



แผนการเรียนรู้

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวส.) พุทธศักราช ๒๕๖๗

สาขาวิชาช่างเชื่อมโลหะ

กลุ่มอาชีพอุตสาหกรรมการผลิต

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม

รหัสวิชา ๓๐๑๐๐-๑๐๑๔

วิชา กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Mechanics)

ภาคเรียนที่ ๑ ปีการศึกษา ๒๕๖๙

จัดทำโดย

นางสาวเกษร สาระบูลย์

สาขาวิชาช่างเชื่อมโลหะ

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

อาชีวศึกษาจังหวัดประจวบคีรีขันธ์
กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

แผนการจัดการเรียนรู้ วิชา กลศาสตร์วิศวกรรม รหัสวิชา ๓๐๑๐๐-๑๐๑๔ ท-ป-น (๓-๐-๓) นี้ มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ ได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นคู่มือประกอบการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาเพื่อพัฒนาผู้เรียนเป็นสำคัญ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช ๒๕๖๗ ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

การจัดทำได้มีการพัฒนาเพื่อให้เหมาะสมกับผู้เรียน โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น ๘ หน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วย

1. ปริมาณเวกเตอร์
2. ระบบแรง
3. โมเมนต์และแรงคู่ควบ
4. ระบบสมดุล
5. โครงสร้าง
6. แรงกระจาย
7. โมเมนต์ความเฉื่อย
8. แรงเสียดทาน

พร้อมทั้ง ใบกิจกรรม แบบทดสอบพร้อมเฉลย และสื่อการเรียนการสอนต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะในสถานการณ์ต่าง ๆ มีทักษะการคิดและแก้ปัญหา และบูรณาการกับการทำงานตามสาขาอาชีพต่าง ๆ ต่อไป

ผู้จัดทำหวังว่าแผนการจัดการเรียนรู้เล่มนี้คงจะเป็นแนวทางและเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน และผู้สนใจทั่วไป หากมีข้อเสนอแนะประการใด ผู้จัดทำยินดีน้อมรับไว้เพื่อปรับปรุงในโอกาสต่อไป

(นางสาวเกษร สาระบุลย์)
สาขาวิชาช่างเชื่อมโลหะ
วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน

สารบัญ

หน้า

คำนำ	๑
สารบัญ	๒
หลักสูตรรายวิชา	๓
ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้	๔
ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้	๘
ตารางกำหนดการจัดการเรียนรู้	๙
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๑ หน่วยที่ ๑ ปริมาณเวกเตอร์	๑๑
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๒ หน่วยที่ ๒ ระบบแรง	๑๘
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๓ หน่วยที่ ๓ โมเมนต์และแรงคู่ควบ	๒๔
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๔ หน่วยที่ ๔ ระบบสมดุล	๓๒
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๕ หน่วยที่ ๕ โครงสร้าง	๓๘
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๖ หน่วยที่ ๖ แรงกระจาย	๔๖
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๗ หน่วยที่ ๗ โมเมนต์ความเฉื่อย	๕๑
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๘ หน่วยที่ ๘ แรงเสียดทาน	๕๖



ลักษณะรายวิชา

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

ประเภทวิชา อุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพ อุตสาหกรรมการผลิต สาขาวิชา ช่างเชื่อมโลหะ

รหัสวิชา ๓๐๑๐๐-๑๐๑๔ ชื่อวิชา กลศาสตร์วิศวกรรม

ทฤษฎี ๓ ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ - ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน ๓ หน่วยกิต

อ้างอิงมาตรฐาน

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

ประยุกต์ใช้หลักสถิติศาสตร์ การใช้เวกเตอร์ช่วย การคำนวณแรงที่กระทำในโครงสร้างรูปแบบต่าง ๆ วิเคราะห์ผลกระทบจากแรงเสียดทาน จุดศูนย์ถ่วง และวิเคราะห์แรงที่กระทำกับชิ้นส่วนเครื่องจักรกลในงานอาชีพ

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

๑. เข้าใจหลักสถิติศาสตร์ การใช้เวกเตอร์ช่วยในการหาขนาดแรงในโครงสร้างและชิ้นส่วนเครื่องกล
๒. สามารถวิเคราะห์แรงในโครงสร้างและชิ้นส่วนเครื่องกล และสามารถแก้ปัญหาสถิติศาสตร์ วิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาชีพ
๓. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการสืบค้นความรู้และใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา มีความละเอียดรอบคอบ และตระหนักถึงความปลอดภัย
๔. สามารถประยุกต์ใช้หลักสถิติศาสตร์ การใช้เวกเตอร์ช่วยในการคำนวณแรงในโครงสร้างและเครื่องจักรกลในงานอาชีพ

สมรรถนะรายวิชา

๑. ประมวลความรู้เกี่ยวกับการหาขนาดแรง โมเมนต์บนระนาบโดยใช้วิธีการฟิกและคำนวณ การคำนวณแรงที่กระทำกับชิ้นส่วน การหาแรงเสียดทานในเครื่องจักรกล
๒. คำนวณจุดศูนย์ถ่วง เซนทรอยด์ และค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของรูปทรงเรขาคณิต วิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้นในโครงสร้างและชิ้นส่วนเครื่องกล
๓. ประยุกต์ใช้หลักสถิติศาสตร์ การใช้เวกเตอร์ช่วยในการคำนวณแรงในโครงสร้างและเครื่องจักรกลในงานอาชีพ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับหลักสถิติศาสตร์ เวกเตอร์ ระบบของแรง โมเมนต์และแรงคู่ควบ สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง จุดศูนย์ถ่วงและจุดเซนทรอยด์ แผนภาพวัตถุอิสระ โมเมนต์ความเฉื่อย หลักการวิเคราะห์โครงสร้าง วิเคราะห์แรงเสียดทานและวิธีการงานเสมือน การแก้ปัญหาโจทย์สถิติศาสตร์วิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาชีพ



ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้

ชื่อวิชา กลศาสตร์วิศวกรรม รหัส ๓๐๑๐๐-๑๐๑๔ ท-ป-น ๓-๐-๓
จำนวน ๓ ชั่วโมง/สัปดาห์ ระดับชั้น ปวส.

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา (Job)

ประยุกต์ใช้หลักสถิติศาสตร์ การใช้เวกเตอร์ช่วย การคำนวณแรงที่กระทำในโครงสร้างรูปแบบต่าง ๆ
วิเคราะห์ผลกระทบจากแรงเสียดทาน จุดศูนย์ถ่วง และวิเคราะห์แรงที่กระทำกับชิ้นส่วนเครื่องจักรกลในงาน
อาชีพ

งานหลัก (Duty)	งานย่อย (Task)	สมรรถนะย่อย (มาตรฐานอาชีพ)	ความรู้ ในการปฏิบัติงาน	ทักษะ ในการปฏิบัติงาน
๑ ปริมาณ เวกเตอร์	๑.๑ องค์ประกอบ ของเวกเตอร์		๑.๑.๑ องค์ประกอบ เวกเตอร์ ๒ มิติ ๑.๑.๒ องค์ประกอบ เวกเตอร์ ๓ มิติ	คำนวณหาขนาดของ เวกเตอร์
	๑.๒ การบวก เวกเตอร์		๑.๒.๑ การหา เวกเตอร์ลัพธ์ของ การบวกเวกเตอร์ใน ๑ มิติ ๑.๒.๒ การหา เวกเตอร์ลัพธ์ของ การบวกเวกเตอร์ใน ๒ มิติ ๑.๒.๓ การหา เวกเตอร์ลัพธ์ของ การบวกเวกเตอร์ใน ๓ มิติ	คำนวณหาเวกเตอร์ ลัพธ์ของการบวก เวกเตอร์
	๑.๓ การคูณ เวกเตอร์		๑.๓.๑ Dot- Product ๑.๓.๒ Cross- Product	คำนวณหาผลคูณ เวกเตอร์
๒ ระบบแรง	๒.๑ ปริมาณ สเกลาร์และ เวกเตอร์		- ปริมาณสเกลาร์ และเวกเตอร์	
	๒.๒ การรวมแรง ในระนาบ		- การรวมแรงใน ระนาบ	คำนวณหาแรงลัพธ์
	๒.๓ การแตกแรง		- การแตกแรง	คำนวณหาแรงย่อยใน แนวแกน x และแกน y



ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้

ชื่อวิชา กลศาสตร์วิศวกรรม รหัส ๓๐๑๐๐-๑๐๑๔ ท-ป-น ๓-๐-๓
จำนวน ๓ ชั่วโมง/สัปดาห์ ระดับชั้น ปวส.

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา (Job)

ประยุกต์ใช้หลักสถิติศาสตร์ การใช้เวกเตอร์ช่วย การคำนวณแรงที่กระทำในโครงสร้างรูปแบบต่าง ๆ วิเคราะห์ผลกระทบจากแรงเสียดทาน จุดศูนย์ถ่วง และวิเคราะห์แรงที่กระทำกับชิ้นส่วนเครื่องจักรกลในงานอาชีพ

งานหลัก (Duty)	งานย่อย (Task)	สมรรถนะย่อย (มาตรฐานอาชีพ)	ความรู้ ในการปฏิบัติงาน	ทักษะ ในการปฏิบัติงาน
	๒.๔ การรวมแรงย่อยแกน x แกน y		- การรวมแรงย่อยแกน x แกน y	คำนวณหาแรงลัพธ์
	๒.๕ ระบบแรงปฏิกิริ		- ระบบแรงปฏิกิริ	คำนวณหาแรงย่อยในแนวแกน x แกน y และแกน z
๓ โมเมนต์และแรงคู่ควบ	๓.๑ โมเมนต์ของแรง		- โมเมนต์ของแรง	คำนวณหาโมเมนต์ของแรง
	๓.๒ โมเมนต์รวมในระนาบ		- โมเมนต์รวมในระนาบ	คำนวณหาโมเมนต์รวม
	๓.๓ โมเมนต์ในปฏิกิริ		- โมเมนต์ในปฏิกิริ	คำนวณหาโมเมนต์ในปฏิกิริ
	๓.๔ โมเมนต์รวมในปฏิกิริ		- โมเมนต์รวมในปฏิกิริ	คำนวณหาโมเมนต์รวมในปฏิกิริ
	๓.๕ แรงคู่ควบ		- แรงคู่ควบ	คำนวณหาแรงคู่ควบ
	๓.๖ การรวมโมเมนต์ของแรงคู่ควบ		- การรวมโมเมนต์ของแรงคู่ควบ	คำนวณหาโมเมนต์รวมของแรงคู่ควบ
๔ ระบบสมดุล	๔.๑ ระบบสมดุล ๒ มิติ		๔.๑.๑ แผนภาพวัตถุอิสระ ๔.๑.๒ สมดุล ๔.๑.๓ สมดุล ๒ แรง และ ๓ แรง	คำนวณโจทย์ปัญหา ระบบสมดุล ๒ มิติ
	๔.๒ ระบบสมดุล ๓ มิติ		- ระบบสมดุล ๓ มิติ	คำนวณโจทย์ปัญหา ระบบสมดุล ๓ มิติ
๕ โครงสร้าง	๕.๑ โครงถัก		๕.๑.๑ การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีจุดยึดต่อ	คำนวณโจทย์ปัญหา โครงถักโดยวิธีจุดยึดต่อ



ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้

ชื่อวิชา กลศาสตร์วิศวกรรม รหัส ๓๐๑๐๐-๑๐๑๔ ท-ป-น ๓-๐-๓
จำนวน ๓ ชั่วโมง/สัปดาห์ ระดับชั้น ปวส.

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา (Job)

ประยุกต์ใช้หลักสถิติศาสตร์ การใช้เวกเตอร์ช่วย การคำนวณแรงที่กระทำในโครงสร้างรูปแบบต่าง ๆ วิเคราะห์ผลกระทบจากแรงเสียดทาน จุดศูนย์ถ่วง และวิเคราะห์แรงที่กระทำกับชิ้นส่วนเครื่องจักรกลในงานอาชีพ

งานหลัก (Duty)	งานย่อย (Task)	สมรรถนะย่อย (มาตรฐานอาชีพ)	ความรู้ ในการปฏิบัติงาน	ทักษะ ในการปฏิบัติงาน
	๕.๒ โครงกรอบ และเครื่องจักรกล		๕.๑.๒ การวิเคราะห์ โครงถักโดยวิธีการ แยกส่วน - โครงกรอบและ เครื่องจักรกล	คำนวณโจทย์ปัญหา โครงถักโดยวิธีการแยก ส่วน คำนวณโจทย์ปัญหา โครงกรอบและ เครื่องจักรกล
๖ แรงกระจาย	๖.๑ จุดศูนย์ถ่วง ๖.๒ จุดเซนทรอยด์ ของพื้นที่ ๖.๓ โมเมนต์อันดับ หนึ่งของพื้นที่ ๖.๔ จุดเซนทรอยด์ ของรูปเรขาคณิต		- จุดศูนย์ถ่วง - จุดเซนทรอยด์ของ พื้นที่ - โมเมนต์อันดับหนึ่ง ของพื้นที่ - จุดเซนทรอยด์ของ รูปเรขาคณิต	คำนวณหาจุดเซน ทรอยด์
๗ โมเมนต์ความ เหนื่อย	๗.๑ โมเมนต์ความ เหนื่อยของพื้นที่ ๗.๒ รัศมีไจเรชันของพื้นที่ ๗.๓ ทฤษฎีแกน ขนานของพื้นที่ ๗.๔ โมเมนต์ความ เหนื่อยของรูป เรขาคณิต		- โมเมนต์ความเหนียว ของพื้นที่ - รัศมีไจเรชันของ พื้นที่ - ทฤษฎีแกนขนาน ของพื้นที่ - โมเมนต์ความเหนียว ของรูปเรขาคณิต	คำนวณหาโมเมนต์ ความเหนียวและรัศมี ไจเรชัน
๘ แรงเสียดทาน	๘.๑ ความเสียด ทาน ๘.๒ ประเภทของ ปัญหาที่เกี่ยวกับ ความเสียดทาน		- ความเสียดทาน - ประเภทของปัญหา ที่เกี่ยวกับความเสียด ทาน - มุมของแรงเสียด ทาน	คำนวณโจทย์ปัญหา แรงเสียดทาน



ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้

ชื่อวิชา กลศาสตร์วิศวกรรม รหัส ๓๐๑๐๐-๑๐๑๔ ท-ป-น ๓-๐-๓
จำนวน ๓ ชั่วโมง/สัปดาห์ ระดับชั้น ปวส.

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา (Job)

ประยุกต์ใช้หลักสถิติศาสตร์ การใช้เวกเตอร์ช่วย การคำนวณแรงที่กระทำในโครงสร้างรูปแบบต่าง ๆ
วิเคราะห์ผลกระทบจากแรงเสียดทาน จุดศูนย์ถ่วง และวิเคราะห์แรงที่กระทำกับชิ้นส่วนเครื่องจักรกลในงาน
อาชีพ

งานหลัก (Duty)	งานย่อย (Task)	สมรรถนะย่อย (มาตรฐานอาชีพ)	ความรู้ ในการปฏิบัติงาน	ทักษะ ในการปฏิบัติงาน
	๘.๓ มุมของแรง เสียดทาน			





ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมกรเรียนรู้

ชื่อวิชา กลศาสตร์วิศวกรรม รหัส ๓๐๑๐๐-๑๐๑๔ ท-ป-น ๓-๐-๓

จำนวน ๓ ชั่วโมง/สัปดาห์ ระดับชั้น ปวส.

หน่วยการเรียนรู้	ระดับความสามารถที่คาดหวัง							รวม	จำนวน ชั่วโมง		
	ด้านความรู้						ด้าน ทักษะ			ด้าน คุณลักษณะ	ด้าน ประยุกต์ ใช้และ รับผิดชอบ
	รู้ จำ	เข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	สร้างสรรค์					
๑. ปริมาณเวกเตอร์		๑	๒	๒				๑	๒	๘	๖
๒. ระบบแรง		๑	๒	๒				๑	๒	๘	๖
๓. โมเมนต์และแรงคู่ควบ		๑	๓	๓				๑	๒	๑๐	๙
๔. ระบบสมดุล		๑	๒	๒				๑	๒	๘	๖
๕. โครงสร้าง		๒	๓	๓				๑	๒	๑๑	๙
๖. แรงกระจาย		๑	๑	๑				๑	๑	๕	๓
๗. โมเมนต์ความเฉื่อย		๑	๑	๑				๑	๑	๕	๓
๘. แรงเสียดทาน		๑	๑	๑				๑	๑	๕	๓
รวมคะแนนระหว่างภาค (ร้อยละ)		๙	๑๕	๑๕				๘	๑๓	๖๐	๔๕
ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา (ร้อยละ)									๔๐	๓	
รวมทั้งรายวิชา									๑๐๐	๔๘	

ระดับความสามารถที่คาดหวัง.....วิเคราะห์ให้สอดคล้องจุดประสงค์รายวิชาหรือสูงกว่า

ด้านความรู้ (พุทธิพิสัย)	ด้านทักษะ (ทักษะพิสัย)	ด้านคุณลักษณะฯ (จิตพิสัย)
K๑ = ความรู้ ความจำ	S๑ = เลียนแบบ	A๑ = รับผิดชอบ
K๒ = ความเข้าใจ	S๒ = ทำได้ตามแบบ	A๒ = ตอบสนอง
K๓ = การนำไปใช้	S๓ = ทำได้ถูกต้อง	A๓ = การสร้างคุณค่า
K๔ = การวิเคราะห์	S๔ = ทำได้อย่างต่อเนื่อง	A๔ = จิตระบบคุณค่านิยม
K๕ = การประเมินค่า	S๕ = ทำได้อย่างเป็นธรรมชาติ	A๕ = การสร้างลักษณะนิสัย
K๖ = การสร้างสรรค์		

ด้านประยุกต์ใช้และรับผิดชอบ (ความสามารถประยุกต์ใช้และรับผิดชอบ)

