

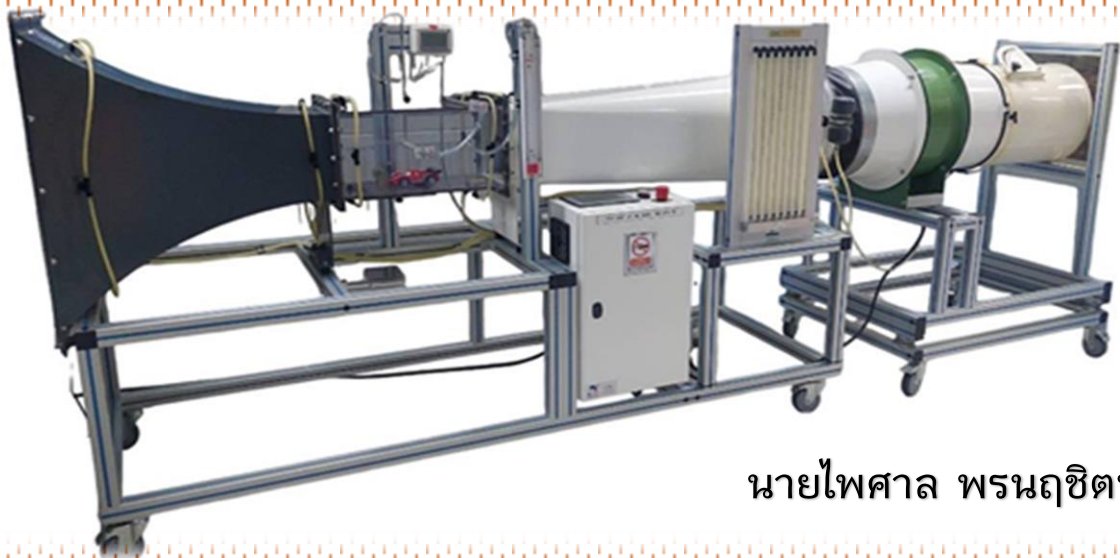


คู่มือนักศึกษา

ชุดกิจกรรมที่ 3

กลศาสตร์ของไหล

ชุดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ
วิชางานทดลองเครื่องกล รหัสวิชา 30101-2007
สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล



นายไพศาล พรณฤชิตพงศ์

แผนกวิชาเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา

ชุดกิจกรรมที่

3

กลศาสตร์ของไหล

หน่วย
ที่

1

การวัดอัตราการไหล

2

เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง

3

อากาศพลศาสตร์ของยานยนต์

แผนกวิชาเครื่องกล

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา

กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

ชุดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ วิชางานทดลอง เครื่องกล รหัสวิชา 30101-2007 สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิค เครื่องกล ครูผู้สอนจัดทำขึ้น ตามผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา จุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563 (ปรับปรุง พ.ศ. 2565) สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ประกอบด้วยชุดกิจกรรม จำนวน 4 ชุด กิจกรรม ดังนี้

ชุดกิจกรรมที่ 1 เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น

ชุดกิจกรรมที่ 2 คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ

ชุดกิจกรรมที่ 3 กลศาสตร์ของไหล

ชุดกิจกรรมที่ 4 สมรรถนะของเครื่องยนต์



ภายในชุดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ วิชางานทดลอง เครื่องกล รหัสวิชา 30101-2007 สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 ทบทวนความรู้เดิม (Elicit) กิจกรรมที่ 1 ทบทวน ชวนจำ ขั้นที่ 2 สร้างความสนใจ (Engage) กิจกรรมที่ 2 สนใจ ใฝ่เรียน ขั้นที่ 3 สำรวจค้นหา (Explore) กิจกรรมที่ 3 สืบค้น ทดลอง ขั้นที่ 4 อธิบาย และลงข้อสรุป (Explain) กิจกรรมที่ 4 สรุปได้ อธิบายเป็น ขั้นที่ 5 ขยายความคิด (Elaborate) กิจกรรมที่ 5 เพิ่มเติม เสริมความรู้ ขั้นที่ 6 ประเมินผล (Evaluate) กิจกรรมที่ 6 ประเมินผล ค้นคว้างาน ขั้นที่ 7 นำความรู้ไปใช้ (Extend) กิจกรรมที่ 7 นำไปใช้ ถ่ายโอนความคิด และแบบทดสอบ หลังเรียน เพื่อส่งเสริมให้นักศึกษาได้สืบเสาะหาความรู้ และส่งเสริมให้นักศึกษามีทักษะปฏิบัติการงานทดลอง โดยครูเป็นผู้ให้คำแนะนำและคอยอำนวยความสะดวกตลอดจนติดตามอย่างใกล้ชิด ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ สร้างสรรค์การทำงาน ให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ชุดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ วิชางานทดลอง เครื่องกล รหัสวิชา 30101-2007 จะเป็นนวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนที่เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ผู้เรียนสามารถใช้คู่มือ นักศึกษาประกอบการเรียนการสอน และเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา (Anywhere Anytime) ผ่านเว็บไซต์ kru-phaisan.com เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล ต่อไป

ไพศาล พรณฤชิตพงศ์

สารบัญ

หน้า

คำนำ.....	ก
สารบัญ.....	ข
สารบัญภาพ.....	ค
สารบัญตาราง.....	ค
คำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรม (สำหรับนักศึกษา).....	ง
แนวทางการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนด้วยชุดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E)ฯ	จ
แนวทางการจัดการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยชุดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E)ฯ..	ฉ
รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E)ฯ	ช
ลำดับขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรม.....	ซ
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563 (ปรับปรุง พ.ศ. 2565).....	ณ
ชุดกิจกรรมที่ 3 กลศาสตร์ของไหล.....	ญ
หน่วยที่ 1 การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)	1
แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยที่ 1.....	6
ขั้นที่ 1 ทบทวนความรู้เดิม (Elicit)	
กิจกรรมที่ 1 ทบทวน ชวนจำ.....	10
ขั้นที่ 2 สร้างความสนใจ (Engage)	
กิจกรรมที่ 2 สนใจ ใฝ่เรียน.....	14
ขั้นที่ 3 สำรวจค้นหา (Explore)	
กิจกรรมที่ 3 สืบค้น ทดลอง.....	18
ขั้นที่ 4 อธิบาย และลงข้อสรุป (Explain)	
กิจกรรมที่ 4 สรุปได้ อธิบายเป็น.....	48
ขั้นที่ 5 ขยายความคิด (Elaborate)	
กิจกรรมที่ 5 เพิ่มเติม เสริมความรู้.....	50
ขั้นที่ 6 ประเมินผล (Evaluate)	
กิจกรรมที่ 6 ประเมินผล คั่นคว้งงาน.....	52
ขั้นที่ 7 นำความรู้ไปใช้ (Extend)	
กิจกรรมที่ 7 นำไปใช้ ถ่ายโอนความคิด.....	55
แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ 1.....	58
Web Guide.....	64
บรรณานุกรม.....	65

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 การร่อนน้ำสนามหญ้า.....	10
ภาพที่ 1.2 เครื่องวัดอัตราการไหล.....	18
ภาพที่ 1.3 Venturi meter.....	21
ภาพที่ 1.4 รายละเอียดเครื่องวัดอัตราการไหลของมาตรวัดเวนจูรี.....	22
ภาพที่ 1.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับสัมประสิทธิ์ของมาตรวัดเวนจูรี.....	29
ภาพที่ 1.6 เครื่องวัดอัตราการไหล.....	33
ภาพที่ 1.7 แผ่นรูคอด (Orifice Meter).....	35
ภาพที่ 1.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับสัมประสิทธิ์ของมาตรวัดออริฟิส.....	43
ภาพที่ 1.9 โปรแกรมการคำนวณตัวแปรต่าง ๆ ของมาตรวัดอัตราการไหล.....	47

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 รายละเอียดอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการไหล.....	22
ตารางที่ 1.2 รายการวัสดุอุปกรณ์ เครื่องวัดอัตราการไหลของมาตรวัดเวนจูรี.....	24
ตารางที่ 1.3 ขั้นตอนการทดลองมาตรวัดเวนจูรี.....	25
ตารางที่ 1.4 บันทึกผลการทดลองมาตรวัดเวนจูรี (Venturi Meter).....	28
ตารางที่ 1.5 รายการวัสดุอุปกรณ์ เครื่องวัดอัตราการไหลของมาตรวัดออริฟิส.....	38
ตารางที่ 1.6 แสดงขั้นตอนการทดลองมาตรวัดออริฟิส (Orifice Meter).....	39
ตารางที่ 1.7 บันทึกผลการทดลองมาตรวัดออริฟิส (Orifice Meter).....	42

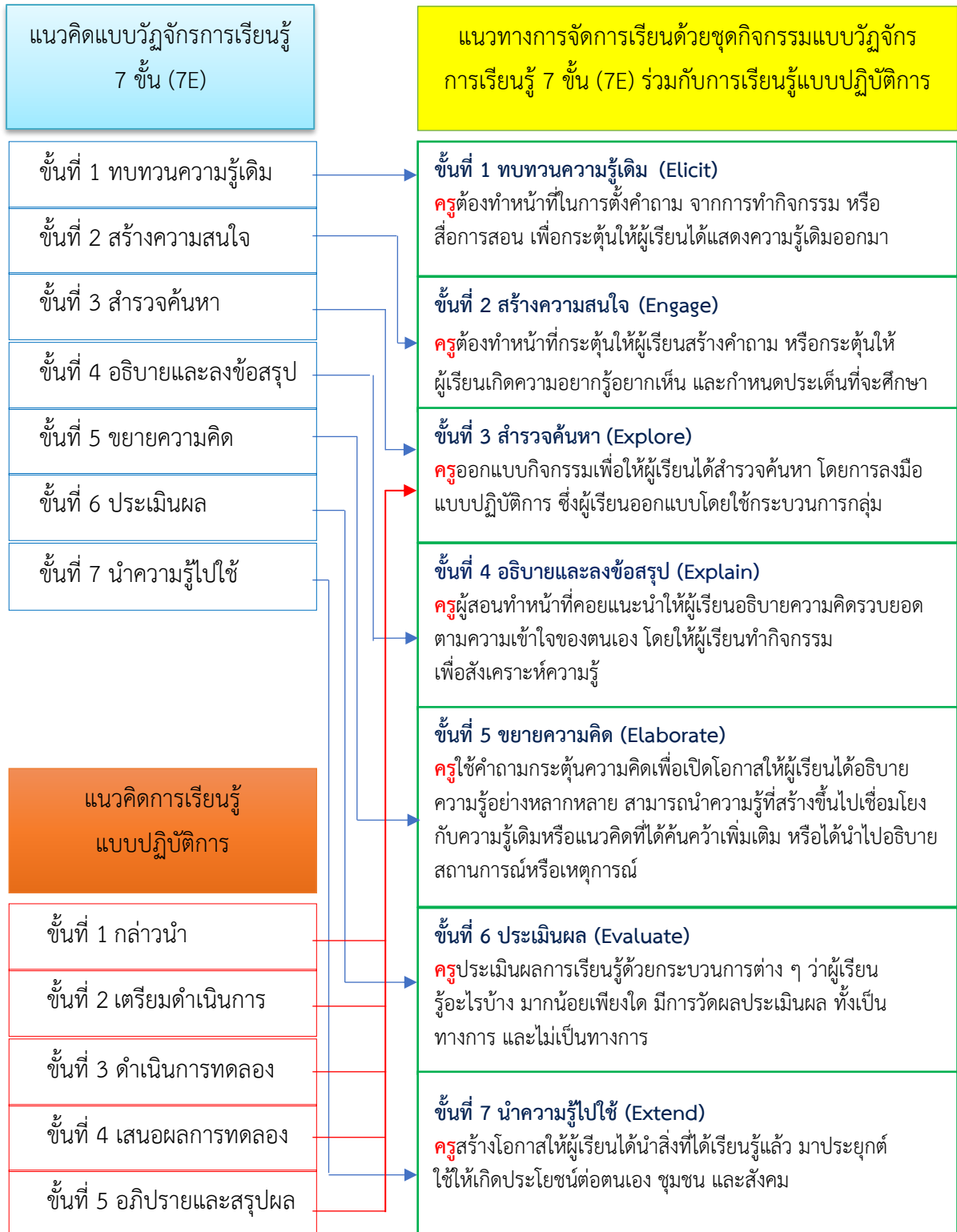
คำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรม

สำหรับนักศึกษา

นักศึกษาควรมีวินัย มีความซื่อสัตย์ต่อตนเอง และตั้งใจปฏิบัติตามขั้นตอนในชุดกิจกรรมที่ 3 กลศาสตร์ของไหล เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ดังต่อไปนี้

1. นักศึกษาฟังคำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรมจากครูผู้สอน และอ่านคำแนะนำการใช้ชุดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ วิชางานทดลองเครื่องกล รหัสวิชา 30101-2007 สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล
2. นักศึกษาศึกษาสาระสำคัญในชุดกิจกรรม จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม จุดประสงค์การทดลอง และคำชี้แจงในชุดกิจกรรมให้เข้าใจก่อนลงมือปฏิบัติกิจกรรม
3. นักศึกษาแต่ละคนทำแบบทดสอบก่อนเรียนลงในกระดาษคำตอบ หรือ ทำแบบทดสอบในโทรศัพท์มือถือ โดยการสแกนคิวอาร์โค้ดที่ครูผู้สอนส่งให้อย่างหนึ่งอย่างใด โดยครูผู้สอนเป็นผู้กำหนด
4. นักศึกษาปฏิบัติกิจกรรมตามเวลาที่กำหนดในแต่ละขั้นตอนที่ระบุไว้ในชุดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ วิชางานทดลองเครื่องกล รหัสวิชา 30101-2007 สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ให้ครบถ้วนทุกขั้นตอน หากมีข้อสงสัยขณะปฏิบัติกิจกรรมให้ปรึกษาครูผู้สอนทันที
5. นักศึกษาแต่ละคนทำแบบทดสอบหลังเรียนลงในกระดาษคำตอบ หรือ ทำแบบทดสอบในโทรศัพท์มือถือ โดยการสแกนคิวอาร์โค้ดที่ครูผู้สอนส่งให้อย่างหนึ่งอย่างใด โดยครูผู้สอนเป็นผู้กำหนด
6. นักศึกษาร่วมตรวจคำตอบตามแบบเฉลยของกลุ่มครูผู้สอน แล้วส่งให้ครูผู้สอนตรวจทานความถูกต้อง ครบถ้วนอีกครั้งก่อนบันทึกผลคะแนน
7. นักศึกษาร่วมกันสรุปผลคะแนนการทำกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ วิชางานทดลองเครื่องกล รหัสวิชา 30101-2007 สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ต้องได้คะแนนรวมไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของคะแนนเต็มทั้งหมด จึงจะผ่านเกณฑ์การประเมิน
8. นักศึกษาไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินที่ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็มทั้งหมด ให้นักศึกษานัดหมายครูผู้สอนหาเวลาว่างนอกตารางเรียนตารางสอน เพื่อศึกษาและปฏิบัติชุดกิจกรรมเดิมซ้ำอีกครั้ง
9. นักศึกษาสามารถหาความรู้เพิ่มเติมและทบทวนเนื้อหาในรายวิชา งานทดลองเครื่องกล รหัสวิชา 30101-2007 ได้ที่เว็บไซต์ kru-phaisan.com

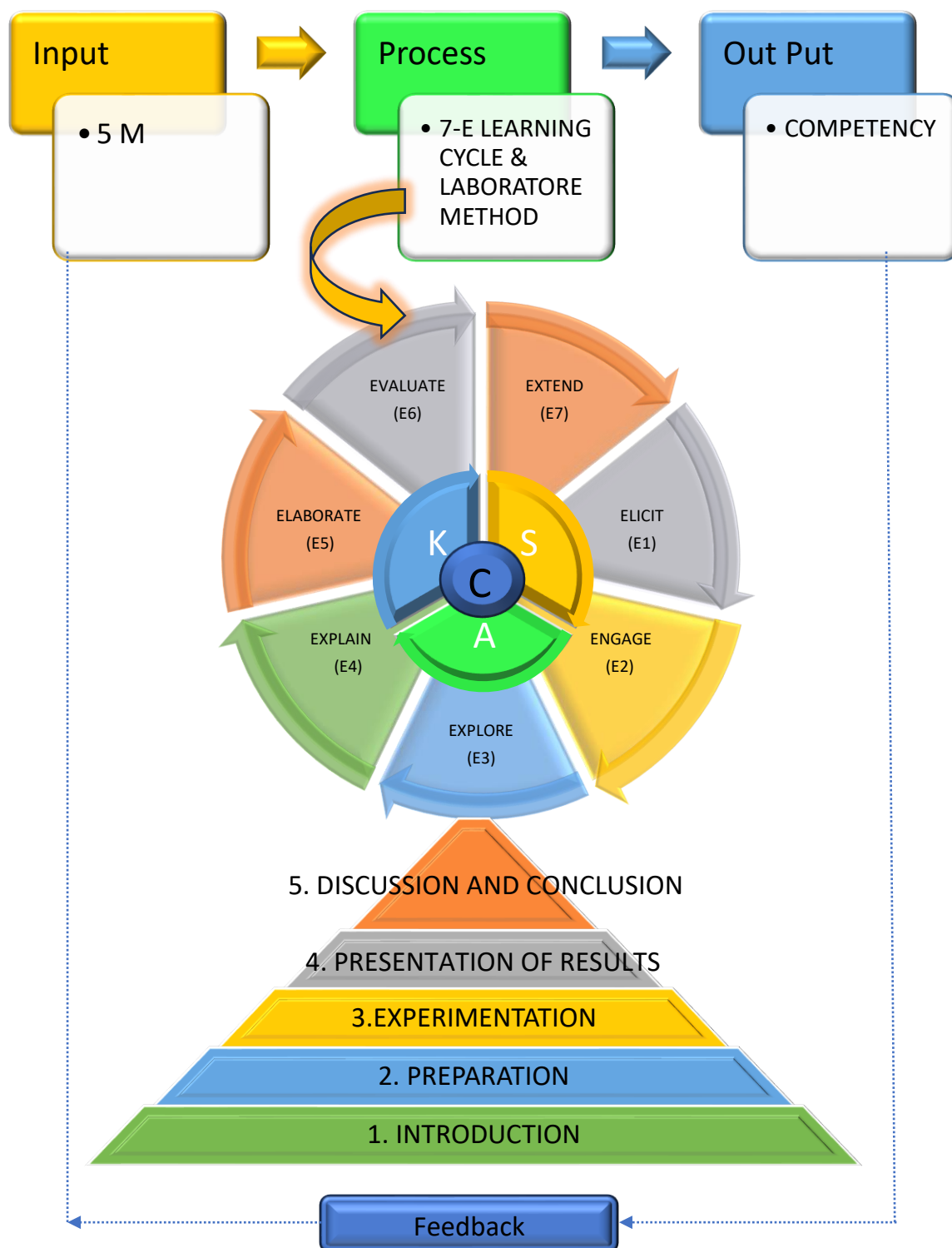
แนวทางการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน
ด้วยชุดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E)
ร่วมกับการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ วิชางานทดลองเครื่องกล รหัสวิชา 30101-2007



