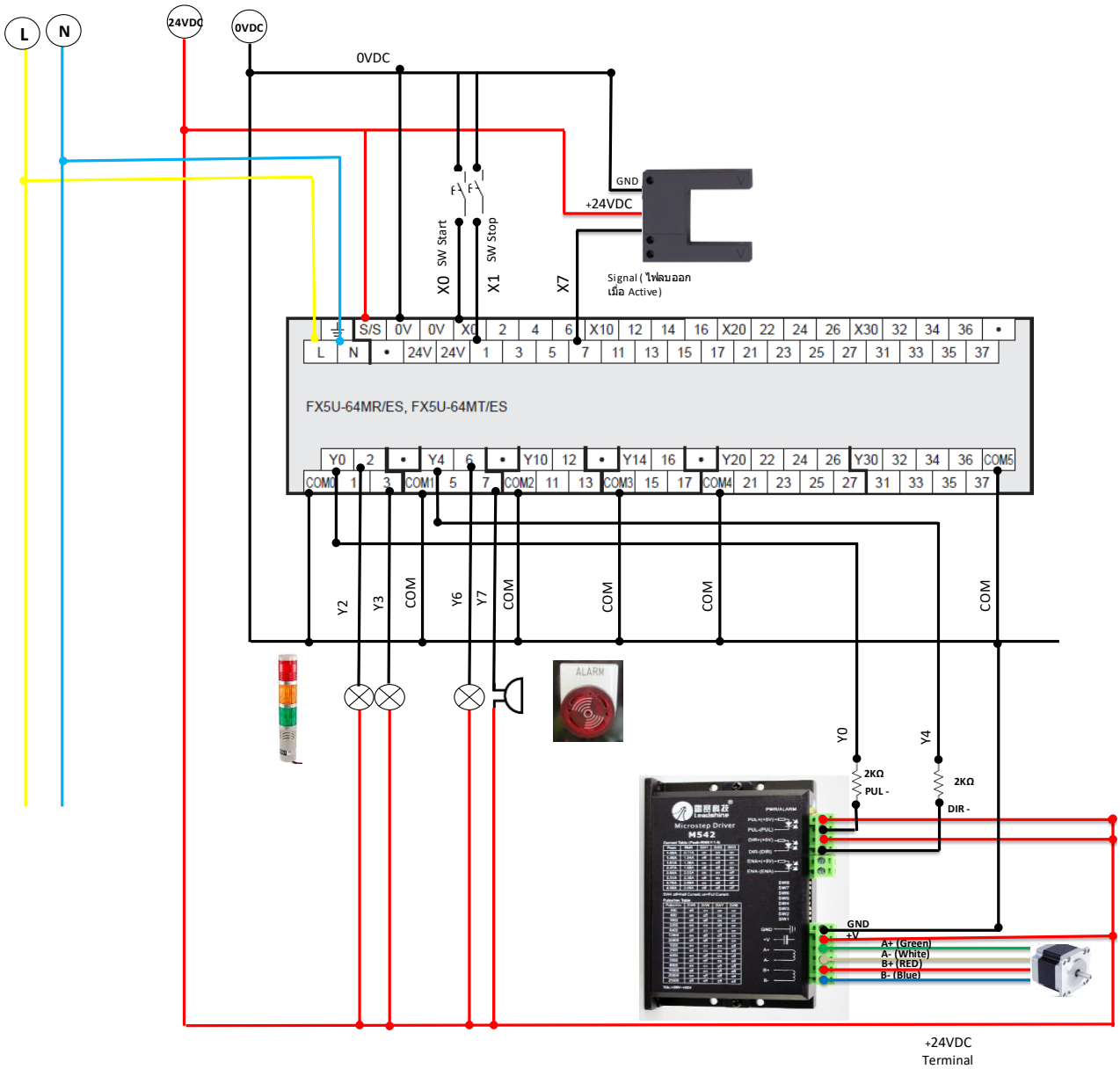
ค่า R ที่ใช้สำหรับสำหรับ 24V จะใช้ 2 K เพื่อลดกระแสจาก PLC

เงื่อนไขการทำงาน

เมื่อกด SW Stop จะกลับไปที่ตำแหน่งเริ่มต้น จากนั้นกด SW Start จานจะหมุนไปทีละสเต็ป

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรกำลังตาม ไดอะแกรม

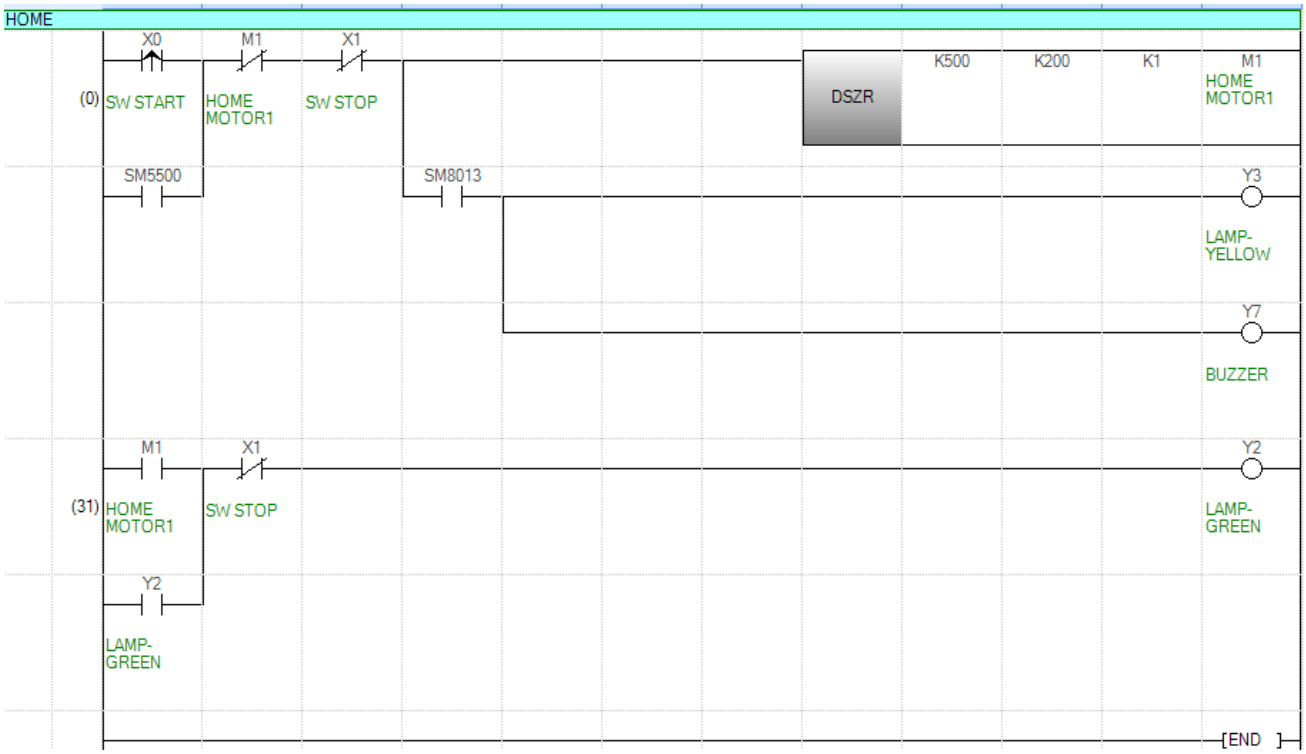


ตารางแสดงการการเชื่อมต่อ Port PLC กับ อุปกรณ์

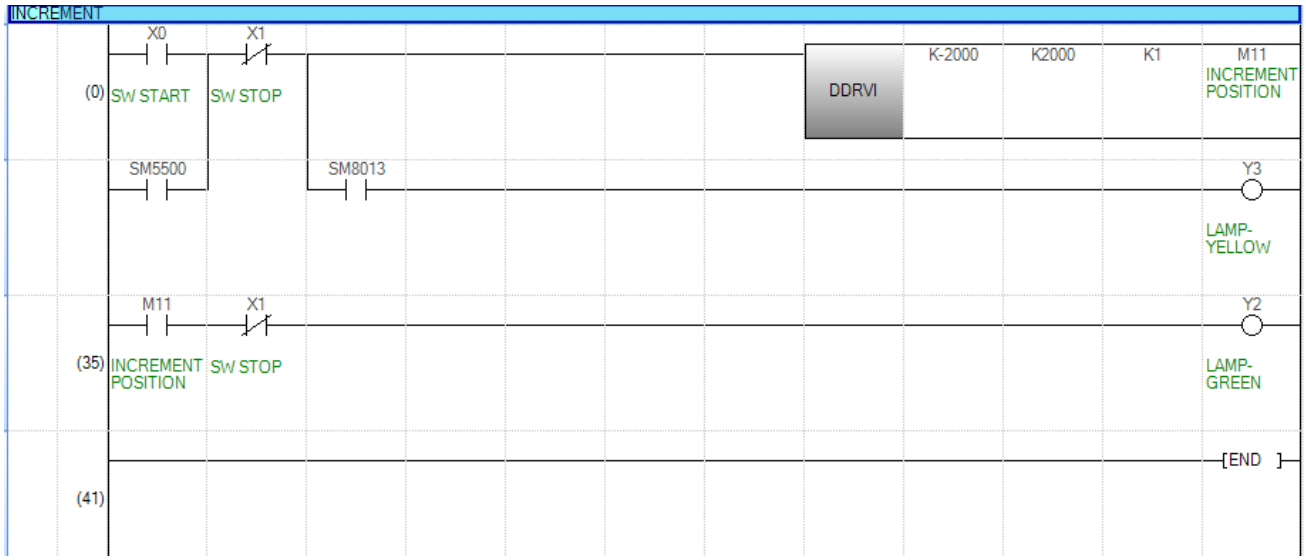
INPUT PLC	Comment	อุปกรณ์	OUTPUT PLC	Comment	อุปกรณ์
X0	SW Start	สวิตซ์เริ่มทำงาน	Y1	PUL-	Stepping Motor Driver เพื่อรับ Pulse จาก PLC แล้วควบคุมตำแหน่ง Stepping Motor
X1	SW Stop	สวิตซ์หยุดทำงาน	Y5	DIR-	Stepping Motor Driver เพื่อรับ Pulse จาก PLC แล้วควบคุมตำแหน่ง Stepping Motor
X7	Home motor	โฟโต้สวิตช์แบบก้ามปู U Type Photo Switch	Y10	LAMP-R	หลอดไฟสีแดง (RED)
			Y3	LAMP-Y	หลอดไฟสีเหลือง(Yellow)
			Y6	LAMP-G	หลอดไฟสีเขียว(Green)
			Y7	ALARM	สัญญาณเตือน

2 .เขียนโปรแกรม PLC ใน GX Work3 ให้ศึกษาวิธีการเขียนจาก คู่มือ

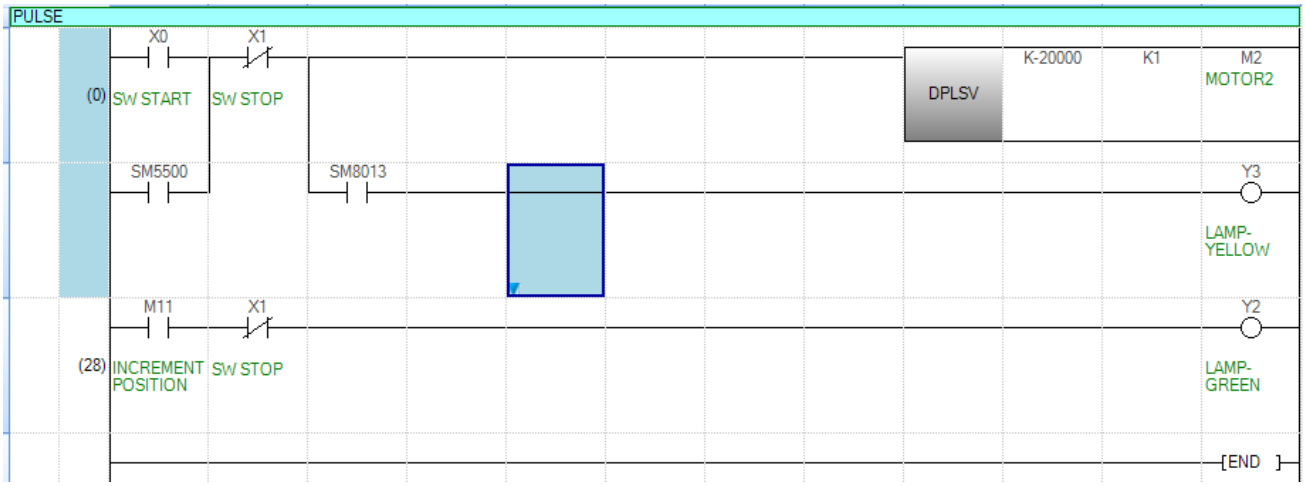
ส่วนของ HOME MOTOR



ส่วนของ เคลื่อนที่แบบ INCREMENT



ส่วนของ เคลื่อนที่แบบ PULSE



ใบงานที่ 4 การเชื่อมต่อ **Gripper กับ PLC**

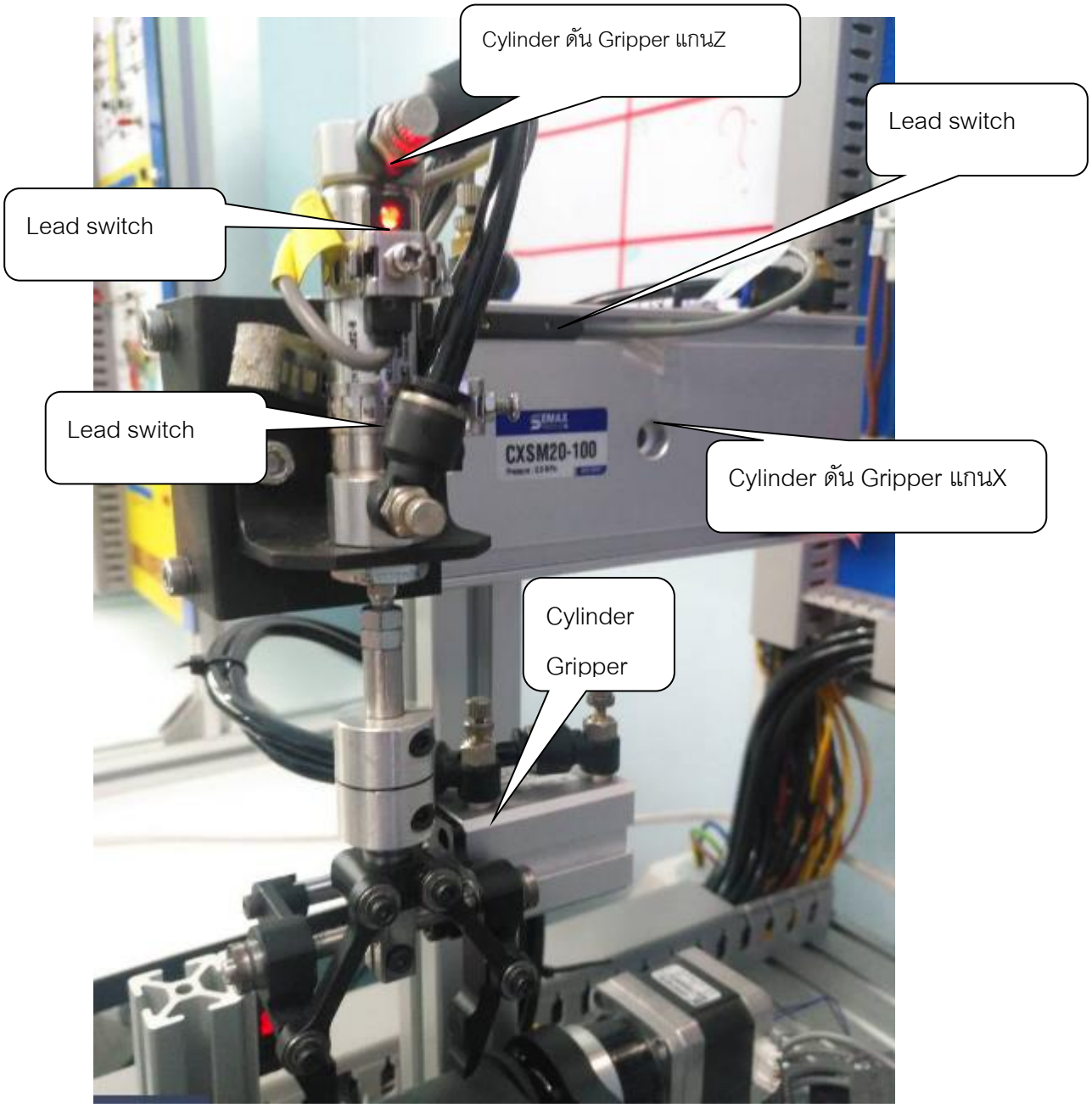
ThaiPLCCenter.COM

วัตถุประสงค์:

เข้าใจหลักการเชื่อมต่อ Gripperเข้ากับ PLC

อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลอง PLC TAC-CONPLC-R2 1 ชุด



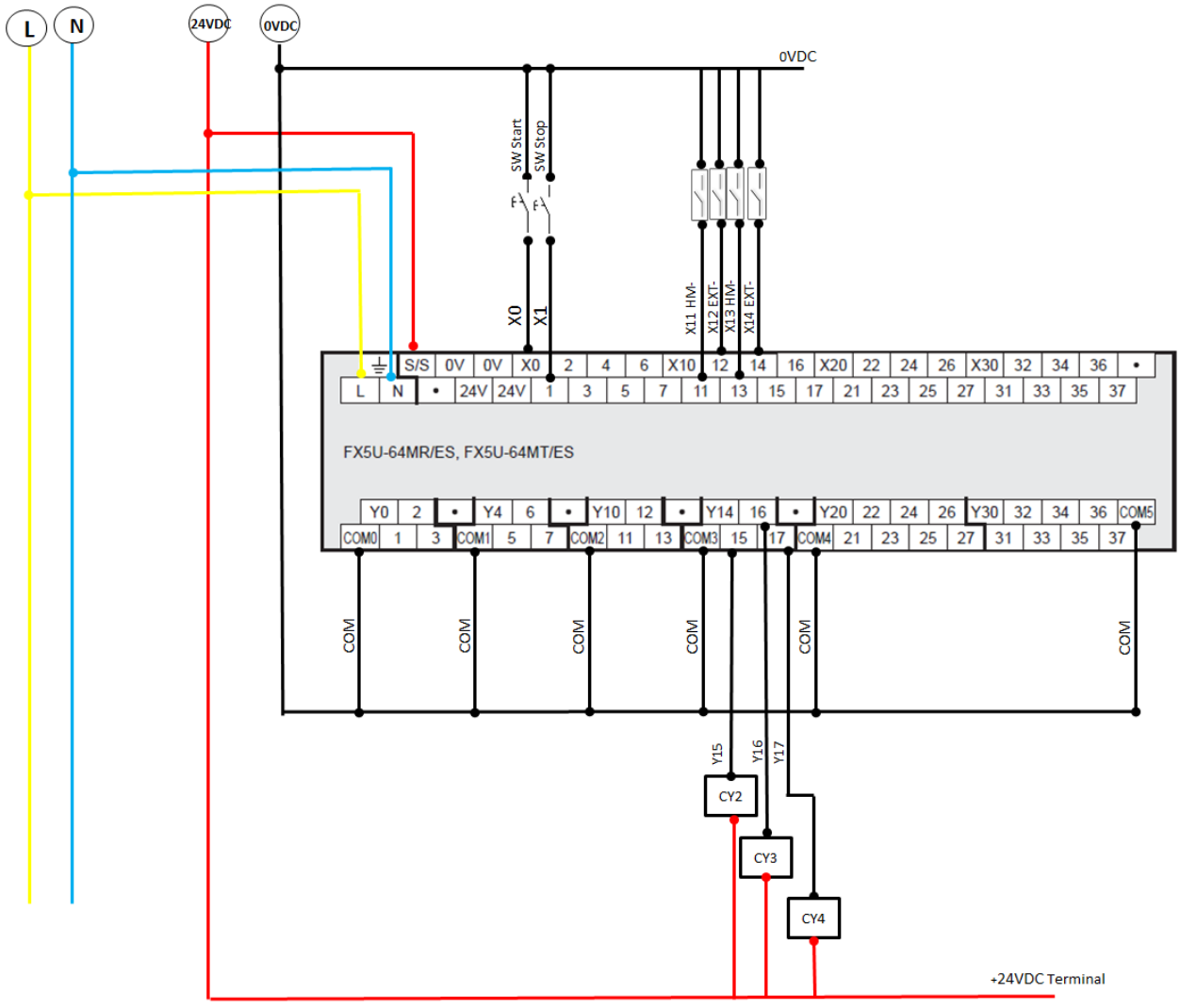
เงื่อนไขการทำงาน

กด SW Start แล้วไปหนีบกล่องจาก Turn table แล้วขยับมาปล่อยที่ Conveyor

ในการควบคุม Gripper จะเหมือนกับ CylinderของแกนX โดยจะใช้ลมในการออกแรงหนีบ ลมรับมาจาก Solenoid Valve ซึ่ง Solenoid Vale จะมี Coil ไฟฟ้า ซึ่งจะต่อกับ PLC รับคำสั่ง On จาก PLC และที่ Gripper และ Cylinder จะมี Lead Switch 2 ตัวจะทำหน้าที่เป็นเซนเซอร์เช็คว่า Cylinder อยู่ตำแหน่งใดดันเข้าหรือดันออก

ลำดับขั้นการทดลอง

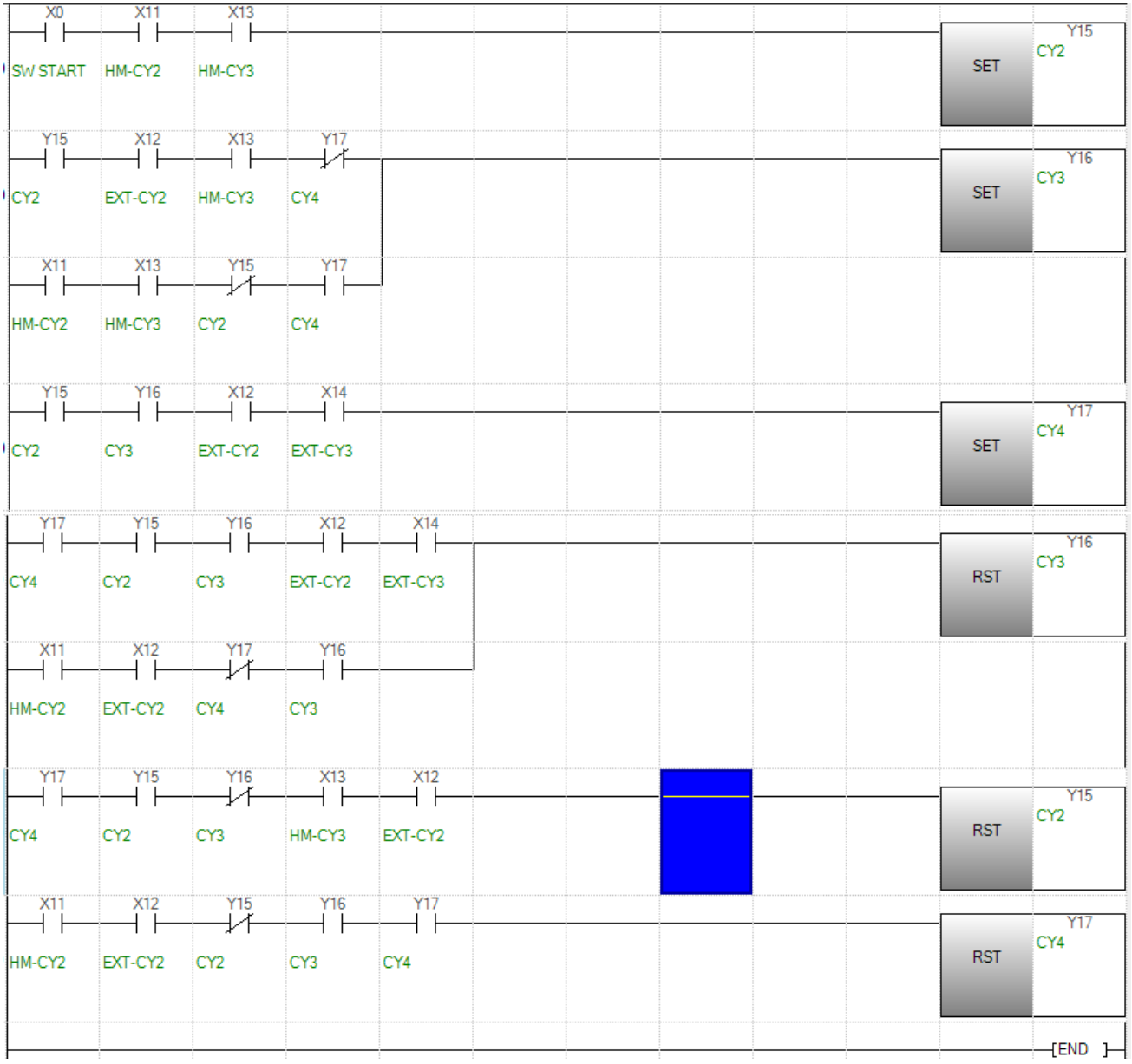
1. ต่อวงจรกำลังตาม ไดอะแกรม



ตารางแสดงการการเชื่อมต่อ Port PLC กับ อุปกรณ์

INPUT PLC	Comment	อุปกรณ์	OUTPUT PLC	Comment	อุปกรณ์
X0	SW Start	สวิตซ์เริ่มทำงาน	Y15	CY-2	Solenoid Valve ไปควบคุม Cyliner 2 (ดันแกน X ของ Gripper 1)
X1	SW Stop	สวิตซ์หยุดทำงาน	Y16	CY-3	Solenoid Valve ไปควบคุม Cyliner 3 (ดันแกน Z ของ Gripper 1)
X11	HM-CY2	Lead Switch ตรวจจับตำแหน่ง Cylinder 2 ด้าน Home	Y17	CY-4	Gripper
X12	EXT-CY2	Lead Switch ตรวจจับตำแหน่ง Cylinder 2 ด้านที่ดัน			
X13	HM-CY3	Lead Switch ตรวจจับตำแหน่ง Cylinder 3 ด้าน Home			
X14	EXT-CY3	Lead Switch ตรวจจับตำแหน่งCylinder 3 ด้านที่ดัน			

2 .เขียนโปรแกรม PLC ใน ให้ศึกษาวิธีการเขียนจาก คู่มือ



ใบงานที่ 5 การเชื่อมต่อ Pressure กับ PLC

ThaiPLCCenter.COM

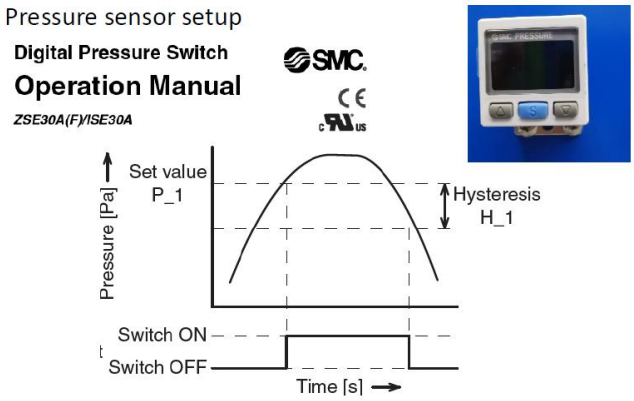
วัตถุประสงค์:

เข้าใจหลักการเชื่อมต่อ Pressure Sensor เข้ากับ PLC

อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลอง PLC TAC-CONPLC-R2 1 ชุด

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง



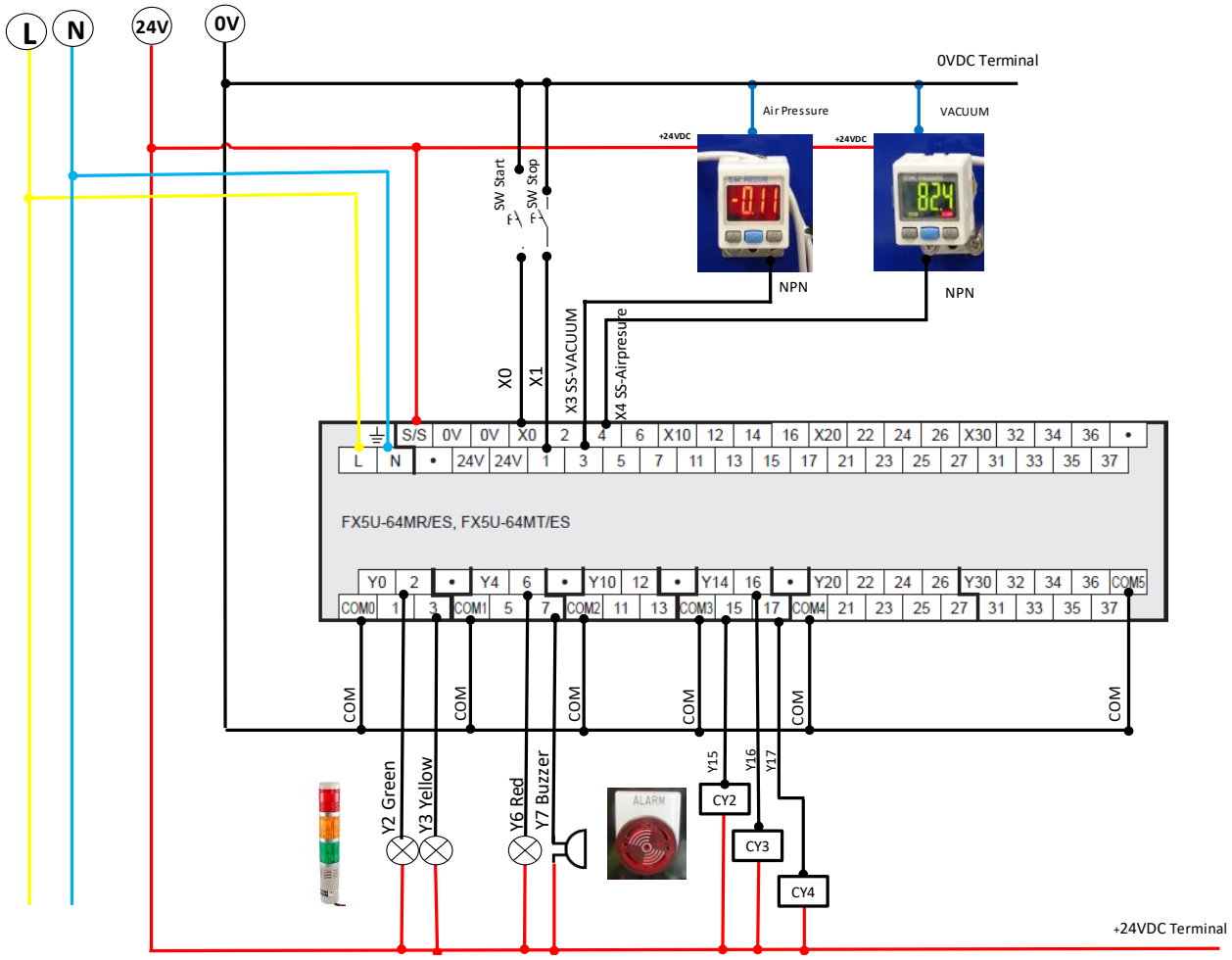
เมื่อแรงดันลมถึงตำแหน่ง P_1 จะทำให้สัญญาณไฟฟ้าออก และเมื่อแรงดันลงลงถึงตำแหน่ง H_1 จะทำให้ไม่มีสัญญาณออกแสดงว่าแรงดันลมไม่พอ

เงื่อนไขการทดลอง

ทำการหยิบชิ้นเข้าไปใน Gripper จากนั้นกดปุ่ม Start ให้ Gripper หนีบชิ้นเอาไว้ จากนั้นทำการลดแรงดันลม โดยปรับเพิ่มและลดแรงดัน ที่ valve regulator โดยให้ลดแรงดันให้มีค่าต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ใน Pressure Switch

ลำดับขั้นการทดลอง

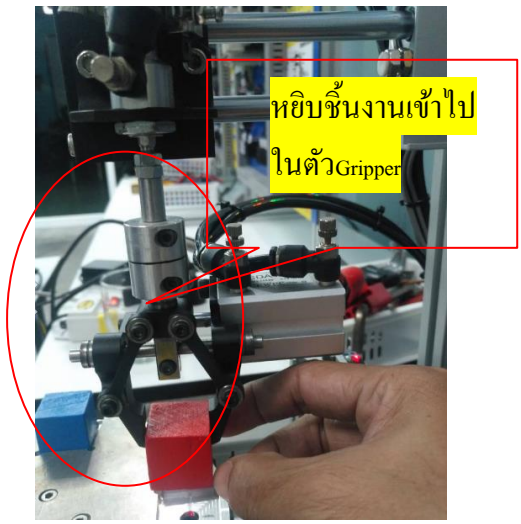
1. ต่อวงจรกำลังตาม ไดอะแกรม



ตารางแสดงการการเชื่อมต่อ Port PLC กับ อุปกรณ์

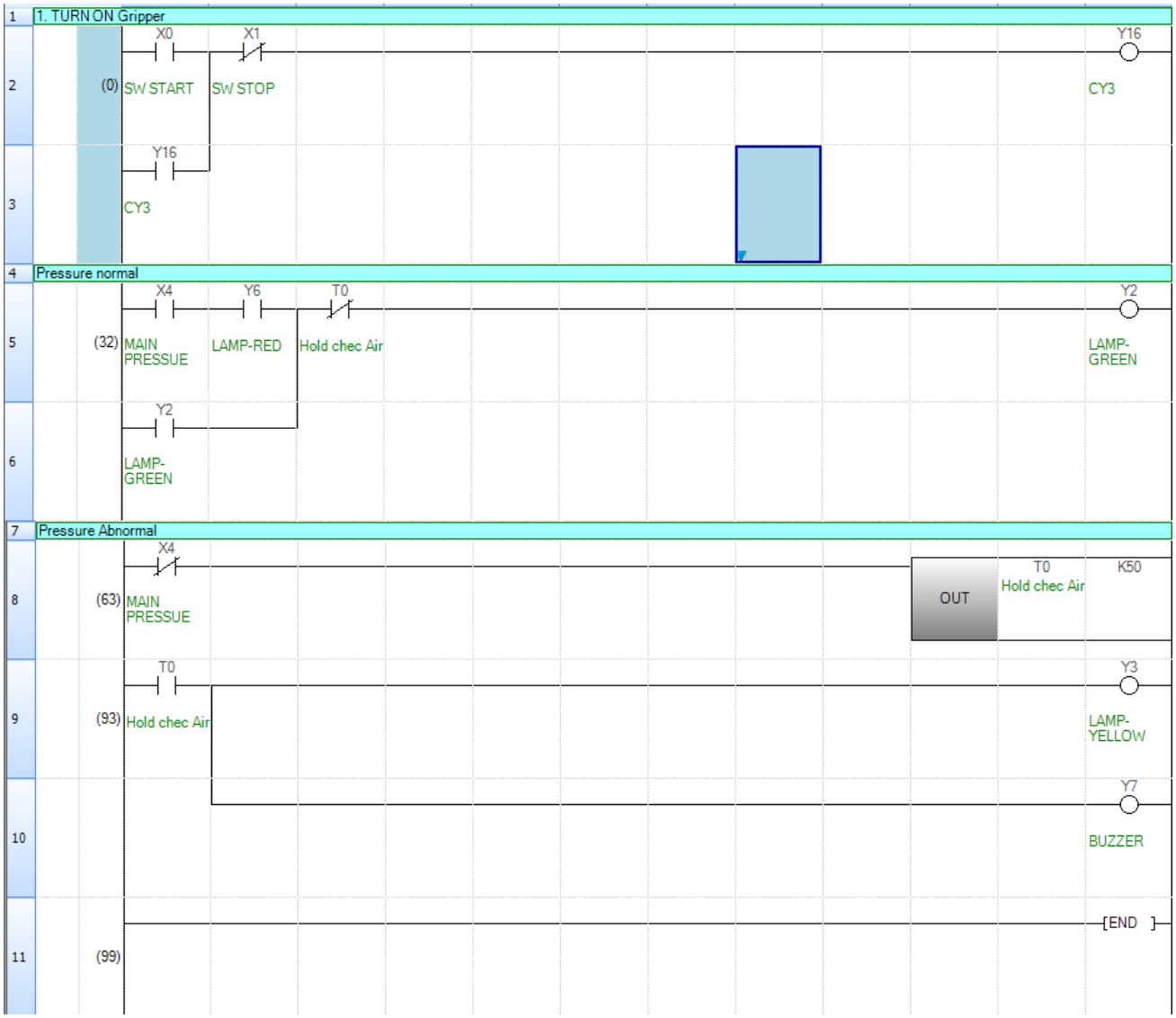
INPUT PLC	Comment	อุปกรณ์	OUTPUT PLC	Comment	อุปกรณ์
X0	SW Start	สวิตซ์เริ่มทำงาน	Y6	LAMP-R	หลอดไฟสีแดง (RED)
X1	SW Stop	สวิตซ์หยุดทำงาน	Y3	LAMP-Y	หลอดไฟสีเหลือง(Yellow)
X4	SS-AIR PRESSURE	ตรวจสอบแรงดันลม	Y2	LAMP-G	หลอดไฟสีเขียว(Green)
X3	SS-VACUUM	ตรวจสอบแรงดูด	Y7	ALARM	สัญญาณเตือน

2. ขั้นตอนการหยิบชิ้นงานเข้าไปในตัวGripper
จากนั้นทำการปรับลดแรงดันลมที่ Regulator





3 .เขียนโปรแกรม PLC ใน CX Programmer ให้ศึกษาวิธีการเขียนจาก คู่มือ



ใบงานที่ 6 การเชื่อมต่อ PLC กับ COUNTER 7 SEGMENT

ThaiPLCCenter.COM

วัตถุประสงค์:

เข้าใจการเชื่อมต่อ Counter ด้วยการส่งสัญญาณจาก PLC

อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลอง TAC-CONPLC-R2 1 ชุด

เงื่อนไขการทดลอง

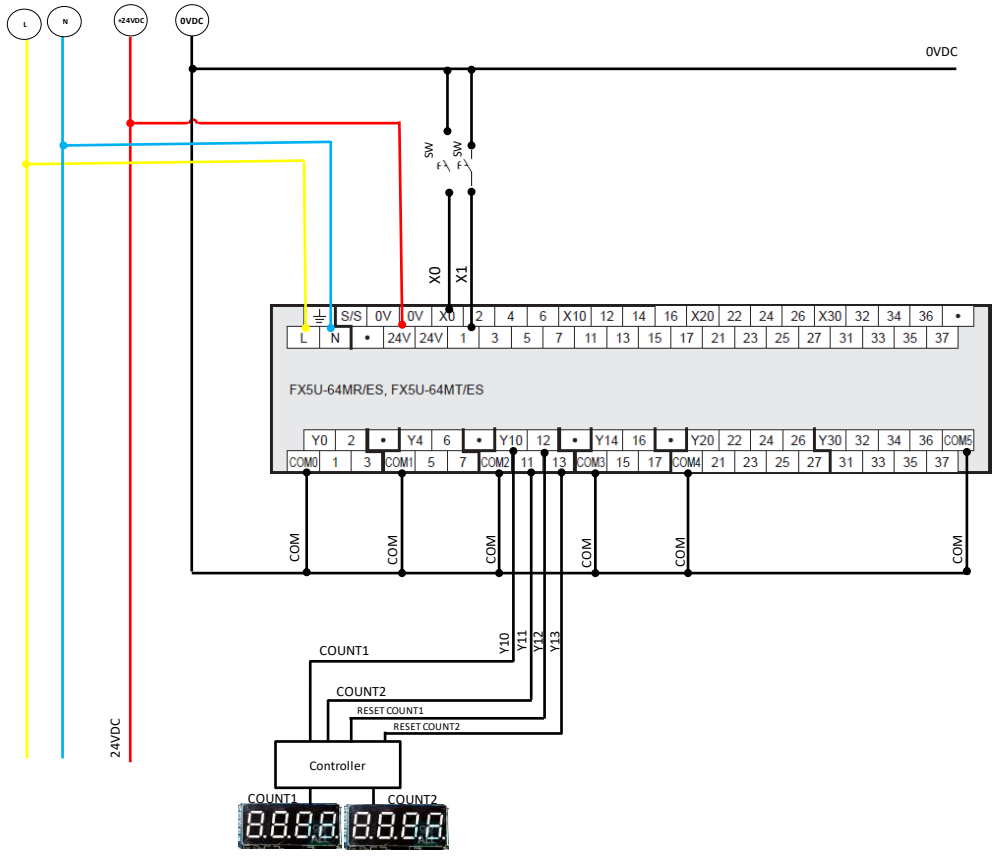
เมื่อเปิดเครื่องให้ส่งคำสั่งไป Reset Counter 1 ,2

กด SW Start แล้วส่งสัญญาณไปทริก เพื่อให้นับที่ Counter 1,2

กด SW stop แล้วส่งสัญญาณไปทริก เพื่อ รีเซ็ทให้เป็น 0

ลำดับขั้นการทดลอง

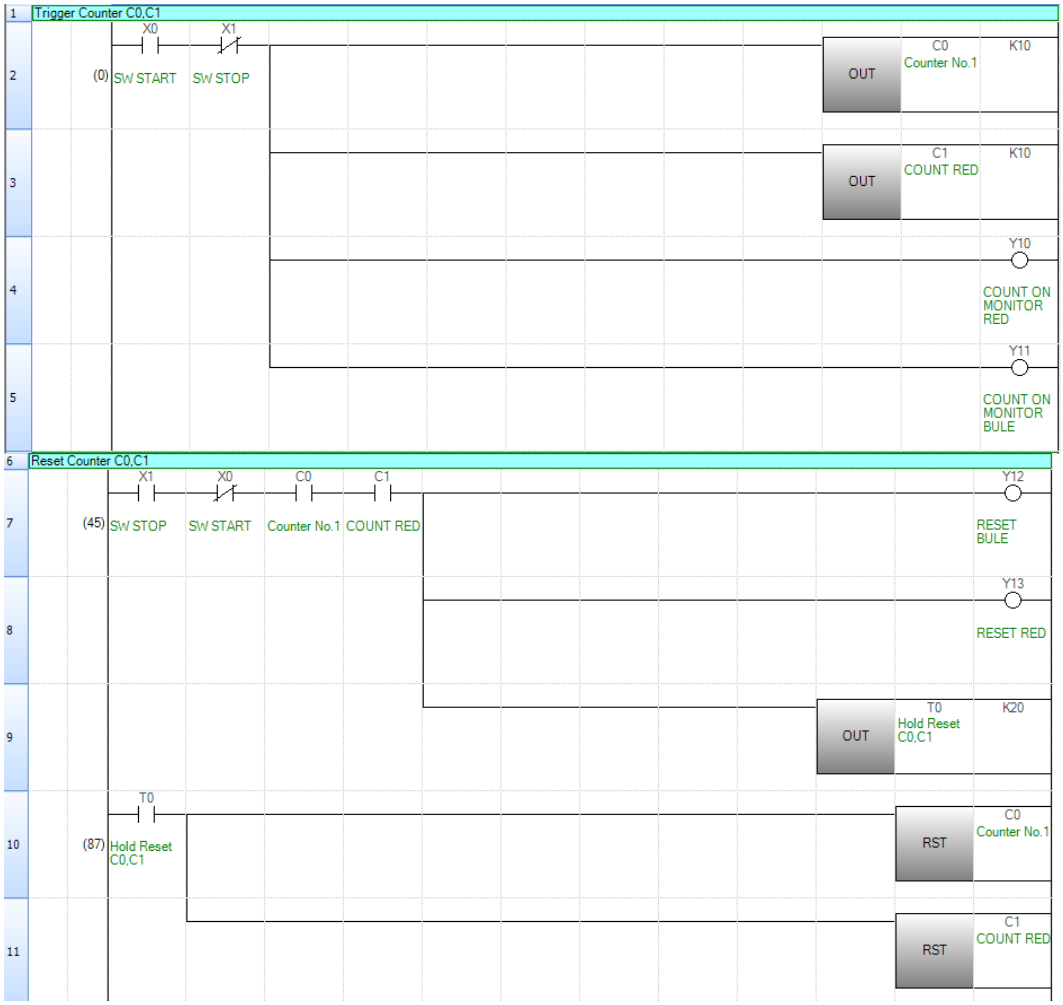
1. ต่อวงจรกำลังตาม ไดอะแกรม



ตารางแสดงการการเชื่อมต่อ Port PLC กับ อุปกรณ์

INPUT PLC	Comment	อุปกรณ์	OUTPUT PLC	Comment	อุปกรณ์
X0	SW Start	สวิตซ์เริ่มทำงาน	Y6	LAMP-R	หลอดไฟสีแดง (RED)
X1	SW Stop	สวิตซ์หยุดทำงาน	Y3	LAMP-Y	หลอดไฟสีเหลือง(Yellow)
			Y2	LAMP-G	หลอดไฟสีเขียว(Green)
			Y7	ALARM	สัญญาณเตือน
			Y10	COUNTER1	ตัวนับเลข ชุดที่ 1
			Y11	COUNTER2	ตัวนับเลข ชุดที่ 2
			Y12	RESET COUNTER1	ตัวรีเซ็ทเลข ชุดที่ 1
			Y13	RESET COUNTER2	ตัวรีเซ็ทเลข ชุดที่ 2

2 .เขียนโปรแกรม PLC ใน CX Programmer ให้ศึกษาวิธีการเขียนจาก คู่มือ



ใบงานที่ 7 การเชื่อมต่อ Conveyor กับ PLC

ThaiPLCCenter.COM

วัตถุประสงค์:

เข้าใจการควบคุม Conveyor ด้วย Robot

อุปกรณ์การทดลอง

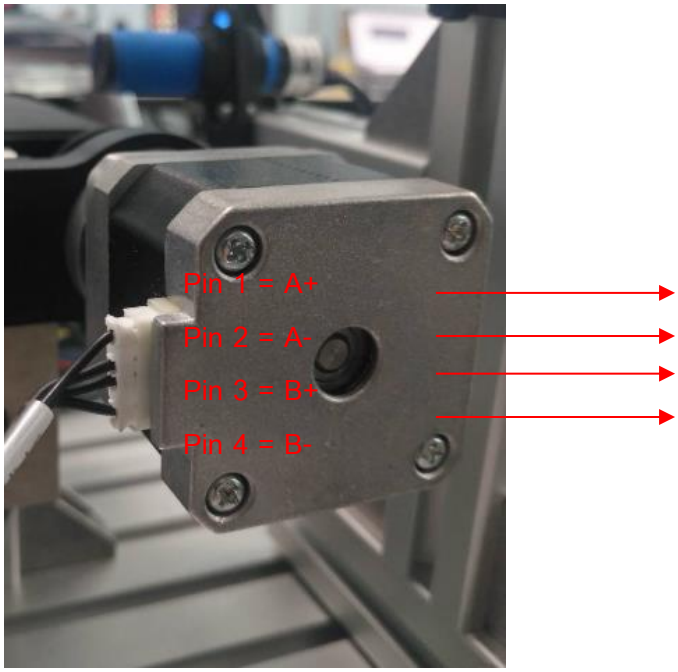
1. ชุดทดลอง PLC TAC-CONPLC-R2 1 ชุด

เงื่อนไขการทดลอง

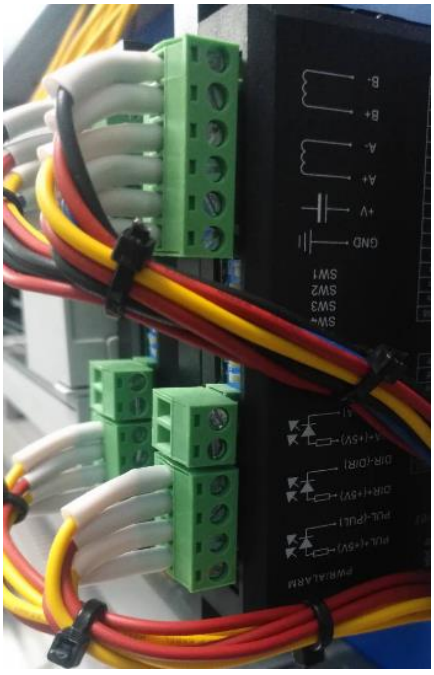
สั่งงานให้ Conveyor หมุนเดินหน้า ถอยหลัง และเพิ่มและลดความเร็ว

ลำดับขั้นการทดลอง

1. เชื่อมต่อ Conveyor กับแขนกลช่อง Stepper1



Stepping Motor



Motor Drive

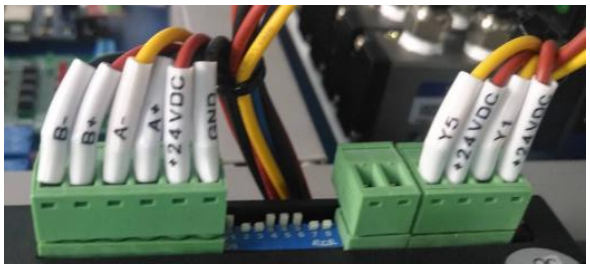
ทำการเชื่อมต่อตัว Stepping Motor เข้ากับ Motor Drive ตามรูปด้านบน (ในที่นี้ชุดฝึกได้ทำการต่อไว้อยู่แล้ว)

2. ทำการตั้งค่ากระแสที่ใช้กับมอเตอร์และตั้งค่าความละเอียดของสัญญาณให้กับตัว Motor Drive ตามรูปด้านล่าง



การตั้งค่า Stepping Motor

3. ต่อสัญญาณ PLC และแหล่งจ่ายไฟให้กับตัว Motor Drive ตามรูปด้านล่าง



การตั้งต่อสายสัญญาณให้กับ Motor Drive

4. คำอธิบาย

อธิบายการทำงานของที่คำสั่ง Set Conveyor Motor จะสั่งให้มอเตอร์หมุนโดยตั้งค่าดังนี้

-ตั้งค่า Port ที่ STEPPER Motor ในตัว PLC ตามรูปด้านล่าง

Item	Axis1	Axis2
Basic Parameter 1	**Set basic parameter 1.**	
Pulse Output Mode	1: PULSE/SIGN	1: PULSE/SIGN
Output Device (PULSE/CW)	Y0	Y1
Output Device (SIGN/CCW)	Y4	Y5
Rotation Direction Setting	1: Current Address Increment with Reverse Run Pulse Output	1: Current Address Increment with Reverse Run Pulse Output
Unit Setting	0: Motor System (pulse, pps)	0: Motor System (pulse, pps)
Number of Pulses per Rotation	2000 pulse	2000 pulse
Movement Amount per Rotation	1000 pulse	1000 pulse
Position Data Magnification	1: X Single	1: X Single
Basic Parameter 2	**Set basic parameter 2.**	
Interpolation Speed Specification Method	0: Composite Speed	0: Composite Speed
Max. Speed	100000 pps	100000 pps
Bias Speed	1000 pps	1000 pps
Acceleration Time	500 ms	500 ms
Deceleration Time	500 ms	500 ms
Detailed Setting Parameter	**Set the detailed setting parameter.**	
External Start Signal Enable/Disable	0: Invalid	0: Invalid
External Start Signal Device No.	X0	X0
External Start Signal Logic	0: Positive Logic	0: Positive Logic
Interrupt Input Signal 1 Enable/Disable	0: Invalid	0: Invalid
Interrupt Input Signal 1 Mode	0: High Speed Mode	0: High Speed Mode
Interrupt Input Signal 1 Device No.	X0	X0
Interrupt Input Signal 1 Logic	0: Positive Logic	0: Positive Logic
Interrupt Input Signal 2 Logic	0: Positive Logic	0: Positive Logic
OPR Parameter	**Set the OPR parameter.**	
OPR Enable/Disable	1: Valid	0: Invalid
OPR Direction	1: Positive Direction (Address Increment Direction)	0: Negative Direction (Address Decrement Direction)
Starting Point Address	0 pulse	0 pulse
Clear Signal Output Enable/Disable	1: Valid	0: Invalid
Clear Signal Output Device No.	Y2	Y3
OPR Dwell Time	100 ms	100 ms
Near-point Dog Signal Device No.	X7	X0
Near-point Dog Signal Logic	0: Positive Logic	0: Positive Logic
Zero Signal Device No.	X7	X10
Zero Signal Logic	0: Positive Logic	0: Positive Logic
Zero Signal OPR Zero Signal Counts	1	1
Zero Signal Count Start Time	0: Near-point Dog Latter Part	0: Near-point Dog Latter Part

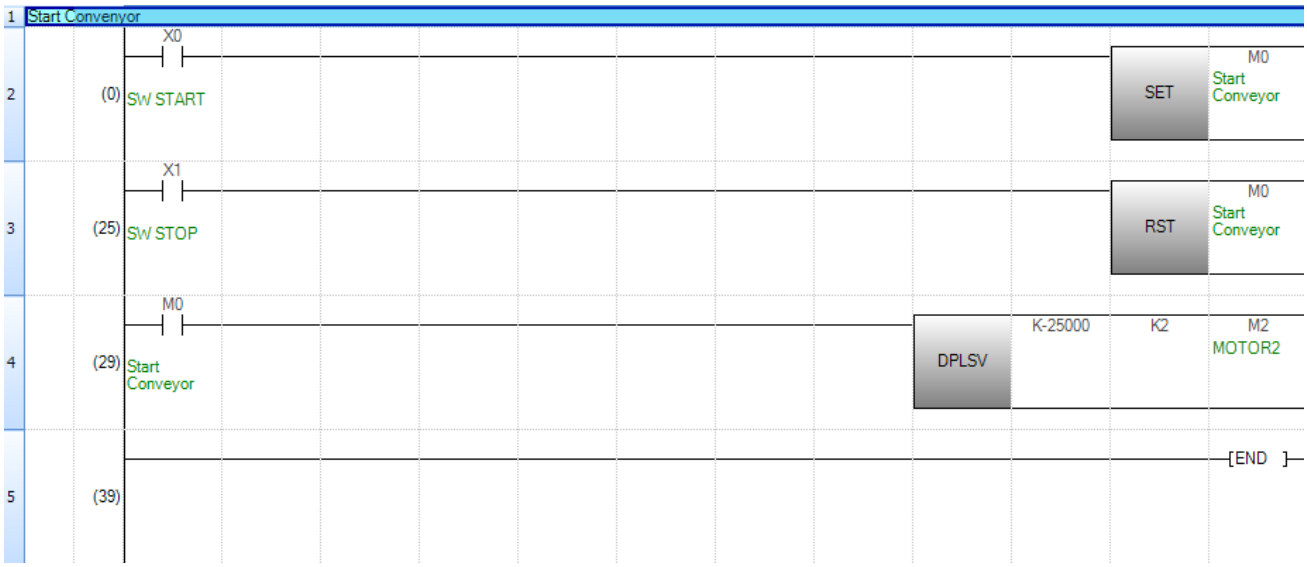
- จากนั้นทำการตั้งค่าของ Pulses ในตัวโปแกรม เริ่มตั้งแต่ (จากนั้นดูการเปลี่ยนแปลง)

Pulses = -5000

Pulses = -10000

Pulses = -25000

5. ทำการเขียนโปรแกรมตามตัวอย่างด้านล่าง และเปลี่ยนค่า Pulses ในโปรแกรมต่าค่าด้านบน แล้วทำการสังเกตุการเปลี่ยนแปลง



ใบงานที่ 8 การเชื่อมต่อ Photo Sensor กับ PLC

ThaiPLCCenter.COM

วัตถุประสงค์:

เข้าใจหลักการเชื่อมต่อ Photo Photo

อุปกรณ์การทดลอง

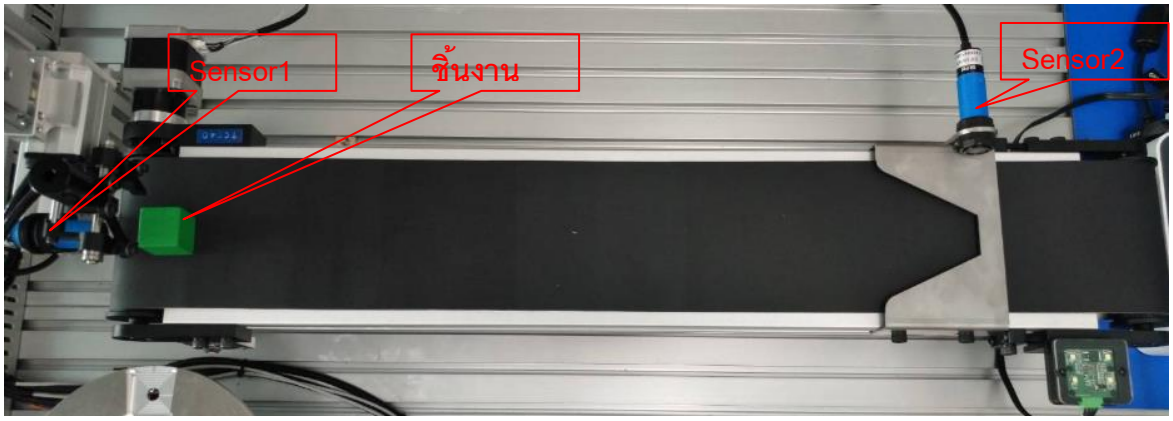
1. ชุดทดลอง PLC TAC-CONPLC-R2 1 ชุด

เงื่อนไขการทดลอง

วางชิ้นงานบน Conveyor จากนั้นSensorตัวที่หนึ่งเจอชิ้นงาน ทำให้ Conveyor หมุนแล้ว เมื่อSensor ตัวที่สองเจอทำให้ Conveyor หยุดหมุน แล้วไฟสีเขียวติด

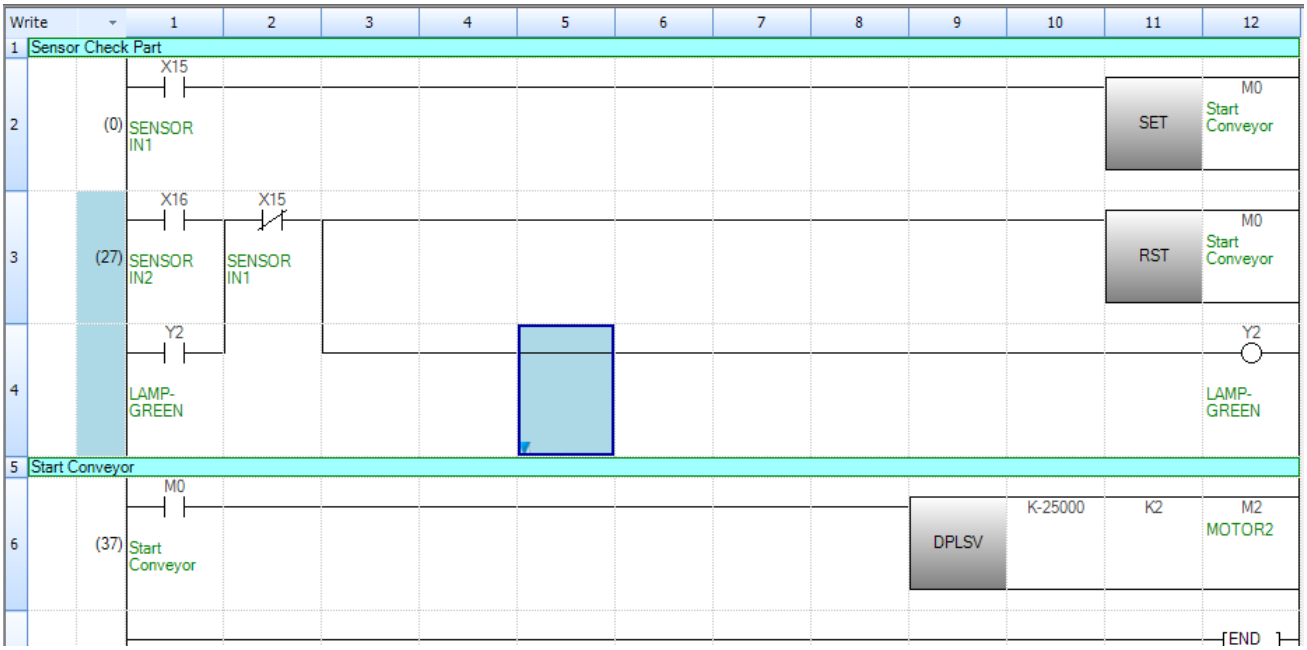
ลำดับขั้นการทดลอง

1. เชื่อมต่อ Conveyor กับ PLC
2. เชื่อมต่อ Photo Sensor กับ PLC



การต่อใช้งาน Sensor และการวางชิ้นงาน

3. เปิดโปรแกรม GX-Work3 จากนั้นเขียนโปรแกรมดังนี้



ใบงานที่ 9 การควบคุมและกำหนดตำแหน่งให้กับแขนกล Dobot

ThaiPLCCenter.COM

วัตถุประสงค์:

เข้าใจหลักการควบคุมและกำหนดตำแหน่งให้กับแขนกลโดยใช้ Blocky

อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลอง PLC TAC-CONPLC-R2 1 ชุด

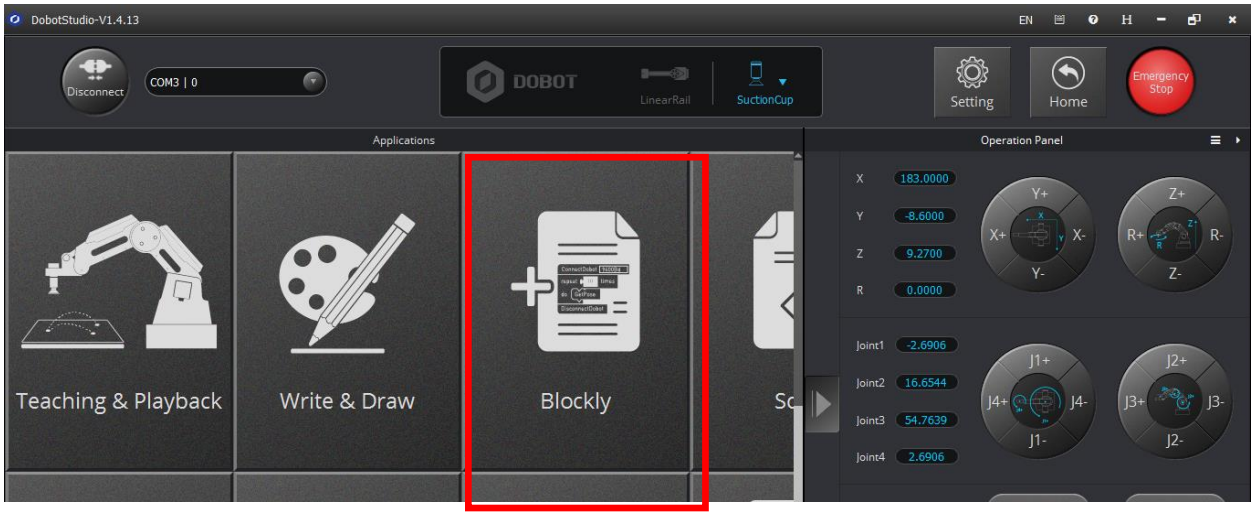
เงื่อนไขการทดลอง

ให้แขนกลขยับจากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่ง (A point to B Point)

ลำดับขั้นการทดลอง

ลำดับขั้นการทดลอง

.1. เชื่อมต่อแขนกล , เปิดโปรแกรม ,Connect , จากนั้น HOME และเขียนโปรแกรมโดยใช้ Blackly



2. ให้ปุ่ม Operation Manual ปรับไปตำแหน่ง A



3 เขียนคำสั่งใน Blocky โดยใช้คำสั่ง Jump โดยกำหนดตำหน่ง X,Y,Z ที่ได้จากการปรับตำแหน่ง

4. ปรับตำแหน่งไปตำแหน่ง B แล้วคำค่า X,Y,Z ไปไว้ที่ตำแหน่ง ของโปรแกรม



5. กดปุ่ม START  และดูผลการทดลอง

ใบงานที่ 10 การเชื่อมต่อ Suction pump กับแขนกล Dobot

ThaiPLCCenter.COM

วัตถุประสงค์:

- เรียนรู้การใช้งาน Suction Cup
- สามารถประกอบใช้งาน Air pump kit กับ Suction Cup
- ศึกษาการเขียนโปรแกรม Blocky

อุปกรณ์การทดลอง

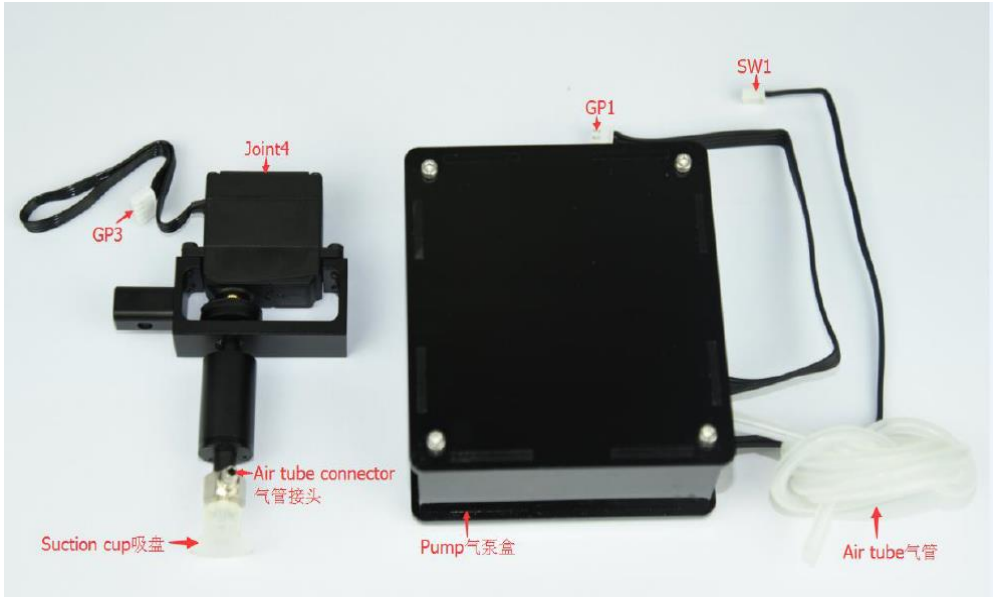
1. ชุดทดลอง PLC TAC-CONPLC-R2 1 ชุด

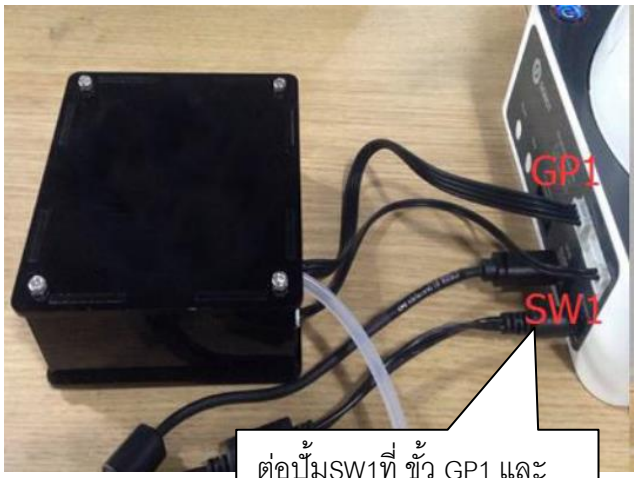
เงื่อนไขการทดลอง

เมื่อกด SW Key แล้วทำให้แขนกลไปดูดฝากล่องแล้วไปวางในกล่อง

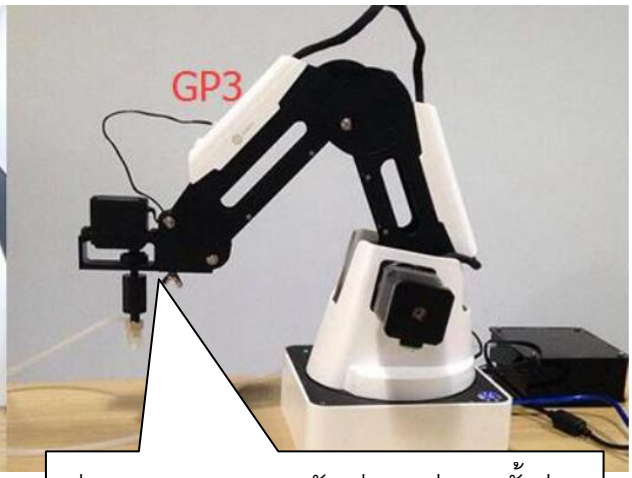
ลำดับขั้นการทดลอง

1. เชื่อมต่อ Dobot เข้ากับ Computer ดูวิธีการเชื่อมต่อจากคู่มือการใช้งาน
2. ประกอบชุด Suction Cup เข้ากับหัวของ Dobot





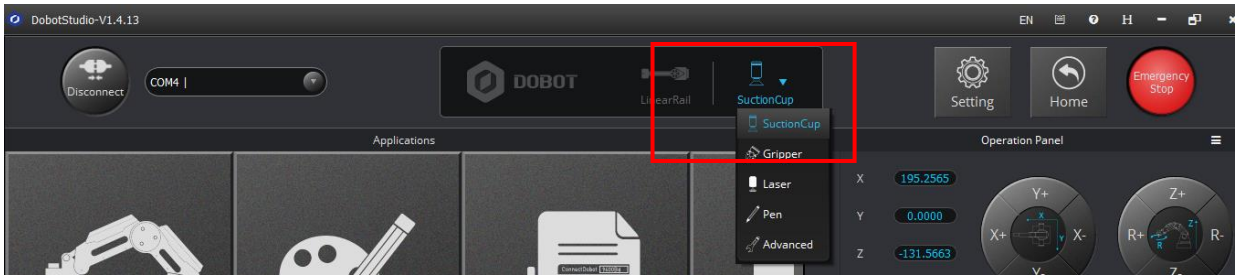
ต่อปั้มSW1ที่ ขั้ว GP1 และ



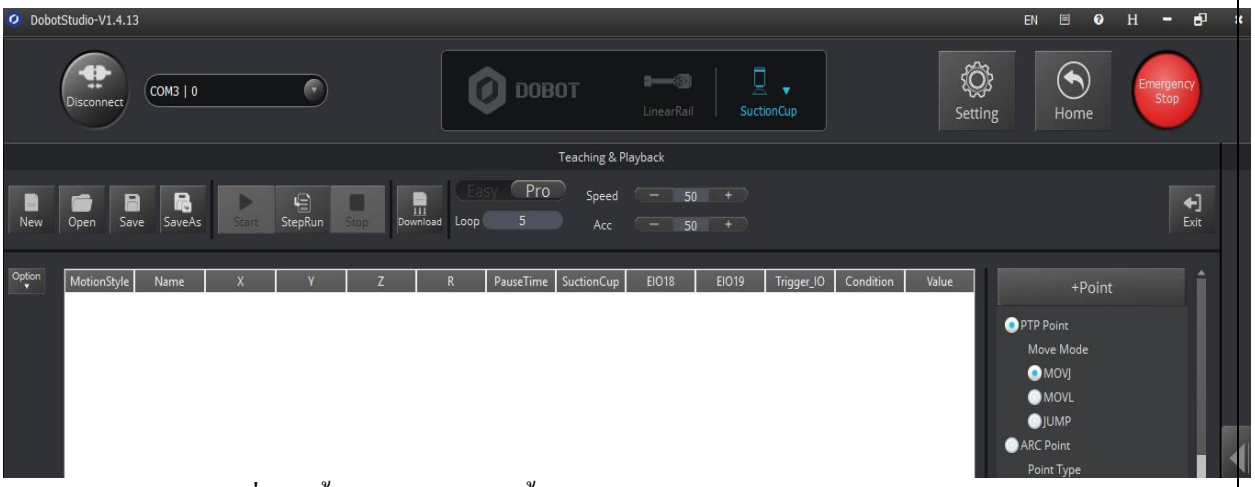
ต่อชุดดูดและสายลมดังรูป และต่อการขั้วต่อสำหรับควบคุม มอเตอร์ที่ Port GP3 กับ Port 1 ของ Robot

3. ติดตั้ง Air pump kit เข้ากับ Dobot
4. ทดสอบหยิบวัตถุจากตำแหน่งที่ 1 ไปวางยังตำแหน่งที่ 2

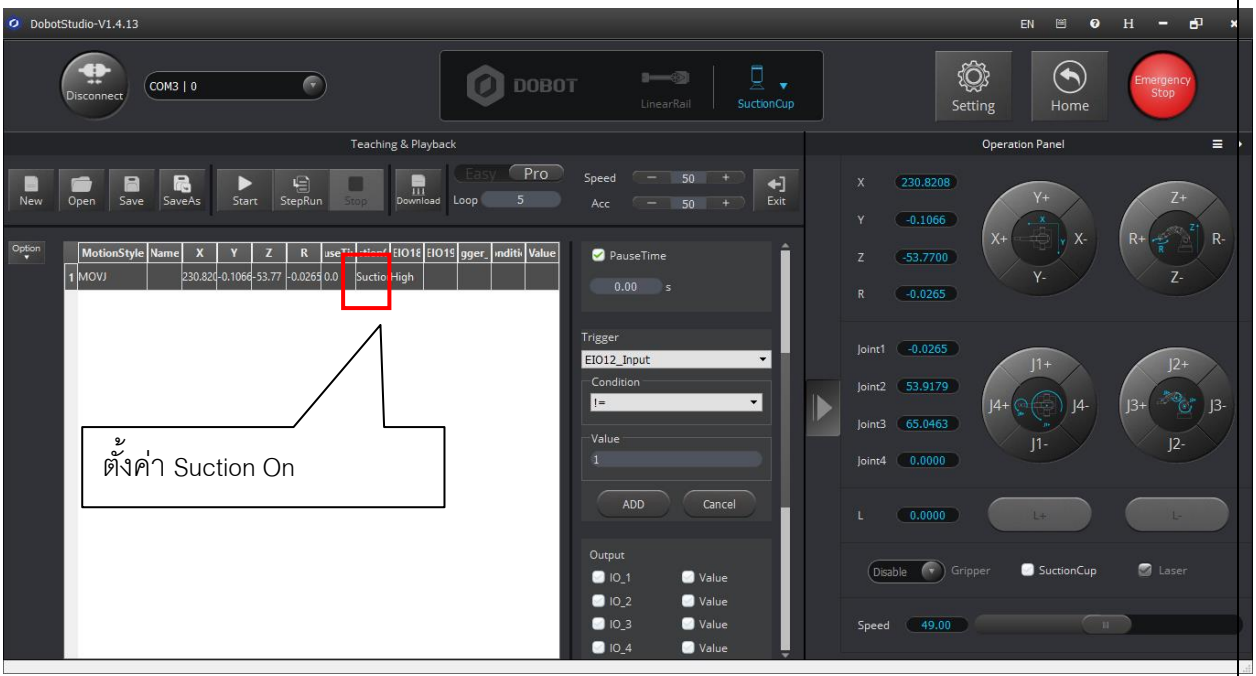
4.1. เลือก Suction Cup ที่โปรแกรม



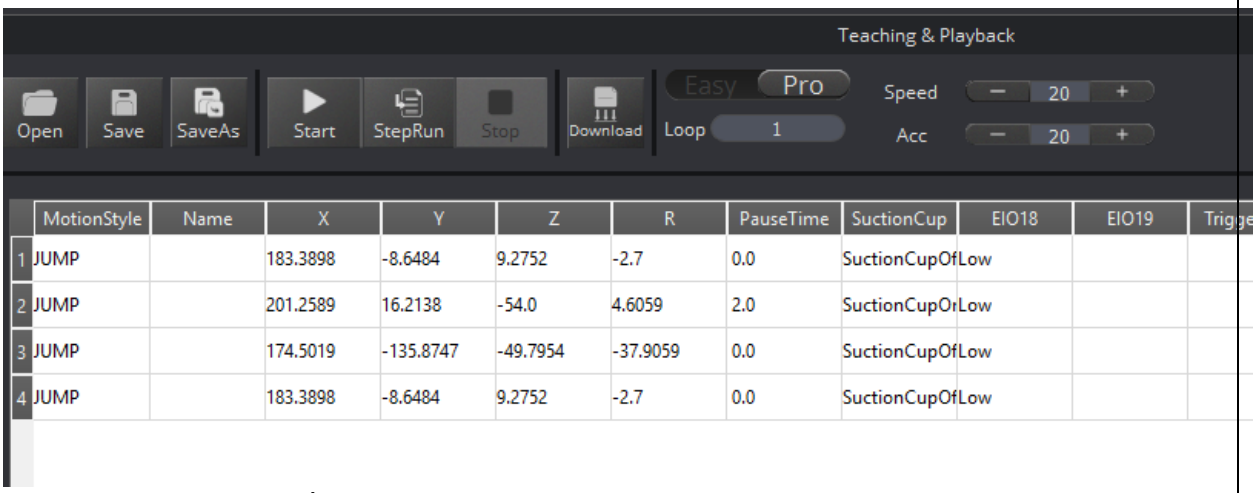
4.2. เลือกMenu Teaching and playback จะแสดงดังรูป



4.3. กำหนดโปรแกรมดังเพื่อดูดชิ้นงาน และปล่อยชิ้นงาน



4.4. กำหนดโปรแกรมให้หยิบจับชิ้นงานจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง



	MotionStyle	Name	X	Y	Z	R	PauseTime	SuctionCup	EIO18	EIO19	Trigge
1	JUMP		183.3898	-8.6484	9.2752	-2.7	0.0	SuctionCupOfLow			
2	JUMP		201.2589	16.2138	-54.0	4.6059	2.0	SuctionCupOrLow			
3	JUMP		174.5019	-135.8747	-49.7954	-37.9059	0.0	SuctionCupOfLow			
4	JUMP		183.3898	-8.6484	9.2752	-2.7	0.0	SuctionCupOfLow			

Step 1 แขนกลอยู่ตำแหน่งเริ่มต้น

Step 2 แขนกลอยู่ตำแหน่งไปจุดที่ 1 แล้ว สั่งให้ Suction ON

Step 3 ขยับไปตำแหน่งที่ 2 จากนั้นสั่งให้ Suction OFF

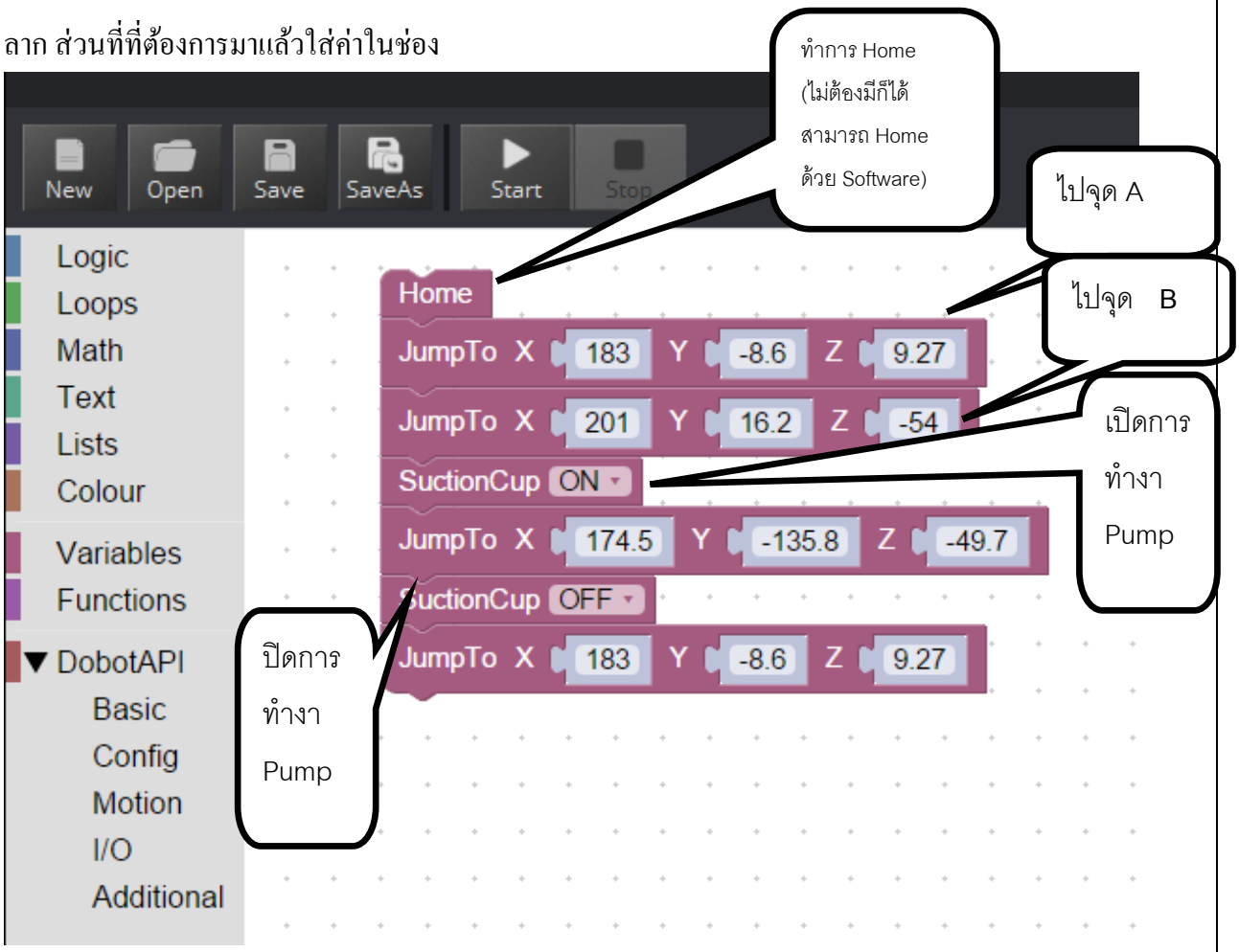
Step 4 แขนกลกลับไปตำแหน่งเริ่มต้น

4.5. ทดลองรัน โดยกดปุ่ม Start

เขียนใน Blocky



ลาก ส่วนที่ที่ต้องการมาแล้วใส่ค่าในช่อง



ทดลองกดปุ่ม Start

ใบงานที่ 11 การเชื่อมต่อ Color Sensor กับแขนกล Dobot

ThaiPLCCenter.COM

วัตถุประสงค์:

เข้าใจหลักการเชื่อมต่อ **Color Sensor กับ แขนกล**

อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลอง PLC TAC-CONPLC-R2 1 ชุด

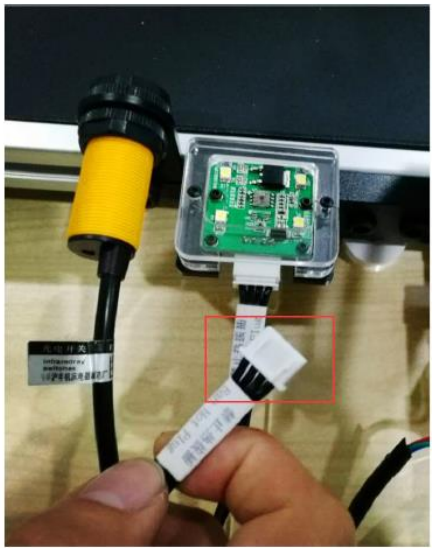
เงื่อนไขการทดลอง

เมื่อเอากล่องไปวางหน้า Sensor แล้วอ่านผลการ Detect ค่าว่าเป็นไปตามที่เลือก

Red / Yellow /Green

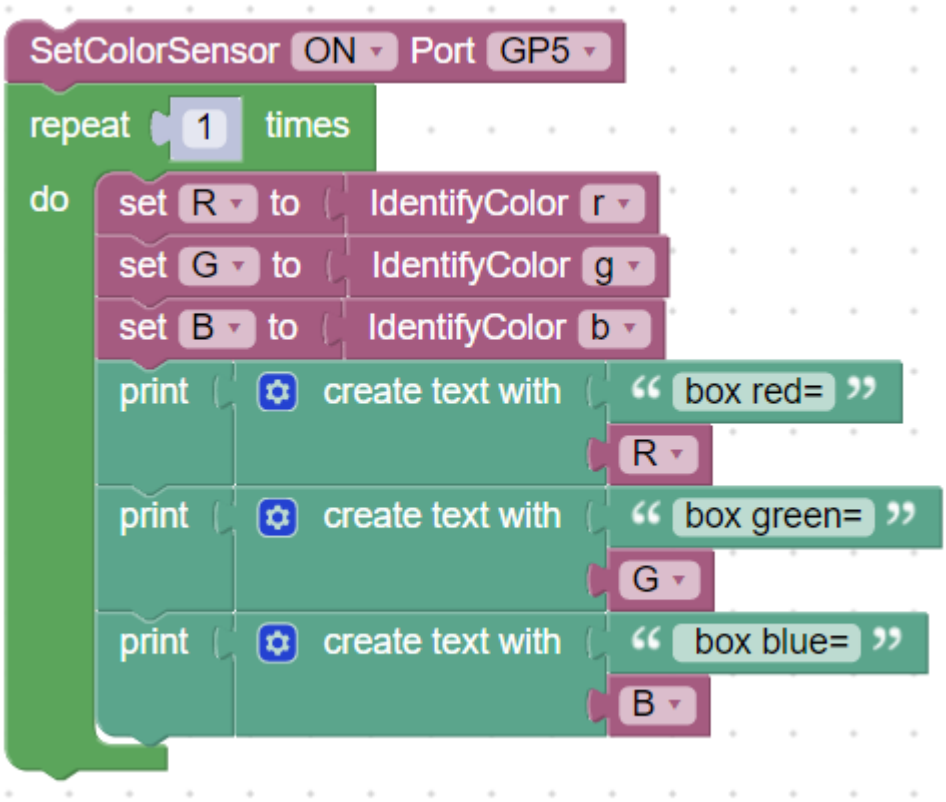
ลำดับขั้นการทดลอง

1. เชื่อมต่อ Conveyor กับแขนกลช่อง Stepper1 อ้างอิงใบงานการต่อ Conveyor
2. เชื่อมต่อ Color Sensor กับ Dobot Port GP2



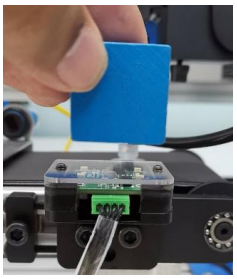


3. เปิดโปรแกรม Dobot / Connect แล้วเลือก Blocky จากนั้นเขียนโปรแกรมดังนี้

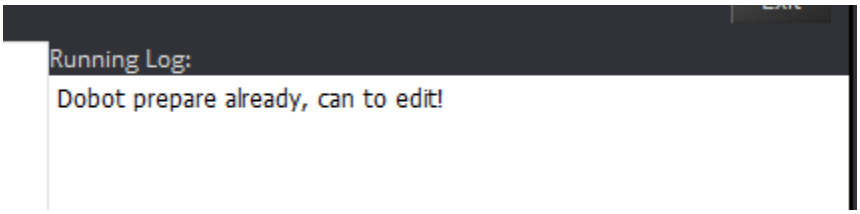


ลำดับโปรแกรม

1) ตั้งค่า port ให้ ON ของ Color Sensor เป็น GP2 ตามที่เสียบที่ Port แขนกล
2) Repeat 1 ลูป แล้วให้รับค่า โดยนำค่า idenfifyColor เข้าไปเก็บในตัวแปร R,G,B
3) วางกล่องสีให้สูงกว่าเซนเซอร์ประมาณ 5 มม.