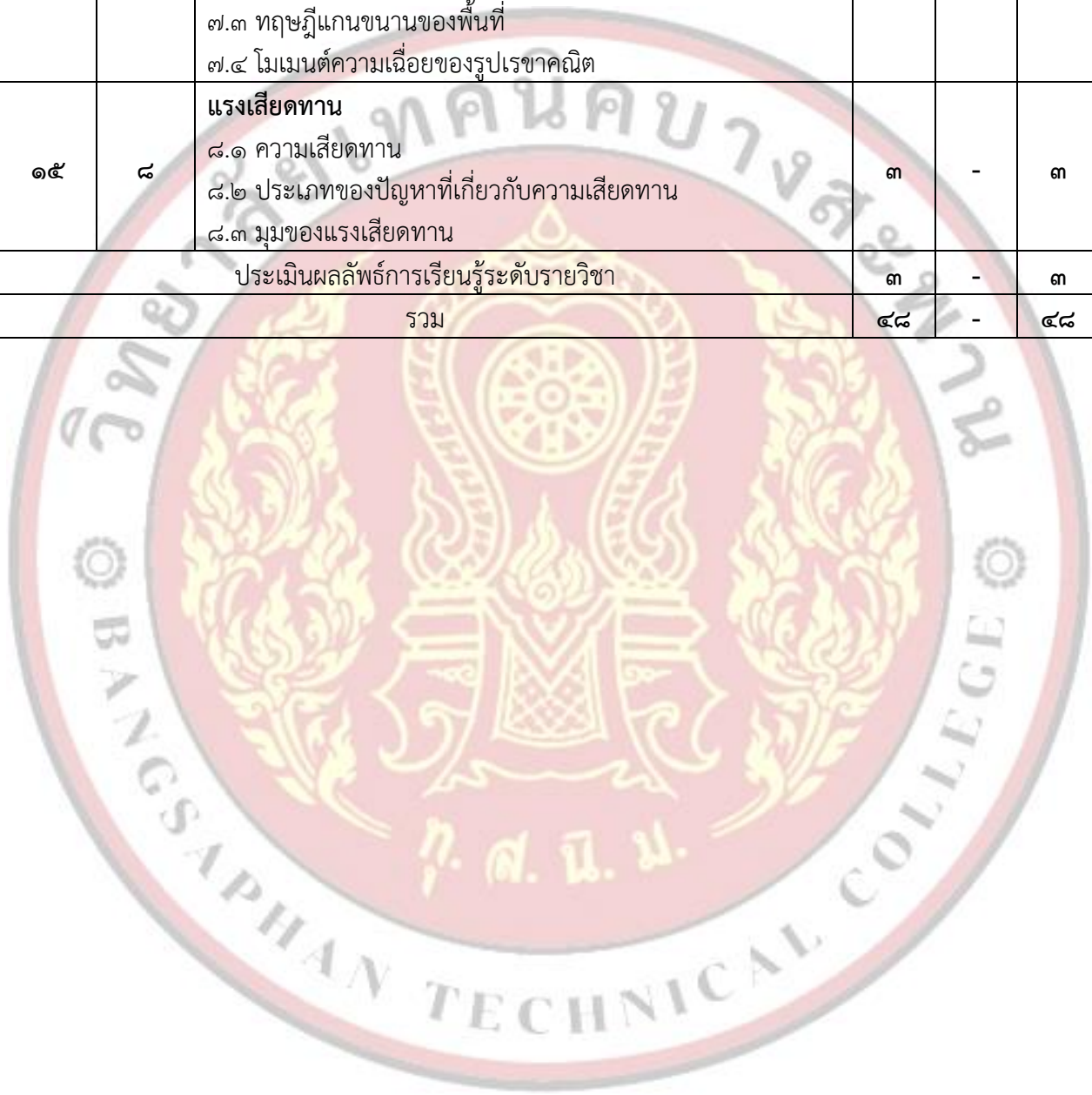
- Ap๑ = สามารถปฏิบัติงานตามแบบแผนที่กำหนด
- Ap๒ = สามารถปฏิบัติงานตามแบบแผน และปรับตัวภายใต้ความเปลี่ยนแปลงที่ไม่ซับซ้อน
- Ap๓ = สามารถวางแผนการปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายและแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานที่ไม่อยู่ภายใต้การควบคุมในบางเรื่อง โดยประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะทางวิชาชีพ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
- Ap๔ = สามารถวางแผนการปฏิบัติงานที่รับผิดชอบ ปรับตัวและแก้ไขปัญหาการปฏิบัติงานที่ไม่คุ้นเคยหรือซับซ้อนและเป็นนามธรรม โดยประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะทางวิชาชีพ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
- Ap๕ = สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะทางวิชาชีพ เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการวางแผนแก้ไขปัญหาและพัฒนา นวัตกรรมตามสายอาชีพ




ตารางกำหนดการจัดการเรียนรู้
ชื่อวิชา กลศาสตร์วิศวกรรม รหัส ๓๐๑๐๐-๑๐๑๔ ท-ป-น ๓-๐-๓
จำนวน ๓ ชั่วโมง/สัปดาห์ ระดับชั้น ปวส.

ครั้งที่	หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	เวลาเรียน (ชม.)		
			ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
๑	๑	ปริมาณเวกเตอร์ ๑.๑ องค์ประกอบของเวกเตอร์ ๑.๒ การบวกเวกเตอร์	๓	-	๓
		๑.๓ การคูณเวกเตอร์	๓	-	๓
๓	๒	ระบบแรง ๒.๑ ปริมาณสเกลาร์และเวกเตอร์ ๒.๒ การรวมแรงในระนาบ	๓	-	๓
๔		๒.๓ การแตกแรง ๒.๔ การรวมแรงย่อยแกน x แกน y ๒.๕ ระบบแรงปริภูมิ	๓	-	๓
๕	๓	โมเมนต์และแรงคู่ควบ ๓.๑ โมเมนต์ของแรง ๓.๒ โมเมนต์รวมในระนาบ	๓	-	๓
๖		๓.๓ โมเมนต์ในปริภูมิ ๓.๔ โมเมนต์รวมในปริภูมิ	๓	-	๓
๗		๓.๕ แรงคู่ควบ ๓.๖ การรวมโมเมนต์ของแรงคู่ควบ	๓	-	๓
๘		ระบบสมดุล ๔.๑ ระบบสมดุล ๒ มิติ	๓	-	๓
๙	๔.๒ ระบบสมดุล ๓ มิติ	๓	-	๓	
๑๐	๕	โครงสร้าง ๕.๑ โครงถัก ๕.๑.๑ การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีจุดยึดต่อ	๓	-	๓
๑๑		๕.๑.๒ การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีการแยกส่วน	๓	-	๓
๑๒		๕.๒ โครงกรอบและเครื่องจักรกล	๓	-	๓
๑๓	๖	แรงกระจาย ๖.๑ จุดศูนย์กลาง ๖.๒ จุดเซนทรอยด์ของพื้นที่ ๖.๓ โมเมนต์อันดับหนึ่งของพื้นที่ ๖.๔ จุดเซนทรอยด์ของรูปเรขาคณิต	๓	-	๓

ครั้งที่	หน่วย	หน่วยการเรียนรู้	เวลาเรียน (ชม.)		
			ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
		ทฤษฎี			
๑๔	๗	โมเมนต์ความเฉื่อย ๗.๑ โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ ๗.๒ รัศมีจายเรชั่นของพื้นที่ ๗.๓ ทฤษฎีแกนขนานของพื้นที่ ๗.๔ โมเมนต์ความเฉื่อยของรูปเรขาคณิต	๓	-	๓
๑๕	๘	แรงเสียดทาน ๘.๑ ความเสียดทาน ๘.๒ ประเภทของปัญหาที่เกี่ยวกับความเสียดทาน ๘.๓ มุมของแรงเสียดทาน	๓	-	๓
		ประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา	๓	-	๓
		รวม	๔๘	-	๔๘



	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๑	หน่วยที่.....๑.....
	รหัสวิชา...๓๐๑๐๐-๑๐๑๔ ชื่อวิชา...กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Mechanics)	สอนครั้งที่.....๑-๒..
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้...ปริมาณเวกเตอร์	ทฤษฎี.....๖.....ชม. ปฏิบัติ.....- ชม.
ชื่อเรื่อง.....ปริมาณเวกเตอร์..		

สาระสำคัญ

ปริมาณเวกเตอร์เป็นปริมาณที่ต้องทราบทั้งขนาดและทิศทางจึงจะทำให้เกิดความเข้าใจ เช่นการบอกตำแหน่งที่อยู่ของนักศึกษาว่าห่างจากวิทยาลัยไปทางทิศเหนือ ๒ กิโลเมตร ปริมาณเวกเตอร์เป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทางเป็นองค์ประกอบ การนำปริมาณเวกเตอร์มาบวก ลบ คูณกัน จะไม่สามารถทำได้เหมือนกับคณิตศาสตร์ ดังนั้นเราจึงต้องศึกษาวิธีการบวก ลบ และคูณ ปริมาณเวกเตอร์ เพื่อใช้ในการหาเวกเตอร์ลัพธ์

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

คำนวณหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในแนวแกน x, y และ z เวกเตอร์ลัพธ์ของการบวกเวกเตอร์และผลลัพธ์ของการคูณเวกเตอร์ด้วยความละเอียด รอบคอบ

อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

๑. มาตรฐานอาชีพ..... - สมรรถนะย่อย..... -
๒. บูรณาการกลุ่มอาชีพ..... -

สมรรถนะประจำหน่วย

๑. ท้องค์ประกอบของเวกเตอร์ในแนวแกน x, y และ z ได้
๒. หาเวกเตอร์ลัพธ์ของการบวกเวกเตอร์ได้
๓. หาผลลัพธ์ของการคูณเวกเตอร์ได้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

๑. บอกความหมายของปริมาณเวกเตอร์ได้
๒. หาแรงรวมในระนาบได้
๓. คำนวณหาแรงย่อยโดยการแตกแรงได้
๔. คำนวณหาแรงรวมจากแรงย่อยในระนาบ x y ได้
๕. คำนวณแรงในระบบปริภูมิได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

นำเสนอเกี่ยวกับปริมาณเวกเตอร์ได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการสืบค้นความรู้และใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา มีความละเอียด รอบคอบ และตระหนักถึงความปลอดภัย

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับปริมาณเวกเตอร์ในการแก้ปัญหาโจทย์สถิตศาสตร์วิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาชีพ

สาระการเรียนรู้

- ๑.๑ องค์ประกอบของเวกเตอร์
 - ๑.๑.๑ องค์ประกอบเวกเตอร์ ๒ มิติ
 - ๑.๑.๒ องค์ประกอบเวกเตอร์ ๓ มิติ
- ๑.๒ การบวกเวกเตอร์
 - ๑.๒.๑ การหาเวกเตอร์ลัพธ์ของการบวกเวกเตอร์ใน ๑ มิติ
 - ๑.๒.๒ การหาเวกเตอร์ลัพธ์ของการบวกเวกเตอร์ใน ๒ มิติ
 - ๑.๒.๓ การหาเวกเตอร์ลัพธ์ของการบวกเวกเตอร์ใน ๓ มิติ
- ๑.๓ การคูณเวกเตอร์
 - ๑.๓.๑ Dot-Product
 - ๑.๓.๒ Cross-Product

การบูรณาการกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

- ๖.๑ ความพอประมาณ
 - การดำเนินชีวิตหรือทำหน้าที่ในสถาบันต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ไม่เกินกำลัง ไม่ฟุ่มเฟือย และไม่เบียดเบียนผู้อื่น
- ๖.๒ ความมีเหตุผล
 - ใช้เหตุและผลในการตัดสินใจ คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นต่อตนเองและสังคม
- ๖.๓ การมีภูมิคุ้มกันที่ดี
 - การเตรียมความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรม
- ๖.๔ เงื่อนไขความรู้
 - การมีความรู้รอบด้านสถาบันทางสังคมและหน้าที่ต่างๆของสถาบันทางสังคม
- ๖.๕ เงื่อนไขคุณธรรม
 - มีความรับผิดชอบ และสนใจใฝ่ศึกษาหาความรู้
- ๖.๖. ๔ มิติ สมดุลและพร้อมรับการเปลี่ยนแปลง
 - ๖.๖.๑ ด้านวัตถุ/เศรษฐกิจ สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจอย่างพอเพียง ไม่ฟุ่มเฟือย และ รู้จักใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า
 - ๖.๖.๒ ด้านสังคม สังคมควรมีความเอื้อเฟื้อ เกื้อกูล เคารพกติกา และอยู่ร่วมกันอย่างสันติ
 - ๖.๖.๓ ด้านวัฒนธรรม สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรู้คุณค่า และรักษาสมดุลของ สิ่งแวดล้อม
 - ๖.๖.๔ ด้านสิ่งแวดล้อม วัฒนธรรมเป็นรากฐานที่ช่วยให้สังคมดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและมีเอกลักษณ์
- ๖.๗ ศาสตร์ด้านการพัฒนา
 - ๖.๗.๑ ศาสตร์สากล ๖.๗.๒ ศาสตร์พระราชา เป็นความรู้ ทฤษฎี และแนวคิดสากลที่ใช้ในการพัฒนาสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และการศึกษา โดย อาศัยหลักวิทยาศาสตร์ เหตุผล และกระบวนการทางวิชาการที่ทั่วโลกยอมรับ องค์กรวม มองวัฒนธรรมสัมพันธ์กับปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม
 - ๖.๗.๓ ศาสตร์ภูมิปัญญาท้องถิ่น ประสบการณ์ของคนในชุมชน ถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น มีความเหมาะสมกับวิถีชีวิต วัฒนธรรม และ สิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น
- ๖.๘. ๔ พระบรมราโชบายด้านการศึกษาของในหลวงรัชการที่ ๑๐
 - ๖.๘.๑ มีทัศนคติที่ถูกต้องต่อบ้านเมือง มีความรู้ความเข้าใจต่อชาติบ้านเมือง

- ๖.๘.๒ มีพื้นฐานมีชีวิตที่มั่นคง เข้มแข็ง มีคุณธรรม ปฏิบัติแต่สิ่งที่ชอบ สิ่งที่ดีงาม
- ๖.๘.๓ มีงานทำ มีอาชีพ ต้องสนับสนุนผู้สำเร็จหลักสูตร มีอาชีพมีงาน จนสามารถเลี้ยงดูตนเองและครอบครัว
- ๖.๘.๔ เป็นพลเมืองที่ดีมีระเบียบวินัย การเป็นพลเมืองดี มีระเบียบวินัยและรู้จักรับผิดชอบในหน้าที่ของตนเอง

กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๑/๑๕ ชั่วโมงที่ ๑-๓/๔๘)

ขั้นเตรียม (Preparation)

๑. นักศึกษาเข้าแถวหน้าชั้นเรียน ครูตรวจสอบความเรียบร้อย ขานชื่อเพื่อตรวจสอบรายชื่อ
๒. ครูชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับผลลัพธ์การเรียนรู้ จุดประสงค์ สมรรถนะและคำอธิบายรายวิชา การวัดผล และประเมินผลการเรียน คุณลักษณะนิสัยที่ต้องการให้เกิดขึ้น และข้อตกลงในการเรียน
๓. นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ ๑ เรื่องปริมาณเวกเตอร์

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up / Motivation)

๔. ครูฉายวิดีโอสั้นเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ เช่น ลูกบอลที่กลิ้งไปตามพื้นแล้วถูกเตะออกไปอีกทิศหนึ่ง จากนั้นตั้งคำถามกระตุ้นความคิด ดังนี้
 - ถ้าลูกบอลเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออก แล้วมีแรงเตะไปทางทิศเหนือพร้อมกัน ผลการเคลื่อนที่จะออกมาเป็นอย่างไร
 - เราจะอธิบายทิศทางและขนาดของการเคลื่อนที่อย่างไร
๕. ครูเชื่อมโยงเข้าสู่หัวข้อ “เวกเตอร์” และ “การบวกเวกเตอร์”

ขั้นการสอน / การนำเสนอเนื้อหา (Presentation)

๖. ครูอธิบายพร้อมยกตัวอย่าง และให้นักศึกษาช่วยกันอภิปรายร่วมกันกับครู ในหัวข้อ ๑.๑ องค์ประกอบของเวกเตอร์ และ ๑.๒ การบวกเวกเตอร์

ขั้นฝึกฝน / ลงมือปฏิบัติ (Practice)

๗. แบ่งนักศึกษา กลุ่มละ ๓-๔ คน ช่วยกันทำแบบฝึกหัดที่ ๑.๑ การหาขนาดของเวกเตอร์ และแบบฝึกหัดที่ ๑.๒ การหาเวกเตอร์ลัพธ์
๘. ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจคำตอบของกลุ่มอื่นที่ออกมานำเสนอ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหาของคำตอบ

ขั้นประยุกต์ใช้ (Production / Application)

๙. ครูให้นักศึกษากลุ่มเดิม ช่วยกันคิดสถานการณ์จริงที่มีการใช้ปริมาณเวกเตอร์ เช่น
 - เรือกำลังวิ่งไปทิศตะวันออก 5 m/s และกระแสน้ำพัดไปทางทิศเหนือ 2 m/s
 - นักศึกษาต้องคำนวณเวกเตอร์ลัพธ์และอธิบายทิศทาง
๑๐. จากนั้นครูสุ่มให้ตัวแทนกลุ่มแต่ละกลุ่ม ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจสถานการณ์ว่าสอดคล้องกับปริมาณเวกเตอร์หรือไม่ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหา

ขั้นสรุป / ประเมินผล (Wrap up / Assessment)

๑๑. ครูตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ เช่น
 - ถ้ารู้ขนาดและมุมของเวกเตอร์ เราจะหาค่าประกอบได้อย่างไร
 - การบวกเวกเตอร์ต่างจากการบวกตัวเลขทั่วไปอย่างไร
- และให้นักศึกษาเขียนสรุปความรู้ ๓-๕ บรรทัด

กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๒/๑๕ ชั่วโมงที่ ๔-๖/๔๘)

ขั้นเตรียม (Preparation)

๑. นักศึกษาเข้าแถวหน้าชั้นเรียน ครูตรวจสอบความเรียบร้อย ขานชื่อเพื่อตรวจสอบรายชื่อ
๒. ครูสุ่มถามทบทวนเนื้อหาเกี่ยวกับองค์ประกอบของเวกเตอร์และการบวกเวกเตอร์

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up / Motivation)

๓. ครูแสดงภาพที่เกี่ยวข้อง เช่น การคำนวณงาน ($Work = F \cdot d$) หรือแรงบิด ($Torque = r \times F$) จากนั้นครูซักถามกระตุ้นความคิด ดังนี้

- ทำไมงานถึงคำนวณจาก $F \cos\theta \times d$
- ทำไมประตูที่จับใกล้บานพับถึงเปิดยากกว่า

๔. ครูเชื่อมโยงเข้าสู่หัวข้อ “Dot Product” และ “Cross Product” ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในฟิสิกส์และวิศวกรรม

ขั้นการสอน / การนำเสนอเนื้อหา (Presentation)

๕. ครูอธิบายพร้อมยกตัวอย่าง และให้นักศึกษาช่วยกันอภิปรายร่วมกันกับครู ในหัวข้อ ๑.๓ การคูณเวกเตอร์ ดังนี้

-**Dot Product** ความหมาย: ผลคูณเชิงสเกลาร์ (Scalar Product) สูตร ความหมายทางฟิสิกส์ เช่น งาน (Work)

-**Cross Product** ความหมาย: ผลคูณเชิงเวกเตอร์ (Vector Product) สูตรปริมาณ ทิศทางตามกฎมือขวา การเขียนในรูปดีเทอร์มิแนนต์

ขั้นฝึกฝน / ลงมือปฏิบัติ (Practice)

๖. แบ่งนักศึกษา กลุ่มละ ๓-๔ คน ช่วยกันทำ กิจกรรมฝึกแบบมีโครงนำ โดยทำเป็นรายบุคคล ดังนี้