แนวทางการจัดการเรียนรู้ของผู้เรียน
ด้วยชุดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E)
ร่วมกับการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ วิชางานทดลองเครื่องกล รหัสวิชา 30101-2007

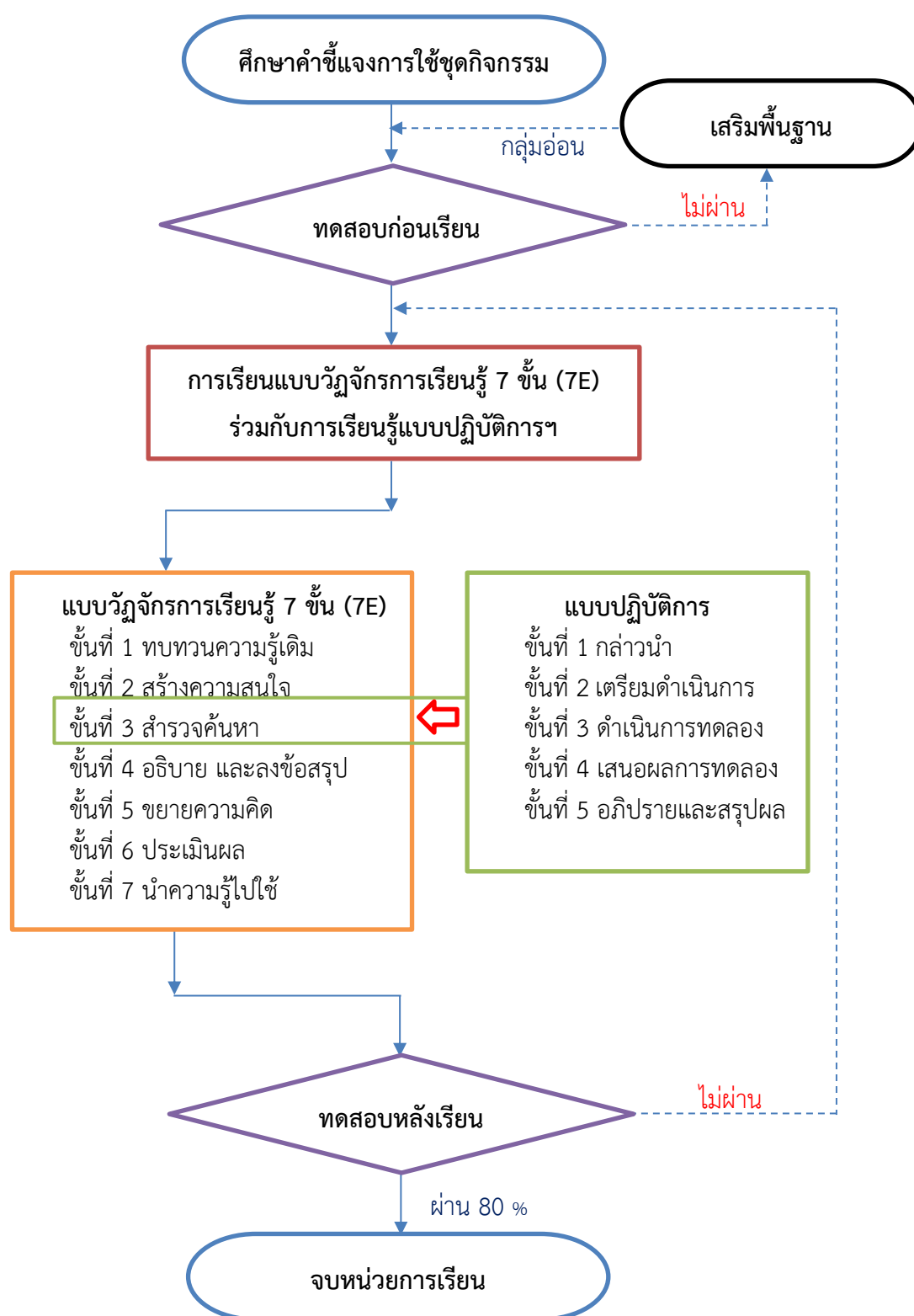


รูปแบบการจัดการเรียนรู้
ด้วยชุดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E)
ร่วมกับการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ วิชางานทดลองเครื่องกล รหัสวิชา 30101-2007



ชุดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ
วิชางานทดลองเครื่องกล รหัสวิชา 30101-2007

ลำดับขั้นตอนการใช้ชุดกิจกรรม





หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

พุทธศักราช 2563 (ปรับปรุง พ.ศ. 2565)

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	ท-ป-น
30101-2007	งานทดลองเครื่องกล	2-2-3

จุดประสงค์รายวิชา

1. เข้าใจหลักการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองทางเครื่องกล
2. สามารถใช้อุปกรณ์การทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองทางเครื่องกล โดยสามารถนำเสนอผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับทฤษฎีได้
3. มีกิจนิสัยที่ดี ในการสืบเสาะหาความรู้ในการทำงาน ปฏิบัติงานด้วยความประณีต รอบคอบ ประหยัด มีวินัยตรงต่อเวลา ตระหนักถึงความปลอดภัยในการทำงานและรักษาสิ่งแวดล้อม

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองทางเครื่องกล
2. ทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองทางเครื่องกล โดยสามารถนำเสนอผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับทฤษฎีได้
3. แสดงความรู้เกี่ยวกับการนำเสนอผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับทฤษฎี

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาปฏิบัติการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองเกี่ยวกับ เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ **กลศาสตร์ของไทย** และ สมรรถนะของเครื่องยนต์



ชุดกิจกรรมที่ 3

กลศาสตร์ของไหล



หน่วยที่ 1 การวัดอัตราการไหล
(Flow Measurement)



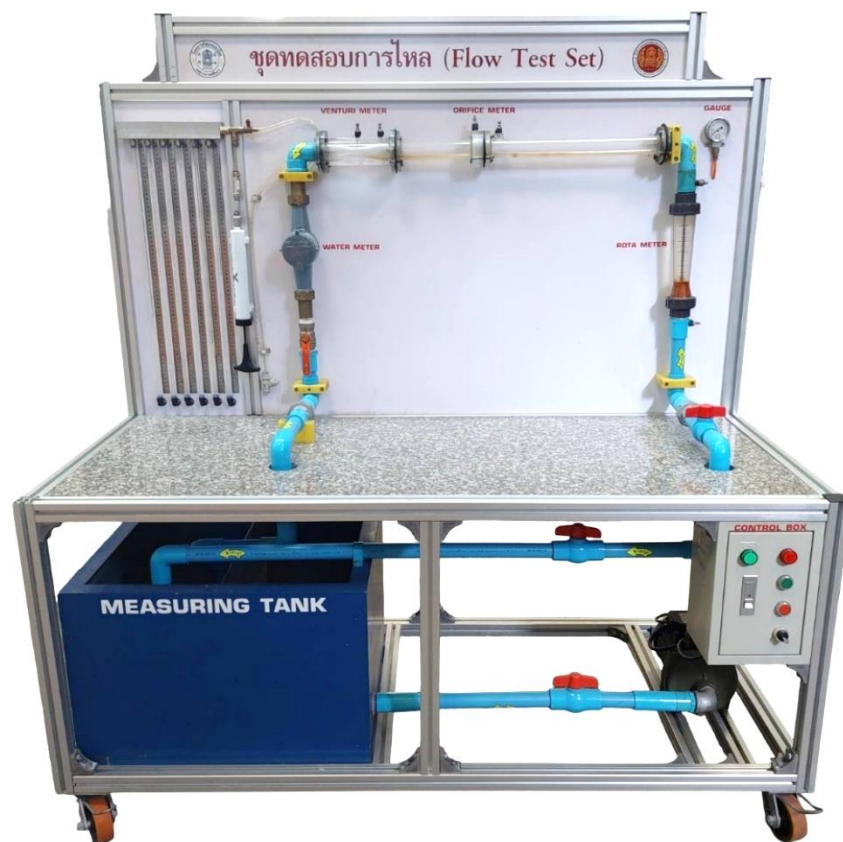
หน่วยที่ 2 เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง
(Centrifugal Pump)



หน่วยที่ 3 อากาศพลศาสตร์ของยานยนต์
(Vehicle Aerodynamics)

หน่วยที่ 1

การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)



เครื่องทดลอง : การวัดอัตราการไหล
(Flow Measurement)

กลศาสตร์ของไหล/หน่วยที่ 1

คำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรม

หน่วยที่ 1 การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)

1. ศึกษาคู่มือชุดกิจกรรมให้เข้าใจอย่างละเอียดและปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนด
2. ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
3. ปฏิบัติกิจกรรมตามคำแนะนำของครู เมื่อมีข้อสงสัยให้ถามและขอคำอธิบายจากครู
4. บันทึกข้อมูลอย่างละเอียด สมบูรณ์ และเป็นระเบียบเรียบร้อย ลงในคู่มือนักศึกษา
5. ส่งคู่มือนักศึกษาในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ครูผู้สอนตรวจคำตอบ และบันทึกผลคะแนน

✚ ชุดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ วิชางานทดลอง เครื่องกล รหัสวิชา 30101-2007 ประกอบด้วย 7 กิจกรรม ดังนี้

วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7-E Learning Cycle)	รายการ/ กิจกรรม	ปฏิบัติการ/ กิจกรรม	เวลา (นาที)	หมายเหตุ
ทดสอบก่อนเรียน (Pre Test)	แบบทดสอบก่อนเรียน	ทดสอบ ก่อนเรียน	10	
ขั้นที่ 1 ทบทวนความรู้ เดิม (Elicit)	1. ทบทวน ชวนจำ	กิจกรรมที่ 1	40	
ขั้นที่ 2 สร้างความสนใจ (Engage)	2. สนใจ ไฟเรียน	กิจกรรมที่ 2	50	
ขั้นที่ 3 สำรวจค้นหา (Explore)	3. สืบค้น ทดลอง	กิจกรรมที่ 3 การทดลอง ที่ 1 : การ วัดอัตราการ ไหลของ มาตรวัด เวนจูรี	140	สลับกลุ่ม กลุ่มละ (70 นาที)
รวมเวลาปฏิบัติกิจกรรม (ครั้งที่ 1)			240	4 ช.ม.

✚ ชุดกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ วิชางานทดลอง
เครื่องกล รหัสวิชา 30101-2007 ประกอบด้วย 7 กิจกรรม ดังนี้

วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7-E Learning Cycle)	รายการ/ กิจกรรม	ปฏิบัติการ/ กิจกรรม	เวลา (นาที)	หมายเหตุ
ขั้นที่ 3 สำรวจค้นหา (Explore)	3. สืบค้น ทดลอง	กิจกรรมที่ 3 การทดลอง ที่ 2 : การ วัดอัตราการ ไหลของ น้ำใน มาตรวัด ออริฟิส	120	สลับกลุ่ม กลุ่มละ (60 นาที)
ขั้นที่ 4 อธิบาย และลงข้อสรุป (Explain)	4. สรุปได้ อธิบายเป็น	กิจกรรมที่ 4	40	
ขั้นที่ 5 ขยายความคิด (Elaborate)	5. เพิ่มเติม เสริมความรู้	กิจกรรมที่ 5	20	
ขั้นที่ 6 ประเมินผล (Evaluate)	6. ประเมินผล ค้นคว้างาน	กิจกรรมที่ 6	30	
ขั้นที่ 7 นำความรู้ไปใช้ (Extend)	7. นำไปใช้ ถ่ายโอนความคิด	กิจกรรมที่ 7	20	
ทดสอบหลังเรียน (Post Test)	แบบทดสอบหลังเรียน	ทดสอบ หลังเรียน	10	
รวมเวลาปฏิบัติกิจกรรม (ครั้งที่ 2)			240	4 ช.ม.
รวมเวลาปฏิบัติกิจกรรม (ครั้งที่ 1 และ 2)			480	8 ช.ม.

หน่วยที่ 1

การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)

หัวข้อเรื่อง (Topics)

การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)

แนวคิด (Main Idea)

การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement) เป็นกระบวนการวัดปริมาณหรือปริมาตรของของไหล เช่น ของเหลวหรือแก๊ส ที่เคลื่อนที่ผ่านจุดใดจุดหนึ่งของท่อหรือช่องทางภายในหน่วยเวลา โดยแบ่งการวัดออกเป็นสองประเภทหลัก ได้แก่

1. การวัดอัตราการไหลแบบปริมาตร (Volumetric Flow Rate) การวัดปริมาตรของของไหลที่ไหลผ่านในหน่วยเวลา เช่น L/min หรือ m^3/hr ใช้เมื่อสนใจว่าวัดปริมาตรโดยไม่ต้องคำนึงถึงความหนาแน่นของของไหล

2. การวัดอัตราการไหลแบบมวล (Mass Flow Rate): วัดมวลของของไหลที่ไหลผ่านในหน่วยเวลา เช่น กิโลกรัมต่อวินาที ซึ่งสำคัญสำหรับการคำนวณที่ต้องพิจารณาน้ำหนักของของไหล เช่น ในกระบวนการอุตสาหกรรมที่ต้องการค่าที่แน่นอนของมวลหรือการเผาไหม้ในเครื่องยนต์

ในการวัดอัตราการไหลนั้นอาศัยหลักการสำคัญจาก สมการเบอร์นูลลี (Bernoulli's Equation) ซึ่งใช้พลังงานของของไหลที่จุดต่างๆ เพื่อคำนวณความเร็วและความดันของของไหล โดยการเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญในการคำนวณที่แม่นยำ และเหมาะสมกับลักษณะของของไหลและท่อ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอัตราการไหล ได้แก่

1. เวนจูรีมิเตอร์ (Venturi Meter) ใช้หลักการลดขนาดท่อให้แคบลง เพื่อสร้างความต่างของความดันระหว่างจุดเริ่มต้นและจุดคอขวด (คอท่อแคบ) ซึ่งช่วยในการคำนวณอัตราการไหลได้จากความแตกต่างของแรงดันในแต่ละจุดตามสมการเบอร์นูลลี

2. ออร์ฟิส (Orifice Plate) เป็นแผ่นโลหะที่มีรูเล็ก ๆ อยู่ตรงกลาง วางในแนวขวางกับท่อ เมื่อน้ำไหลผ่านรูนี้จะเกิดการลดความดัน ใช้ความดันที่แตกต่างกันระหว่างก่อนและหลังอุปกรณ์ในการคำนวณอัตราการไหล

3. โรตามิเตอร์ (Rotameter) เป็นอุปกรณ์ที่วัดปริมาตรของของไหล โดยอาศัยลูกลอยที่เคลื่อนที่ในท่อเมื่อมีการไหลของของไหล แรงลอยตัวและแรงต้านทานของลูกลอยจะสมดุลกับการไหลของของไหล และลูกลอยจะอยู่ในตำแหน่งที่บอกถึงอัตราการไหล

4. ท่อปีโตต์ (Pitot Tube) อุปกรณ์นี้ใช้วัดความเร็วของของไหลโดยตรง โดยติดตั้งในแนวขวางกับท่อและตรวจจับแรงดันที่เกิดจากการไหลของของไหล ใช้หลักการของเบอร์นูลลีในการคำนวณอัตราการไหล



สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับมาตรวัดเวนจูรีและมาตรวัดออริฟิส (Venturi Meter and Orifice Meter)
2. ทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบมาตรวัดเวนจูรีและมาตรวัดออริฟิส (Venturi Meter and Orifice Meter)
3. นำเสนอผลการวิเคราะห์การทดสอบมาตรวัดเวนจูรีและมาตรวัดออริฟิส (Venturi Meter and Orifice Meter)



จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมาตรวัดเวนจูรีและมาตรวัดออริฟิส
2. เพื่อให้ผู้เรียนทดลองและนำเสนอผลวิเคราะห์มาตรวัดเวนจูรีและมาตรวัดออริฟิส
3. เพื่อให้ผู้เรียนมีกิจนิสัยที่ดี ในการสืบเสาะหาความรู้ ในการทำงานปฏิบัติงานด้วยความ ประณีต รอบคอบ ประหยัด มีวินัย ตรงต่อเวลา ตระหนักถึงความปลอดภัยในการทำงาน และรักษาสิ่งแวดล้อม



จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ

1. ระบุหลักการที่ใช้ในการวัดอัตราการไหลของของเหลวโดยใช้มาตรวัดเวนจูรีได้
2. ระบุสมการที่ใช้ในการคำนวณหาอัตราการไหลของ Orifice Meter ได้
3. อธิบายวัตถุประสงค์หลักของการทดลองการวัดอัตราการไหลได้
4. อธิบายหลักการทำงานพื้นฐานของมาตรวัดเวนจูรีในการวัดอัตราการไหลได้
5. อธิบายหลักการทำงานพื้นฐานของเครื่องวัดอัตราการไหลแบบมาตรวัดออริฟิสได้
6. อธิบายการเปลี่ยนขนาดต่าง ๆ ของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลได้
7. เลือกใช้ Venturi Meter ที่เหมาะสมสำหรับการวัดอัตราการไหลได้
8. คำนวณหาอัตราการไหลของน้ำผ่าน Venturi Meter จากข้อมูลที่กำหนดให้ได้
9. เปรียบเทียบความแตกต่างหลักระหว่างมาตรวัดเวนจูรีและมาตรวัดออริฟิสได้
10. เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหลระหว่าง Orifice Meter และ Venturi Meter ได้



แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยที่ 1

ประเมินผลก่อนการจัดการเรียนรู้

หน่วยที่ 1 การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)				คะแนนที่ได้
กิจกรรม	ทดสอบก่อนเรียน (Pre Test)	เวลา 10 นาที	คะแนนเต็ม 10	

คำชี้แจง

- ข้อสอบมีจำนวน 10 ข้อ เป็นข้อสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก
- ให้นักศึกษาเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดแล้วทำเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบ
- กรณีทำข้อสอบ Pre Test On-Line ผ่าน Google Form ให้นักศึกษา Scan QR Code

1. มาตรวัดเวเนจูรีอาศัยหลักการใดในการวัดอัตราการไหล

- หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของของไหล
- หลักการเบอร์นูลลีแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความดัน
- หลักการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของของไหล
- หลักการวัดแรงบิดที่เกิดจากการไหลของของไหล

2. สมการใดต่อไปนี้ใช้ในการคำนวณหาอัตราการไหลของ Orifice Meter

ก. $Q = \frac{C_o A_o}{\sqrt{1 - (D_2/D_1)^4}} \cdot \sqrt{2g\Delta h}$

ข. $Q = A_2 \cdot \sqrt{\frac{2g\Delta h}{\frac{D_1^4}{D_2^4} - 1}}$

ค. $Q = k\sqrt{\Delta h}$

ง. $Q = A \times V$

3. วัตถุประสงค์หลักของการทดลองการวัดอัตราการไหลโดยใช้มาตรวัดเวเนจูรีและออร์ิฟิสคือข้อใด

- เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับความเร็วของของไหลตามหลักการเบอร์นูลลี
- เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของของไหลเมื่อผ่านอุปกรณ์วัด
- เพื่อศึกษาผลของความหนืดต่ออัตราการไหลของของไหล
- เพื่อศึกษาการเกิดการไหลแบบปั่นป่วนในท่อ