4) สั่งให้ปริ้นเพื่อดูผลการตรวจสอบใน running log



ใบงานที่ 12 การรับสัญญาณแขนกล DOBOT ให้กับ PLC (IO interface)

ThaiPLCCenter.COM

วัตถุประสงค์:

เข้าใจการเชื่อมต่อ IO (Input/Output) ระหว่าง แขนกล PLC กับ PLC โดยจะรับสัญญาณจาก แขกกล

อุปกรณ์การทดลอง

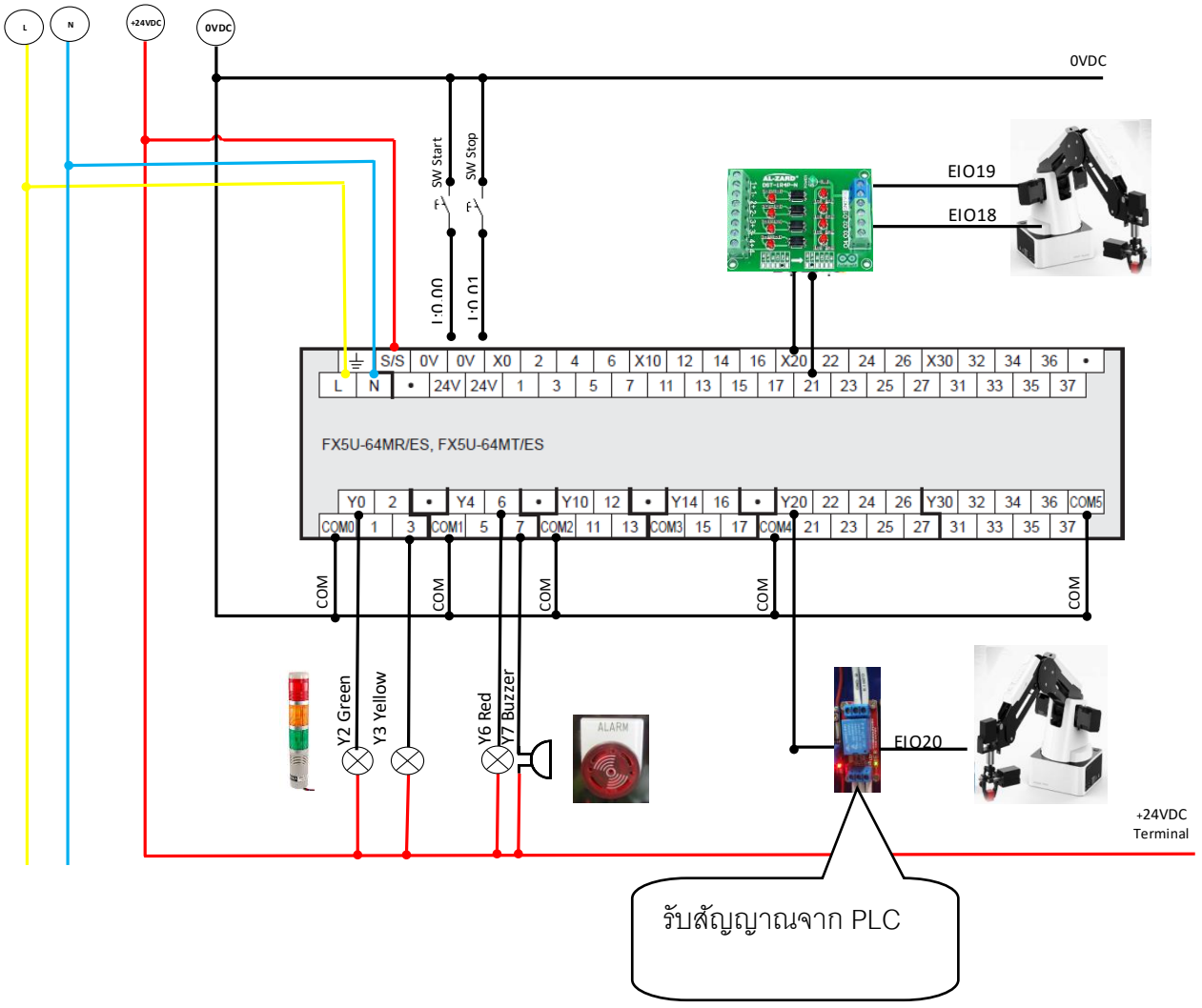
1. ชุดทดลอง TAC-CONPLC-R2 1 ชุด

เงื่อนไขการทดลอง

กด SW Start ส่งสัญญาณจาก PLC ไปที่แขนกล และหลังจากนั้นแขนกลส่งสัญญาณกลับมาเพื่อให้ PLC รับและสั่งให้หลอดไฟติดทั้ง 3 หลอด ดังนี้

ลำดับขั้นการทดลอง

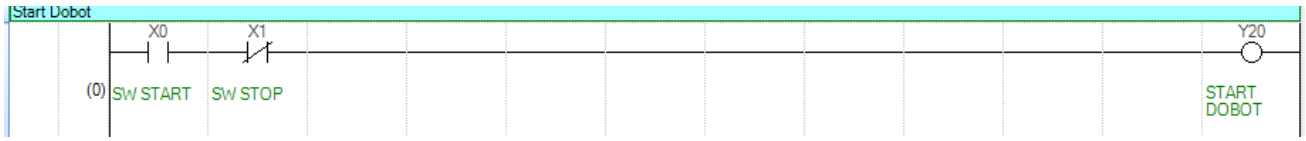
1. ต่อวงจรกำลังตาม ไดอะแกรม



ตารางแสดงการการเชื่อมต่อ Port PLC กับ อุปกรณ์

INPUT PLC	Comment	อุปกรณ์	OUTPUT PLC	Comment	อุปกรณ์
X0	SW Start	สวิตซ์เริ่มทำงาน	Y6	LAMP-R	หลอดไฟสีแดง (RED)
X1	SW Stop	สวิตซ์หยุดทำงาน	Y3	LAMP-Y	หลอดไฟสีเหลือง(Yellow)
X20	Signal Robot1	รับสัญญาณจาก แขนกล Port 1	Y2	LAMP-G	หลอดไฟสีเขียว(Green)
X21	Signal Robot2	รับสัญญาณจาก แขนกล Port 2	Y20	START DOBOT	ส่งสัญญาณไปทริกแขนกล

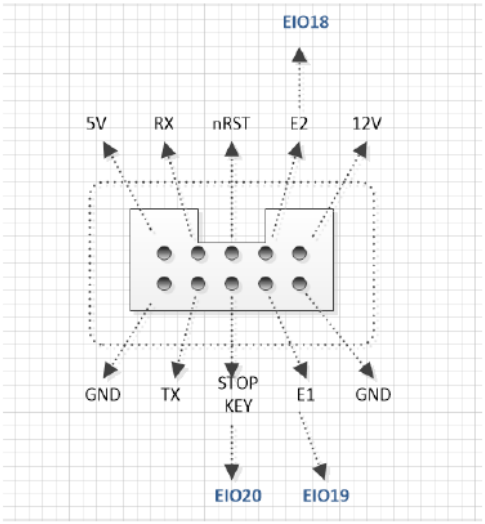
2 .เขียนโปรแกรม PLC ใน CX Programmer ให้ศึกษาวิธีการเขียนจาก คู่มือ

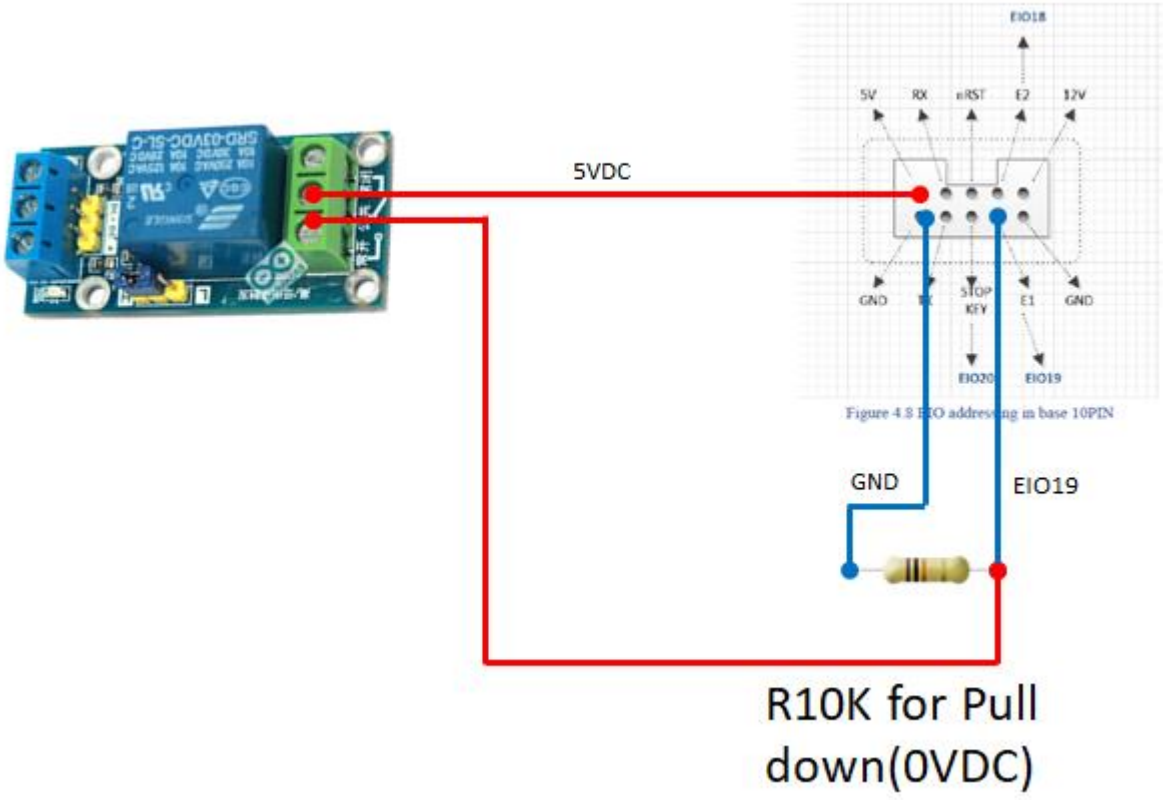


Port interface ของ แขนกล มีดังนี้

Port PLC	Port Dobot	สถานะปกติ(NC)	หน้าที่
OUTPUT Y20	EIO20	1 (ON)	สถานะจะเป็น 1 ตลอดเพื่อรับค่าจาก PLC
INPUT X20	EIO18	0(OFF)	ส่งสัญญาณ 3.3V ออกไปทริก Relay

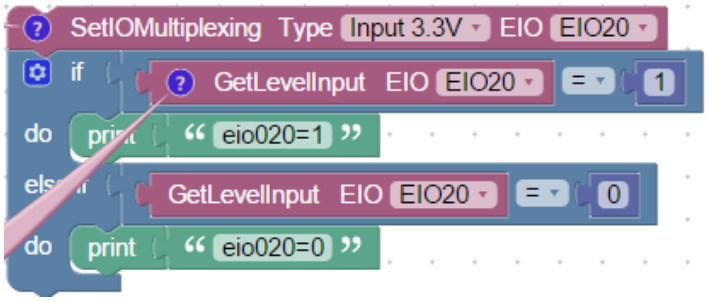
INPUT X21	EIO19	0(OFF)	ส่งสัญญาณ 3.3V ออกไปทริก Relay





ศึกษาการเขียนโปรแกรมได้จากคู่มือการใช้งาน Dobot

โปรแกรมรับค่าจาก PLC 7.1



ตั้งค่า Port EIO20 ให้เป็น Input

เลือกถ้าเป็น EIO20=

ใบงานที่ 13 การเชื่อมต่อ PLC กับ DOBOT (IO interface)

ThaiPLCCenter.COM

วัตถุประสงค์:

เข้าใจการเชื่อมต่อ IO (Input/Output) ระหว่าง แขนกล PLC กับ PLC

อุปกรณ์การทดลอง

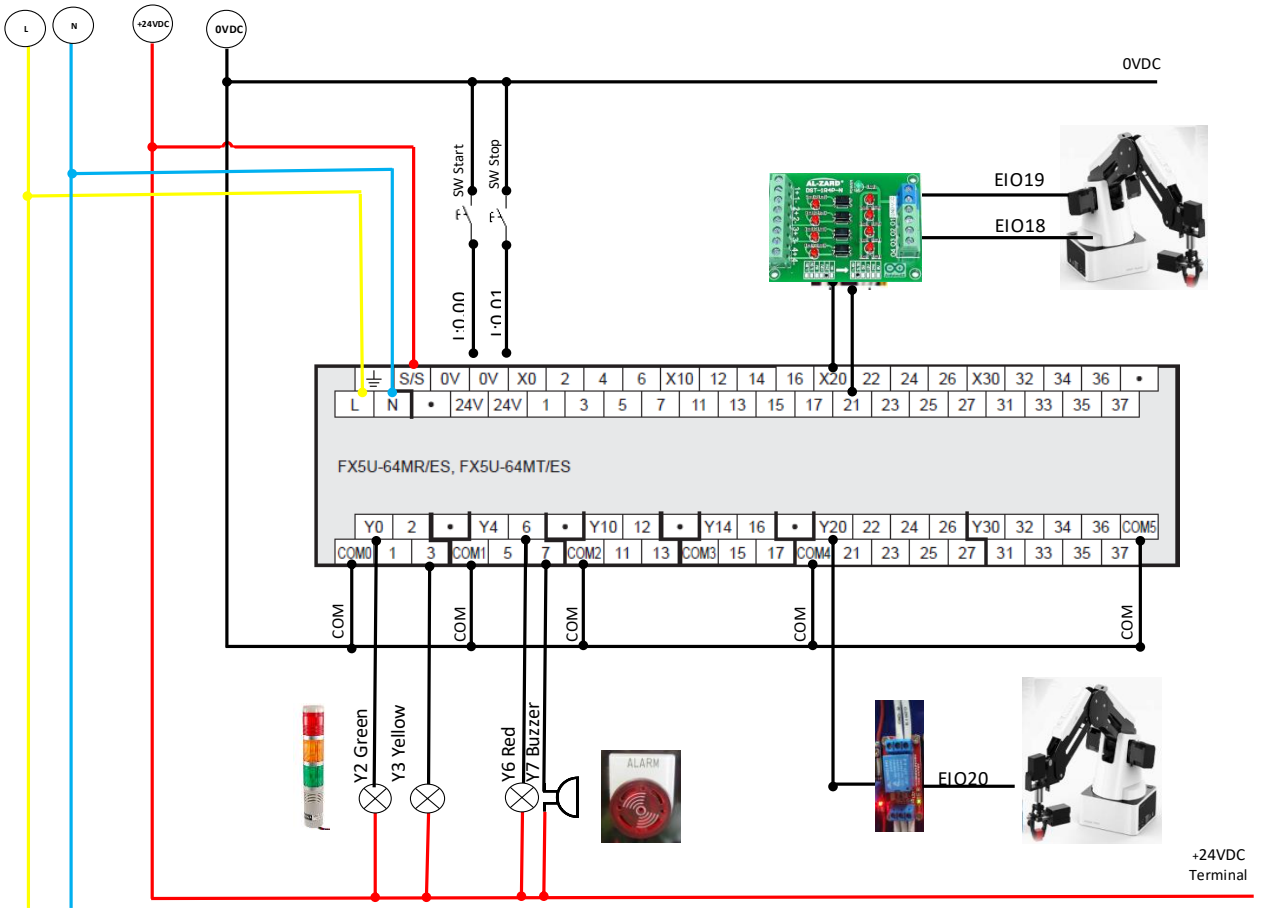
1. ชุดทดลอง TAC-CONPLC-R2 1 ชุด

เงื่อนไขการทดลอง

กด SW Start ส่งสัญญาณจาก PLC ไปที่แขนกล และหลังจากนั้นแขนกลส่งสัญญาณกลับมาเพื่อให้ PLC รับและสั่งให้หลอดไฟติดทั้ง 3 หลอด ดังนี้

ลำดับขั้นการทดลอง

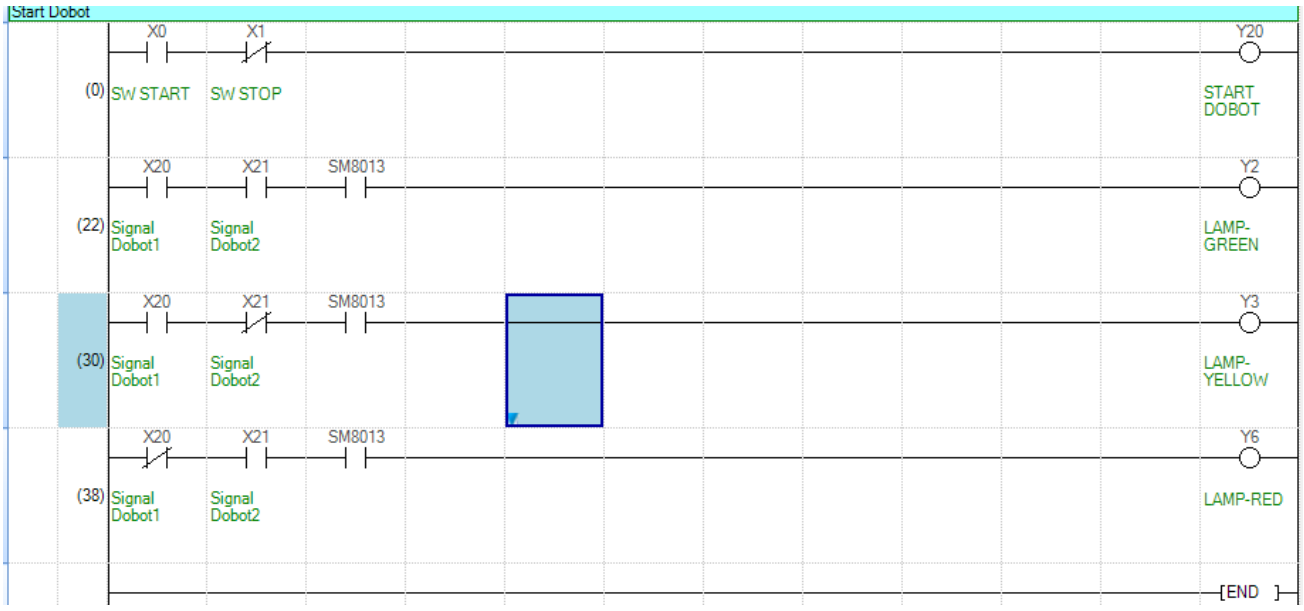
1. ต่อวงจรกำลังตาม ไดอะแกรม



ตารางแสดงการการเชื่อมต่อ Port PLC กับ อุปกรณ์

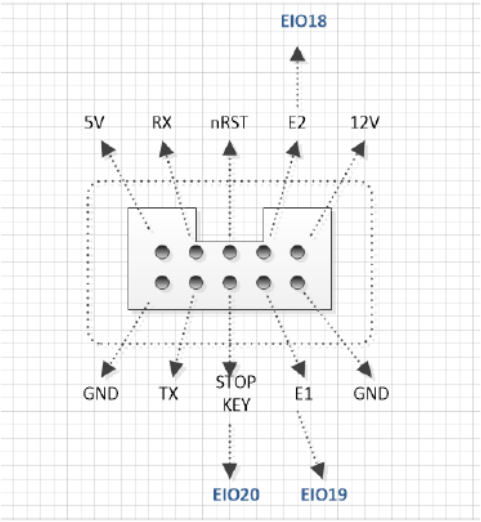
INPUT PLC	Comment	อุปกรณ์	OUTPUT PLC	Comment	อุปกรณ์
X0	SW Start	สวิตซ์เริ่มทำงาน	Y6	LAMP-R	หลอดไฟสีแดง (RED)
X1	SW Stop	สวิตซ์หยุดทำงาน	Y3	LAMP-Y	หลอดไฟสีเหลือง(Yellow)
X20	Signal Robot1	รับสัญญาณจาก แขนกล Port 1	Y2	LAMP-G	หลอดไฟสีเขียว(Green)
X21	Signal Robot2	รับสัญญาณจาก แขนกล Port 2	Y20	START DOBOT	ส่งสัญญาณไปทริกแขนกล

2 .เขียนโปรแกรม PLC ใน CX Programmer ให้ศึกษาวิธีการเขียนจาก คู่มือ



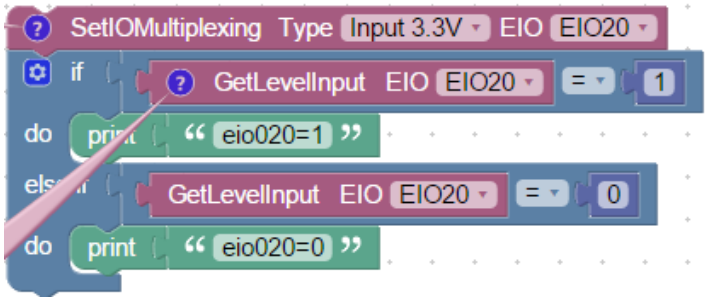
Port interface ของ แขนกล มีดังนี้

Port PLC	Port Dobot	สถานะปกติ(NC)	หน้าที่
OUTPUT Y20	EIO20	1 (ON)	สถานะจะเป็น 1 ตลอดเพื่อรับค่าจาก PLC
INPUT X20	EIO18	0(OFF)	ส่งสัญญาณ 3.3V ออกไปทริก Relay
INPUT X21	EIO19	0(OFF)	ส่งสัญญาณ 3.3V ออกไปทริก Relay



ศึกษาการเขียนโปรแกรมได้จากคู่มือการใช้งาน Dobot

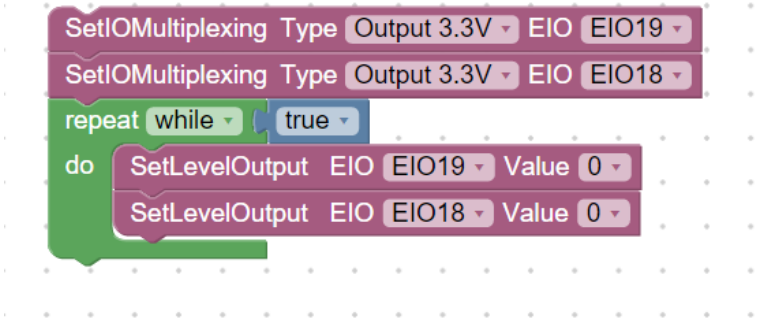
โปรแกรมรับค่าจาก PLC 7.1



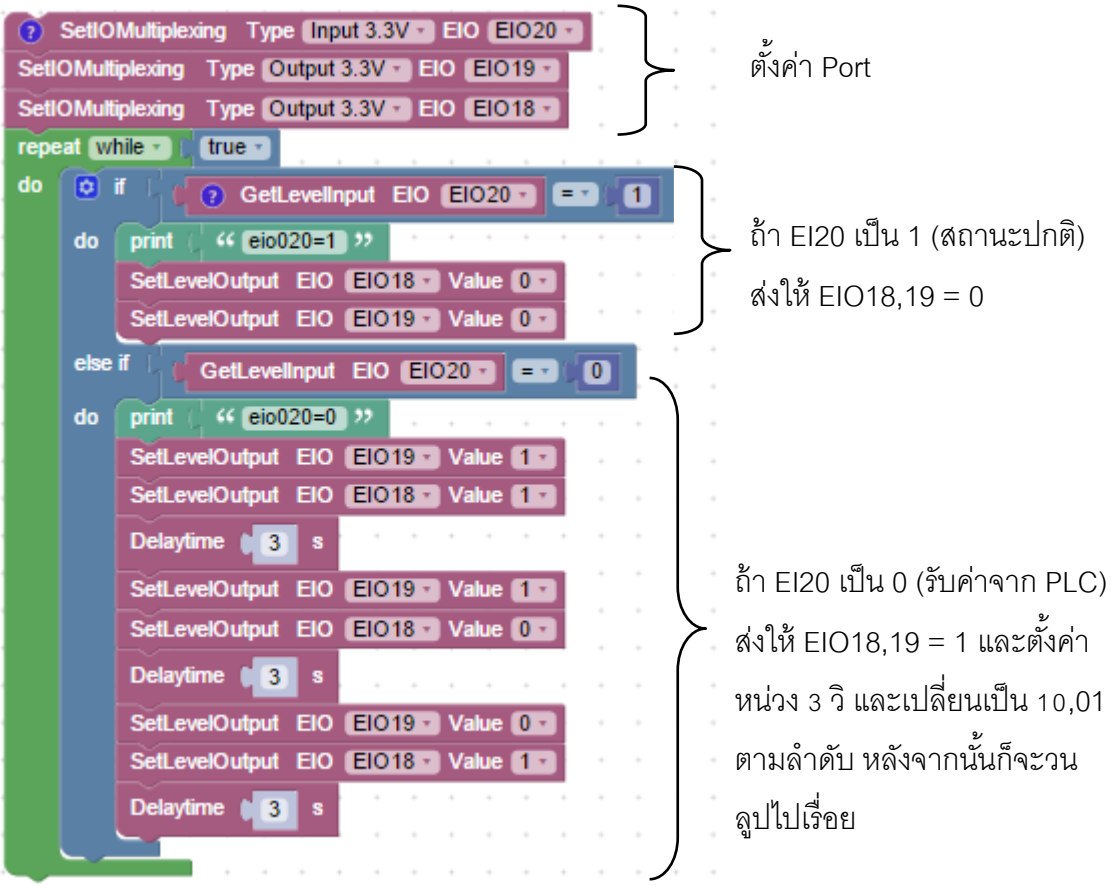
ตั้งค่า Port EIO20 ให้เป็น Input

เลือกถ้าเป็น EIO20=

โปรแกรมส่งค่าจาก Dobot ไปให้ PLC 7.2



โปรแกรมรับและส่งค่าจาก Dobot ไปให้ PLC 7.3



จากนั้น Run Program ที่แขนกล และ PLC

ใบงานที่ 14 ระบบ Automation without robot

ThaiPLCCenter.COM

เรื่อง ระบบ Automation without robot

วัตถุประสงค์:

เข้าใจหลักการทำงานของระบบอัติโนมัติในระดับ PLC ยังไม่ได้เชื่อมต่อกับแขนกล

อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลอง PLC CONPLC-TAC-R2 1 ชุด

เงื่อนไขการทดลอง

1) โหลดงานเข้าช่องโหลด

2) Cylinder 1 ดันงานเข้า Turn Table

3) Gripper หนีบเข้า Conveyor

4) Conveyor หมุน

5) Sensor 2 ที่อยู่บนConveyor พบชิ้นงาน conveyor หยุด

6) หยิบชิ้นออกงานด้วยมือ จากนั้นชุดหยิบวางขึ้นงานทำงานอีกครั้ง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรกำลังตาม ไดอะแกรม ตามตารางด้านล่าง(ในที่นี้ในต่ออุปกรณ์ไว้ให้เรียบร้อยแล้ว)

ตารางแสดงการการเชื่อมต่อ Port PLC กับ อุปกรณ์

INPUT PLC	Comment	อุปกรณ์	OUTPUT PLC	Comment	อุปกรณ์
X0	SW Start	สวิตซ์เริ่มทำงาน	Y0	Output Device(PULSE/CW)Motor1	Stepping Motor Driver เพื่อรับ Pulse จาก PLC แล้วควบคุมตำแหน่ง Stepping Motor1
X1	SW Stop	สวิตซ์หยุดทำงาน	Y1	PULS signal use with Conveyor controller (No.2)	Stepping Motor Driver เพื่อรับ Pulse จาก PLC แล้วควบคุมตำแหน่ง Stepping
X2	Emergency	สวิตซ์หยุดฉุกเฉิน	Y2	Green Lamp	หลอดไฟสีเขียว
X4	Presssure Sensor	Sensor ตรวจสอบระบบลม	Y4	Dirrectionuse with Turn Table controller (No.1)	กดหนดทิศทางการหมุนของMotorตัวที่หนึ่ง
X5	HM-CY1 (PUSH PRODUCT)	Lead Switch ตรวจจับตำแหน่ง Cylinder 1 ด้าน Home	Y05	Dirrection Conveyor use with Conveyor controller (No.2)	กดหนดทิศทางการหมุนของMotorตัวที่หนึ่ง

X6	EXT-CY1(PUSH PRODUCT)	Lead Switch ตรวจจับตำแหน่ง Cylinder 2 ด้านที่ดัน	Y06	Red Lamp	หลอดไฟสีแดง
X7	Sensor Home Motor	Sensor ตรวจสอบตำแหน่ง Home of Motor1	Y07	Buzzer	สัญญาณเตือน
X10	Check Part on turn teble Befor Pick Par	ตรวจสอบงานบนจานก่อนจะหยิบลง conveyor	Y10	Trigger of Counter 1(RED)	ส่งสัญญาณไปนับชิ้นงานของ Display1
X11	HM-CY2(CYLINDER X Pick)	Lead Switch ตรวจจับตำแหน่ง Gripper 1 ด้าน Home	Y11	Trigger of Counter 2Blue)	ส่งสัญญาณไปนับชิ้นงานของ Display2
X12	EXT-CY2(CYLINDER X PICK)	Lead Switch ตรวจจับตำแหน่งตัว Gripper 1ด้านที่ดัน	Y12	Reset of Counter 1(Blue)	Reset การนับจำนวนของ Display1
X13	HM-CY3(CYLINDER Z PICK)	Lead Switch ตรวจจับตำแหน่ง Cylinder 3 ด้าน Home	Y13	Reset of Counter 2(Red)	Reset การนับจำนวนของ Display2
X14	EXT-CY3(CYLINDER Z PICK)	Lead Switch ตรวจจับตำแหน่ง Cylinder 3 ด้านที่ดัน	Y14	CY1 (PUSH PRODUCT)	กระบอกสูบใช้สำหรับดันงานเข้าจาน
X15	Incoming Sensor check Part on Conveyor1	Photo sensor 1 ตรวจสอบวัตถุที่อยู่บนConveyor	Y15	CY2 (CYLINDER X Pick)	กระบอกสูบแกนXสำหรับหยิบงานและวางงาน
X16	Out coming Sensor check Part on Conveyor1	Photo sensor 1 ตรวจสอบวัตถุที่อยู่บนConveyor	Y16	CY2 (CYLINDER Z PICK)	กระบอกสูบแกนZสำหรับหยิบงานและวางงาน

X17	Dobot Drop Part	ตรวรสอบการทำงานRobot	Y17	CY4 (CYLINDER Gripper PICK)	กระบอกสูบ Gripper สำหรับหยิบงานและวางงาน
X22	Check Part on turn teble Befor load In	ตรวจสอบงานบนจานก่อนจะหมุน	Y20	Start Dobot	สั่งให้Dobot ทำงาน

2 .ให้โหลดโปรแกรม LAB No.14 เข้า PLC ใน GX Developper (เนื่องจากโปรแกรมยาวดังนั้นให้ศึกษาการทำงานจากโปรแกรม ladder)

ใบงานที่ 15 ระบบ Automation (Full Option)

ThaiPLCCenter.COM

วัตถุประสงค์:

เข้าใจหลักการทำเป็นระบบอัตโนมัติเต็มรูปแบบ(ร่วมกับแขนกล)

อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลอง PLC CONPLC-TAC-R2 1 ชุด

เงื่อนไขการทดลอง

1) โหลดงานเข้าช่องโหลด

2) Cylinder 1 ดันงานเข้า Turn Table

3) Gripper หนีบเข้า Conveyor

4) Conveyor หมุน

5) เมื่อชิ้นงานถึงตำแหน่ง สั่งRobot หยิบชิ้นงาน

6) Color Sensor ตรวจสอบชิ้นงานว่าเป็นสีอะไร

7) Robot วางงานไปยังตำแหน่งของแต่ล่ะสีที่กำหนดไว้

8) ทำการนับชิ้นงานหลังจากชิ้นงานครบตามจำนวนแล้ว เครื่องจะหยุดทำงานจนกว่าจะกดปุ่ม Stop เพื่อReset จากนั้นกดปุ่ม Start เครื่องก็จะทำงานต่อ

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อวงจรกำลังตาม ไดอะแกรม ตามตารางด้านล่าง(ในที่นี้ในต่ออุปกรณ์ไว้ให้เรียบร้อยแล้ว)

ตารางแสดงการการเชื่อมต่อ Port PLC กับ อุปกรณ์

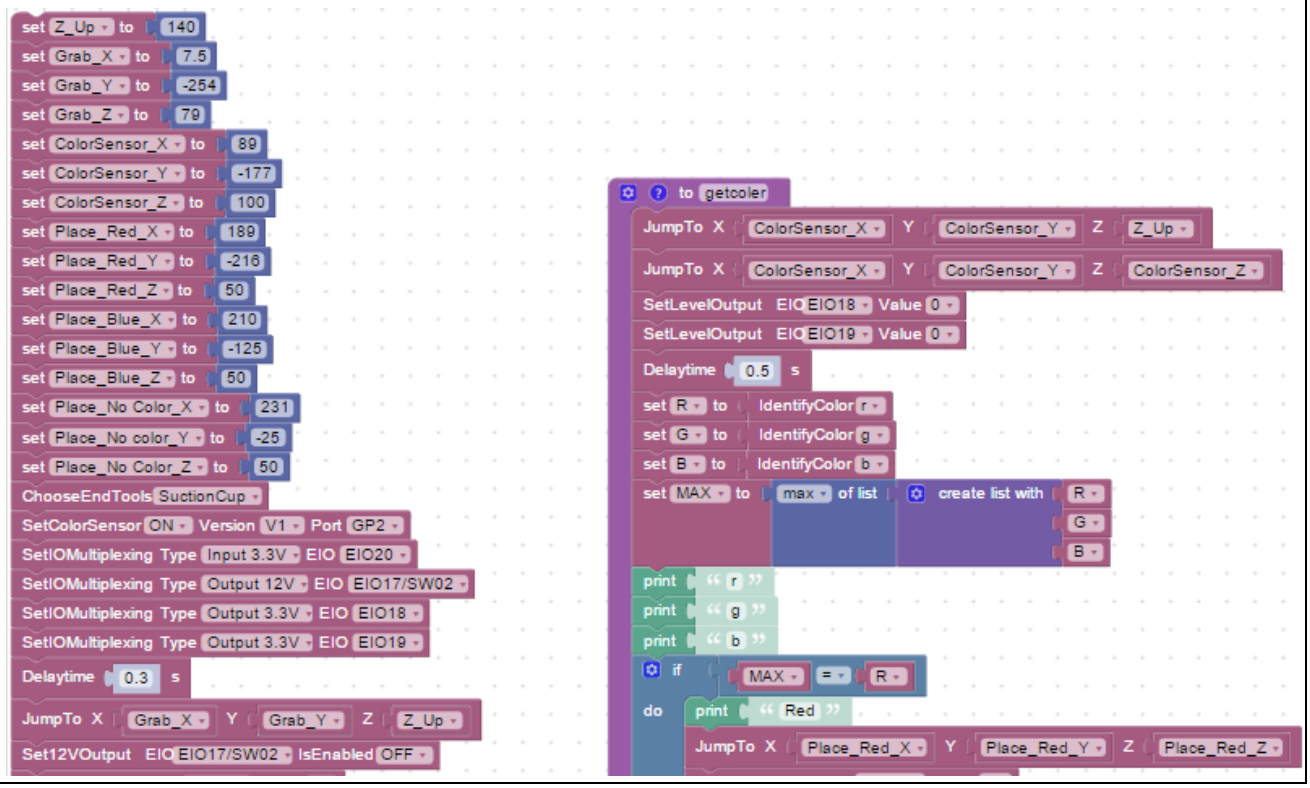
INPUT PLC	Comment	อุปกรณ์	OUTPUT PLC	Comment	อุปกรณ์
X0	SW Start	สวิตซ์เริ่มทำงาน	Y0	Output Device(PULSE/CW)Motor1	Stepping Motor Driver เพื่อรับ Pulse จาก PLC แล้วควบคุมตำแหน่ง Stepping Motor1
X1	SW Stop	สวิตซ์หยุดทำงาน	Y1	PULS signal use with Conveyor controller (No.2)	Stepping Motor Driver เพื่อรับ Pulse จาก PLC แล้วควบคุมตำแหน่ง Stepping
X2	Emergency	สวิตซ์หยุดฉุกเฉิน	Y2	Green Lamp	หลอดไฟสีเขียว
X4	Presssure Sensor	Sensor ตรวจสอบระบบลม	Y4	Dirrectionuse with Turn Table controller (No.1)	กำหนดทิศทางการหมุนของMotorตัวที่หนึ่ง

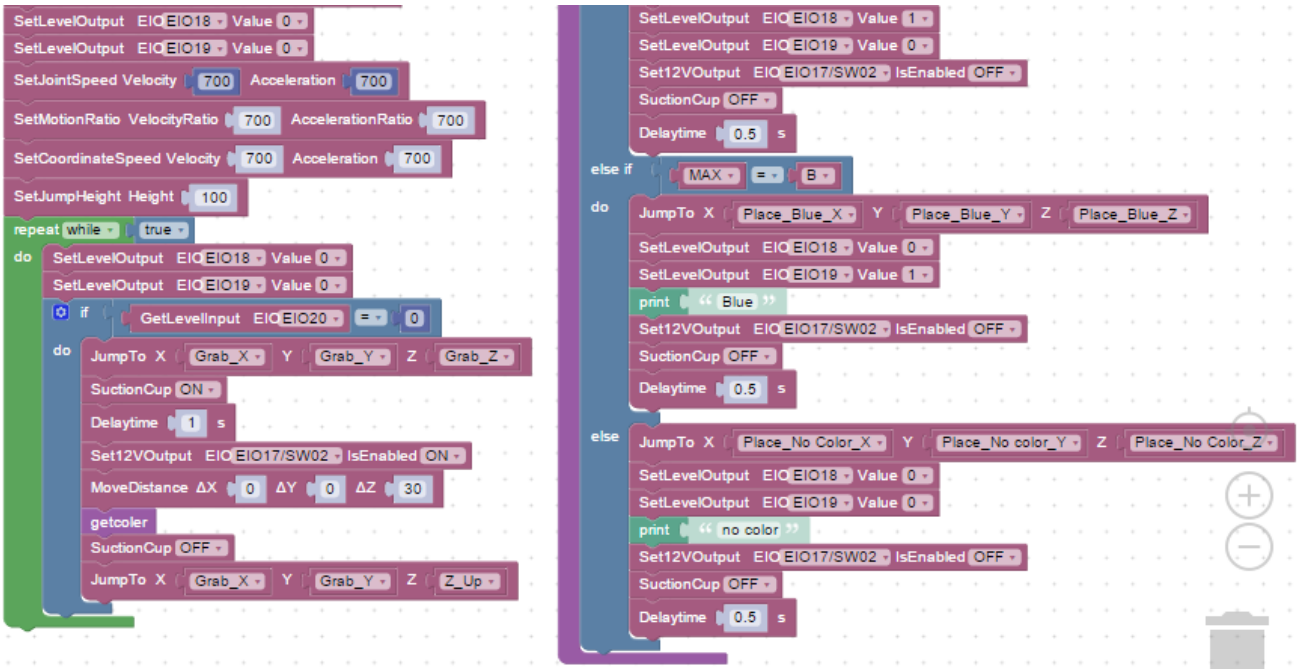
X5	HM-CY1 (PUSH PRODUCT)	Lead Switch ตรวจจับตำแหน่ง Cylinder 1 ด้าน Home	Y05	Dirrection Conveyor use with Conveyor controller (No.2)	กดหนดทิศทางการหมุนของMotorตัวที่หนึ่ง
X6	EXT-CY1(PUSH PRODUCT)	Lead Switch ตรวจจับตำแหน่ง Cylinder 2 ด้านที่ดัน	Y06	Red Lamp	หลอดไฟสีแดง
X7	Sensor Home Motor	Sensor ตรวจสอบตำแหน่ง Home of Motor1	Y07	Buzzer	สัญญาณเตือน
X10	Check Part on turn teble Befor Pick Par	ตรวจสอบงานบนจานก่อนจะหยิบลง conveyor	Y10	Trigger of Counter 1(RED)	ส่งสัญญาณไปนับชิ้นงานของ Display1
X11	HM-CY2(CYLINDER X Pick)	Lead Switch ตรวจจับตำแหน่ง Gripper 1 ด้าน Home	Y11	Trigger of Counter 2Blue)	ส่งสัญญาณไปนับชิ้นงานของ Display2
X12	EXT-CY2(CYLINDER X PICK)	Lead Switch ตรวจจับตำแหน่งตัว Gripper 1ด้านที่ดัน	Y12	Reset of Counter 1(Blue)	Reset การนับจำนวนของ Display1
X13	HM-CY3(CYLINDER Z PICK)	Lead Switch ตรวจจับตำแหน่ง Cylinder 3 ด้าน Home	Y13	Reset of Counter 2(Red)	Reset การนับจำนวนของ Display2
X14	EXT-CY3(CYLINDER Z PICK)	Lead Switch ตรวจจับตำแหน่ง Cylinder 3 ด้านที่ดัน	Y14	CY1 (PUSH PRODUCT)	กระบอกสูบใช้สำหรับดันงานเข้าจาน
X15	Incoming Sensor check Part on Conveyor1	Photo sensor 1 ตรวจสอบวัตถุที่อยู่บนConveyor	Y15	CY2 (CYLINDER X Pick)	กระบอกสูบแกนXสำหรับหยิบงานและวางงาน

X16	Out coming Sensor check Part on Conveyor1	Photo sensor 1 ตรวจสอบวัตถุที่อยู่บนConveyor	Y16	CY2 (CYLINDER Z PICK)	กระบอกสูบแกนZสำหรับหยิบงานและวางงาน
X17	Dobot Drop Part	ตรวรสอบการทำงานRobot	Y17	CY4 (CYLINDER Gripper PICK)	กระบอกสูบ Gripper สำหรับหยิบงานและวางงาน
X22	Check Part on turn teble Befor load In	ตรวจสอบงานบนจานก่อนจะหมุน	Y20	Start Dobot	สั่งให้Dobot ทำงาน

2 .ให้โหลดโปรแกรม LAB No.15 เข้า PLC ใน GX Developper (เนื่องจากโปรแกรมยาวดังนั้นให้ศึกษาการทำงานจากโปรแกรม ladder)

3 เปิดโปรแกรม Dobot เพื่อเปิดโปรแกรม Blockly ที่เขียนไว้สำหรับใช้กับการทดลองที่15 (Name: TAC-CONPLC-R2_DONE)

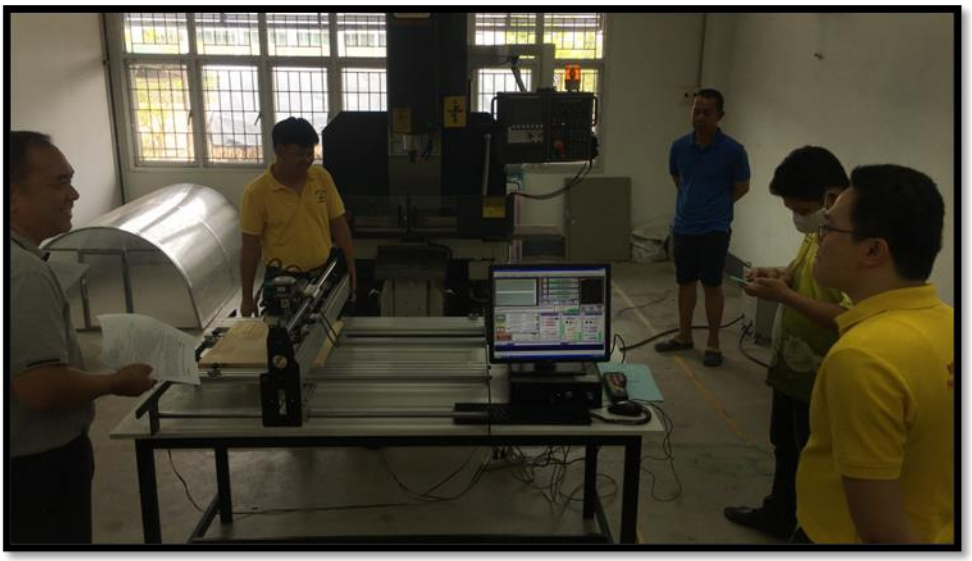



SetLevelOutput EIO EIO18 Value 0
SetLevelOutput EIO EIO19 Value 0
SetJointSpeed Velocity 700 Acceleration 700
SetMotionRatio VelocityRatio 700 AccelerationRatio 700
SetCoordinateSpeed Velocity 700 Acceleration 700
SetJumpHeight Height 100
repeat while true
do SetLevelOutput EIO EIO18 Value 0
SetLevelOutput EIO EIO19 Value 0
if GetLevelInput EIO EIO20 = 0
do JumpTo X Grab_X Y Grab_Y Z Grab_Z
SuctionCup ON
Delaytime 1 s
Set12VOutput EIO EIO17/SW02 IsEnabled ON
MoveDistance ΔX 0 ΔY 0 ΔZ 30
getcoler
SuctionCup OFF
JumpTo X Grab_X Y Grab_Y Z Z_Up
SetLevelOutput EIO EIO18 Value 1
SetLevelOutput EIO EIO19 Value 0
Set12VOutput EIO EIO17/SW02 IsEnabled OFF
SuctionCup OFF
Delaytime 0.5 s
else if MAX = B
do JumpTo X Place_Blue_X Y Place_Blue_Y Z Place_Blue_Z
SetLevelOutput EIO EIO18 Value 0
SetLevelOutput EIO EIO19 Value 1
print " Blue "
Set12VOutput EIO EIO17/SW02 IsEnabled OFF
SuctionCup OFF
Delaytime 0.5 s
else JumpTo X Place_No Color_X Y Place_No color_Y Z Place_No Color_Z
SetLevelOutput EIO EIO18 Value 0
SetLevelOutput EIO EIO19 Value 0
print " no color "
Set12VOutput EIO EIO17/SW02 IsEnabled OFF
SuctionCup OFF
Delaytime 0.5 s

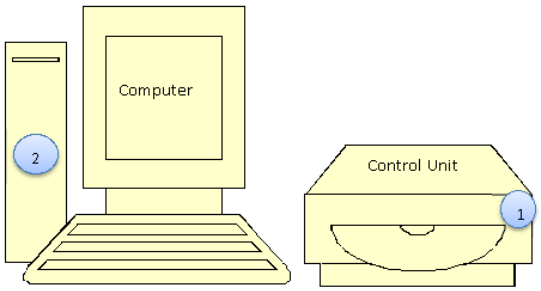


สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปฏิบัติการที่ 32 ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล CNC ขนาดเล็กเพื่องานด้านวิศวกรรมเครื่องกล



การเปิดเครื่อง



1 Press 1 ที่ Control Unit

2 Open Computer Press 2

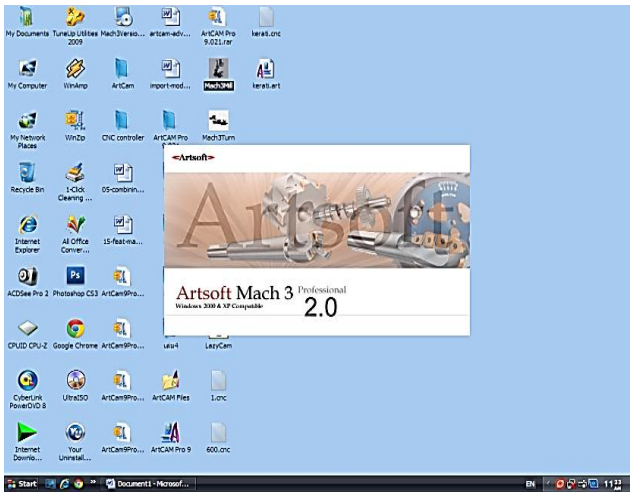
3 Check แกน X ไม่สามารถ หมุนฟรีได้
Check แกน Y ไม่สามารถ หมุนฟรีได้
Check แกน Z ไม่สามารถ หมุนฟรีได้

4 ทำการเขียน G-Code Program ใน Note Pad แล้วค่อย โหลดลงโปรแกรม

สามารถ หาข้อมูลจาก Internet เสริม

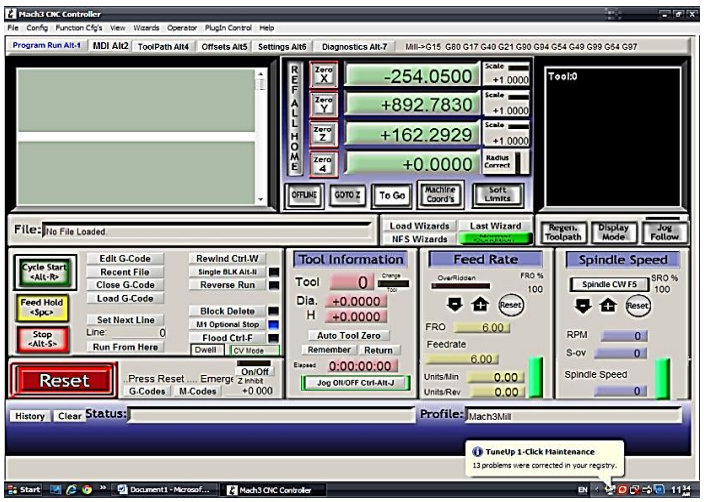
คู่มือการใช้โปรแกรม Mach 3 มีขั้นตอนการใช้โปรแกรมดังนี้

1) ดับเบิลคลิกที่โปรแกรม Mach 3Mill เพื่อเปิดเข้าไปยังหน้าต่างหน้าแรกของโปรแกรม Mach 3



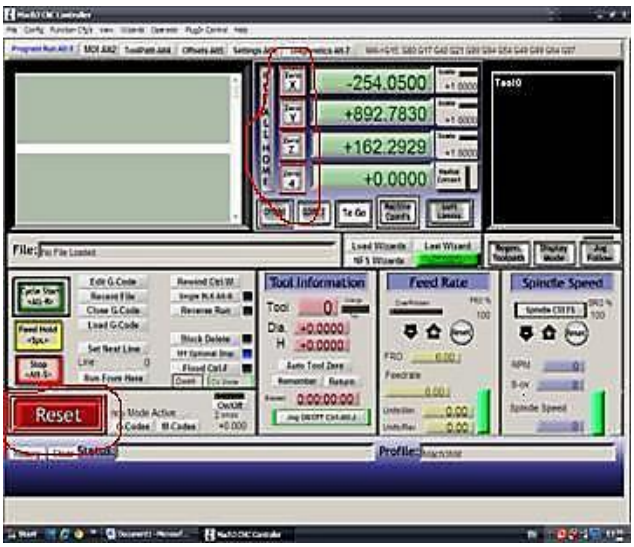
รูปที่ ก.1 ดับเบิลคลิกที่โปรแกรม Mach 3 Mill

2) จะมีหน้าต่างของโปรแกรม Mach 3 ขึ้นมา



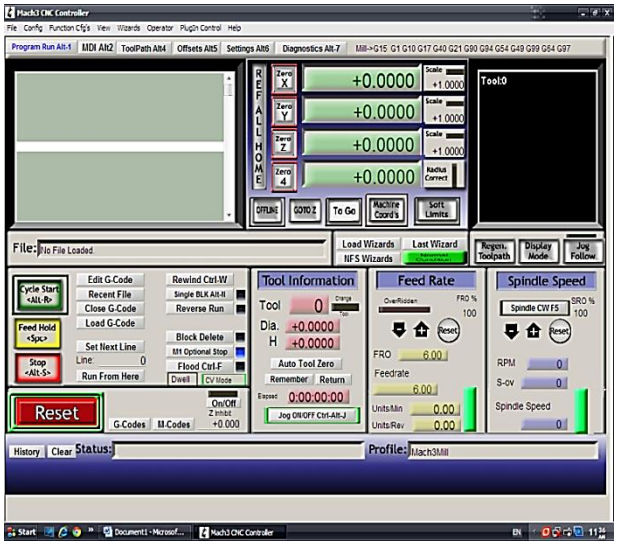
รูปที่ ก.2 หน้าต่างของโปรแกรม Mach 3

3) กดปุ่มคำว่า Reset แล้วคลิกที่ปุ่มคำว่า Zero X , Zero Y , Zero Z เพื่อทำการเซ็ตตัวเลขให้เป็น 0.000 ทุกแกน



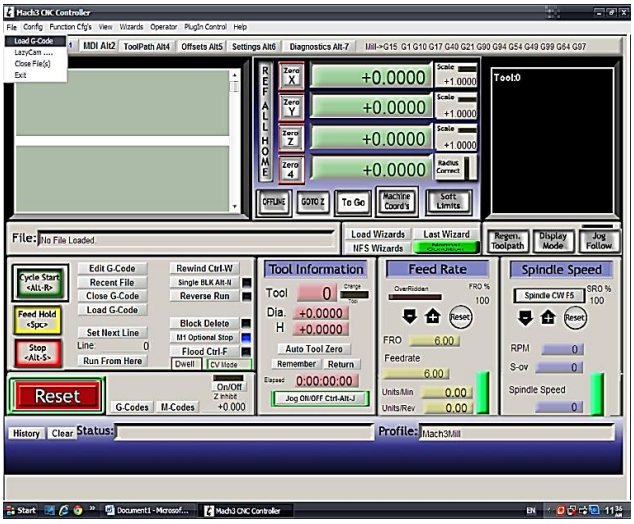
รูปที่ ก.3 กดคลิกที่ปุ่มคำว่า Reset เพื่อทำการเซ็ต 0.000 ทุกแกน

4) เมื่อทำการเซ็ตศูนย์ ทั้งหมดจะขึ้นหน้าต่างดังรูปต่อไปนี้



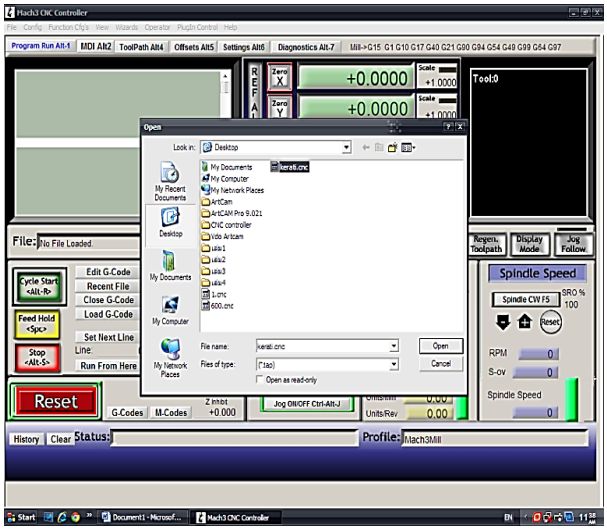
รูปที่ ก.4 หน้าต่างที่ทำการเซ็ตศูนย์

5) ให้กดไปที่ File แล้วให้กดไปที่ Load G-code เพื่อจะโหลด Load G-code ที่วาดไว้ขึ้นมาที่เขียนด้วยคำสั่ง G-code



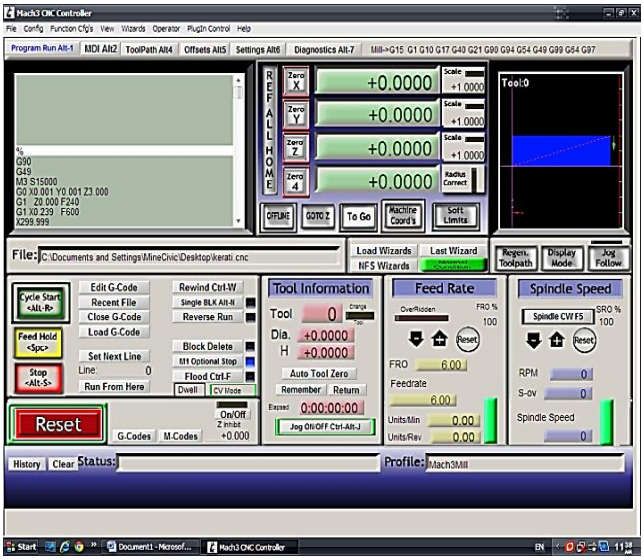
รูปที่ ก.5 กดไปที่ Load G-code เพื่อจะโหลด Load G-code

6) เมื่อคลิก Load G-code จะมีหน้าขึ้นมาให้เลือกชื่อไฟล์ที่บันทึกไว้แล้วกด Open ออกมา



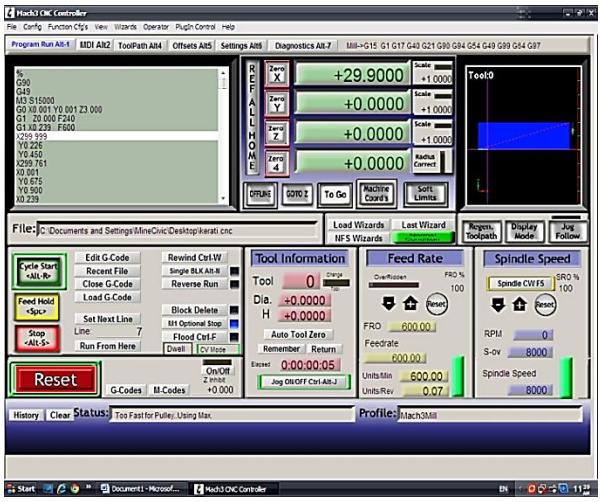
รูปที่ ก.6 คลิก Load G-code จะมีหน้าขึ้นมาให้เลือกชื่อไฟล์ที่บันทึกไว้แล้วกด Open ออกมา

7) เมื่อกด Open จะมีโค้ดขึ้นมาบนด้านซ้ายของหน้าต่างดังรูป



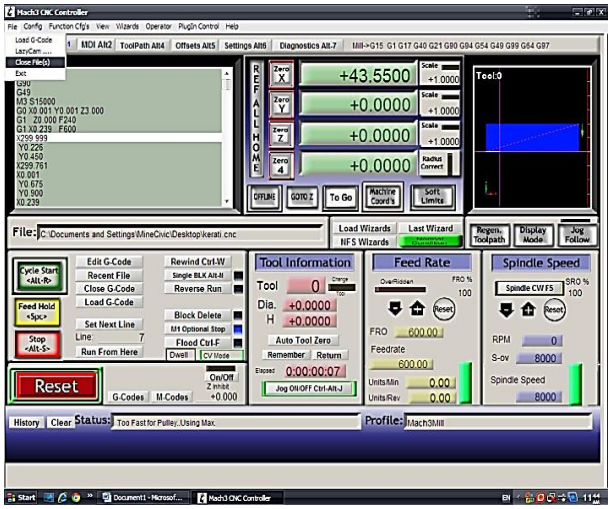
รูปที่ ก.7 เมื่อกด Open จะมีโค้ดขึ้นมาบนด้านซ้ายของหน้าต่าง

8) เมื่อมีโค้ดขึ้นมาแล้วตัวเลขที่แกนเป็นศูนย์หมดจากนั้นก็กดคำว่า Cycle Start <Alt-R>เพื่อทำการเริ่มรันโปรแกรมเพื่อกัดชิ้นงาน



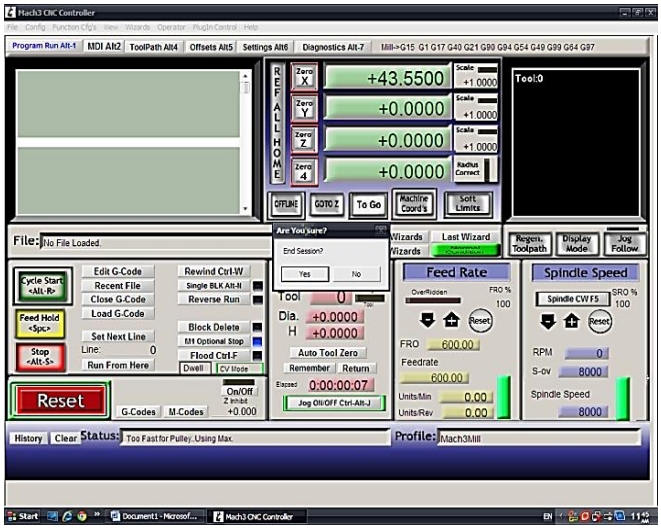
รูปที่ ก.8 เมื่อมีโค้ดขึ้นมาแล้วตัวเลขที่แกนเป็นศูนย์หมดจากนั้นก็กดคำว่า Cycle Start <Alt-R> เพื่อทำการเริ่มรันโปรแกรมเพื่อกัดชิ้นงาน

9) เมื่อกัดชิ้นงานเสร็จแล้วโปรแกรมก็จะหยุดทำงานจากนั้นก็ก็กดไปที่ File แล้วกดไปที่ Close file เพื่อทำการลบโค้ดออกก่อนที่จะกดออกโปรแกรม



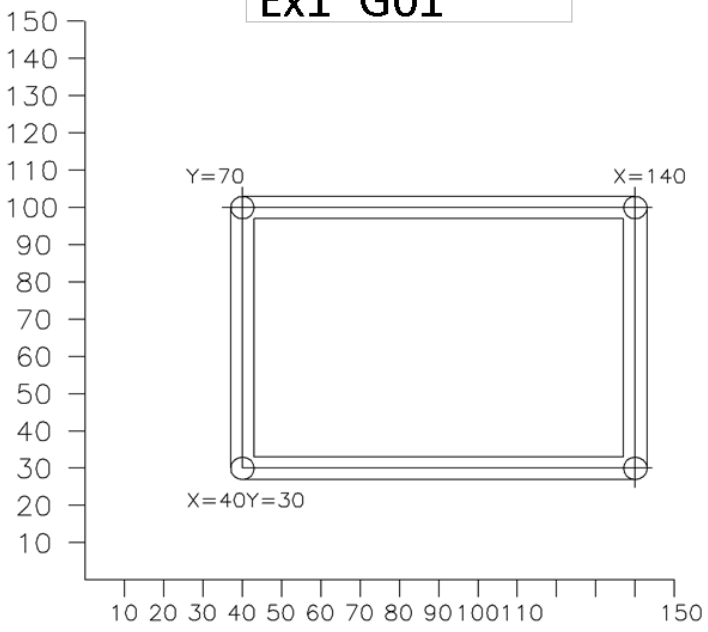
รูปที่ ก.9 การลบ Load G-code ออกจากโปรแกรมเมื่อใช้งานเสร็จ

10) ทำการคลิกที่กากบาทที่มุมบนขวาเพื่อจะออกโปรแกรมจะมีหน้าต่างขึ้นมาให้กดคำว่า Yes

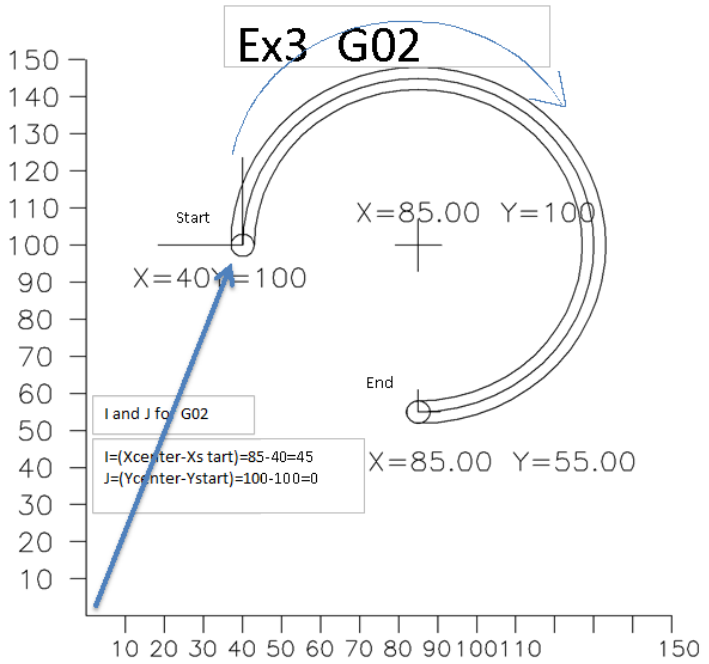


รูปที่ ก.10 การออกโปรแกรม Mach 3

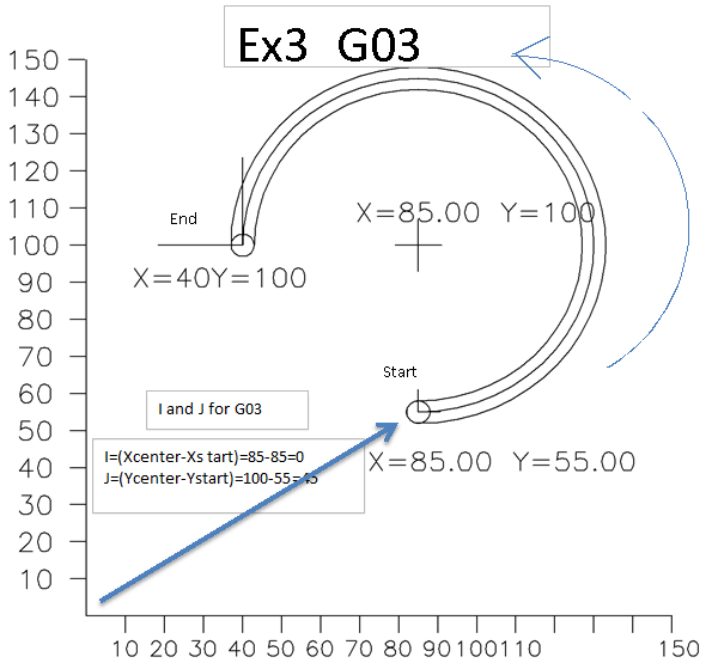
Ex1 G01



N	G	แกน			IJK Method						Other
		X	Y	Z	I	J	K	R	F	S	
	%										
1	G90										
2	G00	40	30								
3	G01			-5					100		
4	G01		70						500		
5		140									
6			30								
7		40									
8	G01			10					100		
	M02										
	%										



N	G	แกน			IJK Method						Other
		X	Y	Z	I	J	K	R	F	S	
1	G90										
2	G00	40	100								
3	G01			-5					100		
4	G02	85	55		45	0			500		
5	G01			10					100		
6	G00	0	0								
7	M02										
	%										



N	G	แกน			IJK Method						Other
		X	Y	Z	I	J	K	R	F	S	
1	G90										
2	G00	85	55								
3	G01			-5					100		
4	G03	40	100		0	45			500		
5	G01			10					100		
6	G00	0	0								
7	M02										

APPENDIX 2

PROPERTY TABLES AND CHARTS (ENGLISH UNITS)

Table A–1E Molar mass, gas constant, and critical-point properties

Table A–2E Ideal-gas specific heats of various common gases

Table A–3E Properties of common liquids, solids, and foods

Table A–4E Saturated water—Temperature table

Table A–5E Saturated water—Pressure table

Table A–6E Superheated water

Table A–7E Compressed liquid water

Table A–8E Saturated ice–water vapor

Figure A–9E *T-s* diagram for water

Figure A–10E Mollier diagram for water

Table A–11E Saturated refrigerant-134a—Temperature table

Table A–12E Saturated refrigerant-134a—Pressure table

Table A–13E Superheated refrigerant-134a

Figure A–14E *P-h* diagram for refrigerant-134a

Table A–16E Properties of the atmosphere at high altitude

Table A–17E Ideal-gas properties of air

Table A–18E Ideal-gas properties of nitrogen, N_2

Table A–19E Ideal-gas properties of oxygen, O_2

Table A–20E Ideal-gas properties of carbon dioxide, CO_2

Table A–21E Ideal-gas properties of carbon monoxide, CO

Table A–22E Ideal-gas properties of hydrogen, H_2

Table A–23E Ideal-gas properties of water vapor, H_2O

Table A–26E Enthalpy of formation, Gibbs function of formation, and absolute entropy at 77°C, 1 atm

Table A–27E Properties of some common fuels and hydrocarbons

Figure A–31E Psychrometric chart at 1 atm total pressure

TABLE A–1E

Molar mass, gas constant, and critical-point properties

Substance	Formula	Molar mass, M lbm/lbmol	Gas constant, R Btu/lbm·R*	Gas constant, R psia·ft^3/lbm·R*	Critical-point properties: Temperature, R	Pressure, psia	Volume, ft^3/lbmol
Air	—	28.97	0.06855	0.3704	238.5	547	1.41
Ammonia	NH_3	17.03	0.1166	0.6301	729.8	1636	1.16
Argon	Ar	39.948	0.04971	0.2686	272	705	1.20
Benzene	C_6H_6	78.115	0.02542	0.1374	1012	714	4.17
Bromine	Br_2	159.808	0.01243	0.06714	1052	1500	2.17
n-Butane	C_4H_{10}	58.124	0.03417	0.1846	765.2	551	4.08
Carbon dioxide	CO_2	44.01	0.04513	0.2438	547.5	1071	1.51
Carbon monoxide	CO	28.011	0.07090	0.3831	240	507	1.49
Carbon tetrachloride	CCl_4	153.82	0.01291	0.06976	1001.5	661	4.42
Chlorine	Cl_2	70.906	0.02801	0.1517	751	1120	1.99
Chloroform	$CHCl_3$	119.38	0.01664	0.08988	965.8	794	3.85
Dichlorodifluoromethane (R-12)	CCl_2F_2	120.91	0.01643	0.08874	692.4	582	3.49
Dichlorofluoromethane (R-21)	$CHCl_2F$	102.92	0.01930	0.1043	813.0	749	3.16
Ethane	C_2H_6	30.020	0.06616	0.3574	549.8	708	2.37
Ethyl alcohol	C_2H_5OH	46.07	0.04311	0.2329	929.0	926	2.68
Ethylene	C_2H_4	28.054	0.07079	0.3825	508.3	742	1.99
Helium	He	4.003	0.4961	2.6809	9.5	33.2	0.926
n-Hexane	C_6H_{14}	86.178	0.02305	0.1245	914.2	439	5.89
Hydrogen (normal)	H_2	2.016	0.9851	5.3224	59.9	188.1	1.04
Krypton	Kr	83.80	0.02370	0.1280	376.9	798	1.48
Methane	CH_4	16.043	0.1238	0.6688	343.9	673	1.59
Methyl alcohol	CH_3OH	32.042	0.06198	0.3349	923.7	1154	1.89
Methyl chloride	CH_3Cl	50.488	0.03934	0.2125	749.3	968	2.29
Neon	Ne	20.183	0.09840	0.5316	80.1	395	0.668
Nitrogen	N_2	28.013	0.07090	0.3830	227.1	492	1.44
Nitrous oxide	N_2O	44.013	0.04512	0.2438	557.4	1054	1.54
Oxygen	O_2	31.999	0.06206	0.3353	278.6	736	1.25
Propane	C_3H_8	44.097	0.04504	0.2433	665.9	617	3.20
Propylene	C_3H_6	42.081	0.04719	0.2550	656.9	670	2.90
Sulfur dioxide	SO_2	64.063	0.03100	1.1675	775.2	1143	1.95
Tetrafluoroethane (R-134a)	CF_3CH_2F	102.03	0.01946	0.1052	673.6	588.7	3.19
Trichlorofluoromethane (R-11)	CCl_3F	137.37	0.01446	0.07811	848.1	635	3.97
Water	H_2O	18.015	0.1102	0.5956	1164.8	3200	0.90
Xenon	Xe	131.30	0.01513	0.08172	521.55	852	1.90

*Calculated from $R = R_u/M$, where $R_u = 1.98588$ Btu/lbmol·R $= 10.7316$ psia·ft^3/lbmol·R and M is the molar mass.

Source: K. A. Kobe and R. E. Lynn, Jr., *Chemical Review* 52 (1953), pp. 117–236, and ASHRAE, *Handbook of Fundamentals* (Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1993), pp. 16.4 and 36.1.

TABLE A–2E

Ideal-gas specific heats of various common gases
(*a*) At 80°F

Gas	Formula	Gas constant, R Btu/lbm·R	c_p Btu/lbm·R	c_v Btu/lbm·R	k
Air	—	0.06855	0.240	0.171	1.400
Argon	Ar	0.04971	0.1253	0.0756	1.667
Butane	C_4H_{10}	0.03424	0.415	0.381	1.09
Carbon dioxide	CO_2	0.04513	0.203	0.158	1.285
Carbon monoxide	CO	0.07090	0.249	0.178	1.399
Ethane	C_2H_6	0.06616	0.427	0.361	1.183
Ethylene	C_2H_4	0.07079	0.411	0.340	1.208
Helium	He	0.4961	1.25	0.753	1.667
Hydrogen	H_2	0.9851	3.43	2.44	1.404
Methane	CH_4	0.1238	0.532	0.403	1.32
Neon	Ne	0.09840	0.246	0.1477	1.667
Nitrogen	N_2	0.07090	0.248	0.177	1.400
Octane	C_8H_{18}	0.01742	0.409	0.392	1.044
Oxygen	O_2	0.06206	0.219	0.157	1.395
Propane	C_3H_8	0.04504	0.407	0.362	1.124
Steam	H_2O	0.1102	0.445	0.335	1.329

Source: Gordon J. Van Wylen and Richard E. Sonntag, *Fundamentals of Classical Thermodynamics*, English/SI Version, 3rd ed. (New York: John Wiley & Sons, 1986), p. 687, Table A–8E.

TABLE A–2E

Ideal-gas specific heats of various common gases (*Continued*)
(*b*) At various temperatures

Temp., °F	c_p Btu/lbm·R	c_v Btu/lbm·R	k	c_p Btu/lbm·R	c_v Btu/lbm·R	k	c_p Btu/lbm·R	c_v Btu/lbm·R	k
	Air			*Carbon dioxide, CO_2*			*Carbon monoxide, CO*		
40	0.240	0.171	1.401	0.195	0.150	1.300	0.248	0.177	1.400
100	0.240	0.172	1.400	0.205	0.160	1.283	0.249	0.178	1.399
200	0.241	0.173	1.397	0.217	0.172	1.262	0.249	0.179	1.397
300	0.243	0.174	1.394	0.229	0.184	1.246	0.251	0.180	1.394
400	0.245	0.176	1.389	0.239	0.193	1.233	0.253	0.182	1.389
500	0.248	0.179	1.383	0.247	0.202	1.223	0.256	0.185	1.384
600	0.250	0.182	1.377	0.255	0.210	1.215	0.259	0.188	1.377
700	0.254	0.185	1.371	0.262	0.217	1.208	0.262	0.191	1.371
800	0.257	0.188	1.365	0.269	0.224	1.202	0.266	0.195	1.364
900	0.259	0.191	1.358	0.275	0.230	1.197	0.269	0.198	1.357
1000	0.263	0.195	1.353	0.280	0.235	1.192	0.273	0.202	1.351
1500	0.276	0.208	1.330	0.298	0.253	1.178	0.287	0.216	1.328
2000	0.286	0.217	1.312	0.312	0.267	1.169	0.297	0.226	1.314
	Hydrogen, H_2			*Nitrogen, N_2*			*Oxygen, O_2*		
40	3.397	2.412	1.409	0.248	0.177	1.400	0.219	0.156	1.397
100	3.426	2.441	1.404	0.248	0.178	1.399	0.220	0.158	1.394
200	3.451	2.466	1.399	0.249	0.178	1.398	0.223	0.161	1.387
300	3.461	2.476	1.398	0.250	0.179	1.396	0.226	0.164	1.378
400	3.466	2.480	1.397	0.251	0.180	1.393	0.230	0.168	1.368
500	3.469	2.484	1.397	0.254	0.183	1.388	0.235	0.173	1.360
600	3.473	2.488	1.396	0.256	0.185	1.383	0.239	0.177	1.352
700	3.477	2.492	1.395	0.260	0.189	1.377	0.242	0.181	1.344
800	3.494	2.509	1.393	0.262	0.191	1.371	0.246	0.184	1.337
900	3.502	2.519	1.392	0.265	0.194	1.364	0.249	0.187	1.331
1000	3.513	2.528	1.390	0.269	0.198	1.359	0.252	0.190	1.326
1500	3.618	2.633	1.374	0.283	0.212	1.334	0.263	0.201	1.309
2000	3.758	2.773	1.355	0.293	0.222	1.319	0.270	0.208	1.298

Note: The unit Btu/lbm·R is equivalent to Btu/lbm·°F.

Source: Kenneth Wark, *Thermodynamics*, 4th ed. (New York: McGraw-Hill, 1983), p. 830, Table A–4. Originally published in *Tables of Properties of Gases*, NBS Circular 564, 1955.

TABLE A–2E

Ideal-gas specific heats of various common gases (*Concluded*)
(*c*) As a function of temperature

$$\bar{c}_p = a + bT + cT^2 + dT^3$$
(T in R, c_p in Btu/lbmol·R)

Substance	Formula	a	b	c	d	Temperature range, R	% error Max.	% error Avg.
Nitrogen	N_2	6.903	-0.02085×10^{-2}	0.05957×10^{-5}	-0.1176×10^{-9}	491-3240	0.59	0.34
Oxygen	O_2	6.085	0.2017×10^{-2}	-0.05275×10^{-5}	0.05372×10^{-9}	491-3240	1.19	0.28
Air	—	6.713	0.02609×10^{-2}	0.03540×10^{-5}	-0.08052×10^{-9}	491-3240	0.72	0.33
Hydrogen	H_2	6.952	-0.02542×10^{-2}	0.02952×10^{-5}	-0.03565×10^{-9}	491-3240	1.02	0.26
Carbon monoxide	CO	6.726	0.02222×10^{-2}	0.03960×10^{-5}	-0.09100×10^{-9}	491-3240	0.89	0.37
Carbon dioxide	CO_2	5.316	0.79361×10^{-2}	-0.2581×10^{-5}	0.3059×10^{-9}	491-3240	0.67	0.22
Water vapor	H_2O	7.700	0.02552×10^{-2}	0.07781×10^{-5}	-0.1472×10^{-9}	491-3240	0.53	0.24
Nitric oxide	NO	7.008	-0.01247×10^{-2}	0.07185×10^{-5}	-0.1715×10^{-9}	491-2700	0.97	0.36
Nitrous oxide	N_2O	5.758	0.7780×10^{-2}	-0.2596×10^{-5}	0.4331×10^{-9}	491-2700	0.59	0.26
Nitrogen dioxide	NO_2	5.48	0.7583×10^{-2}	-0.260×10^{-5}	0.322×10^{-9}	491-2700	0.46	0.18
Ammonia	NH_3	6.5846	0.34028×10^{-2}	0.073034×10^{-5}	-0.27402×10^{-9}	491-2700	0.91	0.36
Sulfur	S_2	6.499	0.2943×10^{-2}	-0.1200×10^{-5}	0.1632×10^{-9}	491-3240	0.99	0.38
Sulfur dioxide	SO_2	6.157	0.7689×10^{-2}	-0.2810×10^{-5}	0.3527×10^{-9}	491-3240	0.45	0.24
Sulfur trioxide	SO_3	3.918	1.935×10^{-2}	-0.8256×10^{-5}	1.328×10^{-9}	491-2340	0.29	0.13
Acetylene	C_2H_2	5.21	1.2227×10^{-2}	-0.4812×10^{-5}	0.7457×10^{-9}	491-2700	1.46	0.59
Benzene	C_6H_6	−8.650	6.4322×10^{-2}	-2.327×10^{-5}	3.179×10^{-9}	491-2700	0.34	0.20
Methanol	CH_4O	4.55	1.214×10^{-2}	-0.0898×10^{-5}	-0.329×10^{-9}	491-1800	0.18	0.08
Ethanol	C_2H_6O	4.75	2.781×10^{-2}	-0.7651×10^{-5}	0.821×10^{-9}	491-2700	0.40	0.22
Hydrogen chloride	HCl	7.244	-0.1011×10^{-2}	0.09783×10^{-5}	-0.1776×10^{-9}	491-2740	0.22	0.08
Methane	CH_4	4.750	0.6666×10^{-2}	0.09352×10^{-5}	-0.4510×10^{-9}	491-2740	1.33	0.57
Ethane	C_2H_6	1.648	2.291×10^{-2}	-0.4722×10^{-5}	0.2984×10^{-9}	491-2740	0.83	0.28
Propane	C_3H_8	−0.966	4.044×10^{-2}	-1.159×10^{-5}	1.300×10^{-9}	491-2740	0.40	0.12
n-Butane	C_4H_{10}	0.945	4.929×10^{-2}	-1.352×10^{-5}	1.433×10^{-9}	491-2740	0.54	0.24
i-Butane	C_4H_{10}	−1.890	5.520×10^{-2}	-1.696×10^{-5}	2.044×10^{-9}	491-2740	0.25	0.13
n-Pentane	C_5H_{12}	1.618	6.028×10^{-2}	-1.656×10^{-5}	1.732×10^{-9}	491-2740	0.56	0.21
n-Hexane	C_6H_{14}	1.657	7.328×10^{-2}	-2.112×10^{-5}	2.363×10^{-9}	491-2740	0.72	0.20
Ethylene	C_2H_4	0.944	2.075×10^{-2}	-0.6151×10^{-5}	0.7326×10^{-9}	491-2740	0.54	0.13
Propylene	C_3H_6	0.753	3.162×10^{-2}	-0.8981×10^{-5}	1.008×10^{-9}	491-2740	0.73	0.17

Source: Chemical and Process Thermodynamics 3/E by Kyle, B. G., © 2000. Adapted by permission of Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, NJ.

TABLE A–3E

Properties of common liquids, solids, and foods
(*a*) Liquids

	Boiling data at 1 atm		*Freezing data*		*Liquid properties*		
Substance	Normal boiling point, °F	Latent heat of vaporization, h_{fg} Btu/lbm	Freezing point, °F	Latent heat of fusion, h_{if} Btu/lbm	Temperature, °F	Density, ρ lbm/ft^3	Specific heat, c_p Btu/lbm·R
Ammonia	−27.9	24.54	−107.9	138.6	−27.9	42.6	1.06
					0	41.3	1.083
					40	39.5	1.103
					80	37.5	1.135
Argon	−302.6	69.5	−308.7	12.0	−302.6	87.0	0.272
Benzene	176.4	169.4	41.9	54.2	68	54.9	0.411
Brine (20% sodium chloride by mass)	219.0	—	0.7	—	68	71.8	0.743
n-Butane	31.1	165.6	−217.3	34.5	31.1	37.5	0.552
Carbon dioxide	−109.2*	99.6 (at 32°F)	−69.8	—	32	57.8	0.583
Ethanol	172.8	360.5	−173.6	46.9	77	48.9	0.588
Ethyl alcohol	173.5	368	−248.8	46.4	68	49.3	0.678
Ethylene glycol	388.6	344.0	12.6	77.9	68	69.2	0.678
Glycerine	355.8	419	66.0	86.3	68	78.7	0.554
Helium	−452.1	9.80	—	—	−452.1	9.13	5.45
Hydrogen	−423.0	191.7	−434.5	25.6	−423.0	4.41	2.39
Isobutane	10.9	157.8	−255.5	45.5	10.9	37.1	0.545
Kerosene	399–559	108	−12.8	—	68	51.2	0.478
Mercury	674.1	126.7	−38.0	4.90	77	847	0.033
Methane	−258.7	219.6	296.0	25.1	−258.7	26.4	0.834
					−160	20.0	1.074
Methanol	148.1	473	−143.9	42.7	77	49.1	0.609
Nitrogen	−320.4	85.4	−346.0	10.9	−320.4	50.5	0.492
					−260	38.2	0.643
Octane	256.6	131.7	−71.5	77.9	68	43.9	0.502
Oil (light)	—	—			77	56.8	0.430
Oxygen	−297.3	91.5	−361.8	5.9	−297.3	71.2	0.408
Petroleum	—	99–165			68	40.0	0.478
Propane	−43.7	184.0	−305.8	34.4	−43.7	36.3	0.538
					32	33.0	0.604
					100	29.4	0.673
Refrigerant-134a	−15.0	93.3	−141.9	—	−40	88.5	0.283
					−15	86.0	0.294
					32	80.9	0.318
					90	73.6	0.348
Water	212	970.1	32	143.5	32	62.4	1.01
					90	62.1	1.00
					150	61.2	1.00
					212	59.8	1.01

*Sublimation temperature. (At pressures below the triple-point pressure of 75.1 psia, carbon dioxide exists as a solid or gas. Also, the freezing-point temperature of carbon dioxide is the triple-point temperature of −69.8°F.)

TABLE A–3E

Properties of common liquids, solids, and foods (*Concluded*)
(*b*) Solids (values are for room temperature unless indicated otherwise)

Substance	Density, ρ lbm/ft^3	Specific heat, c_p Btu/lbm·R
Metals		
Aluminum		
−100°F		0.192
32°F		0.212
100°F	170	0.218
200°F		0.224
300°F		0.229
400°F		0.235
500°F		0.240
Bronze (76% Cu, 2% Zn, 2% Al)	517	0.0955
Brass, yellow (65% Cu, 35% Zn)	519	0.0955
Copper		
−60°F		0.0862
0°F		0.0893
100°F	555	0.0925
200°F		0.0938
390°F		0.0963
Iron	490	0.107
Lead	705	0.030
Magnesium	108	0.239
Nickel	555	0.105
Silver	655	0.056
Steel, mild	489	0.119
Tungsten	1211	0.031
Nonmetals		
Asphalt	132	0.220
Brick, common	120	0.189
Brick, fireclay (500°C)	144	0.229
Concrete	144	0.156
Clay	62.4	0.220
Diamond	151	0.147
Glass, window	169	0.191
Glass, pyrex	139	0.200
Graphite	156	0.170
Granite	169	0.243
Gypsum or plaster board	50	0.260
Ice		
−50°F		0.424
0°F		0.471
20°F		0.491
32°F	57.5	0.502
Limestone	103	0.217
Marble	162	0.210
Plywood (Douglas fir)	34.0	
Rubber (soft)	68.7	
Rubber (hard)	71.8	
Sand	94.9	
Stone	93.6	
Woods, hard (maple, oak, etc.)	45.0	
Woods, soft (fir, pine, etc.)	32.0	

(*c*) Foods

Food	Water content, % (mass)	Freezing point, °F	*Specific heat,* Btu/lbm·R		Latent heat of fusion, Btu/lbm
			Above freezing	Below freezing	
Apples	84	30	0.873	0.453	121
Bananas	75	31	0.801	0.426	108
Beef round	67	—	0.737	0.402	96
Broccoli	90	31	0.921	0.471	129
Butter	16	—	—	0.249	23
Cheese, Swiss	39	14	0.513	0.318	56
Cherries	80	29	0.841	0.441	115
Chicken	74	27	0.793	0.423	106
Corn, sweet	74	31	0.793	0.423	106
Eggs, whole	74	31	0.793	0.423	106
Ice cream	63	22	0.705	0.390	90
Lettuce	95	32	0.961	0.487	136
Milk, whole	88	31	0.905	0.465	126
Oranges	87	31	0.897	0.462	125
Potatoes	78	31	0.825	0.435	112
Salmon fish	64	28	0.713	0.393	92
Shrimp	83	28	0.865	0.450	119
Spinach	93	31	0.945	0.481	134
Strawberries	90	31	0.921	0.471	129
Tomatoes, ripe	94	31	0.953	0.484	135
Turkey	64	—	0.713	0.393	92
Watermelon	93	31	0.945	0.481	134

Source: Values are obtained from various handbooks and other sources or are calculated. Water content and freezing-point data of foods are from ASHRAE, *Handbook of Fundamentals*, I-P version (Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1993), Chap. 30, Table 1. Freezing point is the temperature at which freezing starts for fruits and vegetables, and the average freezing temperature for other foods.