-ทำตัวอย่าง dot product จากโจทย์ที่กำหนด เช่น หาผลคูณเชิงสเกลาร์ของเวกเตอร์สองตัว หามุมระหว่างเวกเตอร์จาก dot product

-ทำตัวอย่าง cross product หาส่วนประกอบของเวกเตอร์ผลคูณ ใช้กฎมือขวาหาทิศทางของเวกเตอร์ผลลัพธ์ ตรวจสอบคำตอบด้วยการแทนค่าในดีเทอร์มิแนนต์

๗. ครูเดินตรวจงาน ช่วยอธิบายจุดที่นักศึกษามีข้อสงสัย เช่น ทิศทางของ cross product

๘. จากนั้นนำคำตอบของแต่ละคนมาช่วยกันตรวจสอบ เพื่อสรุปเป็นคำตอบของกลุ่ม

๙. ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจคำตอบของกลุ่มอื่นที่ออกมานำเสนอ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหาของคำตอบ

ขั้นประยุกต์ใช้ (Production / Application)

๑๐. ครูให้นักศึกษากลุ่มเดิม ช่วยกันวิเคราะห์สถานการณ์ เช่น คำนวณงานที่แรงกระทำต่อวัตถุในทิศทางทำมุมกับการเคลื่อนที่ คำนวณแรงบิดที่เกิดจากแรงที่มากกระทำที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งในระบบกลไก

๑๑. จากนั้นให้นักศึกษาเขียนแผนภาพเวกเตอร์และอธิบายขั้นตอน

๑๒. จากนั้นครูสุ่มให้ตัวแทนกลุ่มแต่ละกลุ่ม ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียนสั้น ๆ และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจคำตอบของกลุ่มอื่นที่ออกมานำเสนอ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหาของคำตอบ

ขั้นสรุป / ประเมินผล (Wrap up / Assessment)

๑๓. ครูตั้งคำถามสรุป โดยให้นักศึกษาช่วยกันตอบ ดังนี้

-Dot Product ให้ผลลัพธ์เป็นปริมาณชนิดใด

-ทิศทางของ Cross Product หาจากอะไร

-ถ้ามุมระหว่างเวกเตอร์เป็น 90° จะเกิดอะไรขึ้นกับ dot และ cross product

๑๔. ครูมอบหมายให้ทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๑ เป็นการบ้าน เพื่อนำส่งในการเรียนครั้งต่อไป

๑๕. นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ ๑ เรื่องปริมาณเวกเตอร์

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ ๑, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน วิดีโอสั้นเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ ภาพที่เกี่ยวข้อง เช่น ภาพการคำนวณงาน

หลักฐานการเรียนรู้

หลักฐานความรู้

๑. ผลการทำแบบฝึกหัดที่ ๑.๑-๑.๒

๒. ผลการทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๑

๓. ผลการตรวจแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ ๑

หลักฐานการปฏิบัติงาน

๑. ผลการทำแบบฝึกหัดที่ ๑.๑-๑.๒

๒. ผลประเมินการนำเสนอกิจกรรมหัวข้อปริมาณเวกเตอร์

หลักฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์

๑. ผลประเมินตามแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง

การวัดและประเมินผล

เครื่องมือวัด	วิธีวัด	การประเมินตามเกณฑ์
๑. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ ๑	ทดสอบ-ตรวจแบบทดสอบ	(ไว้เปรียบเทียบกับหลังเรียน)
๒. แบบทดสอบหน่วยที่ ๑	ปฏิบัติ-ตรวจแบบฝึกหัด	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๓. แบบฝึกหัดที่ ๑.๑-๑.๒	ปฏิบัติ-ประเมิน	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๔. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ ๑	ทดสอบ-ตรวจแบบทดสอบ	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๕. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	สังเกต/ผู้เรียนประเมินตนเอง	เกณฑ์ผ่าน ๗๐%

งานที่มอบหมาย

๑. งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๑

๒. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับปริมาณเวกเตอร์

เอกสารอ้างอิง

อรุณฤมล พูลศิริ จันทร์สะอาด. (๒๕๖๗). กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Mechanics)

(๓๐๑๐๐-๑๐๑๔). เอ็มพีเอ็น.

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๑/๑๕, ชั่วโมงที่ ๑-๓/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....
.....
.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....
.....
.....

๓. การแก้ไขปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....
.....
.....

๓.๒) แนวทางแก้ไขปัญหาในครั้งต่อไป

.....
.....
.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๒/๑๕, ชั่วโมงที่ ๔-๖/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....
.....
.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....
.....
.....

๓. การแก้ไขปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....
.....
.....

๓.๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

ลงชื่อ


(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

เกณฑ์ประเมินการนำเสนอกิจกรรม หัวข้อปริมาณเวกเตอร์ (คะแนนเต็ม ๒๐ คะแนน, เกณฑ์ผ่าน $\geq 50\%$)

รายการประเมิน	ดีมาก (๔)	ดี (๓)	พอใช้ (๒)	ต้องปรับปรุง (๑)
๑. เนื้อหาความถูกต้อง (Accuracy)	อธิบายปริมาณเวกเตอร์ ขนาด ทิศทาง และการดำเนินการ (บวก, dot product, cross product) ถูกต้องครบถ้วน ไม่มีข้อผิดพลาด	อธิบายเนื้อหาส่วนใหญ่ถูกต้อง มีข้อผิดพลาดเล็กน้อยแต่เข้าใจได้	มีข้อผิดพลาดหลายจุด แต่เข้าใจแนวคิดพื้นฐานของเวกเตอร์	เนื้อหาผิดพลาดมาก ไม่ตรงหลักการ วิศวกรรม
๒. ความเข้าใจหลักการ (Concept Understanding)	อธิบายหลักการของเวกเตอร์ชัดเจน ครอบคลุมประเภทเวกเตอร์ (สเกลาร์/เวกเตอร์) ขนาด ทิศทาง และการดำเนินการ เชื่อมโยงแนวคิดได้ดี	อธิบายประเด็นหลักได้ดี แต่ไม่ครบทุกด้าน	อธิบายได้เพียงบางส่วน ขาดการเชื่อมโยงแนวคิด	อธิบายไม่เข้าใจ ไม่สามารถเชื่อมโยงหลักการกับเวกเตอร์
๓. การยกตัวอย่างและคำนวณ (Application & Calculation)	ยกตัวอย่างสอดคล้องกับงานวิศวกรรม เช่น แรงเวกเตอร์งาน แรงบิด และแสดงขั้นตอนคำนวณ ครบถ้วน ถูกต้อง	ตัวอย่างเหมาะสมและคำนวณถูกต้องส่วนใหญ่	ตัวอย่างไม่สอดคล้องงานวิศวกรรม หรือคำนวณผิดพลาดหลายจุด	ไม่ยกตัวอย่างหรือคำนวณผิดทั้งหมด
๔. การสื่อสาร/การนำเสนอ (Communication)	พูดชัดเจน ลำดับเนื้อหาต่อเนื่อง ใช้สื่อช่วย เช่น แผนภาพเวกเตอร์ ช่วยให้เข้าใจง่าย	พูดค่อนข้างชัด ลำดับเนื้อหาดีระดับหนึ่ง	พูดไม่ค่อยชัด ลำดับเนื้อหาไม่ต่อเนื่อง	พูดไม่ชัด ขาดความต่อเนื่อง ทำให้ผู้ฟังไม่เข้าใจ
๕. การทำงานร่วมกัน (Teamwork)	สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วม แบ่งหน้าที่ชัดเจน ทำงานร่วมกันเป็นทีม	ร่วมมือดี แต่บางคนมีส่วนร่วมน้อย	มีสมาชิกบางคนไม่ร่วมมืออย่างเห็นได้ชัด	ขาดความร่วมมือ ไม่ประสานงาน ไม่เป็นทีม

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๒	หน่วยที่.....๒.....
	รหัสวิชา...๓๐๑๐๐-๑๐๑๔ ชื่อวิชา...กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering.Mechanics)	สอนครั้งที่...๓-๔...
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้...ระบบแรง	ทฤษฎี.....๒.....ชม. ปฏิบัติ..... ชม.
ชื่อเรื่อง...ระบบแรง		

สาระสำคัญ

แรงเป็นหัวใจสำคัญของกลศาสตร์วิศวกรรม ความรู้เกี่ยวกับระบบแรงจะเป็นพื้นฐานที่จำเป็นต้องใช้ในการศึกษากลศาสตร์ในขั้นสูงต่อไป เช่น การวิเคราะห์โครงสร้าง การวิเคราะห์ความเค้น แรงเป็นเวกเตอร์ชนิดหนึ่ง ซึ่งต้องมีการกำหนดทั้งขนาดและทิศทาง การรวมแรงจึงไม่สามารถทำแบบพีชคณิตทั่วไปได้ ในหน่วยการเรียนรู้นี้เป็นการศึกษาลักษณะของแรงการรวมแรงแบบต่าง ๆ ทั้งในระนาบและระบบปริภูมิ

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

คำนวณหาแรงรวมในระนาบ แรงย่อยโดยการแตกแรง แรงรวมจากแรงย่อยในระนาบ x และ y และแรงในระบบปริภูมิด้วยความละเอียด รอบคอบ

อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

- มาตรฐานอาชีพ..... สมรรถนะย่อย.....
- บูรณาการกลุ่มอาชีพ.....

สมรรถนะประจำหน่วย

- แสดงการหาแรงย่อยในแนวแกน x แกน y ของแรงที่กำหนดให้
- คำนวณหาแรงลัพธ์ของแรงหลายแรงที่กำหนดให้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

- บอกความหมายของสเกลาร์และเวกเตอร์ได้
- หาแรงรวมในระนาบได้
- คำนวณหาแรงย่อยโดยการแตกแรงได้
- คำนวณหาแรงรวมจากแรงย่อยในระนาบ $x y$ ได้
- คำนวณหาแรงในระบบปริภูมิได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

นำเสนอเกี่ยวกับระบบแรงได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการสืบค้นความรู้และใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา มีความละเอียด รอบคอบ และตระหนักถึงความปลอดภัย

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับระบบแรงช่วยในการแก้ปัญหาโจทย์สถิตศาสตร์วิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาชีพ

สาระการเรียนรู้

- ๒.๑ ปริมาณสเกลาร์และเวกเตอร์
- ๒.๒ การรวมแรงในระนาบ
- ๒.๓ การแตกแรง
- ๒.๔ การรวมแรงย่อยแกน x แกน y
- ๒.๕ ระบบแรงปริภูมิ

กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๓/๑๕ ชั่วโมงที่ ๗-๙/๔๘)

ขั้นเตรียม (Preparation)

๑. นักศึกษาเข้าแถวหน้าชั้นเรียน ครูตรวจสอบความเรียบร้อย ขานชื่อเพื่อตรวจสอบรายชื่อ
๒. นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ ๒ เรื่องระบบแรง

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up / Motivation)

๓. ครูเริ่มด้วยการแสดงภาพของการตั้งรถเข็นหรือการลากวัตถุ จากนั้นซักถามนักศึกษา ดังนี้
 - คิดว่าแรงที่ใช้ตั้งรถเข็นมีทิศทางอย่างไร
 - แรงมีค่าหรือทิศทางเพียงอย่างเดียวหรือไม่
๔. ครูสรุปเชื่อมโยงสู่เนื้อหาเข้าสู่บทเรียน แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ ส่วนปริมาณ เช่น มวล ความยาว เป็นสเกลาร์

ขั้นการสอน / การนำเสนอเนื้อหา (Presentation)

๕. ครูอธิบายพร้อมยกตัวอย่าง และให้นักศึกษาช่วยกันอภิปรายร่วมกันกับครู ในหัวข้อ ๒.๑ ปริมาณสเกลาร์และเวกเตอร์ และ ๒.๒ การรวมแรงในระนาบ ดังนี้
 - อธิบายปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์
 - สาธิตการรวมแรงในระนาบ ได้แก่ การวาดเวกเตอร์ต่อหัว-ต่อท้าย วิธีแยกแนวแกน

ขั้นฝึกฝน / ลงมือปฏิบัติ (Practice)

๖. แบ่งนักศึกษา กลุ่มละ ๓-๔ คน ช่วยกันทำแบบฝึกหัดที่ ๒.๑ การรวมแรงในระนาบ
๗. ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียนและให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจคำตอบของกลุ่มอื่นที่ออกมานำเสนอ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหาของคำตอบ

ขั้นประยุกต์ใช้ (Production / Application)

๘. ครูให้นักศึกษากลุ่มเดิม ช่วยกันคิดสถานการณ์จริง เช่น สองคนดึงโต๊ะไปในทิศทางต่างกัน 45° และ 30° จากแกน x ให้คำนวณแรงรวมและแสดงเป็นเวกเตอร์บนกราฟ
๙. จากนั้นครูสุ่มให้ตัวแทนกลุ่มแต่ละกลุ่ม ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจสอบสถานการณ์ว่าสอดคล้องกับระบบแรงหรือไม่ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหา

ขั้นสรุป / ประเมินผล (Wrap up / Assessment)

๑๐. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเกี่ยวกับความแตกต่างสเกลาร์และเวกเตอร์ วิธีรวมแรงในระนาบ โดยใช้แบบฝึกหัดที่ ๒.๑ มาเป็นประเด็นในการสรุป

กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๔/๑๕ ชั่วโมงที่ ๑๐-๑๒/๔๘)

ขั้นเตรียม (Preparation)

1. นักศึกษาเข้าแถวหน้าชั้นเรียน ครูตรวจสอบความเรียบร้อย ขานชื่อเพื่อตรวจสอบรายชื่อ
2. ครูสุ่มถามทบทวนเนื้อหาเกี่ยวกับการรวมแรงในระนาบ

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up / Motivation)

3. ครูเริ่มด้วยการสาธิตการดึงวัตถุด้วยเชือกหลายเส้นที่ทำมุมต่างกัน จากนั้นซักถามนักศึกษา ดังนี้
 - แรงที่เกิดขึ้นบนวัตถุมีทิศทางและขนาดอย่างไร
 - เราจะสามารถแยกแรงออกเป็นส่วนที่วัดตามแกน x และ y ได้หรือไม่
4. ครูสรุปเชื่อมโยงสู่เนื้อหาเข้าสู่บทเรียน การแตกแรงช่วยให้คำนวณแรงรวมง่ายขึ้น และสามารถขยายไปสู่ระบบแรงปริภูมิได้

ขั้นการสอน / การนำเสนอเนื้อหา (Presentation)

5. ครูอธิบายพร้อมยกตัวอย่าง และให้นักศึกษาช่วยกันอภิปรายร่วมกันกับครู ในหัวข้อ 2.3 การแตกแรง 2.4 การรวมแรงย่อยแกน x แกน y และ 2.5 ระบบแรงปริภูมิ ดังนี้
 - อธิบายการแตกแรง แรงแยกออกเป็นส่วนประกอบตามแกน x และ y
 - สาธิตการรวมแรงย่อยแกน x และ y
 - แนะนำระบบแรงปริภูมิ การรวมแรงในสามมิติ

ขั้นฝึกฝน / ลงมือปฏิบัติ (Practice)

6. นักศึกษาทำแบบฝึกหัดที่ 2.2 การแตกแรงและการรวมแรง เป็นรายบุคคล
7. ครูเดินตรวจงาน ช่วยอธิบายจุดที่นักศึกษามีข้อสงสัย เช่น การคิดเครื่องหมายในการรวมแรง
8. จากนั้นแบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มละ 3-4 คน นำคำตอบของแต่ละคนมาช่วยกันตรวจสอบ เพื่อสรุปเป็นคำตอบของกลุ่ม
9. ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจคำตอบของกลุ่มอื่นที่ออกมานำเสนอ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหาของคำตอบ

ขั้นประยุกต์ใช้ (Production / Application)

10. ครูให้นักศึกษากลุ่มเดิม ช่วยกันวิเคราะห์โจทย์ในแบบฝึกหัดที่ 2.3 ระบบแรงปริภูมิ
11. จากนั้นให้นักศึกษาเขียนสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์คำตอบลงในกระดาษคลิปชาร์ต
12. จากนั้นครูสุ่มให้ตัวแทนกลุ่มแต่ละกลุ่ม ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียนสั้น ๆ และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจคำตอบของกลุ่มอื่นที่ออกมานำเสนอ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหาของคำตอบ

ขั้นสรุป / ประเมินผล (Wrap up / Assessment)

13. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปตามประเด็น ดังนี้
 - การแตกแรงช่วยให้การคำนวณแรงง่ายขึ้น
 - การรวมแรงย่อยแกน x - y สามารถใช้แก้โจทย์สองมิติได้
 - ระบบแรงปริภูมิเป็นการขยายแนวคิดไปยังสามมิติ
14. ครูมอบหมายให้ทำแบบทดสอบหน่วยที่ 2 เป็นที่บ้าน เพื่อนำส่งในการเรียนครั้งต่อไป
15. นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ 2 เรื่องระบบแรง

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 2, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน ภาพที่เกี่ยวข้อง เช่น ภาพของการดึงรถเข็นหรือการลากวัตถุ

หลักฐานการเรียนรู้

หลักฐานความรู้

1. ผลการทำแบบฝึกหัดที่ 2.1-2.3

- ๒. ผลการทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๒
- ๓. ผลการตรวจแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ ๒

หลักฐานการปฏิบัติงาน

- ๑. ผลการทำแบบฝึกหัดที่ ๒.๑-๒.๓
 - ๒. ผลประเมินการนำเสนอหัวข้อระบบแรง
- หลักฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์
- ๑. ผลประเมินตามแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง

การวัดและประเมินผล

เครื่องมือวัด	วิธีวัด	การประเมินตามเกณฑ์
๑. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ ๒	ทดสอบ-ตรวจแบบทดสอบ	(ไว้เปรียบเทียบกับหลังเรียน)
๒. แบบทดสอบหน่วยที่ ๒	ปฏิบัติ-ตรวจแบบฝึกหัด	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๓. แบบฝึกหัดที่ ๒.๑-๒.๓	ปฏิบัติ-ประเมิน	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๔. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ ๒	ทดสอบ-ตรวจแบบทดสอบ	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๕. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	สังเกต/ผู้เรียนประเมินตนเอง	เกณฑ์ผ่าน ๗๐%

งานที่มอบหมาย

- ๑. งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๒
- ๒. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบแรง

เอกสารอ้างอิง

อรุณฤมล พูลศิริ จันทร์สะอาด. (๒๕๖๗). กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Mechanics) (๓๐๑๐๐-๑๐๑๔). เอ็มพันธ์.



บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๓/๑๕ ชั่วโมงที่ ๗-๙/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....
.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....
.....

๓. การแก้ไขปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....
.....

๓.๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....
.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๔/๑๕ ชั่วโมงที่ ๑๐-๑๒/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....
.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....
.....

๓. การแก้ไขปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....
.....