4. การทำงานพื้นฐานของเวนจูรีในการวัดอัตราการไหลเกี่ยวข้องกับหลักการใด
- เมื่อของไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่แคบลง ความเร็วจะเพิ่มขึ้นและความดันจะลดลง
 - เมื่อของไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่แคบลง ความเร็วจะลดลงและความดันจะลดลง
 - เมื่อของไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่แคบลง ความเร็วจะเพิ่มขึ้นและความดันจะเพิ่มขึ้น
 - เมื่อของไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่แคบลง ความเร็วจะลดลงและความดันจะเพิ่มขึ้น
5. หลักการทำงานของมาตรวัดออริฟิสคือข้อใด
- วัดอัตราการไหลผ่านรูเล็ก ๆ โดยวัดความแตกต่างของความดัน
 - วัดอัตราการไหลโดยการวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป
 - วัดอัตราการไหลโดยการวัดการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของของไหล
 - วัดอัตราการไหลโดยการวัดแรงบิดที่เกิดขึ้นเมื่อของไหลกระทบกับแผ่นออริฟิส
6. เมื่อเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูที่คอคอด (orifice) ในเครื่องวัดอัตราการไหลแบบออริฟิส (Orifice Meter) โดยที่อัตราการไหลของของไหลคงที่ จะส่งผลต่อความเร็วของของไหลที่ไหลผ่านรูออริฟิสอย่างไร
- ความเร็วของของไหลที่ไหลผ่านรูออริฟิสเพิ่มขึ้น
 - ความเร็วของของไหลที่ไหลผ่านรูออริฟิสลดลง
 - ความเร็วของของไหลที่ไหลผ่านรูออริฟิสไม่เปลี่ยนแปลง
 - ความเร็วของของไหลที่ไหลผ่านรูออริฟิสแปรผันตามความหนาแน่นของของไหล
7. การเลือกใช้ Venturi Meter เหมาะสมสำหรับการวัดอัตราการไหลในกรณีใดมากที่สุด
- ของไหลที่มีค่าความหนืดสูง
 - ของไหลที่มีความหนาแน่นต่ำ
 - ของไหลที่มีอัตราการไหลสูงและต้องการความแม่นยำ
 - ของไหลที่มีอัตราการไหลต่ำ
8. น้ำไหลผ่าน Venturi Meter มีความต่างระดับความดัน $\Delta h = 0.15$ m เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อส่วนกว้าง $D_1 = 0.025$ m เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อส่วนแคบ $D_2 = 0.012$ m กำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์การไหล $C_v = 0.95$ และความหนาแน่นของน้ำ $\rho = 1000$ kg/m³ จงคำนวณหาอัตราการไหล (Q) มีค่าเท่าไร
- 0.007 m³/s
 - 0.009 m³/s
 - 0.011 m³/s
 - 0.013 m³/s

9. ข้อใดเป็นความแตกต่างหลักระหว่างมาตรวัดเวนจูรีและมาตรวัดออร์ฟิส

- ก. มาตรวัดออร์ฟิสมีการสูญเสียพลังงานน้อยกว่ามาตรวัดเวนจูรี
- ข. มาตรวัดเวนจูรีใช้หลักการวัดความดันแตกต่าง ส่วนมาตรวัดออร์ฟิสใช้หลักการวัดความเร็ว
- ค. มาตรวัดออร์ฟิสมีความแม่นยำสูงกว่ามาตรวัดเวนจูรีเสมอ
- ง. มาตรวัดเวนจูรีมีการสูญเสียความดันน้อยกว่ามาตรวัดออร์ฟิส

10. เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหล (Discharge Coefficient) ระหว่างมาตรวัดออร์ฟิสและมาตรวัดเวนจูรี ข้อใดถูกต้อง

- ก. มาตรวัดทั้งสองมีค่าสัมประสิทธิ์การไหลเท่ากันเสมอ
- ข. มาตรวัดเวนจูรีมีค่าสัมประสิทธิ์การไหลต่ำกว่ามาตรวัดออร์ฟิส
- ค. มาตรวัดเวนจูรีมีค่าสัมประสิทธิ์การไหลสูงกว่ามาตรวัดออร์ฟิส
- ง. ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของทั้งสองมาตรวัดไม่ขึ้นอยู่กับลักษณะการออกแบบ



กระดาษคำตอบ
ก่อนเรียน



วิชา งานทดลองเครื่องกล รหัสวิชา 30101-2007		คะแนนเต็ม 10		
เรื่อง กลศาสตร์ของไหล		คะแนนที่ได้		
หน่วยที่ 1 การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)				
ชื่อ-นามสกุล				
ระดับ ปวส. กลุ่ม.....				
คำสั่ง : ให้นักศึกษาเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดแล้วทำเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบ				
ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
เกณฑ์การประเมิน ได้ไม่น้อยกว่า 8 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80			ผลการประเมิน	
☐ 8 - 10 คะแนน ระดับ 3 ดี ☐ 5 - 7 คะแนน ระดับ 2 พอใช้ ☐ 0 - 4 คะแนน ระดับ 1 ปรับปรุง			☐ ไม่ผ่าน	☐ ผ่าน

1 | ชั้น

กิจกรรมที่ 1 ทบทวน ชวนจำ ทบทวนความรู้เดิม (Elicit)

หน่วยที่ 1 การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)				คะแนนที่ได้
กิจกรรมที่ 1	ทบทวน ชวนจำ	เวลา 40 นาที	คะแนนเต็ม 30	

ตอนที่ 1

คำชี้แจง : ให้นักศึกษาตอบคำถามจากรูปภาพเกี่ยวกับพื้นฐานของของไหลตามหลักการอนุรักษ์มวล (Continuity Equation) และกฎเบอร์นูลลี (Bernoulli's Principle) ให้ถูกต้อง (5 คะแนน)



ภาพที่ 1.1 การรดน้ำสนามหญ้า

ที่มา : <https://roswell.weedman.com/blog/water-fertilize-this-summer>

4 คำถาม จากรูปภาพนี้ ทำไมเมื่อเราเปิดน้ำแล้วใช้นิ้วมืออุดปลายสายยางถึงทำให้น้ำไหลแรงขึ้น ทั้ง ๆ ที่ไม่มีการเพิ่มแรงดันภายนอก

ตอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2

คำชี้แจง : ให้นักศึกษาเลือกหน่วยของสมการของไหลด้านบนมาเติมลงในตารางคำตอบ ให้ถูกต้องตามที่กำหนดไว้ (8 คะแนน)

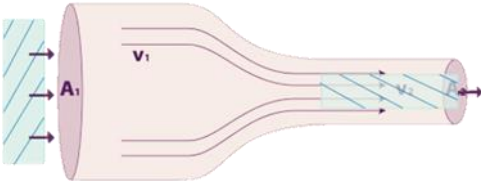
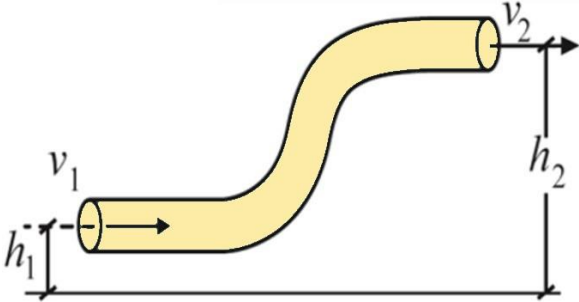
s	m^2	m^3	m/s
N/m^2	N/m^3	m/s^2	m^3/s

1. อัตราการไหล (Q) มีหน่วยเป็น	2. พื้นที่หน้าตัด (A) มีหน่วยเป็น	3. ความเร็วการไหล (v) มีหน่วยเป็น	4. ปริมาตรของไหล (V) มีหน่วยเป็น
5. เวลา (t) มีหน่วยเป็น	6. ความดัน (P) มีหน่วยเป็น	7. ความเร่งเนื่องจาก แรงโน้มถ่วง (g) มีหน่วยเป็น	8. น้ำหนักจำเพาะของ ของเหลว (γ) มีหน่วยเป็น

ตอนที่ 3

คำชี้แจง : ให้นักศึกษานำข้อความที่อยู่ในกรอบ มาเติมใส่ในสมการของเบอร์นูลลี (Bernoulli's Equation) และสมการของความต่อเนื่อง (Equation of Continuity) ลงในช่องว่างคำตอบที่กำหนดไว้ ให้ถูกต้อง (10 คะแนน)

P_1	P_2	A_2V_2	A_1V_1	Q_1
$\frac{1}{2}\rho V_1^2$	$\frac{1}{2}\rho V_2^2$	ρgh_1	ρgh_2	Q_2

	มวลเข้า = มวลออก = =
 พลังงาน E_1 = พลังงาน E_2	+ + = + +

ตอนที่ 4

คำชี้แจง : ให้นักศึกษานำข้อความสมการที่อยู่ในกรอบ มาเติมลงในช่องว่างคำตอบที่กำหนดไว้ให้ถูกต้อง (7 คะแนน)

$$P = P_0 + P_g$$

$$P = \frac{F}{A}$$

$$Q = \frac{V}{t} = Av$$

$$P_g = P - P_0 = \rho gh$$

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = \text{ค่าคงตัว}$$

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

$$P_0 = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} \approx 1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_0 = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$

รายการ	สมการ
1. ความดัน (Pressure)	
2. ความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure)	
3. ความดันบรรยากาศ (Atmospheric Pressure)	
4. ความดันเกจ (Gauge Pressure)	
5. อัตราการไหลของปริมาตร (Volume flow rate)	
6. สมการของความต่อเนื่อง (Equation of Continuity)	
7. สมการของเบอร์นูลลี (Bernoulli's Equation)	

2 | ชั้น

กิจกรรมที่ 2 สนใจ ไฟเรียน สร้างความสนใจ (Engage)

หน่วยที่ 1	การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)			คะแนนที่ได้
กิจกรรมที่ 2	สนใจ ไฟเรียน	เวลา 50 นาที	คะแนนเต็ม 20	

ตอนที่ 1

คำชี้แจง : ให้นักศึกษาแต่ละกลุ่มร่วมกันค้นคว้าและอภิปราย (10 คะแนน)

1. นักศึกษาแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่ม 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 - 5 คน โดยความสามารถของนักศึกษา และแบ่งหน้าที่รับผิดชอบภายในกลุ่มให้ชัดเจน โดยเลือกประธาน รองประธาน กรรมการ และเลขานุการกลุ่ม ซึ่งเลขานุการกลุ่ม จะเป็นผู้ดำเนินการภายในกลุ่ม
2. นักศึกษาดูวิดีโอจาก YouTube โดยใช้ลิงค์หรือสแกน QR Code จากนั้นนักศึกษากลุ่มร่วมกัน โดยใช้คำถามที่กำหนดให้
3. นักศึกษาร่วมกันตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบของคำถาม เพื่อเชื่อมโยงไปสู่การเรียนรู้เรื่อง หลักการของเบอร์นูลลี (Bernoulli's principle)



หลักการของเบอร์นูลลีเป็นอย่างไร



https://www.youtube.com/watch?v=eKEorBipbO8&ab_channel



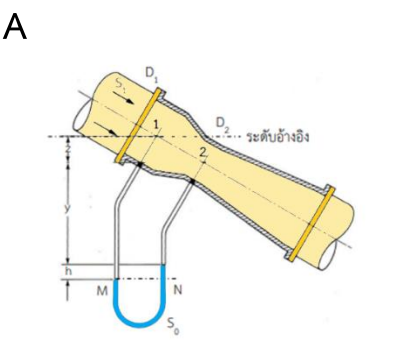
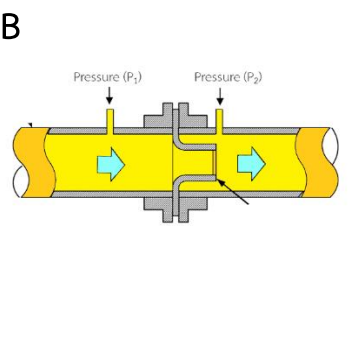
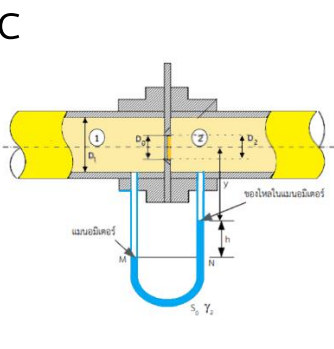
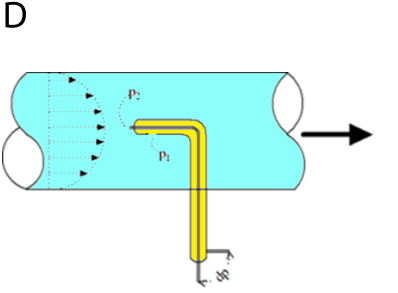
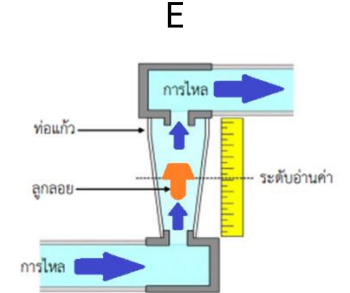
1. จากรูปภาพในวิดีโอที่กำหนดให้ เมื่อเป่าลมผ่านระหว่างลูกบอลทั้งสองที่แขวนเชือก ลูกบอลทั้งสองจะเคลื่อนที่อย่างไร
 - ☐ A) ลูกบอลทั้งสองจะเคลื่อนที่ออกจากกัน
 - ☐ B) ลูกบอลทั้งสองจะเคลื่อนที่เข้าหากัน
 - ☐ C) ลูกบอลทั้งสองจะหยุดนิ่ง
2. เหตุผลที่ทำให้ลูกบอลเคลื่อนที่เข้าหากันเมื่อเป่าลมผ่านคืออะไร
 - ☐ A) แรงดึงดูดระหว่างลูกบอล
 - ☐ B) แรงเสียดทานของอากาศ
 - ☐ C) ความแตกต่างของความดันอากาศ

	3. ถ้าเราเพิ่มความเร็วของลมที่เป่าผ่านลูกบอล ผลลัพธ์จะเป็นอย่างไร ☐ A) ลูกบอลจะเคลื่อนที่ช้าลง ☐ B) ลูกบอลจะเคลื่อนที่เร็วขึ้นและเข้าหากันมากขึ้น ☐ C) ลูกบอลจะไม่เคลื่อนที่
	4. เมื่อวางลูกบอลที่ผูกด้วยเชือกใกล้กับน้ำที่ไหลออกจากก๊อก จะเกิดแรงอะไรขึ้นระหว่างลูกบอลและกระแสน้ำ ☐ A) แรงดันที่เกิดจากความดันต่ำดึงดูดลูกบอลเข้าหากระแสน้ำ ☐ B) แรงดึงดูดของกระแสน้ำดึงดูดลูกบอลขึ้น ☐ C) แรงผลักจากกระแสน้ำทำให้ลูกบอลหลุดออกจากเชือก 5. เหตุใดลูกบอลที่ผูกด้วยเชือกจึงถูกดึงเข้าไปใกล้กับน้ำที่ไหลออกจากก๊อก ☐ A) เพราะน้ำที่ไหลมีความดันสูง ☐ B) เพราะแรงดึงดูดระหว่างน้ำกับลูกบอล ☐ C) เพราะความเร็วของน้ำทำให้เกิดความดันต่ำบริเวณรอบกระแสน้ำ
	6. ตามหลักการของเบอร์นูลลี เมื่อลมถูกเป่าอย่างแรงผ่านกรวยที่คว่ำลง ลูกบอลจะไม่ตกเพราะอะไร ☐ A) ความดันอากาศใต้ลูกบอลต่ำกว่าความดันเหนือกรวย ☐ B) แรงโน้มถ่วงลดลง ☐ C) ความดันภายในกรวยเพิ่มขึ้นดันลูกบอลให้อยู่ในตำแหน่งเดิม 7. เมื่อนำกรวยมาต่อเข้ากับเครื่องเป่าลมและคว่ำกรวยลง โดยมีลูกบอลอยู่ในกรวย ลูกบอลจะไม่ตกลงมาจากกรวยเพราะอะไร ☐ A) ลมที่ไหลผ่านกรวยทำให้เกิดแรงดันต่ำใต้ลูกบอล ☐ B) ลมที่ไหลผ่านกรวยดันลูกบอลให้อยู่ในตำแหน่งคงที่ ☐ C) ความดันในกรวยเท่ากับความดันบรรยากาศ
	8. ถ้าเราเพิ่มขนาดของคอขวดให้กว้างขึ้น จะเกิดอะไรขึ้นกับขวดพลาสติก ☐ A) ขวดพลาสติกจะยุบตัวเร็วขึ้น ☐ B) ขวดพลาสติกจะยุบตัวช้าลงหรือไม่ยุบตัวเลย ☐ C) ขวดพลาสติกจะแตก

	9. จากรูปภาพในวิดีโอ ถ้าเป่าลมเข้ากับท่อพลาสติกที่ออกแบบให้มีลักษณะคล้ายท่อเวนจูรี ทำให้ขวดพลาสติกที่ต่ออยู่ด้านล่างเกิดการยุบตัว เกิดจากสาเหตุใด ☐ A) แรงดันอากาศภายนอกมากกว่าแรงดันอากาศภายในขวด ☐ B) แรงดันอากาศภายในขวดน้อยกว่าแรงดันอากาศบริเวณคอขวดที่แคบที่สุด ☐ C) แรงดันอากาศภายในขวดมากกว่าแรงดันอากาศบริเวณคอขวดที่แคบที่สุด 10. เมื่ออากาศไหลผ่านท่อเวนจูรี ความเร็วและความดันในบริเวณที่คอขวดแคบที่สุดมีลักษณะอย่างไร ☐ A) ความเร็วสูงขึ้นและความดันลดลง ☐ B) ความเร็วลดลงและความดันสูงขึ้น ☐ C) ความเร็วและความดันคงที่
---	---

ตอนที่ 2

คำชี้แจง : ให้นักศึกษาทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ในการวัดอัตราการไหลของของไหลในท่อ แล้วเลือกรูปภาพคำตอบ มาใส่ให้ตรงคำถามตามที่กำหนดไว้ให้ถูกต้อง (5 คะแนน)

A 	B 	C 
D 	E 	

อุปกรณ์วัดอัตราการไหล	รูปภาพ
มาตรวัดการไหลแบบเวนจูรี (Venturi meter)	
มาตรวัดการไหลแบบออริฟิส (Orifice meter)	
มาตรวัดการไหลแบบโรตاميเตอร์ (Rotameter)	
การวัดอัตราการไหลโดยใช้ท่อปีโตต์ (Pitot tube)	
การวัดอัตราการไหลแบบนอซเซิล (Nozzle)	

ตอนที่ 3

คำชี้แจง : ให้นักศึกษาจับคู่อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอัตราการไหลของของไหลในท่อ แล้วเลือกคำอธิบายหลักการทำงาน มาใส่ให้ถูกต้อง (5 คะแนน)