TABLE A–4E

Saturated water—Temperature table

		Specific volume, ft³/lbm		*Internal energy,* Btu/lbm			*Enthalpy,* Btu/lbm			*Entropy,* Btu/lbm·R		
Temp., T °F	Sat. press., P_{sat} psia	Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, h_f	Evap., h_{fg}	Sat. vapor, h_g	Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
32.018	0.08871	0.01602	3299.9	0.000	1021.0	1021.0	0.000	1075.2	1075.2	0.00000	2.18672	2.1867
35	0.09998	0.01602	2945.7	3.004	1019.0	1022.0	3.004	1073.5	1076.5	0.00609	2.17011	2.1762
40	0.12173	0.01602	2443.6	8.032	1015.6	1023.7	8.032	1070.7	1078.7	0.01620	2.14271	2.1589
45	0.14756	0.01602	2035.8	13.05	1012.2	1025.3	13.05	1067.8	1080.9	0.02620	2.11587	2.1421
50	0.17812	0.01602	1703.1	18.07	1008.9	1026.9	18.07	1065.0	1083.1	0.03609	2.08956	2.1256
55	0.21413	0.01603	1430.4	23.07	1005.5	1028.6	23.07	1062.2	1085.3	0.04586	2.06377	2.1096
60	0.25638	0.01604	1206.1	28.08	1002.1	1030.2	28.08	1059.4	1087.4	0.05554	2.03847	2.0940
65	0.30578	0.01604	1020.8	33.08	998.76	1031.8	33.08	1056.5	1089.6	0.06511	2.01366	2.0788
70	0.36334	0.01605	867.18	38.08	995.39	1033.5	38.08	1053.7	1091.8	0.07459	1.98931	2.0639
75	0.43016	0.01606	739.27	43.07	992.02	1035.1	43.07	1050.9	1093.9	0.08398	1.96541	2.0494
80	0.50745	0.01607	632.41	48.06	988.65	1036.7	48.07	1048.0	1096.1	0.09328	1.94196	2.0352
85	0.59659	0.01609	542.80	53.06	985.28	1038.3	53.06	1045.2	1098.3	0.10248	1.91892	2.0214
90	0.69904	0.01610	467.40	58.05	981.90	1040.0	58.05	1042.4	1100.4	0.11161	1.89630	2.0079
95	0.81643	0.01612	403.74	63.04	978.52	1041.6	63.04	1039.5	1102.6	0.12065	1.87408	1.9947
100	0.95052	0.01613	349.83	68.03	975.14	1043.2	68.03	1036.7	1104.7	0.12961	1.85225	1.9819
110	1.2767	0.01617	264.96	78.01	968.36	1046.4	78.02	1031.0	1109.0	0.14728	1.80970	1.9570
120	1.6951	0.01620	202.94	88.00	961.56	1049.6	88.00	1025.2	1113.2	0.16466	1.76856	1.9332
130	2.2260	0.01625	157.09	97.99	954.73	1052.7	97.99	1019.4	1117.4	0.18174	1.72877	1.9105
140	2.8931	0.01629	122.81	107.98	947.87	1055.9	107.99	1013.6	1121.6	0.19855	1.69024	1.8888
150	3.7234	0.01634	96.929	117.98	940.98	1059.0	117.99	1007.8	1125.7	0.21508	1.65291	1.8680
160	4.7474	0.01639	77.185	127.98	934.05	1062.0	128.00	1001.8	1129.8	0.23136	1.61670	1.8481
170	5.9999	0.01645	61.982	138.00	927.08	1065.1	138.02	995.88	1133.9	0.24739	1.58155	1.8289
180	7.5197	0.01651	50.172	148.02	920.06	1068.1	148.04	989.85	1137.9	0.26318	1.54741	1.8106
190	9.3497	0.01657	40.920	158.05	912.99	1071.0	158.08	983.76	1141.8	0.27874	1.51421	1.7930
200	11.538	0.01663	33.613	168.10	905.87	1074.0	168.13	977.60	1145.7	0.29409	1.48191	1.7760
210	14.136	0.01670	27.798	178.15	898.68	1076.8	178.20	971.35	1149.5	0.30922	1.45046	1.7597
212	14.709	0.01671	26.782	180.16	897.24	1077.4	180.21	970.09	1150.3	0.31222	1.44427	1.7565
220	17.201	0.01677	23.136	188.22	891.43	1079.6	188.28	965.02	1153.3	0.32414	1.41980	1.7439
230	20.795	0.01684	19.374	198.31	884.10	1082.4	198.37	958.59	1157.0	0.33887	1.38989	1.7288
240	24.985	0.01692	16.316	208.41	876.70	1085.1	208.49	952.06	1160.5	0.35342	1.36069	1.7141
250	29.844	0.01700	13.816	218.54	869.21	1087.7	218.63	945.41	1164.0	0.36779	1.33216	1.6999
260	35.447	0.01708	11.760	228.68	861.62	1090.3	228.79	938.65	1167.4	0.38198	1.30425	1.6862
270	41.877	0.01717	10.059	238.85	853.94	1092.8	238.98	931.76	1170.7	0.39601	1.27694	1.6730
280	49.222	0.01726	8.6439	249.04	846.16	1095.2	249.20	924.74	1173.9	0.40989	1.25018	1.6601
290	57.573	0.01735	7.4607	259.26	838.27	1097.5	259.45	917.57	1177.0	0.42361	1.22393	1.6475
300	67.028	0.01745	6.4663	269.51	830.25	1099.8	269.73	910.24	1180.0	0.43720	1.19818	1.6354
310	77.691	0.01755	5.6266	279.79	822.11	1101.9	280.05	902.75	1182.8	0.45065	1.17289	1.6235
320	89.667	0.01765	4.9144	290.11	813.84	1104.0	290.40	895.09	1185.5	0.46396	1.14802	1.6120
330	103.07	0.01776	4.3076	300.46	805.43	1105.9	300.80	887.25	1188.1	0.47716	1.12355	1.6007
340	118.02	0.01787	3.7885	310.85	796.87	1107.7	311.24	879.22	1190.5	0.49024	1.09945	1.5897
350	134.63	0.01799	3.3425	321.29	788.16	1109.4	321.73	870.98	1192.7	0.50321	1.07570	1.5789
360	153.03	0.01811	2.9580	331.76	779.28	1111.0	332.28	862.53	1194.8	0.51607	1.05227	1.5683
370	173.36	0.01823	2.6252	342.29	770.23	1112.5	342.88	853.86	1196.7	0.52884	1.02914	1.5580
380	195.74	0.01836	2.3361	352.87	761.00	1113.9	353.53	844.96	1198.5	0.54152	1.00628	1.5478
390	220.33	0.01850	2.0842	363.50	751.58	1115.1	364.25	835.81	1200.1	0.55411	0.98366	1.5378

TABLE A–4E

Saturated water—Temperature table (*Concluded*)

		Specific volume, ft³/lbm		*Internal energy,* Btu/lbm			*Enthalpy,* Btu/lbm			*Entropy,* Btu/lbm·R		
Temp., T °F	Sat. press., P_{sat} psia	Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, h_f	Evap., h_{fg}	Sat. vapor, h_g	Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
400	247.26	0.01864	1.8639	374.19	741.97	1116.2	375.04	826.39	1201.4	0.56663	0.96127	1.5279
410	276.69	0.01878	1.6706	384.94	732.14	1117.1	385.90	816.71	1202.6	0.57907	0.93908	1.5182
420	308.76	0.01894	1.5006	395.76	722.08	1117.8	396.84	806.74	1203.6	0.59145	0.91707	1.5085
430	343.64	0.01910	1.3505	406.65	711.80	1118.4	407.86	796.46	1204.3	0.60377	0.89522	1.4990
440	381.49	0.01926	1.2178	417.61	701.26	1118.9	418.97	785.87	1204.8	0.61603	0.87349	1.4895
450	422.47	0.01944	1.0999	428.66	690.47	1119.1	430.18	774.94	1205.1	0.62826	0.85187	1.4801
460	466.75	0.01962	0.99510	439.79	679.39	1119.2	441.48	763.65	1205.1	0.64044	0.83033	1.4708
470	514.52	0.01981	0.90158	451.01	668.02	1119.0	452.90	751.98	1204.9	0.65260	0.80885	1.4615
480	565.96	0.02001	0.81794	462.34	656.34	1118.7	464.43	739.91	1204.3	0.66474	0.78739	1.4521
490	621.24	0.02022	0.74296	473.77	644.32	1118.1	476.09	727.40	1203.5	0.67686	0.76594	1.4428
500	680.56	0.02044	0.67558	485.32	631.94	1117.3	487.89	714.44	1202.3	0.68899	0.74445	1.4334
510	744.11	0.02067	0.61489	496.99	619.17	1116.2	499.84	700.99	1200.8	0.70112	0.72290	1.4240
520	812.11	0.02092	0.56009	508.80	605.99	1114.8	511.94	687.01	1199.0	0.71327	0.70126	1.4145
530	884.74	0.02118	0.51051	520.76	592.35	1113.1	524.23	672.47	1196.7	0.72546	0.67947	1.4049
540	962.24	0.02146	0.46553	532.88	578.23	1111.1	536.70	657.31	1194.0	0.73770	0.65751	1.3952
550	1044.8	0.02176	0.42465	545.18	563.58	1108.8	549.39	641.47	1190.9	0.75000	0.63532	1.3853
560	1132.7	0.02207	0.38740	557.68	548.33	1106.0	562.31	624.91	1187.2	0.76238	0.61284	1.3752
570	1226.2	0.02242	0.35339	570.40	532.45	1102.8	575.49	607.55	1183.0	0.77486	0.59003	1.3649
580	1325.5	0.02279	0.32225	583.37	515.84	1099.2	588.95	589.29	1178.2	0.78748	0.56679	1.3543
590	1430.8	0.02319	0.29367	596.61	498.43	1095.0	602.75	570.04	1172.8	0.80026	0.54306	1.3433
600	1542.5	0.02362	0.26737	610.18	480.10	1090.3	616.92	549.67	1166.6	0.81323	0.51871	1.3319
610	1660.9	0.02411	0.24309	624.11	460.73	1084.8	631.52	528.03	1159.5	0.82645	0.49363	1.3201
620	1786.2	0.02464	0.22061	638.47	440.14	1078.6	646.62	504.92	1151.5	0.83998	0.46765	1.3076
630	1918.9	0.02524	0.19972	653.35	418.12	1071.5	662.32	480.07	1142.4	0.85389	0.44056	1.2944
640	2059.3	0.02593	0.18019	668.86	394.36	1063.2	678.74	453.14	1131.9	0.86828	0.41206	1.2803
650	2207.8	0.02673	0.16184	685.16	368.44	1053.6	696.08	423.65	1119.7	0.88332	0.38177	1.2651
660	2364.9	0.02767	0.14444	702.48	339.74	1042.2	714.59	390.84	1105.4	0.89922	0.34906	1.2483
670	2531.2	0.02884	0.12774	721.23	307.22	1028.5	734.74	353.54	1088.3	0.91636	0.31296	1.2293
680	2707.3	0.03035	0.11134	742.11	269.00	1011.1	757.32	309.57	1066.9	0.93541	0.27163	1.2070
690	2894.1	0.03255	0.09451	766.81	220.77	987.6	784.24	253.96	1038.2	0.95797	0.22089	1.1789
700	3093.0	0.03670	0.07482	801.75	146.50	948.3	822.76	168.32	991.1	0.99023	0.14514	1.1354
705.10	3200.1	0.04975	0.04975	866.61	0	866.6	896.07	0	896.1	1.05257	0	1.0526

Source: Tables A–4E through A–8E are generated using the Engineering Equation Solver (EES) software developed by S. A. Klein and F. L. Alvarado. The routine used in calculations is the highly accurate Steam_IAPWS, which incorporates the 1995 Formulation for the Thermodynamic Properties of Ordinary Water Substance for General and Scientific Use, issued by The International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS). This formulation replaces the 1984 formulation of Haar, Gallagher, and Kell (NBS/NRC Steam Tables, Hemisphere Publishing Co., 1984), which is also available in EES as the routine STEAM. The new formulation is based on the correlations of Saul and Wagner (J. Phys. Chem. Ref. Data, 16, 893, 1987) with modifications to adjust to the International Temperature Scale of 1990. The modifications are described by Wagner and Pruss (J. Phys. Chem. Ref. Data, 22, 783, 1993). The properties of ice are based on Hyland and Wexler, "Formulations for the Thermodynamic Properties of the Saturated Phases of H_2O from 173.15 K to 473.15 K," *ASHRAE Trans.*, Part 2A, Paper 2793, 1983.

TABLE A–5E

Saturated water—Pressure table

		Specific volume, ft³/lbm		*Internal energy,* Btu/lbm			*Enthalpy,* Btu/lbm			*Entropy,* Btu/lbm·R		
Press., P psia	Sat. temp., T_{sat} °F	Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, h_f	Evap., h_{fg}	Sat. vapor, h_g	Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
1	101.69	0.01614	333.49	69.72	973.99	1043.7	69.72	1035.7	1105.4	0.13262	1.84495	1.9776
2	126.02	0.01623	173.71	94.02	957.45	1051.5	94.02	1021.7	1115.8	0.17499	1.74444	1.9194
3	141.41	0.01630	118.70	109.39	946.90	1056.3	109.40	1012.8	1122.2	0.20090	1.68489	1.8858
4	152.91	0.01636	90.629	120.89	938.97	1059.9	120.90	1006.0	1126.9	0.21985	1.64225	1.8621
5	162.18	0.01641	73.525	130.17	932.53	1062.7	130.18	1000.5	1130.7	0.23488	1.60894	1.8438
6	170.00	0.01645	61.982	138.00	927.08	1065.1	138.02	995.88	1133.9	0.24739	1.58155	1.8289
8	182.81	0.01652	47.347	150.83	918.08	1068.9	150.86	988.15	1139.0	0.26757	1.53800	1.8056
10	193.16	0.01659	38.425	161.22	910.75	1072.0	161.25	981.82	1143.1	0.28362	1.50391	1.7875
14.696	211.95	0.01671	26.805	180.12	897.27	1077.4	180.16	970.12	1150.3	0.31215	1.44441	1.7566
15	212.99	0.01672	26.297	181.16	896.52	1077.7	181.21	969.47	1150.7	0.31370	1.44441	1.7549
20	227.92	0.01683	20.093	196.21	885.63	1081.8	196.27	959.93	1156.2	0.33582	1.39606	1.7319
25	240.03	0.01692	16.307	208.45	876.67	1085.1	208.52	952.03	1160.6	0.35347	1.36060	1.7141
30	250.30	0.01700	13.749	218.84	868.98	1087.8	218.93	945.21	1164.1	0.36821	1.33132	1.6995
35	259.25	0.01708	11.901	227.92	862.19	1090.1	228.03	939.16	1167.2	0.38093	1.30632	1.6872
40	267.22	0.01715	10.501	236.02	856.09	1092.1	236.14	933.69	1169.8	0.39213	1.28448	1.6766
45	274.41	0.01721	9.4028	243.34	850.52	1093.9	243.49	928.68	1172.2	0.40216	1.26506	1.6672
50	280.99	0.01727	8.5175	250.05	845.39	1095.4	250.21	924.03	1174.2	0.41125	1.24756	1.6588
55	287.05	0.01732	7.7882	256.25	840.61	1096.9	256.42	919.70	1176.1	0.41958	1.23162	1.6512
60	292.69	0.01738	7.1766	262.01	836.13	1098.1	262.20	915.61	1177.8	0.42728	1.21697	1.6442
65	297.95	0.01743	6.6560	267.41	831.90	1099.3	267.62	911.75	1179.4	0.43443	1.20341	1.6378
70	302.91	0.01748	6.2075	272.50	827.90	1100.4	272.72	908.08	1180.8	0.44112	1.19078	1.6319
75	307.59	0.01752	5.8167	277.31	824.09	1101.4	277.55	904.58	1182.1	0.44741	1.17895	1.6264
80	312.02	0.01757	5.4733	281.87	820.45	1102.3	282.13	901.22	1183.4	0.45335	1.16783	1.6212
85	316.24	0.01761	5.1689	286.22	816.97	1103.2	286.50	898.00	1184.5	0.45897	1.15732	1.6163
90	320.26	0.01765	4.8972	290.38	813.62	1104.0	290.67	894.89	1185.6	0.46431	1.14737	1.6117
95	324.11	0.01770	4.6532	294.36	810.40	1104.8	294.67	891.89	1186.6	0.46941	1.13791	1.6073
100	327.81	0.01774	4.4327	298.19	807.29	1105.5	298.51	888.99	1187.5	0.47427	1.12888	1.6032
110	334.77	0.01781	4.0410	305.41	801.37	1106.8	305.78	883.44	1189.2	0.48341	1.11201	1.5954
120	341.25	0.01789	3.7289	312.16	795.79	1107.9	312.55	878.20	1190.8	0.49187	1.09646	1.5883
130	347.32	0.01796	3.4557	318.48	790.51	1109.0	318.92	873.21	1192.1	0.49974	1.08204	1.5818
140	353.03	0.01802	3.2202	324.45	785.49	1109.9	324.92	868.45	1193.4	0.50711	1.06858	1.5757
150	358.42	0.01809	3.0150	330.11	780.69	1110.8	330.61	863.88	1194.5	0.51405	1.05595	1.5700
160	363.54	0.01815	2.8347	335.49	776.10	1111.6	336.02	859.49	1195.5	0.52061	1.04405	1.5647
170	368.41	0.01821	2.6749	340.62	771.68	1112.3	341.19	855.25	1196.4	0.52682	1.03279	1.5596
180	373.07	0.01827	2.5322	345.53	767.42	1113.0	346.14	851.16	1197.3	0.53274	1.02210	1.5548
190	377.52	0.01833	2.4040	350.24	763.31	1113.6	350.89	847.19	1198.1	0.53839	1.01191	1.5503
200	381.80	0.01839	2.2882	354.78	759.32	1114.1	355.46	843.33	1198.8	0.54379	1.00219	1.5460
250	400.97	0.01865	1.8440	375.23	741.02	1116.3	376.09	825.47	1201.6	0.56784	0.95912	1.5270
300	417.35	0.01890	1.5435	392.89	724.77	1117.7	393.94	809.41	1203.3	0.58818	0.92289	1.5111
350	431.74	0.01912	1.3263	408.55	709.98	1118.5	409.79	794.65	1204.4	0.60590	0.89143	1.4973
400	444.62	0.01934	1.1617	422.70	696.31	1119.0	424.13	780.87	1205.0	0.62168	0.86350	1.4852
450	456.31	0.01955	1.0324	435.67	683.52	1119.2	437.30	767.86	1205.2	0.63595	0.83828	1.4742
500	467.04	0.01975	0.92819	447.68	671.42	1119.1	449.51	755.48	1205.0	0.64900	0.81521	1.4642
550	476.97	0.01995	0.84228	458.90	659.91	1118.8	460.93	743.60	1204.5	0.66107	0.79388	1.4550
600	486.24	0.02014	0.77020	469.46	648.88	1118.3	471.70	732.15	1203.9	0.67231	0.77400	1.4463

TABLE A–5E

Saturated water—Pressure table (*Concluded*)

		Specific volume, ft³/lbm		*Internal energy,* Btu/lbm			*Enthalpy,* Btu/lbm			*Entropy,* Btu/lbm·R		
Press., P psia	Sat. temp., T_{sat} °F	Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, h_f	Evap., h_{fg}	Sat. vapor, h_g	Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
700	503.13	0.02051	0.65589	488.96	627.98	1116.9	491.62	710.29	1201.9	0.69279	0.73771	1.4305
800	518.27	0.02087	0.56920	506.74	608.30	1115.0	509.83	689.48	1199.3	0.71117	0.70502	1.4162
900	532.02	0.02124	0.50107	523.19	589.54	1112.7	526.73	669.46	1196.2	0.72793	0.67505	1.4030
1000	544.65	0.02159	0.44604	538.58	571.49	1110.1	542.57	650.03	1192.6	0.74341	0.64722	1.3906
1200	567.26	0.02232	0.36241	566.89	536.87	1103.8	571.85	612.39	1184.2	0.77143	0.59632	1.3677
1400	587.14	0.02307	0.30161	592.79	503.50	1096.3	598.76	575.66	1174.4	0.79658	0.54991	1.3465
1600	604.93	0.02386	0.25516	616.99	470.69	1087.7	624.06	539.18	1163.2	0.81972	0.50645	1.3262
1800	621.07	0.02470	0.21831	640.03	437.86	1077.9	648.26	502.35	1150.6	0.84144	0.46482	1.3063
2000	635.85	0.02563	0.18815	662.33	404.46	1066.8	671.82	464.60	1136.4	0.86224	0.42409	1.2863
2500	668.17	0.02860	0.13076	717.67	313.53	1031.2	730.90	360.79	1091.7	0.91311	0.31988	1.2330
3000	695.41	0.03433	0.08460	783.39	186.41	969.8	802.45	214.32	1016.8	0.97321	0.18554	1.1587
3200.1	705.10	0.04975	0.04975	866.61	0	866.6	896.07	0	896.1	1.05257	0	1.0526

TABLE A–6E

Superheated water

T °F	v ft³/lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/lbm·R	v ft³/lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/lbm·R	v ft³/lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/lbm·R
	P = 1.0 psia (101.69°F)*				P = 5.0 psia (162.18°F)				P = 10 psia (193.16°F)			
Sat.†	333.49	1043.7	1105.4	1.9776	73.525	1062.7	1130.7	1.8438	38.425	1072.0	1143.1	1.7875
200	392.53	1077.5	1150.1	2.0509	78.153	1076.2	1148.5	1.8716	38.849	1074.5	1146.4	1.7926
240	416.44	1091.2	1168.3	2.0777	83.009	1090.3	1167.1	1.8989	41.326	1089.1	1165.5	1.8207
280	440.33	1105.0	1186.5	2.1030	87.838	1104.3	1185.6	1.9246	43.774	1103.4	1184.4	1.8469
320	464.20	1118.9	1204.8	2.1271	92.650	1118.4	1204.1	1.9490	46.205	1117.6	1203.1	1.8716
360	488.07	1132.9	1223.3	2.1502	97.452	1132.5	1222.6	1.9722	48.624	1131.9	1221.8	1.8950
400	511.92	1147.1	1241.8	2.1722	102.25	1146.7	1241.3	1.9944	51.035	1146.2	1240.6	1.9174
440	535.77	1161.3	1260.4	2.1934	107.03	1160.9	1260.0	2.0156	53.441	1160.5	1259.4	1.9388
500	571.54	1182.8	1288.6	2.2237	114.21	1182.6	1288.2	2.0461	57.041	1182.2	1287.8	1.9693
600	631.14	1219.4	1336.2	2.2709	126.15	1219.2	1335.9	2.0933	63.029	1219.0	1335.6	2.0167
700	690.73	1256.8	1384.6	2.3146	138.09	1256.7	1384.4	2.1371	69.007	1256.5	1384.2	2.0605
800	750.31	1295.1	1433.9	2.3553	150.02	1294.9	1433.7	2.1778	74.980	1294.8	1433.5	2.1013
1000	869.47	1374.2	1535.1	2.4299	173.86	1374.2	1535.0	2.2524	86.913	1374.1	1534.9	2.1760
1200	988.62	1457.1	1640.0	2.4972	197.70	1457.0	1640.0	2.3198	98.840	1457.0	1639.9	2.2433
1400	1107.8	1543.7	1748.7	2.5590	221.54	1543.7	1748.7	2.3816	110.762	1543.6	1748.6	2.3052
	P = 15 psia (212.99°F)				P = 20 psia (227.92°F)				P = 40 psia (267.22°F)			
Sat.	26.297	1077.7	1150.7	1.7549	20.093	1081.8	1156.2	1.7319	10.501	1092.1	1169.8	1.6766
240	27.429	1087.8	1163.9	1.7742	20.478	1086.5	1162.3	1.7406				
280	29.085	1102.4	1183.2	1.8010	21.739	1101.4	1181.9	1.7679	10.713	1097.3	1176.6	1.6858
320	30.722	1116.9	1202.2	1.8260	22.980	1116.1	1201.2	1.7933	11.363	1112.9	1197.1	1.7128
360	32.348	1131.3	1221.1	1.8496	24.209	1130.7	1220.2	1.8171	11.999	1128.1	1216.9	1.7376
400	33.965	1145.7	1239.9	1.8721	25.429	1145.1	1239.3	1.8398	12.625	1143.1	1236.5	1.7610
440	35.576	1160.1	1258.8	1.8936	26.644	1159.7	1258.3	1.8614	13.244	1157.9	1256.0	1.7831
500	37.986	1181.9	1287.3	1.9243	28.458	1181.6	1286.9	1.8922	14.165	1180.2	1285.0	1.8143
600	41.988	1218.7	1335.3	1.9718	31.467	1218.5	1334.9	1.9398	15.686	1217.5	1333.6	1.8625
700	45.981	1256.3	1383.9	2.0156	34.467	1256.1	1383.7	1.9837	17.197	1255.3	1382.6	1.9067
800	49.967	1294.6	1433.3	2.0565	37.461	1294.5	1433.1	2.0247	18.702	1293.9	1432.3	1.9478
1000	57.930	1374.0	1534.8	2.1312	43.438	1373.8	1534.6	2.0994	21.700	1373.4	1534.1	2.0227
1200	65.885	1456.9	1639.8	2.1986	49.407	1456.8	1639.7	2.1668	24.691	1456.5	1639.3	2.0902
1400	73.836	1543.6	1748.5	2.2604	55.373	1543.5	1748.4	2.2287	27.678	1543.3	1748.1	2.1522
1600	81.784	1634.0	1861.0	2.3178	61.335	1633.9	1860.9	2.2861	30.662	1633.7	1860.7	2.2096
	P = 60 psia (292.69°F)				P = 80 psia (312.02°F)				P = 100 psia (327.81°F)			
Sat.	7.1766	1098.1	1177.8	1.6442	5.4733	1102.3	1183.4	1.6212	4.4327	1105.5	1187.5	1.6032
320	7.4863	1109.6	1192.7	1.6636	5.5440	1105.9	1187.9	1.6271				
360	7.9259	1125.5	1213.5	1.6897	5.8876	1122.7	1209.9	1.6545	4.6628	1119.8	1206.1	1.6263
400	8.3548	1140.9	1233.7	1.7138	6.2187	1138.7	1230.8	1.6794	4.9359	1136.4	1227.8	1.6521
440	8.7766	1156.1	1253.6	1.7364	6.5420	1154.3	1251.2	1.7026	5.2006	1152.4	1248.7	1.6759
500	9.4005	1178.8	1283.1	1.7682	7.0177	1177.3	1281.2	1.7350	5.5876	1175.9	1279.3	1.7088
600	10.4256	1216.5	1332.2	1.8168	7.7951	1215.4	1330.8	1.7841	6.2167	1214.4	1329.4	1.7586
700	11.4401	1254.5	1381.6	1.8613	8.5616	1253.8	1380.5	1.8289	6.8344	1253.0	1379.5	1.8037
800	12.4484	1293.3	1431.5	1.9026	9.3218	1292.6	1430.6	1.8704	7.4457	1292.0	1429.8	1.8453
1000	14.4543	1373.0	1533.5	1.9777	10.8313	1372.6	1532.9	1.9457	8.6575	1372.2	1532.4	1.9208
1200	16.4525	1456.2	1638.9	2.0454	12.3331	1455.9	1638.5	2.0135	9.8615	1455.6	1638.1	1.9887
1400	18.4464	1543.0	1747.8	2.1073	13.8306	1542.8	1747.5	2.0755	11.0612	1542.6	1747.2	2.0508
1600	20.438	1633.5	1860.5	2.1648	15.3257	1633.3	1860.2	2.1330	12.2584	1633.2	1860.0	2.1083
1800	22.428	1727.6	1976.6	2.2187	16.8192	1727.5	1976.5	2.1869	13.4541	1727.3	1976.3	2.1622
2000	24.417	1825.2	2096.3	2.2694	18.3117	1825.0	2096.1	2.2376	14.6487	1824.9	2096.0	2.2130

*The temperature in parentheses is the saturation temperature at the specified pressure.

† Properties of saturated vapor at the specified pressure.

TABLE A–6E

Superheated water (*Concluded*)

T °F	v ft³/lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/lbm·R	v ft³/lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/lbm·R	v ft³/lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/lbm·R
	P = 120 psia (341.25°F)				P = 140 psia (353.03°F)				P = 160 psia (363.54°F)			
Sat.	3.7289	1107.9	1190.8	1.5883	3.2202	1109.9	1193.4	1.5757	2.8347	1111.6	1195.5	1.5647
360	3.8446	1116.7	1202.1	1.6023	3.2584	1113.4	1197.8	1.5811				
400	4.0799	1134.0	1224.6	1.6292	3.4676	1131.5	1221.4	1.6092	3.0076	1129.0	1218.0	1.5914
450	4.3613	1154.5	1251.4	1.6594	3.7147	1152.6	1248.9	1.6403	3.2293	1150.7	1246.3	1.6234
500	4.6340	1174.4	1277.3	1.6872	3.9525	1172.9	1275.3	1.6686	3.4412	1171.4	1273.2	1.6522
550	4.9010	1193.9	1302.8	1.7131	4.1845	1192.7	1301.1	1.6948	3.6469	1191.4	1299.4	1.6788
600	5.1642	1213.4	1328.0	1.7375	4.4124	1212.3	1326.6	1.7195	3.8484	1211.3	1325.2	1.7037
700	5.6829	1252.2	1378.4	1.7829	4.8604	1251.4	1377.3	1.7652	4.2434	1250.6	1376.3	1.7498
800	6.1950	1291.4	1429.0	1.8247	5.3017	1290.8	1428.1	1.8072	4.6316	1290.2	1427.3	1.7920
1000	7.2083	1371.7	1531.8	1.9005	6.1732	1371.3	1531.3	1.8832	5.3968	1370.9	1530.7	1.8682
1200	8.2137	1455.3	1637.7	1.9684	7.0367	1455.0	1637.3	1.9512	6.1540	1454.7	1636.9	1.9363
1400	9.2149	1542.3	1746.9	2.0305	7.8961	1542.1	1746.6	2.0134	6.9070	1541.8	1746.3	1.9986
1600	10.2135	1633.0	1859.8	2.0881	8.7529	1632.8	1859.5	2.0711	7.6574	1632.6	1859.3	2.0563
1800	11.2106	1727.2	1976.1	2.1420	9.6082	1727.0	1975.9	2.1250	8.4063	1726.9	1975.7	2.1102
2000	12.2067	1824.8	2095.8	2.1928	10.4624	1824.6	2095.7	2.1758	9.1542	1824.5	2095.5	2.1610
	P = 180 psia (373.07°F)				P = 200 psia (381.80°F)				P = 225 psia (391.80°F)			
Sat.	2.5322	1113.0	1197.3	1.5548	2.2882	1114.1	1198.8	1.5460	2.0423	1115.3	1200.3	1.5360
400	2.6490	1126.3	1214.5	1.5752	2.3615	1123.5	1210.9	1.5602	2.0728	1119.7	1206.0	1.5427
450	2.8514	1148.7	1243.7	1.6082	2.5488	1146.7	1241.0	1.5943	2.2457	1144.1	1237.6	1.5783
500	3.0433	1169.8	1271.2	1.6376	2.7247	1168.2	1269.0	1.6243	2.4059	1166.2	1266.3	1.6091
550	3.2286	1190.2	1297.7	1.6646	2.8939	1188.9	1296.0	1.6516	2.5590	1187.2	1293.8	1.6370
600	3.4097	1210.2	1323.8	1.6897	3.0586	1209.1	1322.3	1.6771	2.7075	1207.7	1320.5	1.6628
700	3.7635	1249.8	1375.2	1.7361	3.3796	1249.0	1374.1	1.7238	2.9956	1248.0	1372.7	1.7099
800	4.1104	1289.5	1426.5	1.7785	3.6934	1288.9	1425.6	1.7664	3.2765	1288.1	1424.5	1.7528
900	4.4531	1329.7	1478.0	1.8179	4.0031	1329.2	1477.3	1.8059	3.5530	1328.5	1476.5	1.7925
1000	4.7929	1370.5	1530.1	1.8549	4.3099	1370.1	1529.6	1.8430	3.8268	1369.5	1528.9	1.8296
1200	5.4674	1454.3	1636.5	1.9231	4.9182	1454.0	1636.1	1.9113	4.3689	1453.6	1635.6	1.8981
1400	6.1377	1541.6	1746.0	1.9855	5.5222	1541.4	1745.7	1.9737	4.9068	1541.1	1745.4	1.9606
1600	6.8054	1632.4	1859.1	2.0432	6.1238	1632.2	1858.8	2.0315	5.4422	1632.0	1858.6	2.0184
1800	7.4716	1726.7	1975.6	2.0971	6.7238	1726.5	1975.4	2.0855	5.9760	1726.4	1975.2	2.0724
2000	8.1367	1824.4	2095.4	2.1479	7.3227	1824.3	2095.3	2.1363	6.5087	1824.1	2095.1	2.1232
	P = 250 psia (400.97°F)				P = 275 psia (409.45°F)				P = 300 psia (417.35°F)			
Sat.	1.8440	1116.3	1201.6	1.5270	1.6806	1117.0	1202.6	1.5187	1.5435	1117.7	1203.3	1.5111
450	2.0027	1141.3	1234.0	1.5636	1.8034	1138.5	1230.3	1.5499	1.6369	1135.6	1226.4	1.5369
500	2.1506	1164.1	1263.6	1.5953	1.9415	1162.0	1260.8	1.5825	1.7670	1159.8	1257.9	1.5706
550	2.2910	1185.6	1291.5	1.6237	2.0715	1183.9	1289.3	1.6115	1.8885	1182.1	1287.0	1.6001
600	2.4264	1206.3	1318.6	1.6499	2.1964	1204.9	1316.7	1.6380	2.0046	1203.5	1314.8	1.6270
650	2.5586	1226.8	1345.1	1.6743	2.3179	1225.6	1343.5	1.6627	2.1172	1224.4	1341.9	1.6520
700	2.6883	1247.0	1371.4	1.6974	2.4369	1246.0	1370.0	1.6860	2.2273	1244.9	1368.6	1.6755
800	2.9429	1287.3	1423.5	1.7406	2.6699	1286.5	1422.4	1.7294	2.4424	1285.7	1421.3	1.7192
900	3.1930	1327.9	1475.6	1.7804	2.8984	1327.3	1474.8	1.7694	2.6529	1326.6	1473.9	1.7593
1000	3.4403	1369.0	1528.2	1.8177	3.1241	1368.5	1527.4	1.8068	2.8605	1367.9	1526.7	1.7968
1200	3.9295	1453.3	1635.0	1.8863	3.5700	1452.9	1634.5	1.8755	3.2704	1452.5	1634.0	1.8657
1400	4.4144	1540.8	1745.0	1.9488	4.0116	1540.5	1744.6	1.9381	3.6759	1540.2	1744.2	1.9284
1600	4.8969	1631.7	1858.3	2.0066	4.4507	1631.5	1858.0	1.9960	4.0789	1631.3	1857.7	1.9863
1800	5.3777	1726.2	1974.9	2.0607	4.8882	1726.0	1974.7	2.0501	4.4803	1725.8	1974.5	2.0404
2000	5.8575	1823.9	2094.9	2.1116	5.3247	1823.8	2094.7	2.1010	4.8807	1823.6	2094.6	2.0913

TABLE A–6E

Superheated water (*Continued*)

T °F	v ft³/lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/lbm·R	v ft³/lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/lbm·R	v ft³/lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/lbm·R
	P = 350 psia (431.74°F)				P = 400 psia (444.62°F)				P = 450 psia (456.31°F)			
Sat.	1.3263	1118.5	1204.4	1.4973	1.1617	1119.0	1205.0	1.4852	1.0324	1119.2	1205.2	1.4742
450	1.3739	1129.3	1218.3	1.5128	1.1747	1122.5	1209.4	1.4901				
500	1.4921	1155.2	1251.9	1.5487	1.2851	1150.4	1245.6	1.5288	1.1233	1145.4	1238.9	1.5103
550	1.6004	1178.6	1282.2	1.5795	1.3840	1174.9	1277.3	1.5610	1.2152	1171.1	1272.3	1.5441
600	1.7030	1200.6	1310.9	1.6073	1.4765	1197.6	1306.9	1.5897	1.3001	1194.6	1302.8	1.5737
650	1.8018	1221.9	1338.6	1.6328	1.5650	1219.4	1335.3	1.6158	1.3807	1216.9	1331.9	1.6005
700	1.8979	1242.8	1365.8	1.6567	1.6507	1240.7	1362.9	1.6401	1.4584	1238.5	1360.0	1.6253
800	2.0848	1284.1	1419.1	1.7009	1.8166	1282.5	1417.0	1.6849	1.6080	1280.8	1414.7	1.6706
900	2.2671	1325.3	1472.2	1.7414	1.9777	1324.0	1470.4	1.7257	1.7526	1322.7	1468.6	1.7117
1000	2.4464	1366.9	1525.3	1.7791	2.1358	1365.8	1523.9	1.7636	1.8942	1364.7	1522.4	1.7499
1200	2.7996	1451.7	1633.0	1.8483	2.4465	1450.9	1632.0	1.8331	2.1718	1450.1	1631.0	1.8196
1400	3.1484	1539.6	1743.5	1.9111	2.7527	1539.0	1742.7	1.8960	2.4450	1538.4	1742.0	1.8827
1600	3.4947	1630.8	1857.1	1.9691	3.0565	1630.3	1856.5	1.9541	2.7157	1629.8	1856.0	1.9409
1800	3.8394	1725.4	1974.0	2.0233	3.3586	1725.0	1973.6	2.0084	2.9847	1724.6	1973.2	1.9952
2000	4.1830	1823.3	2094.2	2.0742	3.6597	1823.0	2093.9	2.0594	3.2527	1822.6	2093.5	2.0462
	P = 500 psia (467.04°F)				P = 600 psia (486.24°F)				P = 700 psia (503.13°F)			
Sat.	0.92815	1119.1	1205.0	1.4642	0.77020	1118.3	1203.9	1.4463	0.65589	1116.9	1201.9	1.4305
500	0.99304	1140.1	1231.9	1.4928	0.79526	1128.2	1216.5	1.4596				
550	1.07974	1167.1	1267.0	1.5284	0.87542	1158.7	1255.9	1.4996	0.72799	1149.5	1243.8	1.4730
600	1.15876	1191.4	1298.6	1.5590	0.94605	1184.9	1289.9	1.5325	0.79332	1177.9	1280.7	1.5087
650	1.23312	1214.3	1328.4	1.5865	1.01133	1209.0	1321.3	1.5614	0.85242	1203.4	1313.8	1.5393
700	1.30440	1236.4	1357.0	1.6117	1.07316	1231.9	1351.0	1.5877	0.90769	1227.2	1344.8	1.5666
800	1.44097	1279.2	1412.5	1.6576	1.19038	1275.8	1408.0	1.6348	1.01125	1272.4	1403.4	1.6150
900	1.57252	1321.4	1466.9	1.6992	1.30230	1318.7	1463.3	1.6771	1.10921	1316.0	1459.7	1.6581
1000	1.70094	1363.6	1521.0	1.7376	1.41097	1361.4	1518.1	1.7160	1.20381	1359.2	1515.2	1.6974
1100	1.82726	1406.2	1575.3	1.7735	1.51749	1404.4	1572.9	1.7522	1.29621	1402.5	1570.4	1.7341
1200	1.95211	1449.4	1630.0	1.8075	1.62252	1447.8	1627.9	1.7865	1.38709	1446.2	1625.9	1.7685
1400	2.1988	1537.8	1741.2	1.8708	1.82957	1536.6	1739.7	1.8501	1.56580	1535.4	1738.2	1.8324
1600	2.4430	1629.4	1855.4	1.9291	2.0340	1628.4	1854.2	1.9085	1.74192	1627.5	1853.1	1.8911
1800	2.6856	1724.2	1972.7	1.9834	2.2369	1723.4	1971.8	1.9630	1.91643	1722.7	1970.9	1.9457
2000	2.9271	1822.3	2093.1	2.0345	2.4387	1821.7	2092.4	2.0141	2.08987	1821.0	2091.7	1.9969
	P = 800 psia (518.27°F)				P = 1000 psia (544.65°F)				P = 1250 psia (572.45°F)			
Sat.	0.56920	1115.0	1199.3	1.4162	0.44604	1110.1	1192.6	1.3906	0.34549	1102.0	1181.9	1.3623
550	0.61586	1139.4	1230.5	1.4476	0.45375	1115.2	1199.2	1.3972				
600	0.67799	1170.5	1270.9	1.4866	0.51431	1154.1	1249.3	1.4457	0.37894	1129.5	1217.2	1.3961
650	0.73279	1197.6	1306.0	1.5191	0.56411	1185.1	1289.5	1.4827	0.42703	1167.5	1266.3	1.4414
700	0.78330	1222.4	1338.4	1.5476	0.60844	1212.4	1325.0	1.5140	0.46735	1198.7	1306.8	1.4771
750	0.83102	1246.0	1369.1	1.5735	0.64944	1237.6	1357.8	1.5418	0.50344	1226.4	1342.9	1.5076
800	0.87678	1268.9	1398.7	1.5975	0.68821	1261.7	1389.0	1.5670	0.53687	1252.2	1376.4	1.5347
900	0.96434	1313.3	1456.0	1.6413	0.76136	1307.7	1448.6	1.6126	0.59876	1300.5	1439.0	1.5826
1000	1.04841	1357.0	1512.2	1.6812	0.83078	1352.5	1506.2	1.6535	0.65656	1346.7	1498.6	1.6249
1100	1.13024	1400.7	1568.0	1.7181	0.89783	1396.9	1563.1	1.6911	0.71184	1392.2	1556.8	1.6635
1200	1.21051	1444.6	1623.8	1.7528	0.96327	1441.4	1619.7	1.7263	0.76545	1437.4	1614.5	1.6993
1400	1.36797	1534.2	1736.7	1.8170	1.09101	1531.8	1733.7	1.7911	0.86944	1528.7	1729.8	1.7649
1600	1.52283	1626.5	1851.9	1.8759	1.21610	1624.6	1849.6	1.8504	0.97072	1622.2	1846.7	1.8246
1800	1.67606	1721.9	1970.0	1.9306	1.33956	1720.3	1968.2	1.9053	1.07036	1718.4	1966.0	1.8799
2000	1.82823	1820.4	2091.0	1.9819	1.46194	1819.1	2089.6	1.9568	1.16892	1817.5	2087.9	1.9315

TABLE A–6E

Superheated water (*Concluded*)

T °F	*v* ft³/lbm	*u* Btu/lbm	*h* Btu/lbm	*s* Btu/lbm·R	*v* ft³/lbm	*u* Btu/lbm	*h* Btu/lbm	*s* Btu/lbm·R	*v* ft³/lbm	*u* Btu/lbm	*h* Btu/lbm	*s* Btu/lbm·R
	P = 1500 psia (596.26°F)				*P* = 1750 psia (617.17°F)				*P* = 2000 psia (635.85°F)			
Sat.	0.27695	1092.1	1169.0	1.3362	0.22681	1080.5	1153.9	1.3112	0.18815	1066.8	1136.4	1.2863
600	0.28189	1097.2	1175.4	1.3423								
650	0.33310	1147.2	1239.7	1.4016	0.26292	1122.8	1207.9	1.3607	0.20586	1091.4	1167.6	1.3146
700	0.37198	1183.6	1286.9	1.4433	0.30252	1166.8	1264.7	1.4108	0.24894	1147.6	1239.8	1.3783
750	0.40535	1214.4	1326.9	1.4771	0.33455	1201.5	1309.8	1.4489	0.28074	1187.4	1291.3	1.4218
800	0.43550	1242.2	1363.1	1.5064	0.36266	1231.7	1349.1	1.4807	0.30763	1220.5	1334.3	1.4567
850	0.46356	1268.2	1396.9	1.5328	0.38835	1259.3	1385.1	1.5088	0.33169	1250.0	1372.8	1.4867
900	0.49015	1293.1	1429.2	1.5569	0.41238	1285.4	1419.0	1.5341	0.35390	1277.5	1408.5	1.5134
1000	0.54031	1340.9	1490.8	1.6007	0.45719	1334.9	1482.9	1.5796	0.39479	1328.7	1474.9	1.5606
1100	0.58781	1387.3	1550.5	1.6402	0.49917	1382.4	1544.1	1.6201	0.43266	1377.5	1537.6	1.6021
1200	0.63355	1433.3	1609.2	1.6767	0.53932	1429.2	1603.9	1.6572	0.46864	1425.1	1598.5	1.6400
1400	0.72172	1525.7	1726.0	1.7432	0.61621	1522.6	1722.1	1.7245	0.53708	1519.5	1718.3	1.7081
1600	0.80714	1619.8	1843.8	1.8033	0.69031	1617.4	1840.9	1.7852	0.60269	1615.0	1838.0	1.7693
1800	0.89090	1716.4	1963.7	1.8589	0.76273	1714.5	1961.5	1.8410	0.66660	1712.5	1959.2	1.8255
2000	0.97358	1815.9	2086.1	1.9108	0.83406	1814.2	2084.3	1.8931	0.72942	1812.6	2082.6	1.8778
	P = 2500 psia (668.17°F)				*P* = 3000 psia (695.41°F)				*P* = 3500 psia			
Sat.	0.13076	1031.2	1091.7	1.2330	0.08460	969.8	1016.8	1.1587				
650									0.02492	663.7	679.9	0.8632
700	0.16849	1098.4	1176.3	1.3072	0.09838	1005.3	1059.9	1.1960	0.03065	760.0	779.9	0.9511
750	0.20327	1154.9	1249.0	1.3686	0.14840	1114.1	1196.5	1.3118	0.10460	1057.6	1125.4	1.2434
800	0.22949	1195.9	1302.0	1.4116	0.17601	1167.5	1265.3	1.3676	0.13639	1134.3	1222.6	1.3224
850	0.25174	1230.1	1346.6	1.4463	0.19771	1208.2	1317.9	1.4086	0.15847	1183.8	1286.5	1.3721
900	0.27165	1260.7	1386.4	1.4761	0.21640	1242.8	1362.9	1.4423	0.17659	1223.4	1337.8	1.4106
950	0.29001	1289.1	1423.3	1.5028	0.23321	1273.9	1403.3	1.4716	0.19245	1257.8	1382.4	1.4428
1000	0.30726	1316.1	1458.2	1.5271	0.24876	1302.8	1440.9	1.4978	0.20687	1289.0	1423.0	1.4711
1100	0.33949	1367.3	1524.4	1.5710	0.27732	1356.8	1510.8	1.5441	0.23289	1346.1	1496.9	1.5201
1200	0.36966	1416.6	1587.6	1.6103	0.30367	1408.0	1576.6	1.5850	0.25654	1399.3	1565.4	1.5627
1400	0.42631	1513.3	1710.5	1.6802	0.35249	1507.0	1702.7	1.6567	0.29978	1500.7	1694.8	1.6364
1600	0.48004	1610.1	1832.2	1.7424	0.39830	1605.3	1826.4	1.7199	0.33994	1600.4	1820.5	1.7006
1800	0.53205	1708.6	1954.8	1.7991	0.44237	1704.7	1950.3	1.7773	0.37833	1700.8	1945.8	1.7586
2000	0.58295	1809.4	2079.1	1.8518	0.48532	1806.1	2075.6	1.8304	0.41561	1802.9	2072.1	1.8121
	P = 4000 psia				*P* = 5000 psia				*P* = 6000 psia			
650	0.02448	657.9	676.1	0.8577	0.02379	648.3	670.3	0.8485	0.02325	640.3	666.1	0.8408
700	0.02871	742.3	763.6	0.9347	0.02678	721.8	746.6	0.9156	0.02564	708.1	736.5	0.9028
750	0.06370	962.1	1009.2	1.1410	0.03373	821.8	853.0	1.0054	0.02981	788.7	821.8	0.9747
800	0.10520	1094.2	1172.1	1.2734	0.05937	986.9	1041.8	1.1581	0.03949	897.1	941.0	1.0711
850	0.12848	1156.7	1251.8	1.3355	0.08551	1092.4	1171.5	1.2593	0.05815	1018.6	1083.1	1.1819
900	0.14647	1202.5	1310.9	1.3799	0.10390	1155.9	1252.1	1.3198	0.07584	1103.5	1187.7	1.2603
950	0.16176	1240.7	1360.5	1.4157	0.11863	1203.9	1313.6	1.3643	0.09010	1163.7	1263.7	1.3153
1000	0.17538	1274.6	1404.4	1.4463	0.13128	1244.0	1365.5	1.4004	0.10208	1211.4	1324.7	1.3578
1100	0.19957	1335.1	1482.8	1.4983	0.15298	1312.2	1453.8	1.4590	0.12211	1288.4	1424.0	1.4237
1200	0.22121	1390.3	1554.1	1.5426	0.17185	1372.1	1531.1	1.5070	0.13911	1353.4	1507.8	1.4758
1300	0.24128	1443.0	1621.6	1.5821	0.18902	1427.8	1602.7	1.5490	0.15434	1412.5	1583.8	1.5203
1400	0.26028	1494.3	1687.0	1.6182	0.20508	1481.4	1671.1	1.5868	0.16841	1468.4	1655.4	1.5598
1600	0.29620	1595.5	1814.7	1.6835	0.23505	1585.6	1803.1	1.6542	0.19438	1575.7	1791.5	1.6294
1800	0.33033	1696.8	1941.4	1.7422	0.26320	1689.0	1932.5	1.7142	0.21853	1681.1	1923.7	1.6907
2000	0.36335	1799.7	2068.6	1.7961	0.29023	1793.2	2061.7	1.7689	0.24155	1786.7	2054.9	1.7463

TABLE A–7E

Compressed liquid water

T °F	v ft³/lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/lbm·R	v ft³/lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/lbm·R	v ft³/lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/lbm·R
	P = 500 psia (467.04°F)				P = 1000 psia (544.65°F)				P = 1500 psia (596.26°F)			
Sat.	0.019750	447.68	449.51	0.64900	0.021595	538.58	542.57	0.74341	0.023456	605.07	611.58	0.80836
32	0.015994	0.01	1.49	0.00001	0.015966	0.03	2.99	0.00005	0.015939	0.05	4.48	0.00008
50	0.015998	18.03	19.51	0.03601	0.015972	17.99	20.95	0.03593	0.015946	17.95	22.38	0.03584
100	0.016107	67.86	69.35	0.12930	0.016083	67.69	70.67	0.12899	0.016059	67.53	71.98	0.12869
150	0.016317	117.70	119.21	0.21462	0.016292	117.42	120.43	0.21416	0.016267	117.14	121.66	0.21369
200	0.016607	167.70	169.24	0.29349	0.016580	167.31	170.38	0.29289	0.016553	166.92	171.52	0.29229
250	0.016972	218.04	219.61	0.36708	0.016941	217.51	220.65	0.36634	0.016911	217.00	221.69	0.36560
300	0.017417	268.92	270.53	0.43641	0.017380	268.24	271.46	0.43551	0.017345	267.57	272.39	0.43463
350	0.017954	320.64	322.30	0.50240	0.017910	319.77	323.08	0.50132	0.017866	318.91	323.87	0.50025
400	0.018609	373.61	375.33	0.56595	0.018552	372.48	375.91	0.56463	0.018496	371.37	376.51	0.56333
450	0.019425	428.44	430.24	0.62802	0.019347	426.93	430.51	0.62635	0.019271	425.47	430.82	0.62472
500					0.020368	484.03	487.80	0.68764	0.020258	482.01	487.63	0.68550
550									0.021595	542.50	548.50	0.74731
	P = 2000 psia (635.85°F)				P = 3000 psia (695.41°F)				P = 5000 psia			
Sat.	0.025634	662.33	671.82	0.86224	0.034335	783.39	802.45	0.97321				
32	0.015912	0.07	5.96	0.00010	0.015859	0.10	8.90	0.00011	0.015756	0.13	14.71	0.00002
50	0.015921	17.91	23.80	0.03574	0.015870	17.83	26.64	0.03554	0.015773	17.65	32.25	0.03505
100	0.016035	67.36	73.30	0.12838	0.015988	67.04	75.91	0.12776	0.015897	66.41	81.12	0.12652
200	0.016527	166.54	172.66	0.29170	0.016475	165.79	174.94	0.29053	0.016375	164.36	179.51	0.28824
300	0.017310	266.92	273.33	0.43376	0.017242	265.65	275.22	0.43204	0.017112	263.24	279.07	0.42874
400	0.018442	370.30	377.12	0.56205	0.018338	368.22	378.41	0.55959	0.018145	364.35	381.14	0.55492
450	0.019199	424.06	431.16	0.62314	0.019062	421.36	431.94	0.62010	0.018812	416.40	433.80	0.61445
500	0.020154	480.08	487.54	0.68346	0.019960	476.45	487.53	0.67958	0.019620	469.94	488.10	0.67254
560	0.021739	552.21	560.26	0.75692	0.021405	546.59	558.47	0.75126	0.020862	537.08	556.38	0.74154
600	0.023317	605.77	614.40	0.80898	0.022759	597.42	610.06	0.80086	0.021943	584.42	604.72	0.78803
640					0.024765	654.52	668.27	0.85476	0.023358	634.95	656.56	0.83603
680					0.028821	728.63	744.64	0.92288	0.025366	690.67	714.14	0.88745
700									0.026777	721.78	746.56	0.91564

TABLE A–8E

Saturated ice—water vapor

Temp., T °F	Sat. press., P_{sat} psia	*Specific volume, ft³/lbm* Sat. ice, v_i	Sat. vapor, v_g	*Internal energy, Btu/lbm* Sat. ice, u_i	Subl., u_{ig}	Sat. vapor, u_g	*Enthalpy, Btu/lbm* Sat. ice, h_i	Subl., h_{ig}	Sat. vapor, h_g	*Entropy, Btu/lbm·R* Sat. ice, s_i	Subl., s_{ig}	Sat. vapor, s_g
32.018	0.08871	0.01747	3299.6	−143.34	1164.2	1020.9	−143.34	1218.3	1075.0	−0.29146	2.4779	2.1864
32	0.08864	0.01747	3302.6	−143.35	1164.2	1020.9	−143.35	1218.4	1075.0	−0.29148	2.4779	2.1865
30	0.08086	0.01747	3605.8	−144.35	1164.6	1020.2	−144.35	1218.5	1074.2	−0.29353	2.4883	2.1948
25	0.06405	0.01746	4505.8	−146.85	1165.4	1018.6	−146.85	1218.8	1072.0	−0.29865	2.5146	2.2160
20	0.05049	0.01746	5657.6	−149.32	1166.2	1016.9	−149.32	1219.1	1069.8	−0.30377	2.5414	2.2376
15	0.03960	0.01745	7138.9	−151.76	1167.0	1015.2	−151.76	1219.3	1067.6	−0.30889	2.5687	2.2598
10	0.03089	0.01744	9054.0	−154.18	1167.8	1013.6	−154.18	1219.5	1065.4	−0.31401	2.5965	2.2825
5	0.02397	0.01743	11,543	−156.57	1168.5	1011.9	−156.57	1219.7	1063.1	−0.31913	2.6248	2.3057
0	0.01850	0.01743	14,797	−158.94	1169.2	1010.3	−158.94	1219.9	1060.9	−0.32426	2.6537	2.3295
−5	0.01420	0.01742	19,075	−161.28	1169.9	1008.6	−161.28	1220.0	1058.7	−0.32938	2.6832	2.3538
−10	0.01083	0.01741	24,731	−163.60	1170.6	1007.0	−163.60	1220.1	1056.5	−0.33451	2.7133	2.3788
−15	0.00821	0.01740	32,257	−165.90	1171.2	1005.3	−165.90	1220.2	1054.3	−0.33964	2.7440	2.4044
−20	0.00619	0.01740	42,335	−168.16	1171.8	1003.6	−168.16	1220.3	1052.1	−0.34478	2.7754	2.4306
−25	0.00463	0.01739	55,917	−170.41	1172.4	1002.0	−170.41	1220.3	1049.9	−0.34991	2.8074	2.4575
−30	0.00344	0.01738	74,345	−172.63	1173.0	1000.3	−172.63	1220.3	1047.7	−0.35505	2.8401	2.4850
−35	0.00254	0.01738	99,526	−174.83	1173.5	998.7	−174.83	1220.3	1045.5	−0.36019	2.8735	2.5133
−40	0.00186	0.01737	134,182	−177.00	1174.0	997.0	−177.00	1220.3	1043.3	−0.36534	2.9076	2.5423

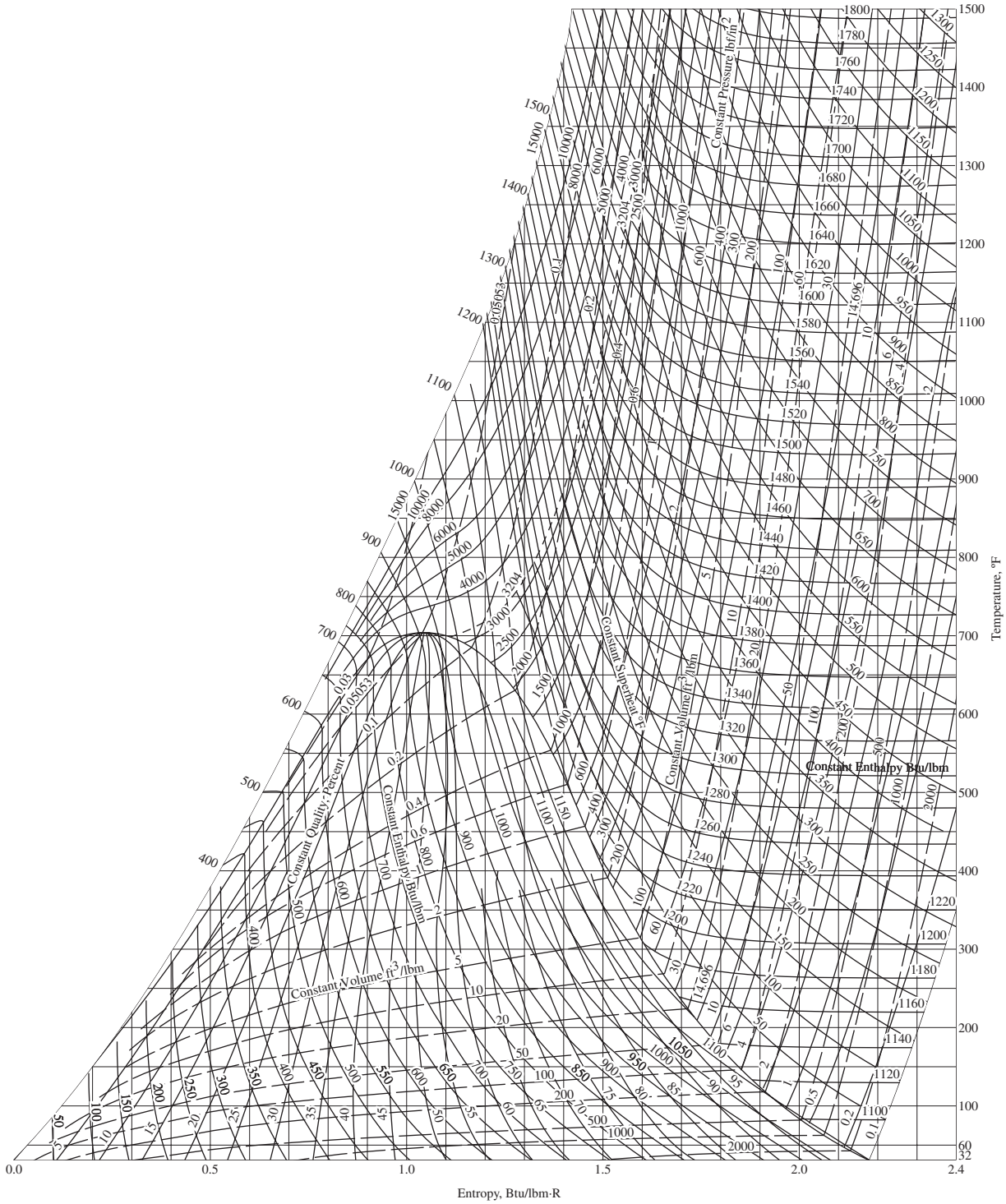


FIGURE A–9E

T-s diagram for water.

Source: Joseph H. Keenan, Frederick G. Keyes, Philip G. Hill, and Joan G. Moore, Steam Tables *(New York: John Wiley & Sons, 1969).*

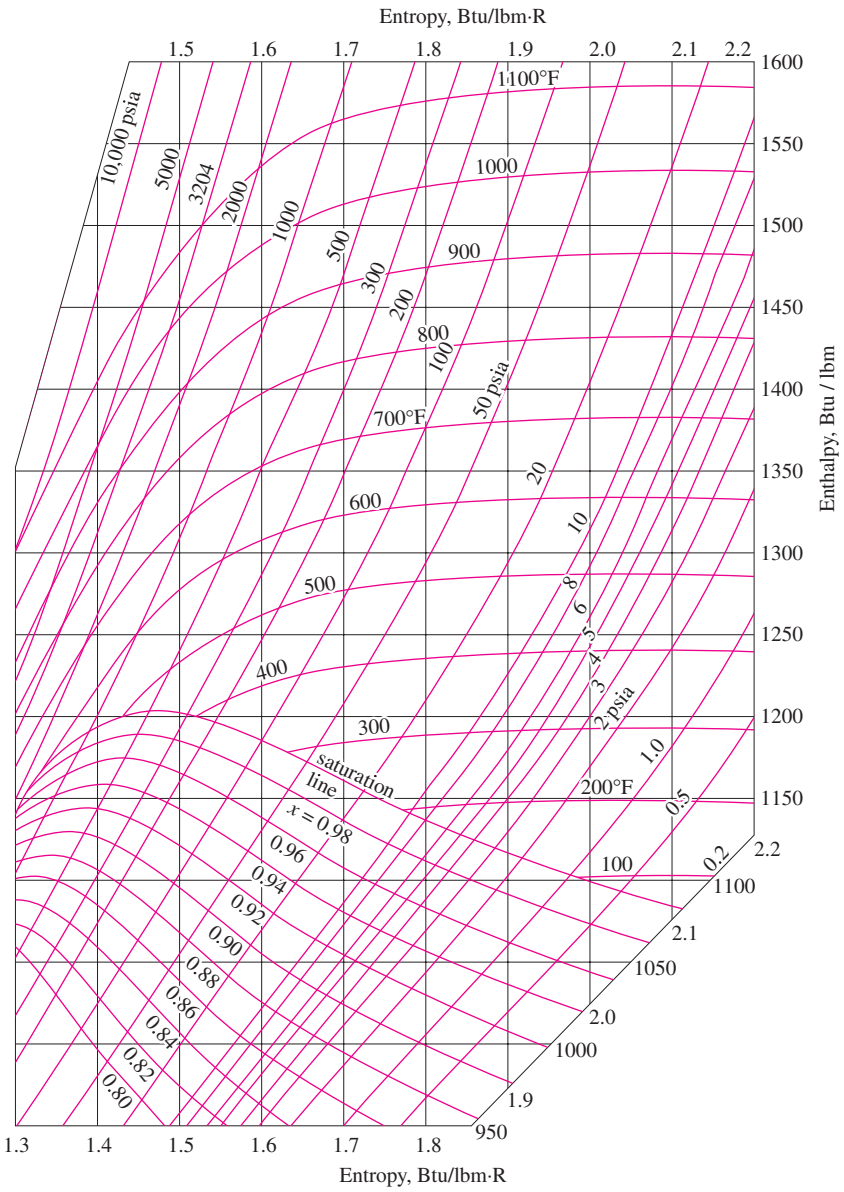


FIGURE A–10E

Mollier diagram for water.

Source: Joseph H. Keenan, Frederick G. Keyes, Philip G. Hill, and Joan G. Moore, Steam Tables *(New York: John Wiley & Sons, 1969).*

TABLE A–11E

Saturated refrigerant-134a—Temperature table

		Specific volume, ft³/lbm		*Internal energy,* Btu/lbm		*Enthalpy,* Btu/lbm				*Entropy,* Btu/lbm·R		
Temp., T °F	Sat. press., P_{sat} psia	Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, h_f	Evap., h_{fg}	Sat. vapor, h_g	Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
−40	7.432	0.01130	5.7796	−0.016	89.167	89.15	0.000	97.100	97.10	0.00000	0.23135	0.23135
−35	8.581	0.01136	5.0509	1.484	88.352	89.84	1.502	96.354	97.86	0.00355	0.22687	0.23043
−30	9.869	0.01143	4.4300	2.990	87.532	90.52	3.011	95.601	98.61	0.00708	0.22248	0.22956
−25	11.306	0.01150	3.8988	4.502	86.706	91.21	4.526	94.839	99.36	0.01058	0.21817	0.22875
−20	12.906	0.01156	3.4426	6.019	85.874	91.89	6.047	94.068	100.12	0.01405	0.21394	0.22798
−15	14.680	0.01163	3.0494	7.543	85.036	92.58	7.574	93.288	100.86	0.01749	0.20978	0.22727
−10	16.642	0.01171	2.7091	9.073	84.191	93.26	9.109	92.498	101.61	0.02092	0.20569	0.22660
−5	18.806	0.01178	2.4137	10.609	83.339	93.95	10.650	91.698	102.35	0.02431	0.20166	0.22598
0	21.185	0.01185	2.1564	12.152	82.479	94.63	12.199	90.886	103.08	0.02769	0.19770	0.22539
5	23.793	0.01193	1.9316	13.702	81.610	95.31	13.755	90.062	103.82	0.03104	0.19380	0.22485
10	26.646	0.01201	1.7345	15.259	80.733	95.99	15.318	89.226	104.54	0.03438	0.18996	0.22434
15	29.759	0.01209	1.5612	16.823	79.846	96.67	16.889	88.377	105.27	0.03769	0.18617	0.22386
20	33.147	0.01217	1.4084	18.394	78.950	97.34	18.469	87.514	105.98	0.04098	0.18243	0.22341
25	36.826	0.01225	1.2732	19.973	78.043	98.02	20.056	86.636	106.69	0.04426	0.17874	0.22300
30	40.813	0.01234	1.1534	21.560	77.124	98.68	21.653	85.742	107.40	0.04752	0.17509	0.22260
35	45.124	0.01242	1.0470	23.154	76.195	99.35	23.258	84.833	108.09	0.05076	0.17148	0.22224
40	49.776	0.01251	0.95205	24.757	75.253	100.01	24.873	83.907	108.78	0.05398	0.16791	0.22189
45	54.787	0.01261	0.86727	26.369	74.298	100.67	26.497	82.963	109.46	0.05720	0.16437	0.22157
50	60.175	0.01270	0.79136	27.990	73.329	101.32	28.131	82.000	110.13	0.06039	0.16087	0.22127
55	65.957	0.01280	0.72323	29.619	72.346	101.97	29.775	81.017	110.79	0.06358	0.15740	0.22098
60	72.152	0.01290	0.66195	31.258	71.347	102.61	31.431	80.013	111.44	0.06675	0.15396	0.22070
65	78.780	0.01301	0.60671	32.908	70.333	103.24	33.097	78.988	112.09	0.06991	0.15053	0.22044
70	85.858	0.01312	0.55681	34.567	69.301	103.87	34.776	77.939	112.71	0.07306	0.14713	0.22019
75	93.408	0.01323	0.51165	36.237	68.251	104.49	36.466	76.866	113.33	0.07620	0.14375	0.21995
80	101.45	0.01334	0.47069	37.919	67.181	105.10	38.169	75.767	113.94	0.07934	0.14038	0.21972
85	110.00	0.01347	0.43348	39.612	66.091	105.70	39.886	74.641	114.53	0.08246	0.13703	0.21949
90	119.08	0.01359	0.39959	41.317	64.979	106.30	41.617	73.485	115.10	0.08559	0.13368	0.21926
95	128.72	0.01372	0.36869	43.036	63.844	106.88	43.363	72.299	115.66	0.08870	0.13033	0.21904
100	138.93	0.01386	0.34045	44.768	62.683	107.45	45.124	71.080	116.20	0.09182	0.12699	0.21881
105	149.73	0.01400	0.31460	46.514	61.496	108.01	46.902	69.825	116.73	0.09493	0.12365	0.21858
110	161.16	0.01415	0.29090	48.276	60.279	108.56	48.698	68.533	117.23	0.09804	0.12029	0.21834
115	173.23	0.01430	0.26913	50.054	59.031	109.08	50.512	67.200	117.71	0.10116	0.11693	0.21809
120	185.96	0.01446	0.24909	51.849	57.749	109.60	52.346	65.823	118.17	0.10428	0.11354	0.21782
130	213.53	0.01482	0.21356	55.495	55.071	110.57	56.080	62.924	119.00	0.11054	0.10670	0.21724
140	244.06	0.01521	0.18315	59.226	52.216	111.44	59.913	59.801	119.71	0.11684	0.09971	0.21655
150	277.79	0.01567	0.15692	63.059	49.144	112.20	63.864	56.405	120.27	0.12321	0.09251	0.21572
160	314.94	0.01619	0.13410	67.014	45.799	112.81	67.958	52.671	120.63	0.12970	0.08499	0.21469
170	355.80	0.01681	0.11405	71.126	42.097	113.22	72.233	48.499	120.73	0.13634	0.07701	0.21335
180	400.66	0.01759	0.09618	75.448	37.899	113.35	76.752	43.726	120.48	0.14323	0.06835	0.21158
190	449.90	0.01860	0.07990	80.082	32.950	113.03	81.631	38.053	119.68	0.15055	0.05857	0.20911
200	504.00	0.02009	0.06441	85.267	26.651	111.92	87.140	30.785	117.93	0.15867	0.04666	0.20533
210	563.76	0.02309	0.04722	91.986	16.498	108.48	94.395	19.015	113.41	0.16922	0.02839	0.19761

Source: Tables A–11E through A–13E are generated using the Engineering Equation Solver (EES) software developed by S. A. Klein and F. L. Alvarado. The routine used in calculations is the R134a, which is based on the fundamental equation of state developed by R. Tillner-Roth and H.D. Baehr, "An International Standard Formulation for the Thermodynamic Properties of 1,1,1,2-Tetrafluoroethane (HFC-134a) for Temperatures from 170 K to 455 K and Pressures up to 70 MPa," *J. Phys. Chem, Ref. Data*, Vol. 23, No. 5, 1994. The enthalpy and entropy values of saturated liquid are set to zero at −40°C (and −40°F).

TABLE A–12E

Saturated refrigerant-134a—Pressure table

		Specific volume, ft³/lbm		*Internal energy,* Btu/lbm			*Enthalpy,* Btu/lbm			*Entropy,* Btu/lbm·R		
Press., P psia	Sat. temp., T °F	Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, h_f	Evap., h_{fg}	Sat. vapor, h_g	Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
5	−53.09	0.01113	8.3785	−3.918	91.280	87.36	−3.907	99.022	95.11	−0.00945	0.24353	0.23408
10	−29.52	0.01144	4.3753	3.135	87.453	90.59	3.156	95.528	98.68	0.00742	0.22206	0.22948
15	−14.15	0.01165	2.9880	7.803	84.893	92.70	7.835	93.155	100.99	0.01808	0.20908	0.22715
20	−2.43	0.01182	2.2772	11.401	82.898	94.30	11.445	91.282	102.73	0.02605	0.19962	0.22567
25	7.17	0.01196	1.8429	14.377	81.231	95.61	14.432	89.701	104.13	0.03249	0.19213	0.22462
30	15.37	0.01209	1.5492	16.939	79.780	96.72	17.006	88.313	105.32	0.03793	0.18589	0.22383
35	22.57	0.01221	1.3369	19.205	78.485	97.69	19.284	87.064	106.35	0.04267	0.18053	0.22319
40	29.01	0.01232	1.1760	21.246	77.307	98.55	21.337	85.920	107.26	0.04688	0.17580	0.22268
45	34.86	0.01242	1.0497	23.110	76.221	99.33	23.214	84.858	108.07	0.05067	0.17158	0.22225
50	40.23	0.01252	0.94791	24.832	75.209	100.04	24.948	83.863	108.81	0.05413	0.16774	0.22188
55	45.20	0.01261	0.86400	26.435	74.258	100.69	26.564	82.924	109.49	0.05733	0.16423	0.22156
60	49.84	0.01270	0.79361	27.939	73.360	101.30	28.080	82.030	110.11	0.06029	0.16098	0.22127
65	54.20	0.01279	0.73370	29.357	72.505	101.86	29.510	81.176	110.69	0.06307	0.15796	0.22102
70	58.30	0.01287	0.68205	30.700	71.688	102.39	30.867	80.357	111.22	0.06567	0.15512	0.22080
75	62.19	0.01295	0.63706	31.979	70.905	102.88	32.159	79.567	111.73	0.06813	0.15245	0.22059
80	65.89	0.01303	0.59750	33.201	70.151	103.35	33.394	78.804	112.20	0.07047	0.14993	0.22040
85	69.41	0.01310	0.56244	34.371	69.424	103.79	34.577	78.064	112.64	0.07269	0.14753	0.22022
90	72.78	0.01318	0.53113	35.495	68.719	104.21	35.715	77.345	113.06	0.07481	0.14525	0.22006
95	76.02	0.01325	0.50301	36.578	68.035	104.61	36.811	76.645	113.46	0.07684	0.14307	0.21991
100	79.12	0.01332	0.47760	37.623	67.371	104.99	37.869	75.962	113.83	0.07879	0.14097	0.21976
110	85.00	0.01347	0.43347	39.612	66.091	105.70	39.886	74.641	114.53	0.08246	0.13703	0.21949
120	90.49	0.01360	0.39644	41.485	64.869	106.35	41.787	73.371	115.16	0.08589	0.13335	0.21924
130	95.64	0.01374	0.36491	43.258	63.696	106.95	43.589	72.144	115.73	0.08911	0.12990	0.21901
140	100.51	0.01387	0.33771	44.945	62.564	107.51	45.304	70.954	116.26	0.09214	0.12665	0.21879
150	105.12	0.01400	0.31401	46.556	61.467	108.02	46.945	69.795	116.74	0.09501	0.12357	0.21857
160	109.50	0.01413	0.29316	48.101	60.401	108.50	48.519	68.662	117.18	0.09774	0.12062	0.21836
170	113.69	0.01426	0.27466	49.586	59.362	108.95	50.035	67.553	117.59	0.10034	0.11781	0.21815
180	117.69	0.01439	0.25813	51.018	58.345	109.36	51.497	66.464	117.96	0.10284	0.11511	0.21795
190	121.53	0.01452	0.24327	52.402	57.349	109.75	52.912	65.392	118.30	0.10524	0.11250	0.21774
200	125.22	0.01464	0.22983	53.743	56.371	110.11	54.285	64.335	118.62	0.10754	0.10998	0.21753
220	132.21	0.01490	0.20645	56.310	54.458	110.77	56.917	62.256	119.17	0.11192	0.10517	0.21710
240	138.73	0.01516	0.18677	58.746	52.591	111.34	59.419	60.213	119.63	0.11603	0.10061	0.21665
260	144.85	0.01543	0.16996	61.071	50.757	111.83	61.813	58.192	120.00	0.11992	0.09625	0.21617
280	150.62	0.01570	0.15541	63.301	48.945	112.25	64.115	56.184	120.30	0.12362	0.09205	0.21567
300	156.09	0.01598	0.14266	65.452	47.143	112.60	66.339	54.176	120.52	0.12715	0.08797	0.21512
350	168.64	0.01672	0.11664	70.554	42.627	113.18	71.638	49.099	120.74	0.13542	0.07814	0.21356
400	179.86	0.01757	0.09642	75.385	37.963	113.35	76.686	43.798	120.48	0.14314	0.06848	0.21161
450	190.02	0.01860	0.07987	80.092	32.939	113.03	81.641	38.041	119.68	0.15056	0.05854	0.20911
500	199.29	0.01995	0.06551	84.871	27.168	112.04	86.718	31.382	118.10	0.15805	0.04762	0.20566

TABLE A–13E

Superheated refrigerant-134a

T °F	v ft³/lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/lbm·R	v ft³/lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/lbm·R	v ft³/lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/lbm·R
	P = 10 psia (T_{sat} = −29.52°F)				P = 15 psia (T_{sat} = −14.15°F)				P = 20 psia (T_{sat} = −2.43°F)			
Sat.	4.3753	90.59	98.68	0.22948	2.9880	92.70	100.99	0.22715	2.2772	94.30	102.73	0.22567
−20	4.4856	92.13	100.43	0.23350								
0	4.7135	95.41	104.14	0.24174	3.1001	95.08	103.68	0.23310	2.2922	94.72	103.20	0.22671
20	4.9380	98.77	107.91	0.24976	3.2551	98.48	107.52	0.24127	2.4130	98.19	107.12	0.23504
40	5.1600	102.20	111.75	0.25761	3.4074	101.95	111.41	0.24922	2.5306	101.70	111.07	0.24311
60	5.3802	105.72	115.67	0.26531	3.5577	105.50	115.38	0.25700	2.6461	105.28	115.07	0.25097
80	5.5989	109.32	119.68	0.27288	3.7064	109.13	119.42	0.26463	2.7600	108.93	119.15	0.25866
100	5.8165	113.01	123.78	0.28033	3.8540	112.84	123.54	0.27212	2.8726	112.66	123.29	0.26621
120	6.0331	116.79	127.96	0.28767	4.0006	116.63	127.74	0.27950	2.9842	116.47	127.52	0.27363
140	6.2490	120.66	132.22	0.29490	4.1464	120.51	132.02	0.28677	3.0950	120.37	131.82	0.28093
160	6.4642	124.61	136.57	0.30203	4.2915	124.48	136.39	0.29393	3.2051	124.35	136.21	0.28812
180	6.6789	128.65	141.01	0.30908	4.4361	128.53	140.84	0.30100	3.3146	128.41	140.67	0.29521
200	6.8930	132.77	145.53	0.31604	4.5802	132.66	145.37	0.30798	3.4237	132.55	145.22	0.30221
220	7.1068	136.98	150.13	0.32292	4.7239	136.88	149.99	0.31487	3.5324	136.78	149.85	0.30912
	P = 30 psia (T_{sat} = 15.37°F)				P = 40 psia (T_{sat} = 29.01°F)				P = 50 psia (T_{sat} = 40.23°F)			
Sat.	1.5492	96.72	105.32	0.22383	1.1760	98.55	107.26	0.22268	0.9479	100.04	108.81	0.22188
20	1.5691	97.56	106.27	0.22581								
40	1.6528	101.17	110.35	0.23414	1.2126	100.61	109.58	0.22738				
60	1.7338	104.82	114.45	0.24219	1.2768	104.34	113.79	0.23565	1.0019	103.84	113.11	0.23031
80	1.8130	108.53	118.59	0.25002	1.3389	108.11	118.02	0.24363	1.0540	107.68	117.43	0.23847
100	1.8908	112.30	122.80	0.25767	1.3995	111.93	122.29	0.25140	1.1043	111.55	121.77	0.24637
120	1.9675	116.15	127.07	0.26517	1.4588	115.82	126.62	0.25900	1.1534	115.48	126.16	0.25406
140	2.0434	120.08	131.42	0.27254	1.5173	119.78	131.01	0.26644	1.2015	119.47	130.59	0.26159
160	2.1185	124.08	135.84	0.27979	1.5750	123.81	135.47	0.27375	1.2488	123.53	135.09	0.26896
180	2.1931	128.16	140.34	0.28693	1.6321	127.91	140.00	0.28095	1.2955	127.66	139.65	0.27621
200	2.2671	132.32	144.91	0.29398	1.6887	132.10	144.60	0.28803	1.3416	131.87	144.28	0.28333
220	2.3408	136.57	149.56	0.30092	1.7449	136.36	149.27	0.29501	1.3873	136.15	148.98	0.29036
240	2.4141	140.89	154.29	0.30778	1.8007	140.70	154.03	0.30190	1.4326	140.50	153.76	0.29728
260	2.4871	145.30	159.10	0.31456	1.8562	145.12	158.86	0.30871	1.4776	144.93	158.60	0.30411
280	2.5598	149.78	163.99	0.32126	1.9114	149.61	163.76	0.31543	1.5223	149.44	163.53	0.31086
	P = 60 psia (T_{sat} = 49.84°F)				P = 70 psia (T_{sat} = 58.30°F)				P = 80 psia (T_{sat} = 65.89°F)			
Sat.	0.7936	101.30	110.11	0.22127	0.6821	102.39	111.22	0.22080	0.59750	103.35	112.20	0.22040
60	0.8179	103.31	112.39	0.22570	0.6857	102.73	111.62	0.22155				
80	0.8636	107.23	116.82	0.23407	0.7271	106.76	116.18	0.23016	0.62430	106.26	115.51	0.22661
100	0.9072	111.16	121.24	0.24211	0.7662	110.76	120.68	0.23836	0.66009	110.34	120.11	0.23499
120	0.9495	115.14	125.68	0.24991	0.8037	114.78	125.19	0.24628	0.69415	114.42	124.69	0.24304
140	0.9908	119.16	130.16	0.25751	0.8401	118.85	129.73	0.25398	0.72698	118.52	129.29	0.25083
160	1.0312	123.25	134.70	0.26496	0.8756	122.97	134.31	0.26149	0.75888	122.68	133.91	0.25841
180	1.0709	127.41	139.30	0.27226	0.9105	127.15	138.94	0.26885	0.79003	126.89	138.58	0.26583
200	1.1101	131.63	143.96	0.27943	0.9447	131.40	143.63	0.27607	0.82059	131.16	143.31	0.27310
220	1.1489	135.93	148.69	0.28649	0.9785	135.71	148.39	0.28317	0.85065	135.49	148.09	0.28024
240	1.1872	140.30	153.48	0.29344	1.0118	140.10	153.21	0.29015	0.88030	139.90	152.93	0.28726
260	1.2252	144.75	158.35	0.30030	1.0449	144.56	158.10	0.29704	0.90961	144.37	157.84	0.29418
280	1.2629	149.27	163.29	0.30707	1.0776	149.10	163.06	0.30384	0.93861	148.92	162.82	0.30100
300	1.3004	153.87	168.31	0.31376	1.1101	153.71	168.09	0.31055	0.96737	153.54	167.86	0.30773
320	1.3377	158.54	173.39	0.32037	1.1424	158.39	173.19	0.31718	0.99590	158.24	172.98	0.31438

TABLE A–13E

Superheated refrigerant-134a (*Concluded*)

T °F	v ft³/lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/lbm·R	v ft³/lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/lbm·R	v ft³/lbm	u Btu/lbm	h Btu/lbm	s Btu/lbm·R
	P = 90 psia (T_{sat} = 72.78°F)				P = 100 psia (T_{sat} = 79.12°F)				P = 120 psia (T_{sat} = 90.49°F)			
Sat.	0.53113	104.21	113.06	0.22006	0.47760	104.99	113.83	0.21976	0.39644	106.35	115.16	0.21924
80	0.54388	105.74	114.80	0.22330	0.47906	105.18	114.05	0.22016				
100	0.57729	109.91	119.52	0.23189	0.51076	109.45	118.90	0.22900	0.41013	108.48	117.59	0.22362
120	0.60874	114.04	124.18	0.24008	0.54022	113.66	123.65	0.23733	0.43692	112.84	122.54	0.23232
140	0.63885	118.19	128.83	0.24797	0.56821	117.86	128.37	0.24534	0.46190	117.15	127.41	0.24058
160	0.66796	122.38	133.51	0.25563	0.59513	122.08	133.09	0.25309	0.48563	121.46	132.25	0.24851
180	0.69629	126.62	138.22	0.26311	0.62122	126.35	137.85	0.26063	0.50844	125.79	137.09	0.25619
200	0.72399	130.92	142.97	0.27043	0.64667	130.67	142.64	0.26801	0.53054	130.17	141.95	0.26368
220	0.75119	135.27	147.78	0.27762	0.67158	135.05	147.47	0.27523	0.55206	134.59	146.85	0.27100
240	0.77796	139.69	152.65	0.28468	0.69605	139.49	152.37	0.28233	0.57312	139.07	151.80	0.27817
260	0.80437	144.19	157.58	0.29162	0.72016	143.99	157.32	0.28931	0.59379	143.61	156.79	0.28521
280	0.83048	148.75	162.58	0.29847	0.74396	148.57	162.34	0.29618	0.61413	148.21	161.85	0.29214
300	0.85633	153.38	167.64	0.30522	0.76749	153.21	167.42	0.30296	0.63420	152.88	166.96	0.29896
320	0.88195	158.08	172.77	0.31189	0.79079	157.93	172.56	0.30964	0.65402	157.62	172.14	0.30569
	P = 140 psia (T_{sat} = 100.50°F)				P = 160 psia (T_{sat} = 109.50°F)				P = 180 psia (T_{sat} = 117.69°F)			
Sat.	0.33771	107.51	116.26	0.21879	0.29316	108.50	117.18	0.21836	0.25813	109.36	117.96	0.21795
120	0.36243	111.96	121.35	0.22773	0.30578	111.01	120.06	0.22337	0.26083	109.94	118.63	0.21910
140	0.38551	116.41	126.40	0.23628	0.32774	115.62	125.32	0.23230	0.28231	114.77	124.17	0.22850
160	0.40711	120.81	131.36	0.24443	0.34790	120.13	130.43	0.24069	0.30154	119.42	129.46	0.23718
180	0.42766	125.22	136.30	0.25227	0.36686	124.62	135.49	0.24871	0.31936	124.00	134.64	0.24540
200	0.44743	129.65	141.24	0.25988	0.38494	129.12	140.52	0.25645	0.33619	128.57	139.77	0.25330
220	0.46657	134.12	146.21	0.26730	0.40234	133.64	145.55	0.26397	0.35228	133.15	144.88	0.26094
240	0.48522	138.64	151.21	0.27455	0.41921	138.20	150.62	0.27131	0.36779	137.76	150.01	0.26837
260	0.50345	143.21	156.26	0.28166	0.43564	142.81	155.71	0.27849	0.38284	142.40	155.16	0.27562
280	0.52134	147.85	161.35	0.28864	0.45171	147.48	160.85	0.28554	0.39751	147.10	160.34	0.28273
300	0.53895	152.54	166.50	0.29551	0.46748	152.20	166.04	0.29246	0.41186	151.85	165.57	0.28970
320	0.55630	157.30	171.71	0.30228	0.48299	156.98	171.28	0.29927	0.42594	156.66	170.85	0.29656
340	0.57345	162.13	176.98	0.30896	0.49828	161.83	176.58	0.30598	0.43980	161.53	176.18	0.30331
360	0.59041	167.02	182.32	0.31555	0.51338	166.74	181.94	0.31260	0.45347	166.46	181.56	0.30996
	P = 200 psia (T_{sat} = 125.22°F)				P = 300 psia (T_{sat} = 156.09°F)				P = 400 psia (T_{sat} = 179.86°F)			
Sat.	0.22983	110.11	118.62	0.21753	0.14266	112.60	120.52	0.21512	0.09642	113.35	120.48	0.21161
140	0.24541	113.85	122.93	0.22481								
160	0.26412	118.66	128.44	0.23384	0.14656	113.82	121.95	0.21745				
180	0.28115	123.35	133.76	0.24229	0.16355	119.52	128.60	0.22802	0.09658	113.41	120.56	0.21173
200	0.29704	128.00	138.99	0.25035	0.17776	124.78	134.65	0.23733	0.11440	120.52	128.99	0.22471
220	0.31212	132.64	144.19	0.25812	0.19044	129.85	140.42	0.24594	0.12746	126.44	135.88	0.23500
240	0.32658	137.30	149.38	0.26565	0.20211	134.83	146.05	0.25410	0.13853	131.95	142.20	0.24418
260	0.34054	141.99	154.59	0.27298	0.21306	139.77	151.59	0.26192	0.14844	137.26	148.25	0.25270
280	0.35410	146.72	159.82	0.28015	0.22347	144.70	157.11	0.26947	0.15756	142.48	154.14	0.26077
300	0.36733	151.50	165.09	0.28718	0.23346	149.65	162.61	0.27681	0.16611	147.65	159.94	0.26851
320	0.38029	156.33	170.40	0.29408	0.24310	154.63	168.12	0.28398	0.17423	152.80	165.70	0.27599
340	0.39300	161.22	175.77	0.30087	0.25246	159.64	173.66	0.29098	0.18201	157.97	171.44	0.28326
360	0.40552	166.17	181.18	0.30756	0.26159	164.70	179.22	0.29786	0.18951	163.15	177.18	0.29035

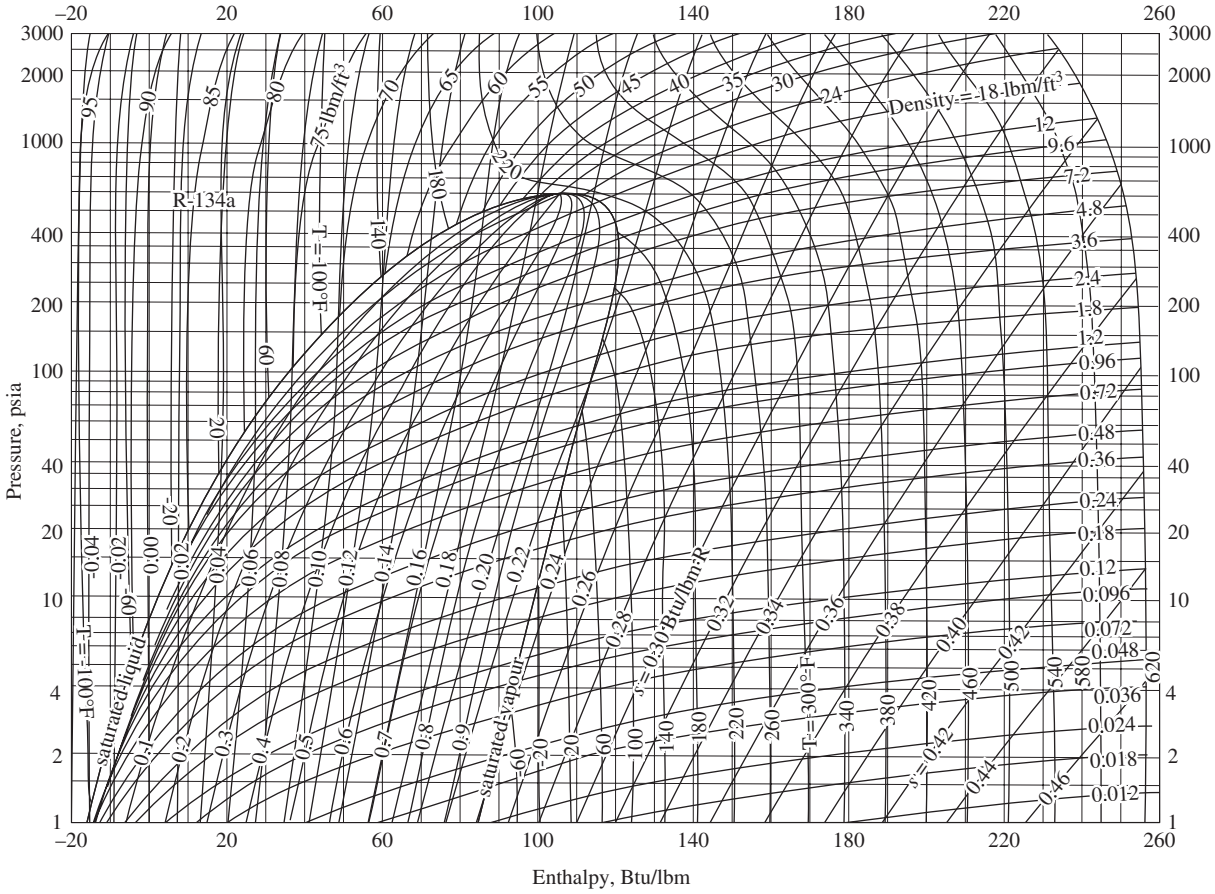


FIGURE A–14E

P-h diagram for refrigerant-134a.

Reprinted by permission of American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA.

TABLE A–16E

Properties of the atmosphere at high altitude

Altitude, ft	Temperature, °F	Pressure, psia	Gravity, g, ft/s^2	Speed of sound, ft/s	Density, lbm/ft^3	Viscosity μ, lbm/ft·s	Thermal conductivity, Btu/h·ft·R
0	59.00	14.7	32.174	1116	0.07647	1.202×10^{-5}	0.0146
500	57.22	14.4	32.173	1115	0.07536	1.199×10^{-5}	0.0146
1000	55.43	14.2	32.171	1113	0.07426	1.196×10^{-5}	0.0146
1500	53.65	13.9	32.169	1111	0.07317	1.193×10^{-5}	0.0145
2000	51.87	13.7	32.168	1109	0.07210	1.190×10^{-5}	0.0145
2500	50.09	13.4	32.166	1107	0.07104	1.186×10^{-5}	0.0144
3000	48.30	13.2	32.165	1105	0.06998	1.183×10^{-5}	0.0144
3500	46.52	12.9	32.163	1103	0.06985	1.180×10^{-5}	0.0143
4000	44.74	12.7	32.162	1101	0.06792	1.177×10^{-5}	0.0143
4500	42.96	12.5	32.160	1099	0.06690	1.173×10^{-5}	0.0142
5000	41.17	12.2	32.159	1097	0.06590	1.170×10^{-5}	0.0142
5500	39.39	12.0	32.157	1095	0.06491	1.167×10^{-5}	0.0141
6000	37.61	11.8	32.156	1093	0.06393	1.164×10^{-5}	0.0141
6500	35.83	11.6	32.154	1091	0.06296	1.160×10^{-5}	0.0141
7000	34.05	11.3	32.152	1089	0.06200	1.157×10^{-5}	0.0140
7500	32.26	11.1	32.151	1087	0.06105	1.154×10^{-5}	0.0140
8000	30.48	10.9	32.149	1085	0.06012	1.150×10^{-5}	0.0139
8500	28.70	10.7	32.148	1083	0.05919	1.147×10^{-5}	0.0139
9000	26.92	10.5	32.146	1081	0.05828	1.144×10^{-5}	0.0138
9500	25.14	10.3	32.145	1079	0.05738	1.140×10^{-5}	0.0138
10,000	23.36	10.1	32.145	1077	0.05648	1.137×10^{-5}	0.0137
11,000	19.79	9.72	32.140	1073	0.05473	1.130×10^{-5}	0.0136
12,000	16.23	9.34	32.137	1069	0.05302	1.124×10^{-5}	0.0136
13,000	12.67	8.99	32.134	1065	0.05135	1.117×10^{-5}	0.0135
14,000	9.12	8.63	32.131	1061	0.04973	1.110×10^{-5}	0.0134
15,000	5.55	8.29	32.128	1057	0.04814	1.104×10^{-5}	0.0133
16,000	+1.99	7.97	32.125	1053	0.04659	1.097×10^{-5}	0.0132
17,000	−1.58	7.65	32.122	1049	0.04508	1.090×10^{-5}	0.0132
18,000	−5.14	7.34	32.119	1045	0.04361	1.083×10^{-5}	0.0130
19,000	−8.70	7.05	32.115	1041	0.04217	1.076×10^{-5}	0.0129
20,000	−12.2	6.76	32.112	1037	0.04077	1.070×10^{-5}	0.0128
22,000	−19.4	6.21	32.106	1029	0.03808	1.056×10^{-5}	0.0126
24,000	−26.5	5.70	32.100	1020	0.03553	1.042×10^{-5}	0.0124
26,000	−33.6	5.22	32.094	1012	0.03311	1.028×10^{-5}	0.0122
28,000	−40.7	4.78	32.088	1003	0.03082	1.014×10^{-5}	0.0121
30,000	−47.8	4.37	32.082	995	0.02866	1.000×10^{-5}	0.0119
32,000	−54.9	3.99	32.08	987	0.02661	0.986×10^{-5}	0.0117
34,000	−62.0	3.63	32.07	978	0.02468	0.971×10^{-5}	0.0115
36,000	−69.2	3.30	32.06	969	0.02285	0.956×10^{-5}	0.0113
38,000	−69.7	3.05	32.06	968	0.02079	0.955×10^{-5}	0.0113
40,000	−69.7	2.73	32.05	968	0.01890	0.955×10^{-5}	0.0113
45,000	−69.7	2.148	32.04	968	0.01487	0.955×10^{-5}	0.0113
50,000	−69.7	1.691	32.02	968	0.01171	0.955×10^{-5}	0.0113
55,000	−69.7	1.332	32.00	968	0.00922	0.955×10^{-5}	0.0113
60,000	−69.7	1.048	31.99	968	0.00726	0.955×10^{-5}	0.0113

Source: U.S. Standard Atmosphere Supplements, U.S. Government Printing Office, 1966. Based on year-round mean conditions at 45° latitude and varies with the time of the year and the weather patterns. The conditions at sea level ($z = 0$) are taken to be $P = 14.696$ psia, $T = 59$°F, $\rho = 0.076474$ lbm/ft^3, $g = 32.1741$ ft^2/s.