๓.๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

ลงชื่อ


(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

เกณฑ์ประเมินการนำเสนอ หัวข้อระบบแรง (คะแนนเต็ม ๒๐ คะแนน, เกณฑ์ผ่าน $\geq 50\%$)

รายการประเมิน	ดีมาก (๔)	ดี (๓)	พอใช้ (๒)	ต้องปรับปรุง (๑)
๑. เนื้อหาความถูกต้อง (Accuracy)	อธิบายระบบแรงในสามมิติ รวมแรงย่อยแกน x, y, z ถูกต้องครบถ้วน ไม่มีข้อผิดพลาด	อธิบายระบบแรงส่วนใหญ่ถูกต้อง มีข้อผิดพลาดเล็กน้อย แต่สามารถเข้าใจได้	มีข้อผิดพลาดหลายจุด แต่เข้าใจแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับแรงและเวกเตอร์	เนื้อหาผิดพลาดมาก ไม่ตรงหลักการวิศวกรรมหรือไม่เข้าใจระบบแรง
๒. ความเข้าใจหลักการ (Concept Understanding)	อธิบายหลักการของแรงและการรวมแรงชัดเจน ครอบคลุมการแตกแรง การรวมแรงย่อยแกน x-y และแนวคิดระบบแรงปริภูมิ เชื่อมโยงแนวคิดได้ดี	อธิบายประเด็นหลักได้ดี แต่ไม่ครบทุกด้าน	อธิบายได้เพียงบางส่วน ขาดการเชื่อมโยงแนวคิด	อธิบายไม่เข้าใจ ไม่สามารถเชื่อมโยงหลักกรกับระบบแรง
๓. การยกตัวอย่างและคำนวณ (Application & Calculation)	ยกตัวอย่างโจทย์ระบบแรงในวิศวกรรม เช่น โครงสร้าง, แรงดึง-แรงกด, แสดงขั้นตอนคำนวณ ครบถ้วน ถูกต้อง	ตัวอย่างเหมาะสมและคำนวณถูกต้องส่วนใหญ่	ตัวอย่างไม่สอดคล้องงานวิศวกรรม หรือคำนวณผิดหลายจุด	ไม่ยกตัวอย่างหรือคำนวณผิดทั้งหมด
๔. การสื่อสาร/การนำเสนอ (Communication)	พูดชัดเจน ลำดับเนื้อหาต่อเนื่อง ใช้สื่อช่วย เช่น แผนภาพแรง, กราฟแรง, เวกเตอร์ช่วยให้เข้าใจง่าย	พูดค่อนข้างชัด ลำดับเนื้อหาดีระดับหนึ่ง	พูดไม่ชัด ลำดับเนื้อหาไม่ต่อเนื่อง	พูดไม่ชัด ขาดความต่อเนื่อง ทำให้ผู้ฟังไม่เข้าใจ
๕. การทำงานร่วมกัน (Teamwork)	สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วม แบ่งหน้าที่ชัดเจน ทำงานร่วมกันเป็นทีม	ร่วมมือดี แต่บางคนมีส่วนร่วมน้อย	มีสมาชิกบางคนไม่ร่วมมืออย่างเห็นได้ชัด	ขาดความร่วมมือ ไม่ประสานงานไม่เป็นทีม

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๓	หน่วยที่.....๓.....
	รหัสวิชา...๓๐๑๐๐-๑๐๑๔ ชื่อวิชา กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Mechanics)	สอนครั้งที่...๕-๗..
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้...โมเมนต์และแรงคู่ควบ.	ทฤษฎี.....๙.....ชม. ปฏิบัติ.....- ชม.
ชื่อเรื่อง...โมเมนต์และแรงคู่ควบ.		

สาระสำคัญ

วัตถุใด ๆ เมื่อมีแรงมากระทำย่อมต้องมีผลต่อการกระทำนั้น แรงที่ทำให้เกิดการหมุนเรียกว่าโมเมนต์ของแรง (Moment of Force) นั้นหมายถึง ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุหมุนไปรอบจุดหมุนดังนั้นค่าโมเมนต์ของแรงหาได้จากผลคูณของแรงนั้นกับระยะตั้งฉากจากแนวแรงถึงจุดหมุนแรงคู่ควบ คือ แรงขนาน ๒ แรงที่มีขนาดเท่ากันกระทำต่อวัตถุหนึ่งหรือระบบหนึ่งในทิศตรงข้ามเป็นแรงทำให้วัตถุไม่สมดุลต่อการหมุน เนื่องจากแรงลัพธ์ของแรงคู่ควบเป็นศูนย์เพราะแรงทั้งสองมีขนาดเท่ากัน แรงคู่ควบจึงจะไม่มีผลในการเลื่อนตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุที่เป็นอิสระ แต่จะมีผลเฉพาะทำให้เกิดการหมุนอย่างเดียว นั่นคือเกิดโมเมนต์ขึ้น โมเมนต์ของแรงคู่ควบใด ๆ มีขนาดเท่ากับผลคูณของขนาดของแรงใดแรงหนึ่งกับระยะตั้งฉากระหว่างแนวแรงทั้งสอง ซึ่งจะหมุนตามเข็มนาฬิกาหรือหมุนทวนเข็มนาฬิกาขึ้นอยู่กับทิศของแรงคู่ควบ

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

คำนวณโมเมนต์ของแรง โมเมนต์รวมในระนาบ โมเมนต์ในปริภูมิ โมเมนต์รวมในปริภูมิ แรงคู่ควบ และโมเมนต์รวมของแรงคู่ควบด้วยความละเอียด รอบคอบ

อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

- มาตรฐานอาชีพ..... -..... สมรรถนะย่อย..... -.....
- บูรณาการกลุ่มอาชีพ..... -.....

สมรรถนะประจำหน่วย

- คำนวณโมเมนต์จากแรงที่มากกระทำต่อวัตถุรอบจุดหมุน
- คำนวณโมเมนต์จากแรงคู่ควบที่กำหนดให้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

- คำนวณโมเมนต์ของแรงได้
- คำนวณหาโมเมนต์รวมในระนาบได้
- คำนวณหาโมเมนต์รวมในปริภูมิได้
- คำนวณหาโมเมนต์รวมในปริภูมิได้
- คำนวณหาแรงคู่ควบได้
- คำนวณหาโมเมนต์รวมของแรงคู่ควบได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

นำเสนอเกี่ยวกับโมเมนต์และแรงคู่ควบได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการสืบค้นความรู้และใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา มีความละเอียด รอบคอบ และตระหนักถึงความปลอดภัย

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับโมเมนต์และแรงคู่ควบในการแก้ปัญหาโจทย์สถิตศาสตร์วิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาชีพ

สาระการเรียนรู้

- ๓.๑ โมเมนต์ของแรง
- ๓.๒ โมเมนต์รวมในระนาบ
- ๓.๓ โมเมนต์ในปริภูมิ
- ๓.๔ โมเมนต์รวมในปริภูมิ
- ๓.๕ แรงคู่ควบ
- ๓.๖ การรวมโมเมนต์ของแรงคู่ควบ

กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๕/๑๕ ชั่วโมงที่ ๑๓-๑๕/๔๘)

ขั้นเตรียม (Preparation)

๑. นักศึกษาเข้าแถวหน้าชั้นเรียน ครูตรวจสอบความเรียบร้อย ขานชื่อเพื่อตรวจสอบรายชื่อ
๒. นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ ๓ เรื่องโมเมนต์และแรงคู่ควบ

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up / Motivation)

๓. ครูเริ่มด้วยการถามคำถามนักศึกษา ดังนี้
 - ทำไมประตูถึงเปิดง่ายถ้าเราดันตรงที่ขอบประตู
 - เวลาขยับก๊อกน้ำทำไมบางครั้งถึงต้องใช้แรงมากและบางครั้งน้อย
๔. ครูแสดงภาพของการใช้แรงในการหมุนวัตถุ เช่น เปิดประตู หมุนก๊อกน้ำ หรือขันน็อต เพื่อสรุปให้นักศึกษาเห็นว่า การหมุนเกิดจากโมเมนต์ของแรงก่อนเข้าสู่บทเรียน

ขั้นการสอน / การนำเสนอเนื้อหา (Presentation)

๕. ครูอธิบายพร้อมยกตัวอย่างและให้นักศึกษาช่วยกันอภิปรายร่วมกันกับครู ในหัวข้อ ๓.๑ โมเมนต์ของแรง และ ๓.๒ โมเมนต์รวมในระนาบ ดังนี้
 - อธิบายแนวคิดโมเมนต์ของแรง นิยาม โมเมนต์ของแรง = แรง \times ระยะทางตั้งฉากจากจุดหมุน
 - อธิบายโมเมนต์รวมในระนาบ

ขั้นฝึกฝน / ลงมือปฏิบัติ (Practice)

๖. แบ่งนักศึกษา กลุ่มละ ๓-๔ คน ช่วยกันทำแบบฝึกหัด ๓.๑ โมเมนต์ในระนาบ ให้แต่ละกลุ่มวาดแผนภาพแรงและหาจุดหมุน คำนวณโมเมนต์ของแรงแต่ละตัว รวมโมเมนต์เพื่อหาโมเมนต์รวมในระนาบ ลงในกระดาษคลิปชาร์ต

๗. ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจคำตอบของกลุ่มอื่นที่ออกมานำเสนอ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหาของคำตอบ

ขั้นประยุกต์ใช้ (Production / Application)

๘. ครูให้นักศึกษากลุ่มเดิม ช่วยกันคิดสถานการณ์จริง เช่น การยกคาน การขันสกรู การใช้ประแจเลื่อน ช่วยกันวิเคราะห์และคำนวณโมเมนต์แรงที่เกิดขึ้น โดยนำเสนอวิธีแก้ปัญหาและอธิบายเหตุผลว่าทำไมแรงบางครั้งถึงต้องใช้มากหรือน้อยลงในกระดาษคลิปชาร์ต

๙. จากนั้นครูสุ่มให้ตัวแทนกลุ่มแต่ละกลุ่ม ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกัน
ตรวจสอบสถานการณ์ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหา

ขั้นสรุป / ประเมินผล (Wrap up / Assessment)

๑๐. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเกี่ยวกับนิยามโมเมนต์แรง สูตรโมเมนต์แรงและโมเมนต์รวมโดยใช้
แบบฝึกหัดที่ ๓.๑ มาเป็นประเด็นในการสรุป

กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๖/๑๕ ชั่วโมงที่ ๑๖-๑๘/๔๘)

ขั้นเตรียม (Preparation)

๑. นักศึกษาเข้าแถวหน้าชั้นเรียน ครูตรวจสอบความเรียบร้อย ขานชื่อเพื่อตรวจสอบรายชื่อ

๒. ครูสุ่มถามทบทวนเนื้อหาเกี่ยวกับโมเมนต์ของแรงและโมเมนต์รวมในระนาบ

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up / Motivation)

๓. ครูแสดงภาพของการหมุนวัตถุในสามมิติ ดังนี้ เพื่อหมุ่นในเครื่องจักร การเปิดฝาขวดด้วยแรงบิด
หลายทิศทาง การยกคานที่วางอยู่ในมุมต่าง ๆ

๔. จากนั้นครูซักถามนักศึกษาเพื่อให้เกิดแนวคิดว่าการหมุนเกิดจากโมเมนต์ในปริภูมิ จะมีทั้งทิศทางและ
ขนาด และแรงหลายแรงสามารถรวมกันเป็นโมเมนต์รวมในปริภูมิ ดังนี้

-แรงกระทำจากหลายทิศทางทำให้วัตถุหมุนอย่างไร

-เราจะรวมแรงเพื่อหาผลหมุนรวมได้อย่างไร

ขั้นการสอน / การนำเสนอเนื้อหา (Presentation)

๕. ครูอธิบายพร้อมยกตัวอย่างและให้นักศึกษาช่วยกันอภิปรายร่วมกันกับครู ในหัวข้อ ๓.๓ โมเมนต์
ในปริภูมิ และ ๓.๔ โมเมนต์รวมในปริภูมิ โดยการวาดรูปสามมิติของคาน/แท่ง แล้วใส่แรงหลายทิศทาง และ
คำนวณโมเมนต์ของแรงแต่ละตัวและรวมเป็นโมเมนต์รวม

ขั้นฝึกฝน / ลงมือปฏิบัติ (Practice)

๖. แบ่งนักศึกษา กลุ่มละ ๓-๔ คน ช่วยกันทำแบบฝึกหัด ๓.๒ โมเมนต์ในปริภูมิ ให้นักศึกษาวาด
แผนภาพเวกเตอร์แรงและเวกเตอร์ระยะทาง คำนวณโมเมนต์ของแรงแต่ละตัวโดยใช้สูตรเวกเตอร์ รวมโมเมนต์
ทั้งหมดเพื่อหาโมเมนต์รวมในปริภูมิ ลงในกระดาษชอล์ก

๗. ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจคำตอบของกลุ่มอื่นที่
ออกมานำเสนอ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหาของคำตอบ

ขั้นประยุกต์ใช้ (Production / Application)

๘. ครูให้นักศึกษากลุ่มเดิม วิเคราะห์และคำนวณโมเมนต์รวมในปริภูมิจากสถานการณ์จริง เช่น คานสาม
มิติที่รับแรงหลายทิศทาง แขนกลหุ่นยนต์รับแรงจากหลายจุด โดยนำเสนอวิธีคิดและการคำนวณ พร้อมอภิปรายว่า
แรงใดส่งผลต่อการหมุนมากที่สุด ลงในกระดาษชอล์ก

๙. จากนั้นครูสุ่มให้ตัวแทนกลุ่มแต่ละกลุ่ม ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกัน
ตรวจสอบสถานการณ์ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหา

ขั้นสรุป / ประเมินผล (Wrap up / Assessment)

๑๐. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเกี่ยวกับโมเมนต์ในปริภูมิ โมเมนต์รวมในปริภูมิ โดยใช้แบบฝึกหัดที่
๓.๒ มาเป็นประเด็นในการสรุป

กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๗/๑๕ ชั่วโมงที่ ๑๙-๒๑/๔๘)

ขั้นเตรียม (Preparation)

๑. นักศึกษาเข้าแถวหน้าชั้นเรียน ครูตรวจสอบความเรียบร้อย ขานชื่อเพื่อตรวจสอบรายชื่อ
๒. ครูสุ่มถามทบทวนเนื้อหาเกี่ยวกับโมเมนต์ในปริภูมิและโมเมนต์รวมในปริภูมิ

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up / Motivation)

๓. ครูแสดงวิดีโอการหมุนของวัตถุ เช่น การเปิดฝาขวดแบบบิด การใช้ประแจขันสกรูสองด้าน ให้นักศึกษาชม จากนั้นซักถามนักศึกษา ดังนี้

- ทำไมวัตถุถึงหมุนแม้แรงทั้งสองไม่ได้ผ่านจุดหมุน
- แรงทั้งสองตัวที่วางขนานกันสามารถสร้างการหมุนได้หรือไม่

๔. จากนั้นครูเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียน โดยสรุปแนวคิดว่า การหมุนเกิดจาก**แรงคู่ควบ** ซึ่งเป็นแรงสองแรงขนานแต่ทิศทางตรงกันข้าม

ขั้นการสอน / การนำเสนอเนื้อหา (Presentation)

๕. ครูอธิบายพร้อมยกตัวอย่าง ในหัวข้อ ๓.๕ แรงคู่ควบ และ ๓.๖ การรวมโมเมนต์ของแรงคู่ควบ โดยการวาดเวกเตอร์และระยะตั้งฉากเพื่อคำนวณโมเมนต์รวม และให้นักศึกษาช่วยกันอภิปรายร่วมกันกับครู

ขั้นฝึกฝน / ลงมือปฏิบัติ (Practice)

๖. แบ่งนักศึกษา กลุ่มละ ๓-๔ คน ช่วยกันทำแบบฝึกหัด ๓.๓ การรวมโมเมนต์ของแรงคู่ควบ โดยให้วาดแรงคู่ควบและระยะตั้งฉาก คำนวณโมเมนต์ของแรงคู่ควบแต่ละชุด รวมโมเมนต์ เพื่อหาโมเมนต์รวมของแรงคู่ควบลงในกระดาษคลิปชาร์ต

๗. ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจคำตอบของกลุ่มอื่นที่ออกมานำเสนอ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหาของคำตอบ

ขั้นประยุกต์ใช้ (Production / Application)

๘. ครูให้นักศึกษากลุ่มเดิม วิเคราะห์และคำนวณจากโจทย์สถานการณ์จริง เช่น การหมุนล้อหรือเฟืองโดยแรงคู่ควบ การยกคานหรือวัตถุโดยใช้แรงคู่ควบสองทิศทาง โดยนำเสนอวิธีคิดและอภิปรายว่าแรงคู่ควบชุดใดส่งผลต่อการหมุนมากที่สุด ลงในกระดาษคลิปชาร์ต

๙. จากนั้นครูสุ่มให้ตัวแทนกลุ่มแต่ละกลุ่ม ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจสถานการณ์ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหา

ขั้นสรุป / ประเมินผล (Wrap up / Assessment)

๑๐. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเกี่ยวกับแรงคู่ควบ การรวมโมเมนต์ของแรงคู่ควบ โดยใช้แบบฝึกหัดที่ ๓.๓ มาเป็นประเด็นในการสรุป

๑๑. ครูมอบหมายให้ทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๓ เป็นการบ้าน เพื่อนำส่งในการเรียนครั้งต่อไป

๑๒. นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ ๓ เรื่องโมเมนต์และแรงคู่ควบ

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ ๓, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน ภาพที่เกี่ยวข้อง เช่น การใช้แรงในการหมุนวัตถุ

หลักฐานการเรียนรู้

หลักฐานความรู้

๑. ผลการทำแบบฝึกหัดที่ ๓.๑-๓.๓
๒. ผลการทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๓
๓. ผลการตรวจแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ ๓

หลักฐานการปฏิบัติงาน

๑. ผลการทำแบบฝึกหัดที่ ๓.๑-๓.๓

๒. ผลประเมินการนำเสนอหัวข้อโมเมนต์และแรงคู่ควบ

หลักฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์

๑. ผลประเมินตามแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง

การวัดและประเมินผล

เครื่องมือวัด	วิธีวัด	การประเมินตามเกณฑ์
๑. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ ๓	ทดสอบ-ตรวจแบบทดสอบ	(ไว้เปรียบเทียบกับหลังเรียน)
๒. แบบทดสอบหน่วยที่ ๓	ปฏิบัติ-ตรวจแบบฝึกหัด	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๓. แบบฝึกหัดที่ ๓.๑-๓.๓	ปฏิบัติ-ประเมิน	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๔. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ ๓	ทดสอบ-ตรวจแบบทดสอบ	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๕. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	สังเกต/ผู้เรียนประเมินตนเอง	เกณฑ์ผ่าน ๗๐%

งานที่มอบหมาย

๑. งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๓

๒. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับโมเมนต์และแรงคู่ควบ

เอกสารอ้างอิง

อรธณฤมล พูลศิริ จันทร์สะอาด. (๒๕๖๗). กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Mechanics) (๓๐๑๐๐-๑๐๑๔). เอ็มพันธ์.



บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๕/๑๕ ชั่วโมงที่ ๑๓-๑๕/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....
.....
.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....
.....
.....

๓. การแก้ไขปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....
.....
.....

๓.๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....
.....
.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๖/๑๕ ชั่วโมงที่ ๑๖-๑๘/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....
.....
.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....
.....
.....

๓. การแก้ไขปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....
.....
.....

๓.๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....
.....
.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๗/๑๕ ชั่วโมงที่ ๑๙-๒๑/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....
.....
.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....
.....
.....

๓. การแก้ไข้ปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไข้ปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....
.....
.....

๓.๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....
.....
.....

ลงชื่อ


(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

เกณฑ์ประเมินการนำเสนอ หัวข้อโมเมนต์และแรงคู่ควบ (คะแนนเต็ม ๒๐ คะแนน, เกณฑ์ผ่าน $\geq 50\%$)

รายการประเมิน	ดีมาก (๔)	ดี (๓)	พอใช้ (๒)	ต้องปรับปรุง (๑)
๑. เนื้อหาความถูกต้อง (Accuracy)	อธิบายโมเมนต์และแรงคู่ควบถูกต้อง ครอบคลุมแนวคิดแรงคู่ควบในระนาบและปริภูมิ พร้อมตัวอย่างครบถ้วน ไม่มีข้อผิดพลาด	อธิบายโมเมนต์และแรงคู่ควบถูกต้อง ส่วนใหญ่ มีข้อผิดพลาดเล็กน้อย แต่เข้าใจแนวคิดได้	มีข้อผิดพลาดหลายจุด แต่เข้าใจแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับแรงและโมเมนต์	เนื้อหาผิดพลาดมาก ไม่เข้าใจโมเมนต์และแรงคู่ควบ หรือไม่ตรงหลักการวิศวกรรม
๒. ความเข้าใจหลักการ (Concept Understanding)	อธิบายหลักการของแรงคู่ควบและโมเมนต์ชัดเจน ครอบคลุมการคำนวณโมเมนต์ รวมแรงคู่ควบหลายชุด เชื่อมโยงแนวคิดได้ดี	อธิบายหลักการสำคัญได้ดี แต่ไม่ครบทุกด้าน	อธิบายได้เพียงบางส่วน ขาดการเชื่อมโยงแนวคิดกับแรงและโมเมนต์	อธิบายไม่เข้าใจ ไม่สามารถเชื่อมโยงหลักการกับแรงคู่ควบและโมเมนต์
๓. การยกตัวอย่างและคำนวณ (Application & Calculation)	ยกตัวอย่างโจทย์โมเมนต์และแรงคู่ควบในวิศวกรรม เช่น คาน, เฟือง, แรงบิด แสดงขั้นตอนคำนวณครบถ้วน ถูกต้อง	ตัวอย่างเหมาะสมและคำนวณถูกต้องส่วนใหญ่	ตัวอย่างไม่สอดคล้องกับงานวิศวกรรม หรือคำนวณผิดพลาดหลายจุด	ไม่ยกตัวอย่าง หรือคำนวณผิดพลาดทั้งหมด
๔. การสื่อสาร/การนำเสนอ (Communication)	พูดชัดเจน ลำดับเนื้อหาต่อเนื่อง ใช้สื่อช่วย เช่น แผนภาพแรง, โมเดล ๓D, เวกเตอร์ ทำให้เข้าใจง่าย	พูดค่อนข้างชัด ลำดับเนื้อหาดีระดับหนึ่ง ใช้สื่อช่วยบางส่วน	พูดไม่ชัด ลำดับเนื้อหาไม่ต่อเนื่อง ใช้สื่อช่วยน้อย	พูดไม่ชัด ขาดความต่อเนื่อง และไม่ใช้สื่อช่วย ทำให้ผู้ฟังไม่เข้าใจ
๕. การทำงานร่วมกัน (Teamwork)	สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วม แบ่งหน้าที่ชัดเจน ทำงานร่วมกันเป็นทีม	ร่วมมือดี แต่บางคนมีส่วนร่วมน้อย	มีสมาชิกบางคนไม่ร่วมมืออย่างเห็นได้ชัด	ขาดความร่วมมือ ไม่ประสานงาน ไม่เป็นทีม

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๔	หน่วยที่.....๔.....
	รหัสวิชา...๓๐๑๐๐-๑๐๑๔ ชื่อวิชา กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Mechanics)	สอนครั้งที่...๘-๙..
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้...ระบบสมดุล	ทฤษฎี.....๖.....ชม. ปฏิบัติ.....- ชม.
ชื่อเรื่อง...ระบบสมดุล		

สาระสำคัญ

สมดุล หมายถึง การไม่เปลี่ยนแปลงสภาพของการเคลื่อนที่ คือถ้าวัตถุอยู่นิ่งก็จะอยู่นิ่งต่อไปหรือถ้าเคลื่อนที่ก็จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ นั่นคือการที่มีแรงลัพธ์มากระทำกับวัตถุแล้ววัตถุคงสภาพ การเคลื่อนที่หรือหยุด อีกอย่างหนึ่งว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ข้อที่ ๑ ดังตัวอย่างเช่น อาคาร สะพาน หรือโครงสร้างต่าง ๆ อยู่ในสภาวะสมดุล โดยมีการรับแรงเนื่องจากน้ำหนักของสิ่งก่อสร้างเหล่านั้น แต่ถ้ามีการรับน้ำหนักเกินจากที่กำหนด โครงสร้างจะเกิดการเสียสมดุลทำให้ไม่สามารถคงรูปร่างเดิมอยู่ได้

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

แก้โจทย์ปัญหาในระบบสมดุล ๒ และ ๓ มิติ ด้วยความละเอียด รอบคอบ

อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

๑. มาตรฐานอาชีพ..... - สมรรถนะย่อย..... -
๒. บูรณาการกลุ่มอาชีพ..... -

สมรรถนะประจำหน่วย

๑. แสดงการเขียนแผนภาพอิสระของแรงที่กระทำต่อวัตถุ
๒. คำนวณสมดุลของแรงในระบบ ๒ มิติ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

๑. คำนวณสมดุล ๒ มิติได้
๒. เขียนแผนภาพวัตถุอิสระได้
๓. แก้ปัญหาโจทย์ระบบสมดุลได้
๔. แก้ปัญหาโจทย์สมดุล ๒ แรงแและ ๓ แรงแได้
๕. คำนวณสมดุล ๓ มิติได้
๖. แก้ปัญหาโจทย์สมดุลที่มีจุดรองรับแบบต่าง ๆ ได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

นำเสนอเกี่ยวกับระบบสมดุลได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการสืบค้นความรู้และใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา มีความละเอียด รอบคอบ และตระหนักถึงความปลอดภัย

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับระบบสมดุลในการแก้ปัญหาโจทย์สถิตศาสตร์วิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาชีพ

สาระการเรียนรู้

๔.๑ ระบบสมดุล ๒ มิติ

๔.๑.๑ แผนภาพวัตถุอิสระ

๔.๑.๒ สมดุล

๔.๑.๓ สมดุล ๒ แรงและ ๓ แรง

๔.๒ ระบบสมดุล ๓ มิติ

กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๘/๑๕ ชั่วโมงที่ ๒๒-๒๔/๔๘)

ขั้นเตรียม (Preparation)

๑. นักศึกษาเข้าแถวหน้าชั้นเรียน ครูตรวจสอบความเรียบร้อย ขานชื่อเพื่อตรวจสอบรายชื่อ
๒. นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ ๔ เรื่องระบบสมดุล

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up / Motivation)

๓. ครูแสดงวัตถุ เช่น กรรไกร แขนงตุ้มน้ำหนัก หรือไม้บรรทัดคานสมดุล ให้นักศึกษาชม จากนั้นซักถาม ดังนี้

-ทำไมวัตถุเหล่านี้ถึงไม่ล้ม

-ถ้าเราย้ายตุ้มน้ำหนักไปอีกด้านจะเกิดอะไรขึ้น

และให้นักศึกษาเดาว่าจะเกิดสมดุลหรือไม่ เพื่อกระตุ้นความสงสัยและความสนใจ

๔. ครูและนักศึกษารูปเชื่อมโยงเข้าสู่หัวข้อระบบสมดุล ๒ มิติ

ขั้นการสอน / การนำเสนอเนื้อหา (Presentation)

๕. ครูอธิบายพร้อมยกตัวอย่าง และให้นักศึกษาช่วยกันอภิปรายร่วมกันกับครู ในหัวข้อ ๔.๑ ระบบสมดุล ๒ มิติ เกี่ยวกับแนวคิดพื้นฐาน แผนภาพวัตถุอิสระ (Free Body Diagram) เงื่อนไขสมดุล ($\sum F_x = 0$, $\sum F_y = 0$, $\sum M = 0$) สมดุล ๒ แรง และ ๓ แรง

ขั้นฝึกฝน / ลงมือปฏิบัติ (Practice)

๖. แบ่งนักศึกษา กลุ่มละ ๓-๔ คน ช่วยกันทำแบบฝึกหัดที่ ๔.๑ ระบบสมดุล ๒ มิติ แสดงวิธีทำลงในกระดาษคลิปชาร์ต

๗. ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจคำตอบของกลุ่มอื่นที่ออกมานำเสนอ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหาของคำตอบ

ขั้นประยุกต์ใช้ (Production / Application)

๘. ครูให้นักศึกษากลุ่มเดิม ช่วยกันคิดสถานการณ์จริง เช่น แขนงป้ายบนผนังด้วยเชือก ๒ เส้น วางแท่งไม้บนโต๊ะโดยมีตุ้มน้ำหนักหลายตำแหน่ง วาดแผนภาพวัตถุอิสระ คำนวณแรงและมุมที่ทำให้ระบบสมดุลลงในกระดาษคลิปชาร์ต

๙. จากนั้นครูสุ่มให้ตัวแทนกลุ่มแต่ละกลุ่ม ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจสอบสถานการณ์ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหา

ขั้นสรุป / ประเมินผล (Wrap up / Assessment)

๑๐. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเกี่ยวกับแผนภาพวัตถุอิสระคือเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์แรง เงื่อนไขสมดุล ๒ มิติ สามารถใช้กับวัตถุจริงได้ โดยใช้แบบฝึกหัดที่ ๔.๑ มาเป็นประเด็นในการสรุป

กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๙/๑๕ ชั่วโมงที่ ๒๕-๒๗/๔๘)

ขั้นเตรียม (Preparation)

๑. นักศึกษาเข้าแถวหน้าชั้นเรียน ครูตรวจสอบความเรียบร้อย ขานชื่อเพื่อตรวจสอบรายชื่อ

๒. ครูสุ่มถามทบทวนเนื้อหาเกี่ยวกับระบบสมดุล ๒ มิติ

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up / Motivation)

๓. ครูแสดงโมเดล ๓ มิติ เช่น โครงสร้างสามเหลี่ยมแขวน โมเดลเครื่องบินขนาดเล็ก หรือแท่งไม้แขวนหลายทิศทาง และซักถาม ดังนี้

-วัตถุเหล่านี้ทำไมถึงไม่ล้ม

-ถ้าเราดึงแรงไปทิศทางอื่นจะเกิดอะไรขึ้น

๔. ครูสรุปเชื่อมโยงเข้าสู่หัวข้อระบบสมดุล ๓ มิติ ก่อนนำเข้าสู่บทเรียน

ขั้นการสอน / การนำเสนอเนื้อหา (Presentation)

๕. ครูอธิบายพร้อมยกตัวอย่าง และให้นักศึกษาช่วยกันอภิปรายร่วมกันกับครู ในหัวข้อ ๔.๒ ระบบสมดุล ๓ มิติ เกี่ยวกับแนวคิดพื้นฐานของสมดุล ๓ มิติ แผนภาพวัตถุอิสระใน ๓ มิติ (Free Body Diagram) เงื่อนไขสมดุล ๓ มิติ และวิธีคำนวณแรงในทิศทางต่าง ๆ

ขั้นฝึกฝน / ลงมือปฏิบัติ (Practice)

๖. แบ่งนักศึกษา กลุ่มละ ๓-๔ คน ช่วยกันทำแบบฝึกหัดที่ ๔.๒ ระบบสมดุล ๓ มิติ แสดงวิธีทำลงในกระดาษคลิปชาร์ต

๗. ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจคำตอบของกลุ่มอื่นที่ออกมานำเสนอ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหาของคำตอบ

ขั้นประยุกต์ใช้ (Production / Application)

๘. ครูให้นักศึกษากลุ่มเดิม ช่วยกันวิเคราะห์โจทย์ ตัวอย่างโจทย์แขวนวัตถุด้วยเชือก ๓ เส้นในทิศทางต่าง ๆ โมเดลเครื่องบินหรือโครงสร้างสามมิติ จากนั้นวาดแผนภาพวัตถุอิสระ ๓ มิติ คำนวณแรงและมุมให้สมดุล ลงในกระดาษคลิปชาร์ต

๙. จากนั้นครูสุ่มให้ตัวแทนกลุ่มแต่ละกลุ่ม ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจสอบสถานการณ์ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหา

ขั้นสรุป / ประเมินผล (Wrap up / Assessment)

๑๐. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเกี่ยวกับแผนภาพวัตถุอิสระคือเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์แรง เงื่อนไขสมดุล ๓ มิติสามารถใช้กับวัตถุจริงได้โดยใช้แบบฝึกหัดที่ ๔.๒ มาเป็นประเด็นในการสรุป

๑๑. ครูมอบหมายให้ทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๔ เป็นกรบ้าน เพื่อนำส่งในการเรียนครั้งต่อไป

๑๒. นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ ๔ เรื่องระบบสมดุล

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ ๔, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน สื่อของจริง เช่น กรรไกร แขนงตัมน้ำหนัก โครงสร้างสามเหลี่ยมแขวน โมเดลเครื่องบินขนาดเล็ก

หลักฐานการเรียนรู้

หลักฐานความรู้

๑. ผลการทำแบบฝึกหัดที่ ๔.๑-๔.๒

๒. ผลการทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๔

๓. ผลการตรวจแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ ๔

หลักฐานการปฏิบัติงาน

๑. ผลการทำแบบฝึกหัดที่ ๔.๑-๔.๒

๒. ผลประเมินการนำเสนอหัวข้อระบบสมดุ

หลักฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์

๑. ผลประเมินตามแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง

การวัดและประเมินผล

เครื่องมือวัด	วิธีวัด	การประเมินตามเกณฑ์
๑. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ ๔	ทดสอบ-ตรวจแบบทดสอบ	(ไว้เปรียบเทียบกับหลังเรียน)
๒. แบบทดสอบหน่วยที่ ๔	ปฏิบัติ-ตรวจแบบฝึกหัด	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๓. แบบฝึกหัดที่ ๔.๑-๔.๒	ปฏิบัติ-ประเมิน	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๔. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ ๔	ทดสอบ-ตรวจแบบทดสอบ	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๕. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	สังเกต/ผู้เรียนประเมินตนเอง	เกณฑ์ผ่าน ๗๐%

งานที่มอบหมาย

๑. งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๔

๒. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบสมดุ

เอกสารอ้างอิง

อรธณฤมล พูลศิริ จันทร์สะอาด. (๒๕๖๗). กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Mechanics) (๓๐๑๐๐-๑๐๑๔). เอ็มพันธ์.



บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๘/๑๕ ชั่วโมงที่ ๒๒-๒๔/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....
.....
.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....
.....
.....

๓. การแก้ไขปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....
.....
.....

๓.๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....
.....
.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๙/๑๕ ชั่วโมงที่ ๒๕-๒๗/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....
.....
.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....
.....
.....

๓. การแก้ไขปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....
.....
.....

๓.๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

ลงชื่อ


(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

เกณฑ์ประเมินการนำเสนอ หัวข้อระบบสมดุล (คะแนนเต็ม ๒๐ คะแนน, เกณฑ์ผ่าน $\geq 50\%$)

รายการประเมิน	ดีมาก (๔)	ดี (๓)	พอใช้ (๒)	ต้องปรับปรุง (๑)
๑. เนื้อหาความถูกต้อง (Accuracy)	อธิบายแนวคิดระบบสมดุล ๒ มิติและ ๓ มิติถูกต้อง ครบคลุมทั้งแรงและโมเมนต์ มีตัวอย่างครบถ้วน ไม่มีข้อผิดพลาด	อธิบายแนวคิดระบบสมดุล ๒ มิติและ ๓ มิติถูกต้องส่วนใหญ่ มีข้อผิดพลาดเล็กน้อย แต่เข้าใจแนวคิดได้	มีข้อผิดพลาดหลายจุด แต่เข้าใจแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับแรงและโมเมนต์	เนื้อหาผิดพลาดมาก ไม่เข้าใจระบบสมดุล ๒ มิติและ ๓ มิติ หรือไม่ตรงหลักการวิศวกรรม
๒. ความเข้าใจหลักการ (Concept Understanding)	อธิบายหลักการแรงและโมเมนต์ในระบบสมดุล ๒ มิติและ ๓ มิติชัดเจน ครบคลุมการคำนวณและเชื่อมโยงแนวคิดได้ดี	อธิบายหลักการสำคัญได้ดี แต่ไม่ครบทุกด้าน	อธิบายได้เพียงบางส่วน ขาดการเชื่อมโยงแนวคิดกับแรงและโมเมนต์	อธิบายไม่เข้าใจ ไม่สามารถเชื่อมโยงหลักการกับแรงและโมเมนต์
๓. การยกตัวอย่างและคำนวณ (Application & Calculation)	ยกตัวอย่างโจทย์สมดุล ๒ มิติและ ๓ มิติในวิศวกรรม เช่น คาน, โครงสร้าง, เครน, แร้งบิด พร้อมขั้นตอนคำนวณครบถ้วนถูกต้อง	ตัวอย่างเหมาะสมและคำนวณถูกต้องส่วนใหญ่	ตัวอย่างไม่สอดคล้องกับงานวิศวกรรม หรือคำนวณผิดพลาดหลายจุด	ไม่ยกตัวอย่าง หรือคำนวณผิดพลาดทั้งหมด
๔. การสื่อสาร/การนำเสนอ (Communication)	พูดชัดเจน ลำดับเนื้อหาต่อเนื่อง ใช้สื่อช่วย เช่น แผนภาพแรง, โมเดล ๒D/๓D, เวกเตอร์ ทำให้เข้าใจง่าย	พูดค่อนข้างชัดเจน ลำดับเนื้อหาดีระดับหนึ่ง ใช้สื่อช่วยบางส่วน	พูดไม่ชัด ลำดับเนื้อหาไม่ต่อเนื่อง ใช้สื่อช่วยน้อย	พูดไม่ชัด ขาดความต่อเนื่อง และไม่ใช้สื่อช่วย ทำให้ผู้ฟังไม่เข้าใจ
๕. การทำงานร่วมกัน (Teamwork)	สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วม แบ่งหน้าที่ชัดเจน ทำงานร่วมกันเป็นทีม	ร่วมมือดี แต่บางคนมีส่วนร่วมน้อย	มีสมาชิกบางคนไม่ร่วมมืออย่างเห็นได้ชัด	ขาดความร่วมมือ ไม่ประสานงาน ไม่เป็นทีม