อุปกรณ์วัดอัตราการไหล	หลักการทำงาน
..... 1. มาตรวัดการไหลแบบโรตاميเตอร์ (Rotameter)	ก. ทำงานโดยการสร้างความแตกต่างของความดันเมื่อของไหลไหลผ่านส่วนที่แคบลงของท่อ จากนั้นนำความแตกต่างของความดันนี้มาคำนวณหาอัตราการไหล
..... 2. การวัดอัตราการไหลโดยใช้ท่อปีโตต์ (Pitot tube)	ข. มีหลักการทำงานคล้ายกับเวนจูรี แต่ใช้แผ่นบางที่มีรูกลมแทนส่วนที่แคบลงของท่อ
..... 3. มาตรวัดการไหลแบบออริฟิส (Orifice meter)	ค. เป็นท่อแก้วตั้งตรงที่มีท่อนลอยอยู่ภายใน เมื่อของไหลไหลผ่าน ท่อนจะลอยสูงขึ้นตามอัตราการไหล โดยสามารถอ่านค่าอัตราการไหลได้จากตำแหน่งของท่อน
..... 4. การวัดอัตราการไหลแบบนอซเซิล (Nozzle)	ง. เป็นท่อที่ใช้วัดความเร็วของของไหลที่จุดหนึ่ง จากนั้นนำค่าความเร็วมาคำนวณหาอัตราการไหล
..... 5. มาตรวัดการไหลแบบเวนจูรี (Venturi meter)	จ. เป็นอุปกรณ์ใช้วัดการไหล (Flow Measurement) ที่ดัดแปลงมาจากแผ่นออริฟิส (Orifice Plate) และท่อเวนจูรี สามารถวัดการไหลได้ทั้งของเหลวและก๊าซ

3 | ชั้น

กิจกรรมที่ 3 สืบค้น ทดลอง สำรวจค้นหา (Explore)

หน่วยที่ 1	การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)			คะแนนที่ได้
กิจกรรมที่ 3	สืบค้น ทดลอง	เวลา 260 นาที	คะแนนเต็ม 72	

ตอนที่ 1

คำชี้แจง : ให้ปฏิบัติการทดลองการวัดอัตราการไหล (21 คะแนน)

1. แบ่งกลุ่มจากเดิม 4 กลุ่มย่อย ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ โดยให้กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 รวมกันเป็นกลุ่ม A และ ให้กลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 4 รวมกันเป็นกลุ่ม B
2. กลุ่ม A ศึกษาวิธีปฏิบัติการทดลองจากแหล่งข้อมูลดังนี้ 1. คู่มือนักศึกษา 2. วิดิทัศน์โดยการสแกนคิวอาร์โค้ด และ 3. เว็บไซต์ kru-phaisan.com
3. กลุ่ม B ทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง
4. หลังจากหมดเวลา 70 นาที ให้นักศึกษาทำการสลับกลุ่ม

ปฏิบัติการ

การทดลอง : การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)



ภาพที่ 1.2 เครื่องวัดอัตราการไหล

ที่มา : ไพศาล พรณฤชิตพงศ์ (2566)

$$V_1 = \frac{A_2 \cdot V_2}{A_1} \quad (1-2)$$

แทนค่า V_1 จากสมการที่ (1-2) ในสมการที่ (1-1) จะได้ค่าความเร็วของไหลที่ Throat มีค่าเท่ากับ :

$$(V_2)_{ideal} = \sqrt{\frac{1}{1-(A_2/A_1)^2}} \cdot \sqrt{2g \left[\left(\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 \right) - \left(\frac{P_2}{\gamma} + Z_2 \right) \right]} \quad (1-3)$$

ดังนั้น สำหรับการไหลในอุดมคติ (Theoretical Flow Rate) ผ่าน Venturi Meter จะมีค่าเท่ากับ :

$$Q_{ideal} = \frac{A_2}{\sqrt{1-(A_2/A_1)^2}} \cdot \sqrt{2g \left[\left(\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 \right) - \left(\frac{P_2}{\gamma} + Z_2 \right) \right]} \quad (1-4)$$

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากยังคงมีการสูญเสียพลังงานระหว่างจุดที่ 1 และจุดที่ 2 ดังนั้น อัตราการไหลที่แท้จริง จึงมีค่าน้อยกว่าอัตราการไหลในอุดมคติตามสมการข้างต้น และเมื่อได้ทำการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ของการไหล C_v เข้าไปในสมการ อัตราการไหลที่แท้จริงจึงมีค่าเป็นไปตามสมการ

$$Q_{act} = \frac{C_v A_2}{\sqrt{1-(A_2/A_1)^2}} \cdot \sqrt{2g \left[\left(\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 \right) - \left(\frac{P_2}{\gamma} + Z_2 \right) \right]} \quad (1-5)$$

$$= \frac{C_v A_2}{\sqrt{1-(D_2/D_1)^4}} \cdot \sqrt{2g \left[\left(\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 \right) - \left(\frac{P_2}{\gamma} + Z_2 \right) \right]}$$

- เมื่อ
- Q_{act} = อัตราการไหลที่แท้จริง (m^3/s)
 - C_v = ค่าสัมประสิทธิ์
 - A_2 = พื้นที่หน้าตัดของ Throat (m^2)
 - D_1 = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (m) ; ($D_1 = 29 \text{ mm}$)
 - D_2 = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (m) ; ($D_2 = 17 \text{ mm}$)
 - P_1 = ค่าความดันที่ตำแหน่ง 1 (N/m^2)
 - P_2 = ค่าความดันที่ตำแหน่ง 2 (N/m^2)
 - γ = ค่าน้ำหนักจำเพาะของของไหล (N/m^3)
 - Z_1 = ความสูงเหนือระดับอ้างอิงที่ตำแหน่งที่ 1 (m)
 - Z_2 = ความสูงเหนือระดับอ้างอิงที่ตำแหน่งที่ 2 (m)
 - g = $9.81 \text{ (m/s}^2\text{)}$ = ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

เนื่องจาก $Z_1 - Z_2$ ดังนั้นสมการที่ (1-5)

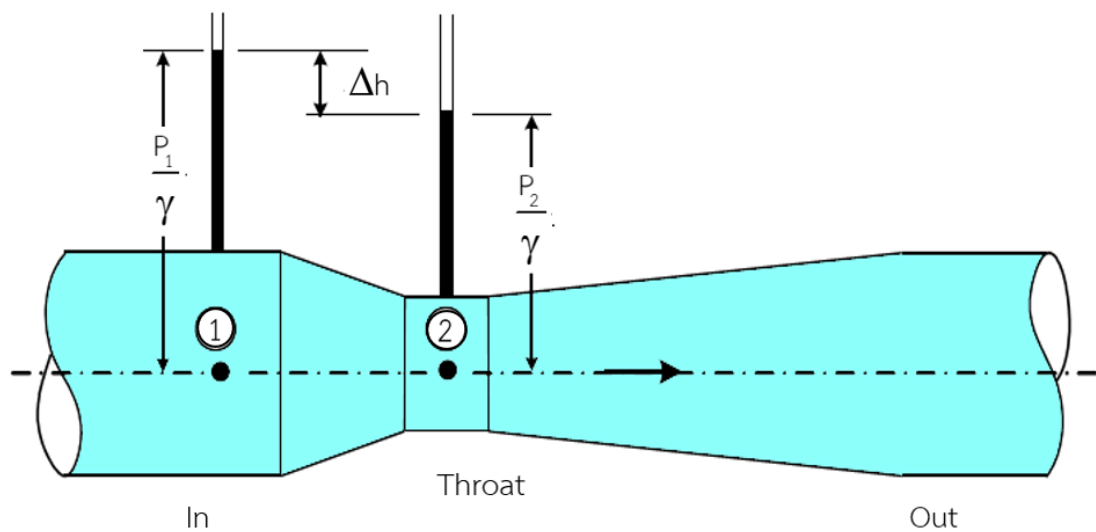
$$Q_{act} = \frac{C_v A_2}{\sqrt{1 - (D_2/D_1)^4}} \cdot \sqrt{2g\Delta h} \quad (1-6)$$

เมื่อ Δh = ค่าความดันแตกต่าง, (m)

หรือ

$$Q_{act} = C_v \frac{\pi}{4} D_1^2 \cdot \sqrt{\frac{2g\Delta h}{\frac{D_1^4}{D_2^4} - 1}} \quad (1-7)$$

สำหรับเครื่องทดสอบที่ใช้ในการทดลองนี้ กำหนดให้ Q_v = อัตราการไหลของน้ำจริงผ่าน Venturi Meter (m^3/s)



ภาพที่ 1.3 Venturi meter

ที่มา : <https://extrudesign.com/venturimeter-parts-working-principle-discharge-equation-venturi-effect/>

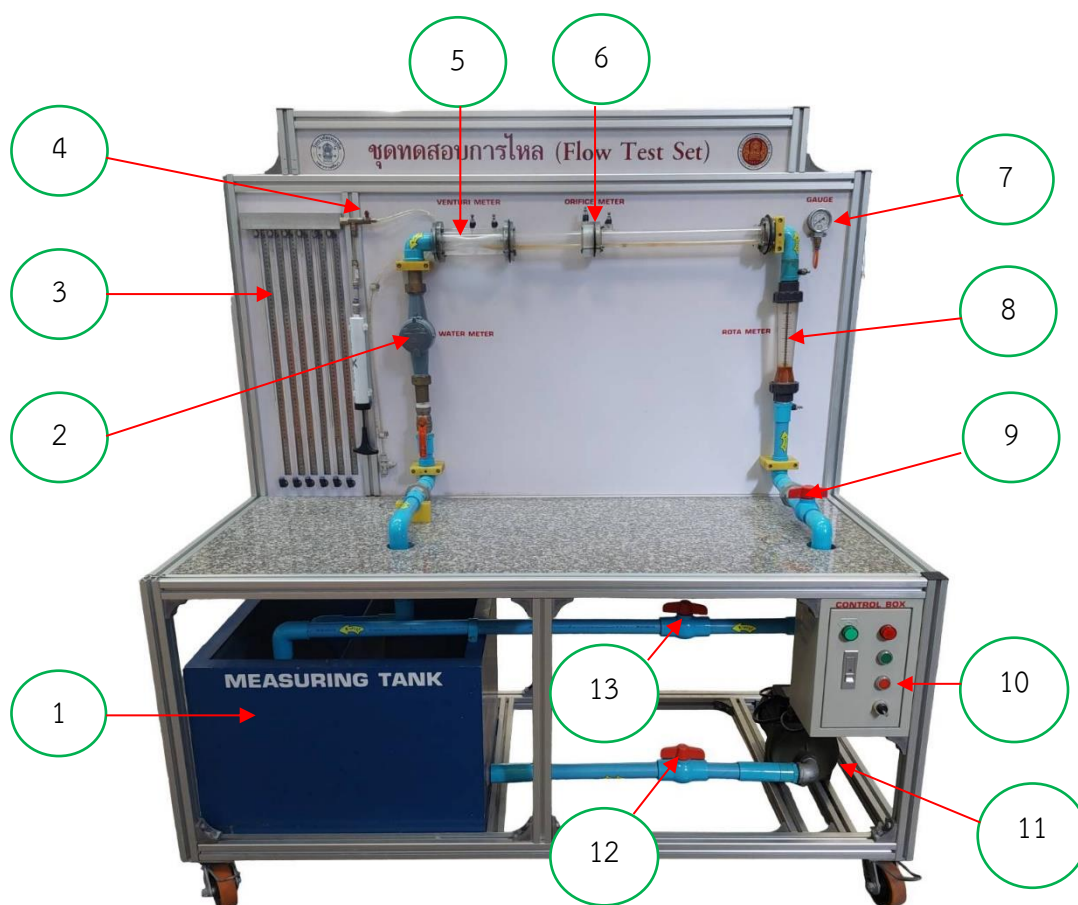
$$\begin{aligned} D_1 &= 0.029 \text{ m}, D_2 = 0.017 \text{ m} \\ \therefore Q_v &= C_v \frac{\pi}{4} (0.029)^2 \cdot \sqrt{\frac{2g\Delta h}{\left(\frac{0.029}{0.017}\right)^4 - 1}} ; m^2 \sqrt{\frac{m}{s^2} \cdot m} \\ Q_v &= 1.067 \times 10^{-3} C_v \sqrt{\Delta h} ; \frac{m^3}{s} \end{aligned} \quad (1-8)$$

ค่า C_v จาก ISO 5167 -4 : (E) P.9

$$\beta = \frac{17}{29} = 0.5862 ; C_v \cong 0.995$$

เครื่องวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)

การทดลองที่ 1 : การวัดอัตราการไหลของมาตรวัดเวนจูรี



ภาพที่ 1.4 รายละเอียดเครื่องวัดอัตราการไหลของมาตรวัดเวนจูรี

ที่มา : ไพศาล พรณชิตพงศ์ (2566)

ตารางที่ 1.1 รายละเอียดอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการไหล

ลำดับ	รายการ	ลำดับ	รายการ
1	Measuring Tank	8	RotaMeter
2	Water Meter	9	Flow Control Valve
3	Mano meter	10	Electrical Control Box
4	Ven Valve	11	Centrifugal Pump
5	Venturi Meter	12	Flow Control Valve
6	Orifice Meter	13	Bypass valve
7	Pressure Gauge		

ข้อมูล : เครื่องวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)

1. รายละเอียดทางเทคนิค

- 1.1 ปัม : 0.37 KW
 - อัตราการไหลสูงสุด : 80 l/min
 - ความดันสูงสุด : 18 mH₂O
- 1.2 อุปกรณ์วัดอัตราการไหล (ทำด้วยอะคริลิกใส)
 - เวนจูรี (Venturi Meter) : ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 29 mm
รูคอด 17 mm มุมเอียงด้านหน้า 21°
ด้านหลัง 14°
- 1.3 ออริฟิสมิเตอร์ (Orifice Meter) : ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 29 mm
รูคอด 20 mm
- 1.4 อุปกรณ์วัดการไหลแบบอื่น ๆ
 - มาตรวัดน้ำและนาฬิกาจับเวลา
 - Rotameter : ช่วงการวัด 0-75 l/min
 - ถังวัดปริมาตรน้ำ : 40 l
- 1.5 การวัดความดันแตกต่าง : มาโนมิเตอร์ (น้ำ) จำนวนท่อวัด 6 ท่อ
ช่วงวัด 900 mm อ่านละเอียด 1 mm
- 1.6 ระบบไฟฟ้า : 220 V, 1 เฟส , 50 Hz
- 1.7 มีอุปกรณ์ป้องกันจากไฟฟ้ารั่ว

2. รายละเอียดทั่วไป

อุปกรณ์ทดลองนี้ เป็นชุดการไหลเวียนของน้ำสำหรับศึกษาเปรียบเทียบเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบต่าง ๆ รวมทั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหลเบื้องต้น

การวัดอัตราการไหลโดยอุปกรณ์เบื้องต้น ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การไหล (Coefficients of Discharge) ซึ่งถูกคำนวณจากความดันตกคร่อมอุปกรณ์และอัตราการไหล อัตราการไหลสามารถดูได้จากมิเตอร์น้ำและนาฬิกาจับเวลา ความดันต่าง ๆ ถูกวัดโดยมาโนมิเตอร์ จุดต่อวัดความดันแต่ละจุดเป็นข้อต่อสวมแบบสวมเร็ว (Quick Connection) ถังน้ำและปั้มน้ำอยู่ด้านล่างที่ฐานเครื่อง อัตราการไหลถูกปรับแต่งโดยวาล์วควบคุมการไหลด้วยมือหมุน

ขั้นที่
2

ขั้นเตรียมดำเนินการ (Preparation)

1. เตรียมวัสดุ-อุปกรณ์

ตารางที่ 1.2 รายการวัสดุอุปกรณ์ เครื่องวัดอัตราการไหลของมาตรวัดเวเนจูรี

		
เครื่องวัดอัตราการไหล	มาตรวัดเวเนจูรี	นาฬิกาจับเวลา
จำนวน 1 เครื่อง	จำนวน 1 ตัว	จำนวน 1 เครื่อง
		
มาโนมิเตอร์	มิเตอร์น้ำ	สายยาง
จำนวน 1 ชุด	จำนวน 1 เครื่อง	จำนวน 1 เส้น
		
ผ้าเช็ดมือ	ปลั๊กไฟ	
จำนวน 1 ผืน	จำนวน 1 ตัว	

ขั้นที่
3

ขั้นตอนการทดลอง (Experimentation)

1. วิธีการทดลอง

ตารางที่ 1.3 ขั้นตอนการทดลองมาตรวัดเวเนจูรี

รายการ/รูปภาพประกอบการทดลอง	รายการ/ขั้นตอนการทดลอง
	1. เตรียมเครื่องวัดอัตราการไหล และตรวจเช็คความพร้อมของอุปกรณ์ต่าง ๆ
	2. เติมน้ำให้เกือบเต็มถึงจนระดับน้ำต่ำกว่าขอบถังประมาณ 5 cm
	3. ต่อสายมาโนมิเตอร์ ไปยังอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบมาตรวัดเวเนจูรี (Venturi Meter) 
	4. ปิดวาล์วควบคุมความดันจากอุปกรณ์วัดอัตราการไหลทุกตัว ที่ต่อไปยังมาโนมิเตอร์

ตารางที่ 1.3 (ต่อ)

รายการ/รูปภาพประกอบการทดลอง	รายการ/ขั้นตอนการทดลอง
	5. เสียบปลั๊กไฟเข้ากับเต้ารับ เพื่อจ่ายไฟให้กับเครื่องวัดอัตราการไหล
	6. เปิดสวิตช์ตู้ควบคุมไฟฟ้า และกดปุ่มเปิดเครื่องสูบน้ำ
	7. เปิดวาล์วและปรับวาล์วทางเข้าที่อยู่ใกล้ปั๊ม ให้น้ำไหลเข้าสู่เครื่องวัดอัตราการไหล ที่อัตราการไหลต่ำ ๆ โดยเริ่มต้นที่อัตราการไหลประมาณ 10 L/min <u>หมายเหตุ</u> อ่านค่าจากสเกลของมาตรวัด RotaMeter
	8. เปิดวาล์ววัดความดันจากอุปกรณ์วัดแบบ Venturi Meter ไปยังมาโนมิเตอร์ และไล่ลมในท่อความดัน (หากมี) ออกทางวาล์วระบายลมที่ปลายท่อมาโนมิเตอร์ด้านบน หรือใช้วิธีสูบลมเข้าไปในท่อมาโนมิเตอร์จนสามารถอ่านค่าระดับน้ำได้
	9. วัดอัตราการไหลด้วยการจับเวลา โดยอ่านค่าระดับน้ำที่มาโนมิเตอร์ และบันทึกผลการทดลอง โดยอ่านค่าดังนี้ 1) ระดับแตกต่างของมาโนมิเตอร์ 2) อัตราการไหลของน้ำที่ RotaMeter 3) ปริมาตรน้ำที่มิเตอร์น้ำโดยการจับเวลา

ตารางที่ 1.3 (ต่อ)

รายการ/รูปภาพประกอบการทดลอง	รายการ/ขั้นตอนการทดลอง
	10. ปรับระดับอัตราการไหลให้สูงขึ้นประมาณที่ค่า 15,20,25,30,35,40,45,50 และ 55 l/min ตามลำดับ อ่านค่าจากอัตราการไหลของน้ำที่ Rota Meter แล้วบันทึกผลการทดลอง
	11. กดปุ่มเปิดเครื่องสูบน้ำ และปิดสวิตซ์ตู้ควบคุมไฟฟ้า
	12. เสร็จสิ้นการทดลอง ให้ถ่ายน้ำทิ้งและเช็ดทำความสะอาดเครื่องวัดอัตราการไหล และเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย

หมายเหตุ

การปฏิบัติงานบนพื้นเปียกขณะใช้เครื่องจักรที่มีระบบไฟฟ้าทำงานอยู่เป็นอันตรายอย่างมาก เนื่องจากความเสี่ยงของไฟฟ้ารั่วหรือไฟฟ้าช็อต ดังนั้น ควรปฏิบัติตามแนวทางความปลอดภัยดังนี้

1. ตรวจสอบว่าสายไฟและปลั๊กอยู่ในสภาพดี ไม่มีรอยชำรุดหรือฉนวนเปียก
2. หากสามารถทำได้ ควรทำให้พื้นแห้งก่อนเริ่มงาน
3. หลีกเลี่ยงการใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าบนพื้นเปียก
4. สวมรองเท้าหุ้มส้นที่มีพื้นเป็นฉนวนไฟฟ้า

2. ตารางบันทึกผลการทดลองมาตรวัดเวนจูรี (Venturi Meter)

ข้อมูลจากการทดลองการวัดอัตราการไหลภายในท่อผ่านมาตรวัดแบบ.....