TABLE A–17E

Ideal-gas properties of air

T R	h Btu/lbm	P_r	u Btu/lbm	v_r	s° Btu/lbm·R	T R	h Btu/lbm	P_r	u Btu/lbm	v_r	s° Btu/lbm·R
360	85.97	0.3363	61.29	396.6	0.50369	1600	395.74	71.13	286.06	8.263	0.87130
380	90.75	0.4061	64.70	346.6	0.51663	1650	409.13	80.89	296.03	7.556	0.87954
400	95.53	0.4858	68.11	305.0	0.52890	1700	422.59	90.95	306.06	6.924	0.88758
420	100.32	0.5760	71.52	270.1	0.54058	1750	436.12	101.98	316.16	6.357	0.89542
440	105.11	0.6776	74.93	240.6	0.55172	1800	449.71	114.0	326.32	5.847	0.90308
460	109.90	0.7913	78.36	215.33	0.56235	1850	463.37	127.2	336.55	5.388	0.91056
480	114.69	0.9182	81.77	193.65	0.57255	1900	477.09	141.5	346.85	4.974	0.91788
500	119.48	1.0590	85.20	174.90	0.58233	1950	490.88	157.1	357.20	4.598	0.92504
520	124.27	1.2147	88.62	158.58	0.59173	2000	504.71	174.0	367.61	4.258	0.93205
537	128.10	1.3593	91.53	146.34	0.59945	2050	518.71	192.3	378.08	3.949	0.93891
540	129.06	1.3860	92.04	144.32	0.60078	2100	532.55	212.1	388.60	3.667	0.94564
560	133.86	1.5742	95.47	131.78	0.60950	2150	546.54	223.5	399.17	3.410	0.95222
580	138.66	1.7800	98.90	120.70	0.61793	2200	560.59	256.6	409.78	3.176	0.95919
600	143.47	2.005	102.34	110.88	0.62607	2250	574.69	281.4	420.46	2.961	0.96501
620	148.28	2.249	105.78	102.12	0.63395	2300	588.82	308.1	431.16	2.765	0.97123
640	153.09	2.514	109.21	94.30	0.64159	2350	603.00	336.8	441.91	2.585	0.97732
660	157.92	2.801	112.67	87.27	0.64902	2400	617.22	367.6	452.70	2.419	0.98331
680	162.73	3.111	116.12	80.96	0.65621	2450	631.48	400.5	463.54	2.266	0.98919
700	167.56	3.446	119.58	75.25	0.66321	2500	645.78	435.7	474.40	2.125	0.99497
720	172.39	3.806	123.04	70.07	0.67002	2550	660.12	473.3	485.31	1.996	1.00064
740	177.23	4.193	126.51	65.38	0.67665	2600	674.49	513.5	496.26	1.876	1.00623
760	182.08	4.607	129.99	61.10	0.68312	2650	688.90	556.3	507.25	1.765	1.01172
780	186.94	5.051	133.47	57.20	0.68942	2700	703.35	601.9	518.26	1.662	1.01712
800	191.81	5.526	136.97	53.63	0.69558	2750	717.83	650.4	529.31	1.566	1.02244
820	196.69	6.033	140.47	50.35	0.70160	2800	732.33	702.0	540.40	1.478	1.02767
840	201.56	6.573	143.98	47.34	0.70747	2850	746.88	756.7	551.52	1.395	1.03282
860	206.46	7.149	147.50	44.57	0.71323	2900	761.45	814.8	562.66	1.318	1.03788
880	211.35	7.761	151.02	42.01	0.71886	2950	776.05	876.4	573.84	1.247	1.04288
900	216.26	8.411	154.57	39.64	0.72438	3000	790.68	941.4	585.04	1.180	1.04779
920	221.18	9.102	158.12	37.44	0.72979	3050	805.34	1011	596.28	1.118	1.05264
940	226.11	9.834	161.68	35.41	0.73509	3100	820.03	1083	607.53	1.060	1.05741
960	231.06	10.61	165.26	33.52	0.74030	3150	834.75	1161	618.82	1.006	1.06212
980	236.02	11.43	168.83	31.76	0.74540	3200	849.48	1242	630.12	0.955	1.06676
1000	240.98	12.30	172.43	30.12	0.75042	3250	864.24	1328	641.46	0.907	1.07134
1040	250.95	14.18	179.66	27.17	0.76019	3300	879.02	1418	652.81	0.8621	1.07585
1080	260.97	16.28	186.93	24.58	0.76964	3350	893.83	1513	664.20	0.8202	1.08031
1120	271.03	18.60	194.25	22.30	0.77880	3400	908.66	1613	675.60	0.7807	1.08470
1160	281.14	21.18	201.63	20.29	0.78767	3450	923.52	1719	687.04	0.7436	1.08904
1200	291.30	24.01	209.05	18.51	0.79628	3500	938.40	1829	698.48	0.7087	1.09332
1240	301.52	27.13	216.53	16.93	0.80466	3550	953.30	1946	709.95	0.6759	1.09755
1280	311.79	30.55	224.05	15.52	0.81280	3600	968.21	2068	721.44	0.6449	1.10172
1320	322.11	34.31	231.63	14.25	0.82075	3650	983.15	2196	732.95	0.6157	1.10584
1360	332.48	38.41	239.25	13.12	0.82848	3700	998.11	2330	744.48	0.5882	1.10991
1400	342.90	42.88	246.93	12.10	0.83604	3750	1013.1	2471	756.04	0.5621	1.11393
1440	353.37	47.75	254.66	11.17	0.84341	3800	1028.1	2618	767.60	0.5376	1.11791
1480	363.89	53.04	262.44	10.34	0.85062	3850	1043.1	2773	779.19	0.5143	1.12183
1520	374.47	58.78	270.26	9.578	0.85767	3900	1058.1	2934	790.80	0.4923	1.12571
1560	385.08	65.00	278.13	8.890	0.86456	3950	1073.2	3103	802.43	0.4715	1.12955

TABLE A–17E

Ideal-gas properties of air (*Concluded*)

T R	h Btu/lbm	P_r	u Btu/lbm	v_r	s° Btu/lbm·R	T R	h Btu/lbm	P_r	u Btu/lbm	v_r	s° Btu/lbm·R
4000	1088.3	3280	814.06	0.4518	1.13334	4600	1270.4	6089	955.04	0.2799	1.17575
4050	1103.4	3464	825.72	0.4331	1.13709	4700	1300.9	6701	978.73	0.2598	1.18232
4100	1118.5	3656	837.40	0.4154	1.14079	4800	1331.5	7362	1002.5	0.2415	1.18876
4150	1133.6	3858	849.09	0.3985	1.14446	4900	1362.2	8073	1026.3	0.2248	1.19508
4200	1148.7	4067	860.81	0.3826	1.14809	5000	1392.9	8837	1050.1	0.2096	1.20129
4300	1179.0	4513	884.28	0.3529	1.15522	5100	1423.6	9658	1074.0	0.1956	1.20738
4400	1209.4	4997	907.81	0.3262	1.16221	5200	1454.4	10,539	1098.0	0.1828	1.21336
4500	1239.9	5521	931.39	0.3019	1.16905	5300	1485.3	11,481	1122.0	0.1710	1.21923

Note: The properties P_r (relative pressure) and v_r (relative specific volume) are dimensionless quantities used in the analysis of isentropic processes, and should not be confused with the properties pressure and specific volume.

Source: Kenneth Wark, *Thermodynamics*, 4th ed. (New York: McGraw-Hill, 1983), pp. 832–33, Table A–5. Originally published in J. H. Keenan and J. Kaye, *Gas Tables* (New York: John Wiley & Sons, 1948).

TABLE A–18E

Ideal-gas properties of nitrogen, N_2

T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R	T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R
300	2,082.0	1,486.2	41.695	1080	7,551.0	5,406.2	50.651
320	2,221.0	1,585.5	42.143	1100	7,695.0	5,510.5	50.783
340	2,360.0	1,684.4	42.564	1120	7,839.3	5,615.2	50.912
360	2,498.9	1,784.0	42.962	1140	7,984.0	5,720.1	51.040
380	2,638.0	1,883.4	43.337	1160	8,129.0	5,825.4	51.167
400	2,777.0	1,982.6	43.694	1180	8,274.4	5,931.0	51.291
420	2,916.1	2,082.0	44.034	1200	8,420.0	6,037.0	51.143
440	3,055.1	2,181.3	44.357	1220	8,566.1	6,143.4	51.534
460	3,194.1	2,280.6	44.665	1240	8,712.6	6,250.1	51.653
480	3,333.1	2,379.9	44.962	1260	8,859.3	6,357.2	51.771
500	3,472.2	2,479.3	45.246	1280	9,006.4	6,464.5	51.887
520	3,611.3	2,578.6	45.519	1300	9,153.9	6,572.3	51.001
537	3,729.5	2,663.1	45.743	1320	9,301.8	6,680.4	52.114
540	3,750.3	2,678.0	45.781	1340	9,450.0	6,788.9	52.225
560	3,889.5	2,777.4	46.034	1360	9,598.6	6,897.8	52.335
580	4,028.7	2,876.9	46.278	1380	9,747.5	7,007.0	52.444
600	4,167.9	2,976.4	46.514	1400	9,896.9	7,116.7	52.551
620	4,307.1	3,075.9	46.742	1420	10,046.6	7,226.7	52.658
640	4,446.4	3,175.5	46.964	1440	10,196.6	7,337.0	52.763
660	4,585.8	3,275.2	47.178	1460	10,347.0	7,447.6	52.867
680	4,725.3	3,374.9	47.386	1480	10,497.8	7,558.7	52.969
700	4,864.9	3,474.8	47.588	1500	10,648.0	7,670.1	53.071
720	5,004.5	3,574.7	47.785	1520	10,800.4	7,781.9	53.171
740	5,144.3	3,674.7	47.977	1540	10,952.2	7,893.9	53.271
760	5,284.1	3,774.9	48.164	1560	11,104.3	8,006.4	53.369
780	5,424.2	3,875.2	48.345	1580	11,256.9	8,119.2	53.465
800	5,564.4	3,975.7	48.522	1600	11,409.7	8,232.3	53.561
820	5,704.7	4,076.3	48.696	1620	11,562.8	8,345.7	53.656
840	5,845.3	4,177.1	48.865	1640	11,716.4	8,459.6	53.751
860	5,985.9	4,278.1	49.031	1660	11,870.2	8,573.6	53.844
880	6,126.9	4,379.4	49.193	1680	12,024.3	8,688.1	53.936
900	6,268.1	4,480.8	49.352	1700	12,178.9	8,802.9	54.028
920	6,409.6	4,582.6	49.507	1720	12,333.7	8,918.0	54.118
940	6,551.2	4,684.5	49.659	1740	12,488.8	9,033.4	54.208
960	6,693.1	4,786.7	49.808	1760	12,644.3	9,149.2	54.297
980	6,835.4	4,889.3	49.955	1780	12,800.2	9,265.3	54.385
1000	6,977.9	4,992.0	50.099	1800	12,956.3	9,381.7	54.472
1020	7,120.7	5,095.1	50.241	1820	13,112.7	9,498.4	54.559
1040	7,263.8	5,198.5	50.380	1840	13,269.5	9,615.5	54.645
1060	7,407.2	5,302.2	50.516	1860	13,426.5	9,732.8	54.729

TABLE A–18E

Ideal-gas properties of nitrogen, N_2 (*Concluded*)

T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R	T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R
1900	13,742	9,968	54.896	3500	27,016	20,065	59.944
1940	14,058	10,205	55.061	3540	27,359	20,329	60.041
1980	14,375	10,443	55.223	3580	27,703	20,593	60.138
2020	14,694	10,682	55.383	3620	28,046	20,858	60.234
2060	15,013	10,923	55.540	3660	28,391	21,122	60.328
2100	15,334	11,164	55.694	3700	28,735	21,387	60.422
2140	15,656	11,406	55.846	3740	29,080	21,653	60.515
2180	15,978	11,649	55.995	3780	29,425	21,919	60.607
2220	16,302	11,893	56.141	3820	29,771	22,185	60.698
2260	16,626	12,138	56.286	3860	30,117	22,451	60.788
2300	16,951	12,384	56.429	3900	30,463	22,718	60.877
2340	17,277	12,630	56.570	3940	30,809	22,985	60.966
2380	17,604	12,878	56.708	3980	31,156	23,252	61.053
2420	17,392	13,126	56.845	4020	31,503	23,520	61.139
2460	18,260	13,375	56.980	4060	31,850	23,788	61.225
2500	18,590	13,625	57.112	4100	32,198	24,056	61.310
2540	18,919	13,875	57.243	4140	32,546	24,324	61.395
2580	19,250	14,127	57.372	4180	32,894	24,593	61.479
2620	19,582	14,379	57.499	4220	33,242	24,862	61.562
2660	19,914	14,631	57.625	4260	33,591	25,131	61.644
2700	20,246	14,885	57.750	4300	33,940	25,401	61.726
2740	20,580	15,139	57.872	4340	34,289	25,670	61.806
2780	20,914	15,393	57.993	4380	34,638	25,940	61.887
2820	21,248	15,648	58.113	4420	34,988	26,210	61.966
2860	21,584	15,905	58.231	4460	35,338	26,481	62.045
2900	21,920	16,161	58.348	4500	35,688	26,751	62.123
2940	22,256	16,417	58.463	4540	36,038	27,022	62.201
2980	22,593	16,675	58.576	4580	36,389	27,293	62.278
3020	22,930	16,933	58.688	4620	36,739	27,565	62.354
3060	23,268	17,192	58.800	4660	37,090	27,836	62.429
3100	23,607	17,451	58.910	4700	37,441	28,108	62.504
3140	23,946	17,710	59.019	4740	37,792	28,379	62.578
3180	24,285	17,970	59.126	4780	38,144	28,651	62.652
3220	24,625	18,231	59.232	4820	38,495	28,924	62.725
3260	24,965	18,491	59.338	4860	38,847	29,196	62.798
3300	25,306	18,753	59.442	4900	39,199	29,468	62.870
3340	25,647	19,014	59.544	5000	40,080	30,151	63.049
3380	25,989	19,277	59.646	5100	40,962	30,834	63.223
3420	26,331	19,539	59.747	5200	41,844	31,518	63.395
3460	26,673	19,802	59.846	5300	42,728	32,203	63.563

Source: Tables A–18E through A–23E are adapted from Kenneth Wark, *Thermodynamics*, 4th ed. (New York: McGraw-Hill, 1983), pp. 834–44. Originally published in J. H. Keenan and J. Kaye, *Gas Tables* (New York: John Wiley & Sons, 1945).

TABLE A–19E

Ideal-gas properties of oxygen, O_2

T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R	T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R
300	2,073.5	1,477.8	44.927	1080	7,696.8	5,552.1	54.064
320	2,212.6	1,577.1	45.375	1100	7,850.4	5,665.9	54.204
340	2,351.7	1,676.5	45.797	1120	8,004.5	5,780.3	54.343
360	2,490.8	1,775.9	46.195	1140	8,159.1	5,895.2	54.480
380	2,630.0	1,875.3	46.571	1160	8,314.2	6,010.6	54.614
400	2,769.1	1,974.8	46.927	1180	8,469.8	6,126.5	54.748
420	2,908.3	2,074.3	47.267	1200	8,625.8	6,242.8	54.879
440	3,047.5	2,173.8	47.591	1220	8,782.4	6,359.6	55.008
460	3,186.9	2,273.4	47.900	1240	8,939.4	6,476.9	55.136
480	3,326.5	2,373.3	48.198	1260	9,096.7	6,594.5	55.262
500	3,466.2	2,473.2	48.483	1280	9,254.6	6,712.7	55.386
520	3,606.1	2,573.4	48.757	1300	9,412.9	6,831.3	55.508
537	3,725.1	2,658.7	48.982	1320	9,571.9	6,950.2	55.630
540	3,746.2	2,673.8	49.021	1340	9,730.7	7,069.6	55.750
560	3,886.6	2,774.5	49.276	1360	9,890.2	7,189.4	55.867
580	4,027.3	2,875.5	49.522	1380	10,050.1	7,309.6	55.984
600	4,168.3	2,976.8	49.762	1400	10,210.4	7,430.1	56.099
620	4,309.7	3,078.4	49.993	1420	10,371.0	7,551.1	56.213
640	4,451.4	3,180.4	50.218	1440	10,532.0	7,672.4	56.326
660	4,593.5	3,282.9	50.437	1460	10,693.3	7,793.9	56.437
680	4,736.2	3,385.8	50.650	1480	10,855.1	7,916.0	56.547
700	4,879.3	3,489.2	50.858	1500	11,017.1	8,038.3	56.656
720	5,022.9	3,593.1	51.059	1520	11,179.6	8,161.1	56.763
740	5,167.0	3,697.4	51.257	1540	11,342.4	8,284.2	56.869
760	5,311.4	3,802.4	51.450	1560	11,505.4	8,407.4	56.975
780	5,456.4	3,907.5	51.638	1580	11,668.8	8,531.1	57.079
800	5,602.0	4,013.3	51.821	1600	11,832.5	8,655.1	57.182
820	5,748.1	4,119.7	52.002	1620	11,996.6	8,779.5	57.284
840	5,894.8	4,226.6	52.179	1640	12,160.9	8,904.1	57.385
860	6,041.9	4,334.1	52.352	1660	12,325.5	9,029.0	57.484
880	6,189.6	4,442.0	52.522	1680	12,490.4	9,154.1	57.582
900	6,337.9	4,550.6	52.688	1700	12,655.6	9,279.6	57.680
920	6,486.7	4,659.7	52.852	1720	12,821.1	9,405.4	57.777
940	6,636.1	4,769.4	53.012	1740	12,986.9	9,531.5	57.873
960	6,786.0	4,879.5	53.170	1760	13,153.0	9,657.9	57.968
980	6,936.4	4,990.3	53.326	1780	13,319.2	9,784.4	58.062
1000	7,087.5	5,101.6	53.477	1800	13,485.8	9,911.2	58.155
1020	7,238.9	5,213.3	53.628	1820	13,652.5	10,038.2	58.247
1040	7,391.0	5,325.7	53.775	1840	13,819.6	10,165.6	58.339
1060	7,543.6	5,438.6	53.921	1860	13,986.8	10,293.1	58.428

TABLE A–19E

Ideal-gas properties of oxygen, O_2 (*Concluded*)

T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R	T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R
1900	14,322	10,549	58.607	3500	28,273	21,323	63.914
1940	14,658	10,806	58.782	3540	28,633	21,603	64.016
1980	14,995	11,063	58.954	3580	28,994	21,884	64.114
2020	15,333	11,321	59.123	3620	29,354	22,165	64.217
2060	15,672	11,581	59.289	3660	29,716	22,447	64.316
2100	16,011	11,841	59.451	3700	30,078	22,730	64.415
2140	16,351	12,101	59.612	3740	30,440	23,013	64.512
2180	16,692	12,363	59.770	3780	30,803	23,296	64.609
2220	17,036	12,625	59.926	3820	31,166	23,580	64.704
2260	17,376	12,888	60.077	3860	31,529	23,864	64.800
2300	17,719	13,151	60.228	3900	31,894	24,149	64.893
2340	18,062	13,416	60.376	3940	32,258	24,434	64.986
2380	18,407	13,680	60.522	3980	32,623	24,720	65.078
2420	18,572	13,946	60.666	4020	32,989	25,006	65.169
2460	19,097	14,212	60.808	4060	33,355	25,292	65.260
2500	19,443	14,479	60.946	4100	33,722	25,580	65.350
2540	19,790	14,746	61.084	4140	34,089	25,867	64.439
2580	20,138	15,014	61.220	4180	34,456	26,155	65.527
2620	20,485	15,282	61.354	4220	34,824	26,144	65.615
2660	20,834	15,551	61.486	4260	35,192	26,733	65.702
2700	21,183	15,821	61.616	4300	35,561	27,022	65.788
2740	21,533	16,091	61.744	4340	35,930	27,312	65.873
2780	21,883	16,362	61.871	4380	36,300	27,602	65.958
2820	22,232	16,633	61.996	4420	36,670	27,823	66.042
2860	22,584	16,905	62.120	4460	37,041	28,184	66.125
2900	22,936	17,177	62.242	4500	37,412	28,475	66.208
2940	23,288	17,450	62.363	4540	37,783	28,768	66.290
2980	23,641	17,723	62.483	4580	38,155	29,060	66.372
3020	23,994	17,997	62.599	4620	38,528	29,353	66.453
3060	24,348	18,271	62.716	4660	38,900	29,646	66.533
3100	24,703	18,546	62.831	4700	39,274	29,940	66.613
3140	25,057	18,822	62.945	4740	39,647	30,234	66.691
3180	25,413	19,098	63.057	4780	40,021	30,529	66.770
3220	25,769	19,374	63.169	4820	40,396	30,824	66.848
3260	26,175	19,651	63.279	4860	40,771	31,120	66.925
3300	26,412	19,928	63.386	4900	41,146	31,415	67.003
3340	26,839	20,206	63.494	5000	42,086	32,157	67.193
3380	27,197	20,485	63.601	5100	43,021	32,901	67.380
3420	27,555	20,763	63.706	5200	43,974	33,648	67.562
3460	27,914	21,043	63.811	5300	44,922	34,397	67.743

TABLE A–20E

Ideal-gas properties of carbon dioxide, CO_2

T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R	T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R
300	2,108.2	1,512.4	46.353	1080	9,575.8	7,431.1	58.072
320	2,256.6	1,621.1	46.832	1100	9,802.6	7,618.1	58.281
340	2,407.3	1,732.1	47.289	1120	10,030.6	7,806.4	58.485
360	2,560.5	1,845.6	47.728	1140	10,260.1	7,996.2	58.689
380	2,716.4	1,961.8	48.148	1160	10,490.6	8,187.0	58.889
400	2,874.7	2,080.4	48.555	1180	10,722.3	8,379.0	59.088
420	3,035.7	2,201.7	48.947	1200	10,955.3	8,572.3	59.283
440	3,199.4	2,325.6	49.329	1220	11,189.4	8,766.6	59.477
460	3,365.7	2,452.2	49.698	1240	11,424.6	8,962.1	59.668
480	3,534.7	2,581.5	50.058	1260	11,661.0	9,158.8	59.858
500	3,706.2	2,713.3	50.408	1280	11,898.4	9,356.5	60.044
520	3,880.3	2,847.7	50.750	1300	12,136.9	9,555.3	60.229
537	4,027.5	2,963.8	51.032	1320	12,376.4	9,755.0	60.412
540	4,056.8	2,984.4	51.082	1340	12,617.0	9,955.9	60.593
560	4,235.8	3,123.7	51.408	1360	12,858.5	10,157.7	60.772
580	4,417.2	3,265.4	51.726	1380	13,101.0	10,360.5	60.949
600	4,600.9	3,409.4	52.038	1400	13,344.7	10,564.5	61.124
620	4,786.6	3,555.6	52.343	1420	13,589.1	10,769.2	61.298
640	4,974.9	3,704.0	52.641	1440	13,834.5	10,974.8	61.469
660	5,165.2	3,854.6	52.934	1460	14,080.8	11,181.4	61.639
680	5,357.6	4,007.2	53.225	1480	14,328.0	11,388.9	61.800
700	5,552.0	4,161.9	53.503	1500	14,576.0	11,597.2	61.974
720	5,748.4	4,318.6	53.780	1520	14,824.9	11,806.4	62.138
740	5,946.8	4,477.3	54.051	1540	15,074.7	12,016.5	62.302
760	6,147.0	4,637.9	54.319	1560	15,325.3	12,227.3	62.464
780	6,349.1	4,800.1	54.582	1580	15,576.7	12,439.0	62.624
800	6,552.9	4,964.2	54.839	1600	15,829.0	12,651.6	62.783
820	6,758.3	5,129.9	55.093	1620	16,081.9	12,864.8	62.939
840	6,965.7	5,297.6	55.343	1640	16,335.7	13,078.9	63.095
860	7,174.7	5,466.9	55.589	1660	16,590.2	13,293.7	63.250
880	7,385.3	5,637.7	55.831	1680	16,845.5	13,509.2	63.403
900	7,597.6	5,810.3	56.070	1700	17,101.4	13,725.4	63.555
920	7,811.4	5,984.4	56.305	1720	17,358.1	13,942.4	63.704
940	8,026.8	6,160.1	56.536	1740	17,615.5	14,160.1	63.853
960	8,243.8	6,337.4	56.765	1760	17,873.5	14,378.4	64.001
980	8,462.2	6,516.1	56.990	1780	18,132.2	14,597.4	64.147
1000	8,682.1	6,696.2	57.212	1800	18,391.5	14,816.9	64.292
1020	8,903.4	6,877.8	57.432	1820	18,651.5	15,037.2	64.435
1040	9,126.2	7,060.9	57.647	1840	18,912.2	15,258.2	64.578
1060	9,350.3	7,245.3	57.861	1860	19,173.4	15,479.7	64.719

TABLE A–20E

Ideal-gas properties of carbon dioxide, CO_2 (*Concluded*)

T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R	T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R
1900	19,698	15,925	64.999	3500	41,965	35,015	73.462
1940	20,224	16,372	65.272	3540	42,543	35,513	73.627
1980	20,753	16,821	65.543	3580	43,121	36,012	73.789
2020	21,284	17,273	65.809	3620	43,701	36,512	73.951
2060	21,818	17,727	66.069	3660	44,280	37,012	74.110
2100	22,353	18,182	66.327	3700	44,861	37,513	74.267
2140	22,890	18,640	66.581	3740	45,442	38,014	74.423
2180	23,429	19,101	66.830	3780	46,023	38,517	74.578
2220	23,970	19,561	67.076	3820	46,605	39,019	74.732
2260	24,512	20,024	67.319	3860	47,188	39,522	74.884
2300	25,056	20,489	67.557	3900	47,771	40,026	75.033
2340	25,602	20,955	67.792	3940	48,355	40,531	75.182
2380	26,150	21,423	68.025	3980	48,939	41,035	75.330
2420	26,699	21,893	68.253	4020	49,524	41,541	75.477
2460	27,249	22,364	68.479	4060	50,109	42,047	75.622
2500	27,801	22,837	68.702	4100	50,695	42,553	75.765
2540	28,355	23,310	68.921	4140	51,282	43,060	75.907
2580	28,910	23,786	69.138	4180	51,868	43,568	76.048
2620	29,465	24,262	69.352	4220	52,456	44,075	76.188
2660	30,023	24,740	69.563	4260	53,044	44,584	76.327
2700	30,581	25,220	69.771	4300	53,632	45,093	76.464
2740	31,141	25,701	69.977	4340	54,221	45,602	76.601
2780	31,702	26,181	70.181	4380	54,810	46,112	76.736
2820	32,264	26,664	70.382	4420	55,400	46,622	76.870
2860	32,827	27,148	70.580	4460	55,990	47,133	77.003
2900	33,392	27,633	70.776	4500	56,581	47,645	77.135
2940	33,957	28,118	70.970	4540	57,172	48,156	77.266
2980	34,523	28,605	71.160	4580	57,764	48,668	77.395
3020	35,090	29,093	71.350	4620	58,356	49,181	77.581
3060	35,659	29,582	71.537	4660	58,948	49,694	77.652
3100	36,228	30,072	71.722	4700	59,541	50,208	77.779
3140	36,798	30,562	71.904	4740	60,134	50,721	77.905
3180	37,369	31,054	72.085	4780	60,728	51,236	78.029
3220	37,941	31,546	72.264	4820	61,322	51,750	78.153
3260	38,513	32,039	72.441	4860	61,916	52,265	78.276
3300	39,087	32,533	72.616	4900	62,511	52,781	78.398
3340	39,661	33,028	72.788	5000	64,000	54,071	78.698
3380	40,236	33,524	72.960	5100	65,491	55,363	78.994
3420	40,812	34,020	73.129	5200	66,984	56,658	79.284
3460	41,388	34,517	73.297	5300	68,471	57,954	79.569

TABLE A–21E

Ideal-gas properties of carbon monoxide, CO

T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R	T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R
300	2,081.9	1,486.1	43.223	1080	7,571.1	5,426.4	52.203
320	2,220.9	1,585.4	43.672	1100	7,716.8	5,532.3	52.337
340	2,359.9	1,684.7	44.093	1120	7,862.9	5,638.7	52.468
360	2,498.8	1,783.9	44.490	1140	8,009.2	5,745.4	52.598
380	2,637.9	1,883.3	44.866	1160	8,156.1	5,851.5	52.726
400	2,776.9	1,982.6	45.223	1180	8,303.3	5,960.0	52.852
420	2,916.0	2,081.9	45.563	1200	8,450.8	6,067.8	52.976
440	3,055.0	2,181.2	45.886	1220	8,598.8	6,176.0	53.098
460	3,194.0	2,280.5	46.194	1240	8,747.2	6,284.7	53.218
480	3,333.0	2,379.8	46.491	1260	8,896.0	6,393.8	53.337
500	3,472.1	2,479.2	46.775	1280	9,045.0	6,503.1	53.455
520	3,611.2	2,578.6	47.048	1300	9,194.6	6,613.0	53.571
537	3,725.1	2,663.1	47.272	1320	9,344.6	6,723.2	53.685
540	3,750.3	2,677.9	47.310	1340	9,494.8	6,833.7	53.799
560	3,889.5	2,777.4	47.563	1360	9,645.5	6,944.7	53.910
580	4,028.7	2,876.9	47.807	1380	9,796.6	7,056.1	54.021
600	4,168.0	2,976.5	48.044	1400	9,948.1	7,167.9	54.129
620	4,307.4	3,076.2	48.272	1420	10,100.0	7,280.1	54.237
640	4,446.9	3,175.9	48.494	1440	10,252.2	7,392.6	54.344
660	4,586.6	3,275.8	48.709	1460	10,404.8	7,505.4	54.448
680	4,726.2	3,375.8	48.917	1480	10,557.8	7,618.7	54.522
700	4,886.0	3,475.9	49.120	1500	10,711.1	7,732.3	54.665
720	5,006.1	3,576.3	49.317	1520	10,864.9	7,846.4	54.757
740	5,146.4	3,676.9	49.509	1540	11,019.0	7,960.8	54.858
760	5,286.8	3,777.5	49.697	1560	11,173.4	8,075.4	54.958
780	5,427.4	3,878.4	49.880	1580	11,328.2	8,190.5	55.056
800	5,568.2	3,979.5	50.058	1600	11,483.4	8,306.0	55.154
820	5,709.4	4,081.0	50.232	1620	11,638.9	8,421.8	55.251
840	5,850.7	4,182.6	50.402	1640	11,794.7	8,537.9	55.347
860	5,992.3	4,284.5	50.569	1660	11,950.9	8,654.4	55.411
880	6,134.2	4,386.6	50.732	1680	12,107.5	8,771.2	55.535
900	6,276.4	4,489.1	50.892	1700	12,264.3	8,888.3	55.628
920	6,419.0	4,592.0	51.048	1720	12,421.4	9,005.7	55.720
940	6,561.7	4,695.0	51.202	1740	12,579.0	9,123.6	55.811
960	6,704.9	4,798.5	51.353	1760	12,736.7	9,241.6	55.900
980	6,848.4	4,902.3	51.501	1780	12,894.9	9,360.0	55.990
1000	6,992.2	5,006.3	51.646	1800	13,053.2	9,478.6	56.078
1020	7,136.4	5,110.8	51.788	1820	13,212.0	9,597.7	56.166
1040	7,281.0	5,215.7	51.929	1840	13,371.0	9,717.0	56.253
1060	7,425.9	5,320.9	52.067	1860	13,530.2	9,836.5	56.339

TABLE A–21E

Ideal-gas properties of carbon monoxide, CO (*Concluded*)

T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R	T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R
1900	13,850	10,077	56.509	3500	27,262	20,311	61.612
1940	14,170	10,318	56.677	3540	27,608	20,576	61.710
1980	14,492	10,560	56.841	3580	27,954	20,844	61.807
2020	14,815	10,803	57.007	3620	28,300	21,111	61.903
2060	15,139	11,048	57.161	3660	28,647	21,378	61.998
2100	15,463	11,293	57.317	3700	28,994	21,646	62.093
2140	15,789	11,539	57.470	3740	29,341	21,914	62.186
2180	16,116	11,787	57.621	3780	29,688	22,182	62.279
2220	16,443	12,035	57.770	3820	30,036	22,450	62.370
2260	16,722	12,284	57.917	3860	30,384	22,719	62.461
2300	17,101	12,534	58.062	3900	30,733	22,988	62.511
2340	17,431	12,784	58.204	3940	31,082	23,257	62.640
2380	17,762	13,035	58.344	3980	31,431	23,527	62.728
2420	18,093	13,287	58.482	4020	31,780	23,797	62.816
2460	18,426	13,541	58.619	4060	32,129	24,067	62.902
2500	18,759	13,794	58.754	4100	32,479	24,337	62.988
2540	19,093	14,048	58.885	4140	32,829	24,608	63.072
2580	19,427	14,303	59.016	4180	33,179	24,878	63.156
2620	19,762	14,559	59.145	4220	33,530	25,149	63.240
2660	20,098	14,815	59.272	4260	33,880	25,421	63.323
2700	20,434	15,072	59.398	4300	34,231	25,692	63.405
2740	20,771	15,330	59.521	4340	34,582	25,934	63.486
2780	21,108	15,588	59.644	4380	34,934	26,235	63.567
2820	21,446	15,846	59.765	4420	35,285	26,508	63.647
2860	21,785	16,105	59.884	4460	35,637	26,780	63.726
2900	22,124	16,365	60.002	4500	35,989	27,052	63.805
2940	22,463	16,225	60.118	4540	36,341	27,325	63.883
2980	22,803	16,885	60.232	4580	36,693	27,598	63.960
3020	23,144	17,146	60.346	4620	37,046	27,871	64.036
3060	23,485	17,408	60.458	4660	37,398	28,144	64.113
3100	23,826	17,670	60.569	4700	37,751	28,417	64.188
3140	24,168	17,932	60.679	4740	38,104	28,691	64.263
3180	24,510	18,195	60.787	4780	38,457	28,965	64.337
3220	24,853	18,458	60.894	4820	38,811	29,239	64.411
3260	25,196	18,722	61.000	4860	39,164	29,513	64.484
3300	25,539	18,986	61.105	4900	39,518	29,787	64.556
3340	25,883	19,250	61.209	5000	40,403	30,473	64.735
3380	26,227	19,515	61.311	5100	41,289	31,161	64.910
3420	26,572	19,780	61.412	5200	42,176	31,849	65.082
3460	26,917	20,045	61.513	5300	43,063	32,538	65.252

TABLE A–22E

Ideal-gas properties of hydrogen, H_2

T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R	T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R
300	2,063.5	1,467.7	27.337	1400	9,673.8	6,893.6	37.883
320	2,189.4	1,553.9	27.742	1500	10,381.5	7,402.7	38.372
340	2,317.2	1,642.0	28.130	1600	11,092.5	7,915.1	38.830
360	2,446.8	1,731.9	28.501	1700	11,807.4	8,431.4	39.264
380	2,577.8	1,823.2	28.856	1800	12,526.8	8,952.2	39.675
400	2,710.2	1,915.8	29.195	1900	13,250.9	9,477.8	40.067
420	2,843.7	2,009.6	29.520	2000	13,980.1	10,008.4	40.441
440	2,978.1	2,104.3	29.833	2100	14,714.5	10,544.2	40.799
460	3,113.5	2,200.0	30.133	2200	15,454.4	11,085.5	41.143
480	3,249.4	2,296.2	20.424	2300	16,199.8	11,632.3	41.475
500	3,386.1	2,393.2	30.703	2400	16,950.6	12,184.5	41.794
520	3,523.2	2,490.6	30.972	2500	17,707.3	12,742.6	42.104
537	3,640.3	2,573.9	31.194	2600	18,469.7	13,306.4	42.403
540	3,660.9	2,588.5	31.232	2700	19,237.8	13,876.0	42.692
560	3,798.8	2,686.7	31.482	2800	20,011.8	14,451.4	42.973
580	3,937.1	2,785.3	31.724	2900	20,791.5	15,032.5	43.247
600	4,075.6	2,884.1	31.959	3000	21,576.9	15,619.3	43.514
620	4,214.3	2,983.1	32.187	3100	22,367.7	16,211.5	43.773
640	4,353.1	3,082.1	32.407	3200	23,164.1	16,809.3	44.026
660	4,492.1	3,181.4	32.621	3300	23,965.5	17,412.1	44.273
680	4,631.1	3,280.7	32.829	3400	24,771.9	18,019.9	44.513
700	4,770.2	3,380.1	33.031	3500	25,582.9	18,632.4	44.748
720	4,909.5	3,479.6	33.226	3600	26,398.5	19,249.4	44.978
740	5,048.8	3,579.2	33.417	3700	27,218.5	19,870.8	45.203
760	5,188.1	3,678.8	33.603	3800	28,042.8	20,496.5	45.423
780	5,327.6	3,778.6	33.784	3900	28,871.1	21,126.2	45.638
800	5,467.1	3,878.4	33.961	4000	29,703.5	21,760.0	45.849
820	5,606.7	3,978.3	34.134	4100	30,539.8	22,397.7	46.056
840	5,746.3	4,078.2	34.302	4200	31,379.8	23,039.2	46.257
860	5,885.9	4,178.0	34.466	4300	32,223.5	23,684.3	46.456
880	6,025.6	4,278.0	34.627	4400	33,070.9	24,333.1	46.651
900	6,165.3	4,378.0	34.784	4500	33,921.6	24,985.2	46.842
920	6,305.1	4,478.1	34.938	4600	34,775.7	25,640.7	47.030
940	6,444.9	4,578.1	35.087	4700	35,633.0	26,299.4	47.215
960	6,584.7	4,678.3	35.235	4800	36,493.4	26,961.2	47.396
980	6,724.6	4,778.4	35.379	4900	35,356.9	27,626.1	47.574
1000	6,864.5	4,878.6	35.520	5000	38,223.3	28,294.0	47.749
1100	7,564.6	5,380.1	36.188	5100	39,092.8	28,964.9	47.921
1200	8,265.8	5,882.8	36.798	5200	39,965.1	29,638.6	48.090
1300	8,968.7	6,387.1	37.360	5300	40,840.2	30,315.1	48.257

TABLE A–23E

Ideal-gas properties of water vapor, H_2O

T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R	T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R
300	2,367.6	1,771.8	40.439	1080	8,768.2	6,623.5	50.854
320	2,526.8	1,891.3	40.952	1100	8,942.0	6,757.5	51.013
340	2,686.0	2,010.8	41.435	1120	9,116.4	6,892.2	51.171
360	2,845.1	2,130.2	41.889	1140	9,291.4	7,027.5	51.325
380	3,004.4	2,249.8	42.320	1160	9,467.1	7,163.5	51.478
400	3,163.8	2,369.4	42.728	1180	9,643.4	7,300.1	51.360
420	3,323.2	2,489.1	43.117	1200	9,820.4	7,437.4	51.777
440	3,482.7	2,608.9	43.487	1220	9,998.0	7,575.2	51.925
460	3,642.3	2,728.8	43.841	1240	10,176.1	7,713.6	52.070
480	3,802.0	2,848.8	44.182	1260	10,354.9	7,852.7	52.212
500	3,962.0	2,969.1	44.508	1280	10,534.4	7,992.5	52.354
520	4,122.0	3,089.4	44.821	1300	10,714.5	8,132.9	52.494
537	4,258.0	3,191.9	45.079	1320	10,895.3	8,274.0	52.631
540	4,282.4	3,210.0	45.124	1340	11,076.6	8,415.5	52.768
560	4,442.8	3,330.7	45.415	1360	11,258.7	8,557.9	52.903
580	4,603.7	3,451.9	45.696	1380	11,441.4	8,700.9	53.037
600	4,764.7	3,573.2	45.970	1400	11,624.8	8,844.6	53.168
620	4,926.1	3,694.9	46.235	1420	11,808.8	8,988.9	53.299
640	5,087.8	3,816.8	46.492	1440	11,993.4	9,133.8	53.428
660	5,250.0	3,939.3	46.741	1460	12,178.8	9,279.4	53.556
680	5,412.5	4,062.1	46.984	1480	12,364.8	9,425.7	53.682
700	5,575.4	4,185.3	47.219	1500	12,551.4	9,572.7	53.808
720	5,738.8	4,309.0	47.450	1520	12,738.8	9,720.3	53.932
740	5,902.6	4,433.1	47.673	1540	12,926.8	9,868.6	54.055
760	6,066.9	4,557.6	47.893	1560	13,115.6	10,017.6	54.117
780	6,231.7	4,682.7	48.106	1580	13,305.0	10,167.3	54.298
800	6,396.9	4,808.2	48.316	1600	13,494.4	10,317.6	54.418
820	6,562.6	4,934.2	48.520	1620	13,685.7	10,468.6	54.535
840	6,728.9	5,060.8	48.721	1640	13,877.0	10,620.2	54.653
860	6,895.6	5,187.8	48.916	1660	14,069.2	10,772.7	54.770
880	7,062.9	5,315.3	49.109	1680	14,261.9	10,925.6	54.886
900	7,230.9	5,443.6	49.298	1700	14,455.4	11,079.4	54.999
920	7,399.4	5,572.4	49.483	1720	14,649.5	11,233.8	55.113
940	7,568.4	5,701.7	49.665	1740	14,844.3	11,388.9	55.226
960	7,738.0	5,831.6	49.843	1760	15,039.8	11,544.7	55.339
980	7,908.2	5,962.0	50.019	1780	15,236.1	11,701.2	55.449
1000	8,078.2	6,093.0	50.191	1800	15,433.0	11,858.4	55.559
1020	8,250.4	6,224.8	50.360	1820	15,630.6	12,016.3	55.668
1040	8,422.4	6,357.1	50.528	1840	15,828.7	12,174.7	55.777
1060	8,595.0	6,490.0	50.693	1860	16,027.6	12,333.9	55.884

TABLE A–23E

Ideal-gas properties of water vapor, H_2O (*Cotinued*)

T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R	T R	$\bar{h}$ Btu/lbmol	$\bar{u}$ Btu/lbmol	$\bar{s}°$ Btu/lbmol·R
1900	16,428	12,654	56.097	3500	34,324	27,373	62.876
1940	16,830	12,977	56.307	3540	34,809	27,779	63.015
1980	17,235	13,303	56.514	3580	35,296	28,187	63.153
2020	17,643	13,632	56.719	3620	35,785	28,596	63.288
2060	18,054	13,963	56.920	3660	36,274	29,006	63.423
2100	18,467	14,297	57.119	3700	36,765	29,418	63.557
2140	18,883	14,633	57.315	3740	37,258	29,831	63.690
2180	19,301	14,972	57.509	3780	37,752	30,245	63.821
2220	19,722	15,313	57.701	3820	38,247	30,661	63.952
2260	20,145	15,657	57.889	3860	38,743	31,077	64.082
2300	20,571	16,003	58.077	3900	39,240	31,495	64.210
2340	20,999	16,352	58.261	3940	39,739	31,915	64.338
2380	21,429	16,703	58.445	3980	40,239	32,335	64.465
2420	21,862	17,057	58.625	4020	40,740	32,757	64.591
2460	22,298	17,413	58.803	4060	41,242	33,179	64.715
2500	22,735	17,771	58.980	4100	41,745	33,603	64.839
2540	23,175	18,131	59.155	4140	42,250	34,028	64.962
2580	23,618	18,494	59.328	4180	42,755	34,454	65.084
2620	24,062	18,859	59.500	4220	43,267	34,881	65.204
2660	24,508	19,226	59.669	4260	43,769	35,310	65.325
2700	24,957	19,595	59.837	4300	44,278	35,739	65.444
2740	25,408	19,967	60.003	4340	44,788	36,169	65.563
2780	25,861	20,340	60.167	4380	45,298	36,600	65.680
2820	26,316	20,715	60.330	4420	45,810	37,032	65.797
2860	26,773	21,093	60.490	4460	46,322	37,465	65.913
2900	27,231	21,472	60.650	4500	46,836	37,900	66.028
2940	27,692	21,853	60.809	4540	47,350	38,334	66.142
2980	28,154	22,237	60.965	4580	47,866	38,770	66.255
3020	28,619	22,621	61.120	4620	48,382	39,207	66.368
3060	29,085	23,085	61.274	4660	48,899	39,645	66.480
3100	29,553	23,397	61.426	4700	49,417	40,083	66.591
3140	30,023	23,787	61.577	4740	49,936	40,523	66.701
3180	30,494	24,179	61.727	4780	50,455	40,963	66.811
3220	30,967	24,572	61.874	4820	50,976	41,404	66.920
3260	31,442	24,968	62.022	4860	51,497	41,856	67.028
3300	31,918	25,365	62.167	4900	52,019	42,288	67.135
3340	32,396	25,763	62.312	5000	53,327	43,398	67.401
3380	32,876	26,164	62.454	5100	54,640	44,512	67.662
3420	33,357	26,565	62.597	5200	55,957	45,631	67.918
3460	33,839	26,968	62.738	5300	57,279	46,754	68.172

TABLE A–26E

Enthalpy of formation, Gibbs function of formation, and absolute entropy at 77°F, 1 atm

Substance	Formula	$\bar{h}_f^\circ$ Btu/lbmol	$\bar{g}_f^\circ$ Btu/lbmol	$\bar{s}^\circ$ Btu/lbmol·R
Carbon	$C(s)$	0	0	1.36
Hydrogen	$H_2(g)$	0	0	31.21
Nitrogen	$N_2(g)$	0	0	45.77
Oxygen	$O_2(g)$	0	0	49.00
Carbon monoxide	$CO(g)$	−47,540	−59,010	47.21
Carbon dioxide	$CO_2(g)$	−169,300	−169,680	51.07
Water vapor	$H_2O(g)$	−104,040	−98,350	45.11
Water	$H_2O(\ell)$	−122,970	−102,040	16.71
Hydrogen peroxide	$H_2O_2(g)$	−58,640	−45,430	55.60
Ammonia	$NH_3(g)$	−19,750	−7,140	45.97
Methane	$CH_4(g)$	−32,210	−21,860	44.49
Acetylene	$C_2H_2(g)$	+97,540	+87,990	48.00
Ethylene	$C_2H_4(g)$	+22,490	+29,306	52.54
Ethane	$C_2H_6(g)$	−36,420	−14,150	54.85
Propylene	$C_3H_6(g)$	+8,790	+26,980	63.80
Propane	$C_3H_8(g)$	−44,680	−10,105	64.51
n-Butane	$C_4H_{10}(g)$	−54,270	−6,760	74.11
n-Octane	$C_8H_{18}(g)$	−89,680	+7,110	111.55
n-Octane	$C_8H_{18}(\ell)$	−107,530	+2,840	86.23
n-Dodecane	$C_{12}H_{26}(g)$	−125,190	+21,570	148.86
Benzene	$C_6H_6(g)$	+35,680	+55,780	64.34
Methyl alcohol	$CH_3OH(g)$	−86,540	−69,700	57.29
Methyl alcohol	$CH_3OH(\ell)$	−102,670	−71,570	30.30
Ethyl alcohol	$C_2H_5OH(g)$	−101,230	−72,520	67.54
Ethyl alcohol	$C_2H_5OH(\ell)$	−119,470	−75,240	38.40
Oxygen	$O(g)$	+107,210	+99,710	38.47
Hydrogen	$H(g)$	+93,780	+87,460	27.39
Nitrogen	$N(g)$	+203,340	+195,970	36.61
Hydroxyl	$OH(g)$	+16,790	+14,750	43.92

Source: From JANAF, *Thermochemical Tables* (Midland, MI: Dow Chemical Co., 1971), *Selected Values of Chemical Thermodynamic Properties*, NBS Technical Note 270-3, 1968; and *API Research Project 44* (Carnegie Press, 1953).

TABLE A–27E

Properties of some common fuels and hydrocarbons

Fuel (phase)	Formula	Molar mass, lbm/lbmol	Density,[1] lbm/ft^3	Enthalpy of vaporization,[2] Btu/lbm	Specific heat,[1] c_p Btu/lbm·°F	Higher heating value,[3] Btu/lbm	Lower heating value,[3] Btu/lbm
Carbon (*s*)	C	12.011	125	—	0.169	14,100	14,100
Hydrogen (*g*)	H_2	2.016	—	—	3.44	60,970	51,600
Carbon monoxide (*g*)	CO	28.013	—	—	0.251	4,340	4,340
Methane (*g*)	CH_4	16.043	—	219	0.525	23,880	21,520
Methanol (ℓ)	CH_4O	32.042	49.3	502	0.604	9,740	8,570
Acetylene (*g*)	C_2H_2	26.038	—	—	0.404	21,490	20,760
Ethane (*g*)	C_2H_6	30.070	—	74	0.418	22,320	20,430
Ethanol (ℓ)	C_2H_6O	46.069	49.3	395	0.583	12,760	11,530
Propane (ℓ)	C_3H_8	44.097	31.2	144	0.662	21,640	19,930
Butane (ℓ)	C_4H_{10}	58.123	36.1	156	0.578	21,130	19,510
1-Pentene (ℓ)	C_5H_{10}	70.134	40.0	156	0.525	20,540	19,190
Isopentane (ℓ)	C_5H_{12}	72.150	39.1	—	0.554	20,890	19,310
Benzene (ℓ)	C_6H_6	78.114	54.7	186	0.411	17,970	17,240
Hexene (ℓ)	C_6H_{12}	84.161	42.0	169	0.439	20,430	19,090
Hexane (ℓ)	C_6H_{14}	86.177	41.2	157	0.542	20,770	19,240
Toluene (ℓ)	C_7H_8	92.141	54.1	177	0.408	18,230	17,420
Heptane (ℓ)	C_7H_{16}	100.204	42.7	157	0.535	20,680	19,180
Octane (ℓ)	C_8H_{18}	114.231	43.9	156	0.533	20,590	19,100
Decane (ℓ)	$C_{10}H_{22}$	142.285	45.6	155	0.528	20,490	19,020
Gasoline (ℓ)	$C_nH_{1.87n}$	100–110	45–49	151	0.57	20,300	18,900
Light diesel (ℓ)	$C_nH_{1.8n}$	170	49–52	116	0.53	19,800	18,600
Heavy diesel (ℓ)	$C_nH_{1.7n}$	200	51–55	99	0.45	19,600	18,400
Natural gas (*g*)	$C_nH_{3.8n}N_{0.1n}$	18	—	—	0.48	21,500	19,400

[1]At 1 atm and 68°F.

[2]At 77°F for liquid fuels, and 1 atm and normal boiling temperature for gaseous fuels.

[3]At 77°F. Multiply by molar mass to obtain heating values in Btu/lbmol.

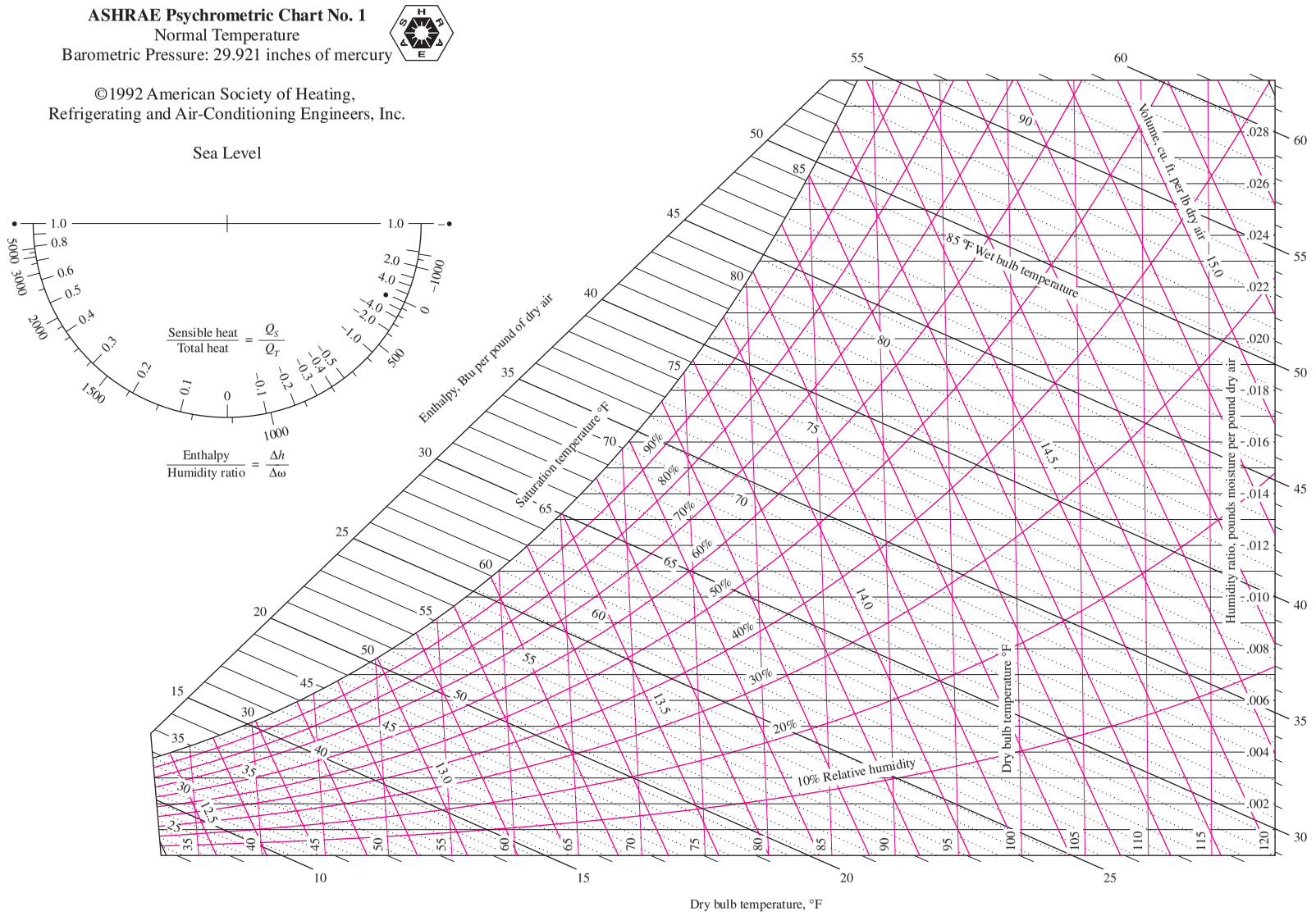


FIGURE A–31E

Psychrometric chart at 1 atm total pressure.

From the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA: used with permission.

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 841

APPENDIX

1

PROPERTY TABLES AND CHARTS (SI UNITS)

Table A–1 Molar mass, gas constant, and ideal-gas specific heats of some substances *842*

Table A–2 Boiling and freezing point properties *843*

Table A–3 Properties of solid metals *844–846*

Table A–4 Properties of solid nonmetals *847*

Table A–5 Properties of building materials *848–849*

Table A–6 Properties of insulating materials *850*

Table A–7 Properties of common foods *851–852*

Table A–8 Properties of miscellaneous materials *853*

Table A–9 Properties of saturated water *854*

Table A–10 Properties of saturated refrigerant–134a *855*

Table A–11 Properties of saturated ammonia *856*

Table A–12 Properties of saturated propane *857*

Table A–13 Properties of liquids *858*

Table A–14 Properties of liquid metals *859*

Table A–15 Properties of air at 1 atm pressure *860*

Table A–16 Properties of gases at 1 atm pressure *861–862*

Table A–17 Properties of the atmosphere at high altitude *863*

Table A–18 Emissivities of surfaces *864–865*

Table A–19 Solar radiative properties of materials *866*

Figure A–20 The Moody chart for friction factor for fully developed flow in circular pipes *867*

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 842

TABLE A–1

Molar mass, gas constant, and ideal-gas specific heats of some substances

Substance	Molar Mass M, kg/kmol	Gas Constant R, kJ/kg · K*	Specific Heat Data at 25°C c_p, kJ/kg · K	c_v, kJ/kg · K	$k = c_p/c_v$
Air	28.97	0.2870	1.005	0.7180	1.400
Ammonia, NH_3	17.03	0.4882	2.093	1.605	1.304
Argon, Ar	39.95	0.2081	0.5203	0.3122	1.667
Bromine, Br_2	159.81	0.05202	0.2253	0.1732	1.300
Isobutane, C_4H_{10}	58.12	0.1430	1.663	1.520	1.094
n-Butane, C_4H_{10}	58.12	0.1430	1.694	1.551	1.092
Carbon dioxide, CO_2	44.01	0.1889	0.8439	0.6550	1.288
Carbon monoxide, CO	28.01	0.2968	1.039	0.7417	1.400
Chlorine, Cl_2	70.905	0.1173	0.4781	0.3608	1.325
Chlorodifluoromethane (R-22), $CHClF_2$	86.47	0.09615	0.6496	0.5535	1.174
Ethane, C_2H_6	30.070	0.2765	1.744	1.468	1.188
Ethylene, C_2H_4	28.054	0.2964	1.527	1.231	1.241
Fluorine, F_2	38.00	0.2187	0.8237	0.6050	1.362
Helium, He	4.003	2.077	5.193	3.116	1.667
n-Heptane, C_7H_{16}	100.20	0.08297	1.649	1.566	1.053
n-Hexane, C_6H_{14}	86.18	0.09647	1.654	1.558	1.062
Hydrogen, H_2	2.016	4.124	14.30	10.18	1.405
Krypton, Kr	83.80	0.09921	0.2480	0.1488	1.667
Methane, CH_4	16.04	0.5182	2.226	1.708	1.303
Neon, Ne	20.183	0.4119	1.030	0.6180	1.667
Nitrogen, N_2	28.01	0.2968	1.040	0.7429	1.400
Nitric oxide, NO	30.006	0.2771	0.9992	0.7221	1.384
Nitrogen dioxide, NO_2	46.006	0.1889	0.8060	0.6171	1.306
Oxygen, O_2	32.00	0.2598	0.9180	0.6582	1.395
n-Pentane, C_5H_{12}	72.15	0.1152	1.664	1.549	1.074
Propane, C_3H_8	44.097	0.1885	1.669	1.480	1.127
Propylene, C_3H_6	42.08	0.1976	1.531	1.333	1.148
Steam, H_2O	18.015	0.4615	1.865	1.403	1.329
Sulfur dioxide, SO_2	64.06	0.1298	0.6228	0.4930	1.263
Tetrachloromethane, CCl_4	153.82	0.05405	0.5415	0.4875	1.111
Tetrafluoroethane (R-134a), $C_2H_2F_4$	102.03	0.08149	0.8334	0.7519	1.108
Trifluoroethane (R-143a), $C_2H_3F_3$	84.04	0.09893	0.9291	0.8302	1.119
Xenon, Xe	131.30	0.06332	0.1583	0.09499	1.667

*The unit kJ/kg · K is equivalent to kPa · m^3/kg · K. The gas constant is calculated from $R = R_U/M$, where $R_U = 8.31447$ kJ/kmol · K is the universal gas constant and M is the molar mass.

Source: Specific heat values are obtained primarily from the property routines prepared by The National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg, MD.

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 843

TABLE A–2

Boiling and freezing point properties

Substance	Boiling Data at 1 atm: Normal Boiling Point, °C	Boiling Data at 1 atm: Latent Heat of Vaporization h_{fg}, kJ/kg	Freezing Data: Freezing Point, °C	Freezing Data: Latent Heat of Fusion h_{if}, kJ/kg	Liquid Properties: Temperature, °C	Liquid Properties: Density ρ, kg/m^3	Liquid Properties: Specific Heat c_p, kJ/kg · K
Ammonia	−33.3	1357	−77.7	322.4	−33.3	682	4.43
					−20	665	4.52
					0	639	4.60
					25	602	4.80
Argon	−185.9	161.6	−189.3	28	−185.6	1394	1.14
Benzene	80.2	394	5.5	126	20	879	1.72
Brine (20% sodium chloride by mass)	103.9	—	−17.4	—	20	1150	3.11
n-Butane	−0.5	385.2	−138.5	80.3	−0.5	601	2.31
Carbon dioxide	−78.4*	230.5 (at 0°C)	−56.6		0	298	0.59
Ethanol	78.2	838.3	−114.2	109	25	783	2.46
Ethyl alcohol	78.6	855	−156	108	20	789	2.84
Ethylene glycol	198.1	800.1	−10.8	181.1	20	1109	2.84
Glycerine	179.9	974	18.9	200.6	20	1261	2.32
Helium	−268.9	22.8	—	—	−268.9	146.2	22.8
Hydrogen	−252.8	445.7	−259.2	59.5	−252.8	70.7	10.0
Isobutane	−11.7	367.1	−160	105.7	−11.7	593.8	2.28
Kerosene	204–293	251	−24.9	—	20	820	2.00
Mercury	356.7	294.7	−38.9	11.4	25	13,560	0.139
Methane	−161.5	510.4	−182.2	58.4	−161.5	423	3.49
					−100	301	5.79
Methanol	64.5	1100	−97.7	99.2	25	787	2.55
Nitrogen	−195.8	198.6	−210	25.3	−195.8	809	2.06
					−160	596	2.97
Octane	124.8	306.3	−57.5	180.7	20	703	2.10
Oil (light)					25	910	1.80
Oxygen	−183	212.7	−218.8	13.7	−183	1141	1.71
Petroleum	—	230–384			20	640	2.0
Propane	−42.1	427.8	−187.7	80.0	−42.1	581	2.25
					0	529	2.53
					50	449	3.13
Refrigerant-134a	−26.1	216.8	−96.6	—	−50	1443	1.23
					−26.1	1374	1.27
					0	1295	1.34
					25	1207	1.43
Water	100	2257	0.0	333.7	0	1000	4.22
					25	997	4.18
					50	988	4.18
					75	975	4.19
					100	958	4.22

* Sublimation temperature. (At pressures below the triple-point pressure of 518 kPa, carbon dioxide exists as a solid or gas. Also, the freezing-point temperature of carbon dioxide is the triple-point temperature of −56.5°C.)

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 844

TABLE A–3

Properties of solid metals

Composition	Melting Point, K	Properties at 300 K: ρ kg/m^3	c_p J/kg · K	k W/m · K	$\alpha \times 10^6$ m^2/s	Properties at Various Temperatures (K), k(W/m · K)/c_p(J/kg · K): 100	200	400	600	800	1000
Aluminum:											
Pure	933	2702	903	237	97.1	302	237	240	231	218	
						482	798	949	1033	1146	
Alloy 2024-T6 (4.5% Cu, 1.5% Mg, 0.6% Mn)	775	2770	875	177	73.0	65	163	186	186		
						473	787	925	1042		
Alloy 195, Cast (4.5% Cu)		2790	883	168	68.2			174	185		
Beryllium	1550	1850	1825	200	59.2	990	301	161	126	106	90.8
						203	1114	2191	2604	2823	3018
Bismuth	545	9780	122	7.86	6.59	16.5	9.69	7.04			
						112	120	127			
Boron	2573	2500	1107	27.0	9.76	190	55.5	16.8	10.6	9.60	9.85
						128	600	1463	1892	2160	2338
Cadmium	594	8650	231	96.8	48.4	203	99.3	94.7			
						198	222	242			
Chromium	2118	7160	449	93.7	29.1	159	111	90.9	80.7	71.3	65.4
						192	384	484	542	581	616
Cobalt	1769	8862	421	99.2	26.6	167	122	85.4	67.4	58.2	52.1
						236	379	450	503	550	628
Copper:											
Pure	1358	8933	385	401	117	482	413	393	379	366	352
						252	356	397	417	433	451
Commercial bronze (90% Cu, 10% Al)	1293	8800	420	52	14		42	52	59		
							785	160	545		
Phosphor gear bronze (89% Cu, 11% Sn)	1104	8780	355	54	17		41	65	74		
							—	—	—		
Cartridge brass (70% Cu, 30% Zn)	1188	8530	380	110	33.9	75	95	137	149		
							360	395	425		
Constantan (55% Cu, 45% Ni)	1493	8920	384	23	6.71	17	19				
						237	362				
Germanium	1211	5360	322	59.9	34.7	232	96.8	43.2	27.3	19.8	17.4
						190	290	337	348	357	375
Gold	1336	19,300	129	317	127	327	323	311	298	284	270
						109	124	131	135	140	145
Iridium	2720	22,500	130	147	50.3	172	153	144	138	132	126
						90	122	133	138	144	153
Iron:											
Pure	1810	7870	447	80.2	23.1	134	94.0	69.5	54.7	43.3	32.8
						216	384	490	574	680	975
Armco (99.75% pure)		7870	447	72.7	20.7	95.6	80.6	65.7	53.1	42.2	32.3
						215	384	490	574	680	975
Carbon steels:											
Plain carbon (Mn ≤ 1% Si ≤ 0.1%)		7854	434	60.5	17.7			56.7	48.0	39.2	30.0
								487	559	685	1169
AISI 1010		7832	434	63.9	18.8			58.7	48.8	39.2	31.3
							487	559	685	1168	
Carbon–silicon (Mn ≤ 1% 0.1% < Si ≤ 0.6%)		7817	446	51.9	14.9			49.8	44.0	37.4	29.3
								501	582	699	971

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 845

TABLE A–3

Properties of solid metals *(Continued)*

Composition	Melting Point, K	*Properties at 300 K* ρ kg/m^3	c_p J/kg · K	k W/m · K	$\alpha \times 10^6$ m^2/s	*Properties at Various Temperatures* (K), k(W/m · K)/c_p(J/kg · K) 100	200	400	600	800	1000
Carbon–manganese–silicon (1% < Mn < 1.65% 0.1% < Si < 0.6%)		8131	434	41.0	11.6			42.2 487	39.7 559	35.0 685	27.6 1090
Chromium (low) steels:											
$\frac{1}{2}$ Cr–$\frac{1}{4}$ Mo–Si (0.18% C, 0.65% Cr, 0.23% Mo, 0.6% Si)		7822	444	37.7	10.9			38.2 492	36.7 575	33.3 688	26.9 969
1 Cr–$\frac{1}{2}$ Mo (0.16% C, 1% Cr, 0.54% Mo, 0.39% Si)		7858	442	42.3	12.2			42.0 492	39.1 575	34.5 688	27.4 969
1 Cr–V (0.2% C, 1.02% Cr, 0.15% V)		7836	443	48.9	14.1			46.8 492	42.1 575	36.3 688	28.2 969
Stainless steels:											
AISI 302		8055	480	15.1	3.91			17.3 512	20.0 559	22.8 585	25.4 606
AISI 304	1670	7900	477	14.9	3.95	9.2 272	12.6 402	16.6 515	19.8 557	22.6 582	25.4 611
AISI 316		8238	468	13.4	3.48			15.2 504	18.3 550	21.3 576	24.2 602
AISI 347		7978	480	14.2	3.71			15.8 513	18.9 559	21.9 585	24.7 606
Lead	601	11,340	129	35.3	24.1	39.7 118	36.7 125	34.0 132	31.4 142		
Magnesium	923	1740	1024	156	87.6	169 649	159 934	153 1074	149 1170	146 1267	
Molybdenum	2894	10,240	251	138	53.7	179 141	143 224	134 261	126 275	118 285	112 295
Nickel:											
Pure	1728	8900	444	90.7	23.0 232	164 383	107 485	80.2 592	65.6 530	67.6 562	71.8
Nichrome (80% Ni, 20% Cr)	1672	8400	420	12	3.4			14 480	16 525	21 545	
Inconel X-750 (73% Ni, 15% Cr, 6.7% Fe)	1665	8510	439	11.7	3.1	8.7 —	10.3 372	13.5 473	17.0 510	20.5 546	24.0 626
Niobium	2741	8570	265	53.7	23.6	55.2 188	52.6 249	55.2 274	58.2 283	61.3 292	64.4 301
Palladium	1827	12,020	244	71.8	24.5	76.5 168	71.6 227	73.6 251	79.7 261	86.9 271	94.2 281
Platinum:											
Pure	2045	21,450	133	71.6	25.1	77.5 100	72.6 125	71.8 136	73.2 141	75.6 146	78.7 152
Alloy 60Pt–40Rh (60% Pt, 40% Rh)	1800	16,630	162	47	17.4			52 —	59 —	65 —	69 —
Rhenium	3453	21,100	136	47.9	16.7	58.9 97	51.0 127	46.1 139	44.2 145	44.1 151	44.6 156
Rhodium	2236	12,450	243	150	49.6	186 147	154 220	146 253	136 274	127 293	121 311

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 846

TABLE A–3

Properties of solid metals *(Concluded)*

Composition	Melting Point, K	*Properties at 300 K* ρ kg/m^3	c_p J/kg · K	k W/m · K	$\alpha \times 10^6$ m^2/s	*Properties at Various Temperatures* (K), k(W/m · K)/c_p(J/kg · K) 100	200	400	600	800	1000
Silicon	1685	2330	712	148	89.2	884 259	264 556	98.9 790	61.9 867	42.4 913	31.2 946
Silver	1235	10,500	235	429	174	444 187	430 225	425 239	412 250	396 262	379 277
Tantalum	3269	16,600	140	57.5	24.7	59.2 110	57.5 133	57.8 144	58.6 146	59.4 149	60.2 152
Thorium	2023	11,700	118	54.0	39.1	59.8 99	54.6 112	54.5 124	55.8 134	56.9 145	56.9 156
Tin	505	7310	227	66.6	40.1	85.2 188	73.3 215	62.2 243			
Titanium	1953	4500	522	21.9	9.32	30.5 300	24.5 465	20.4 551	19.4 591	19.7 633	20.7 675
Tungsten	3660	19,300	132	174	68.3	208 87	186 122	159 137	137 142	125 146	118 148
Uranium	1406	19,070	116	27.6	12.5	21.7 94	25.1 108	29.6 125	34.0 146	38.8 176	43.9 180
Vanadium	2192	6100	489	30.7	10.3	35.8 258	31.3 430	31.3 515	33.3 540	35.7 563	38.2 597
Zinc	693	7140	389	116	41.8	117 297	118 367	111 402	103 436		
Zirconium	2125	6570	278	22.7	12.4	33.2 205	25.2 264	21.6 300	20.7 332	21.6 342	23.7 362

From Frank P. Incropera and David P. DeWitt, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 3rd ed.*, 1990. This material is used by permission of John Wiley & Sons, Inc.

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 847

TABLE A–4

Properties of solid nonmetals

Composition	Melting Point, K	Properties at 300 K: ρ kg/m^3	c_p J/kg · K	k W/m · K	$\alpha \times 10^6$ m^2/s	Properties at Various Temperatures (K), k (W/m · K)/c_p(J/kg · K): 100	200	400	600	800	1000
Aluminum oxide, sapphire	2323	3970	765	46	15.1	450	82	32.4	18.9	13.0	10.5
						—	—	940	1110	1180	1225
Aluminum oxide, polycrystalline	2323	3970	765	36.0	11.9	133	55	26.4	15.8	10.4	7.85
						—	—	940	1110	1180	1225
Beryllium oxide	2725	3000	1030	272	88.0			196	111	70	47
								1350	1690	1865	1975
Boron	2573	2500	1105	27.6	9.99	190	52.5	18.7	11.3	8.1	6.3
						—	—	1490	1880	2135	2350
Boron fiber epoxy (30% vol.) composite	590	2080									
k, ∥ to fibers				2.29		2.10	2.23	2.28			
k, ⊥ to fibers				0.59		0.37	0.49	0.60			
c_p			1122			364	757	1431			
Carbon											
Amorphous	1500	1950	—	1.60	—	0.67	1.18	1.89	21.9	2.37	2.53
						—	—	—	—	—	—
Diamond, type IIa	—	3500	509	2300		10,000	4000	1540			
insulator						21	194	853			
Graphite, pyrolytic	2273	2210									
k, ∥ to layers				1950		4970	3230	1390	892	667	534
k, ⊥ to layers				5.70		16.8	9.23	4.09	2.68	2.01	1.60
c_p			709			136	411	992	1406	1650	1793
Graphite fiber epoxy (25% vol.) composite	450	1400									
k, heat flow ∥ to fibers				11.1		5.7	8.7	13.0			
k, heat flow ⊥ to fibers			0.87		0.46	0.68	1.1				
c_p			935			337	642	1216			
Pyroceram, Corning 9606	1623	2600	808	3.98	1.89	5.25	4.78	3.64	3.28	3.08	2.96
						—	—	908	1038	1122	1197
Silicon carbide	3100	3160	675	490	230			—	—	—	87
								880	1050	1135	1195
Silicon dioxide, crystalline (quartz)	1883	2650									
k, ∥ to c-axis				10.4		39	16.4	7.6	5.0	4.2	
k, ⊥ to c-axis				6.21		20.8	9.5	4.70	3.4	3.1	
c_p			745			—	—	885	1075	1250	
Silicon dioxide, polycrystalline (fused silica)	1883	2220	745	1.38	0.834	0.69	1.14	1.51	1.75	2.17	2.87
						—	—	905	1040	1105	1155
Silicon nitride	2173	2400	691	16.0	9.65	—	—	13.9	11.3	9.88	8.76
						—	578	778	937	1063	1155
Sulfur	392	2070	708	0.206	0.141	0.165	0.185				
						403	606				
Thorium dioxide	3573	9110	235	13	6.1			10.2	6.6	4.7	3.68
								255	274	285	295
Titanium dioxide, polycrystalline	2133	4157	710	8.4	2.8			7.01	5.02	8.94	3.46
								805	880	910	930

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 848

TABLE A–5

Properties of building materials (at a mean temperature of 24°C)

Material	Thickness, L mm	Density, ρ kg/m^3	Thermal Conductivity, k W/m · K	Specific Heat, c_p kJ/kg · K	R-value (for listed thickness, L/k), K · m^2/W
Building Boards					
Asbestos–cement board	6 mm	1922	—	1.00	0.011
Gypsum of plaster board	10 mm	800	—	1.09	0.057
	13 mm	800	—	—	0.078
Plywood (Douglas fir)	—	545	0.12	1.21	—
	6 mm	545	—	1.21	0.055
	10 mm	545	—	1.21	0.083
	13 mm	545	—	1.21	0.110
	20 mm	545	—	1.21	0.165
Insulated board and sheating	13 mm	288	—	1.30	0.232
(regular density)	20 mm	288	—	1.30	0.359
Hardboard (high density, standard tempered)	—	1010	0.14	1.34	—
Particle board:					
Medium density	—	800	0.14	1.30	—
Underlayment	16 mm	640	—	1.21	0.144
Wood subfloor	20 mm	—	—	1.38	0.166
Building Membrane					
Vapor-permeable felt	—	—	—	—	0.011
Vapor-seal (2 layers of mopped 0.73 kg/m^2 felt)	—	—	—	—	0.021
Flooring Materials					
Carpet and fibrous pad	—	—	—	1.42	0.367
Carpet and rubber pad	—	—	—	1.38	0.217
Tile (asphalt, linoleum, vinyl)	—	—	—	1.26	0.009
Masonry Materials					
Masonry units:					
Brick, common		1922	0.72	—	—
Brick, face		2082	1.30	—	—
Brick, fire clay		2400	1.34	—	—
		1920	0.90	0.79	—
		1120	0.41	—	—
Concrete blocks (3 oval cores,	100 mm	—	0.77	—	0.13
sand and gravel aggregate)	200 mm	—	1.0	—	0.20
	300 mm	—	1.30	—	0.23
Concretes:					
Lightweight aggregates, (including		1920	1.1	—	—
expanded shale, clay, or slate;		1600	0.79	0.84	—
expanded slags; cinders;		1280	0.54	0.84	—
pumice; and scoria)		960	0.33	—	—
	940	0.18	—	—	
Cement/lime, mortar, and stucco		1920	1.40	—	—
		1280	0.65	—	—
Stucco		1857	0.72	—	—

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 849

TABLE A–5

Properties of building materials *(Concluded)*
(at a mean temperature of 24°C)

Material	Thickness, L mm	Density, ρ kg/m^3	Thermal Conductivity, k W/m · K	Specific Heat, c_p kJ/kg · K	R-value (for listed thickness, L/k), K · m^2/W
Roofing					
Asbestos-cement shingles		1900	—	1.00	0.037
Asphalt roll roofing		1100	—	1.51	0.026
Asphalt shingles		1100	—	1.26	0.077
Built-in roofing	10 mm	1100	—	1.46	0.058
Slate	13 mm	—	—	1.26	0.009
Wood shingles (plain and plastic/film faced)		—	—	1.30	0.166
Plastering Materials					
Cement plaster, sand aggregate	19 mm	1860	0.72	0.84	0.026
Gypsum plaster:					
Lightweight aggregate	13 mm	720	—	—	0.055
Sand aggregate	13 mm	1680	0.81	0.84	0.016
Perlite aggregate	—	720	0.22	1.34	—
Siding Material (on flat surfaces)					
Asbestos-cement shingles	—	1900	—	—	0.037
Hardboard siding	11 mm	—	—	1.17	0.12
Wood (drop) siding	25 mm	—	—	1.30	0.139
Wood (plywood) siding lapped	10 mm	—	—	1.21	0.111
Aluminum or steel siding (over sheeting):					
Hollow backed	10 mm	—	—	1.22	0.11
Insulating-board backed	10 mm	—	—	1.34	0.32
Architectural glass	—	2530	1.0	0.84	0.018
Woods					
Hardwoods (maple, oak, etc.)	—	721	0.159	1.26	—
Softwoods (fir, pine, etc.)	—	513	0.115	1.38	—
Metals					
Aluminum (1100)	—	2739	222	0.896	—
Steel, mild	—	7833	45.3	0.502	—
Steel, Stainless	—	7913	15.6	0.456	—

Source: Table A–5 and A–6 are adapted from *ASHRAE, Handbook of Fundamentals* (Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, 1993), Chap. 22, Table 4. Used with permission.

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 850

TABLE A–6

Properties of insulating materials
(at a mean temperature of 24°C)

Material	Thickness, L mm	Density, ρ kg/m^3	Thermal Conductivity, k W/m · K	Specific Heat, c_p kJ/kg · K	R-value (for listed thickness, L/k), K · m^2/W
Blanket and Batt					
Mineral fiber (fibrous form	50 to 70 mm	4.8–32	—	0.71–0.96	1.23
processed from rock, slag,	75 to 90 mm	4.8–32	—	0.71–0.96	1.94
or glass)	135 to 165 mm	4.8–32	—	0.71–0.96	3.32
Board and Slab					
Cellular glass		136	0.055	1.0	—
Glass fiber (organic bonded)		64–144	0.036	0.96	—
Expanded polystyrene (molded beads)		16	0.040	1.2	—
Expanded polyurethane (R-11 expanded)		24	0.023	1.6	—
Expanded perlite (organic bonded)		16	0.052	1.26	—
Expanded rubber (rigid)		72	0.032	1.68	—
Mineral fiber with resin binder		240	0.042	0.71	—
Cork		120	0.039	1.80	—
Sprayed or Formed in Place					
Polyurethane foam		24–40	0.023–0.026	—	—
Glass fiber		56–72	0.038–0.039	—	—
Urethane, two-part mixture (rigid foam)		70	0.026	1.045	—
Mineral wool granules with asbestos/ inorganic binders (sprayed)		190	0.046	—	—
Loose Fill					
Mineral fiber (rock, slag, or glass)	~75 to 125 mm	9.6–32	—	0.71	1.94
	~165 to 222 mm	9.6–32	—	0.71	3.35
	~191 to 254 mm	—	—	0.71	3.87
	~185 mm	—	—	0.71	5.28
Silica aerogel		122	0.025	—	—
Vermiculite (expanded)		122	0.068	—	—
Perlite, expanded		32–66	0.039–0.045	1.09	—
Sawdust or shavings		128–240	0.065	1.38	—
Cellulosic insulation (milled paper or wood pulp)		37–51	0.039–0.046	—	—
Roof Insulation					
Cellular glass	—	144	0.058	1.0	—
Preformed, for use above deck	13 mm	—	—	1.0	0.24
	25 mm	—	—	2.1	0.49
	50 mm	—	—	3.9	0.93
Reflective Insulation					
Silica powder (evacuated)		160	0.0017	—	—
Aluminum foil separating fluffy glass mats; 10–12 layers (evacuated); for cryogenic applications (150 K)		40	0.00016	—	—
Aluminum foil and glass paper laminate; 75–150 layers (evacuated); for cryogenic applications (150 K)		120	0.000017	—	—

TABLE A–7

Properties of common foods

(*a*) Specific heats and freezing-point properties

Food	Water content,[a] %(mass)	Freezing Point[a] °C	*Specific heat,*[b] kJ/kg · K Above Freezing	*Specific heat,*[b] kJ/kg · K Below Freezing	Latent Heat of Fusion,[c] kJ/kg
Vegetables					
Artichokes	84	−1.2	3.65	1.90	281
Asparagus	93	−0.6	3.96	2.01	311
Beans, snap	89	−0.7	3.82	1.96	297
Broccoli	90	−0.6	3.86	1.97	301
Cabbage	92	−0.9	3.92	2.00	307
Carrots	88	−1.4	3.79	1.95	294
Cauliflower	92	−0.8	3.92	2.00	307
Celery	94	−0.5	3.99	2.02	314
Corn, sweet	74	−0.6	3.32	1.77	247
Cucumbers	96	−0.5	4.06	2.05	321
Eggplant	93	−0.8	3.96	2.01	311
Horseradish	75	−1.8	3.35	1.78	251
Leeks	85	−0.7	3.69	1.91	284
Lettuce	95	−0.2	4.02	2.04	317
Mushrooms	91	−0.9	3.89	1.99	304
Okra	90	−1.8	3.86	1.97	301
Onions, green	89	−0.9	3.82	1.96	297
Onions, dry	88	−0.8	3.79	1.95	294
Parsley	85	−1.1	3.69	1.91	284
Peas, green	74	−0.6	3.32	1.77	247
Peppers, sweet	92	−0.7	3.92	2.00	307
Potatoes	78	−0.6	3.45	1.82	261
Pumpkins	91	−0.8	3.89	1.99	304
Spinach	93	−0.3	3.96	2.01	311
Tomatos, rlpe	94	−0.5	3.99	2.02	314
Turnips	92	−1.1	3.92	2.00	307
Fruits					
Apples	84	−1.1	3.65	1.90	281
Apricots	85	−1.1	3.69	1.91	284
Avocados	65	−0.3	3.02	1.66	217
Bananas	75	−0.8	3.35	1.78	251
Blueberries	82	−1.6	3.59	1.87	274
Cantaloupes	92	−1.2	3.92	2.00	307
Cherries, sour	84	−1.7	3.65	1.90	281
Cherries, sweet	80	−1.8	3.52	1.85	267
Figs, dried	23	—	—	1.13	77
Figs, fresh	78	−2.4	3.45	1.82	261
Grapefruit	89	−1.1	3.82	1.96	297
Grapes	82	−1.1	3.59	1.87	274
Lemons	89	−1.4	3.82	1.96	297
Olives	75	−1.4	3.35	1.78	251
Oranges	87	−0.8	3.75	1.94	291
Peaches	89	−0.9	3.82	1.96	297
Pears	83	−1.6	3.62	1.89	277
Pineapples	85	−1.0	3.69	1.91	284
Plums	86	−0.8	3.72	1.92	287
Quinces	85	−2.0	3.69	1.91	284
Raisins	18	—	—	1.07	60
Strawberries	90	−0.8	3.86	1.97	301
Tangerines	87	−1.1	3.75	1.94	291
Watermelon	93	−0.4	3.96	2.01	311
Fish/Seafood					
Cod, whole	78	−2.2	3.45	1.82	261
Halibut, whole	75	−2.2	3.35	1.78	251
Lobster	79	−2.2	3.49	1.84	264
Mackerel	57	−2.2	2.75	1.56	190
Salmon, whole	64	−2.2	2.98	1.65	214
Shrimp	83	−2.2	3.62	1.89	277
Meats					
Beef carcass	49	−1.7	2.48	1.46	164
Liver	70	−1.7	3.18	1.72	234
Round, beef	67	—	3.08	1.68	224
Sirloin, beef	56	—	2.72	1.55	187
Chicken	74	−2.8	3.32	1.77	247
Lamb leg	65	—	3.02	1.66	217
Port carcass	37	—	2.08	1.31	124
Ham	56	−1.7	2.72	1.55	187
Pork sausage	38	—	2.11	1.32	127
Turkey	64	—	2.98	1.65	214
Other					
Almonds	5	—	—	0.89	17
Butter	16	—	—	1.04	53
Cheese, Cheddar	37	−12.9	2.08	1.31	124
Cheese, Swiss	39	−10.0	2.15	1.33	130
Chocolate milk	1	—	—	0.85	3
Eggs, whole	74	−0.6	3.32	1.77	247
Honey	17	—	—	1.05	57
Ice cream	63	−5.6	2.95	1.63	210
Milk, whole	88	−0.6	3.79	1.95	294
Peanuts	6	—	—	0.92	20
Peanuts, roasted	2	—	—	0.87	7
Pecans	3	—	—	0.87	10
Walnuts	4	—	—	0.88	13

Sources: [a]Water content and freezing-point data are from ASHRAE, *Handbook of Fundamentals*, SI version (Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air–Conditioning Engineers, Inc., 1993), Chap. 30. Table 1. Used with permission. Freezing point is the temperature at which freezing starts for fruits and vegetables, and the average freezing temperature for other foods.

[b]Specific heat data are based on the specific heat values of a water and ice at 0°C and are determined from Siebel's formulas: $c_{p,\,fresh} = 3.35 \times$ (Water content) + 0.84, above freezing, and $c_{p,\,frozen} = 1.26 \times$ (Water content) +0.84, below freezing.

[c]The latent heat of fusion is determined by multiplying the heat of fusion of water (334 kJ/kg) by the water content of the food.

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 851

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 852

TABLE A–7

Properties of common foods *(Concluded)*
(*b*) Other properties

Food	Water Content, % (mass)	Temperature, T °C	Density, ρ kg/m^3	Thermal Conductivity, k W/m · K	Thermal Diffusivity, α m^2/s	Specific Heat, c_p kJ/kg · K
Fruits/Vegetables						
Apple juice	87	20	1000	0.559	0.14×10^{-6}	3.86
Apples	85	8	840	0.418	0.13×10^{-6}	3.81
Apples, dried	41.6	23	856	0.219	0.096×10^{-6}	2.72
Apricots, dried	43.6	23	1320	0.375	0.11×10^{-6}	2.77
Bananas, fresh	76	27	980	0.481	0.14×10^{-6}	3.59
Broccoli	—	−6	560	0.385	—	—
Cherries, fresh	92	0–30	1050	0.545	0.13×10^{-6}	3.99
Figs	40.4	23	1241	0.310	0.096×10^{-6}	2.69
Grape juice	89	20	1000	0.567	0.14×10^{-6}	3.91
Peaches	89	2–32	960	0.526	0.14×10^{-6}	3.91
Plums	—	−16	610	0.247	—	—
Potatoes	78	0–70	1055	0.498	0.13×10^{-6}	3.64
Raisins	32	23	1380	0.376	0.11×10^{-6}	2.48
Meats						
Beef, ground	67	6	950	0.406	0.13×10^{-6}	3.36
Beef, lean	74	3	1090	0.471	0.13×10^{-6}	3.54
Beef fat	0	35	810	0.190	—	—
Beef liver	72	35	—	0.448	—	3.49
Cat food	39.7	23	1140	0.326	0.11×10^{-6}	2.68
Chicken breast	75	0	1050	0.476	0.13×10^{-6}	3.56
Dog food	30.6	23	1240	0.319	0.11×10^{-6}	2.45
Fish, cod	81	3	1180	0.534	0.12×10^{-6}	3.71
Fish, salmon	67	3	—	0.531	—	3.36
Ham	71.8	20	1030	0.480	0.14×10^{-6}	3.48
Lamb	72	20	1030	0.456	0.13×10^{-6}	3.49
Pork, lean	72	4	1030	0.456	0.13×10^{-6}	3.49
Turkey breast	74	3	1050	0.496	0.13×10^{-6}	3.54
Veal	75	20	1060	0.470	0.13×10^{-6}	3.56
Other						
Butter	16	4	—	0.197	—	2.08
Chocolate cake	31.9	23	340	0.106	0.12×10^{-6}	2.48
Margarine	16	5	1000	0.233	0.11×10^{-6}	2.08
Milk, skimmed	91	20	—	0.566	—	3.96
Milk, whole	88	28	—	0.580	—	3.89
Olive oil	0	32	910	0.168	—	—
Peanut oil	0	4	920	0.168	—	—
Water	100	0	1000	0.569	0.14×10^{-6}	4.217
	100	30	995	0.618	0.15×10^{-6}	4.178
White cake	32.3	23	450	0.082	0.10×10^{-6}	2.49

Source: Data obtained primarily from ASHRAE, *Handbook of Fundamentals*, SI version (Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1993), Chap. 30, Tables 7 and 9. Used with permission.