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๕	หน่วยที่.....๕.....
	รหัสวิชา...๓๐๑๐๐-๑๐๑๔ ชื่อวิชา กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Mechanics)	สอนครั้งที่...๑๐-๑๒..
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้...โครงสร้าง	ทฤษฎี.....๙.....ชม. ปฏิบัติ.....- ชม.
ชื่อเรื่อง...โครงสร้าง		

สาระสำคัญ

เมื่อวัตถุแข็งเกร็งหลาย ๆ ชิ้นถูกนำมาประกอบกันเป็นโครงสร้างและต้องรับแรงกระทำจากภายนอก ภายในตัวโครงสร้างจะเกิดแรงที่ยึดเหนี่ยวชิ้นส่วนแต่ละชิ้นเข้าด้วยกัน ในหน่วยการเรียนนี้จะเน้นการหาแรงที่ยึดเหนี่ยวให้วัตถุหลาย ๆ ชิ้นนั้นยังคงประกอบกันเป็นโครงสร้างที่มีรูปร่างลักษณะแบบเดิม โดยวิเคราะห์โครงสร้างแบบต่าง ๆ ได้แก่ โครงถัก โครงกรอบ และเครื่องจักรกล

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์โครงถักโดยวิธีจุดยึดต่อและวิธีตัดแยกส่วน และวิเคราะห์โครงกรอบและเครื่องจักร ด้วยความละเอียด รอบคอบ

อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

- มาตรฐานอาชีพ..... - สมรรถนะย่อย.....
- บูรณาการกลุ่มอาชีพ..... -

สมรรถนะประจำหน่วย

- แสดงการเขียนแรงที่เกิดขึ้นในแต่ละจุดในโครงถัก
- คำนวณแรงในชิ้นส่วนของโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นโครงถัก

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

- บอกลักษณะของโครงถักได้
- วิเคราะห์โครงถักโดยวิธีจุดยึดต่อได้
- วิเคราะห์โครงถักโดยวิธีตัดแยกส่วนได้
- วิเคราะห์โครงกรอบและเครื่องจักรได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

นำเสนอเกี่ยวกับโครงสร้างได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการสืบค้นความรู้และใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา มีความละเอียด รอบคอบ และตระหนักถึงความปลอดภัย

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างในการแก้ปัญหาโจทย์สถิตศาสตร์วิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาชีพ

สาระการเรียนรู้

- ๕.๑ โครงถัก

๕.๑.๑ การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีจุดยึดต่อ

๕.๑.๒ การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีการแยกส่วน

๕.๒ โครงกรอบและเครื่องจักรกล

กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๑๐/๑๕ ชั่วโมงที่ ๒๘-๓๐/๔๘)

ขั้นเตรียม (Preparation)

๑. นักศึกษาเข้าแถวหน้าชั้นเรียน ครูตรวจสอบความเรียบร้อย ขานชื่อเพื่อตรวจสอบรายชื่อ

๒. นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ ๕ เรื่องปริมาณเวกเตอร์

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up / Motivation)

๓. ครูแสดงโมเดลโครงถักจริง เช่น สะพานโครงถักหรือหลังคาอาคาร ให้นักศึกษาชมและครูตั้งคำถามกระตุ้นความคิด ดังนี้

-ทำไมโครงสร้างนี้จึงแข็งแรง

-แรงจากน้ำหนักที่วางบนโครงสร้างจะกระจายไปที่ใดบ้าง

๔. จากนั้นให้นักศึกษาระบุชิ้นส่วนของโครงถัก และคาดการณ์จุดที่รับแรงมากที่สุด และเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียนโดยสรุปว่าการวิเคราะห์โครงถักมีความสำคัญต่อการออกแบบและความปลอดภัย

ขั้นการสอน / การนำเสนอเนื้อหา (Presentation)

๕. ครูอธิบายพร้อมยกตัวอย่าง ในหัวข้อ ๕.๑ โครงถัก ๕.๑.๑ การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีจุดยึดต่อ โดยการวิเคราะห์โครงถักแบบง่าย ๆ บนกระดาน และให้นักศึกษาช่วยกันอภิปรายร่วมกับครูเกี่ยวกับวิธีจุดยึดต่อ (Joint Method) ทีละขั้นตอน ดังนี้

-การเขียน Free Body Diagram ของแต่ละจุดยึด

-การแยกแรงออกเป็นแนวตั้งและแนวนอน

-การใช้สมการสมดุลแรง $\Sigma F_x = 0$, $\Sigma F_y = 0$

ขั้นฝึกฝน / ลงมือปฏิบัติ (Practice)

๖. แบ่งนักศึกษา กลุ่มละ ๓-๔ คน ช่วยกันทำแบบฝึกหัดที่ ๕.๑ การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีจุดยึดต่อ แสดงวิธีทำลงในกระดาษคลิปปาร์ต

๗. ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจคำตอบของกลุ่มอื่นที่ออกมานำเสนอ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหาของคำตอบ

ขั้นประยุกต์ใช้ (Production / Application)

๘. ครูให้นักศึกษากลุ่มเดิม เลือกโครงถักเล็ก ๆ เช่น สะพานไม้จิ้มฟันหรือโครงหลังคา วิเคราะห์แรงในคานสำคัญโดยใช้วิธีจุดยึดต่อ โดยนำเสนอผลลัพธ์และอภิปรายว่าการเลือกจุดตัดทำให้คำนวณง่ายขึ้นอย่างไรลงในกระดาษคลิปปาร์ต

๙. จากนั้นครูสุ่มให้ตัวแทนกลุ่มแต่ละกลุ่ม ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจสถานการณ์ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหา

ขั้นสรุป / ประเมินผล (Wrap up / Assessment)

๑๐. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเกี่ยวกับขั้นตอนสำคัญในการวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีจุดยึดต่อโดยใช้แบบฝึกหัดที่ ๕.๑ มาเป็นประเด็นในการสรุป

กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๑๑/๑๕ ชั่วโมงที่ ๓๑-๓๓/๔๘)

ขั้นเตรียม (Preparation)

๑. นักศึกษาเข้าแถวหน้าชั้นเรียน ครูตรวจสอบความเรียบร้อย ขานชื่อเพื่อตรวจสอบรายชื่อ
๒. ครูสุ่มถามทบทวนเนื้อหาเกี่ยวกับการวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีจุดยึดต่อ

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up / Motivation)

๓. ครูแสดงภาพโครงถักของสะพานหรือหลังคาที่มีแรงกระทำหลายจุด จากนั้นตั้งคำถามกระตุ้นคตินักศึกษา ดังนี้

- ถ้าเราอยากรู้แรงในคานตรงกลางของโครงถัก เราจะหาจากตรงไหนได้บ้าง
- สังเกตและระบุว่าบางจุดอาจวิเคราะห์ห้ง่ายขึ้นถ้าแบ่งโครงสร้างเป็นส่วน ๆ

๔. ครูเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียนโดยสรุปว่าการวิเคราะห์โดยวิธีแยกส่วน ช่วยให้คำนวณแรงในส่วนที่ต้องการได้ตรงจุด

ขั้นการสอน / การนำเสนอเนื้อหา (Presentation)

๕. ครูอธิบายแนวคิดและสาธิตตัวอย่าง ในหัวข้อ ๕.๑ โครงถัก ๕.๑.๒ การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีการแยกส่วน ดังนี้

- เลือกตัดโครงถักเป็นส่วน ๆ เพื่อวิเคราะห์แรงภายในคานหรือคานเอียง
- ใช้สมการสมดุล $\Sigma F_x = 0$, $\Sigma F_y = 0$, $\Sigma M = 0$
- วิธีเลือกจุดตัดเพื่อให้มีตัวแปรแรงไม่เกิน ๓ ตัว

ขั้นฝึกฝน / ลงมือปฏิบัติ (Practice)

๖. แบ่งนักศึกษา กลุ่มละ ๓-๔ คน ช่วยกันทำแบบฝึกหัดที่ ๕.๒ การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีการแยกส่วน แสดงวิธีทำลงในกระดาษคลิปปาร์ต

๗. ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจคำตอบของกลุ่มอื่นที่ออกมานำเสนอ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหาของคำตอบ

ขั้นประยุกต์ใช้ (Production / Application)

๘. ครูให้นักศึกษากลุ่มเดิม ช่วยกันออกแบบโครงถักเล็ก ๆ เช่น สะพานเล็กหรือโครงหลังคาจากไม้จิ้มฟันหรือไม้ไผ่ วิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้นในแต่ละจุดยึดโดยวิธีการแยกส่วนและอภิปรายถึงความแข็งแรงของโครงสร้างลงในกระดาษคลิปปาร์ต

๙. จากนั้นครูสุ่มให้ตัวแทนกลุ่มแต่ละกลุ่ม ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจสอบสถานการณ์ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหา

ขั้นสรุป / ประเมินผล (Wrap up / Assessment)

๑๐. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเกี่ยวกับขั้นตอนสำคัญในการวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีการแยกส่วน โดยใช้แบบฝึกหัดที่ ๕.๒ มาเป็นประเด็นในการสรุป

กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๑๒/๑๕ ชั่วโมงที่ ๓๔-๓๖/๔๘)

ขั้นเตรียม (Preparation)

๑. นักศึกษาเข้าแถวหน้าชั้นเรียน ครูตรวจสอบความเรียบร้อย ขานชื่อเพื่อตรวจสอบรายชื่อ
๒. ครูสุ่มถามทบทวนเนื้อหาเกี่ยวกับการวิเคราะห์โครงสร้างโดยวิธีการแยกส่วน

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up / Motivation)

๓. ครูนำโมเดลโครงกรอบและเครื่องจักรกล เช่น เคน, รถยก, หรือโครงสร้างประตูเลื่อน ให้นักศึกษาชม

จากนั้นตั้งคำถามกระตุ้นความคิด ดังนี้

- ทำไมเครื่องจักรเหล่านี้จึงแข็งแรงและเคลื่อนที่ได้
 - โครงสร้างเหล่านี้ต้องรับแรงแบบไหนบ้าง
๔. นักศึกษาสังเกตชิ้นส่วนโครงสร้างและแบ่งแรงที่อาจเกิดขึ้น เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียน

ขั้นการสอน / การนำเสนอเนื้อหา (Presentation)

๕. ครูอธิบายและสาธิตวิธีวิเคราะห์ ในหัวข้อ ๕.๒ โครงกรอบและเครื่องจักรกล ดังนี้
- ใช้สมมูลแรงและสมมูลโมเมนต์ ($\Sigma F_x = 0, \Sigma F_y = 0, \Sigma M = 0$)
 - แนะนำการวิเคราะห์โครงกรอบโดยวิธีจุดยึดต่อ (Joint Method) และวิธีแยกส่วน (Section Method)
 - แสดงตัวอย่างง่าย ๆ และอธิบายการเลือกวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสม

ขั้นฝึกฝน / ลงมือปฏิบัติ (Practice)

๖. แบ่งนักศึกษา กลุ่มละ ๓-๔ คน ช่วยกันทำแบบฝึกหัดที่ ๕.๓ โครงกรอบและเครื่องจักรกล แสดงวิธีทำลงในกระดาษคลิปบอร์ด

๗. ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจคำตอบของกลุ่มอื่นที่ออกมานำเสนอ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหาของคำตอบ

ขั้นประยุกต์ใช้ (Production / Application)

๘. ครูให้นักศึกษากลุ่มเดิม ช่วยกันออกแบบโครงกรอบเล็ก ๆ หรือเครื่องจักรกลจำลอง เช่น เคนไม้จิ้มฟันหรือสะพานของเล่น วิเคราะห์แรงในจุดสำคัญและตรวจสอบความแข็งแรงของโครงสร้าง นำเสนอผลงานและอภิปรายว่าการเลือกวิธีวิเคราะห์ช่วยให้คำนวณแรงได้ง่ายขึ้นอย่างไร ลงในกระดาษคลิปบอร์ด

๙. จากนั้นครูสุ่มให้ตัวแทนกลุ่มแต่ละกลุ่ม ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจสอบสถานการณ์ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหา

ขั้นสรุป / ประเมินผล (Wrap up / Assessment)

๑๐. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเกี่ยวกับขั้นตอนสำคัญในการวิเคราะห์โครงกรอบและเครื่องจักรกล โดยใช้แบบฝึกหัดที่ ๕.๓ มาเป็นประเด็นในการสรุป

๑๑. ครูมอบหมายให้ทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๕ เป็นการบ้าน เพื่อนำส่งในการเรียนครั้งต่อไป

๑๒. นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ ๕ เรื่องโครงสร้าง

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ ๕, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน สื่อของจริง เช่น โมเดลโครงถักจริง โมเดลโครงกรอบและเครื่องจักรกล ภาพที่เกี่ยวข้อง เช่น ภาพโครงถักของสะพานหรือหลังคา

หลักฐานการเรียนรู้

หลักฐานความรู้

๑. ผลการทำแบบฝึกหัดที่ ๕.๑-๕.๓
๒. ผลการทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๕
๓. ผลการตรวจแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ ๕

หลักฐานการปฏิบัติงาน

๑. ผลการทำแบบฝึกหัดที่ ๕.๑-๕.๓
๒. ผลประเมินการนำเสนอหัวข้อโครงสร้าง

หลักฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์

๑. ผลประเมินตามแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง

การวัดและประเมินผล

เครื่องมือวัด	วิธีวัด	การประเมินตามเกณฑ์
๑. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ ๕	ทดสอบ-ตรวจแบบทดสอบ	(ไว้เปรียบเทียบกับหลังเรียน)
๒. แบบทดสอบหน่วยที่ ๕	ปฏิบัติ-ตรวจแบบฝึกหัด	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๓. แบบฝึกหัดที่ ๕.๑-๕.๓	ปฏิบัติ-ประเมิน	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๔. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ ๕	ทดสอบ-ตรวจแบบทดสอบ	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๕. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	สังเกต/ผู้เรียนประเมินตนเอง	เกณฑ์ผ่าน ๗๐%

งานที่มอบหมาย

๑. งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๕
๒. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงสร้าง

เอกสารอ้างอิง

อรุณฤมล พูลศิริ จันทร์สะอาด. (๒๕๖๓). กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Mechanics) (๓๐๑๐๐-๑๐๑๔). เอ็มพันธ์.

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๑๐/๑๕ ชั่วโมงที่ ๒๘-๓๐/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....
.....
.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....
.....
.....

๓. การแก้ไขปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....
.....
.....

๓.๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....
.....
.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๑๑/๑๕ ชั่วโมงที่ ๓๑-๓๓/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....
.....
.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....
.....
.....

๓. การแก้ไขปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....
.....
.....

๓.๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....
.....
.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๑๒/๑๕ ชั่วโมงที่ ๓๔-๓๖/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....
.....
.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....
.....
.....

๓. การแก้ไข้ปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไข้ปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....
.....
.....

๓.๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....
.....
.....

ลงชื่อ


(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

เกณฑ์ประเมินการนำเสนอ หัวข้อโครงสร้าง (คะแนนเต็ม ๒๐ คะแนน, เกณฑ์ผ่าน $\geq 50\%$)

รายการประเมิน	ดีมาก (๔)	ดี (๓)	พอใช้ (๒)	ต้องปรับปรุง (๑)
๑. เนื้อหาความถูกต้อง (Accuracy)	อธิบายแนวคิดระบบ สมดุล ๒ มิติและ ๓ มิติถูกต้อง ครบคลุม แรงและโมเมนต์ มี ตัวอย่างครบถ้วน ไม่มี ข้อผิดพลาด	อธิบายแนวคิดระบบ สมดุล ๒ มิติและ ๓ มิติถูกต้องส่วนใหญ่ มีข้อผิดพลาด เล็กน้อย แต่เข้าใจ แนวคิดได้	มีข้อผิดพลาด หลายจุด แต่ เข้าใจแนวคิด พื้นฐานเกี่ยวกับ แรงและโมเมนต์	เนื้อหาผิดพลาด มาก ไม่เข้าใจระบบ สมดุล ๒ มิติและ ๓ มิติ หรือไม่ตรง หลักการวิศวกรรม
๒. ความเข้าใจหลักการ (Concept Understanding)	อธิบายหลักการแรง และโมเมนต์ในระบบ สมดุล ๒ มิติและ ๓ มิติชัดเจน ครบคลุม การคำนวณและ เชื่อมโยงแนวคิดได้ดี	อธิบายหลักการ สำคัญได้ดี แต่ไม่ ครบทุกด้าน	อธิบายได้เพียง บางส่วน ขาดการ เชื่อมโยงแนวคิด กับแรงและ โมเมนต์	อธิบายไม่เข้าใจ ไม่ สามารถเชื่อมโยง หลักการกับแรง และโมเมนต์
๓. การยกตัวอย่างและ คำนวณ (Application & Calculation)	ยกตัวอย่างโจทย์สมดุล ๒ มิติและ ๓ มิติใน วิศวกรรม เช่น คาน, โครงสร้าง, เกรน, แรงบิด พร้อมขั้นตอน คำนวณครบถ้วน ถูกต้อง	ตัวอย่างเหมาะสม และคำนวณถูกต้อง ส่วนใหญ่	ตัวอย่างไม่ สอดคล้องกับงาน วิศวกรรม หรือ คำนวณผิดหลาย จุด	ไม่ยกตัวอย่าง หรือ คำนวณผิดทั้งหมด
๔. การสื่อสาร/การ นำเสนอ (Communication)	พูดชัดเจน ลำดับ เนื้อหาต่อเนื่อง ใช้สื่อ ช่วย เช่น แผนภาพแรง , โมเดล ๒D/๓D, เวกเตอร์ ทำให้เข้าใจ ง่าย	พูดค่อนข้างชัด ลำดับเนื้อหาดีระดับ หนึ่ง ใช้สื่อช่วย บางส่วน	พูดไม่ชัด ลำดับ เนื้อหาไม่ต่อเนื่อง ใช้สื่อช่วยน้อย	พูดไม่ชัด ขาดความ ต่อเนื่อง และไม่ใช้ สื่อช่วย ทำให้ผู้ฟัง ไม่เข้าใจ
๕. การทำงานร่วมกัน (Teamwork)	สมาชิกทุกคนมีส่วน ร่วม แบ่งหน้าที่ชัดเจน ทำงานร่วมกันเป็นทีม	ร่วมมือดี แต่บางคน มีส่วนร่วมน้อย	มีสมาชิกบางคน ไม่ร่วมมืออย่าง เห็นได้ชัด	ขาดความร่วมมือ ไม่ประสานงาน ไม่ เป็นทีม

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๖	หน่วยที่.....๖.....
	รหัสวิชา...๓๐๑๐๐-๑๐๑๔ ชื่อวิชา...กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Mechanics)	สอนครั้งที่...๑๓..
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้...แรงกระจาย	ทฤษฎี.....๓.....ชม. ปฏิบัติ.....- ชม.
ชื่อเรื่อง...แรงกระจาย		