เมื่อ - เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของท่อ : $D_1 = 29 \text{ mm}$

- เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของท่อ (throat) : $D_2 = 17 \text{ mm}$

ตารางที่ 1.4 บันทึกผลการทดลองมาตรวัดเวนจูรี (Venturi Meter)

Rota Meter	Water Meter			Mano Meter	Mano Meter	Δh	Δh	C_v
				Left (L)	Right (R)	L-R	L-R	
lpm	l	sec	lpm	mm	mm	mm	m	
10								
15								
20								
25								
30								
35								
40								
45								
50								
55								

3. วิธีคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การไหลของมาตรวัดเวนจูรี (Coefficient of Discharge for a Venturi)

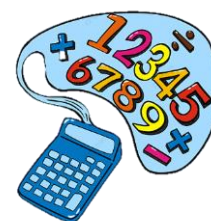
จากตารางบันทึกผลการทดลองการไหลของมาตรวัดเวนจูรี

โจทย์กำหนดให้

- $\Delta h = \dots\dots\dots \text{ mm} = \dots\dots\dots \text{ m}$

- $D_1 = \dots\dots\dots \text{ mm} = \dots\dots\dots \text{ m}$

- $D_2 = \dots\dots\dots \text{ mm} = \dots\dots\dots \text{ m}$



วิธีทำ

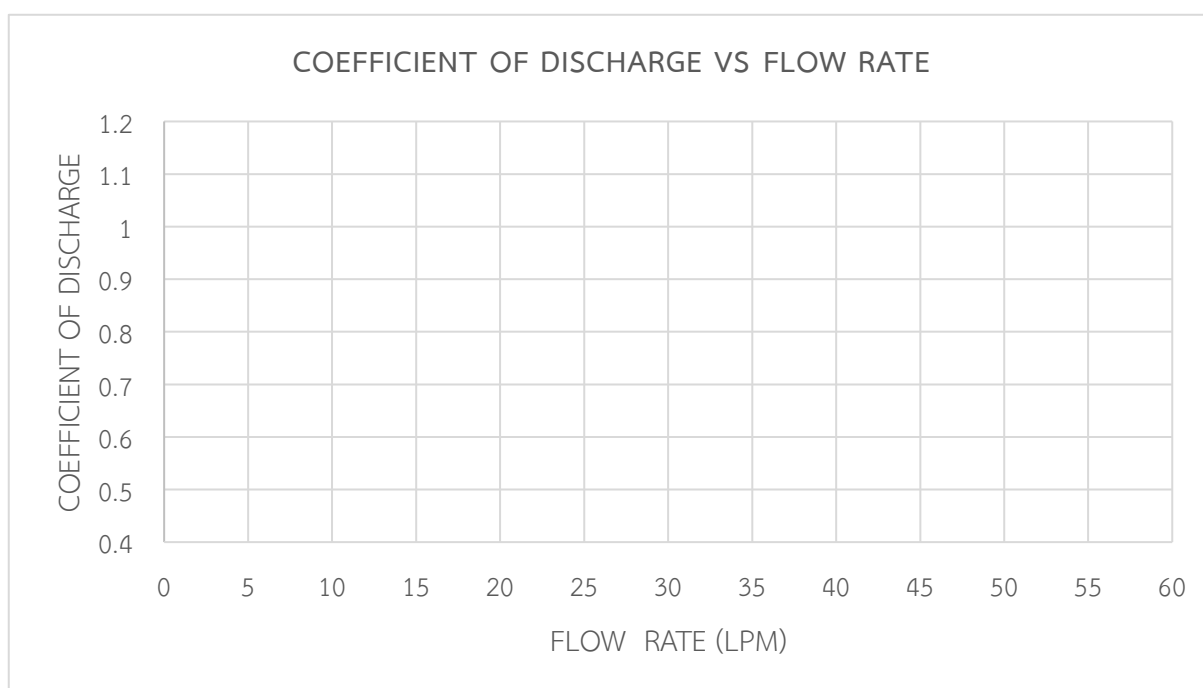
.....

.....

.....

.....

4. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับสัมประสิทธิ์ของมาตรวัดเวนจูรี



ภาพที่ 1.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับสัมประสิทธิ์ของมาตรวัดเวนจูรี
ที่มา : ไพศาล พรณฤชิตพงศ์ (2566)

ขั้นที่
4

ขั้นเสนอผลการทดลอง (Presentation of Results)

ขั้นที่
5

ขั้นอภิปรายและสรุปผล (Discussion and Conclusion)

ตอนที่ 2

คำชี้แจง: ให้นักศึกษาดูข้อมูลในวิดีโอและตอบคำถาม เกี่ยวกับหลักการทำงานของชุดวาล์วดูดปุ๋ย Venturi และระบบเติมอากาศแบบ Venturi ดังต่อไปนี้ (10 คะแนน)



**การใส่ปุ๋ยแบบไม่เปลืองแรง
ด้วย ชุดวาล์วดูดปุ๋ย Venturi
!!! ใช้งานง่ายมาดูกัน**



https://www.youtube.com/watch?v=JLqusu2ZzqU&ab_channel=BoonjaDIY

ข้อ 1 หน้าที่หลักของชุดวาล์วดูดปุ๋ย Venturi คืออะไร

- ☐ ควบคุมปริมาณการไหลของน้ำในระบบ
- ☐ ดูดปุ๋ยจากถังและผสมกับน้ำก่อนส่งไปยังปลายทาง
- ☐ ป้องกันน้ำไหลย้อนกลับลงถัง

ข้อ 2 วาล์วดูดปุ๋ยขนาดหนึ่งนิ้วครึ่งมีลักษณะพิเศษ
อย่างไรที่ช่วยป้องกันไม่ให้น้ำย้อนกลับไปในถังปุ๋ย

- ☐ ลูกศรแสดงทิศทางน้ำเข้าและออก
- ☐ มีท่อสายยางควบคุมปริมาณการไหลของน้ำ
- ☐ เช็ควาล์วกั้นน้ำย้อน

ข้อ 3 ขนาดของวาล์วดูดปุ๋ยที่แตกต่างกัน เช่น หนึ่งนิ้ว
หนึ่งนิ้วครึ่ง และสองนิ้ว มีผลต่อการใช้งานในแง่ใด

- ☐ การใช้งานไม่แตกต่างกัน เพียงแต่ขนาดและขนาด
เกลียวเท่านั้นที่ต่างกัน
- ☐ ขนาดของวาล์วที่ต่างกันทำให้การดูดปุ๋ยเข้ามามี
ความเร็วต่างกัน
- ☐ ขนาดใหญ่ดูดปุ๋ยได้มากกว่าขนาดเล็ก

ข้อ 4 การเลือกขนาดของวาล์วดูดปุ๋ย Venturi ที่
เหมาะสมมีความสำคัญอย่างไร

- ☐ เพื่อให้เกิดแรงดูดที่พอดีสำหรับดึงปุ๋ยเข้ามา
- ☐ เพื่อให้วาล์วสามารถป้องกันน้ำย้อนกลับได้ดีขึ้น
- ☐ เพื่อให้ปุ๋ยที่ถูกดูดเข้ามามีความเข้มข้นสูงขึ้น

ข้อ 5 ในการติดตั้งวาล์วดูดปุ๋ย Venturi ให้ถูกต้อง สิ่ง
ใดควรทำก่อนเปิดใช้งาน

- ☐ เปิดน้ำแรงเพื่อทดสอบแรงดัน
- ☐ ตรวจสอบให้แน่ใจว่าสายยางและก๊ีบล็อกแน่นหนา
- ☐ หมุนวาล์วเพื่อเพิ่มการไหลของน้ำ



ระบบเติมอากาศแบบ Venturi ทำงานอย่างไร



https://www.youtube.com/watch?v=YiWsnR_UP3A&ab_channel=Sanchai

ข้อ 6 หลักการทำงานของระบบ Venturi ในการเติมอากาศทำงานโดยใช้ปัจจัยใดเป็นหลัก

- ☐ แรงดันสูงที่ปลายท่อ
- ☐ การสร้างสุญญากาศภายในท่อ
- ☐ ความหนาแน่นของอากาศ

ข้อ 7 เมื่อเกิดสุญญากาศภายในท่อ Venturi จะส่งผลให้เกิดอะไร

- ☐ น้ำหรืออากาศจะถูกดูดเข้ามาผสม
- ☐ น้ำจะหยุดไหลทันที
- ☐ อากาศจะไม่สามารถไหลผ่านได้

ข้อ 8 จุดที่มีการสร้างสุญญากาศในท่อ Venturi มีจุดประสงค์เพื่ออะไร

- ☐ เพื่อควบคุมอัตราการไหลของน้ำ
- ☐ เพื่อเพิ่มความดันน้ำในท่อ
- ☐ เพื่อดึงอากาศหรือน้ำเข้ามาผสมกับกระแสหลัก

ข้อ 9 การทำงานของ Venturi ทำให้เกิดฟองอากาศในน้ำได้อย่างไร

- ☐ สุญญากาศที่เกิดขึ้นจะดึงอากาศลงมาจากสายยางและพุ่งออกปลายท่อ
- ☐ การไหลของน้ำสร้างแรงดันสูงดันอากาศเข้าไปในท่อ
- ☐ การทำงานของท่อ Venturi ช่วยให้อากาศซึมผ่านท่อได้ง่าย

ข้อ 10 ถ้าปลายท่อ Venturi ถูกปิด อะไรจะเกิดขึ้นกับการไหลของน้ำและอากาศ

- ☐ อากาศจะถูกดูดเข้าไปมากขึ้น
- ☐ อากาศจะไม่ถูกดูดเข้าไปในระบบ
- ☐ น้ำจะไหลย้อนกลับ

ตอนที่ 3

คำชี้แจง : ปฏิบัติการทดลองที่ 2 การวัดอัตราการไหลของมาตรวัดออร์ฟิส (21 คะแนน)

1. แบ่งกลุ่มจากเดิม 4 กลุ่มย่อย ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ โดยให้กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 รวมกันเป็นกลุ่ม A และ ให้กลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 4 รวมกันเป็นกลุ่ม B
2. กลุ่ม A ศึกษาวิธีปฏิบัติการทดลองจากแหล่งข้อมูลดังนี้ 1. คู่มือนักศึกษา 2. วิดิทัศน์โดยการสอนควิอาร์โค้ด และ 3. เว็บไซต์ kru-phaisan.com
3. กลุ่ม B ทำแบบฝึกหัดท้ายการทดลอง
4. หลังจากหมดเวลา 60 นาที ให้นักศึกษาทำการสลับกลุ่ม

การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement) การทดลองที่ 2 : การวัดอัตราการไหลของมาตรวัดออร์ฟิส



ภาพที่ 1.6 เครื่องวัดอัตราการไหล
ที่มา : ไพศาล พรณฤชิตพงศ์ (2566)

ชั้นที่

1

ชั้นกล่าวนำ (Introduction)

1. จุดประสงค์การทดลอง

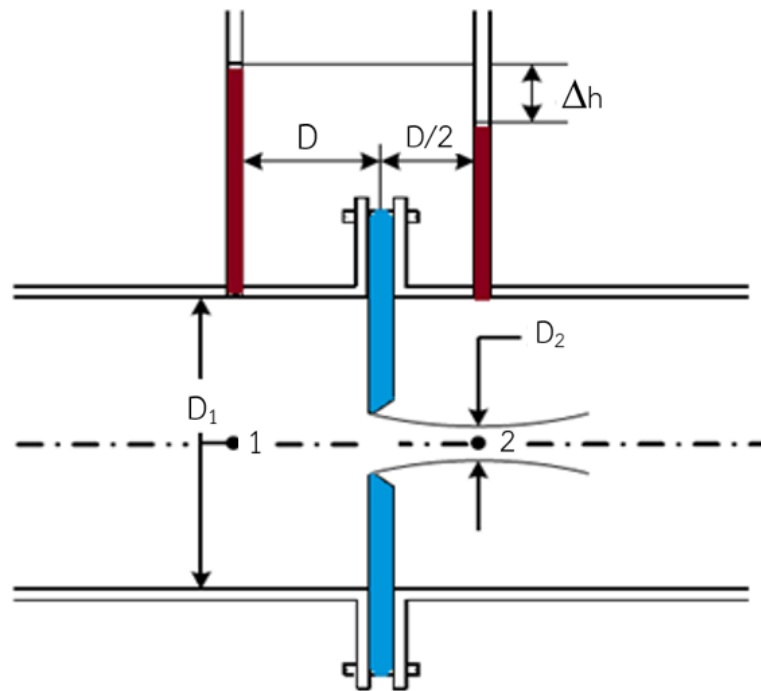
1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานและทดสอบประสิทธิภาพของมาตรวัดออริฟิสในการวัดอัตราการไหลของของไหล และเปรียบเทียบผลการทดลองกับทฤษฎี
2. ปฏิบัติงานใช้ชุดทดลองมาตรวัดออริฟิสตามมาตรฐานการทดสอบ พร้อมทั้งคำนวณอัตราการไหลจากค่าความดันที่วัดได้และนำเสนอผลในรูปแบบกราฟความสัมพันธ์ได้
3. มีกิจนิสัยที่ดีในการสืบเสาะหาความรู้ ปฏิบัติงานด้วยความประณีต รอบคอบ ประหยัด มีวินัย ตรงต่อเวลา ตระหนักถึงความปลอดภัยในการทำงานและรักษาสิ่งแวดล้อม

2. แนวคิด

การวัดอัตราการไหลแบบออริฟิส (Orifice Flow Meter) เป็นเครื่องมือวัดการไหลที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม เนื่องจากโครงสร้างเรียบง่ายและต้นทุนต่ำ หลักการทำงานของเครื่องมือชนิดนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของ กฎของเบอร์นูลลี (Bernoulli's Principle) และสมการต่อเนื่อง (Continuity Equation) อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบออริฟิสทำงานโดยใช้แผ่นโลหะที่มีรูเจาะตรงกลาง (Orifice Plate) ติดตั้งในท่อเพื่อสร้างการลดพื้นที่หน้าตัดของไหล ทำให้ความเร็วของของไหลเพิ่มขึ้นและความดันลดลงตามกฎของเบอร์นูลลี ความแตกต่างของความดัน (Pressure Drop) ระหว่างจุดก่อนและหลังแผ่นออริฟิสถูกวัดโดยอุปกรณ์ตรวจวัด เช่น Manometer หรือ Differential Pressure Sensor ค่าความดันตกคร่อมนี้ จะถูกนำไปคำนวณอัตราการไหลโดยใช้สมการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง การออกแบบแผ่นออริฟิส เช่น ขนาดรูและตำแหน่งวัดความดันมีผลต่อความแม่นยำของการวัด อุปกรณ์นี้เหมาะกับการใช้งานกับของไหลทุกประเภท ทั้งของเหลว ก๊าซ และไอน้ำ ข้อดีคือ โครงสร้างเรียบง่าย ต้นทุนต่ำ และติดตั้งง่าย แต่มีการสูญเสียความดันการวัดสูง การใช้งานต้องการการติดตั้งในท่อที่มีการไหลสมบูรณ์แบบและระยะท่อตรงที่เหมาะสม การบำรุงรักษาและการปรับเทียบที่สม่ำเสมอช่วยเพิ่มความแม่นยำของอุปกรณ์

3. มาตรวัดออริฟิส (Orifice Meter)

มาตรวัดออริฟิสเป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลประกอบด้วย แผ่นรูคอดวางขวางท่อนำน้ำไหล เมื่อน้ำไหลผ่านรูคอดจะทำให้ความเร็วจะเพิ่มขึ้นที่ทางเข้าก่อนที่จะผ่านรูคอด ในขณะเดียวกันความดันของน้ำก่อนที่จะเข้ารูคอดจะสูงกว่าความดันของน้ำหลังจากออกจากรูคอด ความดันต่างของน้ำ ก่อนเข้าและหลังที่ออกจากรูคอดสามารถ วัดได้ด้วยมาโนมิเตอร์ต่าง (Differential Manometer) จากความดันต่างของมาโนมิเตอร์ สามารถคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำ ในท่อได้จากสมการของเบอร์นูลลี



ภาพที่ 1.7 แผ่นรูคอด (Orifice Meter)

ที่มา : https://bstudy.net/702395/tehnika/rashodomery_peremennogo_perepada_davleniya

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \quad (1-9)$$

เมื่อ 1 และ 2 หมายถึง ตำแหน่งที่ 1 และ 2 ของของเหลวภายในท่อ โดยที่จุดที่ 1 จะเป็นจุดที่อยู่ก่อนทางเข้าแผ่นรูคอด และจุดที่ 2 จะเป็นตำแหน่งที่ จุดศูนย์กลางรูคอด

เนื่องจาก $Z_1 = Z_2$ ดังนั้น

$$\begin{aligned} \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} &= \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} \\ V_2^2 - V_1^2 &= 2g \left[\frac{P_1 - P_2}{\gamma} \right] \end{aligned} \quad (1-10)$$

เมื่อ P = ความดัน
 V = ความเร็วของของไหล
 Z = ระดับความสูงของไหล

จากสมการความต่อเนื่อง (Continuity Equation) :

$$\begin{aligned} A_1 V_1 &= A_2 V_2 \\ V_1 &= \frac{A_2 V_2}{A_1} \end{aligned} \quad (1-11)$$

แทนค่า V_1 ในสมการที่ (1-11) ในสมการที่ (1-10) จะได้ :

$$\begin{aligned}
 V_2^2 - \left(\frac{A_2 V_2}{A_1} \right)^2 &= 2g \left(\frac{P_1 - P_2}{\gamma} \right) \\
 V_2^2 \left[1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right] &= 2g \left(\frac{P_1 - P_2}{\gamma} \right) \\
 V_2 &= \frac{1}{\sqrt{1 - (A_2/A_1)^2}} \cdot \sqrt{2g \left(\frac{P_1 - P_2}{\gamma} \right)} \\
 &= \frac{1}{\sqrt{1 - (D_2/D_1)^4}} \cdot \sqrt{2g\Delta h}
 \end{aligned} \tag{1-12}$$