Most specific heats are calculated from $c_p = 1.68 + 2.51 \times$ (Water content), which is a good approximation in the temperature range of 3 to 32°C. Most thermal diffusivities are calculated from $\alpha = k/\rho c_p$. Property values given here are valid for the specific water content.

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 853

TABLE A–8

Properties of miscellaneous materials
(Values are at 300 K unless indicated otherwise)

Material	Density, ρ kg/m^3	Thermal Conductivity, k W/m · K	Specific Heat, c_p J/kg · K
Asphalt	2115	0.062	920
Bakelite	1300	1.4	1465
Brick, refractory			
Chrome brick			
473 K	3010	2.3	835
823 K	—	2.5	—
1173 K	—	2.0	—
Fire clay, burnt 1600 K			
773 K	2050	1.0	960
1073 K	—	1.1	—
1373 K	—	1.1	—
Fire clay, burnt 1725 K			
773 K	2325	1.3	960
1073 K	—	1.4	—
1373 K	—	1.4	—
Fire clay brick			
478 K	2645	1.0	960
922 K	—	1.5	—
1478 K	—	1.8	—
Magnesite			
478 K	—	3.8	1130
922 K	—	2.8	—
1478 K	—	1.9	—
Chicken meat, white (74.4% water content)			
198 K	—	1.60	—
233 K	—	1.49	—
253 K	—	1.35	—
273 K	—	0.48	—
293 K	—	0.49	—
Clay, dry	1550	0.930	—
Clay, wet	1495	1.675	—
Coal, anthracite	1350	0.26	1260
Concrete (stone mix)	2300	1.4	880
Cork	86	0.048	2030
Cotton	80	0.06	1300
Fat	—	0.17	—
Glass			
Window	2800	0.7	750
Pyrex	2225	1–1.4	835
Crown	2500	1.05	—
Lead	3400	0.85	—
Ice			
273 K	920	1.88	2040
253 K	922	2.03	1945
173 K	928	3.49	1460
Leather, sole	998	0.159	—
Linoleum	535	0.081	—
	1180	0.186	—
Mica	2900	0.523	—
Paper	930	0.180	1340
Plastics			
Plexiglass	1190	0.19	1465
Teflon			
300 K	2200	0.35	1050
400 K	—	0.45	—
Lexan	1200	0.19	1260
Nylon	1145	0.29	—
Polypropylene	910	0.12	1925
Polyester	1395	0.15	1170
PVC, vinyl	1470	0.1	840
Porcelain	2300	1.5	—
Rubber, natural	1150	0.28	—
Rubber, vulcanized			
Soft	1100	0.13	2010
Hard	1190	0.16	—
Sand	1515	0.2–1.0	800
Snow, fresh	100	0.60	—
Snow, 273 K	500	2.2	—
Soil, dry	1500	1.0	1900
Soil, wet	1900	2.0	2200
Sugar	1600	0.58	—
Tissue, human			
Skin	—	0.37	—
Fat layer	—	0.2	—
Muscle	—	0.41	—
Vaseline	—	0.17	—
Wood, cross-grain			
Balsa	140	0.055	—
Fir	415	0.11	2720
Oak	545	0.17	2385
White pine	435	0.11	—
Yellow pine	640	0.15	2805
Wood, radial			
Oak	545	0.19	2385
Fir	420	0.14	2720
Wool, ship	145	0.05	—

Source: Compiled from various sources.

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 854

TABLE A–9

Properties of saturated water

Temp. T, °C	Saturation Pressure P_{sat}, kPa	Density ρ, kg/m³ Liquid	Density ρ, kg/m³ Vapor	Enthalpy of Vaporization h_{fg}, kJ/kg	Specific Heat c_p, J/kg · K Liquid	Specific Heat c_p, J/kg · K Vapor	Thermal Conductivity k, W/m · k Liquid	Thermal Conductivity k, W/m · k Vapor	Dynamic Viscosity μ, kg/m · s Liquid	Dynamic Viscosity μ, kg/m · s Vapor	Prandtl Number Pr Liquid	Prandtl Number Pr Vapor	Volume Expansion Coefficient β, 1/K Liquid
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2501	4217	1854	0.561	0.0171	1.792×10^{-3}	0.922×10^{-5}	13.5	1.00	-0.068×10^{-3}
5	0.8721	999.9	0.0068	2490	4205	1857	0.571	0.0173	1.519×10^{-3}	0.934×10^{-5}	11.2	1.00	0.015×10^{-3}
10	1.2276	999.7	0.0094	2478	4194	1862	0.580	0.0176	1.307×10^{-3}	0.946×10^{-5}	9.45	1.00	0.733×10^{-3}
15	1.7051	999.1	0.0128	2466	4185	1863	0.589	0.0179	1.138×10^{-3}	0.959×10^{-5}	8.09	1.00	0.138×10^{-3}
20	2.339	998.0	0.0173	2454	4182	1867	0.598	0.0182	1.002×10^{-3}	0.973×10^{-5}	7.01	1.00	0.195×10^{-3}
25	3.169	997.0	0.0231	2442	4180	1870	0.607	0.0186	0.891×10^{-3}	0.987×10^{-5}	6.14	1.00	0.247×10^{-3}
30	4.246	996.0	0.0304	2431	4178	1875	0.615	0.0189	0.798×10^{-3}	1.001×10^{-5}	5.42	1.00	0.294×10^{-3}
35	5.628	994.0	0.0397	2419	4178	1880	0.623	0.0192	0.720×10^{-3}	1.016×10^{-5}	4.83	1.00	0.337×10^{-3}
40	7.384	992.1	0.0512	2407	4179	1885	0.631	0.0196	0.653×10^{-3}	1.031×10^{-5}	4.32	1.00	0.377×10^{-3}
45	9.593	990.1	0.0655	2395	4180	1892	0.637	0.0200	0.596×10^{-3}	1.046×10^{-5}	3.91	1.00	0.415×10^{-3}
50	12.35	988.1	0.0831	2383	4181	1900	0.644	0.0204	0.547×10^{-3}	1.062×10^{-5}	3.55	1.00	0.451×10^{-3}
55	15.76	985.2	0.1045	2371	4183	1908	0.649	0.0208	0.504×10^{-3}	1.077×10^{-5}	3.25	1.00	0.484×10^{-3}
60	19.94	983.3	0.1304	2359	4185	1916	0.654	0.0212	0.467×10^{-3}	1.093×10^{-5}	2.99	1.00	0.517×10^{-3}
65	25.03	980.4	0.1614	2346	4187	1926	0.659	0.0216	0.433×10^{-3}	1.110×10^{-5}	2.75	1.00	0.548×10^{-3}
70	31.19	977.5	0.1983	2334	4190	1936	0.663	0.0221	0.404×10^{-3}	1.126×10^{-5}	2.55	1.00	0.578×10^{-3}
75	38.58	974.7	0.2421	2321	4193	1948	0.667	0.0225	0.378×10^{-3}	1.142×10^{-5}	2.38	1.00	0.607×10^{-3}
80	47.39	971.8	0.2935	2309	4197	1962	0.670	0.0230	0.355×10^{-3}	1.159×10^{-5}	2.22	1.00	0.653×10^{-3}
85	57.83	968.1	0.3536	2296	4201	1977	0.673	0.0235	0.333×10^{-3}	1.176×10^{-5}	2.08	1.00	0.670×10^{-3}
90	70.14	965.3	0.4235	2283	4206	1993	0.675	0.0240	0.315×10^{-3}	1.193×10^{-5}	1.96	1.00	0.702×10^{-3}
95	84.55	961.5	0.5045	2270	4212	2010	0.677	0.0246	0.297×10^{-3}	1.210×10^{-5}	1.85	1.00	0.716×10^{-3}
100	101.33	957.9	0.5978	2257	4217	2029	0.679	0.0251	0.282×10^{-3}	1.227×10^{-5}	1.75	1.00	0.750×10^{-3}
110	143.27	950.6	0.8263	2230	4229	2071	0.682	0.0262	0.255×10^{-3}	1.261×10^{-5}	1.58	1.00	0.798×10^{-3}
120	198.53	943.4	1.121	2203	4244	2120	0.683	0.0275	0.232×10^{-3}	1.296×10^{-5}	1.44	1.00	0.858×10^{-3}
130	270.1	934.6	1.496	2174	4263	2177	0.684	0.0288	0.213×10^{-3}	1.330×10^{-5}	1.33	1.01	0.913×10^{-3}
140	361.3	921.7	1.965	2145	4286	2244	0.683	0.0301	0.197×10^{-3}	1.365×10^{-5}	1.24	1.02	0.970×10^{-3}
150	475.8	916.6	2.546	2114	4311	2314	0.682	0.0316	0.183×10^{-3}	1.399×10^{-5}	1.16	1.02	1.025×10^{-3}
160	617.8	907.4	3.256	2083	4340	2420	0.680	0.0331	0.170×10^{-3}	1.434×10^{-5}	1.09	1.05	1.145×10^{-3}
170	791.7	897.7	4.119	2050	4370	2490	0.677	0.0347	0.160×10^{-3}	1.468×10^{-5}	1.03	1.05	1.178×10^{-3}
180	1,002.1	887.3	5.153	2015	4410	2590	0.673	0.0364	0.150×10^{-3}	1.502×10^{-5}	0.983	1.07	1.210×10^{-3}
190	1,254.4	876.4	6.388	1979	4460	2710	0.669	0.0382	0.142×10^{-3}	1.537×10^{-5}	0.947	1.09	1.280×10^{-3}
200	1,553.8	864.3	7.852	1941	4500	2840	0.663	0.0401	0.134×10^{-3}	1.571×10^{-5}	0.910	1.11	1.350×10^{-3}
220	2,318	840.3	11.60	1859	4610	3110	0.650	0.0442	0.122×10^{-3}	1.641×10^{-5}	0.865	1.15	1.520×10^{-3}
240	3,344	813.7	16.73	1767	4760	3520	0.632	0.0487	0.111×10^{-3}	1.712×10^{-5}	0.836	1.24	1.720×10^{-3}
260	4,688	783.7	23.69	1663	4970	4070	0.609	0.0540	0.102×10^{-3}	1.788×10^{-5}	0.832	1.35	2.000×10^{-3}
280	6,412	750.8	33.15	1544	5280	4835	0.581	0.0605	0.094×10^{-3}	1.870×10^{-5}	0.854	1.49	2.380×10^{-3}
300	8,581	713.8	46.15	1405	5750	5980	0.548	0.0695	0.086×10^{-3}	1.965×10^{-5}	0.902	1.69	2.950×10^{-3}
320	11,274	667.1	64.57	1239	6540	7900	0.509	0.0836	0.078×10^{-3}	2.084×10^{-5}	1.00	1.97	
340	14,586	610.5	92.62	1028	8240	11,870	0.469	0.110	0.070×10^{-3}	2.255×10^{-5}	1.23	2.43	
360	18,651	528.3	144.0	720	14,690	25,800	0.427	0.178	0.060×10^{-3}	2.571×10^{-5}	2.06	3.73	
374.14	22,090	317.0	317.0	0	—	—	—	—	0.043×10^{-3}	4.313×10^{-5}			

Note 1: Kinematic viscosity ν and thermal diffusivity α can be calculated from their definitions, $\nu = \mu/\rho$ and $\alpha = k/\rho c_p = \nu/\text{Pr}$. The temperatures 0.01°C, 100°C, and 374.14°C are the triple-, boiling-, and critical-point temperatures of water, respectively. The properties listed above (except the vapor density) can be used at any pressure with negligible error except at temperatures near the critical-point value.

Note 2: The unit kJ/kg · °C for specific heat is equivalent to kJ/kg · K, and the unit W/m · °C for thermal conductivity is equivalent to W/m · K.

Source: Viscosity and thermal conductivity data are from J. V. Sengers and J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1986), pp. 1291–1322. Other data are obtained from various sources or calculated.

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 855

TABLE A–10

Properties of saturated refrigerant-134a

Temp. T, °C	Saturation Pressure P, kPa	Density ρ, kg/m³ Liquid	Density ρ, kg/m³ Vapor	Enthalpy of Vaporization h_{fg}, kJ/kg	Specific Heat c_p, J/kg · K Liquid	Specific Heat c_p, J/kg · K Vapor	Thermal Conductivity k, W/m · K Liquid	Thermal Conductivity k, W/m · K Vapor	Dynamic Viscosity μ, kg/m · s Liquid	Dynamic Viscosity μ, kg/m · s Vapor	Prandtl Number Pr Liquid	Prandtl Number Pr Vapor	Volume Expansion Coefficient β, l/K Liquid	Surface Tension, N/m
−40	51.2	1418	2.773	225.9	1254	748.6	0.1101	0.00811	4.878×10^{-4}	2.550×10^{-6}	5.558	0.235	0.00205	0.01760
−35	66.2	1403	3.524	222.7	1264	764.1	0.1084	0.00862	4.509×10^{-4}	3.003×10^{-6}	5.257	0.266	0.00209	0.01682
−30	84.4	1389	4.429	219.5	1273	780.2	0.1066	0.00913	4.178×10^{-4}	3.504×10^{-6}	4.992	0.299	0.00215	0.01604
−25	106.5	1374	5.509	216.3	1283	797.2	0.1047	0.00963	3.882×10^{-4}	4.054×10^{-6}	4.757	0.335	0.00220	0.01527
−20	132.8	1359	6.787	213.0	1294	814.9	0.1028	0.01013	3.614×10^{-4}	4.651×10^{-6}	4.548	0.374	0.00227	0.01451
−15	164.0	1343	8.288	209.5	1306	833.5	0.1009	0.01063	3.371×10^{-4}	5.295×10^{-6}	4.363	0.415	0.00233	0.01376
−10	200.7	1327	10.04	206.0	1318	853.1	0.0989	0.01112	3.150×10^{-4}	5.982×10^{-6}	4.198	0.459	0.00241	0.01302
−5	243.5	1311	12.07	202.4	1330	873.8	0.0968	0.01161	2.947×10^{-4}	6.709×10^{-6}	4.051	0.505	0.00249	0.01229
0	293.0	1295	14.42	198.7	1344	895.6	0.0947	0.01210	2.761×10^{-4}	7.471×10^{-6}	3.919	0.553	0.00258	0.01156
5	349.9	1278	17.12	194.8	1358	918.7	0.0925	0.01259	2.589×10^{-4}	8.264×10^{-6}	3.802	0.603	0.00269	0.01084
10	414.9	1261	20.22	190.8	1374	943.2	0.0903	0.01308	2.430×10^{-4}	9.081×10^{-6}	3.697	0.655	0.00280	0.01014
15	488.7	1244	23.75	186.6	1390	969.4	0.0880	0.01357	2.281×10^{-4}	9.915×10^{-6}	3.604	0.708	0.00293	0.00944
20	572.1	1226	27.77	182.3	1408	997.6	0.0856	0.01406	2.142×10^{-4}	1.075×10^{-5}	3.521	0.763	0.00307	0.00876
25	665.8	1207	32.34	177.8	1427	1028	0.0833	0.01456	2.012×10^{-4}	1.160×10^{-5}	3.448	0.819	0.00324	0.00808
30	770.6	1188	37.53	173.1	1448	1061	0.0808	0.01507	1.888×10^{-4}	1.244×10^{-5}	3.383	0.877	0.00342	0.00742
35	887.5	1168	43.41	168.2	1471	1098	0.0783	0.01558	1.772×10^{-4}	1.327×10^{-5}	3.328	0.935	0.00364	0.00677
40	1017.1	1147	50.08	163.0	1498	1138	0.0757	0.01610	1.660×10^{-4}	1.408×10^{-5}	3.285	0.995	0.00390	0.00613
45	1160.5	1125	57.66	157.6	1529	1184	0.0731	0.01664	1.554×10^{-4}	1.486×10^{-5}	3.253	1.058	0.00420	0.00550
50	1318.6	1102	66.27	151.8	1566	1237	0.0704	0.01720	1.453×10^{-4}	1.562×10^{-5}	3.231	1.123	0.00455	0.00489
55	1492.3	1078	76.11	145.7	1608	1298	0.0676	0.01777	1.355×10^{-4}	1.634×10^{-5}	3.223	1.193	0.00500	0.00429
60	1682.8	1053	87.38	139.1	1659	1372	0.0647	0.01838	1.260×10^{-4}	1.704×10^{-5}	3.229	1.272	0.00554	0.00372
65	1891.0	1026	100.4	132.1	1722	1462	0.0618	0.01902	1.167×10^{-4}	1.771×10^{-5}	3.255	1.362	0.00624	0.00315
70	2118.2	996.2	115.6	124.4	1801	1577	0.0587	0.01972	1.077×10^{-4}	1.839×10^{-5}	3.307	1.471	0.00716	0.00261
75	2365.8	964	133.6	115.9	1907	1731	0.0555	0.02048	9.891×10^{-5}	1.908×10^{-5}	3.400	1.612	0.00843	0.00209
80	2635.2	928.2	155.3	106.4	2056	1948	0.0521	0.02133	9.011×10^{-5}	1.982×10^{-5}	3.558	1.810	0.01031	0.00160
85	2928.2	887.1	182.3	95.4	2287	2281	0.0484	0.02233	8.124×10^{-5}	2.071×10^{-5}	3.837	2.116	0.01336	0.00114
90	3246.9	837.7	217.8	82.2	2701	2865	0.0444	0.02357	7.203×10^{-5}	2.187×10^{-5}	4.385	2.658	0.01911	0.00071
95	3594.1	772.5	269.3	64.9	3675	4144	0.0396	0.02544	6.190×10^{-5}	2.370×10^{-5}	5.746	3.862	0.03343	0.00033
100	3975.1	651.7	376.3	33.9	7959	8785	0.0322	0.02989	4.765×10^{-5}	2.833×10^{-5}	11.77	8.326	0.10047	0.00004

Note 1: Kinematic viscosity ν and thermal diffusivity α can be calculated from their definitions, $\nu = \mu/\rho$ and $\alpha = k/\rho c_p = \nu/\text{Pr}$. The properties listed here (except the vapor density) can be used at any pressures with negligible error except at temperatures near the critical-point value.

Note 2: The unit kJ/kg · °C for specific heat is equivalent to kJ/kg · K, and the unit W/m · °C for thermal conductivity is equivalent to W/m · K.

Source: Data generated from the EES software developed by S. A. Klein and F. L. Alvarado. Original sources: R. Tillner-Roth and H. D. Baehr, "An International Standard Formulation for the Thermodynamic Properties of 1,1,1,2-Tetrafluoroethane (HFC-134a) for Temperatures from 170 K to 455 K and Pressures up to 70 MPa," *J. Phys. Chem, Ref. Data*, Vol. 23, No. 5, 1994; M.J. Assael, N. K. Dalaouti, A. A. Griva, and J. H. Dymond, "Viscosity and Thermal Conductivity of Halogenated Methane and Ethane Refrigerants," *IJR*, Vol. 22, pp. 525–535, 1999; NIST REFPROP 6 program (M. O. McLinden, S. A. Klein, E. W. Lemmon, and A. P. Peskin, Physical and Chemical Properties Division, National Institute of Standards and Technology, Boulder, CO 80303, 1995).

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 856

TABLE A–11

Properties of saturated ammonia

Temp. T, °C	Saturation Pressure P, kPa	Density ρ, kg/m³ Liquid	Density ρ, kg/m³ Vapor	Enthalpy of Vaporization h_{fg}, kJ/kg	Specific Heat c_p, J/kg · K Liquid	Specific Heat c_p, J/kg · K Vapor	Thermal Conductivity k, W/m · K Liquid	Thermal Conductivity k, W/m · K Vapor	Dynamic Viscosity μ, kg/m · s Liquid	Dynamic Viscosity μ, kg/m · s Vapor	Prandtl Number Pr Liquid	Prandtl Number Pr Vapor	Volume Expansion Coefficient β, l/K Liquid	Surface Tension, N/m
−40	71.66	690.2	0.6435	1389	4414	2242	—	0.01792	2.926×10^{-4}	7.957×10^{-6}	—	0.9955	0.00176	0.03565
−30	119.4	677.8	1.037	1360	4465	2322	—	0.01898	2.630×10^{-4}	8.311×10^{-6}	—	1.017	0.00185	0.03341
−25	151.5	671.5	1.296	1345	4489	2369	0.5968	0.01957	2.492×10^{-4}	8.490×10^{-6}	1.875	1.028	0.00190	0.03229
−20	190.1	665.1	1.603	1329	4514	2420	0.5853	0.02015	2.361×10^{-4}	8.669×10^{-6}	1.821	1.041	0.00194	0.03118
−15	236.2	658.6	1.966	1313	4538	2476	0.5737	0.02075	2.236×10^{-4}	8.851×10^{-6}	1.769	1.056	0.00199	0.03007
−10	290.8	652.1	2.391	1297	4564	2536	0.5621	0.02138	2.117×10^{-4}	9.034×10^{-6}	1.718	1.072	0.00205	0.02896
−5	354.9	645.4	2.886	1280	4589	2601	0.5505	0.02203	2.003×10^{-4}	9.218×10^{-6}	1.670	1.089	0.00210	0.02786
0	429.6	638.6	3.458	1262	4617	2672	0.5390	0.02270	1.896×10^{-4}	9.405×10^{-6}	1.624	1.107	0.00216	0.02676
5	516	631.7	4.116	1244	4645	2749	0.5274	0.02341	1.794×10^{-4}	9.593×10^{-6}	1.580	1.126	0.00223	0.02566
10	615.3	624.6	4.870	1226	4676	2831	0.5158	0.02415	1.697×10^{-4}	9.784×10^{-6}	1.539	1.147	0.00230	0.02457
15	728.8	617.5	5.729	1206	4709	2920	0.5042	0.02492	1.606×10^{-4}	9.978×10^{-6}	1.500	1.169	0.00237	0.02348
20	857.8	610.2	6.705	1186	4745	3016	0.4927	0.02573	1.519×10^{-4}	1.017×10^{-5}	1.463	1.193	0.00245	0.02240
25	1003	602.8	7.809	1166	4784	3120	0.4811	0.02658	1.438×10^{-4}	1.037×10^{-5}	1.430	1.218	0.00254	0.02132
30	1167	595.2	9.055	1144	4828	3232	0.4695	0.02748	1.361×10^{-4}	1.057×10^{-5}	1.399	1.244	0.00264	0.02024
35	1351	587.4	10.46	1122	4877	3354	0.4579	0.02843	1.288×10^{-4}	1.078×10^{-5}	1.372	1.272	0.00275	0.01917
40	1555	579.4	12.03	1099	4932	3486	0.4464	0.02943	1.219×10^{-4}	1.099×10^{-5}	1.347	1.303	0.00287	0.01810
45	1782	571.3	13.8	1075	4993	3631	0.4348	0.03049	1.155×10^{-4}	1.121×10^{-5}	1.327	1.335	0.00301	0.01704
50	2033	562.9	15.78	1051	5063	3790	0.4232	0.03162	1.094×10^{-4}	1.143×10^{-5}	1.310	1.371	0.00316	0.01598
55	2310	554.2	18.00	1025	5143	3967	0.4116	0.03283	1.037×10^{-4}	1.166×10^{-5}	1.297	1.409	0.00334	0.01493
60	2614	545.2	20.48	997.4	5234	4163	0.4001	0.03412	9.846×10^{-5}	1.189×10^{-5}	1.288	1.452	0.00354	0.01389
65	2948	536.0	23.26	968.9	5340	4384	0.3885	0.03550	9.347×10^{-5}	1.213×10^{-5}	1.285	1.499	0.00377	0.01285
70	3312	526.3	26.39	939.0	5463	4634	0.3769	0.03700	8.879×10^{-5}	1.238×10^{-5}	1.287	1.551	0.00404	0.01181
75	3709	516.2	29.90	907.5	5608	4923	0.3653	0.03862	8.440×10^{-5}	1.264×10^{-5}	1.296	1.612	0.00436	0.01079
80	4141	505.7	33.87	874.1	5780	5260	0.3538	0.04038	8.030×10^{-5}	1.292×10^{-5}	1.312	1.683	0.00474	0.00977
85	4609	494.5	38.36	838.6	5988	5659	0.3422	0.04232	7.646×10^{-5}	1.322×10^{-5}	1.338	1.768	0.00521	0.00876
90	5116	482.8	43.48	800.6	6242	6142	0.3306	0.04447	7.284×10^{-5}	1.354×10^{-5}	1.375	1.871	0.00579	0.00776
95	5665	470.2	49.35	759.8	6561	6740	0.3190	0.04687	6.946×10^{-5}	1.389×10^{-5}	1.429	1.999	0.00652	0.00677
100	6257	456.6	56.15	715.5	6972	7503	0.3075	0.04958	6.628×10^{-5}	1.429×10^{-5}	1.503	2.163	0.00749	0.00579

Note 1: Kinematic viscosity ν and thermal diffusivity α can be calculated from their definitions, $\nu = \mu/\rho$ and $\alpha = k/\rho c_p = \nu/\text{Pr}$. The properties listed here (except the vapor density) can be used at any pressures with negligible error except at temperatures near the critical-point value.

Note 2: The unit kJ/kg · °C for specific heat is equivalent to kJ/kg · K, and the unit W/m · °C for thermal conductivity is equivalent to W/m · K.

Source: Data generated from the EES software developed by S. A. Klein and F. L. Alvarado. Original sources: Tillner-Roth, Harms-Watzenberg, and Baehr, "Eine neue Fundamentalgleichung fur Ammoniak," DKV-Tagungsbericht 20:167–181, 1993; Liley and Desai, "Thermophysical Properties of Refrigerants," *ASHRAE*, 1993, ISBN 1-1883413-10-9.

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 857

TABLE A–12

Properties of saturated propane

Temp. T, °C	Saturation Pressure P, kPa	Density ρ, kg/m³ Liquid	Density ρ, kg/m³ Vapor	Enthalpy of Vaporization h_{fg}, kJ/kg	Specific Heat c_p, J/kg · K Liquid	Specific Heat c_p, J/kg · K Vapor	Thermal Conductivity k, W/m · K Liquid	Thermal Conductivity k, W/m · K Vapor	Dynamic Viscosity μ, kg/m · s Liquid	Dynamic Viscosity μ, kg/m · s Vapor	Prandtl Number Pr Liquid	Prandtl Number Pr Vapor	Volume Expansion Coefficient β, l/K Liquid	Surface Tension, N/m
−120	0.4053	664.7	0.01408	498.3	2003	1115	0.1802	0.00589	6.136×10^{-4}	4.372×10^{-6}	6.820	0.827	0.00153	0.02630
−110	1.157	654.5	0.03776	489.3	2021	1148	0.1738	0.00645	5.054×10^{-4}	4.625×10^{-6}	5.878	0.822	0.00157	0.02486
−100	2.881	644.2	0.08872	480.4	2044	1183	0.1672	0.00705	4.252×10^{-4}	4.881×10^{-6}	5.195	0.819	0.00161	0.02344
−90	6.406	633.8	0.1870	471.5	2070	1221	0.1606	0.00769	3.635×10^{-4}	5.143×10^{-6}	4.686	0.817	0.00166	0.02202
−80	12.97	623.2	0.3602	462.4	2100	1263	0.1539	0.00836	3.149×10^{-4}	5.409×10^{-6}	4.297	0.817	0.00171	0.02062
−70	24.26	612.5	0.6439	453.1	2134	1308	0.1472	0.00908	2.755×10^{-4}	5.680×10^{-6}	3.994	0.818	0.00177	0.01923
−60	42.46	601.5	1.081	443.5	2173	1358	0.1407	0.00985	2.430×10^{-4}	5.956×10^{-6}	3.755	0.821	0.00184	0.01785
−50	70.24	590.3	1.724	433.6	2217	1412	0.1343	0.01067	2.158×10^{-4}	6.239×10^{-6}	3.563	0.825	0.00192	0.01649
−40	110.7	578.8	2.629	423.1	2258	1471	0.1281	0.01155	1.926×10^{-4}	6.529×10^{-6}	3.395	0.831	0.00201	0.01515
−30	167.3	567.0	3.864	412.1	2310	1535	0.1221	0.01250	1.726×10^{-4}	6.827×10^{-6}	3.266	0.839	0.00213	0.01382
−20	243.8	554.7	5.503	400.3	2368	1605	0.1163	0.01351	1.551×10^{-4}	7.136×10^{-6}	3.158	0.848	0.00226	0.01251
−10	344.4	542.0	7.635	387.8	2433	1682	0.1107	0.01459	1.397×10^{-4}	7.457×10^{-6}	3.069	0.860	0.00242	0.01122
0	473.3	528.7	10.36	374.2	2507	1768	0.1054	0.01576	1.259×10^{-4}	7.794×10^{-6}	2.996	0.875	0.00262	0.00996
5	549.8	521.8	11.99	367.0	2547	1814	0.1028	0.01637	1.195×10^{-4}	7.970×10^{-6}	2.964	0.883	0.00273	0.00934
10	635.1	514.7	13.81	359.5	2590	1864	0.1002	0.01701	1.135×10^{-4}	8.151×10^{-6}	2.935	0.893	0.00286	0.00872
15	729.8	507.5	15.85	351.7	2637	1917	0.0977	0.01767	1.077×10^{-4}	8.339×10^{-6}	2.909	0.905	0.00301	0.00811
20	834.4	500.0	18.13	343.4	2688	1974	0.0952	0.01836	1.022×10^{-4}	8.534×10^{-6}	2.886	0.918	0.00318	0.00751
25	949.7	492.2	20.68	334.8	2742	2036	0.0928	0.01908	9.702×10^{-5}	8.738×10^{-6}	2.866	0.933	0.00337	0.00691
30	1076	484.2	23.53	325.8	2802	2104	0.0904	0.01982	9.197×10^{-5}	8.952×10^{-6}	2.850	0.950	0.00358	0.00633
35	1215	475.8	26.72	316.2	2869	2179	0.0881	0.02061	8.710×10^{-5}	9.178×10^{-6}	2.837	0.971	0.00384	0.00575
40	1366	467.1	30.29	306.1	2943	2264	0.0857	0.02142	8.240×10^{-5}	9.417×10^{-6}	2.828	0.995	0.00413	0.00518
45	1530	458.0	34.29	295.3	3026	2361	0.0834	0.02228	7.785×10^{-5}	9.674×10^{-6}	2.824	1.025	0.00448	0.00463
50	1708	448.5	38.79	283.9	3122	2473	0.0811	0.02319	7.343×10^{-5}	9.950×10^{-6}	2.826	1.061	0.00491	0.00408
60	2110	427.5	49.66	258.4	3283	2769	0.0765	0.02517	6.487×10^{-5}	1.058×10^{-5}	2.784	1.164	0.00609	0.00303
70	2580	403.2	64.02	228.0	3595	3241	0.0717	0.02746	5.649×10^{-5}	1.138×10^{-5}	2.834	1.343	0.00811	0.00204
80	3127	373.0	84.28	189.7	4501	4173	0.0663	0.03029	4.790×10^{-5}	1.249×10^{-5}	3.251	1.722	0.01248	0.00114
90	3769	329.1	118.6	133.2	6977	7239	0.0595	0.03441	3.807×10^{-5}	1.448×10^{-5}	4.465	3.047	0.02847	0.00037

Note 1: Kinematic viscosity ν and thermal diffusivity α can be calculated from their definitions, $\nu = \mu/\rho$ and $\alpha = k/\mu c_p = \nu/\text{Pr}$. The properties listed here (except the vapor density) can be used at any pressures with negligible error except at temperatures near the critical-point value.

Note 2: The unit kJ/kg · °C for specific heat is equivalent to kJ/kg · K, and the unit W/m · °C for thermal conductivity is equivalent to W/m · K.

Source: Data generated from the EES software developed by S. A. Klein and F. L. Alvarado. Original sources: Reiner Tillner-Roth, "Fundamental Equations of State," Shaker, Verlag, Aachan, 1998; B. A. Younglove and J. F. Ely, "Thermophysical Properties of Fluids. II Methane, Ethane, Propane, Isobutane, and Normal Butane," *J. Phys. Chem. Ref. Data*, Vol. 16, No. 4, 1987; G.R. Somayajulu, "A Generalized Equation for Surface Tension from the Triple-Point to the Critical-Point," *International Journal of Thermophysics*, Vol. 9, No. 4, 1988.

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 858

TABLE A–13

Properties of liquids

Temp. T, °C	Density ρ, kg/m^3	Specific Heat c_p, J/kg · K	Thermal Conductivity k, W/m · K	Thermal Diffusivity α, m^2/s	Dynamic Viscosity μ, kg/m · s	Kinematic Viscosity ν, m^2/s	Prandtl Number Pr	Volume Expansion Coeff. β, 1/K
				Methane [CH_4]				
−160	420.2	3492	0.1863	1.270×10^{-7}	1.133×10^{-4}	2.699×10^{-7}	2.126	0.00352
−150	405.0	3580	0.1703	1.174×10^{-7}	9.169×10^{-5}	2.264×10^{-7}	1.927	0.00391
−140	388.8	3700	0.1550	1.077×10^{-7}	7.551×10^{-5}	1.942×10^{-7}	1.803	0.00444
−130	371.1	3875	0.1402	9.749×10^{-8}	6.288×10^{-5}	1.694×10^{-7}	1.738	0.00520
−120	351.4	4146	0.1258	8.634×10^{-8}	5.257×10^{-5}	1.496×10^{-7}	1.732	0.00637
−110	328.8	4611	0.1115	7.356×10^{-8}	4.377×10^{-5}	1.331×10^{-7}	1.810	0.00841
−100	301.0	5578	0.0967	5.761×10^{-8}	3.577×10^{-5}	1.188×10^{-7}	2.063	0.01282
−90	261.7	8902	0.0797	3.423×10^{-8}	2.761×10^{-5}	1.055×10^{-7}	3.082	0.02922
				Methanol [$CH_3(OH)$]				
20	788.4	2515	0.1987	1.002×10^{-7}	5.857×10^{-4}	7.429×10^{-7}	7.414	0.00118
30	779.1	2577	0.1980	9.862×10^{-8}	5.088×10^{-4}	6.531×10^{-7}	6.622	0.00120
40	769.6	2644	0.1972	9.690×10^{-8}	4.460×10^{-4}	5.795×10^{-7}	5.980	0.00123
50	760.1	2718	0.1965	9.509×10^{-8}	3.942×10^{-4}	5.185×10^{-7}	5.453	0.00127
60	750.4	2798	0.1957	9.320×10^{-8}	3.510×10^{-4}	4.677×10^{-7}	5.018	0.00132
70	740.4	2885	0.1950	9.128×10^{-8}	3.146×10^{-4}	4.250×10^{-7}	4.655	0.00137
				Isobutane (R600a)				
−100	683.8	1881	0.1383	1.075×10^{-7}	9.305×10^{-4}	1.360×10^{-6}	12.65	0.00142
−75	659.3	1970	0.1357	1.044×10^{-7}	5.624×10^{-4}	8.531×10^{-7}	8.167	0.00150
−50	634.3	2069	0.1283	9.773×10^{-8}	3.769×10^{-4}	5.942×10^{-7}	6.079	0.00161
−25	608.2	2180	0.1181	8.906×10^{-8}	2.688×10^{-4}	4.420×10^{-7}	4.963	0.00177
0	580.6	2306	0.1068	7.974×10^{-8}	1.993×10^{-4}	3.432×10^{-7}	4.304	0.00199
25	550.7	2455	0.0956	7.069×10^{-8}	1.510×10^{-4}	2.743×10^{-7}	3.880	0.00232
50	517.3	2640	0.0851	6.233×10^{-8}	1.155×10^{-4}	2.233×10^{-7}	3.582	0.00286
75	478.5	2896	0.0757	5.460×10^{-8}	8.785×10^{-5}	1.836×10^{-7}	3.363	0.00385
100	429.6	3361	0.0669	4.634×10^{-8}	6.483×10^{-5}	1.509×10^{-7}	3.256	0.00628
				Glycerin				
0	1276	2262	0.2820	9.773×10^{-8}	10.49	8.219×10^{-3}	84,101	
5	1273	2288	0.2835	9.732×10^{-8}	6.730	5.287×10^{-3}	54,327	
10	1270	2320	0.2846	9.662×10^{-8}	4.241	3.339×10^{-3}	34,561	
15	1267	2354	0.2856	9.576×10^{-8}	2.496	1.970×10^{-3}	20,570	
20	1264	2386	0.2860	9.484×10^{-8}	1.519	1.201×10^{-3}	12,671	
25	1261	2416	0.2860	9.388×10^{-8}	0.9934	7.878×10^{-4}	8,392	
30	1258	2447	0.2860	9.291×10^{-8}	0.6582	5.232×10^{-4}	5,631	
35	1255	2478	0.2860	9.195×10^{-8}	0.4347	3.464×10^{-4}	3,767	
40	1252	2513	0.2863	9.101×10^{-8}	0.3073	2.455×10^{-4}	2,697	
				Engine Oil (unused)				
0	899.0	1797	0.1469	9.097×10^{-8}	3.814	4.242×10^{-3}	46,636	0.00070
20	888.1	1881	0.1450	8.680×10^{-8}	0.8374	9.429×10^{-4}	10,863	0.00070
40	876.0	1964	0.1444	8.391×10^{-8}	0.2177	2.485×10^{-4}	2,962	0.00070
60	863.9	2048	0.1404	7.934×10^{-8}	0.07399	8.565×10^{-5}	1,080	0.00070
80	852.0	2132	0.1380	7.599×10^{-8}	0.03232	3.794×10^{-5}	499.3	0.00070
100	840.0	2220	0.1367	7.330×10^{-8}	0.01718	2.046×10^{-5}	279.1	0.00070
120	828.9	2308	0.1347	7.042×10^{-8}	0.01029	1.241×10^{-5}	176.3	0.00070
140	816.8	2395	0.1330	6.798×10^{-8}	0.006558	8.029×10^{-6}	118.1	0.00070
150	810.3	2441	0.1327	6.708×10^{-8}	0.005344	6.595×10^{-6}	98.31	0.00070

Source: Data generated from the EES software developed by S. A. Klein and F. L. Alvarado. Originally based on various sources.

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 859

TABLE A–14

Properties of liquid metals

Temp. T, °C	Density ρ, kg/m^3	Specific Heat c_p, J/kg · K	Thermal Conductivity k, W/m · K	Thermal Diffusivity α, m^2/s	Dynamic Viscosity μ, kg/m · s	Kinematic Viscosity ν, m^2/s	Prandtl Number Pr	Volume Expansion Coeff. β, 1/K
Mercury (Hg) Melting Point: −39°C								
0	13595	140.4	8.18200	4.287×10^{-6}	1.687×10^{-3}	1.241×10^{-7}	0.0289	1.810×10^{-4}
25	13534	139.4	8.51533	4.514×10^{-6}	1.534×10^{-3}	1.133×10^{-7}	0.0251	1.810×10^{-4}
50	13473	138.6	8.83632	4.734×10^{-6}	1.423×10^{-3}	1.056×10^{-7}	0.0223	1.810×10^{-4}
75	13412	137.8	9.15632	4.956×10^{-6}	1.316×10^{-3}	9.819×10^{-8}	0.0198	1.810×10^{-4}
100	13351	137.1	9.46706	5.170×10^{-6}	1.245×10^{-3}	9.326×10^{-8}	0.0180	1.810×10^{-4}
150	13231	136.1	10.07780	5.595×10^{-6}	1.126×10^{-3}	8.514×10^{-8}	0.0152	1.810×10^{-4}
200	13112	135.5	10.65465	5.996×10^{-6}	1.043×10^{-3}	7.959×10^{-8}	0.0133	1.815×10^{-4}
250	12993	135.3	11.18150	6.363×10^{-6}	9.820×10^{-4}	7.558×10^{-8}	0.0119	1.829×10^{-4}
300	12873	135.3	11.68150	6.705×10^{-6}	9.336×10^{-4}	7.252×10^{-8}	0.0108	1.854×10^{-4}
Bismuth (Bi) Melting Point: 271°C								
350	9969	146.0	16.28	1.118×10^{-5}	1.540×10^{-3}	1.545×10^{-7}	0.01381	
400	9908	148.2	16.10	1.096×10^{-5}	1.422×10^{-3}	1.436×10^{-7}	0.01310	
500	9785	152.8	15.74	1.052×10^{-5}	1.188×10^{-3}	1.215×10^{-7}	0.01154	
600	9663	157.3	15.60	1.026×10^{-5}	1.013×10^{-3}	1.048×10^{-7}	0.01022	
700	9540	161.8	15.60	1.010×10^{-5}	8.736×10^{-4}	9.157×10^{-8}	0.00906	
Lead (Pb) Melting Point: 327°C								
400	10506	158	15.97	9.623×10^{-6}	2.277×10^{-3}	2.167×10^{-7}	0.02252	
450	10449	156	15.74	9.649×10^{-6}	2.065×10^{-3}	1.976×10^{-7}	0.02048	
500	10390	155	15.54	9.651×10^{-6}	1.884×10^{-3}	1.814×10^{-7}	0.01879	
550	10329	155	15.39	9.610×10^{-6}	1.758×10^{-3}	1.702×10^{-7}	0.01771	
600	10267	155	15.23	9.568×10^{-6}	1.632×10^{-3}	1.589×10^{-7}	0.01661	
650	10206	155	15.07	9.526×10^{-6}	1.505×10^{-3}	1.475×10^{-7}	0.01549	
700	10145	155	14.91	9.483×10^{-6}	1.379×10^{-3}	1.360×10^{-7}	0.01434	
Sodium (Na) Melting Point: 98°C								
100	927.3	1378	85.84	6.718×10^{-5}	6.892×10^{-4}	7.432×10^{-7}	0.01106	
200	902.5	1349	80.84	6.639×10^{-5}	5.385×10^{-4}	5.967×10^{-7}	0.008987	
300	877.8	1320	75.84	6.544×10^{-5}	3.878×10^{-4}	4.418×10^{-7}	0.006751	
400	853.0	1296	71.20	6.437×10^{-5}	2.720×10^{-4}	3.188×10^{-7}	0.004953	
500	828.5	1284	67.41	6.335×10^{-5}	2.411×10^{-4}	2.909×10^{-7}	0.004593	
600	804.0	1272	63.63	6.220×10^{-5}	2.101×10^{-4}	2.614×10^{-7}	0.004202	
Potassium (K) Melting Point: 64°C								
200	795.2	790.8	43.99	6.995×10^{-5}	3.350×10^{-4}	4.213×10^{-7}	0.006023	
300	771.6	772.8	42.01	7.045×10^{-5}	2.667×10^{-4}	3.456×10^{-7}	0.004906	
400	748.0	754.8	40.03	7.090×10^{-5}	1.984×10^{-4}	2.652×10^{-7}	0.00374	
500	723.9	750.0	37.81	6.964×10^{-5}	1.668×10^{-4}	2.304×10^{-7}	0.003309	
600	699.6	750.0	35.50	6.765×10^{-5}	1.487×10^{-4}	2.126×10^{-7}	0.003143	
Sodium-Potassium (%22Na-%78K) Melting Point: −11°C								
100	847.3	944.4	25.64	3.205×10^{-5}	5.707×10^{-4}	6.736×10^{-7}	0.02102	
200	823.2	922.5	26.27	3.459×10^{-5}	4.587×10^{-4}	5.572×10^{-7}	0.01611	
300	799.1	900.6	26.89	3.736×10^{-5}	3.467×10^{-4}	4.339×10^{-7}	0.01161	
400	775.0	879.0	27.50	4.037×10^{-5}	2.357×10^{-4}	3.041×10^{-7}	0.00753	
500	751.5	880.1	27.89	4.217×10^{-5}	2.108×10^{-4}	2.805×10^{-7}	0.00665	
600	728.0	881.2	28.28	4.408×10^{-5}	1.859×10^{-4}	2.553×10^{-7}	0.00579	

Source: Data generated from the EES software developed by S. A. Klein and F. L. Alvarado. Originally based on various sources.

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 860

TABLE A–15

Properties of air at 1 atm pressure

Temp. T, °C	Density ρ, kg/m^3	Specific Heat c_p, J/kg · K	Thermal Conductivity k, W/m · K	Thermal Diffusivity α, m^2/s^2	Dynamic Viscosity μ, kg/m · s	Kinematic Viscosity ν, m^2/s	Prandtl Number Pr
−150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
−100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-6}	5.837×10^{-6}	0.7263
−50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
−40	1.514	1002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
−30	1.451	1004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
−20	1.394	1005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
−10	1.341	1006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935
350	0.5664	1056	0.04721	7.892×10^{-5}	3.101×10^{-5}	5.475×10^{-5}	0.6937
400	0.5243	1069	0.05015	8.951×10^{-5}	3.261×10^{-5}	6.219×10^{-5}	0.6948
450	0.4880	1081	0.05298	1.004×10^{-4}	3.415×10^{-5}	6.997×10^{-5}	0.6965
500	0.4565	1093	0.05572	1.117×10^{-4}	3.563×10^{-5}	7.806×10^{-5}	0.6986
600	0.4042	1115	0.06093	1.352×10^{-4}	3.846×10^{-5}	9.515×10^{-5}	0.7037
700	0.3627	1135	0.06581	1.598×10^{-4}	4.111×10^{-5}	1.133×10^{-4}	0.7092
800	0.3289	1153	0.07037	1.855×10^{-4}	4.362×10^{-5}	1.326×10^{-4}	0.7149
900	0.3008	1169	0.07465	2.122×10^{-4}	4.600×10^{-5}	1.529×10^{-4}	0.7206
1000	0.2772	1184	0.07868	2.398×10^{-4}	4.826×10^{-5}	1.741×10^{-4}	0.7260
1500	0.1990	1234	0.09599	3.908×10^{-4}	5.817×10^{-5}	2.922×10^{-4}	0.7478
2000	0.1553	1264	0.11113	5.664×10^{-4}	6.630×10^{-5}	4.270×10^{-4}	0.7539

Note: For ideal gases, the properties c_p, k, μ, and Pr are independent of pressure. The properties ρ, ν, and α at a pressure P (in atm) other than 1 atm are determined by multiplying the values of ρ at the given temperature by P and by dividing ν and α by P.

Source: Data generated from the EES software developed by S. A. Klein and F. L. Alvarado. Original sources: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 198; and Thermophysical Properties of Matter. Vol. 3: Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11: Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena, and P. Hestermans, IFI/Plenun, NY, 1970, ISBN 0-306067020-8.

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 861

TABLE A–16

Properties of gases at 1 atm pressure

Temp. T, °C	Density ρ, kg/m^3	Specific Heat c_p, J/kg · K	Thermal Conductivity k, W/m · K	Thermal Diffusivity α, m^2/s^2	Dynamic Viscosity μ, kg/m · s	Kinematic Viscosity ν, m^2/s	Prandtl Number Pr
			Carbon Dioxide, CO_2				
−50	2.4035	746	0.01051	5.860×10^{-6}	1.129×10^{-5}	4.699×10^{-6}	0.8019
0	1.9635	811	0.01456	9.141×10^{-6}	1.375×10^{-5}	7.003×10^{-6}	0.7661
50	1.6597	866.6	0.01858	1.291×10^{-5}	1.612×10^{-5}	9.714×10^{-6}	0.7520
100	1.4373	914.8	0.02257	1.716×10^{-5}	1.841×10^{-5}	1.281×10^{-5}	0.7464
150	1.2675	957.4	0.02652	2.186×10^{-5}	2.063×10^{-5}	1.627×10^{-5}	0.7445
200	1.1336	995.2	0.03044	2.698×10^{-5}	2.276×10^{-5}	2.008×10^{-5}	0.7442
300	0.9358	1060	0.03814	3.847×10^{-5}	2.682×10^{-5}	2.866×10^{-5}	0.7450
400	0.7968	1112	0.04565	5.151×10^{-5}	3.061×10^{-5}	3.842×10^{-5}	0.7458
500	0.6937	1156	0.05293	6.600×10^{-5}	3.416×10^{-5}	4.924×10^{-5}	0.7460
1000	0.4213	1292	0.08491	1.560×10^{-4}	4.898×10^{-5}	1.162×10^{-4}	0.7455
1500	0.3025	1356	0.10688	2.606×10^{-4}	6.106×10^{-5}	2.019×10^{-4}	0.7745
2000	0.2359	1387	0.11522	3.521×10^{-4}	7.322×10^{-5}	3.103×10^{-4}	0.8815
			Carbon Monoxide, CO				
−50	1.5297	1081	0.01901	1.149×10^{-5}	1.378×10^{-5}	9.012×10^{-6}	0.7840
0	1.2497	1048	0.02278	1.739×10^{-5}	1.629×10^{-5}	1.303×10^{-5}	0.7499
50	1.0563	1039	0.02641	2.407×10^{-5}	1.863×10^{-5}	1.764×10^{-5}	0.7328
100	0.9148	1041	0.02992	3.142×10^{-5}	2.080×10^{-5}	2.274×10^{-5}	0.7239
150	0.8067	1049	0.03330	3.936×10^{-5}	2.283×10^{-5}	2.830×10^{-5}	0.7191
200	0.7214	1060	0.03656	4.782×10^{-5}	2.472×10^{-5}	3.426×10^{-5}	0.7164
300	0.5956	1085	0.04277	6.619×10^{-5}	2.812×10^{-5}	4.722×10^{-5}	0.7134
400	0.5071	1111	0.04860	8.628×10^{-5}	3.111×10^{-5}	6.136×10^{-5}	0.7111
500	0.4415	1135	0.05412	1.079×10^{-4}	3.379×10^{-5}	7.653×10^{-5}	0.7087
1000	0.2681	1226	0.07894	2.401×10^{-4}	4.557×10^{-5}	1.700×10^{-4}	0.7080
1500	0.1925	1279	0.10458	4.246×10^{-4}	6.321×10^{-5}	3.284×10^{-4}	0.7733
2000	0.1502	1309	0.13833	7.034×10^{-4}	9.826×10^{-5}	6.543×10^{-4}	0.9302
			Methane, CH_4				
−50	0.8761	2243	0.02367	1.204×10^{-5}	8.564×10^{-6}	9.774×10^{-6}	0.8116
0	0.7158	2217	0.03042	1.917×10^{-5}	1.028×10^{-5}	1.436×10^{-5}	0.7494
50	0.6050	2302	0.03766	2.704×10^{-5}	1.191×10^{-5}	1.969×10^{-5}	0.7282
100	0.5240	2443	0.04534	3.543×10^{-5}	1.345×10^{-5}	2.567×10^{-5}	0.7247
150	0.4620	2611	0.05344	4.431×10^{-5}	1.491×10^{-5}	3.227×10^{-5}	0.7284
200	0.4132	2791	0.06194	5.370×10^{-5}	1.630×10^{-5}	3.944×10^{-5}	0.7344
300	0.3411	3158	0.07996	7.422×10^{-5}	1.886×10^{-5}	5.529×10^{-5}	0.7450
400	0.2904	3510	0.09918	9.727×10^{-5}	2.119×10^{-5}	7.297×10^{-5}	0.7501
500	0.2529	3836	0.11933	1.230×10^{-4}	2.334×10^{-5}	9.228×10^{-5}	0.7502
1000	0.1536	5042	0.22562	2.914×10^{-4}	3.281×10^{-5}	2.136×10^{-4}	0.7331
1500	0.1103	5701	0.31857	5.068×10^{-4}	4.434×10^{-5}	4.022×10^{-4}	0.7936
2000	0.0860	6001	0.36750	7.120×10^{-4}	6.360×10^{-5}	7.395×10^{-4}	1.0386
			Hydrogen, H_2				
−50	0.11010	12635	0.1404	1.009×10^{-4}	7.293×10^{-6}	6.624×10^{-5}	0.6562
0	0.08995	13920	0.1652	1.319×10^{-4}	8.391×10^{-6}	9.329×10^{-5}	0.7071
50	0.07603	14349	0.1881	1.724×10^{-4}	9.427×10^{-6}	1.240×10^{-4}	0.7191
100	0.06584	14473	0.2095	2.199×10^{-4}	1.041×10^{-5}	1.582×10^{-4}	0.7196
150	0.05806	14492	0.2296	2.729×10^{-4}	1.136×10^{-5}	1.957×10^{-4}	0.7174
200	0.05193	14482	0.2486	3.306×10^{-4}	1.228×10^{-5}	2.365×10^{-4}	0.7155

(Continued)

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 862

TABLE A–16

Properties of gases at 1 atm pressure *(Continued)*

Temp. T, °C	Density ρ, kg/m^3	Specific Heat c_p, J/kg · K	Thermal Conductivity k, W/m · K	Thermal Diffusivity α, m^2/s^2	Dynamic Viscosity μ, kg/m · s	Kinematic Viscosity ν, m^2/s	Prandtl Number Pr
300	0.04287	14481	0.2843	4.580×10^{-4}	1.403×10^{-5}	3.274×10^{-4}	0.7149
400	0.03650	14540	0.3180	5.992×10^{-4}	1.570×10^{-5}	4.302×10^{-4}	0.7179
500	0.03178	14653	0.3509	7.535×10^{-4}	1.730×10^{-5}	5.443×10^{-4}	0.7224
1000	0.01930	15577	0.5206	1.732×10^{-3}	2.455×10^{-5}	1.272×10^{-3}	0.7345
1500	0.01386	16553	0.6581	2.869×10^{-3}	3.099×10^{-5}	2.237×10^{-3}	0.7795
2000	0.01081	17400	0.5480	2.914×10^{-3}	3.690×10^{-5}	3.414×10^{-3}	1.1717
				Nitrogen, N_2			
−50	1.5299	957.3	0.02001	1.366×10^{-5}	1.390×10^{-5}	9.091×10^{-6}	0.6655
0	1.2498	1035	0.02384	1.843×10^{-5}	1.640×10^{-5}	1.312×10^{-5}	0.7121
50	1.0564	1042	0.02746	2.494×10^{-5}	1.874×10^{-5}	1.774×10^{-5}	0.7114
100	0.9149	1041	0.03090	3.244×10^{-5}	2.094×10^{-5}	2.289×10^{-5}	0.7056
150	0.8068	1043	0.03416	4.058×10^{-5}	2.300×10^{-5}	2.851×10^{-5}	0.7025
200	0.7215	1050	0.03727	4.921×10^{-5}	2.494×10^{-5}	3.457×10^{-5}	0.7025
300	0.5956	1070	0.04309	6.758×10^{-5}	2.849×10^{-5}	4.783×10^{-5}	0.7078
400	0.5072	1095	0.04848	8.727×10^{-5}	3.166×10^{-5}	6.242×10^{-5}	0.7153
500	0.4416	1120	0.05358	1.083×10^{-4}	3.451×10^{-5}	7.816×10^{-5}	0.7215
1000	0.2681	1213	0.07938	2.440×10^{-4}	4.594×10^{-5}	1.713×10^{-4}	0.7022
1500	0.1925	1266	0.11793	4.839×10^{-4}	5.562×10^{-5}	2.889×10^{-4}	0.5969
2000	0.1502	1297	0.18590	9.543×10^{-4}	6.426×10^{-5}	4.278×10^{-4}	0.4483
				Oxygen, O_2			
−50	1.7475	984.4	0.02067	1.201×10^{-5}	1.616×10^{-5}	9.246×10^{-6}	0.7694
0	1.4277	928.7	0.02472	1.865×10^{-5}	1.916×10^{-5}	1.342×10^{-5}	0.7198
50	1.2068	921.7	0.02867	2.577×10^{-5}	2.194×10^{-5}	1.818×10^{-5}	0.7053
100	1.0451	931.8	0.03254	3.342×10^{-5}	2.451×10^{-5}	2.346×10^{-5}	0.7019
150	0.9216	947.6	0.03637	4.164×10^{-5}	2.694×10^{-5}	2.923×10^{-5}	0.7019
200	0.8242	964.7	0.04014	5.048×10^{-5}	2.923×10^{-5}	3.546×10^{-5}	0.7025
300	0.6804	997.1	0.04751	7.003×10^{-5}	3.350×10^{-5}	4.923×10^{-5}	0.7030
400	0.5793	1025	0.05463	9.204×10^{-5}	3.744×10^{-5}	6.463×10^{-5}	0.7023
500	0.5044	1048	0.06148	1.163×10^{-4}	4.114×10^{-5}	8.156×10^{-5}	0.7010
1000	0.3063	1121	0.09198	2.678×10^{-4}	5.732×10^{-5}	1.871×10^{-4}	0.6986
1500	0.2199	1165	0.11901	4.643×10^{-4}	7.133×10^{-5}	3.243×10^{-4}	0.6985
2000	0.1716	1201	0.14705	7.139×10^{-4}	8.417×10^{-5}	4.907×10^{-4}	0.6873
				Water Vapor, H_2O			
−50	0.9839	1892	0.01353	7.271×10^{-6}	7.187×10^{-6}	7.305×10^{-6}	1.0047
0	0.8038	1874	0.01673	1.110×10^{-5}	8.956×10^{-6}	1.114×10^{-5}	1.0033
50	0.6794	1874	0.02032	1.596×10^{-5}	1.078×10^{-5}	1.587×10^{-5}	0.9944
100	0.5884	1887	0.02429	2.187×10^{-5}	1.265×10^{-5}	2.150×10^{-5}	0.9830
150	0.5189	1908	0.02861	2.890×10^{-5}	1.456×10^{-5}	2.806×10^{-5}	0.9712
200	0.4640	1935	0.03326	3.705×10^{-5}	1.650×10^{-5}	3.556×10^{-5}	0.9599
300	0.3831	1997	0.04345	5.680×10^{-5}	2.045×10^{-5}	5.340×10^{-5}	0.9401
400	0.3262	2066	0.05467	8.114×10^{-5}	2.446×10^{-5}	7.498×10^{-5}	0.9240
500	0.2840	2137	0.06677	1.100×10^{-4}	2.847×10^{-5}	1.002×10^{-4}	0.9108
1000	0.1725	2471	0.13623	3.196×10^{-4}	4.762×10^{-5}	2.761×10^{-4}	0.8639
1500	0.1238	2736	0.21301	6.288×10^{-4}	6.411×10^{-5}	5.177×10^{-4}	0.8233
2000	0.0966	2928	0.29183	1.032×10^{-3}	7.808×10^{-5}	8.084×10^{-4}	0.7833

Note: For ideal gases, the properties c_p, k, μ, and Pr are independent of pressure. The properties ρ, ν, and α at a pressure P (in atm) other than 1 atm are determined by multiplying the values of p at the given temperature by ρ and by dividing ν and α by P.

Source: Data generated from the EES software developed by S. A. Klein and F. L. Alvarado. Originally based on various sources.

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 863

TABLE A–17

Properties of the atmosphere at high altitude

Altitude, z, m	Temperature, T, °C	Pressure, P, kPa	Gravity g, m/s^2	Speed of Sound, c, m/s	Density, ρ, kg/m^3	Viscosity μ, kg/m · s	Thermal Conductivity, k, W/m · K
0	15.00	101.33	9.807	340.3	1.225	1.789×10^{-5}	0.0253
200	13.70	98.95	9.806	339.5	1.202	1.783×10^{-5}	0.0252
400	12.40	96.61	9.805	338.8	1.179	1.777×10^{-5}	0.0252
600	11.10	94.32	9.805	338.0	1.156	1.771×10^{-5}	0.0251
800	9.80	92.08	9.804	337.2	1.134	1.764×10^{-5}	0.0250
1000	8.50	89.88	9.804	336.4	1.112	1.758×10^{-5}	0.0249
1200	7.20	87.72	9.803	335.7	1.090	1.752×10^{-5}	0.0248
1400	5.90	85.60	9.802	334.9	1.069	1.745×10^{-5}	0.0247
1600	4.60	83.53	9.802	334.1	1.048	1.739×10^{-5}	0.0245
1800	3.30	81.49	9.801	333.3	1.027	1.732×10^{-5}	0.0244
2000	2.00	79.50	9.800	332.5	1.007	1.726×10^{-5}	0.0243
2200	0.70	77.55	9.800	331.7	0.987	1.720×10^{-5}	0.0242
2400	−0.59	75.63	9.799	331.0	0.967	1.713×10^{-5}	0.0241
2600	−1.89	73.76	9.799	330.2	0.947	1.707×10^{-5}	0.0240
2800	−3.19	71.92	9.798	329.4	0.928	1.700×10^{-5}	0.0239
3000	−4.49	70.12	9.797	328.6	0.909	1.694×10^{-5}	0.0238
3200	−5.79	68.36	9.797	327.8	0.891	1.687×10^{-5}	0.0237
3400	−7.09	66.63	9.796	327.0	0.872	1.681×10^{-5}	0.0236
3600	−8.39	64.94	9.796	326.2	0.854	1.674×10^{-5}	0.0235
3800	−9.69	63.28	9.795	325.4	0.837	1.668×10^{-5}	0.0234
4000	−10.98	61.66	9.794	324.6	0.819	1.661×10^{-5}	0.0233
4200	−12.3	60.07	9.794	323.8	0.802	1.655×10^{-5}	0.0232
4400	−13.6	58.52	9.793	323.0	0.785	1.648×10^{-5}	0.0231
4600	−14.9	57.00	9.793	322.2	0.769	1.642×10^{-5}	0.0230
4800	−16.2	55.51	9.792	321.4	0.752	1.635×10^{-5}	0.0229
5000	−17.5	54.05	9.791	320.5	0.736	1.628×10^{-5}	0.0228
5200	−18.8	52.62	9.791	319.7	0.721	1.622×10^{-5}	0.0227
5400	−20.1	51.23	9.790	318.9	0.705	1.615×10^{-5}	0.0226
5600	−21.4	49.86	9.789	318.1	0.690	1.608×10^{-5}	0.0224
5800	−22.7	48.52	9.785	317.3	0.675	1.602×10^{-5}	0.0223
6000	−24.0	47.22	9.788	316.5	0.660	1.595×10^{-5}	0.0222
6200	−25.3	45.94	9.788	315.6	0.646	1.588×10^{-5}	0.0221
6400	−26.6	44.69	9.787	314.8	0.631	1.582×10^{-5}	0.0220
6600	−27.9	43.47	9.786	314.0	0.617	1.575×10^{-5}	0.0219
6800	−29.2	42.27	9.785	313.1	0.604	1.568×10^{-5}	0.0218
7000	−30.5	41.11	9.785	312.3	0.590	1.561×10^{-5}	0.0217
8000	−36.9	35.65	9.782	308.1	0.526	1.527×10^{-5}	0.0212
9000	−43.4	30.80	9.779	303.8	0.467	1.493×10^{-5}	0.0206
10,000	−49.9	26.50	9.776	299.5	0.414	1.458×10^{-5}	0.0201
12,000	−56.5	19.40	9.770	295.1	0.312	1.422×10^{-5}	0.0195
14,000	−56.5	14.17	9.764	295.1	0.228	1.422×10^{-5}	0.0195
16,000	−56.5	10.53	9.758	295.1	0.166	1.422×10^{-5}	0.0195
18,000	−56.5	7.57	9.751	295.1	0.122	1.422×10^{-5}	0.0195

Source: U.S. Standard Atmosphere Supplements, U.S. Government Printing Office, 1966. Based on year-round mean conditions at 45° latitude and varies with the time of the year and the weather patterns. The conditions at sea level ($z = 0$) are taken to be $P = 101.325$ kPa, $T = 15$°C, $\rho = 1.2250$ kg/m^3, $g = 9.80665$ m^2/S.

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 864

TABLE A–18

Emissivities of surfaces
(*a*) Metals

Material	Temperature, K	Emissivity, ε
Aluminum		
Polished	300–900	0.04–0.06
Commercial sheet	400	0.09
Heavily oxidized	400–800	0.20–0.33
Anodized	300	0.8
Bismuth, bright	350	0.34
Brass		
Highly polished	500–650	0.03–0.04
Polished	350	0.09
Dull plate	300–600	0.22
Oxidized	450–800	0.6
Chromium, polished	300–1400	0.08–0.40
Copper		
Highly polished	300	0.02
Polished	300–500	0.04–0.05
Commercial sheet	300	0.15
Oxidized	600–1000	0.5–0.8
Black oxidized	300	0.78
Gold		
Highly polished	300–1000	0.03–0.06
Bright foil	300	0.07
Iron		
Highly polished	300–500	0.05–0.07
Case iron	300	0.44
Wrought iron	300–500	0.28
Rusted	300	0.61
Oxidized	500–900	0.64–0.78
Lead		
Polished	300–500	0.06–0.08
Unoxidized, rough	300	0.43
Oxidized	300	0.63
Magnesium, polished	300–500	0.07–0.13
Mercury	300–400	0.09–0.12
Molybdenum		
Polished	300–2000	0.05–0.21
Oxidized	600–800	0.80–0.82
Nickel		
Polished	500–1200	0.07–0.17
Oxidized	450–1000	0.37–0.57
Platinum, polished	500–1500	0.06–0.18
Silver, polished	300–1000	0.02–0.07
Stainless steel		
Polished	300–1000	0.17–0.30
Lightly oxidized	600–1000	0.30–0.40
Highly oxidized	600–1000	0.70–0.80
Steel		
Polished sheet	300–500	0.08–0.14
Commercial sheet	500–1200	0.20–0.32
Heavily oxidized	300	0.81
Tin, polished	300	0.05
Tungsten		
Polished	300–2500	0.03–0.29
Filament	3500	0.39
Zinc		
Polished	300–800	0.02–0.05
Oxidized	300	0.25

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 865

TABLE A–18

Emissivities of surfaces *(Concluded)*
(*b*) Nonmetals

Material	Temperature, K	Emissivity, ε	Material	Temperature, K	Emissivity, ε
Alumina	800–1400	0.65–0.45	Paper, white	300	0.90
Aluminum oxide	600–1500	0.69–0.41	Plaster, white	300	0.93
Asbestos	300	0.96	Porcelain, glazed	300	0.92
Asphalt pavement	300	0.85–0.93	Quartz, rough, fused	300	0.93
Brick			Rubber		
Common	300	0.93–0.96	Hard	300	0.93
Fireclay	1200	0.75	Soft	300	0.86
Carbon filament	2000	0.53	Sand	300	0.90
Cloth	300	0.75–0.90	Silicon carbide	600–1500	0.87–0.85
Concrete	300	0.88–0.94	Skin, human	300	0.95
Glass			Snow	273	0.80–0.90
Window	300	0.90–0.95	Soil, earth	300	0.93–0.96
Pyrex	300–1200	0.82–0.62	Soot	300–500	0.95
Pyroceram	300–1500	0.85–0.57	Teflon	300–500	0.85–0.92
Ice	273	0.95–0.99	Water, deep	273–373	0.95–0.96
Magnesium oxide	400–800	0.69–0.55	Wood		
Masonry	300	0.80	Beech	300	0.94
Paints			Oak	300	0.90
Aluminum	300	0.40–0.50			
Black, lacquer, shiny	300	0.88			
Oils, all colors	300	0.92–0.96			
Red primer	300	0.93			
White acrylic	300	0.90			
White enamel	300	0.90			

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 866

TABLE A–19

Solar radiative properties of materials

Description/composition	Solar Absorptivity, α_s	Emissivity, ε, at 300 K	Ratio, α_s/ε	Solar Transmissivity, τ_s
Aluminum				
Polished	0.09	0.03	3.0	
Anodized	0.14	0.84	0.17	
Quartz-overcoated	0.11	0.37	0.30	
Foil	0.15	0.05	3.0	
Brick, red (Purdue)	0.63	0.93	0.68	
Concrete	0.60	0.88	0.68	
Galvanized sheet metal				
Clean, new	0.65	0.13	5.0	
Oxidized, weathered	0.80	0.28	2.9	
Glass, 3.2-mm thickness				
Float or tempered				0.79
Low iron oxide type				0.88
Marble, slightly off-white (nonreflective)	0.40	0.88	0.45	
Metal, plated				
Black sulfide	0.92	0.10	9.2	
Black cobalt oxide	0.93	0.30	3.1	
Black nickel oxide	0.92	0.08	11	
Black chrome	0.87	0.09	9.7	
Mylar, 0.13-mm thickness				0.87
Paints				
Black (Parsons)	0.98	0.98	1.0	
White, acrylic	0.26	0.90	0.29	
White, zinc oxide	0.16	0.93	0.17	
Paper, white	0.27	0.83	0.32	
Plexiglas, 3.2-mm thickness				0.90
Porcelain tiles, white (reflective glazed surface)	0.26	0.85	0.30	
Roofing tiles, bright red				
Dry surface	0.65	0.85	0.76	
Wet surface	0.88	0.91	0.96	
Sand, dry				
Off-white	0.52	0.82	0.63	
Dull red	0.73	0.86	0.82	
Snow				
Fine particles, fresh	0.13	0.82	0.16	
Ice granules	0.33	0.89	0.37	
Steel				
Mirror-finish	0.41	0.05	8.2	
Heavily rusted	0.89	0.92	0.96	
Stone (light pink)	0.65	0.87	0.74	
Tedlar, 0.10-mm thickness				0.92
Teflon, 0.13-mm thickness				0.92
Wood	0.59	0.90	0.66	

Source: V. C. Sharma and A. Sharma, "Solar Properties of Some Building Elements," *Energy* 14 (1989), pp. 805–810, and other sources.

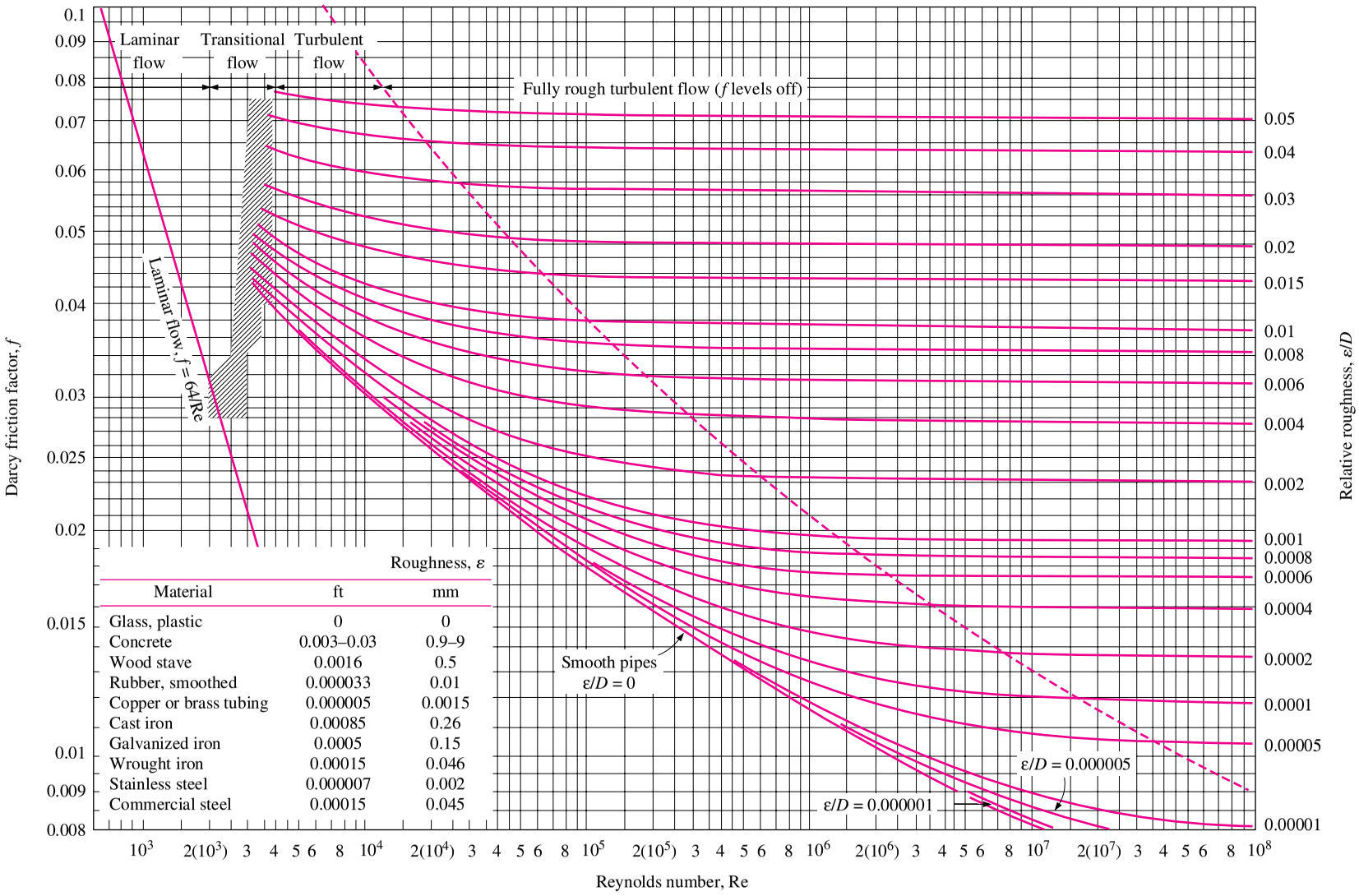


FIGURE A–20

The Moody chart for the friction factor for fully developed flow in circular pipes for use in the head loss relation $\Delta P_L = f\frac{L}{D}\frac{\rho V^3}{2}$. Friction factors in the turbulent flow are evaluated from the Colebrook equation $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log_{10}\left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{\mathrm{Re}\sqrt{f}}\right)$.

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 867

cen29305_chAP1.qxd 11/30/05 3:13 PM Page 868



รายงานการประเมินตนเอง

Self Assessment Report

คณะเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ปีการศึกษา 2563 (1 มิถุนายน 2563 – 31 พฤษภาคม 2564)

รายงาน ณ วันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2564

คำนำ

พันธกิจของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี คือ (1) ผลิตบัณฑิตให้มีคุณภาพให้สอดคล้องกับความต้องการกำลังคนของท้องถิ่น ประเทศ ตลอดจนภูมิภาคอินโดจีน (2) สร้างสรรค์และพัฒนางานวิจัยเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ให้สอดคล้องกับความต้องการในการพัฒนาประเทศ (3) ถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีเพื่อแก้ไขปัญหาและความต้องการพัฒนาท้องถิ่น และสร้างสรรค์ศิลปวัฒนธรรม (4) ผลิตครูแนวใหม่สอดคล้องกับแผนพัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษา การดำเนินงานตามภารกิจทั้ง 4 ประการดังกล่าว มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศทั้งระยะสั้นและระยะยาว ขณะที่พันธกิจที่สำคัญที่สุดของทุกสถาบันอุดมศึกษา คือ การผลิตบัณฑิต ซึ่งการเรียนการสอนในยุคปัจจุบันใช้หลักการของการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ ความสามารถตามหลักสูตร มีทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งประกอบด้วย 4 กลุ่มหลัก ได้แก่ (1) กลุ่มวิชาหลัก (2) กลุ่มทักษะชีวิตและอาชีพ (3) กลุ่มทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม และ (4) กลุ่มทักษะสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี ซึ่งในสภาวะปัจจุบันมีปัจจัยหลายด้านที่ทำให้การประกันคุณภาพการศึกษาในระดับอุดมศึกษาเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องเร่งดำเนินการ

ดังนั้นเพื่อพัฒนาระบบและกลไกการประกันคุณภาพการศึกษา คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีได้ให้ความสำคัญกับการประกันคุณภาพการศึกษาตามที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 คณะเทคโนโลยีจึงได้ดำเนินงานการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ตามนโยบาย หลักเกณฑ์ และแนวทางปฏิบัติในการประกันคุณภาพการศึกษาระดับอุดมศึกษา เพื่อให้การประกันคุณภาพการศึกษาเป็นกระบวนการที่จะสร้างบัณฑิตให้เกิดการเรียนรู้และมีคุณภาพอย่างแท้จริง รวมทั้งสร้างผลผลิตที่สอดคล้องกับความต้องการของสังคมและนำพาประเทศสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน

คณะกรรมการดำเนินงานการประกันคุณภาพการศึกษาภายในคณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีได้จัดทำรายงานผลดำเนินงานการประกันคุณภาพการศึกษาภายในคณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ประจำปีการศึกษา 2563 ประกอบด้วยองค์ประกอบคุณภาพ 5 องค์ประกอบซึ่งเป็นผลการดำเนินงานระดับหลักสูตร โดยเพิ่มเติมตัวบ่งชี้ที่ดำเนินการในระดับคณะจำนวนรวม 13 ตัวบ่งชี้ เพื่อสะท้อนจุดแข็งและจุดที่ควรพัฒนาของคณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีเพื่อให้เกิดแนวทางในการพัฒนาคุณภาพในปีถัดไป

คณะกรรมการดำเนินงานการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีขอขอบคุณบุคลากรทุกระดับและผู้มีส่วนร่วมทำให้การดำเนินงานการประกันคุณภาพการศึกษาภายในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

(รศ.ดร.สุนทร สุทธิบาก)
ประธานคณะกรรมการดำเนินงานประกันคุณภาพการศึกษาภายใน คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

สารบัญ

คำนำ ก

สารบัญ ข

บทสรุปผู้บริหาร ค

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 ผลการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะจากกรรมการประเมินฯปีการศึกษา 2557 14

บทที่ 3 ผลการดำเนินงาน 17

องค์ประกอบที่ 1 การผลิตบัณฑิต 18

ตัวบ่งชี้ที่ 1.1 ผลการบริหารจัดการหลักสูตรโดยรวม 19

ตัวบ่งชี้ที่ 1.2 อาจารย์ประจำคณะที่มีคุณวุฒิปริญญาเอก 21

ตัวบ่งชี้ที่ 1.3 อาจารย์ประจำคณะที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ 26

ตัวบ่งชี้ที่ 1.4 จำนวนนักศึกษาเต็มเวลาเทียบเท่าต่อจำนวนอาจารย์ประจำ 30

ตัวบ่งชี้ที่ 1.5 การบริการนักศึกษาระดับปริญญาตรี 35

ตัวบ่งชี้ที่ 1.6 กิจกรรมนักศึกษาระดับปริญญาตรี 41

องค์ประกอบที่ 2 การวิจัย 53

ตัวบ่งชี้ที่ 2.1 ระบบและกลไกการบริหารและพัฒนางานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ 54

ตัวบ่งชี้ที่ 2.2 เงินสนับสนุนงานวิจัยและงานสร้างสรรค์ 69

ตัวบ่งชี้ที่ 2.3 ผลงานวิชาการของอาจารย์ประจำและนักวิจัย 72

องค์ประกอบที่ 3 การบริการวิชาการ 80

ตัวบ่งชี้ที่ 3.1 การบริการวิชาการแก่สังคม 81

องค์ประกอบที่ 4 การทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม 90

ตัวบ่งชี้ที่ 4.1 ระบบและกลไกการทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม 90

องค์ประกอบที่ 5 การบริหารจัดการ 97

ตัวบ่งชี้ที่ 5.1 การบริหารของคณะเพื่อการกำกับติดตามผลลัพธ์ตามพันธกิจ กลุ่มสถาบัน และ เอกลักษณ์ของคณะ 98

ตัวบ่งชี้ที่ 5.2 ระบบกำกับการประกันคุณภาพหลักสูตร 114

บทที่ 4 รายงานผลการดำเนินงานประกันคุณภาพการศึกษาภายใน 128

บทที่5รายงานผลการประเมิน 131

ภาคผนวก

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีเป็นคณะที่จัดตั้งขึ้นมาใหม่โดยแยกส่วนออกมาจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2548 ตามประกาศกฎกระทรวงการจัดตั้งส่วนราชการในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีกระทรวงศึกษาธิการพ.ศ. 2548 โดยอาศัยอำนาจตามความในมาตรา 6 และมาตรา 11 วรรคหนึ่งแห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยพ.ศ. 2547ลงนามโดยนายอดิศัย โพธารามิกรัฐมนตรีว่าการกระทรวงศึกษาธิการ ปัจจุบันคณะเทคโนโลยีเปิดหลักสูตรการเรียนการสอน 17 สาขาวิชาเพื่อผลิตบุคลากรด้านเทคโนโลยีที่มีคุณภาพตอบสนองความต้องการของชุมชนท้องถิ่นและประเทศชาติตลอดจนการสร้างสรรค์นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีไปสู่ระบบอุตสาหกรรมและท้องถิ่น โดยหลักสูตรที่เปิดสอนทั้งหมดสามารถจำแนกเป็น 3 กลุ่มสาขาวิชาคือกลุ่มสาขาวิชาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมกลุ่มสาขาวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์การเกษตรและกลุ่มสาขาวิชาทางด้านอุตสาหกรรมเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการด้านการพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเทคโนโลยีการเกษตรของประเทศทั้งรุกและรับกับการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการของสังคมโลกมุ่งไปสู่การเป็นสังคมแห่งวิชาการที่มีความเข้มแข็งและเป็นที่พึ่งของสังคมและท้องถิ่นได้ตามปรัชญาแนวดำเนินการของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีสู่การเป็น “สังคมแห่งการสร้างสรรค์นวัตกรรม” หรือ“Innovation Society”ในการเป็นผู้นำองค์ความรู้ทางวิชาการเพื่อการเรียนรู้การวิจัยการสร้างสรรค์นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ด้านเกษตรอาหารพลังงานวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมในระดับชาติและนานาชาติ

ภายใต้วิสัยทัศน์ การบริหารงานของ รศ.ดร.สุนทร สุทธิบาก คณบดี คณะเทคโนโลยี ได้กำหนดผลสัมฤทธิ์ด้านการเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้การวิจัยการสร้างสรรค์นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์เพื่อการเกษตรอาหารพลังงานวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสำหรับการพัฒนาในระดับชาติและนานาชาติ ในปีการศึกษา 2562 คณะฯ ได้มุ่งมั่นในการปฏิบัติราชการตามแผนปฏิบัติการที่ได้รับการอนุมัติจากสภามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ภายใต้การกำกับดูแลของคณะผู้บริหาร จนได้รับการประเมินจากกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่แต่งตั้งโดยสภามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อยู่ในระดับดีมาก ค่าคะแนน เท่ากับ 4.58

คณะเทคโนโลยีมีจุดแข็งที่สำคัญคือความหลากหลายของสาขาวิชา คณาจารย์ และบุคลากรมีขีดความสามารถสูง ภายใต้การทำงานเพื่อมุ่งเป้าอันจะนำไปสู่การพัฒนาให้คณะเทคโนโลยีเป็น สังคมแห่งการสร้างสรรค์นวัตกรรม นอกจากกิจกรรมการจัดการเรียนการสอน การวิจัย และการบริการวิชาการ ภายใต้พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 กรอบแผนอุดมศึกษาระยะยาว 15 ปี ฉบับที่ 2 มาตรฐานการอุดมศึกษา พ.ศ.2551 กรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ และแผนยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี พ.ศ.2554-2558 แผนปฏิบัติการคณะเทคโนโลยี พ.ศ. 2558

ด้านการบริหารและการจัดการ คณะเทคโนโลยีมีวิธีการรับฟังและเรียนรู้ความต้องการตลอดจนความหวังของนักศึกษาและผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียในคณะเทคโนโลยีได้แก่ อาจารย์บุคลากร นักศึกษา ผู้ปกครอง ผู้ใช้บัณฑิตโดยผ่านช่องทางการสื่อสารด้านต่างๆหลายด้านเช่นสื่อสังคมออนไลน์ได้แก่ Webpage คณะเทคโนโลโลยี และ Facebook กระบวนการศิษย์เก่าสัมพันธ์ผ่านทางสาขาวิชาและการประชุม พบปะพูดคุยกับ

คณาจารย์ในแต่ละสาขาวิชาและการจัดประชุมเพื่อรับฟังความคิดเห็นของบุคลากรทุกฝ่ายมีแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการดำเนินโครงการต่างๆของทางคณะ

ด้านแผนและงบประมาณ คณะเทคโนโลยี ได้จัดทำแผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ 2564 ประกอบคำของบประมาณผ่านกระบวนการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อจัดทำแผนยุทธศาสตร์ของคณะเพื่อเสนอต่อสภามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีเพื่ออนุมัติงบประมาณในการดำเนินงานตามแผนปฏิบัติการปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ทั้งยังจัดทำแผนกลยุทธ์ด้านการเงิน การคำนวณต้นทุนต่อหน่วยการผลิต อีกทั้งคณะฯได้ดำเนินการกำกับตรวจสอบดูแลการใช้งบประมาณตามแผนปฏิบัติการ ตลอดจนรายงานผลการใช้งบประมาณรายเดือนจากฝ่ายพัสดุและการเงิน เพื่อให้การใช้งบประมาณมีประสิทธิภาพสูงสุด

ผลจากการดำเนินการดังกล่าวสามารถนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และจัดประเด็นให้มีความสอดคล้องต่อภารกิจในแต่ละด้านของคณะฯซึ่งสามารถนำวางแผนให้เกิดกิจกรรมภายใต้โครงการต่างๆตามพันธกิจของคณะฯ เพื่อมอบหมายงานให้แก่บุคลากรที่รับผิดชอบได้อย่างเหมาะสมตามความสามารถเพื่อให้เป็นไปตามหลักธรรมาภิบาลทั้ง 10 ด้านส่งผลให้สามารถดำเนินงานได้บรรลุวัตถุประสงค์เป็นไปตามแผนกลยุทธ์ที่วางไว้

ภารกิจด้านการวิจัยและงานสร้างสรรค์ คณะฯ ได้ดำเนินการส่งเสริมให้อาจารย์และบุคลากรมีโอกาสเข้าถึงแหล่งทุนวิจัย สนับสนุนด้านทรัพยากรเพื่อการวิจัย เปิดโอกาสให้ได้ไปนำเสนอผลงานวิจัยในระดับชาติและนานาชาติ และมีผลงานวิจัยตีพิมพ์ทั้งสิ้นในรอบปี 2563 จำนวน 2 เรื่อง

ในภารกิจด้านบริการวิชาการ คณะฯได้พัฒนาหลักสูตรระยะสั้นร่วมกับ AIC เพื่อถ่ายทอดความรู้ที่เป็นประโยชน์แก่ชุมชน โดยใช้บุคลากรจากคณะเทคโนโลยี อาทิ ระบบควบคุมสำหรับการเกษตรอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง นวัตกรรมการผลิตสารชีวภัณฑ์และน้ำหมักสมุนไพรเพื่อใช้ทางการเกษตร การประยุกต์ใช้งานระบบทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำเพื่อการเกษตร การประยุกต์ใช้งานระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเกษตร การพัฒนาและแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารจากวัตถุดิบทางการเกษตรในท้องถิ่น เป็นต้น

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมา

คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีเป็นคณะที่จัดตั้งขึ้นโดยแยกส่วนออกมาจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2548 ตามประกาศกฎกระทรวงการจัดตั้งส่วนราชการในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีกระทรวงศึกษาธิการพ.ศ. 2548 โดยอาศัยอำนาจตามความในมาตรา 6 และมาตรา 11 วรรคหนึ่งแห่งพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี พ.ศ. 2547 นับแต่นั้นจนถึงปัจจุบัน คณะเทคโนโลยีได้ดำเนินการตามพันธกิจของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีมาเป็นเวลาครบ 16 ปีเต็ม โดยในปีการศึกษา 2563 คณะเทคโนโลยีเปิดหลักสูตรการเรียนการสอน 17 สาขาวิชา (รวมหลักสูตรปริญญาโท) โดยหลักสูตรที่เปิดสอนทั้งหมดสามารถจำแนกเป็น 3 กลุ่มสาขาวิชาคือกลุ่มสาขาวิชาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมกลุ่มสาขาวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์การเกษตรและกลุ่มสาขาวิชาทางด้านอุตสาหกรรมเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อผลิตบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีคุณภาพและเชี่ยวชาญด้านการปฏิบัติสามารถตอบสนองความต้องการของประเทศชาติตลอดจนการสร้างสรรค์นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีไปสู่ระบบอุตสาหกรรมสำหรับการพัฒนาประเทศสามารถตอบสนองความต้องการด้านการพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเทคโนโลยีการเกษตรของประเทศได้ตามนโยบาย Thailand 4.0 ทั้งยังมุ่งผลิตบัณฑิตที่สามารถปรับตัวให้ทันการเปลี่ยนแปลงตามพัฒนาการของสังคมโลกมุ่งไปสู่การเป็นสังคมแห่งวิชาการที่มีความเข้มแข็งและเป็นที่พึ่งของสังคมและท้องถิ่นได้ตามปรัชญาแนวทางดำเนินการของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีสู่การเป็น “สังคมแห่งการสร้างสรรค์นวัตกรรม” หรือ“Innovation Society”ซึ่งเป็นผู้นำองค์ความรู้ทางวิชาการเพื่อการเรียนรู้การวิจัยการสร้างสรรค์นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ด้านอาหารเกษตรพลังงานวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมในระดับชาติและนานาชาติ

วิสัยทัศน์ (Vision)

คณะเทคโนโลยีเป็นสังคมวิชาการที่เป็นเลิศแห่งการสร้างสรรค์องค์ความรู้และนวัตกรรม

อัตลักษณ์บัณฑิตคณะเทคโนโลยี

รอบรู้วิชาการเชี่ยวชาญปฏิบัติซื่อสัตย์ต่อหน้าที่สามัคคีเสียสละ

พันธกิจ

1. พัฒนาคณะเทคโนโลยีให้เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นผลิตบัณฑิตด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรม ให้มีคุณภาพพัฒนาระบบการศึกษาพัฒนาหลักสูตรใหม่ที่สอดคล้องกับความต้องการด้านเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และเทคโนโลยีในชุมชนท้องถิ่นประเทศชาติและนานาชาติ