สาระสำคัญ

แรงที่กระทำต่อวัตถุในแต่ละจุดเป็นแรงแบบเดี่ยว แต่เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุหลาย ๆ แรงจะสามารถแทนด้วยแรงลัพธ์หรือแรงรวมกระทำที่จุดจุดหนึ่งได้ แต่โดยความเป็นจริงแล้ว วัตถุจะมีแรงกระทำกระจายอยู่ในพื้นที่หรือปริมาตร การวิเคราะห์จุดที่แรงลัพธ์กระทำนั้นถือเป็นสิ่งที่สำคัญ เช่นเดียวกับน้ำหนักของวัตถุ จุดศูนย์กลางของน้ำหนักของวัตถุเรียกว่า จุดศูนย์กลางถ่วง (Center of Gravity) ในส่วนนี้จะศึกษาการวิเคราะห์หาจุดศูนย์กลางถ่วงของวัตถุ จุดศูนย์กลางมวลและจุดเซนทรอยด์

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

คำนวณหาจุดศูนย์กลางถ่วง จุดเซนทรอยด์ของพื้นที่ และโมเมนต์อันดับหนึ่งของพื้นที่ รวมถึงวิเคราะห์แรงกระจายรูปเรขาคณิต ด้วยความละเอียด รอบคอบ

อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

- มาตรฐานอาชีพ..... - สมรรถนะย่อย..... -
- บูรณาการกลุ่มอาชีพ..... -

สมรรถนะประจำหน่วย

- แสดงความรู้เกี่ยวกับการหาจุดแรงลัพธ์ของแรงกระจาย
- คำนวณหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วง จุดศูนย์กลางของมวล และจุดเซนทรอยด์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

- คำนวณหาจุดศูนย์กลางถ่วงได้
- คำนวณหาจุดเซนทรอยด์ของพื้นที่ได้
- คำนวณหาโมเมนต์อันดับหนึ่งของพื้นที่ได้
- วิเคราะห์แรงกระจายรูปเรขาคณิตได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

นำเสนอเกี่ยวกับแรงกระจายได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการสืบค้นความรู้และใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา มีความละเอียด รอบคอบ และตระหนักถึงความปลอดภัย

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับแรงกระจายในการแก้ปัญหาโจทย์สถิตศาสตร์วิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาชีพ

สาระการเรียนรู้

- ๖.๑ จุดศูนย์กลางถ่วง

- ๖.๒ จุดเซนทรอยด์ของพื้นที่
- ๖.๓ โมเมนต์อันดับหนึ่งของพื้นที่
- ๖.๔ จุดเซนทรอยด์ของรูปเรขาคณิต

กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๑๓/๑๕ ชั่วโมงที่ ๓๗-๓๙/๔๘)

ขั้นเตรียม (Preparation)

- ๑. นักศึกษาเข้าแถวหน้าชั้นเรียน ครูตรวจสอบความเรียบร้อย ขานชื่อเพื่อตรวจสอบรายชื่อ
- ๒. นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ ๖ เรื่องแรงกระจาย

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up / Motivation)

- ๓. ครูนำวัตถุง่าย ๆ เช่น ไม้บรรทัด กระดาษแข็ง หรือกล่อง มาให้นักศึกษาลองหาจุดสมดุลโดยใช้ปลายนิ้วรองรับ จากนั้นตั้งคำถามกระตุ้นความคิด ดังนี้
 - ทำไมวัตถุถึงสมดุลได้ในตำแหน่งนี้
 - จุดศูนย์ถ่วงและจุดเซนทรอยด์ต่างกันอย่างไร
- ๔. นักศึกษาช่วยกันแสดงความคิดเห็นและเชื่อมโยงกับโครงสร้างวิศวกรรม เช่น เสา ไม้คาน สะพาน
- ๕. ครูเกริ่นนำว่าการหาจุดเซนทรอยด์และโมเมนต์อันดับหนึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของสถิตยศาสตร์และงานออกแบบโครงสร้าง

ขั้นการสอน / การนำเสนอเนื้อหา (Presentation)

- ๖. ครูอธิบายพร้อมยกตัวอย่างการคำนวณ ในหัวข้อ ๖.๑ จุดศูนย์ถ่วง ๖.๒ จุดเซนทรอยด์ของพื้นที่ ๖.๓ โมเมนต์อันดับหนึ่งของพื้นที่ และ ๖.๔ จุดเซนทรอยด์ของรูปเรขาคณิต

ขั้นฝึกฝน / ลงมือปฏิบัติ (Practice)

- ๗. แบ่งนักศึกษา กลุ่มละ ๓-๔ คน ช่วยกันทำแบบฝึกหัดที่ ๖.๑ เรื่อง จุดเซนทรอยด์และโมเมนต์อันดับหนึ่งแสดงวิธีทำลงในกระดาษคลิปปาร์ต
- ๘. ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจคำตอบของกลุ่มอื่นที่ออกมานำเสนอ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหาของคำตอบ

ขั้นประยุกต์ใช้ (Production / Application)

- ๙. ครูให้นักศึกษากลุ่มเดิม ช่วยกันออกแบบรูปเรขาคณิตหรือพื้นที่ที่โครงสร้าง เช่น แผ่นเพลต แผ่นพื้น รูปหน้าตัดง่าย ๆ หาเซนทรอยด์ของรูปนั้นด้วยวิธีแบ่งส่วนและอภิปรายผลลัพธ์ว่าจุดเซนทรอยด์อยู่ในตำแหน่งที่สมเหตุสมผลหรือไม่ นำงานมาเสนอหน้าชั้น (Mini Presentation) โดยอธิบายขั้นตอนและเหตุผลในการคำนวณลงในกระดาษคลิปปาร์ต

- ๑๐. จากนั้นครูสุ่มให้ตัวแทนกลุ่มแต่ละกลุ่ม ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจสถานการณ์ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหา

ขั้นสรุป / ประเมินผล (Wrap up / Assessment)

- ๙. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเกี่ยวกับวิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง จุดเซนทรอยด์ของพื้นที่ โมเมนต์อันดับหนึ่งของพื้นที่ จุดเซนทรอยด์ของรูปเรขาคณิต โดยใช้แบบฝึกหัดที่ ๖.๑ มาเป็นประเด็นในการสรุป
- ๑๐. ครูมอบหมายให้ทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๖ เป็นการบ้าน เพื่อนำส่งในการเรียนครั้งต่อไป
- ๑๑. นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ ๖ เรื่องแรงกระจาย

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

- สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ ๖, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน สื่อของจริง เช่น ไม้บรรทัด กระดาษแข็ง หรือกล่อง

หลักฐานการเรียนรู้

หลักฐานความรู้

๑. ผลการทำแบบฝึกหัดที่ ๖.๑
๒. ผลการทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๖
๓. ผลการตรวจแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ ๖

หลักฐานการปฏิบัติงาน

๑. ผลการทำแบบฝึกหัดที่ ๖.๑
๒. ผลประเมินการนำเสนอหัวข้อแรงกระจาย

หลักฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์

๑. ผลประเมินตามแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง

การวัดและประเมินผล

เครื่องมือวัด	วิธีวัด	การประเมินตามเกณฑ์
๑. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ ๖	ทดสอบ-ตรวจแบบทดสอบ	(ไว้เปรียบเทียบกับหลังเรียน)
๒. แบบทดสอบหน่วยที่ ๖	ปฏิบัติ-ตรวจแบบฝึกหัด	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๓. แบบฝึกหัดที่ ๖.๑	ปฏิบัติ-ประเมิน	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๔. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ ๖	ทดสอบ-ตรวจแบบทดสอบ	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๕. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	สังเกต/ผู้เรียนประเมินตนเอง	เกณฑ์ผ่าน ๗๐%

งานที่มอบหมาย

๑. งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๖
๒. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับแรงกระจาย

เอกสารอ้างอิง

อรุณฤมล พูลศิริ จันทร์สะอาด. (๒๕๖๗). กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Mechanics) (๓๐๑๐๐-๑๐๑๔). เอ็มพันธ์.

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๑๓/๑๕ ชั่วโมงที่ ๓๗-๓๘/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....
.....
.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....
.....
.....

๓. การแก้ไข้ปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไข้ปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....
.....
.....

๓.๒) แนวทางแก้ไข้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....
.....
.....

ลงชื่อ

(.....)


ครูผู้สอน

...../...../.....



เกณฑ์ประเมินการนำเสนอ หัวข้อแรงกระจาย (คะแนนเต็ม ๒๐ คะแนน, เกณฑ์ผ่าน $\geq 50\%$)

รายการประเมิน	ดีมาก (๔)	ดี (๓)	พอใช้ (๒)	ต้องปรับปรุง (๑)
๑. เนื้อหาความถูกต้อง (Accuracy)	อธิบายแนวคิดแรงกระจายได้ถูกต้อง เช่น แรงสม่ำเสมอ (UDL), แรงแปรผัน (UVL), การแปลงแรงกระจายเป็นแรงลัพธ์ และตำแหน่งแรงลัพธ์ อย่างครบถ้วน ไม่มีข้อผิดพลาด	อธิบายแรงกระจายและการแปลงแรงลัพธ์ถูกต้องส่วนใหญ่ มีข้อผิดพลาดเล็กน้อยแต่ยังเข้าใจแนวคิด	มีข้อผิดพลาดหลายจุด แต่ยังเข้าใจพื้นฐานของแรงกระจายและแรงลัพธ์	เนื้อหาผิดพลาดมาก ไม่เข้าใจหลักการแรงกระจายหรือการหาตำแหน่งแรงลัพธ์
๒. ความเข้าใจหลักการ (Concept Understanding)	อธิบายหลักการกระจายแรง การหาค่าแรงลัพธ์และตำแหน่งแรงลัพธ์ได้ชัดเจน เชื่อมโยงกับสมดุลแรงและโมเมนต์ได้ดี	อธิบายหลักการสำคัญได้ดี แต่ไม่ครบทุกประเด็น	อธิบายได้บางส่วน ขาดการเชื่อมโยงแรงกระจายกับแนวคิดสมดุลแรงและโมเมนต์	อธิบายไม่เข้าใจ ไม่สามารถเชื่อมโยงหลักการแรงกระจายกับแนวคิดสมดุลได้
๓. การยกตัวอย่างและคำนวณ (Application & Calculation)	ยกตัวอย่างแรงกระจายในงานวิศวกรรม เช่น คานรับน้ำหนัก คานสะพาน แรงลมบนผนัง พร้อมขั้นตอนคำนวณแรงลัพธ์และตำแหน่งความเข้มแรงถูกต้องครบถ้วน	ตัวอย่างเหมาะสมและคำนวณถูกต้องส่วนใหญ่	ตัวอย่างไม่ตรงประเด็นงานวิศวกรรม หรือคำนวณผิดพลาดหลายจุด	ไม่ยกตัวอย่างหรือการคำนวณผิดทั้งหมด
๔. การสื่อสาร / การนำเสนอ (Communication)	นำเสนอชัดเจน ใช้สื่อช่วย เช่น กราฟแรงกระจาย, แผนภาพแรงเฉือน-โมเมนต์ตัด, ภาพคาน ทำให้เข้าใจง่าย ลำดับเนื้อหาต่อเนื่อง	นำเสนอค่อนข้างชัด ลำดับเนื้อหาใช้ได้ มีสื่อช่วยบางส่วน	การนำเสนอไม่ชัด ลำดับเนื้อหาไม่ต่อเนื่อง ใช้สื่อช่วยน้อย	นำเสนอไม่ชัดเจน ไม่มีสื่อช่วย ทำให้ผู้ฟังไม่เข้าใจแนวคิดแรงกระจาย
๕. การทำงานร่วมกัน (Teamwork)	สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วม แบ่งหน้าที่ชัดเจน ทำงานร่วมกันดี	ทำงานร่วมกันดี แต่บางคนมีส่วนร่วมน้อย	มีบางคนไม่ร่วมมือหรือไม่รับผิดชอบงาน	ขาดความร่วมมือ ไม่ประสานงาน ไม่ทำงานเป็นทีม

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๗	หน่วยที่.....๗.....
	รหัสวิชา...๓๐๑๐๐-๑๐๑๔ ชื่อวิชา...กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Mechanics)	สอนครั้งที่...๑๔..
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้...โมเมนต์ความเฉื่อย	ทฤษฎี.....๓.....ชม. ปฏิบัติ.....-..... ชม.
ชื่อเรื่อง...โมเมนต์ความเฉื่อย		

สาระสำคัญ

โมเมนต์ความเฉื่อยเป็นการวัดค่าต้านทานการหมุนของวัตถุเทียบกับแกนหมุนนั้น ๆ ซึ่งถ้าเทียบกับการเคลื่อนที่เชิงเส้นก็คล้ายกับค่ามวลของวัตถุนั้นเอง โมเมนต์ความเฉื่อยเป็นคุณสมบัติของวัตถุที่จะกำหนดค่าความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเชิงมุมรอบแกนของการหมุนของมันเป็นวิธีการหมุนของวัตถุ อันเป็นผลมาจากกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ซึ่งระบุว่า “วัตถุทุกชนิดจะรักษาสภาพหยุดนิ่งหรือสภาพเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอเป็นเส้นตรงนอกจากจะมีแรงลัพธ์ที่มีค่าไม่เป็นศูนย์มากระทำ” ในบริบทนี้ความเฉื่อยหมายถึงความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงโมเมนต์ความเฉื่อยถูกนำไปใช้กับการขยายตัวของวัตถุซึ่งมวลเป็นข้อจำกัดในการหมุนรอบแกนเกิดขึ้นจากการรวมกันของมวลและเรขาคณิตในการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุอย่างต่อเนื่องส่วนประกอบของอนุภาค หรือที่รู้จักกันในชื่อว่า พลศาสตร์ของวัตถุแข็งเกร็ง (Dynamics of Rigid Body) เป็นโมเมนต์ความเฉื่อยของข้อเสาคำดำเนินการโดยนักไต่ลวดสลิงที่ต่อต้านการหมุนและช่วยให้หนักไต่ลวดรักษาความสมดุลไว้ได้

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

คำนวณหาโมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ รัศมีจเรชันของพื้นที่ โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่โดยใช้ทฤษฎีแกนขนาน และโมเมนต์ความเฉื่อยของรูปเรขาคณิตด้วยความละเอียด รอบคอบ

อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

- มาตรฐานอาชีพ..... - สมรรถนะย่อย..... -
- บูรณาการกลุ่มอาชีพ..... -

สมรรถนะประจำหน่วย

- แสดงความรู้เกี่ยวกับโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุรูปทรงต่าง ๆ
- คำนวณหาโมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุรูปทรงต่าง ๆ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

- คำนวณหาโมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ได้
- คำนวณหารัศมีจเรชันของพื้นที่ได้
- คำนวณหาโมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่โดยใช้ทฤษฎีแกนขนานได้
- คำนวณหาโมเมนต์ความเฉื่อยของรูปเรขาคณิตได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

นำเสนอเกี่ยวกับโมเมนต์ความเฉื่อยได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการสืบค้นความรู้และใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา มีความละเอียด รอบคอบ และตระหนักถึงความปลอดภัย

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับโมเมนต์ความเฉื่อยในการแก้ปัญหาโจทย์สถิตศาสตร์วิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาชีพ

สาระการเรียนรู้

- ๗.๑ โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่
- ๗.๒ รัศมีจโรจน์ของพื้นที่
- ๗.๓ ทฤษฎีแกนขนานของพื้นที่
- ๗.๔ โมเมนต์ความเฉื่อยของรูปเรขาคณิต

กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๑๔/๑๕ ชั่วโมงที่ ๔๐-๔๒/๔๘)

ขั้นเตรียม (Preparation)

๑. นักศึกษาเข้าแถวหน้าชั้นเรียน ครูตรวจสอบความเรียบร้อย ขานชื่อเพื่อตรวจสอบรายชื่อ
๒. นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ ๗ เรื่องโมเมนต์ความเฉื่อย

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up / Motivation)

๓. ครูนำวัตถุสองชิ้นที่มีรูปทรงต่างกัน (เช่น ไม้บรรทัด แผ่นกระดาษแข็ง) มาถามนักศึกษาว่า ถ้าต้องการหมุนวัตถุสองอันนี้ อันไหนหมุนง่ายกว่ากัน เพราะอะไร
๔. ให้นักศึกษาทดลองหมุนวัตถุจริงแบบเร็ว ๆ เพื่อให้เห็นความแตกต่างเชิงประสบการณ์
๕. จากนั้นนำเข้าสู่คำถามหลักของบทเรียน อะไรเป็นตัวกำหนดว่าวัตถุหมุนง่ายหรือยากแล้วเชื่อมโยงไปสู่แนวคิดเรื่อง โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่และรัศมีจโรจน์

ขั้นการสอน / การนำเสนอเนื้อหา (Presentation)

๖. ครูอธิบายพร้อมยกตัวอย่างการคำนวณ ในหัวข้อ ๗.๑ โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ ๗.๒ รัศมีจโรจน์ของพื้นที่ ๗.๓ ทฤษฎีแกนขนานของพื้นที่ และ ๗.๔ โมเมนต์ความเฉื่อยของรูปเรขาคณิต

ขั้นฝึกฝน / ลงมือปฏิบัติ (Practice)

๗. แบ่งนักศึกษา กลุ่มละ ๓-๔ คน ช่วยกันทำแบบฝึกหัดที่ ๗.๑ โมเมนต์ความเฉื่อยของรูปเรขาคณิต แสดงวิธีทำลงในกระดาษคลิปชาร์ต
๘. ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจคำตอบของกลุ่มอื่นที่ออกมานำเสนอ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหาของคำตอบ

ขั้นประยุกต์ใช้ (Production / Application)

๙. ครูให้นักศึกษากลุ่มเดิม ช่วยกันทำโจทย์ประยุกต์ เช่น ออกแบบหน้าตัดคานรูปตัว I ที่รับโมเมนต์ดัดให้ได้มากที่สุด เปรียบเทียบหน้าตัดสองแบบว่าแบบใดมีความต้านทานดัดดีกว่า โดยใช้ค่าความเฉื่อยพื้นที่และอธิบายเหตุผลทางวิศวกรรมประกอบลงในกระดาษคลิปชาร์ต
๑๐. จากนั้นครูสุ่มให้ตัวแทนกลุ่มแต่ละกลุ่ม ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจสอบสถานการณ์ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหา

ขั้นสรุป / ประเมินผล (Wrap up / Assessment)

๑๑. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเกี่ยวกับโมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ รัศมีจโรจน์ของพื้นที่ ทฤษฎีแกนขนานของพื้นที่ โมเมนต์ความเฉื่อยของรูปเรขาคณิต โดยใช้แบบฝึกหัดที่ ๗.๑ มาเป็นประเด็นในการสรุป
๑๒. ครูมอบหมายให้ทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๗ เป็นการบ้าน เพื่อนำส่งในการเรียนครั้งต่อไป
๑๕. นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ ๗ เรื่องโมเมนต์ความเฉื่อย

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ ๗, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน

และหลังเรียน สื่อของจริง เช่น ไม้บรรทัด แผ่นกระดาษแข็ง

หลักฐานการเรียนรู้

หลักฐานความรู้

๑. ผลการทำแบบฝึกหัดที่ ๗.๑
๒. ผลการทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๗
๓. ผลการตรวจแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ ๗

หลักฐานการปฏิบัติงาน

๑. ผลการทำแบบฝึกหัดที่ ๗.๑
๒. ผลประเมินนำเสนอหัวข้อโมเมนต์ความเฉื่อย

หลักฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์

๑. ผลประเมินตามแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง

การวัดและประเมินผล

เครื่องมือวัด	วิธีวัด	การประเมินตามเกณฑ์
๑. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ ๗	ทดสอบ-ตรวจแบบทดสอบ	(ไว้เปรียบเทียบกับหลังเรียน)
๒. แบบทดสอบหน่วยที่ ๗	ปฏิบัติ-ตรวจแบบฝึกหัด	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๓. แบบฝึกหัดที่ ๗.๑	ปฏิบัติ-ประเมิน	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๔. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ ๗	ทดสอบ-ตรวจแบบทดสอบ	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๕. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	สังเกต/ผู้เรียนประเมินตนเอง	เกณฑ์ผ่าน ๗๐%

งานที่มอบหมาย

๑. งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๗
๒. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับโมเมนต์ความเฉื่อย

เอกสารอ้างอิง

อรุณฤมล พูลศิริ จันทร์สะอาด. (๒๕๖๗). กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Mechanics) (๓๐๑๐๐-๑๐๑๔). เอ็มพันธ์.

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๑๔/๑๕ ชั่วโมงที่ ๔๐-๔๒/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....
.....
.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....
.....
.....

๓. การแก้ไข้ปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไข้ปัญหาที่ส่งผลดีต่อผู้เรียน

.....
.....
.....

๓.๒) แนวทางแก้ไข้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....
.....
.....

ลงชื่อ

(.....)


ครูผู้สอน

...../...../.....



เกณฑ์ประเมินการนำเสนอ หัวข้อโมเมนต์ความเฉื่อย (คะแนนเต็ม ๒๐ คะแนน, เกณฑ์ผ่าน $\geq 50\%$)

รายการประเมิน	ดีมาก (๔)	ดี (๓)	พอใช้ (๒)	ต้องปรับปรุง (๑)
๑. เนื้อหาความถูกต้อง (Accuracy)	อธิบายโมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ รัศมีใจเรซัน ทฤษฎีแกนขนาน และสูตรของรูปรูปเรขาคณิตต่างๆ ได้ถูกต้องครบถ้วน ไม่มีข้อผิดพลาด	อธิบายถูกต้องส่วนใหญ่ มีข้อผิดพลาดเล็กน้อยแต่ยังเข้าใจแนวคิดหลัก	มีข้อผิดพลาดหลายจุด แต่ยังคงแสดงความเข้าใจพื้นฐานของโมเมนต์ความเฉื่อย	เนื้อหาผิดมาก ไม่เข้าใจแนวคิดโมเมนต์ความเฉื่อยหรือหลักการคำนวณ
๒. ความเข้าใจหลักการ (Concept Understanding)	อธิบายหลักการกระจายพื้นที่ต่อแกน, การหาค่า $I = k^2A$, ทฤษฎีแกนขนาน และแนวคิดแกนผ่านจุดศูนย์กลางได้ชัดเจนครบถ้วน	อธิบายหลักการได้ดี แต่ยังไม่ครอบคลุมทุกประเด็น	อธิบายบางส่วนขาดความเชื่อมโยงระหว่างโมเมนต์ความเฉื่อยกับรูปทรงและแกนหมุน	อธิบายคลาดเคลื่อนหรือไม่เข้าใจหลักการพื้นฐานของโมเมนต์ความเฉื่อย
๓. การยกตัวอย่างและคำนวณ (Application & Calculation)	ยกตัวอย่างการประยุกต์ เช่น การหาค่า I ของคาน/หน้าตัดจริง การใช้ทฤษฎีแกนขนาน พร้อมคำนวณถูกต้องทุกขั้นตอน	ตัวอย่างเหมาะสมและคำนวณถูกต้องส่วนใหญ่	ตัวอย่างไม่ตรงประเด็น หรือการคำนวณผิดหลายจุด	ไม่ยกตัวอย่างหรือคำนวณผิดทั้งหมด
๔. การสื่อสาร / การนำเสนอ (Communication)	นำเสนอชัดเจน ใช้ภาพประกอบ เช่น รูปหน้าตัด, แกนพิกัด, แผนภาพ $I_{xx}-I_{yy}$ ช่วยให้เข้าใจง่าย ลำดับเนื้อหาต่อเนื่อง	นำเสนอค่อนข้างชัด ลำดับเนื้อหาใช้ได้ มีสื่อช่วยบางส่วน	นำเสนอไม่ชัด ลำดับเนื้อหาไม่ต่อเนื่อง ใช้สื่อช่วยน้อย	นำเสนอไม่ชัดเจน ไม่มีสื่อช่วย ทำให้ผู้ฟังไม่เข้าใจแนวคิดโมเมนต์ความเฉื่อย
๕. การทำงานร่วมกัน (Teamwork)	สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วม แบ่งหน้าที่ชัดเจน ทำงานร่วมกันดี	ทำงานร่วมกันดี แต่บางคนมีส่วนร่วมน้อย	มีบางคนไม่ร่วมมือหรือไม่รับผิดชอบงาน	ขาดความร่วมมือ ไม่ประสานงาน ไม่ทำงานเป็นทีม

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๘	หน่วยที่.....๘.....
	รหัสวิชา...๓๐๑๐๐-๑๐๑๔ ชื่อวิชา กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Mechanics)	สอนครั้งที่...๑๕..
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้...แรงเสียดทาน	ทฤษฎี.....๓.....ชม. ปฏิบัติ.....- ชม.
ชื่อเรื่อง...แรงเสียดทาน		

สาระสำคัญ

การสัมผัสกันของวัตถุมักถูกสมมติให้มีแรงในแนวตั้งฉากกับผิววัตถุเพียงอย่างเดียวซึ่งหมายความว่าพื้นผิวนั้นเรียบ ถึงแม้ว่าสมมติฐานนี้จะสามารถใช้ได้ดีกับปัญหาในหลาย ๆ กรณีโดยมีความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อย แต่ในหลาย ๆ กรณีจำเป็นต้องคำนึงถึงแรงต้านทานในแนวสัมผัสกับผิววัตถุที่เรียกว่าแรงเสียดทานด้วย แรงเสียดทานเป็นแรงต้านทานการเคลื่อนที่หรือต้านทานแนวโน้มที่จะเกิดจากการเคลื่อนที่ ดังนั้นทิศทางการเคลื่อนที่ของแรงเสียดทานจะตรงกันข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ หรือทิศทางที่มีแนวโน้มจะเกิดการเคลื่อนที่เสมอ ในเครื่องจักรกลหลาย ๆ ชนิดเช่น รอกเส้น (ตลับลูกปืน, แบริ่ง) เฟือง สกรูส่งกำลัง หรือการไหลของของเหลวในท่อไม่ต้องการให้มีแรงเสียดทาน ซึ่งทำให้เกิดการเสียดสี เกิดความร้อน และเกิดการสึกหรอขึ้น อย่างไรก็ตาม เครื่องจักรกลหลาย ๆ ชนิดใช้ประโยชน์จากแรงเสียดทานเช่นกัน เช่น เบรก คลัตช์ สายพาน ยางรถยนต์

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

คำนวณหาความเสียดทาน แก้ปัญหาโจทย์เกี่ยวกับความเสียดทาน และแก้ปัญหาโจทย์โดยวิเคราะห์จากมุมของแรงเสียดทานด้วยความละเอียด รอบคอบ

อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

- มาตรฐานอาชีพ..... -..... สมรรถนะย่อย..... -.....
- บูรณาการกลุ่มอาชีพ..... -.....

สมรรถนะประจำหน่วย

- วิเคราะห์การเกิดแรงเสียดทานจากลักษณะของวัตถุในสภาพต่าง ๆ
- คำนวณแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นบนวัตถุในขณะที่หยุดนิ่งและเคลื่อนที่

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (Knowledge)

- คำนวณหาความเสียดทานได้
- แก้ปัญหาโจทย์เกี่ยวกับความเสียดทานได้
- แก้ปัญหาโจทย์โดยวิเคราะห์จากมุมของแรงเสียดทานได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ (Process)

นำเสนอเกี่ยวกับแรงเสียดทานได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการสืบค้นความรู้และใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา มีความละเอียด รอบคอบ และตระหนักถึงความปลอดภัย

ด้านการประยุกต์ใช้ (Apply)

ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับแรงเสียดทานในการแก้ปัญหาโจทย์สถิตศาสตร์วิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาชีพ

สาระการเรียนรู้

- ๘.๑ ความเสียดทาน
- ๘.๒ ประเภทของปัญหาที่เกี่ยวกับความเสียดทาน
- ๘.๓ มุมของแรงเสียดทาน

กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๑๕/๑๕ ชั่วโมงที่ ๔๓-๔๕/๔๘)

ขั้นเตรียม (Preparation)

๑. นักเรียนเข้าแถวหน้าชั้นเรียน ครูตรวจสอบความเรียบร้อย ขานชื่อเพื่อตรวจสอบรายชื่อ
๒. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ ๘ เรื่องแรงเสียดทาน

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Warm up / Motivation)

๓. ครูนำวัตถุสองชนิด เช่น กล้องไม้และกล่องพลาสติก มาวางบนโต๊ะ แล้วผลักเบา ๆ ให้นักศึกษาสังเกตว่าวัตถุใดเคลื่อนที่ได้ง่ายกว่ากัน

๔. จากนั้นเปิดคำถามกระตุ้นความสนใจ ให้นักศึกษาตอบตามความเข้าใจเบื้องต้นเพื่อเชื่อมโยงสู่หัวข้อ “แรงเสียดทาน” เช่น

- ทำไมกล่องบางชนิดผลักราง่ายกว่าอีกชนิดหนึ่ง
- ทำไมรองเท้ากีฬาต้องมีดอกยาง

ขั้นการสอน / การนำเสนอเนื้อหา (Presentation)

๕. ครูอธิบายและแสดงตัวอย่างการคำนวณ พร้อมภาพประกอบ ในหัวข้อ
- ๘.๑ ความเสียดทาน เกี่ยวกับความหมายของแรงเสียดทาน (Friction) และปัจจัยที่ทำให้แรงเสียดทานมาก-น้อย
 - ๘.๒ ประเภทของปัญหาที่เกี่ยวกับความเสียดทาน เช่น วัตถุจะเริ่มเคลื่อนที่เมื่อไร แรงที่ต้องใช้ดึงวัตถุให้เคลื่อนที่คงที่
 - ๘.๓ มุมของแรงเสียดทานและความสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์เสียดทาน (μ)

ขั้นฝึกฝน / ลงมือปฏิบัติ (Practice)

๖. แบ่งนักศึกษา กลุ่มละ ๓-๔ คน ช่วยกันทำแบบฝึกหัดที่ ๘.๑ แรงเสียดทาน แสดงวิธีทำลงในกระดาษคลิปบอร์ด

๗. ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจคำตอบของกลุ่มอื่นที่ออกมานำเสนอ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหาของคำตอบ

ขั้นประยุกต์ใช้ (Production / Application)

๘. ครูให้นักศึกษากลุ่มเดิม ช่วยกันทำโจทย์ปัญหาเชิงสถานการณ์ เช่น ออกแบบรองเท้าให้มีแรงยึดเกาะดีสำหรับการวิ่ง วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของรถบนทางลาดเอียงที่มีแรงเสียดทาน คำนวณแรงที่ต้องใช้ดึงลิ้งสินค้าบนพื้นต่างชนิด เสนอแนวความคิดการลดหรือเพิ่มแรงเสียดทานในชีวิตประจำวัน เช่น เบรกจักรยาน ยางรถยนต์ ราง สไลเดอร์ ลงในกระดาษคลิปบอร์ด

๙. จากนั้นครูสุ่มให้ตัวแทนกลุ่มแต่ละกลุ่ม ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน และให้แต่ละกลุ่มช่วยกันตรวจสถานการณ์ โดยมีครูคอยเพิ่มเติมเนื้อหา

ขั้นสรุป / ประเมินผล (Wrap up / Assessment)

๑๐. ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเกี่ยวกับความเสียดทาน ประเภทของปัญหาที่เกี่ยวกับความเสียดทาน

มุมของแรงเสียดทาน โดยใช้แบบฝึกหัดที่ ๘.๑ มาเป็นประเด็นในการสรุป

๑๑. ครูมอบหมายให้ทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๘ เป็นการบ้าน เพื่อนำส่งในการเรียนครั้งต่อไป

๑๒. นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ ๘ เรื่องแรงเสียดทาน

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ ๘, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน สื่อของจริง เช่น กล้องไม้ กล้องพลาสติก

หลักฐานการเรียนรู้

หลักฐานความรู้

๑. ผลการทำแบบฝึกหัดที่ ๘.๑

๒. ผลการทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๘

๓. ผลการตรวจแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ ๘

หลักฐานการปฏิบัติงาน

๑. ผลการทำแบบฝึกหัดที่ ๘.๑

๒. ผลประเมินนำเสนอหัวข้อแรงเสียดทาน

หลักฐานคุณลักษณะที่พึงประสงค์

๑. ผลประเมินตามแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง

การวัดและประเมินผล

เครื่องมือวัด	วิธีวัด	การประเมินตามเกณฑ์
๑. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ ๘	ทดสอบ-ตรวจแบบทดสอบ	(ไว้เปรียบเทียบกับหลังเรียน)
๒. แบบทดสอบหน่วยที่ ๘	ปฏิบัติ-ตรวจแบบฝึกหัด	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๓. แบบฝึกหัดที่ ๘.๑	ปฏิบัติ-ประเมิน	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๔. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ ๘	ทดสอบ-ตรวจแบบทดสอบ	เกณฑ์ผ่าน ๕๐%
๕. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	สังเกต/ผู้เรียนประเมินตนเอง	เกณฑ์ผ่าน ๗๐%

งานที่มอบหมาย

๑. งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบทดสอบหน่วยที่ ๘

๒. สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับแรงเสียดทาน

๓. ให้นักศึกษาทบทวนเนื้อหาทั้งรายวิชาเพื่อเตรียมประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ระดับรายวิชาในสัปดาห์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

อรุณฤมล พูลศิริ จันทร์สะอาด. (๒๕๖๗). กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Mechanics)

(๓๐๑๐๐-๑๐๑๔). เอ็มพันธ์.

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ (ครั้งที่ ๑๕/๑๕ ชั่วโมงที่ ๔๓-๔๕/๔๘)

๑. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....
.....
.....

๒. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....
.....
.....

๓. การแก้ไข้ปัญหา

๓.๑) ผลการแก้ไข้ปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....
.....
.....

๓.๒) แนวทางแก้ไข้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....
.....
.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....



เกณฑ์ประเมินการนำเสนอ หัวข้อแรงเสียดทาน (คะแนนเต็ม ๒๐ คะแนน, เกณฑ์ผ่าน $\geq 50\%$)

รายการประเมิน	ดีมาก (๔ คะแนน)	ดี (๓ คะแนน)	พอใช้ (๒ คะแนน)	ต้องปรับปรุง (๑ คะแนน)
๑. เนื้อหาความถูกต้อง (Accuracy)	อธิบายความหมายของแรงเสียดทาน ประเภทของแรงเสียดทาน (สถิต-จลน์), ปัจจัยที่มีผล, มุมของแรงเสียดทาน และความสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์เสียดทาน ได้ถูกต้องครบถ้วน ไม่มีข้อผิดพลาด	อธิบายถูกต้อง ส่วนใหญ่ มีข้อผิดพลาดเล็กน้อย แต่ยังเข้าใจแนวคิดหลักของแรงเสียดทาน	มีข้อผิดพลาดหลายจุด แต่ยังแสดงความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับแรงเสียดทาน	เนื้อหาผิดพลาดมาก ไม่เข้าใจแนวคิดแรงเสียดทานหรือหลักการพื้นฐาน
๒. ความเข้าใจหลักการ (Concept Understanding)	อธิบายหลักการเกิดแรงเสียดทาน การเปรียบเทียบแรงเสียดทานสถิต-จลน์ การขึ้นกับค่าสัมประสิทธิ์เสียดทาน รวมถึงมุมของแรงเสียดทานได้ชัดเจนครบถ้วน	อธิบายหลักการได้ดี แต่ยังไม่ครอบคลุมทุกประเด็น	อธิบายบางส่วนขาดความเชื่อมโยงระหว่างแรงเสียดทานกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ	อธิบายคลาดเคลื่อนหรือไม่เข้าใจหลักการพื้นฐานของแรงเสียดทาน
๓. การยกตัวอย่างและคำนวณ (Application & Calculation)	ยกตัวอย่างสถานการณ์จริง เช่น การดึงกล่อง การเคลื่อนที่บนทางลาด การคำนวณแรงเสียดทาน แรงที่ทำให้วัตถุเริ่มเคลื่อนที่ หรือมุมของแรงเสียดทาน พร้อมคำนวณถูกต้องทุกขั้นตอน	ยกตัวอย่างเหมาะสมและคำนวณถูกต้องส่วนใหญ่	ตัวอย่างไม่ตรงประเด็น หรือการคำนวณผิดพลาดหลายจุด	ไม่ยกตัวอย่างหรือคำนวณผิดพลาดทั้งหมด
๔. การสื่อสาร / การนำเสนอ (Communication)	นำเสนอชัดเจน ใช้ภาพประกอบ เช่น แผนภาพแรงเสียดทาน, แผนภาพแรงบนพื้นผิวเอียง, กราฟแรงเสียดทานสถิต-จลน์ ช่วยให้เข้าใจง่าย ลำดับเนื้อหาต่อเนื่อง	นำเสนอค่อนข้างชัดเจน ลำดับเนื้อหาใช้ได้ มีสื่อช่วยบางส่วน	นำเสนอไม่ชัดเจน ลำดับเนื้อหาไม่ต่อเนื่อง ใช้สื่อช่วยน้อย	นำเสนอไม่ชัดเจน ไม่มีสื่อช่วย ทำให้ผู้ฟังไม่เข้าใจเนื้อหา
๕. การทำงานร่วมกัน (Teamwork)	สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วม แบ่งหน้าที่ชัดเจน ทำงานร่วมกันดี	ทำงานร่วมกันดี แต่บางคนมีส่วนร่วมน้อย	มีบางคนไม่ร่วมมือหรือไม่รับผิดชอบงาน	ขาดความร่วมมือไม่ประสานงานไม่ทำงานเป็นทีม