ดังนั้น สำหรับอัตราการไหลในอุดมคติ (Theoretical Flow Rate) จะมีค่าเท่ากับ :

$$\begin{aligned}
 Q_{th} &= A_2 V_2 \\
 &= \frac{A_2}{\sqrt{1 - (D_2/D_1)^4}} \cdot \sqrt{2g\Delta h}
 \end{aligned} \tag{1-13}$$

อย่างไรก็ตามเนื่องจากยังคงมีการสูญเสียพลังงานระหว่างจุดที่ 1 และจุดที่ 2 และผลเนื่องจากรูคอด (Vena-Contract) หลังจากท่อไหลเคลื่อนที่ผ่านรูคอดไปแล้ว ดังนั้นอัตราการไหลที่แท้จริงจึงมีค่าเท่ากับ

$$Q_{act} = \frac{C_o A_o}{\sqrt{1 - (D_2/D_1)^4}} \cdot \sqrt{2g\Delta h} \tag{1-14}$$

- เมื่อ
- Q_{act} = อัตราการไหลของน้ำจริง (m^3/s)
 - C_o = สัมประสิทธิ์ของอัตราการไหลผ่าน Orifice
 - A_o = พื้นที่หน้าตัดของรูคอด (m^2)
 - D_1 = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (m) ; (=29 mm สำหรับชุดทดลองนี้)
 - D_2 = เส้นผ่านศูนย์กลางของรูคอด (m) ; (=20 mm สำหรับชุดทดลองนี้)
 - Δh = ค่าความดันแตกต่าง (m)

จากสมการข้างต้นจะได้ว่า :

$$C_o = \frac{\sqrt{1 - (D_2/D_1)^4}}{A_o} \cdot \frac{Q_{act}}{\sqrt{2g\Delta h}} \tag{1-15}$$

สำหรับชุดทดลองนี้

$$Q_{act} = C_o K_o \sqrt{\Delta h}$$

$$K_o = \text{Constant}$$

$$= \frac{A_o \sqrt{2g}}{\sqrt{1 - (D_2/D_1)^4}} \quad (1-16)$$

จากสมการที่ (1-13) สามารถเขียนได้เป็น :

$$Q_{\text{act}} = C_o \frac{\pi}{4} D^2 \cdot \sqrt{\frac{2g\Delta h}{\left(\frac{D_1^4}{D_2^4} - 1\right)}} \quad (1-17)$$

สำหรับเครื่องวัดอัตราการไหลนี้ กำหนดให้ Q_o = อัตราการไหลของน้ำจริงผ่าน Orifice Meter (m^3/s)

$$D_1 = 0.029 \text{ m}, D_2 = 0.020 \text{ m}$$

$$\therefore Q_{\text{act}} = C_o \frac{\pi}{4} (0.029)^2 \cdot \sqrt{\frac{2g\Delta h}{\left(\frac{0.029^4}{0.020^4} - 1\right)}} ; \text{m}^2 \sqrt{\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \cdot \text{m}$$

$$Q_o = 1.583 \times 10^{-3} C_o \sqrt{\Delta h} ; \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (1-18)$$

ค่า C_o จาก ISO 5167-2:2003 (E) P.30

$$\beta = \frac{20}{29} = 0.6897 = 0.69$$

C_o มีค่าเปลี่ยนแปลง ระหว่าง 0.6411 สำหรับ $Re = 1 \times 10^4$
ถึง 0.6051 สำหรับ $Re = 1 \times 10^8$

ขั้นที่
2

ขั้นเตรียมดำเนินการ (Preparation)

1. เตรียมวัสดุ-อุปกรณ์

ตารางที่ 1.5 รายการวัสดุอุปกรณ์ เครื่องวัดอัตราการไหลของมาตรวัดออร์ฟิส

		
เครื่องวัดอัตราการไหล	มาตรวัดออร์ฟิส	นาฬิกาจับเวลา
จำนวน 1 เครื่อง	จำนวน 1 ตัว	จำนวน 1 เครื่อง
		
มาโนมิเตอร์	มิเตอร์น้ำ	สายยาง
จำนวน 1 ชุด	จำนวน 1 เครื่อง	จำนวน 1 เส้น
		
ผ้าเช็ดมือ	ปลั๊กไฟ	
จำนวน 1 ผืน	จำนวน 1 ตัว	

ขั้นที่
3

ขั้นตอนการทดลอง (Experimentation)

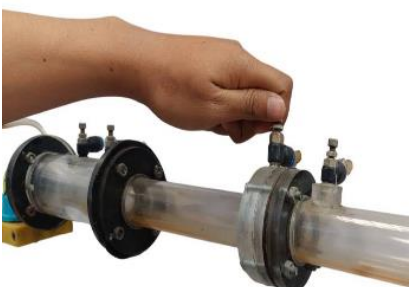
1. วิธีการทดลอง

ตารางที่ 1.6 แสดงขั้นตอนการทดลองมาตรวัดออริฟิส (Orifice Meter)

รายการ/รูปภาพประกอบการทดลอง	รายการ/ขั้นตอนการทดลอง
	1. เตรียมเครื่องวัดอัตราการไหล และตรวจเช็คความพร้อมของอุปกรณ์ต่าง ๆ
	2. เติมน้ำให้เกือบเต็มถังโดยห่างจากขอบถึงประมาณ 5 cm
	3. ต่อสายมาโนมิเตอร์ ไปยังอุปกรณ์วัดอัตราการไหลมาตรวัดออริฟิส (Orifice Meter)
	4. ปิดวาล์วควบคุมความดันจากอุปกรณ์วัดอัตราการไหล ทุกตัวที่ต่อไปยังมาโนมิเตอร์



ตารางที่ 1.6 (ต่อ)

รายการ/รูปภาพประกอบการทดลอง	รายการ/ขั้นตอนการทดลอง
	5. เสียบปลั๊กไฟเข้ากับเต้ารับ เพื่อจ่ายไฟให้กับชุดทดลองวัดอัตราการไหล
	6. กดปุ่มเปิดเครื่องสูบน้ำ และปิดสวิตช์ตู้ควบคุมไฟฟ้า
	7. เปิดวาล์วและปรับวาล์วทางเข้าที่อยู่ใกล้ปั๊ม ให้น้ำไหลเข้าสู่เครื่องทดลองที่อัตราการไหลต่ำ ๆ โดยเริ่มต้นที่อัตราการไหลประมาณ 10 l/min <u>หมายเหตุ</u> อ่านค่าจากสเกลของมาตรวัด RotaMeter
	8. เปิดวาล์ววัดความดันจากอุปกรณ์มาตรวัดแบบออริฟิส (Orifice Meter) ไปยังมาโนมิเตอร์ และไล่ลมในท่อความดัน (หากมี) ออกทางวาล์วระบายลมที่ปลายท่อมาโนมิเตอร์ด้านบน หรือใช้วิธีสูบลมเข้าไปในท่อมาโนมิเตอร์จนสามารถอ่านค่าระดับน้ำได้
	9. วัดอัตราการไหลด้วยการจับเวลา โดยอ่านค่าระดับน้ำที่มาโนมิเตอร์ และบันทึกผลการทดลอง โดยอ่านค่าดังนี้ 1) ระดับแตกต่างของมาโนมิเตอร์ 2) อัตราการไหลของน้ำที่ RotaMeter 3) ปริมาตรน้ำที่มิเตอร์วัดน้ำโดยการจับเวลา

ตารางที่ 1.6 (ต่อ)

รายการ/รูปภาพประกอบการทดลอง	รายการ/ขั้นตอนการทดลอง
	10. ปรับระดับอัตราการไหลให้สูงขึ้นประมาณที่ค่า 15,20,25,30,35,40,45,50 และ 55 l/min ตามลำดับ อ่านค่าจากอัตราการไหลของน้ำที่ Rota Meter แล้วบันทึกผลการทดลอง
	11. กดปุ่มเปิดเครื่องสูบน้ำ และปิดสวิตซ์ตู้ควบคุมไฟฟ้า
	12. เสร็จสิ้นการทดลอง ให้ถ่ายน้ำทิ้งและเช็ดทำความสะอาดเครื่องวัดอัตราการไหล แล้วเก็บเข้าที่ให้เรียบร้อย

หมายเหตุ

การปฏิบัติงานบนพื้นเปียกขณะใช้เครื่องจักรที่มีระบบไฟฟ้าทำงานอยู่เป็นอันตรายอย่างมาก เนื่องจากความเสี่ยงของไฟฟ้ารั่วหรือไฟฟ้าช็อต ดังนั้น ควรปฏิบัติตามแนวทางความปลอดภัยดังนี้

1. ตรวจสอบว่าสายไฟและปลั๊กอยู่ในสภาพดี ไม่มีรอยชำรุดหรือฉนวนเปื่อย
2. หากสามารถทำได้ ควรทำให้พื้นแห้งก่อนเริ่มงาน
3. หลีกเลี่ยงการใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าบนพื้นเปียก
4. สวมรองเท้าหุ้มส้นที่มีพื้นเป็นฉนวนไฟฟ้า

2. ตารางบันทึกผลการทดลองมาตรวัดออร์ฟิส (Orifice Meter)

ข้อมูลจากการทดลองการวัดอัตราการไหลภายในท่อผ่านมาตรวัดแบบ.....

เมื่อ - เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ : $D_1 = \dots\dots\dots$ mm

- เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (Throat) : $D_2 = \dots\dots\dots$ mm

ตารางที่ 1.7 บันทึกผลการทดลองมาตรวัดออร์ฟิส (Orifice Meter)

Rota Meter	Water Meter			Mano Meter	Mano Meter	Δh	Δh	C_o
				Left (L)	Right (R)	L-R	L-R	
lpm	l	sec	lpm	mm	mm	mm	m	
10								
15								
20								
25								
30								
35								
40								
45								
50								
55								

3. วิธีคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การไหลของมาตรวัดออร์ฟิส (Coefficient of Discharge for a Orifice)

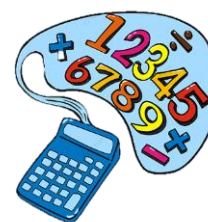
จากตารางบันทึกผลการทดลองการไหลของมาตรวัดออร์ฟิส

โจทย์กำหนดให้

- $\Delta h = \dots\dots\dots$ mm = $\dots\dots\dots$ m

- $D_1 = \dots\dots\dots$ mm = $\dots\dots\dots$ m

- $D_2 = \dots\dots\dots$ mm = $\dots\dots\dots$ m



วิธีทำ จากสมการ

.....

.....

.....

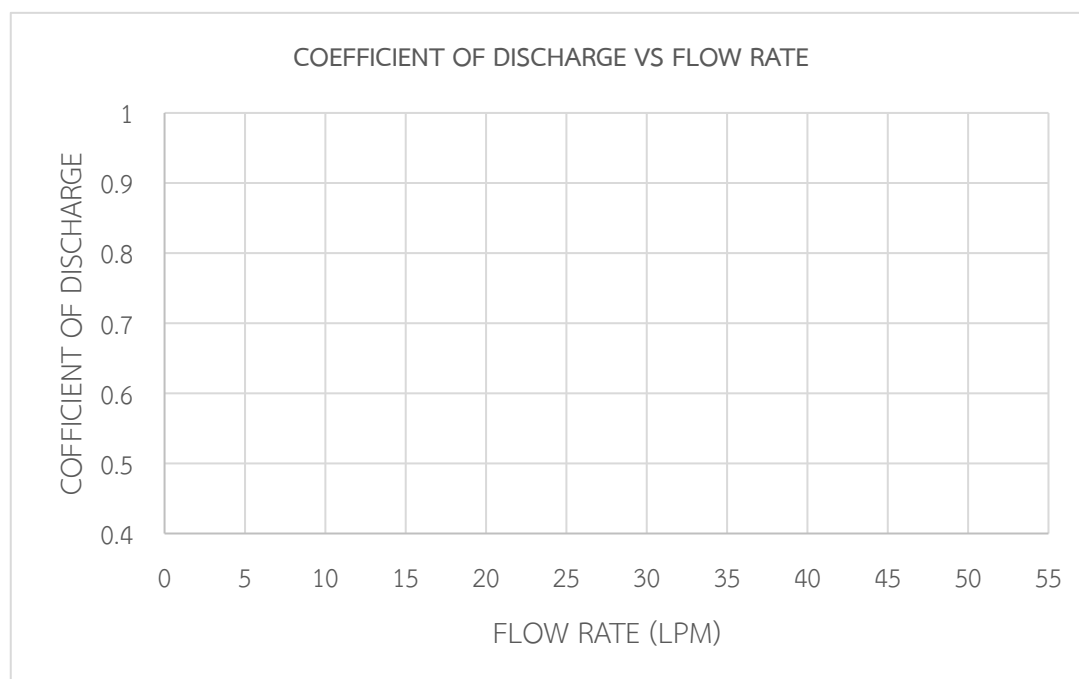
.....

.....

.....

.....

4. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับสัมประสิทธิ์ของมาตรวัดออร์ฟิส



ภาพที่ 1.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับสัมประสิทธิ์ของมาตรวัดออร์ฟิส
ที่มา : ไพศาล พรณฤชิตพงศ์ (2566)

ขั้นที่
4

ขั้นเสนอผลการทดลอง (Presentation of Results)

[illegible]

ชั้นที่
5

ชั้นที่
5

ข้อเสนอแนะและสรุปผล (Discussion and Conclusion)

[illegible]

ตอนที่ 4

คำชี้แจง: ให้นักศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต ของรูปแบบของ Orifice Plate โดยเลือกคำตอบ A-H มาใส่ช่องชื่ออุปกรณ์และลักษณะหรือคุณสมบัติที่เหมาะสมตรงกับรูปภาพที่กำหนดไว้ให้ถูกต้อง (8 คะแนน)

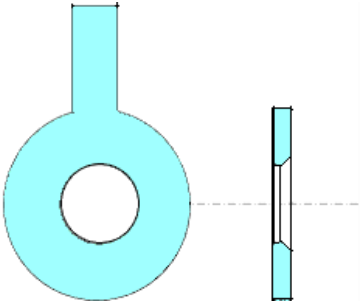
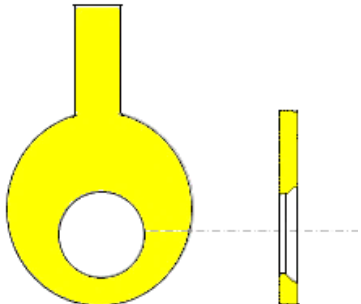
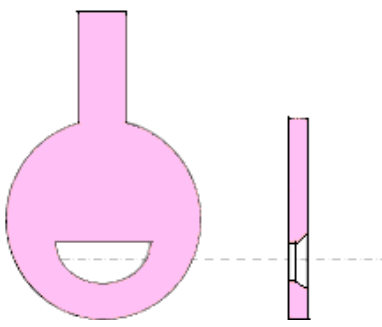
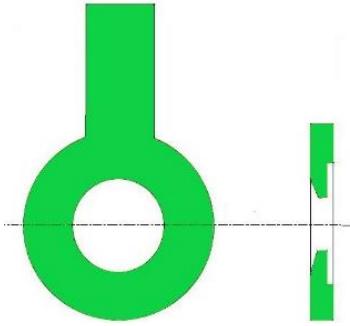
ตัวเลือก A-H

ชื่ออุปกรณ์

- A. Eccentric Orifice Plate
- B. Concentric Orifice Plate
- C. Quadrant Edge Orifice
- D. Segmental Orifice Plate

ลักษณะหรือคุณสมบัติ

- E. เป็นแผ่นโลหะมีรูกลมอยู่ตรงกลาง ซึ่งเป็นศูนย์กลางร่วมกับท่อด้วยผิวหน้าด้านหนึ่งจะเรียบตั้งฉากกับแกนของท่อ อีกด้านจะบานออกเฉียงทำมุมกับผิวหน้าประมาณ 45 องศา
- F. เป็นแบบเสี้ยววงกลม ใช้สำหรับของไหลที่มีสารแขวนลอย น้ำมันที่มีน้ำผสมอยู่ หรือไอน้ำเปียก
- G. มีการบานออกเป็นลักษณะโค้งมน $1/4$ ของวงกลม เพื่อให้ค่าสัมประสิทธิ์การไหลคงที่ที่ Reynolds Number ต่ำ
- H. จุดศูนย์กลางของรูจะเยื้องกับเส้นผ่านศูนย์กลางของ Orifice โดยรูจะค่อนลงมาทางด้านล่างหรือด้านบนของแผ่นประมาณ 98% ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ

รูปภาพ	ชื่ออุปกรณ์	ลักษณะหรือคุณสมบัติ
		
		
		
		

ตอนที่ 5

คำชี้แจง : จงเติมคำตอบลงในช่องว่างให้สมบูรณ์ ของตัวอย่างโปรแกรมการคำนวณตัวแปรต่าง ๆ ของมาตรวัดอัตราการไหลแบบออร์ฟิสให้ถูกต้อง ดังข้อมูลต่อไปนี้ (12 คะแนน)

Input data		Output data	
Tag	100-FE-10001	Fluid	Water
Max flow @ 15.56C	m3/h 50	Beta ratio @ flow temp	.602625
Norm flow @ 15.56C	m3/h 35	Norm flow differ	mbar 122.5
Flow temperature	degC 30	Norm. flow Reynolds No.	135905
Inlet pressure	barg 3.5	Max pressure loss	mbar 157.9
Max flow differential	mbar 250	Max power loss	watts 220
SG @ flow conditions	.989	Uncertainty percent	.6
SG @ base conditions	.989	Min plate thickness	mm 3.175
Viscosity @ FTP	cp .88	Calculation factors @ normal flow	
Meter tube ID @ 20C	in 4.026	Plate thermal expansion	1.00017
Vent/drain hole dia	mm	Velocity of approach	1.07327
Orifice dia @ 20degC	mm 61.622	Discharge coefficient	.610108
Element material	316 stainless steel	Calculation options	
Meter tube material	Carbon steel	☐ Vent hole	☒ Orifice size
		☐ Drain hole	☐ Flowrate
		☒ Standard size	☐ Differential range
		☐ Custom size	
Calculate			

ภาพที่ 1.9 โปรแกรมการคำนวณตัวแปรต่าง ๆ ของมาตรวัดอัตราการไหล

ที่มา: http://www.thailandindustry.com/indust_newweb/articles_preview.php?cid=19114