2. สร้างองค์ความรู้การวิจัยด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมเพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ที่มี คุณภาพสามารถนำมาให้ประโยชน์ได้จริงบูรณาการการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และเทคโนโลยี ตลอดจน เผยแพร่ผลงานทั้งในระดับชาติหรือนานาชาติ

3. ส่งเสริมและสนับสนุนทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมไทยปลูกฝังให้บัณฑิตคณะเทคโนโลยีเป็นผู้มี คุณธรรมจริยธรรมดำรงตนอย่างพอเพียงเป็นที่พึ่งของชุมชนท้องถิ่น

4. พัฒนาคณะเทคโนโลยีให้เป็นศูนย์กลางทางวิชาการและถ่ายทอดองค์ความรู้แก่หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน ทั้งในระดับชาติและนานาชาติ

สาขาวิชาที่เปิดรับนักศึกษา ในปีการศึกษา

1. สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม
2. สาขาวิชาเทคนิคการสัตวแพทย์
(สาขาวิชาเทคนิคการสัตวแพทย์และการพยาบาลสัตว์)
3. สาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตพืช
(สาขาวิชาเกษตรศาสตร์)
4. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
(สาขาวิชาสัตวศาสตร์)
5. สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
6. สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล
7. สาขาวิชาธุรกิจการเกษตร
8. สาขาวิชาอาหารและบริการ
9. สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร
(สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหารและโภชนาการ)
10. สาขาวิชาโยธาสถาปัตยกรรม
11.สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และระบบอัตโนมัติ
12. สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร
13. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
14. สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน
15. สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทอนิกส์และหุ่นยนต์
16. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

17. สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรเกษตรและสิ่งแวดล้อม (ระดับปริญญาโท)



โครงสร้างการบริหาร

คณะเทคโนโลยี

สำนักงานคณบดี

- งานธุรการ
- งานพัสดุและการเงิน

หน่วยงานจัดการศึกษา

- การจัดการอุตสาหกรรม
- เทคนิคสัตวแพทย์และการพยาบาลสัตว์
- เกษตรศาสตร์
- สัตวศาสตร์
- เทคโนโลยีเครื่องกล
- เทคโนโลยีชีวภาพ
- ธุรกิจเกษตร
- โยธาสถาปัตยกรรม
- เทคโนโลยีอาหารและโภชนาการ
- วิศวกรรมเครื่องกล
- วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร
- วิศวกรรมพลังงาน
- วิศวกรรมแมคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์
- วิศวกรรมไฟฟ้า
- วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และระบบอัตโนมัติ
- อาหารและบริการ
- การจัดการทรัพยากรการเกษตรฯ

หน่วยงานบริการวิชาการ

- โรงพยาบาลสัตว์

คณะกรรมการประจำคณะ

1.	รศ.ดร.สุนทร สุทธิบาก	ประธานกรรมการ
2.	ผศ.ดร.วราจิต พยอม	รองประธาน
3.	ผศ.ดร.บรรณญัติ บริบูรณ์	กรรมการ
4.	ผศ.รณฤทธิ์ จันทร์ศิริ	กรรมการ
5.	นายชิตพล คงศิลา	กรรมการ
6.	นายพรศักดิ์ ศักดิ์สุจริต	กรรมการ
7.	นายภาคภูมิ ปุผมาศ	กรรมการ
8.	ดร.มงคล ต๊ะอุ่น	กรรมการ
9.	รศ.ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการบริหารคณะ

1.	รศ.ดร.สุนทร สุทธิบาก	คณบดี
2.	ผศ.ดร.วราจิต พยอม	รองคณบดีฝ่ายบริหารและบริการวิชาการ
3.	รศ.ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข	รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย
4.	นางเพลินพิศ แจ้งโพธิ์นาค	รองคณบดีฝ่ายกิจการนักศึกษา
5.	ผศ.สิทธิพร พันธุระ	รองคณบดีฝ่ายวางแผนและพัฒนา
6.	ผศ.ดร.สุนันท์ นวลเพ็ง	ผู้ช่วยคณบดี
7.	ผศ.ดร.ปรีชา ทุมมุ	ผู้ช่วยคณบดี
8.	นายกฤษฎากรณ์ ว่องไว	ผู้ช่วยคณบดี
9.	นายธนะพัฒน์ เชี่ยวชาญวัฒนา	ผู้ช่วยคณบดี
10.	นางสาวนงนภสร ทองศิลา	ผู้ช่วยคณบดี
11.	นายกฤตชัย บุญศิวนนท์	ผู้ช่วยคณบดี
12.	นายวีระพล แก้วก่า	ผู้ช่วยคณบดี
13.	นายกมลรัตน์ ดีสภา	ผู้ช่วยคณบดี
14.	ผศ.ดร.มงคล กิตติญาณขจร	หัวหน้าสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม
15.	น.สพ.ดร.ธีระกุล นิลนนท์	หัวหน้าสาขาวิชาเทคนิคการสัตวแพทย์และการพยาบาลสัตว์
16.	ผศ.ดร.ดรุณี พวงบุตร	หัวหน้าสาขาวิชาเกษตรศาสตร์
17.	รศ.ดร.นิราวรรณ กุนัน	หัวหน้าสาขาวิชาสัตวศาสตร์
18.	ดร.ชญานนท์ แสงมณี	หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล
19.	ดร.สุชีรา เหล่าเจริญ	หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
20.	ดร. วรรณสิริ วรรณสืบเชื้อ	หัวหน้าสาขาวิชาอาหารและบริการ

21. ผศ.ศรัญญา วอขวา หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหารและโภชนาการ
22. นางสาวณัยน์ปพร มั่งสวัสดิ์ หัวหน้าสาขาวิชาโยธาสถาปัตยกรรม
23. นายดนัย ศิริบุรี หัวหน้าสาขาวิชาธุรกิจการเกษตร
24. ผศ.ดร.บรรณญัติ บริบูรณ์ หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และระบบอัตโนมัติ
25. ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
26. ดร.ยุทธศักดิ์ ทอดทอง หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
27. นางสาวบัววรณ์ ไชยธงรัตน์ หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทอนิกส์และหุ่นยนต์
28. นายธนะพัฒน์ เชี่ยวชาญวัฒนา หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร

หลักสูตรที่เปิดสอนในปีการศึกษา 2563

ตารางที่1 จำนวนหลักสูตร

ระดับการศึกษา	จำนวนแขนงวิชา	จำนวนหลักสูตร
ปริญญาตรี	16	16
ปริญญาโท	1	1
ปริญญาเอก	-	-
รวม	17	17

ข้อมูล ณ วันที่ 26 พฤษภาคม 2564

ตารางที่ 2 ระดับการศึกษาวุฒิและหลักสูตร/สาขาวิชา

ระดับการศึกษา	วุฒิ	แขนงวิชา	หลักสูตร
ปริญญาตรี	วิทยาศาสตรบัณฑิต	10	10
	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	6	6
ปริญญาโท	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	1	1
ปริญญาเอก			
รวม		17	17

ข้อมูล ณ วันที่ 26 พฤษภาคม 2564

นักศึกษา

ตารางที่3 จำนวนนักศึกษาที่มีสถานะกำลังศึกษา ณ ปีการศึกษา 2564

ลำดับ	สาขา	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	รวม
1	การจัดการอุตสาหกรรม	14	15	18	11	58
2	เทคนิคการสัตวแพทย์ (เทคนิคการสัตวแพทย์และการพยาบาลสัตว์)	9	8	12	8	37
3	เทคโนโลยีการผลิตพืช (เกษตรศาสตร์)	4	3	13	18	38
4	เทคโนโลยีการผลิตสัตว์ (สัตวศาสตร์)	10	7	5	12	34
5	เทคโนโลยีชีวภาพ	2	1		4	7
6	เทคโนโลยีเครื่องกล			4	3	7
7	ธุรกิจการเกษตร	21	15	9	14	59
8	โยธาสถาปัตยกรรม	36	26	33	26	121
9	วิทยาศาสตร์อาหารและเทคโนโลยีอาหาร (เทคโนโลยีอาหารและโภชนาการ)	11	6	13	19	49
10	วิศวกรรมเครื่องกล	23	18	27	28	96
11	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร	21	15	24	23	83
12	วิศวกรรมพลังงาน	14	8	1	3	26
13	วิศวกรรมแมคคาทอนิกส์และหุ่นยนต์	3	1	3		7
14	วิศวกรรมไฟฟ้า	17	11	50	28	106
15	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และระบบอัตโนมัติ	7	7	5	10	29
16	อาหารและบริการ	35	37	51	22	145
17	การจัดการทรัพยากรเกษตรและสิ่งแวดล้อม		3			3
	รวม	227	181	268	229	905

ข้อมูลจาก website มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ณ วันที่ 20 กรกฎาคม 2564

จำนวนบัณฑิต

ตารางที่ 4 จำนวนบัณฑิตปีการศึกษา 2563

ลำดับ	หลักสูตร	ระดับการศึกษา					
		ปริญญาตรี	ประกาศนียบัตร	ปริญญาโท	ประกาศนียบัตรชั้นสูง	ปริญญาเอก	รวม
1	การจัดการอุตสาหกรรม	14	-	-	-	-	14
2	เทคนิคการสัตวแพทย์	29	-	-	-	-	29
3	เทคโนโลยีการผลิตพืช	5	-	-	-	-	5
4	เทคโนโลยีการผลิตสัตว์	9	-	-	-	-	9
5	เทคโนโลยีชีวภาพ	5	-	-	-	-	5
6	เทคโนโลยีเครื่องกล	8	-	-	-	-	8
7	เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์	2	-	-	-	-	2
8	ธุรกิจการเกษตร	19	-	-	-	-	19
9	โยธาสถาปัตยกรรม	16	-	-	-	-	16
10	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารอาหาร	17	-	-	-	-	17
11	วิศวกรรมเครื่องกล	50	-	-	-	-	50
12	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	27	-	-	-	-	27
13	วิศวกรรมพลังงาน	8	-	-	-	-	8
14	วิศวกรรมแมคคาทอ	-	-	-	-	-	
15	วิศวกรรมไฟฟ้า	39	-	-	-	-	39
16	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	10	-	-	-	-	10
17	อาหารและบริการ	65	-	-	-	-	65
18	การจัดการทรัพยากรเกษตรและสิ่งแวดล้อม	0	-	-	-	-	0
19	เทคโนโลยีก่อสร้าง	1					1
	รวม	145					145

ข้อมูลจาก website มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ณ วันที่ 13 กรกฎาคม 2564

บุคลากร

คณะเทคโนโลยีมีบุคลากรทั้งหมด 102 คนแบ่งเป็นบุคลากรสายวิชาการ จำนวน 87 คนและบุคลากรสายสนับสนุนจำนวน 15 คนดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จำนวนบุคลากรจำแนกตามประเภทบุคลากร

ประเภทบุคลากร	สายงาน		รวม
	สายวิชาการ	สายสนับสนุน	
ข้าราชการ	11	-	11
ลูกจ้างประจำ	-	1	1
พนักงานจ้างตามภารกิจ	-	4	4
พนักงานราชการ	-	3	3
พนักงานมหาวิทยาลัย	81	7	88
รวม	92	15	107

ข้อมูล ณ วันที่ 26 พฤษภาคม 2564

ตารางที่ 6จำนวนอาจารย์ประจำทั้งหมดที่ปฏิบัติงานจริง

วุฒิ/ตำแหน่งวิชาการ / หลักสูตร/ประจำคณะ	ป.ตรี				ป.โท				ป.เอก				รวม
	อ.	ผศ.	รศ.	ศ.	อ.	ผศ.	รศ.	ศ.	อ.	ผศ.	รศ.	ศ.	
1. การจัดการอุตสาหกรรม						2			1	2			5
2. เทคนิคการสัตวแพทย์					1	2			1	1			5
3. เทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตพืช					1	1			3	1			6
4. สัตวศาสตร์					1				2	1	1		5
5. วิศวกรรมแทคคาทอนิกส์และหุ่นยนต์(หลักสูตรปีการศึกษา 2562)					4	1							5
6. เทคโนโลยีเครื่องกล					1	1			1	1			4
7. เทคโนโลยีชีวภาพ					1	1			1	2			5
9. ธุรกิจการเกษตร					3					3			6
10. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร					1	3				1			5
11. วิศวกรรมเครื่องกล					3	1				1			5
12. วิศวกรรมไฟฟ้า						2			2	1	1		6

วุฒิ/ตำแหน่งวิชาการ / หลักสูตร/ประจำคณะ	ป.ตรี				ป.โท				ป.เอก				รวม
	อ.	ผศ.	รศ.	ศ.	อ.	ผศ.	รศ.	ศ.	อ.	ผศ.	รศ.	ศ.	
13. วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์					1	1				2		1	5
14. อาหารและบริการ					5				2				7
15. วิศวกรรมพลังงาน					2					2			4
16. โยธาสถาปัตยกรรม					3				1	2			6
17. วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร					2					2	1		5
18. การจัดการทรัพยากรเกษตรและสิ่งแวดล้อม									1	2	1		4
19. อาจารย์คณะเทคโนโลยีที่สังกัดหลักสูตรนอกคณะ						1				3			4
รวมตามตำแหน่งทางวิชาการ	0	0	0	0	29	16	0	0	15	27	4	1	92
รวมตามระดับการศึกษา					46				46				

ข้อมูล ณ วันที่ 26 พฤษภาคม 2564

(รายงานนักศึกษาเต็มเวลาต่อจำนวนอาจารย์ประจำ ปีการศึกษา 2563, งานประกันคุณภาพการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี)

ตารางที่ 7จำนวนอาจารย์ประจำทั้งหมดที่ลาศึกษาต่อ

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ระดับการศึกษา		สาขาที่ศึกษาต่อ	มหาวิทยาลัยที่ศึกษาต่อ
		ป.โท	ป.เอก		
1	นายคมสัน ตันติชูเกียรติ		✓	Mechanical engineering	University Putra ประเทศมาเลเซีย
2	นางสาววิภา เหลืองบุตรนาค		✓	วิศวกรรมพลังงาน	Universityof Technology Sydney
3	ผศ.สรวินท์ ปูคะภาค		✓	Mechanical engineering and Technology	Gumma University ประเทศญี่ปุ่น

ข้อมูล ณ วันที่ 26 พฤษภาคม 2564

จำนวนบุคลากรสายสนับสนุน

คณะเทคโนโลยีมีบุคลากรสายสนับสนุนที่ปฏิบัติงานในสังกัดคณะดังนี้

ตารางที่ 8จำนวนบุคลากรสายสนับสนุนจำแนกตามสถานะภาพ

หลักสูตร/ประจำคณะ	สถานะภาพ					รวม
	ข้าราชการ	ลูกจ้างประจำ	พนักงานราชการ	พนักงานมหาวิทยาลัย	พนักงานตามภารกิจ	
1. การจัดการอุตสาหกรรม						
2. เทคนิคการสัตวแพทย์						
3. เทคโนโลยีการผลิตพืช						
4. เทคโนโลยีการผลิตสัตว์						
5. เทคโนโลยีก่อสร้าง						
7. เทคโนโลยีชีวภาพ						
8. เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์				1		1
9. ธุรกิจการเกษตร						
10. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร						
11. วิศวกรรมเครื่องกล					1	1
12. วิศวกรรมไฟฟ้า				1		1
13. วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์				1		1
14. ออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม						-
15. อาหารและบริการ						-
16. วิศวกรรมพลังงาน				1		1
16 สำนักงานคณะเทคโนโลยี		1	1	6		8
17. โรงพยาบาลสัตว์				2		2
รวม						15

ข้อมูล ณ วันที่ วันที่ 6 กรกฎาคม 2564

ตารางที่9จำนวนบุคลากรสายสนับสนุนจำแนกตามวุฒิการศึกษา

ลำดับ	ชื่อ –สกุล	วุฒิการศึกษา		
		ต่ำกว่า ปริญญาตรี	ปริญญาตรี	ปริญญาโท
1	นางสุภัสสรจันทร์ศรีสุคต	-	ค.บ.(การประถมศึกษา)	-
2	นางสาวกุลตาอุ่ยเกียรติสกุล	-	ศศ.บ. (เศรษฐศาสตร์สหกรณ์)	-
3	นางสิริลักษณ์เพชรสังคูณ	-	ศศ.บ.(การบัญชี)	-
4	นายวิชิต แสงโยธา	-	บริหารธุรกิจบัณฑิต(การเงินการธนาคาร)	-
5	นายณัฐพงศ์บุตรธนู		อส.บ. (เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์โทรคมนาคม)	-
6	นายสมควร ศรีสวัสดิ์		วศ.บ. (วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์)	-
7	นางสาวสุรัสวดีแก้วพลงาม	-	อส.บ.(การจัดการอุตสาหกรรม)	-
8	นายสันติ ป้อมสุวรรณ	-	วท.บ. (เทคโนโลยีเครื่องกล)	-
9	นางสาวหัถยาคำภาษี	-	วท.บ. (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม(อิเล็กทรอนิกส์)	-
10	นายทรงพณใจหวังดี	-	สพ.บ.(สัตวแพทยศาสตร์)	-
11	นายธวัชชัยสีลาโส	-	วท.บ.(เทคโนโลยีเครื่องกล)	-
12	นายมนูญ พวงเพชร	-	วท.บ.(เทคนิคการสัตวแพทย์)	-
13	นายสุพัฒน์ พลยาง	ประถมศึกษา	-	-
14	นายปรเมศร์ อ่อนบำรุง	มัธยมศึกษาตอนต้น	-	-
15	นางรชดา พาฤทธิ์	มัธยมศึกษาตอนต้น	-	-

ข้อมูล ณ วันที่ วันที่ 15 มิถุนายน 2564

ตารางที่10อาคารสถานที่และพื้นที่รับผิดชอบ

ชื่ออาคาร/หน่วยงาน	ประเภทห้อง		ขนาด (ตร.ม.)
	ห้องเรียน	ห้องปฏิบัติการ	
อาคารโรงพยาบาลสัตว์		✓	250
อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยี TB1	✓	✓	121 x 3 ชั้น
อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยี TB2	✓	✓	121 x 3 ชั้น
อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยี TB3	✓	✓	121 x 3 ชั้น
อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยี TB4	✓	✓	121 x 3 ชั้น
อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยี TB5	✓	✓	121 x 3 ชั้น
อาคารปฏิบัติการเทคโนโลยี TB5	✓	✓	250 x 3 ชั้น
อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์	✓	✓	500 x 5 ชั้น

ข้อมูล ณ วันที่ 31 กรกฎาคม2562

คณะเทคโนโลยีมียานพาหนะจำนวน2คันดังนี้

ตารางที่ 11 ข้อมูลยานพาหนะ

ลำดับ	ประเภท	สี	ลักษณะ	ยี่ห้อ
1	รถตู้โดยสาร 10 ที่นั่ง	ขาว	รุ่น คอมมูเตอร์	โตโยต้า
2	รถกระบะ 4 ประตู	เทา	รุ่น สตราดา	มิตซูบิชิ

ข้อมูล ณ วันที่ 31 กรกฎาคม2562

งบประมาณ

จากรายงานงบประมาณประจำปี พ.ศ. 2564 พบว่าคณะเทคโนโลยีได้รับจัดสรรงบประมาณทั้งสิ้นจำนวน 16,301,000บาทแบ่งเป็นงบประมาณแผ่นดินทั้งสิ้น 3,209,400 บาทและงบประมาณเงินรายได้ 9,102,000 บาท

ตารางที่ 12 งบประมาณประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

งบรายจ่าย	งบประมาณแผ่นดิน	งบประมาณเงินรายได้	รวม
งบบุคลากร			
เงินเดือน		1,418,247	1,418,247
เงินประจำตำแหน่ง	-	-	-
ประกันสังคม	-	-	-
งบดำเนินงาน	2,422,300	1,565,663	3,987,963
งบสาธารณูปโภค		3,209,400	3,209,400
ครุภัณฑ์	4,776,700	1,915,890	6,692,590
รวมงบประมาณทั้งสิ้น	7,199,000	9,102,000	16,301,000

บทที่ 2
ผลการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะจากคณะกรรมการประเมินฯปีการศึกษา 2562

คณะเทคโนโลยีได้ดำเนินการประเมินคุณภาพการศึกษาภายในระดับคณะประจำปีการศึกษา 2562 เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2563 เมื่อสิ้นสุดการประเมินแล้วคณะเทคโนโลยีได้นำข้อเสนอแนะจากคณะกรรมการประเมินฯซึ่งประกอบด้วย รศ.ดร.พรเทพ ถนนแก้ว ผศ.พัชรี มงคลวัย และ ผศ.ดร.สุวิทย์ นามมหาจักรมาจัดทำแผนพัฒนาคุณภาพ (Improvement Plan) เพื่อพัฒนาคณะเทคโนโลยีตามข้อเสนอแนะจากคณะกรรมการประเมินฯดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ข้อเสนอแนะ	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
1. ด้านการผลิตบัณฑิต - ควรมีนโยบายและแนวทางที่ชัดเจนในการยกระดับการประกันคุณภาพระดับหลักสูตรที่มีผลการประเมินในระดับดีมาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เป็นที่ยอมรับในระดับชาติหรือนานาชาติ ในขณะเดียวกันก็ควร มีแนวทางที่ชัดเจนในการส่งเสริมหรือสนับสนุนให้หลักสูตรที่มีผลการดำเนินการในระดับที่ต้องพัฒนาให้ สามารถพัฒนาไปสู่เป้าหมายที่คณะกำหนด - ควรมีการทบทวนแผนและกลยุทธ์ในการประชาสัมพันธ์และการรับนักศึกษาให้เข้าถึงกลุ่มเป้าหมายอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง รวมทั้งแนวทางในการสร้างแรงจูงใจหรือสร้างความผูกพันที่ดีระหว่างนักศึกษาและคณะเพื่อให้นักศึกษาสามารถสำเร็จการศึกษาตามเป้าหมายของแต่ละหลักสูตรต่อไป	- คณะเทคโนโลยีมีการแต่งตั้งคณะกรรมการวิชาการประจำคณะเพื่อทำหน้าที่ส่งเสริมสนับสนุนงานด้านวิชาการทั้งในด้านการพัฒนาหลักสูตรการพัฒนาการเรียนการสอนตลอดจนพัฒนาอาจารย์และบุคลากรให้เข้ารับการอบรมการประชุมวิชาการการตีพิมพ์บทความวิชาการเพื่อใช้ในการขอตำแหน่งทางวิชาการ โดยมีการกำหนดในแผนปฏิบัติการปีงบประมาณ 2564 (แผนพัฒนาอาจารย์ให้เป็นมืออาชีพ) ผลการดำเนินงานแสดงในรายงานการประเมินตนเอง ระดับคณะ ปีการศึกษา 2563 - คณะกรรมการวิชาการประจำคณะร่วมกับกรรมการประจำหลักสูตรกำหนดแนวทางและวิธีการร่วมกันในการประชาสัมพันธ์หลักสูตรต่างๆ เพื่อให้เข้าถึงนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยมีการกำหนดในแผนปฏิบัติการปีงบประมาณ 2563 และ 2564 โครงการประชาสัมพันธ์หลักสูตรและโครงการบริการวิชาการแบบให้เปล่า	- แผนปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ 2564 - รายงานการประเมินตนเอง ระดับคณะ ปีการศึกษา 2563

2. ด้านงานวิจัย - ควรวางระบบหรือแนวทางที่ช่วยส่งเสริมให้เกิดแผนงานวิจัย (research program) แบบ บูรณาการศาสตร์ตามบริบทหรือความเชี่ยวชาญของสาขาวิชาและคณะที่สามารถตอบสนองประเด็นปัญหา ของพื้นที่หรือสังคมภายนอก รวมทั้งควรมีการกำกับติดตามและการสนับสนุนอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง - ควรวางระบบและกลไกที่ชัดเจนในการยกระดับคุณภาพผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ให้ เป็นที่ยอมรับในระดับสากลมากยิ่งขึ้น	คณะกรรมการวิชาการประจำคณะทำหน้าที่ส่งเสริมสนับสนุนงานด้านวิชาการโดยมีการตรวจสอบคุณภาพผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์เพื่อยกระดับให้มีการตีพิมพ์หรือเผยแพร่ในวารสารวิชาการที่มีระดับคุณภาพที่สูงขึ้น โดยมีการกำหนดในแผนปฏิบัติการปีงบประมาณ 2563 (แผนพัฒนาอาจารย์ให้เป็นมืออาชีพ)	- แผนปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ 2563 - รายงานการประเมินตนเองระดับคณะ ปีการศึกษา 2563
3. ด้านงานบริการวิชาการ ควรมีแนวทางและเป้าหมายที่ชัดเจนในการส่งเสริมการให้บริการวิชาการแก่สังคมในลักษณะของการบูรณาการข้ามศาสตร์ตามบริบทที่สาขาและคณะเชี่ยวชาญ เพื่อให้การให้บริการวิชาการแก่สังคมเกิดผลกระทบต่อชุมชนมากยิ่งขึ้น รวมทั้งควรกำหนดตัวชี้วัดความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของแผนการให้บริการวิชาการแก่สังคมเพิ่มเติมที่สามารถวัดถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชุมชนได้จริง นอกเหนือจากการกำหนดตัวชี้วัดความสำเร็จตามแผนที่คณะกำหนดตามปกติในแต่ละปี	คณะเทคโนโลยีมีการแต่งตั้งคณะกรรมการบริการวิชาการประจำคณะเพื่อทำหน้าที่ส่งเสริมสนับสนุนงานด้านบริการวิชาการทั้งในด้านของการกำหนดพื้นที่บริการการสำรวจความต้องการของชุมชน แนวทางการให้บริการตลอดจนการประเมินความสำเร็จตามตัวบ่งชี้ของแผนและโครงการมีการดำเนินงานตามเป้าหมายโดยบรรลุวัตถุประสงค์ตามตัวบ่งชี้ของแผนและโครงการอย่างน้อย ร้อยละ 80	- แผนปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ 2564 - รายงานการประเมินตนเองระดับคณะ ปีการศึกษา 2563
4. ด้านทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม ควรวางแนวทางและเป้าหมายที่ชัดเจนในการบูรณาการศาสตร์และองค์ความรู้ของคณะเพื่อ ส่งเสริมและยกระดับศิลปวัฒนธรรมประเภทภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการเกษตร หรืออาหารพื้นบ้าน หรือด้าน อื่น ๆ ให้เป็นที่ยอมรับในระดับชาติ	คณะเทคโนโลยีมีการแต่งตั้งคณะกรรมการด้านทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรมประจำคณะเพื่อทำหน้าที่ส่งเสริมสนับสนุนงานด้านทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม	- แผนปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ 2564 รายงานการประเมินตนเองระดับคณะ ปีการศึกษา 2563

5. ด้านการบริหารจัดการ อาจพิจารณาทบทวนแผนการบริหารจัดการความเสี่ยงด้านการเงินและอัตรากำลังภายใต้ สถานการณ์จำนวนนักศึกษาที่รับเข้าตามกว่าแผนหรือเป้าหมาย รวมทั้งแนวทางในการสร้างรายได้ หรือการใช้ ประโยชน์จากทรัพย์สิน หรือการส่งเสริมและสนับสนุนงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ออกสู่เชิงพาณิชย์เพื่อ ก่อให้เกิดการสร้างรายได้เข้าสู่คณะทั้งในระยะสั้นและระยะยาว	คณะเทคโนโลยีมีการแต่งตั้งคณะกรรมการบริหารความเสี่ยงประจำคณะทำหน้าที่วิเคราะห์ความเสี่ยงของการดำเนินงานให้ครอบคลุมทุกด้าน มีการดำเนินงานทุกโครงการโดยคำนึงถึงความเสี่ยงในด้านต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้นโดยให้มีความเสี่ยงน้อยที่สุด	- แผนปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ 2564 - รายงานการประเมินตนเองระดับคณะ ปีการศึกษา 2563 - รายงานผลการบริหารความเสี่ยง คณะเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ 2563

บทที่ 3
ผลการดำเนินงาน

คณะเทคโนโลยี ได้ดำเนินการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ตามองค์ประกอบคุณภาพ จำนวน 5 องค์ประกอบ 13 ตัวบ่งชี้ ดังต่อไปนี้

องค์ประกอบในการประกันคุณภาพคณะ	ตัวบ่งชี้	เกณฑ์พิจารณา
1. การผลิตบัณฑิต	1.1 ผลการบริหารจัดการหลักสูตรโดยรวม	ค่าเฉลี่ยของระดับคุณภาพของทุกหลักสูตรที่คณะรับผิดชอบ
	1.2 อาจารย์ประจำคณะที่มีคุณวุฒิปริญญาเอก	ร้อยละของอาจารย์ประจำคณะที่มีคุณวุฒิปริญญาเอก
	1.3 อาจารย์ประจำคณะที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ	ร้อยละของอาจารย์ประจำคณะที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ
	1.4 จำนวนนักศึกษาเต็มเวลาเทียบเท่าต่อจำนวนอาจารย์ประจำ	สัดส่วนจำนวนนักศึกษาเต็มเวลาเทียบเท่าต่อจำนวนอาจารย์
	1.5 การบริการนักศึกษาระดับปริญญาตรี	เกณฑ์มาตรฐาน 6 ข้อ
	1.6 กิจกรรมนักศึกษาระดับปริญญาตรี	เกณฑ์มาตรฐาน 6 ข้อ
2. การวิจัย	2.1 ระบบและกลไกการบริหารและพัฒนางานวิจัยหรือ	เกณฑ์มาตรฐาน 6 ข้อ
	2.2 เงินสนับสนุนงานวิจัยและงานสร้างสรรค์	เงินสนับสนุนงานวิจัยและงานสร้างสรรค์ทั้งภายในและภายนอกต่อจำนวนอาจารย์
	2.3 ผลงานทางวิชาการของอาจารย์ประจำและนักวิจัย	ผลงานทางวิชาการทุกประเภทต่ออาจารย์ประจำและนักวิจัย
3. การบริการวิชาการ	3.1 การบริการวิชาการแก่สังคม	เกณฑ์มาตรฐาน 6 ข้อ
4. การทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม	4.1 ระบบและกลไกการทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม	เกณฑ์มาตรฐาน 7 ข้อ
5. การบริหารจัดการ	5.1 การบริหารของคณะเพื่อการกำกับติดตามผลลัพธ์ตามพันธกิจกลุ่มสถาบันและเอกลักษณ์ของคณะ	เกณฑ์มาตรฐาน 7 ข้อ
	5.2 ระบบกำกับการประกันคุณภาพ	เกณฑ์มาตรฐาน 5 ข้อ

องค์ประกอบที่ 1 การผลิตบัณฑิต

ประกอบด้วยตัวบ่งชี้จำนวน 6 ตัวบ่งชี้

ตัวบ่งชี้		ค่าคะแนนที่ได้
ตัวบ่งชี้ที่ 1.1	ผลการบริหารจัดการหลักสูตรโดยรวม	3.21
ตัวบ่งชี้ที่ 1.2	อาจารย์ประจำคณะที่มีคุณวุฒิปริญญาเอก	5
ตัวบ่งชี้ที่ 1.3	อาจารย์ประจำคณะที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ	3.95
ตัวบ่งชี้ที่ 1.4	จำนวนนักศึกษาเต็มเวลาเทียบเท่าต่อจำนวนอาจารย์ประจำ	3.75
ตัวบ่งชี้ที่ 1.5	การบริการนักศึกษาระดับปริญญาตรี	5
ตัวบ่งชี้ที่ 1.6	กิจกรรมนักศึกษาระดับปริญญาตรี	5
	คะแนนเฉลี่ย	**4.32**
	ผลการประเมิน	**ได้คุณภาพในระดับดี**

สรุปจุดเด่น/โอกาสในการพัฒนา

จุดเด่น

1. หลักสูตรของคณะเทคโนโลยีมีความหลากหลายครอบคลุมทั้งทางด้านเกษตร อุตสาหกรรมเกษตร เทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม จึงสามารถบูรณาการการจัดการเรียนการสอน การวิจัย และการบริการวิชาการร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้สามารถผลิตบัณฑิตที่ตอบสนองต่อความต้องการของท้องถิ่นและประเทศชาติได้
2. คณะเทคโนโลยีมีการพัฒนาหลักสูตรระยะสั้น และหลักสูตรแบบโมดูลที่ครอบคลุมหลากหลายด้านทั้งทางด้านเกษตร และวิศวกรรม สามารถเข้าถึงผู้เรียนได้ในทุกระดับ และสามารถสะสมเป็นธนาคารหน่วยกิตได้

โอกาสในการพัฒนา

1. ควรมีการกำกับติดตามการดำเนินงานของหลักสูตรที่มีระดับคะแนนการประเมินต่ำ เช่น หลักสูตรเทคโนโลยีเครื่องกล ซึ่งหยุดรับนักศึกษาเข้าใหม่แล้วแต่ยังคงต้องประเมินคุณภาพหลักสูตรอยู่ หรืออาจทำเรื่องขอปิดหลักสูตรเพื่อจะได้ไม่ต้องประเมินคุณภาพแต่ยังคงดำเนินการจัดการเรียนการสอนต่อไปรวมทั้งควรกำกับติดตามการดำเนินงานของหลักสูตรที่มีระดับคะแนนต่ำกว่า 3.00 ให้มีคะแนนเพิ่มสูงขึ้น เพื่อประโยชน์ในการยื่นขอขึ้นทะเบียน TQR ต่อไป

ตัวบ่งชี้ที่ 1.1 ผลการบริหารจัดการหลักสูตรโดยรวม

ชนิดของตัวบ่งชี้ ผลลัพธ์

การคิดรอบปี ปีการศึกษา(1มิ.ย. 62 – 31 พ.ค. 63)

ผู้กำกับตัวบ่งชี้ :	รศ.ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข	ผู้รับผิดชอบตัวบ่งชี้ :	นายธนะพัฒน์ เชี่ยวชาญวัฒนา
โทรศัพท์ :081 5746434		โทรศัพท์ : 089-2297411	

เกณฑ์การประเมิน

ใช้ค่าเฉลี่ยของระดับคุณภาพของทุกหลักสูตรที่คณะรับผิดชอบ

สูตรการคำนวณ

$$\text{คะแนนที่ได้} = \frac{\text{ผลรวมของค่าคะแนนประเมินของทุกหลักสูตร}}{\text{จำนวนหลักสูตรทั้งหมดที่คณะรับผิดชอบ}}$$

ข้อมูลพื้นฐานประกอบตัวบ่งชี้

ลำดับ	หลักสูตร	สาขา	ประเมินตนเอง	กรรมการประเมิน
1	วิทยาศาสตรบัณฑิต	การจัดการอุตสาหกรรม	3.53	3.53
2	วิทยาศาสตรบัณฑิต	ธุรกิจการเกษตร	3.6	3.6
3	วิทยาศาสตรบัณฑิต	อาหารและบริการ	3.42	3.32
4	วิทยาศาสตรบัณฑิต	เทคโนโลยีการผลิตพืช (เกษตรศาสตร์)	3.49	3.58
5	วิทยาศาสตรบัณฑิต	เทคโนโลยีการผลิตสัตว์ (สัตวศาสตร์)	3.37	3.37
6	วิทยาศาสตรบัณฑิต	เทคโนโลยีชีวภาพ	3.08	3.03
7	วิทยาศาสตรบัณฑิต	เทคนิคการสัตวแพทย์ (เทคนิคการสัตวแพทย์และการพยาบาลสัตว์)	3.71	3.49
8	วิทยาศาสตรบัณฑิต	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร (เทคโนโลยีอาหารและโภชนาการ)	3.77	3.48
9	วิทยาศาสตรบัณฑิต	โยธาสถาปัตยกรรม	3.55	3.41

ลำดับ	หลักสูตร	สาขา	ประเมินตนเอง	กรรมการประเมิน
10	วิทยาศาสตรบัณฑิต	เทคโนโลยีเครื่องกล	0	0
11	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	วิศวกรรมไฟฟ้า	3.23	3.31
12	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ฯ	3.54	3.54
13	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ฯ	3.64	3.64
14	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	วิศวกรรมเครื่องกล	3.59	3.59
15	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	วิศวกรรมพลังงาน	3.58	3.66
16	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	วิศวกรรมแมคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์	2.41	2.80
17	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิต	การจัดการทรัพยากรเกษตรและสิ่งแวดล้อม	3.25	3.47
	ผลรวมของค่าคะแนนประเมินของทุกหลักสูตร		51.51	51.35
	จำนวนหลักสูตรทั้งหมดที่คณะรับผิดชอบ		17	17
	คะแนนที่ได้		**3.22**	**3.21**

หลักฐานอ้างอิง

เอกสารหมายเลข	หลักฐานอ้างอิง
1.1	**รายงานการประเมินตนเอง ระดับหลักสูตรประจำปีการศึกษา 2563 คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี**

การประเมินตนเอง

เป้าหมาย	ผลดำเนินงาน	คะแนนการประเมินตนเอง	บรรลุเป้าหมาย
4 คะแนน	3.21 คะแนน	3.22 คะแนน	☐บรรลุเป้าหมาย ☑ ไม่บรรลุเป้าหมาย

จุดเด่น/โอกาสในการพัฒนา

จุดเด่น

1. การบริหารจัดการหลักสูตรมีผลการดำเนินงานดีขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเกือบทุกหลักสูตรมีระดับคะแนนการประเมินคุณภาพภายในระดับหลักสูตรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปีการศึกษา 2558–2563

โอกาสในการพัฒนา

1. ควรกำกับติดตามการดำเนินงานของหลักสูตรที่มีระดับคะแนนต่ำกว่า 3.00 ให้มีคะแนนเพิ่มสูงขึ้นเพื่อประโยชน์ในการยื่นขอขึ้นทะเบียน TQR ต่อไป

ตัวบ่งชี้ที่ 1.2 อาจารย์ประจำคณะที่มีคุณวุฒิปริญญาเอก

ชนิดตัวบ่งชี้ ปัจจัยนำเข้า

การคิดรอบปี ปีการศึกษา (1 มิ.ย. 63 –31 พ.ค. 64)

ผู้กำกับตัวบ่งชี้	รศ.ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข	**ผู้รับผิดชอบตัวบ่งชี้:**	นายธนะพัฒน์ เชี่ยวชาญวัฒนา
โทรศัพท์ 096-9456624		**โทรศัพท์** 089-2297411	

เกณฑ์การประเมิน

โดยการแปลงค่าร้อยละของอาจารย์ประจำหลักสูตรที่มีคุณวุฒิปริญญาเอกเป็นคะแนนระหว่าง 0 – 5

เกณฑ์เฉพาะสถาบันกลุ่ม ข และ ค2

ค่าร้อยละของอาจารย์ประจำหลักสูตรที่มีคุณวุฒิปริญญาเอกที่กำหนดให้เป็นคะแนนเต็ม 5 = ร้อยละ40 ขึ้นไป

สูตรการคำนวณ

1. คำนวณค่าร้อยละของอาจารย์ประจำหลักสูตรที่มีวุฒิปริญญาเอก ตามสูตร

$$\frac{\text{จำนวนอาจารย์ประจำคณะที่มีคุณวุฒิปริญญาเอก}}{\text{จำนวนอาจารย์ประจำคณะทั้งหมด}} \times 100$$

2. แปลงค่าร้อยละที่คำนวณได้ในข้อ 1 เทียบกับคะแนนเต็ม 5

$$\text{คะแนนที่ได้} = \frac{\text{ร้อยละของอาจารย์ประจำคณะที่มีคุณวุฒิปริญญาเอก}}{\text{ร้อยละของอาจารย์ประจำคณะที่มีคุณวุฒิปริญญาเอกที่กำหนดให้เป็นคะแนนเต็ม } 5} \times 5$$

หมายเหตุ

1. คุณวุฒิปริญญาเอกพิจารณาจากระดับคุณวุฒิที่ได้รับหรือเทียบเท่าตามหลักเกณฑ์การพิจารณาคุณวุฒิ ของกระทรวงศึกษาธิการ กรณีที่มีการปรับวุฒิการศึกษาให้มีหลักฐานการสำเร็จการศึกษาภายในรอบปีการศึกษานั้น ทั้งนี้ อาจใช้คุณวุฒิอื่นเทียบเท่าคุณวุฒิปริญญาเอกได้สำหรับกรณีที่บางสาขาวิชาชีพมีคุณวุฒิอื่นที่เหมาะสมกว่า ทั้งนี้ต้องได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการการอุดมศึกษา

2. การนับจำนวนอาจารย์ประจำ ให้นับตามปีการศึกษาและนับทั้งที่ปฏิบัติงานจริงและลาศึกษาต่อ ในกรณีที่มีอาจารย์บรรจุใหม่ให้คำนวณตามเกณฑ์อาจารย์ประจำที่ระบุในคำชี้แจงเกี่ยวกับการนับจำนวนอาจารย์ประจำและนักวิจัย

ผลการดำเนินงาน

จำนวนอาจารย์ประจำคณะที่มีคุณวุฒิปริญญาเอกปีการศึกษา 2563 มี 44 คนดังรายชื่อต่อไปนี้

ลำดับ	ชื่อ -สกุล	ชื่อปริญญาเอก
1	ศ.ดร.Jeffrey C. Nash	Ph.D. (Agricultural Engineering)
2	รศ.ดร.ฤทธิชัย พิลาไชย	Ph.D. (Veterinary)
3	รศ.ดร.อลงกรณ์ พรมที	ปร.ด.(ไฟฟ้าศึกษา)
4	รศ.ดร.นิราวรรณ กุนันท์	ปร.ด.(โภชนาศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง)
5	รศ.ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข	ปร.ด. (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์)
6	ผศ.ดร.สุทธิพงศ์ เปรื่องค้า	Ph.D. (System engineering)
7	ผศ.ดร.วราจิต พยอม	Ph.D. (Agricultural Science)
8	ผศ.ดร.อภิณาน กาญจนวาปสถิตย์	Ph.D. (Telecommunications)
9	ผศ.ดร.อิทธิพล สิงห์คำ	ปร.ด.(การออกแบบผลิตภัณฑ์)
10	ผศ.ดร.อรรถศาสตร์ วิเศียรศาสตร์	ปร.ด.(เกษตรเชิงระบบ)
11	ผศ.ดร.ปรียา แก้วนารี	ปร.ด.(เทคโนโลยีชีวภาพ)
12	ผศ.ดร.ยศวริศ เสมามิ่ง	ปร.ด.(เภสัชวิทยา)

13	ผศ.ดร.อนันต์ นิ่มทวัฒน์	ปร.ด.(วิศวกรรมโยธา)
14	ผศ.ดร.อนันต์ เพชรล้ำ	วท.ด.(เทคโนโลยีการผลิตสัตว์)
15	ผศ.ดร.บรรณญัติ บริบูรณ์	วศ.ด.(วิศวกรรมไฟฟ้า)
16	ผศ.ดร.ระวี พรหมหลวงศรี	วศ.ด.(วิศวกรรมโทรคมนาคม)
17	ผศ.ดร.นพรัตน์ ธรรมวงษา	วศ.ด.(วิศวกรรมไฟฟ้า)
18	ผศ.ดร.กษมา ชารีโคตร	ปร.ด.(เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว)
19	ผศ.ดร.สรฉัตร เทียมดาว	วท.ด.(ชีววิทยา)
20	ผศ.ดร.สุนันท์ นวลเพ็ง	ปร.ด.(เทคโนโลยีชีวภาพ)
21	ผศ.ดร.ปรีชา ทุมมุ	ปร.ด.(เทคโนโลยีพลังงาน)
22	ผศ.ดร.ดรุณี พวงบุตร	ปร.ด.(พืชไร่)
23	ผศ.ดร.ศรุติ อัศวเรืองสุข	ปร.ด.(วิทยาการคอมพิวเตอร์)
24	ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ	ปร.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล)
25	ผศ.ดร.รัชนีกร ด่านศิริชัยสวัสดิ์	ปร.ด.(บริหารธุรกิจอุตสาหกรรม)
26	ผศ.ดร.มงคล กิตติญาณขจร	ปร.ด. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
27	ดร.อรรจนา ด้วงแพง	Ph.D. in Agriculture (Plant meteorology)
28	ดร.ศศิณี กันยาบุญ	ปร.ด.(บริหารธุรกิจ)
29	ดร.วัชรพงษ์ ดีวงษ์	ปร.ด. (วิศวกรรมโยธา)
30	ดร.วิบูล เป็นสุข	Ph.d.พืชไร่(การปรับปรุงพันธุ์พืช))
31	ดร.ยุทธศักดิ์ ทอดทอง	ปร.ด.(วิศวกรรมไฟฟ้า)
32	ดร.อภัยภักดิ์ ประทุมทิพย์	ปร.ด.(วิศวกรรมไฟฟ้า)
33	ดร.วลัยลักษณ์ แก้ววงษา	วท.ด.(เทคโนโลยีการผลิตสัตว์)
34	ดร.ภัทยา นาปะเสริฐ	ปร.ด.(สัตวศาสตร์)
35	ดร.สุชีรา เหล่าเจริญ	ปร.ด.(เทคโนโลยีชีวภาพ)
36	ดร.ธีระกุล นิลนนท์	ปร.ด.(สหวิทยาการสัตวแพทย์)
37	ดร.ศริสา ทวีแสง	ปร.ด. (เทคโนโลยีอาหาร)
38	ดร.วรรณศิริ วรรณสืบเชื้อ	Ph.D. (Food Management)
39	ดร.ทิวารัตน์ ศรีราตรี	ปร.ด. (บริหารธุรกิจอุตสาหกรรม)
40	ดร.จุฬาวดี มีวันคำ	ปร.ด.(เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา)
41	ดร.อัจฉรา ศิริพนาดร	วท.ด. (ฟิสิกส์)
42	ดร.อัจฉราพร สมภาร	ปร.ด.(ทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม)
43	ผศ.ดร.ชนิศา นวนิล	ปร.ด.(นาโนวิทยาและนาโนเทคโนโลยี)
44	ดร.สุรียรัตน์ แสงอุทัย	ปร.ด.(เคมี)

ข้อมูล	ผลการดำเนินงาน	จำนวนที่กรรมการยืนยัน
จำนวนอาจารย์ประจำคณะทั้งหมดรวมทั้งที่ปฏิบัติงานจริงและลาศึกษาต่อ	95	95
จำนวนอาจารย์ประจำคณะทั้งหมดที่ปฏิบัติงานจริงและลาศึกษาต่อวุฒิปริญญาเอก	95	95
ร้อยละของอาจารย์ประจำหลักสูตรที่มีคุณวุฒิปริญญาเอก	46.315	46.315

$$\text{ร้อยละของอาจารย์ประจำที่มีคุณวุฒิปริญญาเอก} = \frac{44}{95} \times 100$$

$$= 46.315\%$$

$$\text{คิดเป็นคะแนน} = \frac{46.315}{40} \times 5$$

$$= \mathbf{5.789\ คะแนน}$$

หลักฐานอ้างอิง

เอกสารหมายเลข	หลักฐานอ้างอิง
1.2	ข้อมูล FTEST : รายชื่ออาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีที่มีคุณวุฒิปริญญาเอก

การประเมินตนเอง

เป้าหมาย	ผลดำเนินงาน	คะแนนการประเมินตนเอง	บรรลุเป้าหมาย
ร้อยละ 40	ร้อยละ 46.315	5.00	☑บรรลุเป้าหมาย ☐ไม่บรรลุเป้าหมาย

จุดเด่น/แนวทางในการพัฒนา

จุดเด่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีมีนโยบายจัดสรรทุนสนับสนุนการศึกษาต่อในระดับปริญญาเอกให้กับบุคลากรจึงเป็นแรงผลักดันให้มีการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้นจำนวนมากโดยในปีการศึกษา 2563 อาจารย์ที่มีคุณวุฒิปริญญาเอกเพิ่มขึ้น 1 คน นอกจากนี้ บุคลากรคณะเทคโนโลยีจำนวน 2 คน ยังไปศึกษาต่อระดับปริญญาเอก โดยได้รับทุนกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ไปศึกษาต่อระดับปริญญาเอก คือ นางสาววิภา เหลืองบุตรนาค และนายสรวินท์ ปูคะภาค

แนวทางในการพัฒนา

อาจารย์ที่ยังไม่ได้รับคุณวุฒิปริญญาเอกสามารถเข้าถึงแหล่งทุนในการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้นไปได้จากแหล่งทุนภายนอกมหาวิทยาลัยลัยเช่นทุนกาญจนาภิเษกทุนรัฐบาลต่างชาติ

ตัวบ่งชี้ที่ 1.3 อาจารย์ประจำคณะที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ

ชนิดตัวบ่งชี้ ปัจจัยนำเข้า

การคิดรอบปี ปีการศึกษา (1 มิ.ย. 63 –31 พ.ค. 64)

ผู้กำกับตัวบ่งชี้	รศ.ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข	**ผู้รับผิดชอบตัวบ่งชี้:**	นายธนะพัฒน์ เชี่ยวชาญวัฒนา
โทรศัพท์ 096-9456624		**โทรศัพท์** 089-2297411	

เกณฑ์การประเมิน

โดยการแปลงค่าร้อยละของอาจารย์ประจำคณะที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการเป็นคะแนนระหว่าง 0 – 5

เกณฑ์เฉพาะสถาบันกลุ่มขและค2

ค่าร้อยละของอาจารย์ประจำคณะที่ดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์รองศาสตราจารย์และศาสตราจารย์รวมกันที่กำหนดให้เป็นคะแนนเต็ม 5 = ร้อยละ 60 ขึ้นไป

สูตรการคำนวณ

1. คำนวณค่าร้อยละของอาจารย์ประจำหลักสูตรที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการตามสูตร

$$\frac{\text{จำนวนอาจารย์ประจำคณะที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ}}{\text{จำนวนอาจารย์ประจำคณะทั้งหมด}} \times 100$$

2. แปลงค่าร้อยละที่คำนวณได้ในข้อ 1 เทียบกับคะแนนเต็ม 5

$$\text{คะแนนที่ได้} = \frac{\text{ร้อยละของอาจารย์ประจำคณะที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ}}{\text{ร้อยละของอาจารย์ประจำคณะที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการที่กำหนดให้เป็นคะแนนเต็ม } 5} \times 5$$

ผลการดำเนินงาน

รายชื่ออาจารย์ประจำคณะที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการปีการศึกษา 2563 จำนวน 45 คน

ลำดับที่	ชื่อ – สกุล	ตำแหน่งทางวิชาการ
1	Professor Jeffrey C. Nash	ศาสตราจารย์
2	รศ.ดร. อลงกรณ์ พรมที	รองศาสตราจารย์
3	รศ.ดร.ฤทธิชัย พิลาไชย	รองศาสตราจารย์
4	รศ.ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข	รองศาสตราจารย์
5	รศ.ดร.นิราวรรณ กุนัน	รองศาสตราจารย์
6	ผศ. ศยามน ปริยาจารย์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
7	ผศ.สมชาย สิริพัฒนากุล	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
8	ผศ.ศรัญญา วอขวา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
9	ผศ.ดร.อนันต์ นิ่มทวัฒน์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
10	ผศ.สุทิน พลบูรณ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
11	ผศ.อริยพงษ์ พลั่วพันธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
12	ผศ. ณัฐกิตติ์ แสนทอง	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
13	ผศ.ดร.ยศวริศ เสมามิ่ง	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
14	ผศ.สุดาวรรณ ชื่นปรีชา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
15	ผศ.ชลวิชชุ์ ยุวชิต	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
16	ผศ.วชิราวุธ พิศยะไตร	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
17	ผศ.ดร.นพรัตน์ ธรรมวงษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
18	ผศ.ไพบูลย์ บุบผา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
19	ผศ.จุไรรัตน์จินดา อรรคนิตย์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
20	ผศ.บรรณญัติ บริบูรณ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
21	ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
22	ผศ.อนันต์ เพชรล้ำ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
23	ผศ.ดร.อภิฌาน กาญจนวาปสถิตย์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
24	ผศ.ปริญญพันธุ์ เพชรจรัส	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
25	ผศ.ดร.วราจิต พยอม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
26	ผศ.ดร.ระวี พรหมหลวงศรี	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
27	ผศ.ดร.อรรถศาสตร์ วิเศียรศาสตร์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ลำดับที่	ชื่อ – สกุล	ตำแหน่งทางวิชาการ
28	ผศ.ดร.อิทธิพล สิงห์คำ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
29	ผศ.อดิศักดิ์ บุตรวงษ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
30	ผศ.ดร.ปรียา แก้วนารี	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
31	ผศ.นราธิป ภาวะรี	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
32	ผศ.ดร.สุทธิพงษ์ เปรื่องค้า	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
33	ผศ.ปองพล แสนสอน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
34	ผศ.ดร.กษมา ชารีโคตร	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
35	ผศ.เอกชัย จารุเนตรวิลาส	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
36	ผศ.ดร.ชนิศา นวนิล	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
37	ผศ.วรนิตย์ ทองอยู่	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
38	ผศ.ดร.สุนันท์ นวลเพ็ง	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
39	ผศ.ดร.ดรุณี พวงบุตร	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
40	ผศ.ดร.ปรีชา ทุมมุ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
41	ผศ.ดร.ศรุติ อัศวเรืองสุข	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
42	ผศ.ดร.รัชนีกร ด่านศิริชัยสวัสดิ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
43	ผศ.ดร.มงคล กิตติญาณขจร	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
44	ผศ.รณฤทธิ์ จันทร์ศิริ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
45	ผศ.สุทธิกานต์ บ่อจักรพันธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
46		**45**
จำนวนอาจารย์ประจำคณะทั้งหมด		**92**

ข้อมูล ณ วันที่ 31พฤษภาคม 2564

ข้อมูล	ผลการดำเนินงาน	จำนวนที่กรรมการยืนยัน
จำนวนอาจารย์ประจำคณะทั้งหมด	92	92
จำนวนอาจารย์ประจำคณะทั้งหมดที่ดำรงตำแหน่งอาจารย์	45	45
จำนวนอาจารย์ประจำคณะทั้งหมดที่ดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์	40	40
จำนวนอาจารย์ประจำคณะทั้งหมดที่ดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์	4	4
จำนวนอาจารย์ประจำคณะทั้งหมดที่ดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์	1	1

ข้อมูล	ผลการดำเนินงาน	จำนวนที่กรรมการยืนยัน
จำนวนอาจารย์ประจำคณะทั้งหมดที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ	45	45
ร้อยละของอาจารย์ประจำคณะที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ	47.368	47.368

ร้อยละของอาจารย์ประจำคณะที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการ $= \frac{45}{95} \times 100$

$= 47.368\ \%$

คิดเป็นคะแนน $= \frac{47.368}{60} \times 5$

$=$ **3.95 คะแนน**

หลักฐานอ้างอิง

เอกสารหมายเลข	หลักฐานอ้างอิง
1.3	รายชื่ออาจารย์ประจำคณะที่ดำรงตำแหน่งทางวิชาการคณะเทคโนโลยี

การประเมินตนเอง

เป้าหมาย	ผลดำเนินงาน	คะแนนการประเมินตนเอง	บรรลุเป้าหมาย
ร้อยละ 40	ร้อยละ 47.368	**3.95 คะแนน**	☑บรรลุเป้าหมาย ☐ไม่บรรลุเป้าหมาย

จุดเด่น/แนวทางในการพัฒนา

จุดเด่น

คณะเทคโนโลยีมีนโยบายสนับสนุนให้อาจารย์เข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการโดยในปีการศึกษา 2563 มีอาจารย์ที่มีเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการเพิ่มขึ้นในตำแหน่งรองศาสตราจารย์จำนวน 1 คน และผู้ช่วยศาสตราจารย์จำนวน 3 ท่าน

แนวทางในการพัฒนา

คณะและมหาวิทยาลัยควรสนับสนุนส่งเสริมงบประมาณแก่บุคลากรในด้านเครื่องมือและทุนในการนำเสนอผลงานเพื่อตีพิมพ์ให้มากขึ้น

ตัวบ่งชี้ที่ 1.4 จำนวนนักศึกษาเต็มเวลาเทียบเท่าต่อจำนวนอาจารย์ประจำ

ชนิดตัวบ่งชี้ ปัจจัยนำเข้า

การคิดรอบปี ปีการศึกษา (1 มิ.ย. 63 –31 พ.ค. 64)

ผู้กำกับตัวบ่งชี้ :	รศ.ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข	ผู้รับผิดชอบตัวบ่งชี้ :	อ.วีระพล แก้วก่า
โทรศัพท์ : 096-9456624		โทรศัพท์ : 081-9744817	

เกณฑ์การประเมิน

ในกรณีที่จำนวนนักศึกษาเต็มเวลาต่ออาจารย์ประจำน้อยกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์มาตรฐานกำหนดเป็นคะแนน 5

ในกรณีที่จำนวนนักศึกษาเต็มเวลาต่ออาจารย์ประจำมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานให้คำนวณหาค่าความแตกต่างระหว่างจำนวนนักศึกษาเต็มเวลาต่ออาจารย์ประจำกับเกณฑ์มาตรฐาน และนำค่าความแตกต่างมาพิจารณาดังนี้

ค่าความแตกต่างของจำนวนนักศึกษาเต็มเวลาต่ออาจารย์ประจำที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานตั้งแต่ร้อยละ 20 กำหนดเป็นคะแนน 0

ค่าความแตกต่างของนักศึกษาเต็มเวลาต่ออาจารย์ประจำที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานตั้งแต่ร้อยละ 0.01 และไม่เกินร้อยละ 20 ให้นำมาเทียบบัญญัติไตรยางศ์ตามสูตรเพื่อเป็นคะแนนของหลักสูตรนั้นๆ

สูตรการคำนวณจำนวนนักศึกษาเต็มเวลาเทียบเท่า

1. คำนวณค่าหน่วยกิตนักศึกษา (Student Credit Hours : SCH) ซึ่งก็คือผลรวมของผลคูณระหว่างจำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนกับจำนวนหน่วยกิตแต่ละรายวิชาที่เปิดสอนทุกรายวิชาตลอดปีการศึกษา รวบรวมหลังจากนักศึกษาลงทะเบียนแล้วเสร็จ (หมดกำหนดเวลาการเพิ่ม– ถอน) โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$SCH = \sum n_i c_i$

เมื่อ n_i = จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนในวิชาที่i

c_i = จำนวนหน่วยกิตของวิชาที่i

2. คำนวณค่าFTES โดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$\text{จำนวนนักศึกษาเต็มเวลาเทียบเท่าต่อปี (FTES)} = \frac{\text{Student Credit Hours (SCH)}_{\text{ทั้งปี}}}{\text{จำนวนหน่วยกิตต่อปีการศึกษาตามเกณฑ์มาตรฐานการลงทะเบียนในระดับปริญญานั้นๆ}}$$

การปรับจำนวนในระหว่างปริญญาตรีและบัณฑิตศึกษาให้มีการปรับค่าจำนวนนักศึกษาเต็มเวลาเทียบเท่าในระดับบัณฑิตศึกษาให้เป็นระดับปริญญาตรีเพื่อนำมารวมคำนวณหาสัดส่วนจำนวนนักศึกษาเต็มเวลาต่ออาจารย์ประจำ

นักศึกษาเต็มเวลาในหน่วยนับปริญญาตรี	
1. กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ	= FTES ระดับปริญญาตรี + FTES ระดับบัณฑิตศึกษา
2. กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ	= FTES ระดับปริญญาตรี + (2 x FTES ระดับบัณฑิตศึกษา)
3. กลุ่มสาขาวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์	= FTES ระดับปริญญาตรี + (1.8 x FTES ระดับบัณฑิตศึกษา)

สัดส่วนจำนวนนักศึกษาเต็มเวลาต่ออาจารย์ประจำแยกตามกลุ่มสาขา

กลุ่มสาขา	สัดส่วนจำนวนนักศึกษาเต็มเวลาต่ออาจารย์ประจำ
1. วิทยาศาสตร์สุขภาพ	8:1
- แพทยศาสตร์	4:1
- พยาบาลศาสตร์	6:1
2. วิทยาศาสตร์กายภาพ	20:1
3. วิศวกรรมศาสตร์	20:1
4. สถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง	8:1
5. เกษตร ป่าไม้และประมง	20:1
6. บริหารธุรกิจ พาณิชยศาสตร์ บัญชี การจัดการ การท่องเที่ยว เศรษฐศาสตร์	25:1
7. นิติศาสตร์	50:1
8. ครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์	30:1
9. ศิลปกรรมศาสตร์ วิจิตรศิลป์และประยุกต์ศิลป์	8:1
10. สังคมศาสตร์/มนุษยศาสตร์	25:1

สูตรการคำนวณ

1) คำนวณหาค่าความแตกต่างจากเกณฑ์มาตรฐานและนำมาคิดเป็นค่าร้อยละตามสูตร

$$\frac{\text{สัดส่วนจำนวนนักศึกษาเต็มเวลาที่เป็นจริง} - \text{สัดส่วนจำนวนนักศึกษาเต็มเวลาตามเกณฑ์มาตรฐาน}}{\text{สัดส่วนจำนวนนักศึกษาเต็มเวลาตามเกณฑ์มาตรฐาน}} \text{ x } 100$$

2) นำค่าร้อยละจากข้อ 1 มาคำนวณคะแนนดังนี้

2.1) ค่าร้อยละน้อยกว่าหรือเทียบเท่ากับร้อยละ 0 คิดเป็น 5 คะแนน

2.2) ค่าร้อยละมากกว่าหรือเทียบเท่ากับร้อยละ 20 คิดเป็น 0 คะแนน

2.3) ค่าร้อยละมากกว่าร้อยละ 0 แต่น้อยกว่าร้อยละ 20 ให้นำมาคิดคะแนนดังนี้

$$\text{คะแนนที่ได้} = 5 - \frac{(\text{ค่าร้อยละที่คำนวณได้จากข้อ } 2.3)}{4}$$

ตัวอย่างการคำนวณ

จำนวนนักศึกษาเต็มเวลาเทียบเท่าต่อปี (FTES) ของหลักสูตรหนึ่งทางด้านสังคมศาสตร์/มนุษยศาสตร์= 24

ค่าความแตกต่างจากเกณฑ์มาตรฐาน $= \frac{24 - 25}{25} X100$ = ร้อยละ -4 ได้คะแนน 5 คะแนน

จำนวนนักศึกษาเต็มเวลาเทียบเท่าต่อปี (FTES) ของหลักสูตรหนึ่งทางด้านสังคมศาสตร์/มนุษยศาสตร์ = 32

ค่าความแตกต่างจากเกณฑ์มาตรฐาน $= \frac{32 - 25}{25} X100$ = ร้อยละ 28 ได้คะแนน 0 คะแนน

จำนวนนักศึกษาเต็มเวลาเทียบเท่าต่อปี (FTES) ของหลักสูตรหนึ่งทางด้านสังคมศาสตร์/มนุษยศาสตร์ = 28

ค่าความแตกต่างจากเกณฑ์มาตรฐาน $= \frac{28 - 25}{25} X100$ = ร้อยละ 12

แปลงค่าความแตกต่างเป็นคะแนนเท่ากับ $= 5 - \frac{12}{4}$ = 2 คะแนน

ผลการดำเนินงาน

จำนวนนักศึกษาเต็มเวลาเทียบเท่าต่อจำนวนอาจารย์ประจำปีการศึกษา 2563 (แยกตามสาขาวิชา)

ลำดับ	สาขาวิชา	อัตราส่วน	FTES
1	สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล	20:1	134.06
2	สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า	20:1	158.28
3	สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และระบบอัตโนมัติ	20:1	47.72
4	สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม	20:1	58.47
5	สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล	20:1	13.86
6	สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ	20:1	10.28
7	สาขาวิชาโยธาสถาปัตยกรรม	8:1	115.06
8	สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน	20:1	30.56
9	สาขาวิชาเทคนิคการสัตวแพทย์	20:1	49.56
10	สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร	20:1	46.06
11	สาขาวิชาอาหารและบริการ	20:1	177.33
12	สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช	20:1	32.83
13	สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์	20:1	35.00
14	สาขาวิชาธุรกิจการเกษตร	20:1	58.58
15	สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร	20:1	96.53
16	สาขาวิศวกรรมแมคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์	20:1	11.11

ลำดับ	สาขาวิชา	อัตราส่วน	FTES
17	สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์	-	-
	รวมปริญญาตรี		**1,075.28**
18	สาขาการจัดการทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อม(โท)	20:1	2.04
	รวมปริญญาโท		**2.04**
	รวมทั้งหมดคณะเทคโนโลยี		**1,077.32**

ผลการคำนวณค่าคะแนนจำนวนนักศึกษาเต็มเวลาเทียบเท่าต่อจำนวนอาจารย์ประจำ (แยกตามกลุ่มสาขาวิชา)

กลุ่มสาขาวิชาตามเกณฑ์ สกอ.	เกณฑ์อัตราส่วน ①	จำนวนอาจารย์แยกตามกลุ่มสาขาวิชา ②	FTES ทั้งปีการศึกษา รวมกันในกลุ่มสาขา ป.ตรี และบัณฑิตปรับค่า ③	สัดส่วนจำนวนนักศึกษาที่เป็นจริงต่อจำนวนอาจารย์ ④ ③/②	ค่าความแตกต่างระหว่างนักศึกษา : อาจารย์ ⑤ ④-① x 100 / ①	เทียบคะแนน (ตามคู่มือประกัน)⑥	ผลคะแนนที่ได้ตามเกณฑ์การประกันคุณภาพการศึกษา⑦
วิศวกรรมศาสตร์	20 : 1	31	478.26	15.5	- 22.5	5	
วิทยาศาสตร์กายภาพ	20 : 1	45	423.39	9.4	- 53.0	5	
สถาปัตยกรรมและผังเมือง	8 : 1	5	115.06	23.1	188.8	0	
เกษตร ป่าไม้และประมง	20 : 1	11	62.66	5.7	- 71.5	5	
		92	1,079.37	13.97		คะแนนเฉลี่ย 3.75	

ข้อมูล ณ วันที่ 21 กรกฎาคม 2564

ตัวบ่งชี้ที่ 1.5 การบริการนักศึกษาระดับปริญญาตรี

ชนิดตัวบ่งชี้ กระบวนการ

การคิดรอบปี ปีการศึกษา (1มิ.ย. 63 – 31 พ.ค. 64)

ผู้กำกับตัวบ่งชี้ :	อ.เพลินพิศ แจ้งโพธิ์นาค	ผู้รับผิดชอบตัวบ่งชี้ :	ดร. สุชีรา เหล่าเจริญ
โทรศัพท์ : 0885604886		โทรศัพท์ : 0879906809	

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน 1	คะแนน 2	คะแนน 3	คะแนน 4	คะแนน 5
มีการดำเนินการ 1 ข้อ	มีการดำเนินการ 2 ข้อ	มีการดำเนินการ 3 - 4 ข้อ	มีการดำเนินการ 5 ข้อ	มีการดำเนินการ 6 ข้อ

ผลการประเมินคุณภาพการศึกษาภายใน(การประเมินตนเอง = ตน/การประเมินของคณะกรรมการ = กก)

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
☐	☑	1	จัดบริการให้คำปรึกษาทางวิชาการและการใช้ชีวิตแก่นักศึกษาในคณะ	มีระบบการแต่งตั้งอาจารย์ที่ปรึกษาให้แก่นักศึกษาเพื่อให้คำปรึกษาด้านการเรียนการจัดทำปัญหาพิเศษและข้อมูลด้านอื่นๆที่นักศึกษาต้องการทำให้อาจารย์สามารถดูแลนักศึกษาได้ทั่วถึงในการช่วยเหลือนักศึกษาอย่างใกล้ชิดเน้นการพัฒนาผู้เรียนเป็นรายบุคคล โดยให้คำปรึกษาแก่นักศึกษาในชั่วโมงกิจกรรมวันพุธทุกเดือนซึ่งนักศึกษาได้พบกับอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่ออบรม ตักเตือน ดูแลความประพฤติ การให้คำปรึกษาการใช้ชีวิตการแก้ปัญหาการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนการสอน เช่น การลงทะเบียนการทำโครงงาน การทำปัญหาพิเศษและมีการจัดทำคู่มือนักศึกษาเพื่อเป็นแนวทางแนะนำมหาวิทยาลัยให้กับนักศึกษา พร้อมทั้งเข้าใจระบบการจัด	1.5.1-1 คำสั่งแต่งตั้งอาจารย์ที่ปรึกษานักศึกษาคณะเทคโนโลยี ประจำปีการศึกษา 2562 และปีการศึกษา 2563 1.5.1-2 ปฏิทินชั่วโมง/แบบการให้คำปรึกษา ในกิจกรรมวันพุธสำหรับอาจารย์ที่ปรึกษาของคณะเทคโนโลยี 1.5.1-3 คู่มืออาจารย์และอาจารย์ที่ปรึกษาของคณะเทคโนโลยี 1.5.1-4 คู่มือนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ปีการศึกษา 2563

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				การศึกษา ระบบการลงทะเบียนและกฎระเบียบต่าง ๆ ที่ควรปฏิบัติตาม	
☐	☑	2	มีการให้ข้อมูลของหน่วยงานที่ให้บริการกิจกรรมพิเศษนอกหลักสูตรแหล่งงานทั้งเต็มเวลาและนอกเวลาแก่นักศึกษา	มีการจัดบริการข้อมูลในเรื่องของกิจกรรมพิเศษนอกหลักสูตร แหล่งงานทั้งเต็มเวลาและนอกเวลาแก่นักศึกษาผ่านเว็ปไซต์ของคณะ https://technology.udru.ac.th/ เพื่อให้นักศึกษาได้ทราบข้อมูลในกิจกรรมต่าง ๆ ที่ทางคณะได้แจ้งให้ทราบได้อย่างทั่วถึงและรวดเร็ว รวมถึงข้อมูลทุนการศึกษาทุนวิจัยการประกวดแข่งขันต่างๆ การรับสมัครงานผ่านบอร์ดประชาสัมพันธ์และผ่านทาง facebook ของคณะเทคโนโลยี รวมถึงมีการประชาสัมพันธ์ผ่านบอร์ดประชาสัมพันธ์ของคณะและของสาขาวิชา ตลอดจนประชาสัมพันธ์ผ่านระบบอาจารย์ที่ปรึกษา	1.5.2-1 Website คณะ https://technology.udru.ac.th/ 1.5.2-2 facebook คณะ https://www.facebook.com/groups/486928444733079 และ facebook สโมสรนักศึกษาคณะเทคโนโลยี 1.5.2-3 บอร์ดประชาสัมพันธ์ของคณะและสาขาวิชา 1.5.2-4 ระบบอาจารย์ที่ปรึกษา
☐	☑	3	จัดกิจกรรมเตรียมความพร้อมเพื่อการทำงานเมื่อสำเร็จการศึกษาแก่นักศึกษา	มีการจัดโครงการและกิจกรรมต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาศักยภาพและทักษะแก่นักศึกษาและสามารถนำไปใช้ในการทำงานจริงได้ ได้แก่ กิจกรรมปัจฉิมนิเทศนักศึกษาของมหาวิทยาลัยผ่านทางออนไลน์ โครงการสำรวจภาคสนาม Surveying Camp โครงการเพิ่มทักษะวิชาชีพให้กับนักศึกษา: ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสามัญโรงงานและผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสามัญอาคาร โครงการเตรียมตัวสู่การเป็นวิศวกรมืออาชีพ โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการ	1.5.3-1 โครงการกิจกรรมปัจฉิมนิเทศนักศึกษาของมหาวิทยาลัยผ่านทางออนไลน์ 1.5.3-2 โครงการสำรวจภาคสนาม Surveying Camp ประจำปีการศึกษา 2563 สาขาวิชาโยธาสถาปัตยกรรม วันที่ 25-29 พฤศจิกายน 2563 1.5.3-3 โครงการเพิ่มทักษะวิชาชีพให้กับนักศึกษา:

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				เกี่ยวกับความรู้พื้นฐานและมารยาทในการรับประทานอาหารตะวันตก โครงการเพิ่มทักษะวิชาชีพวิศวกรรมพลังงาน โครงการการเตรียมตัวสู่สถานประกอบการและโรงงานอุตสาหกรรม โครงการอบรมนักศึกษาและปัจฉิมวิศวกรรมพลังงาน เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการทำงานให้กับนักศึกษาสาขาต่างๆ	ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสามัญโรงงานและผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสามัญอาคาร ประจำปีงบประมาณ 2564 สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน วันที่ 27 พฤศจิกายน 2563 1.5.3-4 โครงการเตรียมตัวสู่การเป็นวิศวกรมืออาชีพ ประจำปีการศึกษา 2563 สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล วันที่ 30 ตุลาคม 2563 1.5.3-5 โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานและมารยาทในการรับประทานอาหารตะวันตก สาขาวิชาอาหารและบริการ วันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2564 1.5.3-6 โครงการเพิ่มทักษะวิชาชีพวิศวกรรมพลังงาน ประจำปีงบประมาณ 2564 สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน วันที่ 1 เมษายน – 19 พฤษภาคม 2564 1.5.3-7 โครงการการเตรียมตัวสู่สถานประกอบการและโรงงานอุตสาหกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล วันที่ 25 มีนาคม 2564

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
					1.5.3-8 โครงการอบรมนักศึกษาและปัจฉิมวิศวกรรมพลังงาน ประจำปีงบประมาณ 2564 สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน วันที่ 27 มีนาคม 2564
☐	☑	4	ประเมินคุณภาพของการจัดกิจกรรมและการจัดบริการในข้อ1 – 3 ทุกข้อไม่ต่ำกว่า 3.51 จากคะแนนเต็ม 5	มีการสำรวจความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมและการจัดบริการของคณะเพื่อติดตามประเมินผลคุณภาพของการจัดกิจกรรมและการจัดบริการในข้อ1-3 ทุกข้อไม่ต่ำกว่า 3.51 จากคะแนนเต็ม 5 ดังนี้ 1. โครงการโครงการสำรวจภาคสนาม Surveying Camp ประจำปีการศึกษา 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 2. โครงการเพิ่มทักษะวิชาชีพให้กับนักศึกษา: ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสามัญโรงงานและผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสามัญอาคาร ประจำปีงบประมาณ 2564 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 3. โครงการเตรียมตัวสู่การเป็นวิศวกรมืออาชีพ ประจำปีการศึกษา 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 4. โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานและมารยาทในการรับประทานอาหารตะวันตก มีค่าเฉลี่ย 5.00	1.5.4-1 แบบสรุปผลโครงการสำรวจภาคสนาม Surveying Camp ประจำปีการศึกษา 2563 สาขาวิชาโยธาสถาปัตยกรรม 1.5.4-2 แบบสรุปผลโครงการเพิ่มทักษะวิชาชีพให้กับนักศึกษา: ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสามัญโรงงานและผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสามัญอาคาร ประจำปีงบประมาณ 2564 สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน 1.5.4-3 แบบสรุปผลโครงการเตรียมตัวสู่การเป็นวิศวกรมืออาชีพ ประจำปีการศึกษา 2563 สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล 1.5.4-4 แบบสรุปผลโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับ

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				5. โครงการเพิ่มทักษะวิชาชีพวิศวกรรมพลังงาน ประจำปีงบประมาณ 2564 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.55 6. โครงการการเตรียมตัวสู่สถานประกอบการและโรงงานอุตสาหกรรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 7. โครงการอบรมนักศึกษาและปัจฉิมวิศวกรรมพลังงาน ประจำปีงบประมาณ 2564 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.73 ในการประเมินโครงการต่างๆ ส่วนใหญ่เป็นการประเมินความพึงพอใจ และมีส่วนของการนำไปใช้ประโยชน์ของโครงการ ซึ่งเป็นลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์สำหรับนักศึกษาเฉพาะสาขา (สำหรับโครงการของแต่ละสาขา)	ความรู้พื้นฐานและมารยาทในการรับประทานอาหารตะวันตก สาขาวิชาอาหารและบริการ 1.5.4-5 แบบสรุปผลโครงการเพิ่มทักษะวิชาชีพวิศวกรรมพลังงาน ประจำปีงบประมาณ 2564 สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน 1.5.4-6 แบบสรุปผลโครงการการเตรียมตัวสู่สถานประกอบการและโรงงานอุตสาหกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล 1.5.4-7 แบบสรุปผลโครงการอบรมนักศึกษาและปัจฉิมวิศวกรรมพลังงาน ประจำปีงบประมาณ 2564 สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน
☐	☑	5	นำผลการประเมินจากข้อ 4 มาปรับปรุงพัฒนาการให้บริการและการให้ข้อมูลเพื่อส่งผลให้การประเมินสูงขึ้นหรือเป็นไปตามความคาดหวังของนักศึกษา	จัดทำแผนปฏิบัติการด้านพัฒนานักศึกษาโดยนำผลของการดำเนินงานในปีงบประมาณ 2563 มาปรับปรุงการดำเนินงานให้ดีขึ้น และให้สอดคล้องกับบริบทของการเรียนการสอนแบบชีวิตวิถีใหม่	1.5.5-1 แผนปฏิบัติการด้านพัฒนานักศึกษาประจำปีงบประมาณ 2564

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
☐	☑	6	ให้ข้อมูลและความรู้ที่เป็นประโยชน์ในการประกอบอาชีพแก่ศิษย์เก่า	มีการจัดกิจกรรมให้ข้อมูลและความรู้ที่เป็นประโยชน์ในการประกอบอาชีพแก่ศิษย์เก่าผ่านwebsite, facebook คณะ และfacebook แต่ละสาขาวิชา เช่นการให้ความรู้เฉพาะด้านที่เป็นเครื่องมือ เครื่องจักรสมัยใหม่ วิทยาการด้านต่างๆที่ก้าวหน้ามากขึ้น เป็นต้น โดยทำเป็นเกร็ดความรู้เฉพาะด้าน ผ่านหน้าเพจของแต่ละสาขาวิชา และมีการทำให้สอดคล้องกับสภาวะปัจจุบัน	1.5.6-1 facebookคณะ และ facebook แต่ละสาขาวิชา 1.5.6-2 Website คณะ

การประเมินตนเอง

เป้าหมาย	ผลดำเนินงาน	คะแนนการประเมินตนเอง	บรรลุเป้าหมาย
6 ข้อ	6 ข้อ	5 คะแนน	☑บรรลุเป้าหมาย ☐ไม่บรรลุเป้าหมาย

จุดเด่น/โอกาสในการพัฒนา

จุดเด่น

คณะเทคโนโลยีมีการบริการวิชาการนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ครอบคลุมเกณฑ์การประเมินทุกข้อ

โอกาสในการพัฒนา

การให้บริการแก่นักศึกษาจะได้ผลสะท้อนกลับเพื่อการนำไปปรับปรุงพัฒนาระบบบริการนักศึกษาของคณะเทคโนโลยีให้ดียิ่งขึ้น

ตัวบ่งชี้ที่ 1.6 กิจกรรมนักศึกษาระดับปริญญาตรี

ชนิดตัวบ่งชี้ กระบวนการ

การคิดรอบปี ปีการศึกษา (1 ส.ค. 63 – 31 ก.ค. 64)

ผู้กำกับตัวบ่งชี้ :	อ. เพลินพิศ แจ้งโพธิ์นาค	ผู้รับผิดชอบตัวบ่งชี้:	อ.นิวัตร ภูมิพันธ์
โทรศัพท์ : 088-5604886		โทรศัพท์ : 042-211040	

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน 1	คะแนน 2	คะแนน 3	คะแนน 4	คะแนน 5
มีการดำเนินการ 1 ข้อ	มีการดำเนินการ 2 ข้อ	มีการดำเนินการ 3 - 4 ข้อ	มีการดำเนินการ 5 ข้อ	มีการดำเนินการ 6 ข้อ

ผลการประเมินคุณภาพการศึกษาภายใน(การประเมินตนเอง = ตน/การประเมินของคณะกรรมการ = กก)

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
☐	☑	1	จัดทำแผนการจัดกิจกรรมพัฒนานักศึกษาในภาพรวมของคณะโดยให้นักศึกษามีส่วนร่วมในการจัดทำแผนและการจัดกิจกรรม	คณะเทคโนโลยีกำหนดนโยบายและกลยุทธ์การพัฒนานักศึกษาตามยุทธศาสตร์ในการผลิตบัณฑิตของมหาวิทยาลัย พร้อมทั้งจัดทำแผนการจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนานักศึกษาที่ส่งเสริมผลการเรียนรู้ตามกรอบ TQF มาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ ทั้ง 5 ประการคือ 1) คุณธรรมจริยธรรม 2) ความรู้ 3) ทักษะทางปัญญา 4) ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ 5) ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ โดยสอดคล้องกับ	1.6.1-1 แผนปฏิบัติราชการคณะเทคโนโลยี ปีงบประมาณ 2564 1.6.1-2 แผนปฏิบัติการฝ่ายพัฒนานักศึกษา ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 1.6.1-3 คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการสโมสรนักศึกษาคณะฯ ประจำปีการศึกษา 2563 1.6.1-4 คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการจัดทำแผนปฏิบัติการฝ่ายพัฒนานักศึกษาและบริการวิชาการ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 1.6.1-5 ปฏิทินการดำเนินกิจกรรมของคณะเทคโนโลยี ประจำปีการศึกษา 2563

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				พันธกิจของคณะฯ คือการผลิตบัณฑิตที่มีความรู้คุณธรรมมีความสามารถทางวิชาการและวิชาชีพด้านภาษาศิลปวัฒนธรรมและสารสนเทศสามารถนำความรู้และทักษะไปใช้พัฒนางานสังคมและสิ่งแวดล้อมให้เกิดความยั่งยืนและนำข้อคิดเห็นจากคณะกรรมการประเมินคุณภาพภายในประจำปีการศึกษา 2563 องค์ประกอบที่ 1.6 กิจกรรมการพัฒนานักศึกษา คณะเทคโนโลยีได้แต่งตั้งคณะกรรมการสโมสรนักศึกษาคณะฯ ประจำปีการศึกษา 2563 เพื่อเป็นตัวแทนในการทำงานของนักศึกษาในการจัดทำแผนพัฒนานักศึกษาของคณะเทคโนโลยีโดยคณะกรรมการฝ่ายพัฒนานักศึกษา ผนวกรวมกับแผนพัฒนานักศึกษาของกองพัฒนานักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีเพื่อจัดทำปฏิทินการดำเนินกิจกรรมของคณะเทคโนโลยีประจำปีการศึกษา 2563 โดยมีการประชุมระดมความคิดเห็นในการจัดทำแผนพัฒนานักศึกษาในที่ประชุมของคณะกรรมการฝ่ายพัฒนานักศึกษาและสโมสรนักศึกษาในการประชุมครั้งที่ 1/2563	1.6.1-6 รายงานการประชุมครั้งที่ 1/2563 ของคณะกรรมการฝ่ายพัฒนานักศึกษาและสโมสรนักศึกษา

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
☐	☑	2	ในแผนการจัดกิจกรรมพัฒนานักศึกษาให้ดำเนินกิจกรรมที่ส่งเสริมคุณลักษณะบัณฑิตตามมาตรฐานผลการเรียนรู้ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิแห่งชาติ 5 ประการให้ครบถ้วนประกอบด้วย (1) คุณธรรมจริยธรรม (2) ความรู้ (3) ทักษะทางปัญญา (4) ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ (5) ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ	คณะเทคโนโลยี มีการจัดทำแผนพัฒนานักศึกษาที่ส่งเสริมคุณลักษณะบัณฑิตตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ 5 ด้านไว้ดังนี้ **1) ด้านคุณธรรมจริยธรรม** มีการจัดโครงการ - ปฐมนิเทศนักศึกษาใหม่ - การปัจฉิมนิเทศ - โครงการประกวดดาว-เดือนเทคโนโลยี สืบสานประเพณีอีสานปีการศึกษา 2563) - โครงการประกวดขวัญใจน้องใหม่ ต้านภัยโควิค 2019 - วังแดงเกมส์ ครั้งที่ 30 - พิธีไหว้ครู - ทำบุญถวายภัตตาหารและบายศรีสู่ขวัญ - โครงการเตรียมตัวสู่สถานประกอบการฯ - อบรมนักศึกษาและปัจฉิมวิศวกรรมพลังงาน ประจำปีงบประมาณ 2564 **2) ด้านความรู้** มีการจัดโครงการ - โครงการอบรมด้านการพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษา - เตรียมความพร้อมและพัฒนาศักยภาพนักศึกษาสโมสร	1.6.2-1 แผนปฏิบัติการฝ่ายพัฒนานักศึกษา ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 1.6.2-2 โครงการปฐมนิเทศนักศึกษาใหม่ประจำปีการศึกษา 2563 (Facebook ประชาสัมพันธ์-มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี) 1.6.2-3 โครงการปัจฉิมนิเทศ (Facebook ประชาสัมพันธ์-มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี) 1.6.2-4 โครงการประกวดดาว-เดือนเทคโนโลยี สืบสานประเพณีอีสานปีการศึกษา 2563 1.6.2-5 โครงการประกวดขวัญใจน้องใหม่ ต้านภัยโควิค 2019 1.6.2-6 วังแดงเกมส์ ครั้งที่ 30 1.6.2-7 โครงการพิธีไหว้ครู (Facebook ประชาสัมพันธ์-มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี) 1.6.2-8 ทำบุญถวายภัตตาหารและบายศรีสู่ขวัญ 1.6.2-8 โครงการอบรมด้านการพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษา 1.6.2-7 เตรียมความพร้อมและพัฒนาศักยภาพนักศึกษาสโมสร คณะเทคโนโลยี ปีการศึกษา 2563

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				คณะเทคโนโลยี ปีการศึกษา 2563 - จัดกิจกรรมประชาสัมพันธ์คณะฯ ในงานทุ่งศรีเมือง 2563 - โครงการเตรียมตัวสู่สถานประกอบการและโรงงานอุตสาหกรรม - โครงการเปิดโลกวิศวกรรมพลังงานฯ - อบรมนักศึกษาและปัจฉิมวิศวกรรมพลังงาน ประจำปีงบประมาณ 2564 - ประกวดแบบในงานสถาปนิกอีสาน 63 **3) ด้านปัญญา** มีการจัดโครงการ - โครงการอบรมด้านการพัฒนาทักษะภาษาอังกฤษสำหรับนักศึกษา - เตรียมความพร้อมและพัฒนาศักยภาพนักศึกษาสโมสรคณะเทคโนโลยี ปีการศึกษา 2563 - จัดกิจกรรมประชาสัมพันธ์คณะฯ ในงานทุ่งศรีเมือง 2563 - อบรมนักศึกษาและปัจฉิมวิศวกรรมพลังงาน ประจำปีงบประมาณ 2564 - ประกวดแบบในงานสถาปนิกอีสาน 63	1.6.2-8 โครงการประกวดดาว-เดือน มหาวิทยาลัยฯ 1.6.2-9 กิจกรรมการเดิน-วิ่งพิชิตภัยโควิค-19 1.6.2-10 จัดกิจกรรมประชาสัมพันธ์คณะฯ ในงานทุ่งศรีเมือง 2563 1.6.2-11 โครงการเตรียมตัวสู่สถานประกอบการและโรงงานอุตสาหกรรม 1.6.2-12โครงการเปิดโลกวิศวกรรมพลังงานฯ 1.6.2-13 อบรมนักศึกษาและปัจฉิมวิศวกรรมพลังงานประจำปีงบประมาณ 2564 1.6.2-14 ประกวดแบบในงานสถาปนิกอีสาน 63

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				4) ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ มีการจัดโครงการ - พิธีไหว้ครู ประจำปีการศึกษา 2563 - ทำบุญถวายภัตตาหารและบายศรีสู่ขวัญ - โครงการประกวดดาว-เดือนเทคโนโลยี สืบสานประเพณีอีสาน ปีการศึกษา 2563 - โครงการประกวดดาว-เดือน มหาวิทยาลัยฯ - เตรียมความพร้อมและพัฒนาศักยภาพนักศึกษาสโมสรคณะเทคโนโลยี ปีการศึกษา 2563 - กีฬาวังแดงเกมส์ ครั้งที่ 30 - กิจกรรมการเดิน-วิ่ง พิชิตภัยโควิค-19 - ทำบุญถวายภัตตาหารและบายศรีสู่ขวัญ - วังแดงเกมส์ ครั้งที่ 30 - โครงการปัจฉิมนิเทศ 2563 - จัดกิจกรรมประชาสัมพันธ์คณะฯ ในงานทุ่งศรีเมือง 2563 - โครงการเปิดโลกวิศวกรรมพลังงานฯ - อบรมนักศึกษาและปัจฉิมวิศวกรรมพลังงาน ประจำปีงบประมาณ 2564	

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				- ประกวดแบบในงานสถาปนิกอีสาน 63 **5) ด้านทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี** มีการจัดโครงการ - จัดกิจกรรมประชาสัมพันธ์คณะฯ ในงานทุ่งศรีเมือง 2563 - โครงการเตรียมตัวสู่สถานประกอบการและโรงงานอุตสาหกรรม - ประกวดแบบในงานสถาปนิกอีสาน 63	
☐	☑	3	จัดกิจกรรมให้ความรู้และทักษะการประกันคุณภาพแก่นักศึกษา	คณะเทคโนโลยีจัดกิจกรรมให้ความรู้และทักษะด้านการประกันคุณภาพการศึกษาแก่นักศึกษาซึ่งมีการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการประกันคุณภาพ 1. การศึกษาตลอดจนการมีส่วนร่วมในการประกันคุณภาพการศึกษาของคณะให้แก่นักศึกษาและองค์กรนักศึกษา ได้แก่สโมสรนักศึกษาชมรมและหลักสูตรโดยสอดแทรกทักษะความรู้ด้านประกันคุณภาพการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับนักศึกษาในทุกๆ โครงการที่นักศึกษาได้จัดทำ นอกจากนี้มหาวิทยาลัยได้สอดแทรกความรู้งานประกันคุณภาพการศึกษาไว้ในโครงการ	1.6.3-1 โครงการเตรียมความพร้อมและพัฒนาศักยภาพนักศึกษาสโมสร คณะเทคโนโลยี ปีการศึกษา 2563 1.6.3-2 โครงการอบรมผู้นำนักศึกษา ประจำปีการศึกษา 2563 (Facebook ประชาสัมพันธ์-มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี) 1.6.3-3 โครงการปฐมนิเทศนักศึกษาใหม่ประจำปีการศึกษา 2563 1.6.3-4 กำหนดการโครงการปฐมนิเทศนักศึกษาใหม่ประจำปีการศึกษา 2563

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				ปฐมนิเทศโดยรองอธิการบดีฝ่ายต่างๆได้ขึ้นมาชี้แจงให้กับนักศึกษา 2. เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจบทบาท/หน้าที่ของสโมสรนักศึกษาซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้สโมสรนักศึกษาได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นปัญหาอุปสรรคแนวทางการแก้ไขปรับปรุงวิธีการในการจัดกิจกรรมนักศึกษาให้มีคุณภาพยิ่งขึ้นตามวงจรคุณภาพ PDCA	
☐	☑	4	ทุกกิจกรรมที่ดำเนินการมีการประเมินผลความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของกิจกรรมและนำผลการประเมินมาปรับปรุงการดำเนินงานครั้งต่อไป	1. คณะกรรมการฝ่ายพัฒนานักศึกษาได้จัดกิจกรรมพัฒนานักศึกษาที่ส่งเสริมคุณลักษณะบัณฑิตตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติทั้ง 5 ด้านซึ่งฝ่ายพัฒนานักศึกษาได้ทำการประเมินความสำเร็จตามตัวบ่งชี้ของแผนและโครงการกิจกรรมพัฒนานักศึกษา 2. จากการประเมินความสำเร็จของแผนและโครงการพัฒนานักศึกษาประจำปีงบประมาณ 2563 คณะกรรมการฝ่ายพัฒนานักศึกษาได้พิจารณาผลการดำเนินงานที่ผ่านมาและมีข้อเสนอต่อการจัดโครงการพัฒนานักศึกษาเพื่อให้เกิดการ	1.6.4-1 รายงานผลการดำเนินงานฝ่ายพัฒนานักศึกษา ปีการศึกษา 2563 ทุกโครงการ

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				พัฒนาที่เพิ่มมากขึ้นและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นดังนี้ - ควรสนับสนุนให้มีโครงการด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบระหว่างสถาบันเพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้การทำงานร่วมกับผู้อื่นและสร้างสัมพันธ์อันดีระหว่างเพื่อนต่างสถาบัน - ในการจัดโครงการกิจกรรมของนักศึกษาแต่ละครั้งควรมีการประชาสัมพันธ์ให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้รับรู้ถึงประโยชน์ที่จะได้รับและเปิดโอกาสให้ผู้ที่สนใจเข้าร่วมโครงการอย่างทั่วถึง - ควรปรับรูปแบบกิจกรรมนักศึกษาให้เข้ากับบริบทของชุมชนท้องถิ่นโดยเน้นการพัฒนาและเรียนรู้ชุมชนไปด้วย - ควรมีการสรุปผลกิจกรรมนักศึกษาของคณะฯ เพื่อเผยแพร่ไปยังหน่วยงานภายในมหาวิทยาลัยและสาธารณะเพื่อเป็นการประชาสัมพันธ์การดำเนินงานของคณะฯ	
☐	☑	5	ประเมินความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของแผนการจัดกิจกรรมพัฒนานักศึกษา	1. คณะกรรมการฝ่ายพัฒนานักศึกษาได้ทำการประเมินความสำเร็จตามตัวบ่งชี้ของแผนและโครงการพัฒนานักศึกษาและนำเสนอผลการประเมินความสำเร็จแก่คณะกรรมการประจำคณะฯ เพื่อพิจารณาใน	1.6.5-1 รายงานผลการประเมินแผนพัฒนานักศึกษาคณะเทคโนโลยี 1.6.5-2 รายงานการประชุมคณะกรรมการประจำคณะเทคโนโลยีครั้งที่ 3/2563

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				การประชุมคณะกรรมการประจำครั้งที่ 3/2563 2. ฝ่ายพัฒนานักศึกษาคณะเทคโนโลยีได้ประเมินความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของแผนการจัดกิจกรรมในแผนพัฒนานักศึกษาคณะเทคโนโลยีประจำปีงบประมาณ 2563 และนำเข้าที่ประชุมคณะ โดยมีผลแยกเป็นตัวบ่งชี้ความสำเร็จ โดยผ่านการประเมินความพึงพอใจ และการนำผลสรุปจากโครงการหรือกิจกรรมไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาตนเอง 3. จากการประเมินความสำเร็จของแผนและโครงการประจำปีงบประมาณ 2563 คณะกรรมการพัฒนานักศึกษาได้พิจารณาผลการดำเนินงานที่ผ่านมาดังนี้ 1) เพื่อเตรียมความพร้อมทางการเรียนให้กับนักศึกษา มีความพึงพอใจของนักศึกษาในการเข้าร่วมโครงการเพื่อเตรียมความพร้อม อยู่ในระดับ ดีมาก 2) เพื่อพัฒนาทักษะชีวิตของนักศึกษาทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย มีระดับความรู้ความเข้าใจและการ	1.6.5-3 หนังสือแต่งตั้งคณะกรรมการฝ่ายพัฒนานักศึกษา ประจำปีการศึกษา 2563

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				นำไปใช้ ของโครงการด้านพัฒนาการศึกษาอยู่ ในระดับ ดีมาก 3) เพื่อส่งเสริมสนับสนุนการมีคุณธรรม จริยธรรมและจิตอาสาให้กับนักศึกษา มีระดับความพึงพอใจของนักศึกษาในการเข้าร่วมโครงการที่ส่งเสริมการมีคุณธรรม จริยธรรมและจิตอาสา ในระดับ ดีมาก 4) เพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 มีระดับความพึงพอใจของนักศึกษาในการเข้าร่วมโครงการที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ในระดับ ดีมาก 3.1 นำข้อเสนอแนะจากคณะกรรมการประจำคณะครั้งที่ 3/2563 เรื่อง รูปแบบการกิจกรรมมีการเปลี่ยนแปลงบ่อย การวางแผนงานยังไม่ดีเท่าควร, การประชาสัมพันธ์โครงการต่างๆ อาจารย์ในสาขาต่างๆยังไม่ทั่วถึง เข้าประชุมต่อคณะกรรมการฝ่ายพัฒนานักศึกษาเพื่อปรับปรุงแผนกิจกรรมพัฒนานักศึกษาการศึกษาประจำปี 2563 ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น 3.2 จัดเตรียมแผนโครงการกิจกรรมพัฒนานักศึกษาปีงบประมาณ 2564 จากข้อเสนอแนะจาก	

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				คณะกรรมการประจำคณะครั้งที่ 3/2563 ไปพัฒนากิจกรรมพัฒนานักศึกษาปีการศึกษา 2564 ต่อไป โดยให้มีการประเมินผลสัมฤทธิ์ของโครงการต่างๆในด้านอื่นๆ แทนที่จะมีเพียงการประเมินความพึงพอใจแต่เพียงอย่างเดียว เช่น การนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ	
☐	☑	6	นำผลการประเมินไปปรับปรุงแผนหรือปรับปรุงการจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนานักศึกษา	คณะเทคโนโลยีได้นำผลการประเมินไปปรับปรุงแผนในเรื่องจุดอ่อนและจุดแข็งจากการประเมินครั้งก่อนดังนี้ 1.ดำเนินกิจกรรมไปตามกำหนดการที่ได้วางแผนไว้แล้ว หากมีเหตุจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงควรแจ้งให้ทราบก่อนการดำเนินกิจกรรม 2. ติดตามปฏิทินกิจกรรมของมหาวิทยาลัยหากมีการเปลี่ยนแปลงให้ประกาศให้นักศึกษาและอาจารย์ในสาขาต่างๆ ทราบโดยเร็ว 3. เรื่องการประชาสัมพันธ์ปรับปรุงให้มีการประชาสัมพันธ์แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องได้รับรู้ถึงประโยชน์ที่จะได้รับและเปิดโอกาสให้ผู้ที่สนใจเข้าร่วมโครงการอย่างทั่วถึงโดยมีบริการด้านข้อมูลข่าวสารของกิจการนักศึกษาหลายช่องทางเช่นติดประกาศลงเว็บไซต์ของคณะและ	1.6.6-1 รายงานผลการประชุมรายงานผลการประเมินแผนพัฒนานักศึกษาประเมินความสำเร็จของทุกโครงการและนำผลการประเมินมาปรับปรุงเพื่อพัฒนากิจการในแผนปีต่อไป 1.6.6-2 แผนปฏิบัติการฝ่ายพัฒนานักศึกษาปีการศึกษา 2563

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				สื่อสังคมออนไลน์ทำให้มีจำนวนนักศึกษาเข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ ของทางคณะฯ มากขึ้น	

การประเมินตนเอง

เป้าหมาย	ผลดำเนินงาน	คะแนนการประเมินตนเอง	บรรลุเป้าหมาย
6 ข้อ	6 ข้อ	5 คะแนน	☑บรรลุเป้าหมาย ☐ไม่บรรลุเป้าหมาย

จุดเด่น/โอกาสในการพัฒนา

จุดเด่น

1. คณะเทคโนโลยีมีการจัดกิจกรรมพัฒนานักศึกษาตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิแห่งชาติครบถ้วนทั้ง 5 ประการ
2. การมีส่วนร่วมของทั้ง นักศึกษา คณาจารย์ และผู้บริหาร ในการวิเคราะห์และจัดทำแผนพัฒนานักศึกษา ทำให้การพัฒนากิจกรรมของนักศึกษาเป็นไปในแนวทางเดียวกันอย่างมีประสิทธิภาพ

โอกาสในการพัฒนา

พัฒนากระบวนการติดตามประเมินผลที่มีอยู่ ให้ดียิ่งขึ้น

องค์ประกอบที่ 2 การวิจัย

ประกอบด้วยตัวบ่งชี้จำนวน 3ตัวบ่งชี้

ตัวบ่งชี้		ค่าคะแนนที่ได้
ตัวบ่งชี้ที่ 2.1	ระบบและกลไกการบริหารและพัฒนางานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์	5
ตัวบ่งชี้ที่ 2.2	เงินสนับสนุนงานวิจัยและงานสร้างสรรค์	5
ตัวบ่งชี้ที่ 2.3	ผลงานวิชาการของอาจารย์ประจำและนักวิจัย	3.61
	คะแนนเฉลี่ย	**4.54**
	ผลการประเมิน	**ได้คุณภาพในระดับดี**

สรุปจุดเด่น/โอกาสในการพัฒนา

จุดเด่น

1. คณะเทคโนโลยีมีการบริหารจัดการงานวิจัยที่เป็นระบบ
2. บุคลากรได้รับการจัดสรรทุนวิจัยและงานสร้างสรรค์อย่างต่อเนื่อง
3. บุคลากรมีบทความวิจัย และผลงานสร้างสรรค์ที่โดดเด่นอย่างต่อเนื่อง

โอกาสในการพัฒนา

1. บุคลากรคณะเทคโนโลยี มีบทความวิจัย งานสร้างสรรค์ สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเป็นจำนวนมาก สามารถนำมาต่อยอดงานวิจัย หรือใช้ในการขอตำแหน่งทางวิชาการได้

ตัวบ่งชี้ที่ 2.1 ระบบและกลไกการบริหารและพัฒนางานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์

ชนิดตัวบ่งชี้ กระบวนการ

การคิดรอบปี ปีการศึกษา (1 มิ.ย. 63 –31 พ.ค. 64)

ผู้กำกับตัวบ่งชี้ :	รศ.ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข	ผู้รับผิดชอบตัวบ่งชี้ :	อ.วีระพล แก้วก่า
โทรศัพท์ :096-9456624		โทรศัพท์ : 081-9744817	

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน 1	คะแนน 2	คะแนน 3	คะแนน 4	คะแนน 5
มีการดำเนินการ 1 ข้อ	มีการดำเนินการ 2 ข้อ	มีการดำเนินการ 3 ข้อ	มีการดำเนินการ 4 ข้อ	มีการดำเนินการ 5 ข้อ

ผลการประเมินคุณภาพการศึกษาภายใน(การประเมินตนเอง = ตน/การประเมินของคณะกรรมการ = กก)

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
☐	☑	1	มีระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารงานวิจัยที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการบริหารงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์	1.1 มหาวิทยาลัยมีระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารงานวิจัยที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการบริหารงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ (อ้างอิง 2.1-1(1)) ซึ่งคณะนำมาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดวิธีการบริหารงานวิจัยและเผยแพร่ในเว็บไซต์ของคณะ 1.2 คณะเทคโนโลยีมีระบบสารสนเทศของฐานข้อมูลแหล่งตีพิมพ์ผลงานวิจัย รวมถึงงานวิจัยของบุคลากรในคณะที่ได้รับการตีพิมพ์ในรอบปีการศึกษา ซึ่งได้เผยแพร่ในเว็บไซต์ของคณะ	2.1.1-1ระบบสารสนเทศของสำนักวิจัยและพัฒนา เข้าถึงได้ที่ http://rdi.udru.ac.th/ 2.1.1-2 เว็บไซต์คณะเทคโนโลยีเข้าถึงได้ที่http://techno.udru.ac.th/index.php

				(อ้างอิง2.1-1(2))	
☐	☑	2	สนับสนุนพันธกิจด้านการวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ในประเด็นต่อไปนี้ 1) ห้องปฏิบัติการหรือห้องปฏิบัติงานสร้างสรรค์หรือหน่วยวิจัยหรือศูนย์เครื่องมือหรือศูนย์ให้คำปรึกษาและสนับสนุนการวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ 2) ห้องสมุดหรือแหล่งค้นคว้าข้อมูลสนับสนุนการวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ 3)สิ่งอำนวยความสะดวกหรือการรักษาความปลอดภัยในการวิจัยหรือการผลิตงานสร้างสรรค์เช่นระบบเทคโนโลยีสารสนเทศระบบรักษาความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ 4)กิจกรรมวิชาการที่ส่งเสริมงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์เช่นการจัดประชุมวิชาการการจัดแสดงงานสร้างสรรค์การจัดให้มีศาสตราจารย์อาคันตุกะหรือศาสตราจารย์รับเชิญ (visiting professor)	คณะเทคโนโลยีมีการสนับสนุนพันธกิจด้านการวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ดังนี้ 2.1 การจัดสรรห้องปฏิบัติการ/ห้องวิจัยอย่างเพียงพอทั้งในส่วนของสาขาวิชาที่จัดการเรียนการสอนที่ศูนย์การศึกษาสามพร้าว ตามยุทธศาสตร์ที่3 การยกระดับคุณภาพการศึกษา โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มห้องวิจัยวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม กลุ่มห้องวิจัยทางการเกษตรกลุ่มห้องวิจัยทางอาหารและอุตสาหกรรมเกษตร นอกจากนี้ยังมีศูนย์วิจัยบ้านตาดและโรงพยาบาลสัตว์ที่อยู่ภายใต้การบริหารของคณะฯ ให้การสนับสนุนงานด้านการวิจัยและนำเอาองค์ความรู้ไปพัฒนาท้องถิ่นอย่างแท้จริง (อ้างอิง2.1.2-1) บุคลากรของมหาวิทยาลัยทุกคน สามารถใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ของศูนย์วิทยาศาสตร์และ	2.1.2-1 ภาพบรรยากาศห้องปฏิบัติการด้านต่างๆ ประจำคณะเทคโนโลยีเว็บไซด์คณะเทคโนโลยีเข้าถึงได้ http://techno.udru.ac.th/index.php 2.1.2-2 ห้องปฏิบัติการศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีฯ ศูนย์วิจัยบ้านตาด โรงพยาบาลสัตว์ และห้องปฏิบัติการต่างๆ ของสาขาวิชา 2.1.2-3 ห้องสมุดมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีและศูนย์การศึกษาสามพร้าว (https://library.udru.ac.th/)

				เทคโนโลยีฯ เพื่อใช้ในการเรียนการสอนและงานวิจัย (อ้างอิง2.1.2-2) 2.2 มีห้องสมุดของมหาวิทยาลัยซึ่งคณาจารย์ในแต่ละสาขาวิชามีส่วนร่วมในการคัดเลือกหนังสือเข้าห้องสมุดให้เหมาะสมกับการเรียนการสอนและการทำวิจัยโดยสามารถดาวน์โหลดข้อมูลงานวิจัยในฐานThaiLISและScopus ได้(อ้างอิง2.1.2-3) 2.3 มหาวิทยาลัยมีการอำนวยความสะดวกและการรักษาความปลอดภัยในการวิจัยโดยมีการตรวจตราเวรยามอย่างสม่ำเสมอหากต้องการทำวิจัยต้องขออนุญาตใช้อาคาร ทั้งนี้ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีฯ ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักที่ให้บริการห้องวิจัยและเครื่องมือมีระบบรักษาความปลอดภัยในอาคารและห้องปฏิบัติการซึ่งนักวิจัยที่ใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ศูนย์ฯจะได้รับการคุ้มครองด้วย	2.1.2-4 การเข้าถึงเว็บไซต์http://www.akarawisut.com/

				นอกจากนี้ มหาวิทยาลัยยังมีระบบตรวจสอบการคัดลอกบทความที่บุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีสามารถเข้าใช้บริการได้คืออักขราวิสุทธิ์ (อ้างอิง2.1.2-4) 2.4 คณะเทคโนโลยีได้ส่งเสริมให้บุคลากรเข้าร่วมการอบรมนักวิจัยเข้าร่วมประชุมวิชาการและนำเสนอบทความวิจัยอย่างสม่ำเสมอถือเป็นพันธกิจหลักที่โดดเด่นของคณะทั้งในระดับชาติและนานาชาติ โดยมีการกำหนดไว้ในแผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณพ.ศ. 2563 ยุทธศาสตร์ที่1การพัฒนาท้องถิ่น โครงการสนับสนุนการเผยแพร่และการสร้างงานวิจัย สิ่งประดิษฐ์ งานวิชาการที่นำไปใช้ประโยชน์ในท้องถิ่น (อ้างอิง2.1.2-5 และ 2.1.2-6)	2.1.2-5 การนำเสนอผลงานวิชาการของบุคลากรคณะเทคโนโลยี 2.1.2-6 เว็บไซด์วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/scudru)
☐	☑	3	จัดสรรงบประมาณเพื่อเป็นทุนวิจัยหรืองานสร้างสรรค์	คณะเทคโนโลยีได้จัดสรรงบประมาณเพื่อเป็นทุนวิจัยหรืองานสร้างสรรค์สำหรับบุคลากรโดย	2.1.3-1แผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณพ.ศ. 2564

				กำหนดไว้ในแผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ยุทธศาสตร์ที่1การพัฒนาท้องถิ่น โครงการสนับสนุนการเผยแพร่และการสร้างงานวิจัย สิ่งประดิษฐ์ งานวิชาการที่นำไปใช้ประโยชน์ในท้องถิ่น (อ้างอิง 2.1-3-1) โดยมีอาจารย์ทำสัญญารับทุนวิจัยจากคณะจำนวน 3 คน คือ 1. อ.กฤษฎากรณ์ ว่องไว 2. ดร.สุชีรา เหล่าเจริญ 3. อ.ดนัย ศิริบุรี (อ้างอิง 2.1-3-2)	2.1.3-2 สัญญาการรับทุนวิจัยของบุคลากร
☐	☑	4	จัดสรรงบประมาณเพื่อสนับสนุนการเผยแพร่ผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ในการประชุมวิชาการหรือการตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติหรือนานาชาติ	4.1 มหาวิทยาลัยมีการสนับสนุนงบประมาณในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและงานสร้างสรรค์ทั้งในและต่างประเทศ(อ้างอิง 2.1.4-1) 4.2 คณะเทคโนโลยีมีระบบและกลไกและการจัดสรรงบประมาณสนับสนุนการเผยแพร่ผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ในการประชุมวิชาการหรือตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติหรือนานาชาติ(อ้างอิง2.1-4-2)	2.1.4-1 เอกสารการสนับสนุนงบประมาณในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและงานสร้างสรรค์ ของมหาวิทยาลัย 2.1.4-2ระบบและกลไกสนับสนุนการเผยแพร่ผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์เข้าถึงได้ที่เว็บไซด์คณะเทคโนโลยีhttp://techno.udru.ac.th/index.php

				4.3 คณะเทคโนโลยีมีการกำหนดนโยบายการสนับสนุนการเผยแพร่ผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ไว้ในแผนปฏิบัติการคณะเทคโนโลยี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ยุทธศาสตร์ที่1การพัฒนาท้องถิ่น โครงการสนับสนุนการเผยแพร่และการสร้างงานวิจัย สิ่งประดิษฐ์ งานวิชาการที่นำไปใช้ประโยชน์ในท้องถิ่น (อ้างอิง2.1-4-2)	2.1.4-2 แผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณพ.ศ. 2563
				4.4 ปีการศึกษา 2563 คณะเทคโนโลยีได้จัดสรรงบประมาณเพื่อสนับสนุนในการเผยแพร่ผลงานวิจัยแก่บุคลากรตามปรากฏในแผนปฏิบัติการคณะเทคโนโลยีปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ยุทธศาสตร์ที่1 และยุทธศาสตร์ที่3 โดยมีบุคลากรไปเผยแพร่ผลงานวิจัยและงานสร้างสรรค์ จำนวน 2 ครั้ง เป็นเงิน 22,483บาท (อ้างอิง2.1-4-3)ทั้งนี้ เนื่องจากสถานการณ์โควิด 19 ทำให้การประชุมวิชาการบางรายการอาจจะยกเลิก หรือเป็นการประชุมออนไลน์	2.1.4-3 ตารางการไปนำเสนองานวิจัย และเอกสารงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติหรือระดับนานาชาติ

				ทำให้การเดินทางไปนำเสนอผลงานวิจัยและงานสร้างสรรค์มีจำนวนครั้งลดลงกว่าปีการศึกษาที่ผ่านมา	
☐	☑	5	การพัฒนาสมรรถนะอาจารย์และนักวิจัยมีการสร้างขวัญและกำลังใจตลอดจนยกย่องอาจารย์และนักวิจัยที่มีผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ดีเด่น	ในการพัฒนาสมรรถนะอาจารย์และนักวิจัย คณะเทคโนโลยีได้มีการดำเนินการดังนี้ 5.1มีการจัดสรรงบประมาณเพื่อพัฒนาสมรรถนะอาจารย์และนักวิจัยโดยกำหนดไว้ในแผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณพ.ศ. 2564 (อ้างอิง 2.1-5-1) 5.2 ปีการศึกษา 2563 คณะเทคโนโลยีได้ตั้งกรอบงบประมาณเพื่อสนับสนุนการพัฒนาสมรรถนะอาจารย์ในการเข้าร่วมอบรมสัมมนาและเผยแพร่งานวิจัยโดยจัดสรรงบประมาณ คนละ3,000 บาทโดยในปีการศึกษา 2563 พบว่ามีผู้เข้าร่วมจำนวน 32 รายการ เป็นเงิน376,563 บาท (อ้างอิง 2.1-5-2) นอกจากนี้ ผู้นำเสนอผลงานวิจัยสามารถนำงบประมาณวิจัยของตนหรือขอความอนุเคราะห์งบประมาณของสำนักวิจัย	2.1.5-1 แผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณพ.ศ. 2564 2.1.5-2 การนำเสนอผลงานวิจัยประจำปี และการร่วมอบรมสัมมนา 2563

				และพัฒนาเพื่อไปนำเสนอผลงานได้อีกทางหนึ่ง 5.4 คณะเทคโนโลยีมีการยกย่องให้กำลังใจแก่อาจารย์และนักวิจัยโดยมีการประชาสัมพันธ์ผลงานผ่านระบบออนไลน์ ได้แก่ เฟซบุค และเว็บไซด์ของคณะ รวมถึงวันประชุมใหญ่บุคลากรคณะเทคโนโลยี (ออนไลน์) (อ้างอิง 2.1-5-3)	2.1.5-3 เว็บไซด์คณะเทคโนโลยีhttp://techno.udru.ac.th/index.php
☐	☑	6	มีระบบและกลไกเพื่อช่วยในการคุ้มครองสิทธิ์ของงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ที่นำไปใช้ประโยชน์และดำเนินการตามระบบที่กำหนด	6.1 คณะเทคโนโลยีสนับสนุนการดำเนินงานเกี่ยวกับการคุ้มครองการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์โดยมีระบบและกลไกเพื่อช่วยในการคุ้มครองสิทธิ์ของงานวิจัยและการสร้างสรรค์ (อ้างอิง2.1-6-1)ทั้งนี้ได้ยึดแนวปฏิบัติตามระเบียบของหน่วยทรัพย์สินทางปัญญา สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี โดยในปี 2563 ได้มีการยื่นขอจดสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร จำนวน 2 ผลงานดังนี้ 1. เครื่องกรอด้วยระบบเท้าปั่นร่วมกับมอเตอร์ไฟฟ้า โดยเจ้าของผลงานคือ ผศ.ดร.วราจิต พะยอม	2.1.6-1 ระบบและกลไกเพื่อในการคุ้มครองสิทธิ์ของงานวิจัยและการสร้างสรรค์ของคณะเทคโนโลยีและสำนักวิจัยและพัฒนา

				ยื่นขอจดประเภทอนุสิทธิบัตร 2. โรงเรือนเพาะเลี้ยงเห็ดพร้อมระบบทำความเย็นแบบท่อใต้ดิน โดยเจ้าของผลงานคือ ผศ.ดร.ปรีชา ทุมมุ ยื่นขอจดประเภทสิทธิบัตร	

ตารางผู้นำเสนอผลงานทางวิชาการ

ลำดับ	ชื่อการประชุม	รายชื่อผู้เข้าร่วม	วันที่จัด	สถานที่	งบประมาณ(บาท)
1	The 11th International Conference on Mechanical Engineering (ICoME 2020)	ผศ.ดร.วราจิต พยอม	1 – 4 ธ.ค. 2563	โรงแรมสุนีย์แกรนด์ จังหวัดอุบลราชธานี	7,000
2	International Conference on Power, Energy and Innovations (ICPEI)	ผศ.ดร.บรรณญัติ บริบูรณ์	14 – 16 ต.ค. 2563	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จ. ปทุมธานี	15,483

ตารางการเข้าร่วมอบรมสัมมนาและศึกษาดูงาน

ลำดับ	ชื่อโครงการ	รายชื่อผู้เข้าร่วม	วันที่จัด	สถานที่	งบประมาณ (บาท)
1	อบรมเชิงปฏิบัติการโครงการสำรวจภาคสนาม “Surveying Camp” ประจำปีการศึกษา 2563	ผศ.ดร.อนันต์ นิ่มทวัฒน์ ผศ.ดร.อิทธิพล สิงห์คำ ดร.วัชรพงศ์ ดีวงศ์ นายอัตถสิทธิ์ ชื่นใจ น.ส.ณัยน์ปพร มั่งสวัสดิ์ น.ส.อาติยาพร สินประเสริฐ	25 – 29 พ.ย. 2563	โครงการพัฒนาป่าไม้ตามแนวพระราชดำริ ลำห้วยบอง อำเภอโนนสัง จังหวัดหนองบัวลำภู	22,200

2	การประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13	ผศ.ดร. บรรณญัติ บริบูรณ์	5 – 7 พ.ย. 2563	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จ. ปทุมธานี	12,038
3	โครงการศึกษาดูงานทางเทคโนโลยีชีวภาพประจำปีการศึกษา 2563	น.ส.สุชีรา เหล่าเจริญ	25 -28 พ.ย. 2563	สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ และสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จ. เชียงใหม่	19,610
4	โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการระบบควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรม	นายกฤตชัย บุญศิวนนท์	25 – 27 พ.ย. 2563	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น	4,560
5	เข้าร่วมงาน “Automation Robotics and intelligent System Day 2020”	ผศ.ดร.อภิชาต ศรีชาติ	2 – 3 ธ.ค. 2563	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น	4,616
6	การประชุมความร่วมมือทางวิชาการกับศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง จ.เชียงใหม่	ดนัย ศิริบุรี	28 -30 ตุลาคม 2563	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเลิง จ. เชียงใหม่	9,104
7	เข้าร่วมโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการระบบอัตโนมัติเทคโนโลยีสมัยใหม่รองรับอุตสาหกรรม	ผศ.ณัฐกิตติ์ แสนทอง	7-8 พ.ย. 2563	ศูนย์พัฒนาวิชาชีพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี	7,710
8	การประชุมเครือข่ายสภาคณบดีคณะเกษตรศาสตร์ และสาขาที่เกี่ยวข้อง	ผศ.ชลวิชชุ์ ยุวชิต	10 – 11 ก.ย. 2563	มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี จ. สมุทรปราการ	12,512
9	การประชุมหารือร่วมกับอธิบดีกรมปศุสัตว์ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติผู้สมัครงานในตำแหน่งงานสังกัดกรมปศุสัตว์	อ. น.สพ.ธีระกุล นิลนนท์	9 ก.ย. 2563	กรมปศุสัตว์ กรุงเทพมหานคร	3,836
10	สัมมนาการออกแบบระบบไฟฟ้าสมัยใหม่อย่างมืออาชีพ	ผศ.สมชาย สิริพัฒนากุล	16 ก.ย. 2563	ศูนย์การประชุมแบะแสดงสินค้านานาชาติขอนแก่น (KICE)	1,200

11	ศึกษาดูงานทางด้านสัตวศาสตร์	รศ. ดร. นิราวรรณ กุนัน ผศ. ดร. อนันต์ เพชรล้ำ ดร.ภัทยา นาปะเสริฐ อ.วิระชัย ทองดี และนักศึกษาสาขาวิชาสัตวศาสตร์	4 – 5 พ.ย. 2563	จังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดสระบุรี	8,180
12	อบรมเชิงปฏิบัติการการพัฒนาหลักสูตรและเนื้อหาวิทยาการหุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์เพื่ออุตสาหกรรมและการศึกษาด้วยเทคโนโลยี Mixed Reality และการสร้างหุ่นยนต์ด้วย Mixed Reality หลักสูตรระดับขั้นสูง	นายกฤตชัย บุญศิวนนท์	22 – 23 ส.ค. 2563	โรงแรมลันตานา รีสอร์ท กรุงเทพมหานคร	7,420
13	การศึกษาดูงานเทคโนโลยีด้านอาหาร และอบรมเชิงปฏิบัติการ “เข้าถึง เข้าใจเทคนิคการจัดทำแผนความเสี่ยงตามหลัก COSO เพื่อผลักดันการดำเนินงานตามยุทธศาสตร์ขององค์กร” ประจำปีงบประมาณ 2564 รุ่น 12	นายดนัย ศิริบุรี และคณาจารย์	14 -15 มี.ค. 2564	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต	16,488
14	โครงการบรรยายพิเศษและเสวนาวิชาการทางเทคโนโลยีอาคาร	นายวัชรพงศ์ ดีวงษ์ นส.ณัยน์ปพร มั่งสวัสดิ์ นายอัตถสิทธิ์ ขื่นใจ นส.อาติยาพร สินประเสริฐ	16 ต.ค. 2563	โรงแรมพูลแมน ขอนแก่น ราชาออคิด จังหวัดขอนแก่น	2,008
15	การอบรมหลักสูตร “ระบบไฟฟ้าในยานยนต์ไฟฟ้า”	ผศ.ดร. บรรณญัติ บริบูรณ์	22 – 23 ก.ย. 2563	สถาบันยานยนต์ กล้วยน้ำไท ซ.ตรีมิตร ถนนพระราม 4 แขวงคลองเตย กรุงเทพมหานคร	7,580

16	โครงการพัฒนานวัตกรรมสื่อสร้างสรรค์ส่งเสริมทักษะและการเรียนร้ำด้านวิศวกรรมสำหรับเด็กแบะเยาวชนจังหวัดอุดรธานี	ผศ.ดร. บรรณญัติ บริบูรณ์	13 -15 ก.ย. 2563	โรงแรมแกรนด์ เมอร์เคียว ฟอร์จูน ถนนรัชดา กรุงเทพมหานคร	2,636
17	กรรมการทดสอบมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ (โทรทัศน์) ระดับ 1	นายสมควร ศรีสวัสดิ์	22 – 23 มี.ค. 2564	วิทยาลัยเทคโนโลยีพณิชยการบ้านดุง	976
18	โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานและมารยาทในการรับประทานอาหารตะวันตก	อ.วรรณศิริ วรรณสืบเชื้อ อ.นงนภสร ทองศิลา อ.เศรษฐพงศ์ อัปมะเย อ.ศศิณี กันยาบุญ อ.สาธิต ทองสุกงาม อ.ฐานิศร กนกเลศฤทธิ์ และนักศึกษา	22 กุมภาพันธ์ 2564	โรงแรมเซ็นทารา คอนเวนชั่นเซนเตอร์ อุดรธานี	1,400
19	การอบรมหลักสูตร “มาตรฐานสากลสำหรับหน่วยตรวจ (ISO/IEC 17020: 2012) และแนวทางการตรวจประเมินตามมาตรฐานสากล (ISO 19011: 2018)” และ “วิธีการตรวจรับรองการขึ้นทะเบียน SI กรมสรรพากรและ Workshop case study”	ผศ.ดร.อภิชาต ศรีชาติ	18 – 20 มี.ค. 2564	สถาบันไทย-เยอรมัน จังหวัดชลบุรี	19,152
20	สัมมนาเชิงวิชาการเรื่อง “สถานีไฟฟ้าแรงสูง : ข้อกำหนดการเชื่อมต่อ, การออกแบบ, การทดสอบ และการนำเข้าใช้งาน”	ผศ.สมชาย สิริพัฒนากุล	29 – 31 มี.ค. 2564	ห้องกมลทิพย์ โรงแรมเดอะสุโกศล กรุงเทพมหานคร	17,680

21	การจัดการภูมิทัศน์ป่าไม้อย่างบูรณาการเพื่อพัฒนาแนวเชื่อมต่อป่าภาคตะวันออก-ตะวันออกเฉียงเหนือ	นายกฤษณพงศ์ สมสุข	7 เมษายน 2564	ห้องประชุมเทศบาลตำบลท่าศิลา อ.ส่องดาว จ.สกลนคร	1,200
22	การขออนุญาตสถานที่ผลิตอาหาร	นส.ศศิณี กันยาบุญ	23 เมษายน 2564	อบรมออนไลน์	1,200
23	อบรมออนไลน์ GHPs/HACCP Rev. 5	นส.วรรณศิริ วรรณสืบเชื้อ	12 พฤษภาคม 2564	อบรมออนไลน์	1,500
24	โยธาสถาปัตย์สัญจร	ผศ.ดร.อนันต์ นิ่มทวัฒน์ ผศ.ดร.อิทธิพล สิงห์คำ ดร.วัชรพงศ์ ดีวงศ์ นายอัตถสิทธิ์ ชื่นใจ น.ส. นฤวรรณ มั่งสวัสดิ์ น.ส.อาติยาพร สินประเสริฐ	25 – 29 มี.ค. 2564	จังหวัดปทุมธานี จังหวัดนครปฐม จังหวัดกาญจนบุรี	75,600
25	ศึกษาดูงานและประชุมไตรภาคี เพื่อพัฒนาหลักสูตรโยธาสถาปัตยกรรม	ผศ.ดร.อนันต์ นิ่มทวัฒน์ ผศ.ดร.อิทธิพล สิงห์คำ ดร.วัชรพงศ์ ดีวงศ์ นายอัตถสิทธิ์ ชื่นใจ น.ส. นฤวรรณ มั่งสวัสดิ์ น.ส.อาติยาพร สินประเสริฐ	1 – 5 ก.พ. 2564	สาขาวิชาโยธาและสถาปัตกรรม คณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม	21,000
26	ทัศนะศึกษาดูงาน เปิดโลกวิศวกรรมเครื่องกล ประจำปีการศึกษา 2563	ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ และคณะ	15 – 18 ธ.ค. 2563	บริษัท ทีบีเคเค (ประเทศไทย) จำกัด	48,500
27	ศึกษาดูงานทางธุรกิจเกษตร	นายดนัย ศิริบุรี	4-7 เม.ย. 2564	จ.จันทบุรี	10,920
28	อบรมเชิงปฏิบัติการเริ่มต้นใช้งาน MicroPython กับ ESP32 ด้วย uPyCraft IDE	ดร.ยุทธศักดิ์ ทอดทอง	27 -28 ก.พ. 2564	ศูนย์พัฒนาทักษะการเรียนรู้ ICT จ.ขอนแก่น	2,416

29	อบรมเรื่อง Food Safety Forum Online #133 หลักสูตร “GHPs/HACCP Rev 5”	ดร.ศศินี กันยาบุญ	19 ม.ค. 2564	อบรมออนไลน์	1,500
30	อบรมหลักสูตร แนวทางออกแบบ ติดตั้งและบำรุงรักษาระบบ Solar Rooftop อย่างปลอดภัยและคุ้มค่า	ผศ.ดร.อภิชาติ ศรีชาติ	18 – 19 ธ.ค. 2563	โรงแรม รามาดา บาย วินแดม แบงคอก เจ้าพระยาปาร์ค กรุงเทพมหานคร	9,055.20

ตัวบ่งชี้ที่ 2.2 เงินสนับสนุนงานวิจัยและงานสร้างสรรค์

ชนิดตัวบ่งชี้ ปัจจัยนำเข้า

การคิดรอบปี ปีงบประมาณ (1 ต.ค.2563 – 30 ก.ย. 2564)

ผู้กำกับตัวบ่งชี้ :	รศ.ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข	ผู้รับผิดชอบตัวบ่งชี้ :	นายวีระพล แก้วก่า
โทรศัพท์ : 096-9456624		โทรศัพท์ : 081-9744817	

เกณฑ์การประเมิน

โดยการแปลงจำนวนเงินต่อจำนวนอาจารย์ประจำและนักวิจัยประจำเป็นคะแนนระหว่าง0 – 5

1. เกณฑ์เฉพาะคณะกลุ่มขและค2จำแนกเป็น3กลุ่มสาขาวิชา

กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จำนวนเงินสนับสนุนงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์จากภายในและภายนอกสถาบันที่กำหนดให้เป็นคะแนนเต็ม5 = 60,000บาทขึ้นไปต่อคน

กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

จำนวนเงินสนับสนุนงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์จากภายในและภายนอกสถาบันที่กำหนดให้เป็นคะแนนเต็ม5 = 50,000บาทขึ้นไปต่อคน

กลุ่มสาขาวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

จำนวนเงินสนับสนุนงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์จากภายในและภายนอกสถาบันที่กำหนดให้เป็นคะแนนเต็ม5 = 25,000บาทขึ้นไปต่อคน

สูตรการคำนวณ

1. คำนวณจำนวนเงินสนับสนุนงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์จากภายในและภายนอกสถาบันต่อจำนวนอาจารย์ประจำและนักวิจัย

$$\text{จำนวนเงินสนับสนุนงานวิจัย ฯ} = \frac{\text{จำนวนเงินสนับสนุนงานวิจัยฯจากภายในและภายนอก}}{\text{จำนวนอาจารย์ประจำและนักวิจัย}}$$

2. แปลงจำนวนเงินที่คำนวณได้ในข้อ 1เทียบกับคะแนนเต็ม 5

$$\text{คะแนนที่ได้} = \frac{\text{จำนวนเงินสนับสนุนงานวิจัยฯจากภายในและภายนอก}}{\text{จำนวนเงินสนับสนุนงานวิจัยฯที่กำหนดให้เป็นคะแนนเต็ม 5}}$$

สรุปคะแนนที่ได้ในระดับคณะ

คะแนนที่ได้ในระดับคณะ= ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้ของทุกกลุ่มสาขาวิชาในคณะ

ข้อมูลพื้นฐานประกอบตัวบ่งชี้

ข้อมูล	จำนวนทุน	ผลการดำเนินงาน	จำนวนที่กรรมการยืนยัน
จำนวนเงินสนับสนุนงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์จากภายในสถาบัน(แผ่นดิน)	8	6,025,000	
จำนวนเงินสนับสนุนงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์จากภายในสถาบัน (บกศ)	4	144,700	
จำนวนเงินสนับสนุนงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์จากภายนอกสถาบัน	16	13,223,160	
จำนวนเงินสนับสนุนงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ทั้งหมด		19,392,860	
จำนวนอาจารย์ประจำที่ปฏิบัติงานจริง (ไม่นับรวมผู้ลาศึกษาต่อ)		92	
จำนวนนักวิจัยประจำที่ปฏิบัติงานจริง (ไม่นับรวมผู้ลาศึกษาต่อ)		0	
จำนวนเงินสนับสนุนงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ต่อจำนวนอาจารย์ประจำ		210,791	

ในปีงบประมาณ 2562บุคลากรคณะเทคโนโลยีได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยจากภายในสถาบัน และภายนอกสถาบัน ต่อจำนวนอาจารย์ประจำและนักวิจัยประจำมีการดำเนินการได้ 183,346 บาทต่อคนดังนี้

คะแนนที่ได้= 210,791x 5/60,000 **= 17.56**

หลักฐานอ้างอิง

เอกสารหมายเลข	หลักฐานอ้างอิง
2.2-1	ตารางสรุปผลทุนวิจัยและงานสร้างสรรค์ของคณะเทคโนโลยีที่ได้รับการสนับสนุนงบประมาณในปีงบประมาณ 2563 (ข้อมูลจากสถาบันวิจัยและพัฒนา)

การประเมินตนเอง

เป้าหมาย	ผลดำเนินงาน	คะแนนการประเมินตนเอง	บรรลุเป้าหมาย
5 คะแนน	17.56 คะแนน	5 คะแนน	☑บรรลุเป้าหมาย ☐ไม่บรรลุเป้าหมาย

จุดเด่น/แนวทางในการพัฒนา

จุดเด่น

1. อาจารย์คณะเทคโนโลยีมีความรู้ความสามารถเชิงวิชาการเป็นอย่างมากมีศักยภาพและเป็นที่เชื่อถือของแหล่งทุนวิจัยที่ยินดีให้การสนับสนุนเงินวิจัยทั้งจากภายในและภายนอกสถาบัน

2. คณะมีการส่งเสริมและสนับสนุนให้อาจารย์ที่ยังเป็นนักวิจัยหน้าใหม่สามารถเขียนเค้าโครงวิจัยเพื่อเสนอขอรับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะและจากหน่วยงานต่างๆเพิ่มขึ้นและจัดทำโครงการเพื่อให้กำลังใจแก่อาจารย์ที่ผลิตผลงานวิจัยที่มีคุณภาพอย่างต่อเนื่อง

แนวทางในการพัฒนา

1.อาจารย์ที่มีผลงานวิจัยยังอยู่ในกลุ่มเดิมที่ผลิตผลงานวิจัยเป็นประจำอยู่แล้วแต่ยังมีอาจารย์อีกหลายท่านที่ยังไม่เคยผลิตผลงานวิจัย

2. ควรศึกษาถึงปัญหาที่อาจารย์ไม่ทำงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์เพื่อหาแนวทางแก้ไข

3. หาโจทย์วิจัยจากภายนอกรวมถึงแหล่งทุนที่สามารถสร้างรายได้แก่หน่วยงาน

ตัวบ่งชี้ที่ 2.3 ผลงานทางวิชาการของอาจารย์ประจำและนักวิจัย

ชนิดตัวบ่งชี้ ผลลัพธ์

การคิดรอบปี ปีปฏิทิน (1ม.ค.63 – 31ธ.ค.63)

ผู้กำกับตัวบ่งชี้ :	รศ.ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข	ผู้รับผิดชอบตัวบ่งชี้ :	นายวีระพล แก้วก่า
โทรศัพท์ :096-9456624		โทรศัพท์ : 081-9744817	

เกณฑ์การประเมิน

โดยการแปลงค่าร้อยละของผลรวมถ่วงน้ำหนักของผลงานทางวิชาการของอาจารย์ประจำและนักวิจัย เป็นคะแนนระหว่าง 0 - 5 เกณฑ์แบ่งกลุ่มตามสาขาวิชาดังนี้

1. เกณฑ์เฉพาะคณะกลุ่มขและค2

กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ร้อยละของผลรวมถ่วงน้ำหนักของผลงานทางวิชาการของอาจารย์ประจำและนักวิจัยที่กำหนดไว้เป็นคะแนนเต็ม 5 = ร้อยละ 30 ขึ้นไป

กลุ่มสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

ร้อยละของผลรวมถ่วงน้ำหนักของผลงานทางวิชาการของอาจารย์ประจำและนักวิจัยที่กำหนดไว้เป็นคะแนนเต็ม 5 = ร้อยละ 30 ขึ้นไป

กลุ่มสาขาวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

ร้อยละของผลรวมถ่วงน้ำหนักของผลงานทางวิชาการของอาจารย์ประจำและนักวิจัยที่กำหนดไว้เป็นคะแนนเต็ม 5 = ร้อยละ 20 ขึ้นไป

สูตรการคำนวณ

1. คำนวณค่าร้อยละของผลรวมถ่วงน้ำหนักผลงานที่ตีพิมพ์เผยแพร่ต่อผู้สำเร็จการศึกษา ตามสูตร

$$\frac{\text{ผลรวมถ่วงน้ำหนักของผลงานทางวิชาการของอาจารย์ประจำและนักวิจัย}}{\text{จำนวนอาจารย์ประจำและนักวิจัยทั้งหมด}} \times 100$$

2. แปลงค่าร้อยละที่คำนวณได้ในข้อ 1 เทียบกับคะแนนเต็ม 5

$$\text{คะแนนที่ได้} = \frac{\text{ร้อยละของผลรวมถ่วงน้ำหนักของผลงานทางวิชาการของอาจารย์ประจำและนักวิจัย}}{\text{ร้อยละของผลรวมถ่วงน้ำหนักของผลงานทางวิชาการของอาจารย์ประจำและนักวิจัยที่กำหนดให้เป็นคะแนนเต็ม } \mathbf{5}} \times 5$$

กำหนดระดับคุณภาพผลงานทางวิชาการดังนี้

ค่าน้ำหนัก	ระดับคุณภาพ
0.20	- บทความวิจัยหรือบทความวิชาการฉบับสมบูรณ์ที่ตีพิมพ์ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ
0.40	- บทความวิจัยหรือบทความวิชาการฉบับสมบูรณ์ที่ตีพิมพ์ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับนานาชาติหรือในวารสารทางวิชาการระดับชาติที่ไม่อยู่ในฐานข้อมูล ตามประกาศ ก.พ.อ. หรือระเบียบคณะกรรมการการอุดมศึกษาว่าด้วย หลักเกณฑ์การพิจารณาวารสารทางวิชาการ สำหรับการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ พ.ศ.2556 แต่สถาบันนำเสนอสภาสถาบันอนุมัติและจัดทำ เป็นประกาศให้ทราบเป็นการทั่วไป และแจ้งให้ กพอ./กกอ.ทราบภายใน 30 วันนับแต่วันที่ออก ประกาศ - ผลงานที่ได้รับการจดอนุสิทธิบัตร
0.60	- บทความวิจัยหรือบทความวิชาการฉบับสมบูรณ์ที่ตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการที่ปรากฏใน ฐานข้อมูล TCI กลุ่มที่ 2
0.80	- บทความวิจัยหรือบทความวิชาการฉบับสมบูรณ์ที่ตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการระดับนานาชาติที่ไม่อยู่ในฐานข้อมูล ตามประกาศ ก.พ.อ. หรือระเบียบคณะกรรมการการอุดมศึกษาว่าด้วย หลักเกณฑ์การพิจารณาวารสารทางวิชาการสำหรับการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ พ.ศ.2556 แต่สถาบันนำเสนอสภาสถาบันอนุมัติและจัดทำเป็นประกาศให้ทราบเป็นการทั่วไป และแจ้งให้ กพอ./ กกอ.ทราบภายใน 30 วันนับแต่วันที่ออกประกาศ (ซึ่งไม่อยู่ใน Beall's list) หรือตีพิมพ์ใน วารสารวิชาการที่ปรากฏในฐานข้อมูล TCI กลุ่มที่ 1
1.00	- บทความวิจัยหรือบทความวิชาการฉบับสมบูรณ์ที่ตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการระดับนานาชาติที่ปรากฏในฐานข้อมูลระดับนานาชาติตามประกาศ ก.พ.อ. หรือระเบียบคณะกรรมการการ อุดมศึกษา ว่าด้วยหลักเกณฑ์การพิจารณาวารสารทางวิชาการสำหรับการเผยแพร่ผลงานทาง วิชาการ พ.ศ.2556 - ผลงานได้รับการจดสิทธิบัตร - ผลงานวิชาการรับใช้สังคมที่ได้รับการประเมินผ่านเกณฑ์การขอตำแหน่งทางวิชาการแล้ว - ผลงานวิจัยที่หน่วยงานหรือองค์กรระดับชาติว่าจ้างให้ดำเนินการ - ผลงานค้นพบพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ ที่ค้นพบใหม่และได้รับการจดทะเบียน - ตำราหรือหนังสือที่ได้รับการประเมินผ่านเกณฑ์การขอตำแหน่งทางวิชาการแล้ว - ตำราหรือหนังสือที่ผ่านการพิจารณาตามหลักเกณฑ์การประเมินตำแหน่งทางวิชาการ แต่ไม่ได้นำมาขอรับการประเมินตำแหน่งทางวิชาการ

การส่งบทความเพื่อพิจารณาคัดเลือกให้นำเสนอในการประชุมวิชาการต้องส่งเป็นฉบับสมบูรณ์(Full Paper) และเมื่อได้รับการตอบรับและตีพิมพ์แล้ว การตีพิมพ์ต้องตีพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ซึ่งสามารถอยู่ในรูปแบบเอกสาร หรือสื่ออิเล็กทรอนิกส์ได้

กำหนดระดับคุณภาพงานสร้างสรรค์ดังนี้

ค่าน้ำหนัก	ระดับคุณภาพ
0.20	งานสร้างสรรค์ที่มีการเผยแพร่สู่สาธารณะในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง หรือผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ online
0.40	งานสร้างสรรค์ที่ได้รับการเผยแพร่ในระดับสถาบัน
0.60	งานสร้างสรรค์ที่ได้รับการเผยแพร่ในระดับชาติ
0.80	งานสร้างสรรค์ที่ได้รับการเผยแพร่ในระดับความร่วมมือระหว่างประเทศ
1.00	งานสร้างสรรค์ที่ได้รับการเผยแพร่ในระดับภูมิภาคอาเซียน/นานาชาติ

ผลงานสร้างสรรค์ทุกชิ้นต้องผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการที่มีองค์ประกอบไม่น้อยกว่า 3 คน โดยมีบุคคลภายนอกสถาบันร่วมพิจารณาด้วย

ข้อมูลพื้นฐานประกอบตัวบ่งชี้

ข้อมูลพื้นฐานประกอบตัวบ่งชี้	หน่วยวัด	ค่าน้ำหนัก	ผลการดำเนินงาน	
			จำนวน	ค่าคะแนน
1.จำนวนผลงานทางวิชาการของอาจารย์ประจำและนักวิจัย				
1.1บทความฉบับสมบูรณ์ที่ตีพิมพ์ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ	เรื่อง	0.20	7	1.40

หลักฐานอ้างอิง

2.3-1.1(1) บรรณญัติ บริบูรณ์ไพบูลย์ บุบผา นพรัตน์ ธรรมวงษา เสกศิลป์ มณีศรีและ Jeffrey Clinton Nash (2563) การจำลองและวิเคราะห์การใช้พลังงานของรถยนต์ไฟฟ้า : กรณีศึกษาส าหรับถนนมิตรภาพ การประชุมสัมมนา วิชาการรูปแบบพลังงานสู่ชุมชนแห่งประเทศไทยครั้งที่ 13 หน้าที่ 499-504

2.3-1.1(2) ดรุณี พวงบุตร นิอร งามฮุย และพวงเพชร พิมพ์จันทร์. 2563. ผลของการตัดส่วนต้นต่อค่าความหวานและปริมาณอินูลินในหัวแก่นตะวัน. ในการประชุมวิชาการระดับชาติ “ราชมงคลสุรินทร์ ครั้งที่ 11” “วิจัยและนวัตกรรมวิถีใหม่” ระหว่างวันที่ 17-18 กันยายน 2563 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์. F716-F721.

2.3-1.1(3) วิชเยนทร์ ผาจันทร์, วีระพงษ์ ละชินลา,จารุวรรณ ภูน้ำทรัพย์,กชกร กุลชนะโรง และอรรถศาสตร์ วิเศียรศาสตร์. 2563. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผักปลอดสารพิษในห้างสรรพสินค้า กรณีศึกษาร้าน ค.ร.บ. การประชุมวิชาการระดับชาตินนทรีอีสาน ครั้งที่8. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร.

2.3-1.1(4) กิตติศักดิ์ รักษาเงิน, พีรพล แสงใส, ธนพงธ์ คำเหลือง และอรรถศาสตร์ วิเศียรศาสตร์. 2563. ปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาการทำธุรกิจฟาร์มท่องเที่ยวเชิงเกษตรกรณีศึกษา ไร่สุขสวัสดิ์. การประชุมวิชาการระดับชาตินนทรีอีสาน ครั้งที่8. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร.

2.3-1.1(5) อรยา ศรีพันธบุตร, นุชจรี จันทร์บุญ, อภิรดี มุ่งงาม และศิริภรณ์ โคตะมี. 2563. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ ปลาน้ำโขงจาก ตำบลโคสี อำเภอเมือง จังหวัดบึงกาฬ. การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษา ระดับชาติ ครั้งที่ 13. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

2.3-1.1(6) วีรวัฒน์ บุรุษภักดี, ขวัญแก้ว ครสวรรค์, ทิพกฤตา จำจันสี และศิริภรณ์ โคตะมี. 2563. ส่วนผสมทาง

ข้อมูลพื้นฐานประกอบตัวบ่งชี้	หน่วยวัด	ค่าน้ำหนัก	ผลการดำเนินงาน	
			จำนวน	ค่าคะแนน
การตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องจักรกลการเกษตรขนาดใหญ่ กรณีศึกษาบริษัทปัญญาประดิษฐ์ จำกัด. การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษา ระดับชาติ ครั้งที่ 13. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. 2.3-1.1(7) กิตติกานต์ สุผา, เบญจมาศ แสงห้าว, เพ็ญนภา อ่อนสุด และศิริภรณ์ โคตะมี. 2563. ต้นทุนและผลตอบแทนการเลี้ยงกบนาในบ่อพลาสติก กรณีศึกษา ฟาร์มน้องเพชร บ้านหว้าน ตำบลดอนกลอย อำเภอพิบูลย์รักษ์ จังหวัดอุดรธานี. การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษา ระดับชาติ ครั้งที่ 13. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.				
1.2 บทความฉบับสมบูรณ์ที่ตีพิมพ์ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับนานาชาติหรือในวารสารทางวิชาการระดับชาติที่ไม่อยู่ในฐานข้อมูลตามประกาศก.พ.อ. หรือระเบียบคณะกรรมการการอุดมศึกษาว่าด้วยหลักเกณฑ์การพิจารณาวารสารทางวิชาการสำหรับการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการพ.ศ. 2556 แต่สถาบันนำเสนอสภาสถาบันอนุมัติและจัดทำเป็นประกาศให้ทราบเป็นการทั่วไปและแจ้งให้กพอ./กกอ.ทราบภายใน 30 วันนับแต่วันที่ออกประกาศ	เรื่อง	0.40	3	1.20
หลักฐานอ้างอิง 2.3-1.2(1) Praphon Chooprset, Keerati Suluksna and Preecha Tummu. 2020. Improvement of Boiler Efficiency for Rerm-Udom Sugar Factory. The 13th TSAE International Conference. April 30 - May 1. Kantary Hotel Korat, Nakorn Ratchasima. Thailand. 1-8. 2.3-1.2(2) B. Banyat, "Modeling and Analysis of Fuel Cell Systems for Stationary Applications," 2020 International Conference on Power, Energy and Innovations (ICPEI), 2020, pp. 129-132. 2.3-1.2(3) Kritsanapong Somsuk & Chalida Sanemueang (2020). Fast Special -Purposed Factoring Algorithm by Using Modular Multiplication. Proceeding of the International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST), Chonburi, Thailand, January 29 - February 1, 2020.				
- ผลงานที่ได้รับการจดอนุสิทธิบัตร **หลักฐานอ้างอิง**				
1.3 บทความที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่ปรากฏในฐานข้อมูลTCI กลุ่มที่ 2	เรื่อง	0.60	6	3.60
หลักฐานอ้างอิง 2.3-1.3(1) กษมา ดอกดวง, ศรุติ อัศวเรืองสุข และ ปิยภัทร โกษาพันธุ์. 2563. การเปรียบเทียบเครื่องจักรเรียนรู้เอ็กซ์ตรีมเพื่อช่วยในการทำนายการเสียชีวิตและการเจ็บป่วยของมารดาตั้งครรภ์ที่มีความไม่สมดุลของข้อมูล. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี , 22(2), หน้า 98 – 106. 2.3-1.3(2) รณฤทธิ์ จันทร์ศิริและ อธิกา จันทนปุ่ม. 2563. การพัฒนาเครื่องกวนไส้ขนมกะหรี่ปั๊บชนิดให้ความร้อนด้วยแก๊สปิโตรเลียมเหลวส าหรับใช้ในชุมชน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. 8(1): 75-87.				

ข้อมูลพื้นฐานประกอบตัวบ่งชี้	หน่วยวัด	ค่าน้ำหนัก	ผลการดำเนินงาน	
			จำนวน	ค่าคะแนน
2.3-1.3(3) Thanitsara Inthasotti and Sorrachat Thiamdao. 2020. Diversity of freshwater green macroalgae in Phu Wua widelife sanctuary. RMUTT Journal 10:245-260. 2.3-1.3(4) อรุณศักดิ์ ไชยอุบล, อรรถศาสตร์ วิเศียรศาสตร์ และ วิบูล เป็นสุข. 2563. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจในการปลูกข้าวแบบอินทรีย์ แบบปลอดภัย และแบบเคมี ของเกษตรกรบ้านหนองโสกดาว ตำบลโนนสูง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 8(2): 201-215. 2.3-1.3(5) อดิศักดิ์ บุตรวงษ์, ธวัชชัย สีลาโส, กวีพงษ์ หงษ์ทอง, วีระพล แก้วก่า และอภิชาติ ศรีชาติ. การพัฒนาเครื่องเทถังเก็บน้ำนมดิบโนมัติ. วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2563) หน้า 21 - 28 2.3-1.3(6) อัครพงษ์ พวงพิลา, อรรจนา ด้วงแพง, นิตยา ไชยเนตร, โฉมยง ไชยอุบล, วินัย มีแสง และเอราวัณ เบ้าทอง. การศึกษาภูมินิเวศด้านการเกษตรของตำบลดงหม้อทอง อำเภอบ้านม่วง จังหวัดสกลนคร. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี. ปีที่ 7 ฉบับที่ 2 (2562). หน้า 77 – 93.				
1.4 บทความที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติที่ไม่อยู่ในฐานข้อมูลตามประกาศก.พ.อ. หรือระเบียบคณะกรรมการการอุดมศึกษาว่าด้วยหลักเกณฑ์การพิจารณาวารสารทางวิชาการสำหรับการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการพ.ศ. 2556 แต่สถาบันนำเสนอสภาสถาบันอนุมัติและจัดทำเป็นประกาศให้ทราบเป็นการทั่วไปและแจ้งให้กพอ./กกอ.ทราบภายใน 30 วันนับแต่วันที่ออกประกาศ (ซึ่งไม่อยู่ในBeall's list) หรือตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่ปรากฏในฐานข้อมูลTCI กลุ่มที่ 1	เรื่อง	0.80	3	2.40
หลักฐานอ้างอิง 2.3-1.4 (1) มงคล กิตติญาณขจร, การประยุกต์ใช้เทคนิคการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอย่างรวดเร็วและ ECRS เพื่อลดเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร: กรณีศึกษากระบวนการผลิตหัวเชื้อเครื่องดื่มชนิดผง-วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2020) 27 (1),1-11. 2.3-1.4 (2) อดิศักดิ์ บุตรวงษ์, ธวัชชัย สีลาโส, กวีพงษ์ หงษ์ทอง, วีระพล แก้วก่า และอภิชาติ ศรีชาติ. การพัฒนาเครื่องเทถังเก็บน้ำนมดิบโนมัติ. วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2563) หน้า 21 – 28. 2.3-1.4 (3) วัชรพงศ์ ดีวงษ์. 2563. ปัจจัยที่มีผลต่อความอยู่รอดและความสามารถทางการแข่งขันของผู้ประกอบการรับเหมาก่อสร้างจัดตั้งใหม่: กรณีศึกษา ผู้ประกอบการรับเหมาก่อสร้าง ในเขตเทศบาลนครอุดรธานี. วารสารสถาปัตยกรรม การออกแบบและการก่อสร้าง, 2(1), น.71-82.				
1.5 -บทความวิจัยหรือบทความวิชาการฉบับสมบูรณ์ที่ตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการระดับนานาชาติที่ปรากฏในฐานข้อมูลระดับนานาชาติตามประกาศก.พ.อ. หรือระเบียบคณะกรรมการการอุดมศึกษาว่าด้วยหลักเกณฑ์การพิจารณาวารสารทางวิชาการสำหรับการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการพ.ศ.2556	เรื่อง	1.00	10	10.0

ข้อมูลพื้นฐานประกอบตัวบ่งชี้	หน่วยวัด	ค่าน้ำหนัก	ผลการดำเนินงาน	
			จำนวน	ค่าคะแนน
หลักฐานอ้างอิง 2.3-1.5 (1) Kritsanapong Somsuk (2020). The new Weakness of RSA and The Algorithm to Solve this Problem. KSII Transactions on Internet and Information Systems, Vol 14 (9), pp. 3841-3857, indexing SCIE (Impact Factor 0.648) and Scopus 2.3-1.5 (2) Kritsanapong Somsuk (2020). Authentication system for e-certificate by using RSA's digital signature. TELKOMNIKA Telecommunication, Computing, Electronics and Control, Vol 18 (6), pp. 2948-2955, indexing Scopus 2.3-1.5 (3) Kritsanapong Somsuk (2020). Improving the initial values of VFactor suitable for balanced modulus. International Journal of Electrical and Computer Engineering, Vol 10 (6), pp. 6446 - 6452, indexing Scopus 2.3-1.5 (4) Kritsanapong Somsuk (2020). The new integer factorization algorithm based on Fermat's Factorization Algorithm and Euler's theorem. International Journal of Electrical and Computer Engineering, Vol. 10(2), pp. 1469 – 1476, indexing Scopus. 2.3-1.5 (5) Pilachai R, Hendriks WH, Aiumlamai S and Schonewille JTh. 2020. Effect of high cassava ration on insulin sensitivity and clinical signs of laminitis in dairy heifers. Pak Vet J. 40(1): 113-117. 2.3-1.5 (6) Mongkol Kittiyankajon Satisfaction ranking of employers towards graduates from higher education institutions : an application of hybrid multiple criteria decision-making approach Engineering Education and Life-Long Learning Vol.30, No.3,2020 2.3-1.5 (7) A.Siricharoenpanicha, S.Wiriyasart, A.Srichat and P.Naphon. Thermal cooling system with Ag/Fe3O4 nanofluids mixture as coolant for electronic devices cooling. Case Studies in Thermal Engineering. 20 (2020) 100641. 2.3-1.5 (8) P. Vengsungnle, J. Jongpluempit, A. Srichat, S. Wiriyasart and P. Naphon. Thermal performance of the photovoltaic–ventilated mixed mode greenhouse solar dryer with automatic closed loop control for Ganoderma drying. Case Studies in Thermal Engineering. 21 (2020) 100659. 2.3-1.5 (9) P. Naphon, T. Arisariyawong, S. Wiriyasart and A. Srichat. ANFIS for analysis friction factor and Nusselt number of pulsating nanofluids flow in the fluted tube under magnetic field. Case Studies in Thermal Engineering. 18 (2020) 100605 2.3-1.5 (10) Ngassa Julius Mussa,Ruthaiporn Ratchamak,Thanaporn Ratsiri, Rujira Chumchai,Thevin Vongpralub, Wuttigrai Boonkum,Yoswaris Semaming and Vibuntita Chantikisakul. Lipid peroxidation and antioxidant enzyme activity in fresh rooster semen with high and low sperm motility. Veterinary Integrative Sciences. 18(3). 2020. pp. 183 - 192.				
- ผลงานได้รับการจดสิทธิบัตร				
หลักฐานอ้างอิง				

ข้อมูลพื้นฐานประกอบตัวบ่งชี้	หน่วยวัด	ค่าน้ำหนัก	ผลการดำเนินงาน	
			จำนวน	ค่าคะแนน
- ผลงานวิชาการรับใช้สังคมที่ได้รับการประเมินผ่านเกณฑ์การขอตำแหน่งทางวิชาการแล้ว				
หลักฐานอ้างอิง				
- ผลงานวิจัยที่หน่วยงานหรือองค์กรระดับชาติว่าจ้างให้ดำเนินการ				
หลักฐานอ้างอิง				
- ผลงานค้นพบพันธุ์พืชพันธุ์สัตว์ที่ค้นพบใหม่และได้รับการจดทะเบียน				
หลักฐานอ้างอิง				
- ตำราหรือหนังสือที่ได้รับการประเมินผ่านเกณฑ์การขอตำแหน่งทางวิชาการแล้ว	เรื่อง	1.00	2	2.0
หลักฐานอ้างอิง 2.3-1.6 (1) วิบูล เป็นสุข และเยาวพล ชุมพล. 2563. ฝ้ายเส้นใยสีธรรมชาติ และแนวทางการปลูกฝ้ายแบบปลอดภัย. พิมพ์ครั้งที่ 1. ศักดิ์ศรีอักษรการพิมพ์. 1-68 หน้า. 2.3-1.6 (2) ผศ.ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข. 2563. วิธีการรหัสลับ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อุดรธานี.				
- ตำราหรือหนังสือที่ผ่านการพิจารณาตามหลักเกณฑ์การประเมินตำแหน่งทางวิชาการแต่ไม่ได้นำมาขอรับการประเมินตำแหน่งทางวิชาการ				
หลักฐานอ้างอิง				
2.จำนวนผลงานสร้างสรรค์ของอาจารย์ประจำและนักวิจัย				
2.1 งานสร้างสรรค์ที่มีการเผยแพร่สู่สาธารณะในลักษณะใดลักษณะหนึ่งหรือผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์online	เรื่อง	0.20		
หลักฐานอ้างอิง				
2.2 งานสร้างสรรค์ที่ได้รับการเผยแพร่ในระดับสถาบัน	เรื่อง	0.40		
หลักฐานอ้างอิง				
2.3 งานสร้างสรรค์ที่ได้รับการเผยแพร่ในระดับชาติ	เรื่อง	0.60		
หลักฐานอ้างอิง				
2.4 งานสร้างสรรค์ที่ได้รับการเผยแพร่ในระดับความร่วมมือระหว่างประเทศ	เรื่อง	0.80		
หลักฐานอ้างอิง				
2.5 งานสร้างสรรค์ที่ได้รับการเผยแพร่ในระดับภูมิภาคอาเซียน/นานาชาติ	เรื่อง	1.00		
หลักฐานอ้างอิง				

ข้อมูลพื้นฐานประกอบตัวบ่งชี้	หน่วยวัด	ค่าน้ำหนัก	ผลการดำเนินงาน	
			จำนวน	ค่าคะแนน
2.6 งานสร้างสรรค์ที่ได้รับการเผยแพร่ในระดับนานาชาติ	เรื่อง	1.00		
หลักฐานอ้างอิง				
3. จำนวนอาจารย์ประจำและนักวิจัยประจำทั้งหมด	คน	95		
4. ผลรวมถ่วงน้ำหนักของผลงานของอาจารย์ประจำและนักวิจัยตีพิมพ์หรือเผยแพร่	ผลรวมถ่วงน้ำหนัก	20.60		
5. ร้อยละถ่วงน้ำหนักของผลงานของอาจารย์ประจำและนักวิจัยตีพิมพ์หรือเผยแพร่	ร้อยละ	20.60/95*100= 21.68		
6. ค่าคะแนนที่ได้	คะแนน	21.68/30*5=3.61		

การประเมินตนเอง

เป้าหมาย	ผลดำเนินงาน	คะแนนการประเมินตนเอง	บรรลุเป้าหมาย
ร้อยละ 30	ร้อยละ 21.68	คะแนน 3.61	☐บรรลุเป้าหมาย ☑ไม่บรรลุเป้าหมาย

จุดเด่น/โอกาสในการพัฒนา

จุดเด่น

1. ผลงานทางวิชาการของอาจารย์ประจำและนักวิจัยอยู่ในฐานข้อมูลที่มีค่าน้ำหนักสูง
2. มีตำราและงานสร้างสรรค์ที่มีค่าน้ำหนักสูง

โอกาสในการพัฒนา

1. เพื่อให้มีการพัฒนาผลงานทางวิชาการอย่างต่อเนื่องและกระตุ้นให้บุคลากรสร้างสรรค์ผลงานวิชาการอย่างสม่ำเสมอและครอบคลุมทุกศาสตร์ในคณะฯ จึงควรต้องมีการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมหรือกระตุ้นการสร้างผลงาน หรือกิจกรรมที่สร้างขวัญและกำลังใจในการสร้างผลงานให้มากขึ้นกว่าที่ผ่านมา
2. พัฒนาระบบพี่เลี้ยงโดยให้อาจารย์ที่มีประสบการณ์การทำวิจัยมาเป็นพี่เลี้ยงเพื่อให้มีการกระจายผลงานวิจัยอย่างกว้างขวางมากยิ่งขึ้น

องค์ประกอบที่ 3 การบริการวิชาการแก่สังคม

ประกอบด้วยตัวบ่งชี้จำนวน 1ตัวบ่งชี้

ตัวบ่งชี้		ค่าคะแนนที่ได้
ตัวบ่งชี้ที่ 3.1	การบริการวิชาการแก่สังคม	5.00
	คะแนนเฉลี่ย	**5.00**
	ผลการประเมิน	**ได้คุณภาพในระดับดีมาก**

สรุปจุดเด่น/โอกาสในการพัฒนา

จุดเด่น

1.คณะเทคโนโลยีเป็นแหล่งสร้างสรรค์นวัตกรรมที่สามารถนำไปสู่ชุมชนได้

2. คณะเทคโนโลยี มีบุคลากรที่มีความสามารถหลากหลาย

โอกาสในการพัฒนา

กิจกรรมตามพระราโชบายในหลวงรัชกาลที่ 10 เรื่องการเป็นมหาวิทยาลัยเพื่อท้องถิ่น

ตัวบ่งชี้ที่ 3.1 การบริการวิชาการแก่สังคม

ชนิดตัวบ่งชี้ กระบวนการ

การคิดรอบปี ปีการศึกษา (1 มิ.ย. 63 –31 พ.ค. 64)

ผู้กำกับตัวบ่งชี้ :	ผศ.ดร.วราจิต พยอม	ผู้รับผิดชอบตัวบ่งชี้ :	อ.ดร. สุชีรา เหล่าเจริญ
โทรศัพท์ :0815469292		โทรศัพท์ : 063-6356528	

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน 1	คะแนน 2	คะแนน 3	คะแนน 4	คะแนน 5
มีการดำเนินการ 1 ข้อ	มีการดำเนินการ 2 ข้อ	มีการดำเนินการ 3 - 4 ข้อ	มีการดำเนินการ 5 ข้อ	มีการดำเนินการ 6 ข้อ

ผลการประเมินคุณภาพการศึกษาภายใน(การประเมินตนเอง=ตน/การประเมินของคณะกรรมการ=กก)

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
☐	☑	1	จัดทำแผนการบริการวิชาการประจำปีที่สอดคล้องกับความต้องการของสังคมและกำหนดตัวบ่งชี้วัดความสำเร็จในระดับแผนและโครงการบริการวิชาการแก่สังคมและเสนอกรรมการประจำคณะเพื่อพิจารณาอนุมัติ	ปีงบประมาณ 2564 ก่อนขึ้นปีการศึกษา 2563 คณะเทคโนโลยีได้มีการแต่งตั้งคณะกรรมการฝ่ายบริการวิชาการประจำคณะเทคโนโลยีขึ้น คณะกรรมการที่แต่งตั้งขึ้นได้ทำการสำรวจและรวบรวมความต้องการในการบริการวิชาการให้กับชุมชนในพื้นที่รับผิดชอบ ทั้งนี้เพื่อให้การดำเนินกิจกรรมการบริการวิชาการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเป็นไปตามความต้องการของชุมชนและสังคมอย่างแท้จริง ข้อมูลการจากการสำรวจและรวบรวมดังกล่าว ได้ถูกคณะกรรมการฝ่ายบริการวิชาการนำขึ้นมาพิจารณา เพื่อจัดทำแผนการบริการวิชาการที่สอดคล้องกับแผนกลยุทธ์ของคณะเทคโนโลยี พร้อมทั้งกำหนดตัวบ่งชี้ความสำเร็จทั้งในระดับแผนงานและโครงการบริการวิชาการแก่ชุมชนและสังคม และนำเสนอแผนบริการวิชาการต่อที่ประชุมคณะกรรมการประจำคณะฯ โดยได้รับ	3.1.1-1 คำสั่งแต่งตั้งแต่งตั้งคณะกรรมการฝ่ายบริการวิชาการประจำคณะเทคโนโลยี ประจำปีการศึกษา 2563 3.1.1-2 รายงานสรุปผลการสำรวจและรวบรวมความต้องการของชุมชนในเขตพื้นที่รับผิดชอบของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ประจำปีการศึกษา 2563 3.1.1-3แผนบริการวิชาการคณะเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ 2563

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				ความเห็นชอบให้ดำเนินการจัดโครงการบริการวิชาการตามแผนงานที่เสนอ ซึ่งมีตัวบ่งชี้วัดความสำเร็จระดับแผนที่กำหนดให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดยุทธศาสตร์ของคณะ ดังนี้ 1. เกิดนวัตกรรมจากจากโครงการบริการวิชาการอย่างน้อย 2 นวัตกรรม 2. ได้ผลงานวิจัยอย่างน้อย 1 ผลงาน จากโครงการบริการวิชาการ 3. มีโครงการบริการวิชาการแก่สังคมแบบให้เปล่าอย่างน้อย 1 โครงการ 4. ผลงานนักศึกษาที่บูรณาการกับโครงการบริการวิชาการได้รับรางวัลจากหน่วยงานภายนอกอย่างน้อย 1 ผลงาน 5. มีโครงการบริการวิชาการที่สามารถยกระดับความสามารถ และเพิ่มรายได้ให้แก่ชุมชนอย่างน้อย 1 โครงการ	3.1.1-4 รายงานการประชุม คณะกรรมการประจำคณะเทคโนโลยีวาระเพื่อพิจารณาแผนงานด้านบริการวิชาการ
☐	☑	2	โครงการบริการวิชาการแก่สังคมตามแผน มีการจัดทำแผนการใช้ประโยชน์จากการบริการวิชาการเพื่อให้เกิดผลต่อการพัฒนานักศึกษา ชุมชนหรือสังคม	ปีการศึกษา 2563 คณะเทคโนโลยีได้จัดทำโครงการบริการวิชาการจำนวน 8 โครงการ ทุกโครงการมีการวางแผนให้เกิดการใช้ประโยชน์จากการบริการวิชาการโดยเน้นการบูรณาการกับการเรียนการสอนและการวิจัย ซึ่งจะส่งผลทั้งต่อการพัฒนาชุมชนท้องถิ่น นักศึกษา และคณาจารย์ โดยมีโครงการต่างๆ ดังนี้ - โครงการหน่วยบริการด้านสุขภาพสัตว์เพื่อสนับสนุนงานหน่วยแพทย์อาสา (พอ.สว.) ในสมเด็จพระศรีนครินทร์บรมราชชนนี จังหวัดอุดรธานี ซึ่งเป็นโครงการที่ดำเนินการมาอย่างต่อเนื่อง มีการบูรณาการกับการเรียนการสอน และเป็นโครงการให้เปล่า	3.1.2-1 แผนการใช้ประโยชน์จากการบริการวิชาการ คณะเทคโนโลยี 3.1.2-2 รายงานสรุปโครงการ (1)(2)(3)(4)(5)(6)(7)(8) 3.1.2-3 คำสั่งมูลนิธิ พอ.สว. ประจำจังหวัดอุดรธานี 3.1.2-4 มคอ.3 ในรายวิชาที่บูรณาการฯ

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				- โครงการสร้างเครื่องพ่นแอลกอฮอล์ล้างมือฆ่าเชื้อโควิด 19 เพื่อการบริการวิชาการให้แก่โรงพยาบาล ซึ่งเป็นโครงการที่สอดรับกับสถานการณ์แบบฉับพลัน มีการบูรณาการกับการเรียนการสอน เป็นโครงการที่ให้เปล่า และได้นวัตกรรมเครื่องพ่นแอลกอฮอล์ล้างมือ - โครงการเครื่องขูดผิวลำอ้อยแบบกึ่งอัตโนมัติ เป็นโครงการที่ของบประมาณจากภายนอก มีการบูรณาการกับการเรียนการสอน และได้นวัตกรรมเครื่องขูดผิวลำอ้อยแบบกึ่งอัตโนมัติที่ช่วยให้ชุมชนสร้างรายได้เพิ่มขึ้น - โครงการเครื่องนึ่งแท่งส่วนผสมข้าวเกรียบชนิดให้ความร้อนด้วยแก๊สปิโตรเลียมเหลว เป็นโครงการที่ของบประมาณจากภายนอก มีการบูรณาการกับการเรียนการสอน และได้นวัตกรรมเครื่องนึ่งแท่งส่วนผสมข้าวเกรียบชนิดให้ความร้อนด้วยแก๊สปิโตรเลียมเหลวที่ช่วยให้ชุมชนสร้างรายได้เพิ่มขึ้น - โครงการพัฒนาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำงานร่วมกับหลอดความร้อนอินฟราเรดควบคุมอัตโนมัติ เป็นโครงการที่ของบประมาณจากภายนอก มีการบูรณาการกับการเรียนการสอน และได้นวัตกรรม คือ โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำงานร่วมกับหลอดความร้อนอินฟราเรดควบคุมอัตโนมัติ ที่ช่วยให้ชุมชนสร้างรายได้เพิ่มขึ้น - โครงการการพัฒนาเครื่องกวนมะม่วงทำงานแนวตั้งชนิดให้ความร้อน	3.1.2-5 สัญญารับทุนอุดหนุนการวิจัย ของโครงการที่มีการบูรณาการเข้ากับงานวิจัย จำนวน 6 โครงการ

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				ด้วยแก๊สปิโตรเลียมเหลว เป็นโครงการที่ของบประมาณจากภายนอก มีการบูรณาการกับการเรียนการสอน และได้นวัตกรรม คือ เครื่องกวนมะม่วงทำงานแนวตั้งชนิดให้ความร้อนด้วยแก๊สปิโตรเลียมเหลว ที่ช่วยให้ชุมชนสร้างรายได้เพิ่มขึ้น - โครงการการออกแบบและพัฒนาเครื่องนึ่งถั่วเหลืองชนิดให้ความร้อนด้วยแก๊สปิโตรเลียมเหลว เป็นโครงการที่ของบประมาณจากภายนอก มีการบูรณาการกับการเรียนการสอน และได้นวัตกรรม คือ เครื่องนึ่งถั่วเหลืองชนิดให้ความร้อนด้วยแก๊สปิโตรเลียมเหลว ที่ช่วยให้ชุมชนสร้างรายได้เพิ่มขึ้น - โครงการการพัฒนาโรงเรือนเพาะเห็ดอัจฉริยะสำหรับการเพาะเห็ดเย็น เป็นโครงการที่ของบประมาณจากภายนอก มีการบูรณาการกับการเรียนการสอนและงานวิจัย ได้นวัตกรรม คือ โรงเรือนเพาะเห็ดอัจฉริยะสำหรับการเพาะเห็ดเย็น ที่ช่วยให้ชุมชนสร้างรายได้เพิ่มขึ้น และได้ตีพิมพ์บทความวิจัย 1 เรื่อง	
☐	☑	3	โครงการบริการวิชาการแก่สังคมในข้อ 1 อย่างน้อยต้องมีโครงการที่บริการแบบให้เปล่า	คณะเทคโนโลยี ได้จัดทำโครงการบริการวิชาการแก่สังคมหลายโครงการ โดยเป็นโครงการบริการวิชาการแบบให้เปล่าทั้งสิ้น 2 โครงการ ดังนี้ 1. โครงการหน่วยบริการด้านสุขภาพสัตว์เพื่อสนับสนุนงานหน่วยแพทย์อาสา (พอ.สว.) ในสมเด็จพระศรีนครินทร์บรมราชชนนี จังหวัด	3.1.3-1รายงานสรุปโครงการหน่วยบริการด้านสุขภาพสัตว์เพื่อสนับสนุนงานหน่วยแพทย์อาสา (พอ.สว.) ในสมเด็จพระศรีนครินทร์บรมราชชนนี จังหวัดอุดรธานี

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				อุดรธานี ซึ่งเป็นโครงการที่ทำต่อเนื่องมาทุกปีของคณะเทคโนโลยี 2. โครงการสร้างเครื่องพ่นแอลกอฮอลล์ล้างมือฆ่าเชื้อโควิด 19 เพื่อการบริการวิชาการให้แก่โรงพยาบาล เป็นโครงการที่ตอบสนองกับสถานการณ์แบบฉับพลัน คือ วิกฤติโรคติดต่อ โควิด 19	3.1.3-2รายงานสรุปโครงการสร้างเครื่องพ่นแอลกอฮอลล์ล้างมือฆ่าเชื้อโควิด 19 เพื่อการบริการวิชาการให้แก่โรงพยาบาล
☐	☑	4	ประเมินความสำเร็จตามตัวบ่งชี้ของแผนและโครงการบริการวิชาการแก่สังคมในข้อ 1 และนำเสนอกรรมการประจำคณะ เพื่อพิจารณา	คณะเทคโนโลยี ได้ประเมินความสำเร็จตามตัวบ่งชี้ของแผน พบว่า 1. มีผลการดำเนินการบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ คือ -ทุกโครงการบริการวิชาการมีการบูรณาการกับการเรียนการสอนทั้งหมด จากที่ตั้งไว้อย่างน้อย 1 โครงการ -มีโครงการที่บูรณาการกับงานวิจัย 1 โครงการ จากที่ตั้งไว้อย่างน้อย 1 โครงการ คือ โครงการการพัฒนาโรงเรือนเพาะเห็ดอัจฉริยะสำหรับการเพาะเห็ดเย็น ซึ่งได้ตีพิมพ์บทความวิจัย 1 เรื่อง -มี 6 โครงการ เป็นโครงการบริการวิชาการที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนานักศึกษาชุมชนหรือสังคม จากที่ตั้งไว้อย่างน้อย 1 โครงการ และมีผลสำเร็จต่อการพัฒนานักศึกษา ชุมชนหรือสังคม คือ 1. โครงการเครื่องขูดผิวลำอ้อยแบบกึ่งอัตโนมัติ - ผลลัพธ์ที่ได้ต่อชุมชนคือ ลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานคนลงร้อยละ 50	3.1.4-1 รายงานการประชุมคณะกรรมการฝ่ายฯ เพื่อประเมินตัวบ่งชี้ตามแผนบริการวิชาการ 3.1.4-2 รายงานสรุปผลการดำเนินงาน โครงการ (1)(2)(3)(4)(5)(6)(7)(8) 3.1.4-3 รายงานผลการดำเนินงานแผนงานบริการวิชาการ คณะเทคโนโลยี

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				2. โครงการเครื่องนึ่งแท่งส่วนผสมข้าวเกรียบชนิดให้ความร้อนด้วยแก๊สปิโตรเลียมเหลว - ผลลัพธ์ที่ได้ต่อชุมชนคือ ลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานคนได้มากกว่าร้อยละ 50 3. โครงการพัฒนาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำงานร่วมกับหลอดความร้อนอินฟราเรดควบคุมอัตโนมัติ - ผลลัพธ์ที่ได้ต่อชุมชนคือ สร้างรายได้เพิ่มให้กับชุมชนได้ร้อยละ 100 จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้น 4. โครงการการพัฒนาเครื่องกวนมะม่วงทำงานแนวตั้งชนิดให้ความร้อนด้วยแก๊สปิโตรเลียมเหลว - ผลลัพธ์ที่ได้ต่อชุมชนคือ ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานให้กับชุมชนได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 5. โครงการการออกแบบและพัฒนาเครื่องนึ่งถั่วเหลืองชนิดให้ความร้อนด้วยแก๊สปิโตรเลียมเหลว - ผลลัพธ์ที่ได้ต่อชุมชนคือ ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานให้กับชุมชนได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 6. โครงการการพัฒนาโรงเรือนเพาะเห็ดอัจฉริยะสำหรับการเพาะเห็ดเย็น - ผลลัพธ์ที่ได้ต่อชุมชนคือ สร้างรายได้เพิ่มให้กับชุมชนได้ร้อยละ 100 จากที่เพาะเห็ดได้เพียงฤดูหนาว ตอนนี้สามารถทำได้ตลอดทั้งปี	

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				- ผลลัพธ์ต่อนักศึกษาคือ นักศึกษาได้ส่งผลงานเข้าประกวด และได้รับรางวัล 2. มีการนำผลการประเมินความสำเร็จของแผนนำเสนอต่อคณะกรรมการประจำคณะเพื่อพิจารณา และให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาและปรับปรุงการจัดทำแผนการบริการวิชาการประจำปีงบประมาณ 2565 และปีการศึกษา 2564 ต่อไป	
☐	☑	5	นำผลการประเมินตามข้อ 4 มาปรับปรุงแผนหรือพัฒนาการให้บริการวิชาการสังคม	คณะฯ ได้นำผลการประเมินความสำเร็จตามตัวบ่งชี้ของแผนมาปรับปรุงนโยบายของแผนการบริการวิชาการแก่สังคมประจำปีการศึกษา 2564 และนำเสนอต่อคณะกรรมการประจำคณะ สามารถสรุปข้อปรับปรุงได้ดังนี้ 1. เพิ่มช่องทางในการติดต่อและเข้าพื้นที่ร่วมกับชุมชนให้เป็นไปตามระเบียบของเชื้อโรคติดต่อตามประกาศของจังหวัด 2. บูรณาการการทำงานร่วมกันให้มากขึ้นโดยผ่านหัวหน้าสาขาวิชา 3. แสวงหาความร่วมมือกับภายนอกมากขึ้น 4. เพิ่มช่องทางในการติดต่อเพื่อขอเข้ามารับบริการวิชาการสำหรับบุคคลภายนอกให้มากขึ้น	3.1.5-1 รายงานการประชุมการปรับปรุงแผนบริการวิชาการประจำปีงบประมาณ 2564 3.1.5-2 ร่างแผนการดำเนินงานฝ่ายบริการวิชาการประจำปี 2564
☐	☑	6	คณะมีส่วนร่วมในการบริการวิชาการแก่สังคมในระดับสถาบัน	คณะฯ มีส่วนร่วมในการบริการวิชาการแก่สังคมในระดับสถาบัน ประกอบด้วย 1. โครงการพัฒนาคุณภาพชีวิตประชาชนท้องถิ่น: โครงการพัฒนาและยกระดับกลุ่มอาชีพทาง	3.1.6-1 คำสั่งมหาวิทยาลัย เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการเพื่อขับเคลื่อนศูนย์เทคโนโลยีเกษตรและ

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				การเกษตรในหมู่บ้านโคกล่าม-แสงอร่าม ตำบลกุดหมากไฟ จังหวัดอุดรธานี 2. โครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตการแปรรูปสินค้าเกษตร เกษตรปลอดภัยและเกษตรอินทรีย์ 3. โครงการหน่วยบริการด้านสุขภาพสัตว์เพื่อสนับสนุนงานหน่วยแพทย์อาสา (พอ.สว.) ในสมเด็จพระศรีนครินทร์บรมราชชนนี จังหวัดอุดรธานี 4. คณาจารย์ในคณะเทคโนโลยีเข้าร่วมโครงการยกระดับเศรษฐกิจและสังคมรายตำบลแบบบูรณาการ (มหาวิทยาลัยสู่ตำบล สร้างรากแก้วให้ประเทศ) หรือ โครงการ U2T ซึ่งอยู่ในระหว่างการดำเนินกิจกรรม	นวัตกรรมจังหวัดอุดรธานี 3.1.6-2 บันทึกข้อความศูนย์การศึกษาบึงกาฬ เรื่อง ขอความอนุเคราะห์วิทยากร ในโครงการยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น 3.1.6-3 รายงานผลในภาพรวมโครงการยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น 3.1.6-4 คำสั่งมูลนิธิ พอ.สว. ประจำจังหวัดอุดรธานี 3.1.6-5 รายงานผลการดำเนินโครงการหน่วยบริการด้านสุขภาพสัตว์เพื่อสนับสนุนงานหน่วยแพทย์อาสา (พอ.สว.) ในสมเด็จพระศรีนครินทร์บรมราชชนนี จังหวัดอุดรธานี

การประเมินตนเอง

เป้าหมาย	ผลดำเนินงาน	คะแนนการประเมินตนเอง	บรรลุเป้าหมาย
6 ข้อ	6ข้อ	5 คะแนน	☑ บรรลุเป้าหมาย ☐ ไม่บรรลุเป้าหมาย

จุดเด่น/โอกาสในการพัฒนา

จุดเด่น

1.คณะเทคโนโลยีเป็นแหล่งสร้างสรรค์นวัตกรรมที่สามารถนำไปสู่ชุมชนได้

2. คณะเทคโนโลยี มีบุคลากรที่มีความสามารถหลากหลาย

โอกาสในการพัฒนา

กิจกรรมตามพระราโชบายในหลวงรัชกาลที่ 10 เรื่องการเป็นมหาวิทยาลัยเพื่อท้องถิ่น

องค์ประกอบที่ 4 การทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม

ประกอบด้วยตัวบ่งชี้จำนวน 1 ตัวบ่งชี้

ตัวบ่งชี้		ค่าคะแนนที่ได้
ตัวบ่งชี้ที่ 4.1	ระบบและกลไกการทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม	5.00
	คะแนนเฉลี่ย	**5.00**
	ผลการประเมิน	**ได้คุณภาพในระดับดีมาก**

สรุปจุดเด่น/แนวทางในการพัฒนา

จุดเด่น

คณะเทคโนโลยีได้กำหนดยุทธศาสตร์ด้านทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมไว้ในแผนยุทธศาสตร์คณะเทคโนโลยีพ.ศ.2558–2562โดยในปีการศึกษา 2562คณะฯได้แต่งตั้งคณะกรรมการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม ซึ่งประกอบด้วยตัวแทนของบุคลากรจากทุกสาขาวิชาเพื่อทำหน้าที่จัดทำแผนงานทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมที่สอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์คณะเทคโนโลยี 5 ปีโดยในแผนงานฯมีการกำหนดวัตถุประสงค์และตัวชี้วัดความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของโครงการ/กิจกรรมที่จะดำเนินงานและงบประมาณสำหรับดำเนินโครงการ/กิจกรรมพร้อมดำเนินงานตามแผนงานฯซึ่งคณะกรรมการบริหารคณะจะกำกับติดตามให้มีการดำเนินงานตามแผนงานฯโดยกำหนดให้คณะกรรมการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมต้องสรุปประเมินผลการดำเนินงานตามแผนงานฯเสนอต่อคณะกรรมการบริหารคณะปีละ 2 ครั้ง (กลางปีและปลายปี) พร้อมนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงการดำเนินงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ตัวบ่งชี้ที่ 4.1 ระบบและกลไกการทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม

ชนิดตัวบ่งชี้ กระบวนการ

การคิดรอบปี ปีการศึกษา (1 ส.ค. 2563 – 31 ก.ค. 2564)

ผู้กำกับตัวบ่งชี้ : นางเพลินพิศ แจ้งโพธิ์นาค	**ผู้รับผิดชอบตัวบ่งชี้ :** อาจารย์นิวัตร ภูมิพันธุ์
โทรศัพท์ : 088-5604886	**โทรศัพท์ :** 065-2949145

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน 1	คะแนน 2	คะแนน 3	คะแนน 4	คะแนน 5
มีการดำเนินการ	มีการดำเนินการ	มีการดำเนินการ	มีการดำเนินการ	มีการดำเนินการ

1 ข้อ	2 ข้อ	3 - 4 ข้อ	5 ข้อ	6 - 7 ข้อ

ผลการประเมินคุณภาพการศึกษาภายใน(การประเมินตนเอง=ตน/การประเมินของคณะกรรมการ = กก)

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
☐	☑	1	กำหนดผู้รับผิดชอบในการทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม	การทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรมเป็นพันธกิจที่สำคัญประการหนึ่งของคณะเทคโนโลยี ดังนั้น คณะฯได้แต่งตั้งคณะกรรมการทำนุบำรุงศิลปะวัฒนธรรม ประจำปีการศึกษา 2563 (เอกสารหมายเลข 4.1.1-1) ซึ่งประกอบ ด้วยตัวแทนของบุคลากรจากทุกสาขาวิชาและจากทุกหลักสูตร เพื่อทำหน้าที่รับผิดชอบหลักในการดำเนินงานด้านทำนุบำรุงศิลปะวัฒนธรรม โดยการจัดโครงการ/กิจกรรมให้กับบุคลากรและนักศึกษา นอกจากนี้ คณะกรรมการฝ่ายกิจการนักศึกษาและคณะ กรรมการสโมสรนักศึกษาคณะเทคโนโลยี ยังมีส่วนร่วมรับผิดชอบในการดำเนินงานด้านทำนุบำรุงศิลปะวัฒนธรรมอีกด้วย	4.1.1-1 คำสั่งคณะฯ เรื่องแต่งตั้งคณะกรรมการทำนุบำรุงศิลป วัฒนธรรม ประจำปีการศึกษา 2563
☐	☑	2	จัดทำแผนด้านทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม และกำหนดตัวบ่งชี้วัดความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของแผน รวมทั้งจัดสรรงบประมาณ	คณะฯ กำหนดยุทธศาสตร์ด้านทำนุบำรุงศิลปะวัฒนธรรมไว้ในแผนกลยุทธ์ 5 ปี พ.ศ.2563-2566 (เอกสารหมายเลข 4.1.2-1) และได้มอบหมายให้คณะกรรมการทำนุบำรุงศิลปะวัฒนธรรม จัดทำแผนงานทำนุบำรุงศิลปะวัฒนธรรมประจำปีงบประมาณ 2563 (เอกสารหมายเลข 4.1.2-2) ที่สอดคล้องกับแผนกลยุทธ์ 5 ปี ฯ เสนอต่อคณะกรรมการประจำคณะฯ เพื่อพิจารณาก่อนดำเนินงานตามแผน (เอกสารหมายเลข 4.1.2-3) ซึ่งแผนงานทำนุบำรุงศิลปะวัฒนธรรมประจำปีงบประมาณ 2563 ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ของแผนงาน และตัวชี้วัดความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของแผน	4.1.2-1 แผนกลยุทธ์ 5 ปี พ.ศ. 2563-2566 4.1.2-2 แผนงานทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม ประจำปีงบประมาณ 2562 4.1.2-3 รายงานการประชุมคณะกรรมการประจำคณะฯ 8 ส.ค. 2562

<table>
<tr><th>กก</th><th>ตน</th><th>ข้อ</th><th>เกณฑ์การประเมิน</th><th>ผลการดำเนินงาน</th><th>หลักฐานอ้างอิง</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>เพื่อให้สามารถดำเนินการได้ตามแผน</td><td>งานฯ โครงการ/กิจกรรมที่จะดำเนินการ และงบประมาณที่ใช้ในการดำเนินงานสำหรับงบประมาณ ที่ใช้ในการดำเนินโครงการ/กิจกรรมด้านทำนุบำรุงศิลปะวัฒนธรรม จะมาจากงบประมาณสนับสนุนกิจกรรมนักศึกษาที่มหาวิทยาลัยจัดสรรให้กับคณะฯ และเงินค่าธรรมเนียมพิเศษของคณะฯ ซึ่งในปีงบประมาณ 2563 ได้ใช้งบประมาณในการดำเนินโครงการ/กิจกรรมทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม สรุปได้ดังนี้ (เอกสารหมายเลข 4.1.2-4)
<table>
<tr><th>โครงการ/กิจกรรม</th><th>งบประมาณ (บาท)</th></tr>
<tr><td>1.พิธีไหว้ครู ประจำปีการศึกษา 2563</td><td>-</td></tr>
<tr><td>2. ทำบุญถวายภัตตาหารและบายศรีสู่ขวัญ</td><td>3,700</td></tr>
<tr><td>3.โครงการประกวดดาว-เดือน เทคโนโลยี สืบสานประเพณีอีสาน ปีการศึกษา 2563</td><td>45,900</td></tr>
<tr><td>4.โครงการประกวดดาว-เดือน มหาวิทยาลัยฯ</td><td>39,390</td></tr>
<tr><td>5.กีฬาวังแดงเกมส์ ครั้งที่ 30</td><td>76,364</td></tr>
<tr><td>6.จัดกิจกรรมประชาสัมพันธ์คณะฯ ในงานทุ่งศรีเมือง 2563</td><td>6,000</td></tr>
<tr><td>7.กีฬาพื้นบ้านสานสัมพันธ์น้องและกิจกรรมศิษย์เก่าแนะแนวการสมัครงานสายเกษตรให้รุ่นน้อง</td><td>3,000</td></tr>
</table>
</td><td>4.1.2-4 ผลการดำเนินงานการอนุรักษ์ส่งเสริมทำนุบำรุงศิลปะวัฒนธรรมในชุมชนและท้องถิ่น</td></tr>
</table>

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
☐	☑	3	กำกับติดตามให้มีการดำเนินงานตามแผนด้านทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม	คณะเทคโนโลยีได้จัดให้มีการกำกับติดตามการดำเนินงานตามแผนด้านทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม ประจำปีงบประมาณ 2563 ดังนี้ 1) ต้นปีงบประมาณ คณะกรรมการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม จัดทำรายละเอียดของแต่ละโครงการ (ไตรมาสแรก)/กิจกรรมที่กำหนดไว้ในแผนงานทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม มีการกำหนดหลักการเหตุผล วัตถุประสงค์ ตัวชี้วัดความสำเร็จของโครงการ/กิจกรรม กำหนดการ และงบประมาณสำหรับดำเนินการ เสนอต่อคณะกรรมการประจำคณะฯ เพื่อพิจารณาเห็นชอบ ก่อนดำเนินงานล่วงหน้าอย่างน้อย 2 สัปดาห์ และเมื่อดำเนินการแล้วเสร็จต้องสรุปประเมินผลการดำเนินงานเสนอต่อคณะกรรมการประจำคณะฯ เพื่อพิจารณา (เอกสารอ้างอิง 4.1.3-1) 2) กลางปีงบประมาณ คณะกรรมการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม สรุปประเมินผลการดำเนินงานตามแผนงานฯ (กลางปี) เสนอต่อคณะกรรมการบริหารคณะ เพื่อพิจารณาให้ข้อเสนอแนะ พร้อมทั้งนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแผนงานทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม (เอกสารหมายเลข 4.1.3-2) 3) ปลายปีการศึกษา คณะกรรมการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม สรุปประเมินผลการดำเนินงานตามแผนงานฯ (ปลายปี) เสนอต่อคณะกรรมการประจำคณะเพื่อพิจารณาให้	4.1.3-1 แผนงานด้านทำนุบำรุง ปีการศึกษา 2563 4.1.3-2 การประเมินผลการดำเนินงานตามแผนงานทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม ประจำปีการศึกษา 2563

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				ข้อเสนอแนะ พร้อมทั้งนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแผนงาน ฯ ในปีการศึกษาถัดไป	
☐	☑	4	ประเมินความสำเร็จตามตัวบ่งชี้ที่วัดความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของแผนด้านทำนุบำรุงศิลปะ และวัฒนธรรม	คณะกรรมการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม ได้ประเมินผลการดำเนินงานตามแผนงานทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม ปีละครั้ง ซึ่งมีการประเมินความสำเร็จตามตัวบ่งชี้ที่วัดความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของแผนงานด้วย สรุปได้ดังนี้ (เอกสารหมายเลข 4.1.4-1) - ตัวชี้วัดที่ 1 จำนวนโครงการไม่ต่ำกว่า 3 โครงการ/ปี เกินร้อยละ 80 - ตัวชี้วัดที่ 2 จำนวนนักศึกษาที่เข้าร่วม ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 - ตัวชี้วัดที่ 3 ทุกโครงการ/กิจกรรมด้านทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมที่อยู่ในแผนปฏิบัติราชการ มีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับดี ผลการประเมินความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ตามแผนฯ พบว่าบรรลุตัวชี้วัด ครบทั้ง 3 ตัวชี้วัด	4.1.4-1 การประเมินผลการดำเนินงานตามแผนงานทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมประจำปีการศึกษา 2563 4.1.4-2 รายงานการประชุมคณะกรรมการประจำคณะฯ
☐	☑	5	นำผลการประเมินไปปรับปรุงแผนหรือกิจกรรมด้านทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม	จากการประเมินผลแผนงานทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม พบว่า ตัวชี้วัดความสำเร็จตามวัตถุประสงค์บรรลุเป้าหมายครบทุกตัวบ่งชี้ และคณะกรรมการประจำคณะฯ ได้ให้ข้อเสนอแนะในภาพรวมดังนี้ 1. ควรจัดโครงการ/กิจกรรมทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมที่บุคลากรทั้งคณะสามารถเข้าร่วมได้โดยพร้อมเพรียงกัน ดังนั้นจึงได้เพิ่มกิจกรรมทำบุญตักบาตรคณะฯ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่บุคลากรทุกคนสามารถเข้าร่วมได้ 2. ควรปรับปรุงการเผยแพร่กิจกรรมหรือการบริการด้านทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรมต่อสาธารณชน โดยรวบรวมกิจกรรมหรือบทความด้านทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมจัดเป็นหมวดหมู่	4.1.5-1 การประเมินผลการดำเนินงานตามแผนงานทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมประจำปีการศึกษา 2562

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				และเผยแพร่ผ่านทางเว็บไซต์ของคณะฯ facebook ของคณะฯ และ facebook ของสโมสรนักศึกษา และยังได้มอบหมายให้คณะกรรมการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมประจำปีการศึกษา 2563 นำไปดำเนินการในปีการศึกษาถัดไป 3. เชิญชวนบุคลากรร่วมใส่ผ้าไทย อนุรักษ์ความเป็นไทย อย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 วัน	
☐	☑	6	เผยแพร่กิจกรรมหรือการบริการด้านทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรมต่อสาธารณชน	คณะกรรมการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม ได้เผยแพร่กิจกรรมหรือการบริการด้านทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมไว้ในเว็บไซต์ อาทิเช่น โครงการพิธีไหว้ครู ประกวดดาว-เดือน ระดับมหาวิทยาลัยฯ กีฬาวังแดงเกมส์ ครั้งที่ 30 โครงการสู่ขวัญบายศรีฯ โครงการประกวดดาว-เดือนเทคโนโลยี สืบสานประเพณีอีสาน ประเพณีโครงการอนุรักษ์สืบสานศิลปวัฒนธรรมไทย นอกจากนี้ในเว็บไซต์ของคณะฯ มีการเผยแพร่ให้ความรู้ด้านศิลปวัฒนธรรมที่หลากหลาย เช่น บทความเรื่องวันสำคัญทางศาสนาพุทธ เป็นต้น	4.1.6-1 เว็บไซต์คณะเทคโนโลยี : ทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม (Facebook ประชาสัมพันธ์-มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี) 4.1.6-2 (Facebook ประชาสัมพันธ์-มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี)
☐	☐	7	กำหนดหรือสร้างมาตรฐานด้านศิลปะและวัฒนธรรมซึ่งเป็นที่ยอมรับในระดับชาติ	- ไม่รับการประเมิน-	- ไม่รับการประเมิน-

การประเมินตนเอง

เป้าหมาย	ผลดำเนินงาน	คะแนนการประเมินตนเอง	บรรลุเป้าหมาย
6 ข้อ	6 ข้อ	5 คะแนน	☑ บรรลุเป้าหมาย ☐ ไม่บรรลุเป้าหมาย

จุดเด่น/แนวทางในการพัฒนา

จุดเด่น

1. โครงการ/กิจกรรมที่จัดมีบุคลากรและนักศึกษาสนใจเข้าร่วมเป็นจำนวนมาก
2. มีความร่วมมือระหว่างคณะกรรมการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม คณะกรรมการกิจการนักศึกษา และคณะกรรมการบริหารหลักสูตร ในการวางแผนจัดโครงการศิลปวัฒนธรรมที่บูรณาการกับการเรียนการสอน

องค์ประกอบที่ 5 การบริหารจัดการ

ประกอบด้วยตัวบ่งชี้จำนวน 2 ตัวบ่งชี้

ตัวบ่งชี้		ค่าคะแนนที่ได้
ตัวบ่งชี้ที่ 5.1	การบริหารของคณะเพื่อการกำกับติดตามผลลัพธ์ตามพันธกิจกลุ่มสถาบัน และเอกลักษณ์ของคณะ	4.00
ตัวบ่งชี้ที่ 5.2	ระบบกำกับการประกันคุณภาพหลักสูตร	4.00
	คะแนนเฉลี่ย	**4.00**
	ผลการประเมิน	**ได้คุณภาพในระดับ ดี**

สรุปจุดเด่น/โอกาสในการพัฒนา

จุดเด่น

การบริหารงบประมาณของคณะเทคโนโลยี เป็นการกระจายงบประมาณไปสู่ทุกสาขาวิชาอย่างเต็มที่ ทำให้ทุกสาขาวิชามีศักยภาพในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่มีข้อร้องเรียน ทำให้งานประสบความสำเร็จ ซึ่งส่งผลต่อความสำเร็จในการบริหารจัดการของมหาวิทยาลัย

โอกาสในการพัฒนา

1. คณะเทคโนโลยีดำเนินงานตอบโจทย์นโยบายของสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 10 อย่างตรงประเด็นที่สุด ในเรื่องของการทำวิจัย นวัตกรรม และการแก้ปัญหาเพื่อท้องถิ่น ดังนั้น ในอนาคตการบริหารงานของคณะเทคโนโลยีจะเป็นคณะที่สร้างผลงานอย่างโดดเด่นของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีต่อไป

2. การกำกับติดตามประเมินผลในการปฏิบัติงานแต่ละด้าน ควรให้มีคณะกรรมการส่วนงานที่ชัดเจนและดำเนินการตามแผนที่วางไว้ตามระบบ PDCA เพื่อความสำเร็จและโอกาสในการพัฒนาคณะต่อไป

ตัวบ่งชี้ที่ 5.1 การบริหารของคณะเพื่อการกำกับติดตามผลลัพธ์ตามพันธกิจ กลุ่มสถาบัน และเอกลักษณ์ของคณะ

ชนิดตัวบ่งชี้ กระบวนการ

การคิดรอบปี ปีงบประมาณ (1 ต.ค.63-30 ก.ย. 64)/ปีการศึกษา (1 มิ.ย.63 – 31 พ.ค. 64)

ผู้กำกับตัวบ่งชี้ :	รศ.ดร.สุนทร สุทธิบาก	ผู้รับผิดชอบตัวบ่งชี้ :	ผศ.สิทธิพร พันธุระ
โทรศัพท์ :081-420-4027		โทรศัพท์ :089-71212799	

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน 1	คะแนน 2	คะแนน 3	คะแนน 4	คะแนน 5
มีการดำเนินการ 1 ข้อ	มีการดำเนินการ 2 ข้อ	มีการดำเนินการ 3 - 4 ข้อ	มีการดำเนินการ 5 - 6 ข้อ	มีการดำเนินการ 7 ข้อ

ผลการประเมินคุณภาพการศึกษาภายใน(การประเมินตนเอง=ตน/การประเมินของคณะกรรมการ = กก)

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
☐	☑	1	พัฒนาแผนกลยุทธ์จากผลการวิเคราะห์ SWOT โดยเชื่อมโยงกับวิสัยทัศน์ของคณะและสอดคล้องกับ วิสัยทัศน์ของคณะ สถาบัน รวมทั้งสอดคล้องกับกลุ่มสถาบันและเอกลักษณ์ของคณะ และพัฒนา ไปสู่แผนกลยุทธ์ทางการเงินและแผนปฏิบัติการประจำปีตามกรอบเวลาเพื่อให้บรรลุผลตามตัวบ่งชี้ และเป้าหมายของแผนกลยุทธ์และเสนอผู้บริหารระดับสถาบันเพื่อพิจารณาอนุมัติ	คณะเทคโนโลยี มีการจัดทำแผนยุทธศาสตร์ ระยะ 5 ปี (P-02)(พ.ศ. 2562-2566) จากผลการวิเคราะห์ SWOT และแผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ 2564 ที่สอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์ 5 ปีของมหาวิทยาลัย (P-01)ตามแผนยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี พ.ศ.2562-2566 รวมไปถึงแผนยุทธศาสตร์ชาติ ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) โดยแผนงบประมาณรายจ่ายรายได้ปีงบประมาณ 2564 ได้มีการจัดตั้งคณะกรรมการจัดทำแผนยุทธศาสตร์ และปรับปรุงแผนยุทธศาสตร์ เพื่อดำเนินการพัฒนาไปเป็นแผนปฏิบัติการประจำปี แผนกลยุทธ์ทาง	5.1-1(1) แผนยุทธศาสตร์คณะเทคโนโลยี ระยะ 5 ปี (2562-2566) P-02 5.1-1(2) แผนยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัย (2562-2566) P-01 5.1-1(3) คำสั่งคณะกรรมการจัดทำแผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ พ.ศ . 2563 ลงวันที่ 7 ส.ค. 2562 5.1-1(4) แผนกลยุทธ์ทางการเงิน พ.ศ.2562-2566 P-04 5.1-1(5) แผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 P-03 5.1-1(6) ร่างคำขอตั้งงบประมาณรายจ่ายเงินรายได้ปีงบประมาณ 2564 P-05

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				การเงินและแผนพัฒนาบุคลากรที่สามารถดำเนินการได้โดยมีตัวบ่งชี้ที่ชัดเจน ตามคำสั่งคณะเทคโนโลยีที่ 234/2562 เรื่องแต่งตั้งคณะกรรมการจัดทำแผนปฏิบัติการ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 รวมไปถึงได้ผ่านการพิจารณาในที่ประชุมคณะกรรมการประจำคณะเพื่อรายงานแผน หลังจากนั้นนำร่างคำขอตั้งงบประมาณรายจ่ายเงินรายได้ปีงบประมาณ 2564 เสนอขออนุมัติจากสภามหาวิทยาลัยนำแผนไปปฏิบัติตามแผนและนำมาสรุปรายงานแผนปฏิบัติงานเพื่อเสนอต่อคณะกรรมการประจำคณะ และนำข้อมูลจากผลการปฏิบัติงานไปปรับแผนต่าง ๆ ของคณะฯในปีถัดไป	
☐	☑	2	ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทางการเงินที่ประกอบไปด้วยต้นทุนต่อหน่วยในแต่ละหลักสูตร สัดส่วน ค่าใช้จ่ายเพื่อพัฒนานักศึกษา อาจารย์ บุคลากร การจัดการเรียนการสอน อย่างต่อเนื่อง เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการบริหารหลักสูตร ประสิทธิภาพ ประสิทธิผลในการผลิตบัณฑิต และ โอกาสในการแข่งขัน	คณะเทคโนโลยี โดยมหาวิทยาลัยฯ มีการดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทางการเงินที่ประกอบไปด้วยต้นทุนต่อหน่วยในแต่ละหลักสูตร สัดส่วนค่าใช้จ่ายเพื่อพัฒนานักศึกษา อาจารย์ บุคลากร การจัดการเรียนการสอน และวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการบริหารหลักสูตร ประสิทธิภาพ ประสิทธิผลใน	5.1-2(1) รายงานสรุปต้นทุนต่อหน่วย (อ้างอิงมหาวิทยาลัย) 5.1-2(2) ร่างคำขอตั้งงบประมาณรายจ่ายเงินรายได้ปีงบประมาณ 2564 P-05

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				การผลิตบัณฑิต และโอกาสในการแข่งขัน ซึ่งคณะฯ ได้วิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วย พบว่าคณะเทคโนโลยีมีต้นทุนต่อหน่วยเท่ากับ 65,441.28 บาท ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนต่อหน่วยกับหน่วยงานที่มีการจัดการเรียนการสอนใกล้เคียงกันอย่างคณะวิทยาศาสตร์พบว่า คณะเทคโนโลยีมีต้นทุนต่อหน่วยที่สูงกว่า (คณะวิทยาศาสตร์ต้นทุนต่อหน่วย 60,951.33 บาท) จึงถือว่าอยู่ในระดับที่เพิ่มขึ้น โดยเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนต่อหน่วยจากปีงบประมาณ 2562 พบว่าต้นทุนต่อหน่วยของคณะเทคโนโลยีเพิ่มขึ้น26.79 % เนื่องจากปีงบประมณ 2563 ได้รับจัดสรรงบประมาณน้อยลง แต่ในขณะเดียวกันมีจำนวนนักศึกษาลดลงด้วย จึงทำให้ต้นทุนต่อหน่วยเพิ่มขึ้น ดังนั้นคณะมีแนวทางการลดต้นทุนต่อหน่วยด้วยการประชาสัมพันธ์เพื่อเพิ่มจำนวนนักศึกษาต่อไปในอนาคต	
☐	☑	3	ดำเนินงานตามแผนบริหารความเสี่ยง ที่เป็นผลจากการวิเคราะห์และระบุปัจจัยเสี่ยงที่เกิดจาก ปัจจัยภายนอก หรือ	คณะเทคโนโลยีดำเนินงานด้านการบริหารความเสี่ยง โดยเริ่มจากการนำผลการวิเคราะห์ SWOT คณะเทคโนโลยีจาก	5.1-3 แผนบริหารความเสี่ยงคณะเทคโนโลยี ปีงบประมาณ พ.ศ.2564

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
			ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ที่ส่งผลต่อการดำเนินงานตามพันธกิจของคณะ และให้ระดับความเสี่ยงลดลงจากเดิม	การประชุมทำแผนของคณะเทคโนโลยี ที่พบว่าจำนวนนักศึกษาที่น้อยถือเป็นความเสี่ยงที่สำคัญเป็นอันดับแรก โดยเฉพาะเมื่อเปรียบกับคณะอื่น ๆ โดยที่จำนวนนักศึกษาจะส่งผลโดยตรงต่องบประมาณของคณะเทคโนโลยี ดังนั้นคณะเทคโนโลยีจึงระบุความเสี่ยงและปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงอย่างน้อย 3 ด้าน คือความเสี่ยงด้านจำนวนนักศึกษาที่น้อย ซึ่งจะส่งผลต่อไปยังด้านที่ 2 คือความเสี่ยงด้านทรัพยากรการเงิน และส่งผลไปยังความเสี่ยงด้านที่ 3 คือกลยุทธ์ของมหาวิทยาลัย ดังนั้นการแก้ปัญหาจำนวนนักศึกษาที่ลดลงได้จะตอบโจทย์ความเสี่ยงทั้ง 3 ด้านทันที ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงพบว่าความเสี่ยงที่สามารถควบคุมได้และดำเนินการได้เร็วที่สุดคือการประชาสัมพันธ์ให้เข้าถึงกลุ่มเป้าหมายอย่างต่อเนื่องตลอดปีการศึกษา ดังนั้นคณะเทคโนโลยีจึงมีกลยุทธ์และนโยบายตลอดปีงบประมาณ 2564 ให้ทุกสาขาวิชาดำเนินการประชาสัมพันธ์เพื่อรับนักศึกษา	

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				อย่างต่อเนื่อง ผลปรากฏว่าในปีการศึกษา 2564 คณะเทคโนโลยีมีจำนวนนักศึกษาเพิ่มขึ้นจากปีการศึกษา 2563 ที่รับนักศึกษาปี 1 ได้ 228 คน ปีการศึกษา 2563 รับนักศึกษาปี 1 ได้ 271 คน เพิ่มขึ้น 18.86 % ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบโดยรวมกับทั้งมหาวิทยาลัยที่พบว่าจำนวนนักศึกษาแรกเข้าลดลง 13.16 % จึงถือได้ว่าคณะเทคโนโลยีได้บริหารจัดการความเสี่ยงทั้ง 3 ด้านอย่างบรรลุเป้าหมาย	
☐	☑	4	บริหารงานด้วยหลักธรรมาภิบาลอย่างครบถ้วนทั้ง 10 ประการที่อธิบายการดำเนินงานอย่าง ชัดเจน	คณะเทคโนโลยีฯ บริหารและดำเนินงานภายใต้กรอบธรรมาภิบาลที่ครอบคลุมทั้ง 10 ประการ ดังรายงานผลการบริหารของผู้บริหารคณะตามหลักธรรมาภิบาล ดังนี้ **1.หลักประสิทธิผล** คณะเทคโนโลยีโดยคณบดีมีการกำกับดูแลติดตามแผนปฏิบัติราชการประจำปีงบประมาณ 2564 โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงการจัดซื้อครุภัณฑ์ทางการศึกษาให้ได้ตรงตามที่กำหนดเพื่อก่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดต่อการจัดการเรียนการสอน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อนักศึกษา	5.1-4(1) แผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ 2564 5.1-4(2) รายงานการเบิกจ่ายงบประมาณประจำเดือน 5.1-4(3) หนังสือขออนุมัติไปอบรม สัมมนา และพัฒนาตนเอง 5.1-4(4) รายงานการประชุมคณะเทคโนโลยี 5.1-4(5) รายงานจัดซื้อครุภัณฑ์

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				2.หลักประสิทธิภาพ คณะเทคโนโลยีมีการบริหารราชการตามกรอบพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ.2547 และประกาศของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ตลอดจนระเบียบกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการบริหาร โดยถือเป็นเครื่องมือสำคัญในการบริหารอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ คณะเทคโนโลยีได้มีการกำกับดูแลระบบการบริหารงานและการใช้จ่ายงบประมาณอย่างคุ้มค่า โดยให้มีการรายงานการใช้งบประมาณรายเดือนจากฝ่ายแผนและงบประมาณอย่างสม่ำเสมอ **3.หลักการตอบสนอง** คณะเทคโนโลยีได้มีวิธีการบริหารเพื่อให้เกิดความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ เพื่อประโยชน์แห่งทางราชการ จึงได้มีการกำหนดแนวทางการดำเนินงานด้านสารบรรณ การพิจารณาหนังสือราชการด้วยความรวดเร็ว และมีการสั่งการผ่านระบบงานสารบรรณอย่างชัดเจนโดยปัจจุบันระบบงานสารบรรณหนังสือราชการได้จัดส่งอย่างรวดเร็วด้วยระบบ	

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				อิเล็กทรอนิกส์ทั้งทาง E-mail ทาง Facebook และทาง Line **4.หลักภาระความรับผิดชอบ** คณะเทคโนโลยีมีภาระการบริหารงานตามที่ได้รับมอบหมายจากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีภายใต้กรอบหน้าที่ตามพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. 2547 ตามแผนปฏิบัติการหน้าที่ของคณะเทคโนโลยี มาตรา 36 กำหนดไว้ ภาระรับผิดชอบของคณะเทคโนโลยี คือ การจัดการศึกษา การบริหารงานบุคคล การพิจารณาอนุมัติการใช้งบประมาณ การอำนวยการบริหารต่าง ๆ **5.หลักความโปร่งใส** ผู้บริหารคณะเทคโนโลยีมีวิธีการทำงานที่โปร่งใส ตรวจสอบได้ จากการเปิดโอกาสให้คณาจารย์และบุคลากรได้ซักถามข้อสงสัยและให้เข้าพบเพื่อปรึกษาหารือได้ตลอดเวลา โดยไม่ต้องผ่านการนัดหมาย ทั้งการเข้าพบโดยตรง การโทรศัพท์ รวมทั้งการใช้สื่ออื่นๆ จากกลุ่มบุคลากรของคณะ	

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				6.หลักการมีส่วนร่วม ผู้บริหารคณะเทคโนโลยีเปิดโอกาสให้บุคลากรได้มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการบริหารงานของคณะ มีส่วนร่วมในการแจ้งปัญหาและเสนอแนะทางออก รวมทั้งมีส่วนร่วมในกระบวนการตัดสินใจ ทั้งในการประชุมอาจารย์และบุคลากร ประจำคณะ การประชุมคณะกรรมการบริหารคณะและคณะกรรมการประจำคณะ **7.หลักการกระจายอำนาจ** คณะเทคโนโลยีได้มีการแต่งตั้งและมอบหมายหน้าที่ให้รองคณบดีและผู้ช่วยคณบดีตลอดจนหัวหน้ากลุ่มงานภายในคณะ เพื่อการปฏิบัติงานตามภารกิจด้านต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ รวมไปถึงการแต่งตั้งคณะกรรมการบริหารหลักสูตรในแต่ละปีการศึกษา เพื่อกระจายอำนาจการบริหารงานกันเองในแต่ละสาขาวิชาเป็นประจำทุกปีการศึกษา **8.หลักนิติธรรม**	

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				คณะเทคโนโลยีมีการนำเอากฎระเบียบข้อบังคับของมหาวิทยาลัยมาใช้อย่างเคร่งครัด และมีการเสนอแต่งตั้งคณะกรรมการประจำคณะ ตามที่กำหนดไว้ใน พรบ. มหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. 2547 มาตรา 41 **9.หลักความเสมอภาค** คณะเทคโนโลยีได้ให้ความเสมอภาค และความเท่าเทียมกันของคณาจารย์และบุคลากรในการร่วมกันทำกิจกรรมสร้างความสัมพันธ์ในคณะฯ อยู่เสมอ **10.หลักการมุ่งเน้นฉันทามติ** คณะเทคโนโลยีได้บริหารงานแบบมุ่งเน้นฉันทามติ โดยการประชุมคณาจารย์และบุคลากรแล้วมีการลงมติของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอยู่เป็นประจำ	
☐	☑	5	ค้นหาแนวปฏิบัติที่ดีจากความรู้ทั้งที่มีอยู่ในตัวบุคคล ทักษะของผู้มีประสบการณ์ตรง และแหล่ง เรียนรู้อื่น ๆ ตามประเด็นความรู้ อย่างน้อยครอบคลุมพันธกิจด้านการผลิตบัณฑิตและด้านการวิจัย จัดเก็บอย่างเป็นระบบโดย	คณะเทคโนโลยีดำเนินการจัดการความรู้ 3 เรื่อง ดังนี้ 1. ด้านการเรียนการสอน: จัดกิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติการการพัฒนาสื่อการสอนแบบโต้ตอบได้สำหรับการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ให้กับตัวแทนแต่ละ	5.1-5(1) แผน KM ปีการศึกษา 2563 รองปอ 5.1-5(2) ผลการดำเนินการจัดการความรู้ 5.1-5(3) คู่มือหลักการเขียนข้อเสนอการวิจัยและหลักการประยุกต์งานวิจัยและนวัตกรรม

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
			เผยแพร่ออกมาเป็นลายลักษณ์อักษรและนำมาปรับใช้ในการปฏิบัติงานจริง	สาขาระหว่างวันที่ 9 – 10 มิถุนายน 2564 โดยมี ผศ.ดร. พิศณุ ชัยจิตวณิชกุล เป็นวิทยากร ผลการอบรมพบว่าผู้เข้ารับการอบรมมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือและสามารถพัฒนาสื่อการสอนได้ ซึ่งผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับ ดี ถึง ดีมาก 2. ด้านวิจัย: จัดกิจกรรมสัมมนาการขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการในรูปแบบออนไลน์ในวันที่ 11 มิถุนายน 2564 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้บุคลากรฝ่ายวิชาการคณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี เข้าใจกฎระเบียบ และเกณฑ์การขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการและสร้างแรงจูงใจให้กับบุคลากรทุกคน โดยมีวิทยากรประกอบไปด้วย ผศ.ดร.มณีญา สุราช, รศ.ดร.สุนทร สุทธิบาก, รศ.ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข, รศ.ดร.อลงกรณ์ พรมที และ รศ.ดร.นิราวรรณ กุนัน ซึ่งนอกเหนือจากบุคลากรภายในคณะเทคโนโลยี แล้วยังพบว่าโครงการนี้ได้รับความสนใจและเข้าร่วมกิจกรรมจากบุคลากรภายนอกคณะ และ	ไปสู่การใช้ประโยชน์เพื่อการเรียนการสอน

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				ภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี รวมทั้งสิ้น 80 คน ผลจากการสอบถาม (หลังจากเสร็จสิ้นโครงการ) พบว่าผู้เข้าร่วมได้รับประโยชน์จากการเข้าร่วมกิจกรรมครั้งนี้ 3. ด้านการปฏิบัติงาน: จัดกิจกรรมอบรมเชิงปฏิบัติการการใช้โปรแกรมสำหรับจัดการเอกสารต่างๆ แบบออนไลน์สำหรับบุคลากรฝ่ายสนับสนุน คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ในวันที่ 14 กรกฎาคม 2564 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้บุคลากรฝ่ายสนับสนุนเพิ่มทักษะการใช้โปรแกรมต่างๆ เพื่อใช้สำหรับงานเอกสารได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ผลการอบรมพบว่าผู้เข้าอบรมมีความรู้ความเข้าใจ	
☐	☑	6	การกำกับติดตามผลการดำเนินงานตามแผนการบริหารและแผนพัฒนาบุคลากรสายวิชาการและ สายสนับสนุน	คณะเทคโนโลยีดำเนินการจัดทำแผนพัฒนาบุคลากรทั้งในด้านศึกษาต่อ การเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ โดยตั้งเป้า 1 คน แต่ได้ตำแหน่งวิชาการ 4 คน และการพัฒนาศักยภาพตามวิชาชีพ อาจารย์อบรมสัมนาทั้งหมด 30 โครงการ สายสนับสนุน 2 โครงการ	5.1-6(1) แผนพัฒนาบุคลากรคณะเทคโนโลยี พ.ศ.2564 P-06 5.1-6(2) รายงานการประชุมคณาจารย์คณะฯ ภาคเรียนที่ 1/2563 5.1-6(3) สรุปจำนวนผู้ศึกษาต่อและเข้าสู่ตำแหน่งทางวิชาการ ปีการศึกษา 2563

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				โดยผู้บริหารแจ้งนโยบายในการพัฒนาบุคลากรผ่านที่ประชุมคณาจารย์ประจำคณะ ภาคเรียนที่ 1/2564 คณะเทคโนโลยี ส่งเสริมและพัฒนาบุคลากรเพื่อความก้าวหน้าในสายงานและยังได้กำกับติดตามความก้าวหน้าในการศึกษาต่อ ปี 2563 จำนวน 1 คน ได้แก่ ผศ.สุทิน พลบูลย์ ปี 2564	5.1-6(4) บันทึกข้อความเกี่ยวกับความก้าวหน้าการขออนุญาตศึกษาต่อ การอบรม การนำเสนอผลงานทางวิชาการ 5.1-6(5) บันทึกข้อความติดตามแผนพัฒนาบุคลากร P-06
☐	☑	7	ดำเนินงานด้านการประกันคุณภาพการศึกษาภายในตามระบบและกลไกที่เหมาะสมและสอดคล้องกับพันธกิจและพัฒนาการของคณะที่ได้ปรับให้การดำเนินงานด้านการประกันคุณภาพเป็นส่วนหนึ่งของ การบริหารงานคณะตามปกติที่ประกอบด้วย การควบคุมคุณภาพ การตรวจสอบคุณภาพ และการประเมินคุณภาพ	คณะเทคโนโลยีมีการดำเนินงานตามระบบและกลไกการประกันคุณภาพการศึกษาที่สอดคล้องตามพันธกิจและครอบคลุมด้านการควบคุมคุณภาพการตรวจสอบคุณภาพและการประเมินคุณภาพโดยดำเนินการดังนี้ 1. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีมีแผนปฏิบัติการ งานประกันคุณภาพการศึกษาประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ซึ่งคณะเทคโนโลยีได้ใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานด้านประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ทั้งระดับหลักสูตร และระดับคณะ 2. คณะเทคโนโลยีมีการจัดทำแผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ 2564 โดยงานด้านประกันคุณภาพการศึกษา	5.1-7(1) แผนปฏิบัติการงานประกันคุณภาพการศึกษา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 P-07 รองปอ 5.1-7(2) แผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ 2564 คณะเทคโนโลยี

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				บรรจุอยู่ในยุทธศาสตร์ที่ 4 การบริหารจัดการเพื่อเพิ่มศักยภาพและประสิทธิภาพการแข่งขัน แผนงานพัฒนาระบบกลไกการบริหารและการดำเนินงานประเมินและประกันคุณภาพการศึกษาให้มีประสิทธิภาพ โครงการพัฒนางานประกันคุณภาพการศึกษา	P-03
				3. คณะเทคโนโลยีได้จัดทำปฏิทินการงานประกันคุณภาพการศึกษา ประจำปีการศึกษา 2563 เพื่อเป็นแผนในการดำเนินงานประกันคุณภาพการศึกษา	5.1-7(3) ปฏิทินการงานประกันคุณภาพการศึกษาประจำปีการศึกษา พ.ศ. 2563
				4. คณะเทคโนโลยี ได้ดำเนินการแต่งตั้งคณะกรรมการประกันคุณภาพการศึกษาภายในระดับคณะประจำปีการศึกษา 2563 เพื่อทำหน้าที่วางแผนกำหนดแนวทางการดำเนินงานกำกับติดตามผลักดันให้มีการพัฒนาปรับปรุงการประกันคุณภาพการศึกษาในระดับหลักสูตรและระดับคณะ รวมทั้งมีการแต่งตั้งคณะกรรมการทวนสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้รายวิชาในระดับหลักสูตร เพื่อทำหน้าที่กับกำติดตามการดำเนินงานของหลักสูตรที่มุ่งให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ตรงตาม	5.1-7(4) คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการประกันคุณภาพคณะเทคโนโลยีประจำปีการศึกษา 2564 5.1-7(5) คู่มือประกันคุณภาพการศึกษาภายในปี 2557

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				มาตรฐานผลการเรียนรู้ที่กำหนดในรายวิชา ทั้ง 5 ด้านที่ผู้เรียนควรได้รับ 5. คณะเทคโนโลยีใช้คู่มือการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ปีการศึกษา 2557 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี เพื่อให้ทุกหน่วยงานได้ปฏิบัติตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ เพื่อยึดถือและเป็นแนวทางปฏิบัติร่วมกัน 6. คณะเทคโนโลยีดำเนินการวางแผนงานด้านประกันคุณภาพการศึกษา โดยอาศัยระบบควบคุมคุณภาพและขับเคลื่อนตามเกณฑ์การประเมินในแต่ละตัวบ่งชี้การดำเนินงานของหลักสูตร และนำเสนอแผนในการประชุมกรรมการบริหารคณะ ร่วมกับบุคลากร เพื่อเตรียมรับการประเมินคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับหลักสูตร และการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ประจำปีการศึกษา 2563 7. คณะเทคโนโลยีดำเนินการให้มีการควบคุมคุณภาพโดยวิธีการทวนสอบคุณภาพการจัดการเรียนการสอนโดยผู้ทรงคุณวุฒิทุกหลักสูตร	5.1-7(6) รายงานการประชุมกรรมการบริหารคณะ ร่วมกับบุคลากร ณ ห้องประชุม สำนักงานคณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีสามพร้าว 5.1-7(7) คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการทวนสอบระดับหลักสูตร/รายงานผลการทวนสอบ

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				8. คณะเทคโนโลยีขับเคลื่อนให้ทุกหลักสูตรดำเนินการประเมินคุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตรตามปฏิทินการปฏิบัติงานฯ โดยมีการประเมินระหว่างวันที่ 25 พฤษภาคม ถึง 30 กรกฎาคม 2564 9. คณะเทคโนโลยี มีการรายงานผลการประเมินคุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตรต่อที่ประชุมคณะกรรมการบริหารคณะร่วมกับประธานหลักสูตร/สาขา ใน วันจันทร์ที่ 1 สิงหาคม 2564 ณ ห้องประชุม สำนักงานคณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีสามพร้าว เพื่อให้ผู้เข้าร่วมประชุมได้ร่วมกันสรุป ประเมินผลการดำเนินงาน ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานด้านประกันคุณภาพการศึกษาในปีต่อไป 10. คณะเทคโนโลยีดำเนินการประเมินคุณภายในระดับคณะทุกปีการศึกษาและดำเนินการประเมินคุณภาพการศึกษาภายนอกอย่างน้อย 5 ปี 1 ครั้ง	5.1-7(10) สรุปโครงการการตรวจประเมินคุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตร ปีการศึกษา 2563 5.1-7(11) รายงานผลการประเมินตนเอง (SAR) ระดับหลักสูตรปีการศึกษา 2563 P-08 5.1-7(12) รายงานการประชุมกรรมการบริหารคณะร่วมกับประธานหลักสูตร/สาขา วันที่ 1 สิงหาคม 2564 5.1-7(13) โครงการการตรวจประเมินคุณภาพการศึกษาภายในระดับคณะ คณะเทคโนโลยีปีการศึกษา 2564

การประเมินตนเอง

เป้าหมาย	ผลดำเนินงาน	คะแนนการประเมินตนเอง	บรรลุเป้าหมาย
...5..ข้อ	...7.. ข้อ	..5.. คะแนน	☐ บรรลุเป้าหมาย ☑ ไม่บรรลุเป้าหมาย

จุดเด่น/โอกาสในการพัฒนา

จุดเด่น

การบริหารงบประมาณของคณะเทคโนโลยี เป็นการกระจายงบประมาณไปสู่ทุกสาขาวิชาอย่างเต็มที่ จึงทำให้ทุกสาขาวิชามีศักยภาพในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้งานประสบความสำเร็จ ซึ่งส่งผลต่อความสำเร็จของมหาวิทยาลัยต่อไป

โอกาสในการพัฒนา

1. คณะเทคโนโลยีดำเนินงานตอบโจทย์นโยบายของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 10 อย่างตรงประเด็นที่สุด ในเรื่องของการทำวิจัย นวัตกรรม และการแก้ปัญหาเพื่อท้องถิ่น ดังนั้นในอนาคตการบริหารงานของคณะเทคโนโลยีจะเป็นคณะที่สร้างผลงานอย่างโดดเด่นของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีต่อไป
2. การกำกับติดตามประเมินผลควรให้มีคณะกรรมการส่วนงานที่ชัดเจนและดำเนินการตามแผนที่วางไว้ตามระบบ PDCA เพื่อความสำเร็จและโอกาสในการพัฒนาคณะต่อไป

ตัวบ่งชี้ที่ 5.2 ระบบกำกับการประกันคุณภาพหลักสูตร

ชนิดตัวบ่งชี้ กระบวนการ

การคิดรอบปี ปีการศึกษา (1 มิถุนายน 2563 –31 พฤษภาคม 2564)

ผู้กำกับตัวบ่งชี้ :	รศ.ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข	ผู้รับผิดชอบตัวบ่งชี้ :	นายธนะพัฒน์ เชี่ยวชาญวัฒนา
โทรศัพท์ : 096-9456624		โทรศัพท์ : 089-2297411	

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน 1	คะแนน 2	คะแนน 3	คะแนน 4	คะแนน 5
มีการดำเนินการ 1 ข้อ	มีการดำเนินการ 2 ข้อ	มีการดำเนินการ 3 ข้อ	มีการดำเนินการ 4 ข้อ	มีการดำเนินการ 5 ข้อ

ผลการประเมินคุณภาพการศึกษาภายใน(การประเมินตนเอง=ตน/การประเมินของคณะกรรมการ = กก)

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
☐	☑	1	มีระบบและกลไกในการกำกับการดำเนินการประกันคุณภาพหลักสูตรให้เป็นไปตาม องค์ประกอบการประกันคุณภาพหลักสูตร	- คณะเทคโนโลยีมีระบบและกลไกการดำเนินการประกันคุณภาพหลักสูตรที่สอดคล้องกับพันธกิจโดยมีการดำเนินงานตามกระบวนการ PDCA ดังนี้ (หลักฐาน 5.2-1(1)) - คณะเทคโนโลยีมีแผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ 2564 ที่ตรงกับยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัย โดยมีแผนปฏิบัติการโครงการพัฒนางานประกันคุณภาพการศึกษาที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ที่ 4 การพัฒนาระบบการบริหารจัดการ (หลักฐาน 5.2-1(2)) - มีคู่มือการประกันคุณภาพการศึกษาภายในปีการศึกษา 2557 มหาวิทยาลัยราชภัฏ	5.2-1(1) ระบบและกลไกกำกับการดำเนินการประกันคุณภาพภายใน คณะเทคโนโลยี เข้าถึงได้ http://techno.udru.ac.th/index.php 5.2-1(2) แผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ 2564 คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 5.2-1(3) คู่มือการประกันคุณภาพการศึกษาภายในปี

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				อุดรธานีเพื่อเป็นเกณฑ์ให้ทุกหลักสูตร ได้ยึดถือและเป็นแนวปฏิบัติร่วมกัน (หลักฐาน 5.2-1(3)) - มีการแต่งตั้งคณะกรรมการประกันคุณภาพการศึกษาคณะเทคโนโลยี ประจำปีการศึกษา พ.ศ. 2563 มีหน้าที่จัดทำรายงานการประเมินตนเอง ควบคุมกำกับดูแลการประกันคุณภาพการศึกษาของคณะเทคโนโลยีรวบรวมเอกสารปฏิบัติหน้าที่อื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน (หลักฐาน 5.2-1(4)) - มีการประชุมกรรมการบริหารคณะร่วมกับประธานหลักสูตร/สาขา ในวันที่ 7 มิถุนายน 2564 (รูปแบบออนไลน์) คณะผู้บริหารได้แจ้งคะแนนการประเมินคุณภาพระดับหลักสูตร และคะแนนการประเมินคณะประจำปีการศึกษา 2562 เพื่อให้ผู้ร่วมประชุมได้ร่วมกันตรวจสอบและวิพากษ์ผลดำเนินงานประเมินคุณภาพฯ ที่ผ่านไป และนำข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นจากที่ประชุมไปปรับปรุงการดำเนินงาน รวมทั้งปรับปรุงการเขียนรายงานการประเมินตนเอง เพื่อเตรียมความพร้อม	การศึกษา 2557 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 5.2-1(4) คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการประกันคุณภาพการศึกษาคณะเทคโนโลยี ประจำปีการศึกษา พ.ศ. 2563 5.2-1(5) รายงานการประชุมกรรมการบริหารคณะร่วมกับประธานหลักสูตร/สาขา วันที่ วันที่ 7 มิถุนายน 2564 (รูปแบบออนไลน์)

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				รองรับการตรวจประเมินฯ จากคณะกรรมการในปีการศึกษาต่อไป (หลักฐาน 5.2-1(5)) - คณะกรรมการประกันคุณภาพ คณะเทคโนโลยี ได้ประชุมร่วมกันเมื่อวันที่ 29 มิถุนายน 2564 เพื่อร่วมกันกำหนดแนวทางการดำเนินงานการควบคุมกำกับดูแลการประกันคุณภาพการศึกษาของคณะเทคโนโลยีและนำผลการประเมินคุณภาพ ทั้งระดับหลักสูตร และระดับคณะ ในการศึกษาประจำปี 2562 โดยจุดเน้นจุดเด่นและข้อเสนอแนะต่างๆ จากคณะกรรมการประเมินและจากการประชุมกรรมการบริหารคณะ มาวางแผนพัฒนาการประกันคุณภาพการศึกษาของคณะฯ ในปีการศึกษา 2563 โดยมีการแบ่งความรับผิดชอบในแต่ละตัวบ่งชี้ ให้กรรมการแต่ละคนไปดำเนินงาน (หลักฐาน5.2-1(6)) - คณะกรรมการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับคณะประจำปีการศึกษา 2563 ได้ประชุมเตรียมรับการตรวจประเมินคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับคณะ ในวันพุธที่ 28 กรกฎาคม 2564 ณ ห้องประชุมสำนักงาน คณะ	5.2-1(6) รายงานการประชุมคณะกรรมการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับคณะประจำปีการศึกษา พ.ศ. 2563 (วันที่ 29 มิถุนายน 2564) 5.2-1(7) รายงานการประชุมคณะกรรมการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับคณะประจำปีการศึกษา พ.ศ. 2563 (วันที่ 28 กรกฎาคม 2564)

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				เทคโนโลยี เพื่อนำผลการดำเนินงานในแต่ละตัวบ่งชี้มาเขียนรายงานการประเมินตนเอง ระดับคณะ ปีการศึกษา 2563 โดยนำจุดเด่นและข้อเสนอแนะต่างๆ จากคณะกรรมการประเมิน มาวางแผนพัฒนาการประกันคุณภาพการศึกษาของคณะฯ ในปีการศึกษา 2563	
☐	☑	2	มีคณะกรรมการกำกับติดตามการดำเนินงานให้เป็นไปตามระบบที่กำหนดในข้อ 1 และรายงานผลการติดตามให้กรรมการประจำคณะเพื่อพิจารณาทุกภาคการศึกษา	- มีการแต่งตั้งคณะกรรมการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับหลักสูตร และระดับคณะ ประจำปีการศึกษา 2563 ทำหน้าที่กำกับติดตามการดำเนินงานการประกันคุณภาพหลักสูตรและคณะ นำเสนอต่อคณะกรรมการประจำคณะ (หลักฐาน5.2-2(1)) - มีการแต่งตั้งคณะกรรมการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ตามมาตรฐานการเรียนรู้ เพื่อกำกับติดตามการดำเนินงานด้านมาตรฐานการเรียนรู้ในการประกันคุณภาพหลักสูตร (หลักฐาน 5.2-2(2)) - มีการแต่งตั้งคณะกรรมการประเมินคุณภาพการศึกษาภายในระดับ หลักสูตร เพื่อตรวจประเมินคุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตร (หลักฐาน 5.2-2(3))	5.2-2(1) คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการประกันคุณภาพการศึกษาคณะเทคโนโลยี ประจำปีการศึกษา พ.ศ. 2563 5.2-2(2) คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ตามมาตรฐานการเรียนรู้ปีการศึกษา 2563 5.2-2(3) คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการกรรมการประเมินคุณภาพการศึกษาภายในระดับ หลักสูตร ปีการศึกษา 2563

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				- คณะกรรมการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับคณะ ประจำปีการศึกษา 2563 มีการประชุมร่วมกัน ในวันที่ 30 กรกฎาคม 2564 เพื่อนำข้อเสนอแนะจากที่ประชุมคณาจารย์และบุคลากร คณะกรรมการบริหารคณะ และคณะกรรมการประจำคณะ มาวางแผนการจัดทำรายงานการประเมินตนเอง ประจำปีการศึกษา 2563 และนำข้อเสนอแนะเหล่านั้นมาเป็นแนวทางในการพัฒนาการดำเนินงานประกันคุณภาพการศึกษาของคณะฯ ในปีการศึกษา 2564 ต่อไป (หลักฐาน 5.2-2(4))	5.2-2(4) รายงานการประชุมคณะกรรมการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับคณะ ประจำปีการศึกษา พ.ศ. 2563 (วันที่ 30 กรกฎาคม 2564)
☐	☑	3	มีการจัดสรรทรัพยากรเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานของหลักสูตรให้เกิดผลตามองค์ประกอบ การประกันคุณภาพหลักสูตร	- คณะเทคโนโลยีมีแผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ 2564 โดยมีแผนปฏิบัติการโครงการพัฒนางานประกันคุณภาพการศึกษาที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ที่4 โครงการบริหารงานประกันคุณภาพการศึกษา โดยมีการจัดสรรงบประมาณเพื่อพัฒนาระบบกลไกการบริหารและการดำเนินงานประเมินและประกันคุณภาพการศึกษาให้มีประสิทธิภาพ ดังรายละเอียด	5.2-3(1) แผนปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ 2564 คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				การใช้งบประมาณสำหรับงานประกันคุณภาพจำนวนทั้งสิ้น 137,731 ดังต่อไปนี้ 1. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาการจัดการอุตสาหกรรมใช้งบประมาณ 7,100 บาท 2. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาธุรกิจการเกษตรใช้งบประมาณ 8,000 บาท 3. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาอาหารและบริการใช้งบประมาณ 8,850 บาท 4. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตพืชใช้งบประมาณ 9,320 บาท 5. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ใช้งบประมาณ 7,980 บาท 6. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพใช้งบประมาณ 8,900 บาท 7. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคนิคการสัตวแพทย์ใช้งบประมาณ 9,100 บาท 8. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารใช้งบประมาณ 8,260 บาท 9. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาโยธาสถาปัตยกรรมใช้งบประมาณ 8,310 บาท	5.2-3(2) คำสั่งกรรมการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ คณะเทคโนโลยี ปีการศึกษา 2563 (ใช้เอกสาร 5.2-2(2)) 5.2-3(3) รายงานการประเมินตนเอง ทุกหลักสูตร

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				10. หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าใช้งบประมาณ 9,850 บาท 11. หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และระบบอัตโนมัติใช้งบประมาณ 7,000 บาท 12. หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และการสื่อสารใช้งบประมาณ 7,000 บาท 13. หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมเครื่องกลใช้งบประมาณ 8,145 บาท 14. หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมพลังงานใช้งบประมาณ 6,810 บาท 15. หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์และระบบหุ่นยนต์ใช้งบประมาณ 9,356 บาท 16. หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาการจัดการทรัพยากรเกษตรและสิ่งแวดล้อมใช้งบประมาณ 6,500 บาท 17. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีเครื่องกลใช้งบประมาณ 7,250 บาท (หลักฐาน 5.2-3(1))	

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				- คณะเทคโนโลยี มีการดำเนินโครงการบริหารงานประกันคุณภาพการศึกษา ประจำปีการศึกษา 2563 หลายโครงการ เพื่อส่งเสริม สนับสนุนให้บุคลากรในทุกหลักสูตร มีความรู้ความเข้าใจ สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้งานการทำงานตามปกติ และเป็นไปตามเกณฑ์การประกันคุณภาพในแต่ละตัวบ่งชี้ โครงการดังกล่าว ได้แก่ (1) โครงการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ คณะเทคโนโลยี ปีการศึกษา 2563 (2) โครงการการตรวจประเมินคุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตร ปีการศึกษา 2563 (ตามหลักฐาน 5.2-3(3) สรุปโครงการการตรวจประเมินคุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตร ปีการศึกษา 2563)	
☐	☑	4	มีการประเมินคุณภาพหลักสูตรตามกำหนดเวลาทุกหลักสูตร และรายงานผลการประเมินให้กรรมการประจำคณะเพื่อพิจารณา	คณะเทคโนโลยีมีการประเมินคุณภาพการศึกษาภายในทุกหลักสูตรตามกำหนดระยะเวลา คือระหว่างวันที่ 25 พฤษภาคม ถึง 30 กรกฎาคม 2564 โดยมีการดำเนินงานดังต่อไปนี้ - แต่งตั้งคณะกรรมการประเมินคุณภาพการศึกษา	5.2-4(1) คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการประเมินคุณภาพ

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				ภายใน ระดับหลักสูตร คณะเทคโนโลยีประจำปีการศึกษา 2563 (หลักฐาน 5.2-4(1)) ซึ่งคณะกรรมการประเมินคุณภาพหลักสูตรเป็นกรรมการที่มีรายชื่อในระบบของ สกอ. ตามแนวปฏิบัติในการประเมินหลักสูตร เพื่อขอขึ้นทะเบียน TQR ในอนาคต โดยกรรมการประเมินจะดำเนินการประเมินหลักสูตรตามตัวบ่งชี้ TQF ที่ระบุในเล่มหลักสูตรและสรุปผลการประเมินคุณภาพของหลักสูตร (หลักฐาน5.2-4(2)) - เมื่อดำเนินการตรวจประเมินคุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตรปีการศึกษา 2563 เสร็จสิ้นแล้ว คณะฯ ได้จัดโครงการประชุมประธานหลักสูตร/สาขา ในวันที่ 2 สิงหาคม 2564 ณ ห้องประชุมคณะเทคโนโลยี โดย รศ.ดร.กฤษณพงศ์ สมสุข รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย นำเสนอผลการประเมินคุณภาพฯหลักสูตรต่อที่ประชุม จากนั้น ที่ประชุมได้วิพากษ์ผลการดำเนินงานร่วมกันเพื่อหาแนวทางในการพัฒนางานด้านการประกันคุณภาพหลักสูตรในปีการศึกษา 2564 ต่อไป (หลักฐาน5.2-4(3))	การศึกษาภายใน ระดับหลักสูตร คณะเทคโนโลยี ประจำปีการศึกษา 2563 5.2-4(2) รายงานสรุปโครงการตรวจประเมินคุณภาพการศึกษาภายในระดับหลักสูตร ปีการศึกษา 2563 5.2-4(3) รายงานการประชุมกรรมการบริหารคณะร่วมกับประธานหลักสูตร/สาขา วันที่ 2 สิงหาคม 2564

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				โดยผลการประเมินคุณภาพระดับหลักสูตรมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 3.21 คะแนน	
☐	☑	5	นำผลการประเมินและข้อเสนอแนะจากกรรมการประจำคณะมาปรับปรุงหลักสูตรให้มีคุณภาพดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง	คณะกรรมการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับคณะเทคโนโลยีประจำปีการศึกษา 2563 ได้ประชุมร่วมกัน ในวันที่ 30 กรกฎาคม 2564 เพื่อนำผลการประเมินคุณภาพการศึกษา ระดับหลักสูตร ประจำปี 2563 โดยเน้นการนำเอาจุดเน้นจุดเด่นและข้อเสนอแนะต่างๆจากคณะกรรมการประเมินหลักสูตร (โดยดูจากรายงานการประเมินตนเองของแต่ละหลักสูตร) มาวางแผนเพื่อปรับปรุงการดำเนินงานของหลักสูตร ในปีการศึกษา 2564 และเมื่อพิจารณาผลการดำเนินงานของทุกหลักสูตร พบว่ามีคุณภาพดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง	ใช้เอกสาร 5.2-2(4) รายงานการประชุมคณะกรรมการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน ระดับคณะ ประจำปีการศึกษา พ.ศ. 2563 (วันที่ 30 กรกฎาคม 2564)
☐	☑	6	มีผลการประเมินคุณภาพของทุกหลักสูตรผ่านองค์ประกอบที่ 1 การกำกับมาตรฐาน	คณะเทคโนโลยีได้รับการตรวจประเมินคุณภาพภายในระดับหลักสูตร ประจำปีการศึกษา ในช่วง 25 พฤษภาคม 2564 ถึง 30 กรกฎาคม 2564 โดยมี 16 หลักสูตรที่ผ่านองค์ประกอบที่ 1 โดยมีผลการประเมินคุณภาพหลักสูตรเป็น ดังนี้	

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				1. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาการจัดการอุตสาหกรรมมีผลการประเมินอยู่ที่ 3.53 คะแนน 2. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาธุรกิจการเกษตรมีผลการประเมินอยู่ที่ 3.6 คะแนน 3. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาอาหารและบริการมีผลการประเมินอยู่ที่ 3.32 คะแนน 4. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีและนวัตกรรมการผลิตพืช มีผลการประเมินอยู่ที่ 3.58 คะแนน 5. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มีผลการประเมินอยู่ที่ 3.37 คะแนน 6. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ มีผลการประเมินอยู่ที่ 3.03 คะแนน 7. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคนิคการสัตวแพทย์ มีผลการประเมินอยู่ที่ 3.49 คะแนน 8. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารมีผลการประเมินอยู่ที่ 3.48 คะแนน	

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				9. หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาโยธาสถาปัตยกรรมมีผลการประเมินอยู่ที่ 3.41 คะแนน 10. หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมไฟฟ้ามีผลการประเมินอยู่ที่ 3.31 คะแนน 11. หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และระบบอัตโนมัติมีผลการประเมินอยู่ที่ 3.54 คะแนน 12. หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และการสื่อสารมีผลการประเมินอยู่ที่ 3.64 คะแนน 13. หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมเครื่องกลมีผลการประเมินอยู่ที่ 3.59 คะแนน 14. หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมพลังงานมีผลการประเมินอยู่ที่ 3.66 คะแนน 15. หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์และระบบหุ่นยนต์มีผลการประเมินอยู่ที่ 2.80 คะแนน 16. หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาการจัดการทรัพยากรเกษตรและ	

กก	ตน	ข้อ	เกณฑ์การประเมิน	ผลการดำเนินงาน	หลักฐานอ้างอิง
				สิ่งแวดล้อมผลการประเมินอยู่ที่ 3.47 คะแนน โดยสาขาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีเครื่องกลได้รับการประเมิน 0 คะแนน เนื่องจากศักยภาพของผู้รับผิดชอบหลักสูตรไม่เป็นไปตามเกณฑ์ อย่างไรก็ตามได้รับความเห็นชอบจากสภามหาวิทยาลัยฯ ในการปิดหลักสูตรเป็นที่เรียบร้อยแล้ว	

การประเมินตนเอง

เป้าหมาย	ผลดำเนินงาน	คะแนนการประเมินตนเอง	บรรลุเป้าหมาย
..6..ข้อ	...6...ข้อ	..5...คะแนน	☐ บรรลุเป้าหมาย ☑ ไม่บรรลุเป้าหมาย

จุดเด่น/โอกาสในการพัฒนา

จุดเด่น

หลักสูตรของคณะเทคโนโลยีมีผลการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับหลักสูตรดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปีการศึกษา 2558 –2563 ถือว่าเป็นแนวโน้มที่ดีในการกำกับติดตามการประกันคุณภาพหลักสูตร

โอกาสในการพัฒนา

หลายหลักสูตรของคณะเทคโนโลยี มีระดับคะแนนการประเมินหลักสูตรสูงกว่า 3.00 ซึ่งสามารถขอประเมินหลักสูตรเพื่อขึ้นทะเบียน TQR ได้ ในอนาคตนอกจากนี้ เพื่อให้ระบบกำกับการประกันคุณภาพหลักสูตรมีประสิทธิภาพ ได้ผลการดำเนินงานที่ดีอย่างต่อเนื่อง คณะเทคโนโลยีควรมีแผนการกำกับติดตามการดำเนินงานให้เป็นไปตามระบบและกลไกในการกำกับการดำเนินการประกันคุณภาพหลักสูตรที่กำหนดไว้ให้ชัดเจนและดำเนินการตามแผนนั้นให้ครบตามวงจรคุณภาพ PDCA

บทที่ 4
รายงานผลการดำเนินงานประกันคุณภาพการศึกษาภายใน

ตารางที่ ส.1 ผลการประเมินตนเองรายตัวบ่งชี้ตามองค์ประกอบคุณภาพ

ตัวบ่งชี้คุณภาพ	เป้าหมาย	ผลการดำเนินงาน		คะแนนการประเมินตนเอง	การบรรลุเป้าหมาย (✓=บรรลุ× =ไม่บรรลุ)
		ตัวตั้ง / ตัวหาร	ผลลัพธ์ (%หรือสัดส่วน)		
องค์ประกอบที่ 1 การผลิตบัณฑิต					
ตัวบ่งชี้ที่ 1.1	5	51.35/17	3.21	3.22	×
ตัวบ่งชี้ที่ 1.2	5	44/95	46.315	5	✓
ตัวบ่งชี้ที่ 1.3	5	45/95	47.368	3.95	×
ตัวบ่งชี้ที่1.4	5	วศ วท สถ ก	-22.5 -53.0 188.8 -71.5	5 5 0 5 (3.75)	×
ตัวบ่งชี้ที่ 1.5	5		6	5	✓
ตัวบ่งชี้ที่ 1.6	5		6	5	✓
คะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบที่ 14.30					
องค์ประกอบที่ 2การวิจัย					
ตัวบ่งชี้ที่ 2.1	5		6	5	✓
ตัวบ่งชี้ที่ 2.2	5	19,392,860/92	210,791	5	✓
ตัวบ่งชี้ที่ 2.3	5	20.6/95	21.68	3.61	×
คะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบที่ 24.63					
องค์ประกอบที่ 3การบริการวิชาการ					
ตัวบ่งชี้ที่ 3.1	5		6	5	✓
คะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบที่ 35					
องค์ประกอบที่ 4การทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม					
ตัวบ่งชี้ที่ 4.1	5		6	5	✓
คะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบที่ 45					
องค์ประกอบที่ 5การบริหารจัดการ					
ตัวบ่งชี้ที่ 5.1	5		6	5	✓
ตัวบ่งชี้ที่ 5.2	5		5	5	✓

คะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบที่ 5	**5**
คะแนนเฉลี่ยรวมทุกตัวบ่งชี้ของทุกองค์ประกอบ	

ตารางที่ ส.2 ผลการประเมินตนเองตามองค์ประกอบคุณภาพ

องค์ประกอบคุณภาพ	**คะแนนการประเมินเฉลี่ย**					**ผลการประเมิน**
	ตัวบ่งชี้	I	P	O	คะแนนเฉลี่ย	0.00 – 1.50 การดำเนินงานต้องปรับปรุงเร่งด่วน 1.51 – 2.50 การดำเนินงานต้องปรับปรุง 2.51 – 3.50 การดำเนินงานระดับพอใช้ 3.51 – 4.50 การดำเนินงานระดับดี 4.51 – 5.00 การดำเนินงานระดับดีมาก
1	6	4.23	5	3.21	4.32	ดี
2	3	5	5	3.61	4.54	ดีมาก
3	1	-	5	-	5	ดีมาก
4	1	-	5	-	5	ดีมาก
5	2	-	5	-	5	ดีมาก
รวม	13	4.43	5	3.41	4.58	ดีมาก
ผลการประเมิน		ดี	ดีมาก	พอใช้	ดีมาก	

*ตัวบ่งชี้ที่ 1.1 เป็นค่าคะแนนเฉลี่ยของผลการประเมินระดับหลักสูตรทุกหลักสูตร

ตารางวิเคราะห์ผลการประเมินระดับคณะ

องค์ประกอบคุณภาพ	คะแนนการประเมินเฉลี่ย					ผลการประเมิน
	ตัวบ่งชี้	I	P	O	คะแนนเฉลี่ย	0.00 – 1.50 การดำเนินงานต้องปรับปรุงเร่งด่วน 1.51 – 2.50 การดำเนินงานต้องปรับปรุง 2.51 – 3.50 การดำเนินงานระดับพอใช้ 3.51 – 4.50 การดำเนินงานระดับดี 4.51 – 5.00 การดำเนินงานระดับดีมาก
1	6	4.23	5	3.21	4.32	ดี
2	3	5	5	3.61	4.54	ดีมาก
3	1	-	5	-	5	ดีมาก
4	1	-	5	-	5	ดีมาก
5	2	-	4	-	4	ดี
รวม	13	4.43	4.71	-	4.42	ดี
ผลการประเมิน		ดี	ดีมาก	พอใช้	ดี	

*ตัวบ่งชี้ที่ 1.1 เป็นค่าคะแนนเฉลี่ยของผลการประเมินระดับหลักสูตรทุกหลักสูตร

รายงานผลการวิเคราะห์จุดเด่นและจุดที่ควรพัฒนา องค์ประกอบที่ 1 - องค์ประกอบที่ 5

บทที่ 5
รายงานผลการประเมิน (หลังประเมินฯ)

รายนามคณะกรรมการประเมิน

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. พรเทพ ถนนแก้ว)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ นามหาจักร)

..... กรรมการและเลขานุการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วงศ์วีระ วรรณพงศ์)

รายงานผลการประเมินสำหรับกรรมการประเมิน

หน่วยงานรับประเมิน คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

วันเวลาที่รับประเมิน 5 สิงหาคม 2564

สถานที่รับประเมิน ห้องประชุมคณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี (ศูนย์การศึกษาสามพร้าว)

รายนามคณะกรรมการประเมิน

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์.ดร. พรเทพ ถนนแก้ว)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ นามหาจักร)

..... กรรมการและเลขานุการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วงศ์วีระ วรรณพงศ์)

วิธีการประเมิน

คณะกรรมการตรวจประเมินคุณภาพการศึกษาภายในประกอบด้วย รศ.ดร.พรเทพ ถนนแก้วเป็นประธานกรรมการคณะกรรมการประกอบด้วย ผศ.ดรสุวิทย์ นามหาจักร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วงศ์วีระ วรรณพงศ์ เป็นกรรมการและเลขานุการได้ดำเนินการตรวจประเมินในวันที่ 5 เดือนสิงหาคมพ.ศ. 2564

การวางแผนและการประเมิน

1.การเตรียมการและวางแผนก่อนตรวจเยี่ยมโดยศึกษารายงานการประเมินตนเองของคณะเทคโนโลยี ออกแบบการประเมินวางแผนการประเมินประชุมทำความเข้าใจเกณฑ์ประเมินร่วมกันและร่วมกันประเมินตามองค์ประกอบต่าง ๆ รวม 5 องค์ประกอบ 13 ตัวบ่งชี้

2.การดำเนินการระหว่างตรวจเยี่ยมดังนี้

(1) ชี้แจงวัตถุประสงค์และแนะนำบุคลากรที่เกี่ยวข้อง

(2) คณบดีคณะเทคโนโลยีรายงานผลการดำเนินงานโดยสรุป

(3) กรรมการประเมินซักถามประเด็นที่สงสัย

(4) ตรวจสอบเอกสารหลักฐานโดยศึกษาจากเอกสารหลักฐานที่จัดเตรียมไว้

(5) คณะกรรมการตรวจประเมินคุณภาพการศึกษาภายในสรุปผลการประเมินพร้อมทั้งจัดทำรายงานการประเมินผล

(6) รายงานผลการประเมินด้วยวาจา

3.การดำเนินการหลังการตรวจเยี่ยมโดยทำรายงานประเมินตามแบบฟอร์มเพื่อปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของกรรมการต่อคณะงานประกันคุณภาพและมหาวิทยาลัย

วิธีการตรวจสอบความถูกต้องน่าเชื่อถือของข้อมูล

1.ตรวจสอบความถูกต้องจากเอกสารหลักฐานตามรายงานในรายงานการประเมินตนเอง (SAR) ของคณะเทคโนโลยี และหลักฐานที่เกี่ยวข้องตามความสอดคล้องและตามเกณฑ์การประเมินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพการศึกษาของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.)

2.สัมภาษณ์ในประเด็นที่สงสัยจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

3. ตรวจเยี่ยมสภาพจริง

ผลการประเมิน

ตารางที่ ป.1 ผลการประเมินตนเองรายตัวบ่งชี้ตามองค์ประกอบคุณภาพ

ตัวบ่งชี้คุณภาพ	เป้าหมาย	ผลการดำเนินงาน		คะแนนการประเมินตนเอง	การบรรลุเป้าหมาย (✓=บรรลุ× =ไม่บรรลุ)
		ตัวตั้ง / ตัวหาร	ผลลัพธ์ (%หรือสัดส่วน)		
องค์ประกอบที่ 1 การผลิตบัณฑิต					
ตัวบ่งชี้ที่ 1.1	5	51.35/17	3.21	3.22	×
ตัวบ่งชี้ที่ 1.2	5	44/95	46.315	5	✓
ตัวบ่งชี้ที่ 1.3	5	45/95	47.368	3.95	×
ตัวบ่งชี้ที่1.4	5	วศ วท สถ ก	-22.5 -53.0 188.8 -71.5	5 5 0 5 → 3.75	×
ตัวบ่งชี้ที่ 1.5	5		6	5	✓
ตัวบ่งชี้ที่ 1.6	5		6	5	✓
คะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบที่ 14.30					
องค์ประกอบที่ 2การวิจัย					
ตัวบ่งชี้ที่ 2.1	5		6	5	✓
ตัวบ่งชี้ที่ 2.2	5	19,392,860/92	210,791	5	✓
ตัวบ่งชี้ที่ 2.3	5	20.6/95	21.68	3.61	×
คะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบที่ 24.63					
องค์ประกอบที่ 3การบริการวิชาการ					
ตัวบ่งชี้ที่ 3.1	5		6	5	✓
คะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบที่ 35					
องค์ประกอบที่ 4การทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม					
ตัวบ่งชี้ที่ 4.1	5		6	5	✓
คะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบที่ 45					
องค์ประกอบที่ 5การบริหารจัดการ					
ตัวบ่งชี้ที่ 5.1	5		6	5	✓
ตัวบ่งชี้ที่ 5.2	5		5	5	✓

คะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบที่ 5	**5**
คะแนนเฉลี่ยรวมทุกตัวบ่งชี้ของทุกองค์ประกอบ	

ตารางที่ ป.2 ผลการประเมินตนเองตามองค์ประกอบคุณภาพ

องค์ประกอบคุณภาพ	**คะแนนการประเมินเฉลี่ย**					**ผลการประเมิน**
	ตัวบ่งชี้	I	P	O	คะแนนเฉลี่ย	0.00 – 1.50 การดำเนินงานต้องปรับปรุงเร่งด่วน 1.51 – 2.50 การดำเนินงานต้องปรับปรุง 2.51 – 3.50 การดำเนินงานระดับพอใช้ 3.51 – 4.50 การดำเนินงานระดับดี 4.51 – 5.00 การดำเนินงานระดับดีมาก
1	6	4.23	5	3.21	4.32	ดี
2	3	5	5	3.61	4.54	ดีมาก
3	1	-	5	-	5	ดีมาก
4	1	-	5	-	5	ดีมาก
5	2	-	5	-	5	ดีมาก
รวม	13	4.43	5	3.41	4.58	ดีมาก
ผลการประเมิน		ดี	ดีมาก	พอใช้	ดีมาก	

*ตัวบ่งชี้ที่ 1.1 เป็นค่าคะแนนเฉลี่ยของผลการประเมินระดับหลักสูตรทุกหลักสูตร

ตารางวิเคราะห์ผลการประเมินระดับคณะ

องค์ประกอบคุณภาพ	คะแนนการประเมินเฉลี่ย					ผลการประเมิน
	ตัวบ่งชี้	I	P	O	คะแนนเฉลี่ย	0.00 – 1.50 การดำเนินงานต้องปรับปรุงเร่งด่วน 1.51 – 2.50 การดำเนินงานต้องปรับปรุง 2.51 – 3.50 การดำเนินงานระดับพอใช้ 3.51 – 4.50 การดำเนินงานระดับดี 4.51 – 5.00 การดำเนินงานระดับดีมาก
1	6	1.2, 1.3, 1.4	1.5, 1.6	1.1		
2	3	2.2	2.1	2.3		
3	1	-	3.1	-		
4	1	-	4.1	-		
5	2	-	5.1, 5.2	-		
รวม	13	4	7	2		
ผลการประเมิน						

*ตัวบ่งชี้ที่ 1.1 เป็นค่าคะแนนเฉลี่ยของผลการประเมินระดับหลักสูตรทุกหลักสูตร

รายงานผลการวิเคราะห์จุดเด่นและจุดที่ควรพัฒนา องค์ประกอบที่ 1 - องค์ประกอบที่ 5

จุดเด่น

1. คณะมีความหลากหลายของศาสตร์ที่สามารถนำมาบูรณาการเพื่อสร้างองค์ความรู้ นวัตกรรม หรือเทคโนโลยีที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาของชุมชนหรือสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. คณะมีแนวทางหรือนโยบายที่ชัดเจนในการส่งเสริมหรือสนับสนุนการพัฒนาศักยภาพของอาจารย์หรือนักวิจัยทั้งด้านคุณวุฒิ ตำแหน่งทางวิชาการ และความสามารถทางวิชาการและวิชาชีพต่าง ๆ

จุดที่ควรพัฒนา

ด้านการผลิตบัณฑิต

1. คณะควรวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของแต่ละหลักสูตร และหาแนวทางที่เหมาะสมในการส่งเสริมและสนับสนุนการดำเนินงานในด้านต่าง ๆ เช่น การรับนักศึกษา การพัฒนาคุณภาพของอาจารย์ประจำหลักสูตร การบริหารจัดการหลักสูตร สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้ เป็นต้น ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์หรือเป้าประสงค์ของคณะ
2. คณะควรวิเคราะห์ ทบทวนและพิจารณาแนวทางที่จะช่วยให้การจัดกิจกรรมหรือโครงการส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพของนักศึกษาในภาพรวมของคณะ เกิดผลสัมฤทธิ์ที่จะช่วยหล่อหลอมให้นักศึกษาเป็นบัณฑิตที่มีคุณลักษณะตามอัตลักษณ์ที่คณะกำหนด รวมทั้งควรมีการกำกับ ติดตาม และรายงานผลการดำเนินงานอย่างสม่ำเสมอ

ด้านการวิจัย

คณะควรมีการกำหนดทิศทางงานวิจัย รวมทั้งแนวทางและเป้าหมายที่ชัดเจนในการส่งเสริม สนับสนุนหรือสร้างแรงจูงใจให้คณาจารย์หรือนักวิจัยมีการดำเนินงานวิจัยแบบบูรณาการศาสตร์ที่สามารถแก้ประเด็นปัญหาของพื้นที่ (area-based research program) และตอบสนองนโยบายของภาครัฐ หรือความต้องการของภาคเอกชนทั้งในปัจจุบันและอนาคต

ด้านการบริการวิชาการ

คณะควรมีการกำหนดพื้นที่เป้าหมาย โครงการหรือกิจกรรมการให้บริการวิชาการแก่สังคมแบบบูรณาการศาสตร์ที่ชัดเจน รวมทั้งระบบกลไกในการสนับสนุน การกำกับติดตาม และประเมินผลสัมฤทธิ์ของโครงการหรือกิจกรรม เพื่อที่จะช่วยให้ชุมชนเป้าหมายมีการพัฒนาและสามารถพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืน

สัมภาษณ์

หน่วยงาน คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

ผู้สัมภาษณ์ คณะกรรมการประเมินคุณภาพ

ผู้รับสัมภาษณ์.....

วัน/เดือน/ปี สัมภาษณ์ วันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2564

ประเด็นค้นพบจากการสัมภาษณ์

1) .....

.....

.....

.....

.....

.....

สัมภาษณ์

หน่วยงาน.....

ผู้สัมภาษณ์.....

ผู้รับสัมภาษณ์.....

วัน/เดือน/ปี สัมภาษณ์.....

ประเด็นค้นพบจากการสัมภาษณ์

๑๖๑๖/๑ ถนนลาดพร้าว แขวงวังทองหลาง
เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร ๑๐๓๑๐
สายด่วน ๑๓๐๓ www.coe.or.th

ที่ ศว. ๓๓๓๔/๒๕๖๕

๒๗ กรกฎาคม ๒๕๖๕

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
รับที่ ๖๕/๔๘๒๐
วันที่ ๓๐ ก.ค. ๖๕
เวลา ๑๗.๓๖ น.

เรื่อง ส่งเอกสารหลักสูตรเพื่อการขอรับรองปริญญาฯ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

เรียน อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

อ้างถึง หนังสือมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีที่ อว ๐๖๒๒/๑๑๑๐ ลงวันที่ ๑๔ มิถุนายน ๒๕๖๕

ตามที่มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ได้ยื่นเอกสารประกอบการรับรองปริญญาวิศวกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๕) ต่อคณะกรรมการสภาวิศวกร เพื่อพิจารณารับรองปริญญา ประกาศนียบัตร หรือวุฒิบัตรในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ความละเอียดแจ้งแล้ว นั้น

คณะอนุกรรมการรับรองปริญญา ประกาศนียบัตร หรือวุฒิบัตรในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ในการประชุมครั้งที่ ๓๘-๗/๒๕๖๕ เมื่อวันที่ ๑ กรกฎาคม ๒๕๖๕ ได้พิจารณาแล้วมีความเห็นดังนี้

คณะเทคโนโลยี
๐๗๐๔
รับที่
๑ ๒ สค 2565
วันที่
เวลา ๑๐.๗๐ น.
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

๑. วิชาที่นำมาเทียบในองค์ความรู้จะต้องเป็นวิชาบังคับ ดังนั้นขอให้ตัดวิชาเลือกที่นำมาเทียบในองค์ความรู้ออก ดังนี้
   - วิชา ME๔๑๔๐๓ Energy Conservation and Management
   - วิชา ME๔๑๔๐๕ Machine Effciency Analysis for Energy Conservation in Factories
   - วิชา ME๔๑๔๐๖ Renewable and Sustainable Energy Resources
   - วิชา ME๔๑๔๐๗ Building and Industrial Energy Conservation
   - วิชา ME๔๑๔๑๑ Engineering Piping System Design
   - วิชา ME๔๑๔๑๓ Robot Arm Control System
๒. วิชา GE๓๓๐๐๒ Digital Literacy ขอให้ยืนยันว่าบังคับเรียน
๓. ตารางแสดงอัตราส่วนระหว่างอาจารย์ประจำต่อนักศึกษ หน้า ๓๒ ตารางที่ ๑ และตารางที่ ๒ ที่สถาบันการศึกษาใส่ " – " ขอให้เติมจำนวนนักศึกษาจริงแทนเครื่องหมาย

ทั้งนี้ สภาวิศวกรขอให้หน่วยงานของท่านดำเนินการแก้ไขเอกสาร ชี้แจงข้อมูล ระบุเลขหน้า และจัดส่งเอกสารเพิ่มเติมตามรายละเอียดข้างต้น พร้อมทั้งหนังสือนำส่งให้ครบถ้วนในรูปแบบไฟล์ Microsoft Word(.docx) และ PDF พร้อมด้วยหนังสือนำส่งต่อสภาวิศวกร โดยให้จัดส่งทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) education@coe.or.th ภายใน ๓๐ วันทำการ นับจากวันที่ได้รับหนังสือฉบับนี้ หากมีเหตุขัดข้องประการใดกรุณาแจ้งให้ทราบล่วงหน้า เพื่อประโยชน์ในการรักษาสิทธิลำดับการพิจารณารับรองปริญญาฯ ดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดดำเนินการ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พิศิษฐ์ แสง-ชูโต)
เลขาธิการสภาวิศวกร

ฝ่ายมาตรฐานการศึกษาและวิชาชีพ
สายด่วน ๑๓๐๓ ต่อ ๑๒๐๖
e-mail education@coe.or.th

สภาวิศวกร
เลขที่รับ 1310
วันที่ 23 มิ.ย. 65
เวลา 08.15 น.

ที่ อว ๐๖๒๒/๑๑๑๐

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
อ. เมือง จ. อุดรธานี ๔๑๐๐๐

๑๔ มิถุนายน ๒๕๖๕

เรื่อง ส่งเอกสารหลักสูตรเพื่อการขอรับรองปริญญาฯ.สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

เรียน เลขาธิการสภาวิศวกร

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑) คำรับรองตนเอง (Self-Declaration) ของสถาบันการศึกษา สำหรับการขอรับรองปริญญา ประกาศนียบัตร หรือวุฒิบัตรในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สำหรับผู้เข้าศึกษา ปีการศึกษา พ.ศ. ๒๕๖๕ – ๒๕๖๙ จำนวน ๑ เล่ม
๒) แบบการตรวจ (CHECKLIST) สำหรับการรับรองปริญญา ประกาศนียบัตร หรือวุฒิบัตร ในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จำนวน ๑ เล่ม

ด้วยมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ได้พัฒนาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.๒๕๖๕ โดยหลักสูตรดังกล่าว เป็นหลักสูตรที่ได้รับความเห็นชอบจากสภามหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ในการประชุมครั้งที่ ๑๐/๒๕๖๔ เมื่อวันที่ ๓๐ ตุลาคม ๒๕๖๔ และกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม รับทราบหลักสูตร เมื่อวันที่ ๒๕ พฤษภาคม ๒๕๖๕ ไปแล้วนั้น

มหาวิทยาลัย จึงขอส่งเอกสารแบบการตรวจสำหรับการรับรองปริญญา ประกาศนียบัตร หรือวุฒิบัตร ในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมเครื่องกล เพื่อใช้ในการรับรองหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. ๑๕๖๕-๒๕๖๙ ตามสิ่งที่ส่งมาด้วยหมายเลข ๑ – ๒ มายังสภาวิศวกร

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิศรา ธัญสุนทรสกุล)
อธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
โทร. ๐-๔๒๒๑-๑๐๔๐ ต่อ ๑๗๖๐
โทรสาร ๐-๔๒๒๒-๒๔๘๗
www.udru.ac.th

รายละเอียดการแก้ไขตามข้อเสนอแนะของคณะอนุกรรมการรับรองปริญญา ประกาศนียบัตร หรือวุฒิบัตรในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี หลักสูตรปรับปรุง 2565 - 2569

ลำดับที่	รายละเอียดที่ต้องดำเนินการ	คำชี้แจงการแก้ไข	เลขที่หน้าที่ดำเนินการแก้ไข
1	วิชาที่นำมาเทียบในองค์ความรู้จะต้องเป็นวิชาบังคับ ดังนั้น ขอให้ตัดวิชาเลือกที่นำมาเทียบในองค์ความรู้ออก ดังนี้		
	- วิชา ME41403 Energy Conservation and Management	ดำเนินการตัดออกแล้ว ตามความเห็นของคณะอนุกรรมการ ฯ	41
	- วิชา ME41405 Machine Effciency Analysis for Energy Conservation in Factories	ดำเนินการตัดออกแล้ว ตามความเห็นของคณะอนุกรรมการ ฯ	41
	- วิชา ME41406 Renewable and Sustainable Energy Resources	ดำเนินการตัดออกแล้ว ตามความเห็นของคณะอนุกรรมการ ฯ	41
	- วิชา ME41407 Building and Industrial Energy Conservation	ดำเนินการตัดออกแล้ว ตามความเห็นของคณะอนุกรรมการ ฯ	41
	- วิชา ME41411 Engineering Piping System Design	ดำเนินการตัดออกแล้ว ตามความเห็นของคณะอนุกรรมการ ฯ	42
	- วิชา ME41413 Robot Arm Control System	ดำเนินการตัดออกแล้ว ตามความเห็นของคณะอนุกรรมการ ฯ	38, 40, 41
2	วิชา GE33002 Digital Literacy ขอให้ยืนยันว่าบังคับเรียน	ขอตัดออก เนื่องจากมีรายวิชาที่ขอเทียบองค์ความรู้ได้อยู่แล้ว	37
3.1	ตารางแสดงอัตราส่วนระหว่างอาจารย์ประจำต่อนักศึกษ หน้า 32 ตารางที่ 1 ที่สถาบันการศึกษาใส่ “ – “ ขอให้เติมจำนวนนักศึกษาจริงแทนเครื่องหมาย	ดำเนินการแก้ไขแล้ว ใส่จำนวนนักศึกษาตามที่เป็นจริง	32
3.2	ตารางแสดงอัตราส่วนระหว่างอาจารย์ประจำต่อนักศึกษ หน้า 32 ตารางที่ 2 ที่สถาบันการศึกษาใส่ “ – “ ขอให้เติมจำนวนนักศึกษาจริงแทนเครื่องหมาย	ดำเนินการแก้ไขแล้ว ใส่จำนวนนักศึกษาตามที่เป็นจริง	32