- ของเหลวที่ไหลอยู่ในระบบนี้คือ _____
- หากต้องการอัตราการไหลสูงสุดที่อุณหภูมิ 15.5°C ในระบบนี้ ค่านี้เท่ากับ _____ m³/h
- อัตราการไหลปกติที่อุณหภูมิ 15.5°C ในระบบนี้ ค่านี้เท่ากับ _____ m³/h
- อุณหภูมิของของไหลที่จุดวัดคือ _____ C°
- ความดันขาเข้าของระบบมีค่าเท่ากับ _____ barg
- วัสดุของท่อวัดคือ _____
- ความแตกต่างของความดันที่อัตราการไหลปกติคือ _____ mbar
- ความหนาแน่นสุดของแผ่นตัววัดคือ _____ mm
- ความสูญเสียความดันสูงสุดในระบบคือ _____ mbar
- การสูญเสียกำลังสูงสุดในระบบคือ _____ W
- ความเร็วของของไหลก่อนถึงแผ่นตัววัดคือ _____
- ค่าสัมประสิทธิ์การไหล (Discharge coefficient) ในระบบนี้เท่ากับ _____

4 | ชั้น

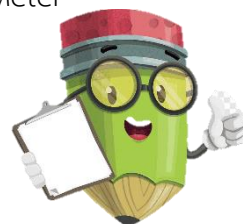
กิจกรรมที่ 4 สรุปได้ อธิบายเป็น อธิบาย และลงข้อสรุป (Explain)

หน่วยที่ 1	การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)			คะแนนที่ได้
กิจกรรมที่ 4	สรุปได้ อธิบายเป็น	เวลา 40 นาที	คะแนนเต็ม 25	

ตอนที่ 1

คำชี้แจง : ให้นักศึกษาแต่ละกลุ่มร่วมกันแล้วตอบคำถามเกี่ยวกับการทดลองมาตรวัดเวนจูรี และ มาตรวัดออริฟิส โดยเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุด (5 คะแนน)

- การเพิ่มความเร็วของของไหลในส่วนที่คอคอของ Venturi Meter จะทำให้เกิดผลอย่างไรต่อความดันของของไหล
 - ☐ A) ความดันเพิ่มขึ้น
 - ☐ B) ความดันลดลง
- ค่าความดันแตกต่าง (Δh) ระหว่างสองจุดใน Venturi Meter บอกถึงอะไร
 - ☐ A) อัตราการไหลของของไหล
 - ☐ B) อุณหภูมิของของไหล
- การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การไหล (C_v) ของ Venturi Meter มีวัตถุประสงค์เพื่ออะไร
 - ☐ A) เพื่อเพิ่มอัตราการไหล
 - ☐ B) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการวัดอัตราการไหล
- ในการใช้ Orifice Meter เพื่อตรวจวัดอัตราการไหล ความดันที่ตำแหน่งหลังแผ่นออริฟิสจะเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับตำแหน่งก่อนแผ่นออริฟิส
 - ☐ A) ความดันหลังแผ่นออริฟิสจะต่ำกว่าก่อนแผ่นออริฟิส
 - ☐ B) ความดันหลังแผ่นออริฟิสจะสูงกว่าก่อนแผ่นออริฟิส
- เหตุใดจึงต้องคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การไหล (C_o) ในการทดลอง Orifice Meter
 - ☐ A) เพื่อปรับปรุงความเร็วการไหล
 - ☐ B) เพื่อประเมินความแม่นยำในการวัดอัตราการไหล



ตอนที่ 2

คำชี้แจง : แบ่งกลุ่มนักศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละเท่า ๆ กัน กลุ่มที่ 1 คือกลุ่ม A และ กลุ่มที่ 2 คือกลุ่ม B
นำเสนอใน 3 หัวข้อที่กำหนดให้ กลุ่มละไม่เกิน 15 นาที (20 คะแนน)



5 | ชั้น

กิจกรรมที่ 5 เพิ่มเติม เสริมความรู้ ขยายความคิด (Elaborate)

หน่วยที่ 1	การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)			คะแนนที่ได้
กิจกรรมที่ 5	เพิ่มเติม เสริมความรู้	เวลา 20 นาที	คะแนนเต็ม 20	

ตอนที่ 1

1. นักศึกษาแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่ม 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 - 5 คน
2. นักศึกษาร่วมสืบค้นข้อมูล เพื่อขยายความคิดจากการระดมสมอง โดยให้นักศึกษาสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเสริมความรู้

คำชี้แจง : ให้นักศึกษาจับคู่ข้อคำถามด้านซ้ายกับข้อคำตอบด้านขวาที่เกี่ยวข้องกัน ให้ถูกต้อง (10 คะแนน)

ข้อคำถาม	คำตอบที่เลือกจับคู่
.....1. ความดันลดลงมากกว่าหลังจากจุดคอคออด	A. Venturi Meter
.....2. สูญเสียพลังงานต่ำกว่า	B. อัตราการไหลเชิงทฤษฎีคำนวณด้วย Bernoulli
.....3. ใช้หลักการคำนวณโดยอาศัยความแตกต่างความดัน	C. Orifice Meter
.....4. ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความดันของของไหลตามกฎของ Bernoulli	D. การคำนวณสัมประสิทธิ์การไหล (C_d)
.....5. หน้าที่ของ throat ใน Venturi Meter	E. ความดันก่อนและหลังคอคออด
.....6. ข้อดีของการใช้ Venturi Meter เมื่อเทียบกับ Orifice Meter	F. ความดันลดลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น
.....7. การไหลในส่วน throat ของอุปกรณ์	G. throat มีบทบาทในการเพิ่มความเร็วของของไหล
.....8. อัตราการไหลจริงแตกต่างจากอัตราการไหลเชิงทฤษฎี	H. ใช้ Venturi Meter เพราะมีการสูญเสียพลังงานน้อยกว่า
.....9. มีความคมที่ขอบของแผ่นออริฟิส	I. การเกิดความปั่นป่วนเมื่อไหลผ่านจุดแคบ
.....10. หน่วยที่ใช้วัดความดันใน Venturi Meter และ Orifice Meter	J. Pa (Pascal) หรือ mmHg

ชุดกิจกรรมที่ 3

หน่วยที่ 1 การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)

ตอนที่ 2

คำชี้แจง :: เลือกคำตอบเกี่ยวกับการวัดอัตราการไหลแบบมาตรวัดเวนจูรี และ แบบมาตรวัดออริฟิส โดยเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุด (10 คะแนน)

1. Venturi Meter ใช้หลักการใดในการวัดอัตราการไหล
 - ☐ A) การลดความดันที่ throat เพื่อเพิ่มความเร็ว
 - ☐ B) การเพิ่มความดันเพื่อเพิ่มอัตราการไหล
2. ข้อใดเป็นจุดที่มีการสูญเสียพลังงานสูงสุดใน Orifice Meter
 - ☐ A) ที่จุดปากของออริฟิส
 - ☐ B) ที่ช่อง throat ของ Venturi Meter
3. หน่วยที่ใช้ในการวัดความดัน ของของไหลใน Venturi และ Orifice Meter คือหน่วยใด
 - ☐ A) m/s (เมตรต่อวินาที)
 - ☐ B) Pascal หรือ mmHg
4. การวัดอัตราการไหลเชิงทฤษฎี และการวัดอัตราการไหลจริงมีความแตกต่างกันเนื่องจากอะไร
 - ☐ A) การเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง
 - ☐ B) ความเร็วของของไหล
5. Venturi Meter เหมาะสมกับการใช้งานประเภทใด
 - ☐ A) ระบบที่ต้องการลดการสูญเสียพลังงาน
 - ☐ B) ระบบที่ต้องการเพิ่มความดัน
6. กฎของ Bernoulli อธิบายว่าความดันของของไหลจะเป็นอย่างไรเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น
 - ☐ A) ความดันลดลง
 - ☐ B) ความดันเพิ่มขึ้น
7. เพื่อคำนวณอัตราการไหลโดย Venturi Meter ต้องใช้อะไรบ้าง
 - ☐ A) ความเร็วและความหนาแน่นของของไหล
 - ☐ B) ค่าความดันแตกต่างและเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ
8. ในการทดลองที่ใช้ Orifice Meter หากเกิดความดันต่ำมาก อาจทำให้เกิดอะไร
 - ☐ A) การเกิดฟองอากาศในของไหล
 - ☐ B) การเพิ่มความดันเฉพาะจุด
9. ข้อใดคือข้อดีของ Orifice Meter เมื่อเทียบกับ Venturi Meter
 - ☐ A) มีความแม่นยำสูงกว่ามาก
 - ☐ B) ติดตั้งง่ายและราคาถูกกว่า
10. ในการทดลองวัดอัตราการไหลโดย Venturi Meter หากมีค่าความดันต่างสูงมาก แสดงว่าอะไร
 - ☐ A) อัตราการไหลต่ำ
 - ☐ B) อัตราการไหลสูง

6 | ชั้น

กิจกรรมที่ 6 ประเมินผล ค้นคว้งงาน

ประเมินผล (Evaluate)

หน่วยที่ 1	การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)			คะแนนที่ได้
กิจกรรมที่ 6	ประเมินผล ค้นคว้งงาน	เวลา 30 นาที	คะแนนเต็ม 25	

ตอนที่ 1

คำชี้แจง : ให้นักศึกษาเรียงลำดับขั้นตอนการดำเนินการทดลองการวัดอัตราการไหลด้วยมาตรวัดออริฟิส และมาตรวัดเวนจูรีตามลำดับที่ถูกต้อง (10 คะแนน)

ข้อที่ 1 จงเรียงลำดับขั้นตอนการทดลองวัดอัตราการไหลด้วย Orifice Meter ให้ถูกต้อง

- () ตั้งค่าและตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์วัดความดัน (Manometer)
- () ติดตั้ง Orifice Meter เข้ากับท่อทดสอบ
- () เปิดวาล์วให้น้ำไหลผ่านท่อเพื่อเริ่มการทดลอง
- () บันทึกค่าความดันที่ตำแหน่งก่อนและหลัง Orifice
- () คำนวณอัตราการไหลตามสูตรของ Orifice Meter

ข้อที่ 2 จงเรียงลำดับขั้นตอนการทดลองวัดอัตราการไหลด้วย Venturi Meter ให้ถูกต้อง

- () ติดตั้ง Venturi Meter เข้ากับท่อทดลอง
- () บันทึกค่าความดันที่ตำแหน่งก่อนและที่คอของ Venturi
- () เปิดวาล์วให้น้ำไหลผ่านท่อเพื่อเริ่มการทดลอง
- () ตั้งค่าและตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ Manometer
- () คำนวณอัตราการไหลตามสมการของ Venturi Meter

ตอนที่ 2

คำชี้แจง : ให้นักศึกษาเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด สำหรับการวัดอัตราการไหล (Flow Measurement) ด้วยมาตรวัดออริฟิส (Orifice Meter) และมาตรวัดเวนจูรี (Venturi Meter) ให้ถูกต้อง (5 คะแนน)

1. ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้องเกี่ยวกับหลักการทำงานของ Venturi Meter
 - ☐ A) ใช้การลดความเร็วเพื่อสร้างแรงดันสูง
 - ☐ B) ใช้การเพิ่มความเร็วเพื่อให้เกิดแรงดันต่ำ
 - ☐ C) ใช้การเพิ่มความเร็วเพื่อสร้างแรงดันสูง
2. Orifice Meter แตกต่างจาก Venturi Meter อย่างไร
 - ☐ A) Orifice Meter มีความแม่นยำสูงกว่า Venturi Meter
 - ☐ B) Venturi Meter เหมาะกับการวัดอัตราการไหลต่ำ
 - ☐ C) Venturi Meter มีแรงดันตกต่ำกว่าเมื่อเทียบกับ Orifice Meter
3. ข้อใดเป็นข้อดีของ Orifice Meter
 - ☐ A) มีการสูญเสียพลังงานต่ำ
 - ☐ B) ติดตั้งได้ง่ายและมีต้นทุนต่ำ
 - ☐ C) ใช้ได้กับท่อขนาดเล็กเท่านั้น
4. ข้อใดต่อไปนี้ เป็นความแตกต่างของ Venturi Meter เมื่อเทียบกับ Orifice Meter
 - ☐ A) Venturi Meter เหมาะสำหรับอัตราการไหลสูงในท่อขนาดใหญ่
 - ☐ B) Venturi Meter ต้องใช้ Manometer สองตัว
 - ☐ C) Venturi Meter มีการสูญเสียพลังงานสูงกว่า Orifice Meter
5. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับสมการที่ใช้ใน Venturi Meter
 - ☐ A) ใช้สมการอนุรักษ์พลังงานแบบเบอร์นูลลีในการคำนวณ
 - ☐ B) ไม่สามารถใช้สมการเบอร์นูลลีได้เนื่องจากมีความสูญเสียสูง
 - ☐ C) ใช้สมการความเร็วคงที่ในการคำนวณ

ตอนที่ 3

คำชี้แจง : ให้นักศึกษาทำเครื่องหมายถูก (✓) หากข้อความนั้นถูกต้อง และทำเครื่องหมายผิด (X) หากข้อความนั้นไม่ถูกต้อง (10 คะแนน)

- 1. Venturi Meter ออกแบบมาเพื่อลดแรงดันของของไหลในคอท่อและเพิ่มความเร็วของการไหลในเวลาเดียวกัน
- 2. Orifice Meter ใช้หลักการของการลดความเร็วของของไหลเพื่อให้เกิดแรงดันตกที่คอท่อ
- 3. ในการทดลอง Venturi Meter จะเกิดการสูญเสียพลังงานมากกว่าการใช้ Orifice Meter
- 4. Venturi Meter และ Orifice Meter ต่างใช้หลักการของเบอร์นูลลี เพื่อคำนวณอัตราการไหลของของไหล
- 5. อัตราการไหลผ่าน Venturi Meter คำนวณได้จากความต่างของความดันระหว่างท่อก่อนเข้าคอท่อและคอท่อเอง
- 6. การติดตั้ง Orifice Meter มีต้นทุนสูงกว่า Venturi Meter เนื่องจากต้องมีการควบคุมแรงดันเพิ่มเติม
- 7. Orifice Meter ใช้ได้กับท่อที่มีขนาดเล็กกว่าท่อที่ใช้กับ Venturi Meter ในการวัดอัตราการไหล
- 8. ในการคำนวณอัตราการไหลของของไหล Venturi Meter ให้ค่าความแม่นยำมากกว่า Orifice Meter
- 9. ความดันที่ตำแหน่งคอท่อ (throat) ของ Venturi Meter มีค่าสูงกว่าความดันที่ตำแหน่งก่อนหน้า
- 10. การเลือกใช้ Orifice Meter หรือ Venturi Meter ขึ้นอยู่กับการพิจารณาความสูญเสียพลังงานและต้นทุนในการติดตั้งเป็นหลัก

7 | ชั้น

กิจกรรมที่ 7 นำไปใช้ ถ่ายโอนความคิด นำความรู้ไปใช้ (Extend)

หน่วยที่ 1	การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)			คะแนนที่ได้
กิจกรรมที่ 7	นำไปใช้ ถ่ายโอนความคิด	เวลา 20 นาที	คะแนนเต็ม 15	

ตอนที่ 1

1. เลขานุการของกลุ่มแต่ละกลุ่มเก็บรวบรวมแบบกิจกรรมทั้งหมดนำเสนอส่งครูผู้สอน
2. ให้นักศึกษาตอบคำถามเกี่ยวกับการทดลองการวัดอัตราการไหล

คำชี้แจง : จงตอบคำถามเกี่ยวกับการทดลองมาตรวัดเวนจูรี (Venturi Meter) โดยทำเครื่องหมาย ✓
ลงในช่องว่างหน้าข้อความให้เหมาะสมและถูกต้องที่สุด (5 คะแนน)

1. การใช้ Venturi Meter เพื่อวัดอัตราการไหลมีข้อดีหลักในเรื่องใดเป็นพิเศษ	
☐	ความแม่นยำสูง
☐	ราคาอุปกรณ์ต่ำ
2. มาตรวัดชนิดใดเหมาะสมที่สุดสำหรับวัดอัตราการไหลของน้ำมันในระบบขนาดเล็กที่สามารถรับแรงดันได้	
☐	Venturi Meter
☐	Orifice Meter
3. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับ Orifice Meter เมื่อเทียบกับ Venturi Meter	
☐	มีการสูญเสียพลังงานน้อยกว่า
☐	มีต้นทุนการติดตั้งต่ำกว่า
4. การใช้ Venturi Meter หรือ Orifice Meter ควรติดตั้งในลักษณะใดเพื่อให้ได้ข้อมูลแม่นยำ	
☐	ควรติดตั้งในท่อที่มีการไหลอย่างสมบูรณ์
☐	ควรติดตั้งในท่อที่มีอัตราการไหลต่ำ
5. มาตรวัดชนิดใดให้ความแม่นยำสูงกว่าเมื่อต้องการวัดอัตราการไหลในท่อที่มีขนาดใหญ่	
☐	Orifice Meter
☐	Venturi Meter

ตอนที่ 2

คำชี้แจง : จงเลือกคำตอบเกี่ยวกับสถานการณ์ในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหามาตรวัดอัตราการไหล โดยทำเครื่องหมาย ✓ ในข้อความที่ถูกต้องมากที่สุด (5 คะแนน)

- หากความดันที่ตำแหน่ง Throat ของ Venturi Meter ต่ำกว่าค่าที่คาดการณ์ไว้มาก มีปัญหาใดที่เป็นไปได้ในกระบวนการวัด
 - ☐ A. การอุดตันใน Throat
 - ☐ B. ท่อที่แตกหรือรั่ว
- หากต้องการเพิ่มความแม่นยำในการวัดของ Venturi Meter ควรเลือกใช้ของไหลชนิดใด
 - ☐ A. ของไหลที่มีค่าความหนืดสูง
 - ☐ B. ของไหลที่เป็นของเหลวที่มีการไหลอย่างสม่ำเสมอ
- หากค่าความดันก่อนและหลัง Orifice มีความแตกต่างกันน้อยมาก จะส่งผลอย่างไรต่อค่าอัตราการไหลที่วัดได้
 - ☐ A. ค่าอัตราการไหลจะต่ำ
 - ☐ B. ไม่มีผลกระทบต่อค่าอัตราการไหล
- หากต้องการตรวจสอบประสิทธิภาพของ Orifice Meter ให้แม่นยำมากที่สุด ควรทำการบำรุงรักษาในด้านใดบ้าง
 - ☐ A. ตรวจสอบความเร็วการไหลทุก 6 เดือน
 - ☐ B. ตรวจสอบแผ่น Orifice และทำความสะอาดสิ่งอุดตันอย่างสม่ำเสมอ
- เมื่อพบฟองอากาศในท่อที่ใช้ Orifice Meter สิ่งใดที่อาจเกิดขึ้นกับการวัดอัตราการไหล
 - ☐ A. การวัดอัตราการไหลอาจไม่เสถียร
 - ☐ B. อัตราการไหลสูงเกินจริง

ตอนที่ 3

คำชี้แจง : จงเลือกคำตอบเกี่ยวกับเวนจูรี (Venturi Meter) โดยทำเครื่องหมาย ✓ ในข้อความที่ถูกต้องมากที่สุด (5 คะแนน)

ข้อ 1 อุปกรณ์ใดที่ใช้หลักการของ Venturi Meter มาใช้กับเครื่องยนต์

		
☐ เทอร์โบชาร์จเจอร์	☐ คาร์บูเรเตอร์ (Carburetor)	☐ ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง

ข้อ 2 อุปกรณ์ใดที่ใช้หลักการของ Venturi Meter มาใช้ในทางการเกษตร

		
☐ เครื่องสูบน้ำ	☐ วาล์วดูดผสมปุ๋ย	☐ เครื่องตัดหญ้า

ข้อ 3 อุปกรณ์ใดที่ใช้หลักการของ Venturi Meter มาใช้กับระบบนิวแมติกส์

		
☐ อุปกรณ์ส่งจ่ายน้ำมันหล่อลื่น (Lubricator)	☐ กระบอกสูบสองทาง	☐ อุปกรณ์กรองลมตกน้ำ

ข้อ 4 อุปกรณ์ใดที่ใช้หลักการของ Venturi Meter มาใช้งานเกี่ยวกับรถยนต์

		
☐ กากพ่นสีรถยนต์	☐ ถังเติมน้ำมันเกียร์	☐ กระบอกอัดจารบี

ข้อ 5 อุปกรณ์ใดที่ใช้หลักการของ Venturi Meter มาใช้งานทั่วไปในบ้าน

		
☐ เตารีดไอน้ำ	☐ เครื่องปรับอากาศ	☐ กระบอกฉีดยุง

แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ 1

ประเมินผลหลังการจัดการเรียนรู้

หน่วยที่ 1 การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)				คะแนนที่ได้
กิจกรรม	ทดสอบหลังเรียน (Post Test)	เวลา 10 นาที	คะแนนเต็ม 10	

คำชี้แจง

- ข้อสอบมีจำนวน 10 ข้อ เป็นข้อสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก
- ให้นักศึกษาเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดแล้วทำเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบ
- กรณีทำข้อสอบ Post Test On-Line ผ่าน Google Form ให้นักศึกษา Scan QR Code

- สมการใดต่อไปนี้ที่ใช้ในการคำนวณหาอัตราการไหลของ Orifice Meter

ก. $Q = \frac{C_o A_o}{\sqrt{1 - (D_2/D_1)^4}} \cdot \sqrt{2g\Delta h}$

ข. $Q = A_2 \cdot \sqrt{\frac{2g\Delta h}{\frac{D_1^4}{D_2^4} - 1}}$

ค. $Q = k\sqrt{\Delta h}$

ง. $Q = A \times V$

- มาตรวัดเวนจูร์อาศัยหลักการใดในการวัดอัตราการไหล

- หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของของไหล
- หลักการเบอร์นูลลีแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความดัน
- หลักการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของของไหล
- หลักการวัดแรงบิดที่เกิดจากการไหลของของไหล

- การทำงานของพื้นฐานของเวนจูร์ในการวัดอัตราการไหลเกี่ยวข้องกับหลักการใด

- เมื่อของไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่แคบลง ความเร็วจะเพิ่มขึ้นและความดันจะลดลง
- เมื่อของไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่แคบลง ความเร็วจะลดลงและความดันจะลดลง
- เมื่อของไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่แคบลง ความเร็วจะเพิ่มขึ้นและความดันจะเพิ่มขึ้น
- เมื่อของไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่แคบลง ความเร็วจะลดลงและความดันจะเพิ่มขึ้น

4. วัตถุประสงค์หลักของการทดลองการวัดอัตราการไหลโดยใช้มาตรวัดเวนจูร์และออริฟิสคือข้อใด
 - ก. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับความเร็วของของไหลตามหลักการเบอร์นูลลี
 - ข. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของของไหลเมื่อผ่านอุปกรณ์วัด
 - ค. เพื่อศึกษาผลของความหนืดต่ออัตราการไหลของของไหล
 - ง. เพื่อศึกษาการเกิดการไหลแบบปั่นป่วนในท่อ

5. หลักการทำงานของมาตรวัดออริฟิสคือข้อใด
 - ก. วัดอัตราการไหลผ่านรูเล็ก ๆ โดยวัดความแตกต่างของความดัน
 - ข. วัดอัตราการไหลโดยการวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป
 - ค. วัดอัตราการไหลโดยการวัดการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของของไหล
 - ง. วัดอัตราการไหลโดยการวัดแรงบิดที่เกิดขึ้นเมื่อของไหลกระทบกับแผ่นออริฟิส

6. เมื่อเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูที่คอคอด (orifice) ในเครื่องวัดอัตราการไหลแบบออริฟิส (Orifice Meter) โดยที่อัตราการไหลของของไหลคงที่ จะส่งผลต่อความเร็วของของไหลที่ไหลผ่านรูออริฟิสอย่างไร
 - ก. ความเร็วของของไหลที่ไหลผ่านรูออริฟิสเพิ่มขึ้น
 - ข. ความเร็วของของไหลที่ไหลผ่านรูออริฟิสลดลง
 - ค. ความเร็วของของไหลที่ไหลผ่านรูออริฟิสไม่เปลี่ยนแปลง
 - ง. ความเร็วของของไหลที่ไหลผ่านรูออริฟิสแปรผันตามความหนาแน่นของของไหล

7. การเลือกใช้ Venturi Meter เหมาะสมสำหรับการวัดอัตราการไหลในกรณีใดมากที่สุด
 - ก. ของไหลที่มีค่าความหนืดสูง
 - ข. ของไหลที่มีความหนาแน่นต่ำ
 - ค. ของไหลที่มีอัตราการไหลสูงและต้องการความแม่นยำ
 - ง. ของไหลที่มีอัตราการไหลต่ำ

8. เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การไหล (Discharge Coefficient) ระหว่างมาตรวัดออริฟิสและมาตรวัดเวนจูร์ ข้อใดถูกต้อง
 - ก. มาตรวัดทั้งสองมีค่าสัมประสิทธิ์การไหลเท่ากันเสมอ
 - ข. มาตรวัดเวนจูร์มีค่าสัมประสิทธิ์การไหลต่ำกว่ามาตรวัดออริฟิส
 - ค. มาตรวัดเวนจูร์มีค่าสัมประสิทธิ์การไหลสูงกว่ามาตรวัดออริฟิส
 - ง. ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของทั้งสองมาตรวัดไม่ขึ้นอยู่กับลักษณะการออกแบบ

9. น้ำไหลผ่าน Venturi Meter มีค่าความดันแตกต่าง $\Delta h = 0.15$ m เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อส่วนกว้าง $D_1 = 0.025$ m เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อส่วนแคบ $D_2 = 0.012$ m กำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์การไหล $C_v = 0.95$ และความหนาแน่นของน้ำ $\rho = 1000$ kg/m³ จงคำนวณหาอัตราการไหล (Q) มีค่าเท่าไร

- ก. 0.007 m³/s
- ข. 0.009 m³/s
- ค. 0.011 m³/s
- ง. 0.013 m³/s

10. ข้อใดเป็นความแตกต่างหลักระหว่างมาตรวัดเวนจูรีและมาตรวัดออริฟิส

- ก. มาตรวัดออริฟิสมีการสูญเสียพลังงานน้อยกว่ามาตรวัดเวนจูรี
- ข. มาตรวัดเวนจูรีใช้หลักการวัดความดันแตกต่าง ส่วนมาตรวัดออริฟิสใช้หลักการวัดความเร็ว
- ค. มาตรวัดออริฟิสมีความแม่นยำสูงกว่ามาตรวัดเวนจูรีเสมอ
- ง. มาตรวัดเวนจูรีมีการสูญเสียความดันน้อยกว่ามาตรวัดออริฟิส



กระดาษคำตอบ
หลังเรียน



วิชา งานทดลองเครื่องกล รหัสวิชา 30101-2007		คะแนนเต็ม 10		
เรื่อง กลศาสตร์ของไหล		คะแนนที่ได้		
หน่วยที่ 1 การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)				
ชื่อ-นามสกุล				
ระดับ ปวส. กลุ่ม.....				
คำสั่ง : ให้นักศึกษาเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดแล้วทำเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบ				
ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
เกณฑ์การประเมิน ได้ไม่น้อยกว่า 8 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80			ผลการประเมิน	
☐ 8 - 10 คะแนน ระดับ 3 ดี ☐ 5 - 7 คะแนน ระดับ 2 พอใช้ ☐ 0 - 4 คะแนน ระดับ 1 ปรับปรุง			☐ ไม่ผ่าน	☐ ผ่าน

แบบสรุปกิจกรรมแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น

เรื่อง กลศาสตร์ของไหล

หน่วยที่ 1 การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)

คำชี้แจง : 1. ให้นักศึกษานำบันทึกคะแนนลงในช่องคะแนนหลังจากทำกิจกรรมครบทุกกิจกรรม

กิจกรรม	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
กิจกรรมที่ 1 ทบทวน ขวนจำ	30	
กิจกรรมที่ 2 สนใจ ใฝ่เรียน	20	
กิจกรรมที่ 3 สืบค้น ทดลอง	72	
กิจกรรมที่ 4 สรุปได้ อธิบายเป็น	25	
กิจกรรมที่ 5 เพิ่มเติม เสริมความรู้	20	
กิจกรรมที่ 6 ประเมินผล ค้นคว้างาน	25	
กิจกรรมที่ 7 นำไปใช้ ถ่ายโอนความคิด	15	
รวมคะแนน	207	

ร้อยละของคะแนน = (คะแนนที่ได้/คะแนนเต็ม) $\times$ 100 =

ระดับคุณภาพ

- ☐ 166-207 = ระดับคุณภาพ ดี (ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80)
- ☐ 125-165 = ระดับคุณภาพ พอใช้ (ร้อยละ 60 -79)
- ☐ 0-124 = ระดับคุณภาพ ปรับปรุง (ต่ำกว่าร้อยละ 60)

เกณฑ์การประเมินผลกิจกรรม 1-7

- ☐ ผ่าน = ได้คะแนนรวมไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของคะแนนรวมทั้งหมด
- ☐ ไม่ผ่าน = ได้คะแนนรวมต่ำกว่าร้อยละ 80 ของคะแนนรวมทั้งหมด

คำชี้แจง : 2. ให้นักศึกษานับที่คะแนนลงในช่องคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

กิจกรรม	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
ทดสอบก่อนเรียน	10	
ทดสอบหลังเรียน	10	

ร้อยละคะแนนทดสอบหลังเรียน = (คะแนนทดสอบหลังเรียนที่ได้/คะแนนทดสอบหลังเรียนเต็ม) $\times$ 100

=

ระดับคุณภาพ

- ☐ 8-10 = ระดับคุณภาพ ดี (ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80)
- ☐ 6-7 = ระดับคุณภาพ พอใช้ (ร้อยละ 60 -79)
- ☐ 0-5 = ระดับคุณภาพ ปรับปรุง (ต่ำกว่าร้อยละ 60)

เกณฑ์การประเมินการทดสอบหลังเรียน

- ☐ ผ่าน = ได้คะแนนทดสอบหลังเรียนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของคะแนนรวมทั้งหมด
- ☐ ไม่ผ่าน = ได้คะแนนทดสอบหลังเรียนต่ำกว่าร้อยละ 80 ของคะแนนรวมทั้งหมด

หมายเหตุ

1. นักศึกษาต้องผ่านเกณฑ์การประเมินกิจกรรม 1-7 และแบบทดสอบหลังเรียน ต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80
2. กรณีนักศึกษาไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินให้ติดต่อครูผู้สอน เพื่อเรียนซ่อมเสริม หรือมอบหมายงานเพิ่มเติม



WEB GUIDE

ชุดกิจกรรมที่ 3 กลศาสตร์ของไหล

หน่วยที่ 1 การวัดอัตราการไหล (Flow Measurement)

อ้างอิงจาก <https://roswell.weedman.com/blog/water-fertilize-this-summer>

อ้างอิงจาก https://www.youtube.com/watch?v=eKEorBipbO8&ab_channel

อ้างอิงจาก <https://extrudesign.com/venturimeter-parts-working-principle-discharge-equation-venturi-effect/>

อ้างอิงจาก https://www.youtube.com/watch?v=JLqusu2ZzqU&ab_channel=BoonjaDIY

อ้างอิงจาก https://www.youtube.com/watch?v=YiWsnR_UP3A&ab_channel=Sanchai

อ้างอิงจาก https://bstudy.net/702395/tehnika/rashodomery_peremennogo_perepada_davleniya

อ้างอิงจาก http://www.thailandindustry.com/indust_newweb/articles_preview.php?cid=19114

หน่วยที่ 2 เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal Pump)

อ้างอิงจาก <https://www.youtube.com/watch?v=WvKltg1NoHw>

อ้างอิงจาก https://9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article_id=461

อ้างอิงจาก <http://somsak.me.engr.tu.ac.th/download/Centrifugal%20Pump.pdf>

อ้างอิงจาก <https://irre.ku.ac.th/books/pdf/19.pdf>

อ้างอิงจาก <https://water-pump.co//centrifugal-pump/>

อ้างอิงจาก <https://www.nakornluanglohapahan.com/article/8>

อ้างอิงจาก <https://pantip.com/topic/39707381>

หน่วยที่ 3 อากาศพลศาสตร์ของยานยนต์ (Vehicle Aerodynamics)

อ้างอิงจาก https://www.youtube.com/watch?v=_gSf0Oko7qg&ab_channel

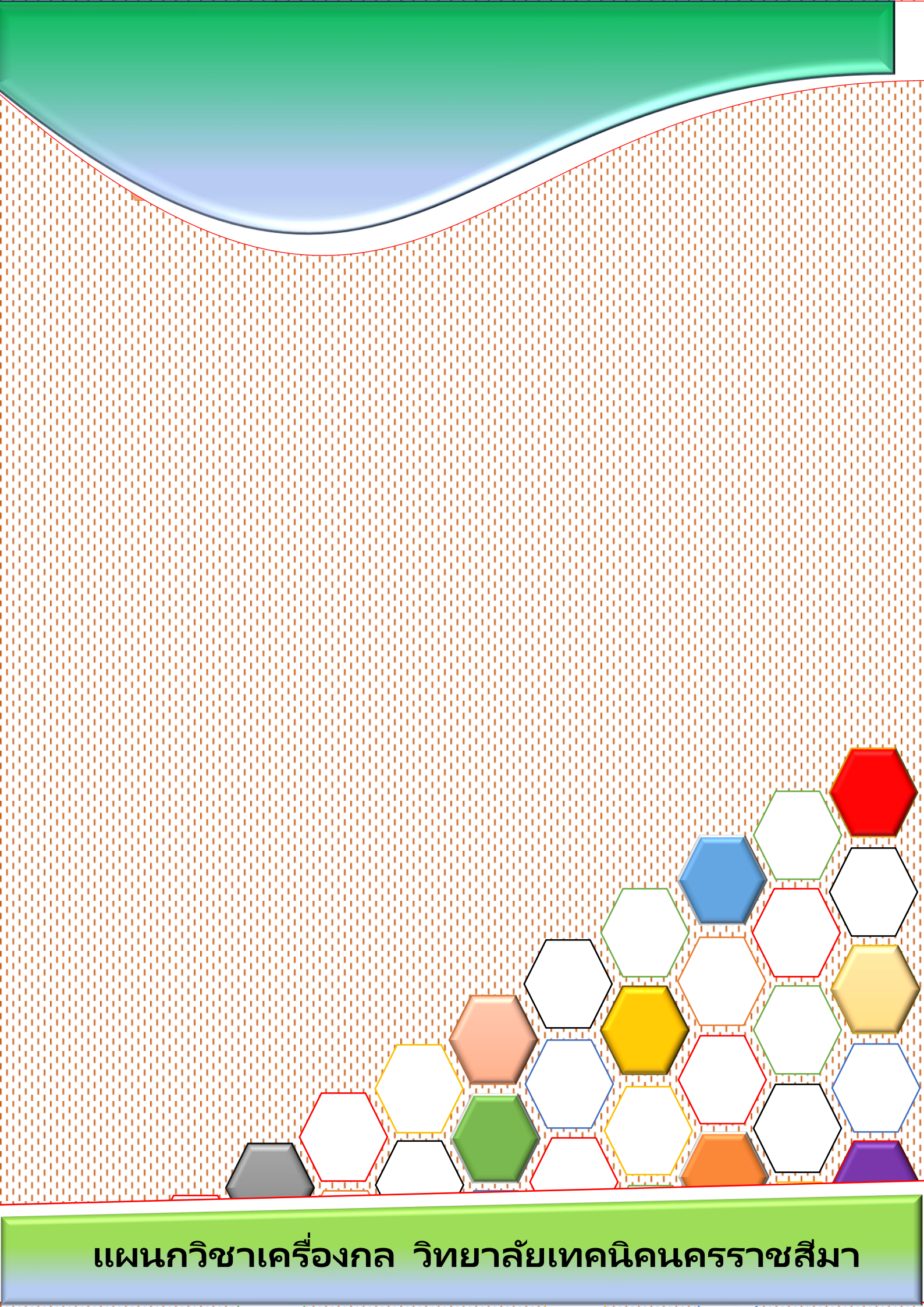
อ้างอิงจาก <https://www.brisbanehotairballooning.com.au/how-hot-air-balloons-fly/air-density-table-175/>

อ้างอิงจาก https://www.youtube.com/watch?v=XN0MVpsH_MM&ab_channel=CarofKnow

อ้างอิงจาก <https://news.racingweb.site/race-car-aerodynamics/>

บรรณานุกรม

- ชนบ เพชรซ้อน.งานทดลองเครื่องกล.กรุงเทพฯ,2558
- มนตรี พิรุณเกษตร. (2547). กลศาสตร์ของไหล. กรุงเทพมหานคร: วิทย์พัฒน์.
- รามจิตติ ฤทธิศร.งานทดลองเครื่องกล.กรุงเทพฯ,2558
- วีระศักดิ์ มะโนน้อม. (2547). กลศาสตร์ของไหล. กรุงเทพมหานคร: เอ็มพันธ์.
- สมนึก มังกะสะ.งานทดลองเครื่องกล.กรุงเทพฯ,2558
- สมศักดิ์ ไชยะภินันท์. (2552). กลศาสตร์ของไหล. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุนทร สุทธิบาก.(2558). กลศาสตร์ของไหล (Fluid Mechanics) . อุดรธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
- Bruce, R. M. , Donald, F. Y. , & Theodore, H. O. (2002). Fundamentals of Fluid Mechanics (4th ed). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Clayton, T. C. , Donald, F. E. , Barbara, C. W. , & John, A. R. (2010). Engineering Fluid Mechanics (9th ed). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Donald, F. Y. , Bruce, R. M. , Theodore, H. O. , & Wade, W. H. (2012). Introduction to Fluid Mechanics (5th ed). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Fox, R. W. , & McDonald, A. T. (1992). Introduction to Fluid Mechanics (3rd ed). New York: John Wiley & Sons.
- Nakayama, Y. , & Boucher, F. (1999). Introduction to Fluid Mechanic. London: Butterworth-Heinemann.
- Oteh, U. (2008). Mechanics of Fluids. Indiana: Author House.
- Pijush, K. K. , & Ira, M. C. (2010). Fluid Mechanics (4th ed). San Diego: Academic Press.
- Robert, W. F. , Alan, T. M. , Philip, J. P. , & John, C. L. (2012). Fluid Mechanics (8th ed). New Jersey: John Wiley & Sons.
- William, S. J. (1993). Introduction to Fluid Mechanics (3rd ed). Boston: PWS.



แผนกวิชาเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา