



แผนการเรียนรู้

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
สาขาวิชาช่างยนต์ กลุ่มอาชีพเครื่องกลและยานยนต์ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม
รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ วิชากลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล
ภาคเรียนที่ ๒ ปีการศึกษา ๒๕๖๔

จัดทำโดย
นายเมธา สวนดอกไม้
แผนกวิชาเครื่องกล

วิทยาลัยการเทคนิคบ้านค่าย
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

แผนการจัดการเรียนรู้ วิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ท-ป-น ๓-๐-๓ นี้ มุ่งเน้นสมรรถนะและบูรณาการหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นคู่มือประกอบการเรียน การสอนในรายวิชาเพื่อพัฒนาผู้เรียนเป็นสำคัญ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช ๒๕๖๗ สำนักงานคณะกรรมการ การอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการการจัดทำได้มีการพัฒนาเพื่อให้เหมาะสมกับผู้เรียน โดยแบ่งเนื้อหา ออกเป็น ๗ หน่วย การเรียนรู้ ประกอบด้วย

- ๑) คุณสมบัติของการไหล
- ๒) ความหนืด
- ๓) การสมดุลของของไหลที่อยู่นิ่ง
- ๔) แรงที่กระทำกับวัตถุที่จม
- ๕) แรงพยุงและแรงลอยตัว
- ๖) สมการการไหลสม่ำเสมอ
- ๗) การวัดอัตราการไหล

พร้อมทั้ง แบบฝึกหัด ใบงาน แบบทดสอบพร้อมเฉลย และสื่อการเรียนการสอนต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึก ทักษะ ในสถานการณ์ต่าง ๆ มีทักษะการคิดและแก้ปัญหา และบูรณาการกับการทำงานตามสาขาอาชีพต่าง ๆ ต่อไป

ผู้จัดทำหวังว่าแผนการจัดการเรียนรู้เล่มนี้คงจะเป็นแนวทางและเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน และผู้สนใจทั่วไป หากมี ข้อเสนอแนะประการใด ผู้จัดทำยินดีน้อมรับไว้เพื่อปรับปรุงในโอกาสต่อไป

ผู้จัดทำ

นายเมธา สวนดอกไม้

คำนำ

สารบัญ

ลักษณะรายวิชา

มาตรฐานอาชีพ (ถ้ามี)

หน่วยการเรียนรู้

การวางแผนการจัดการเรียนรู้

หน่วยที่ ๑ งานคุณสมบัติของการไหล

แผนการจัดการเรียนรู้

๑๒

ใบความรู้

๑๘

ใบงาน

๒๑

หน่วยที่ ๒ งานความหนืด

แผนการจัดการเรียนรู้

๒๒

ใบความรู้

๒๕

ใบงาน

๓๑

หน่วยที่ ๓ งานการสมดุลของของไหลที่อยู่นิ่ง

แผนการจัดการเรียนรู้

๓๓

ใบความรู้

๓๕

ใบงาน

๔๒

หน่วยที่ ๔ แรงที่กระทำกับวัตถุที่จม

แผนการจัดการเรียนรู้

๔๔

ใบความรู้

๔๖

ใบงาน

๕๑

หน่วยที่ ๕ แรงพยุงและแรงลอยตัว

แผนการจัดการเรียนรู้

๕๓

ใบความรู้

๕๕

ใบงาน

๕๙

หน่วยที่ ๖ สมการการไหลสม่ำเสมอ

แผนการจัดการเรียนรู้

๖๑

ใบความรู้

๖๓

ใบงาน

๗๔

หน่วยที่ ๗ การวัดอัตราการไหล

แผนการจัดการเรียนรู้

๗๖

ใบความรู้

๗๘

ใบงาน

๘๘

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

หลักสูตรรายวิชา
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ.
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพ เครื่องกลและยานยนต์ สาขาวิชา ยานยนต์
รหัส ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล
ทฤษฎี ๓ ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ ๐ ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน ๓ หน่วยกิต

อ้างอิงมาตรฐาน

-

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

๑. เข้าใจหลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหล
๒. สามารถวิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล
๓. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการสืบค้นความรู้ และใช้เหตุผลของกลศาสตร์ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับของไหล มีความตระหนักถึงประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน
๔. สามารถประยุกต์ใช้หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล

สมรรถนะรายวิชา

๑. ประมวลความรู้เกี่ยวกับหลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหล
๒. วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล
๓. ประยุกต์ใช้สถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของของไหล การสมดุลของของไหลที่อยู่นิ่ง สถิตยศาสตร์ของไหล การหาแรง กระทำกับวัตถุที่จม แรงพยุงและแรงลอยตัว พลศาสตร์ของไหล การไหลในท่อ สมการความต่อเนื่อง สมการโมเมนตัม สมการพลังงาน และการวัดค่าของไหลและการประยุกต์ใช้งานด้านเครื่องกล

อ้างอิงมาตรฐาน

-

กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	
งานหลัก	งานย่อย
๑.งานคุณสมบัติของของไหล	๑. งานความหนาแน่นของของไหล
	๒. งานน้ำหนักจำเพาะของของไหล
	๓. งานปริมาตรจำเพาะของของไหล
	๔. งานความ
	ถ่วงจำเพาะของของไหล
	๕. งานสภาวะของก๊าซอุดมคติ
	๖. งานความหนืด
	๗. งานความตึงผิว
๒.งานของไหลสถิต	๑.งานความดันในของไหล
	๒.งานแรงกระทำของของไหลบนพื้นที่ผิวเรียบ
	๓.งานแรงกระทำของของไหลบนพื้นที่ผิวโค้ง
	๔.งานสมดุลทางการลอยตัวของวัตถุ
๓.งานของไหลเคลื่อนที่	๑.งานจำแนกชนิดของการไหลของของไหล
	๒.งานหาค่าอัตราการไหลของของไหล
	๓.งานการไหลต่อเนื่อง
	๔.งานพลังงานการไหลของของไหล
๔.งานแรงและโมเมนต์ในของไหล	๑.งานหาแรงที่กระทำบนแผ่นราบที่จมอยู่ ภายใต้ของเหลว
	๒.แรงที่กระทำบน แผ่นโค้งที่จมอยู่ ภายใต้ของเหลว
๕.งานการไหลในท่อของของไหล	๑. งานวิเคราะห์เลขเรย์โนลด์ นัมเบอร์
	๒. งานสูญเสียพลังงานเนื่องจากการไหล
	๓. งานวัดอัตราการไหล

ตารางวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา(Job) กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล (๓๐๑๐๑-๒๐๐๑)				
งานหลัก (Duty)	งานย่อย (Task)	สมรรถนะย่อย (มาตรฐานอาชีพ)	ความรู้ ในการปฏิบัติงาน	ทักษะ ในการปฏิบัติงาน
งานหลัก ๑ งานคุณสมบัติ ของของไหล	๑. งานความหนาแน่น ของของไหล ๒. งานน้ำหนักจำเพาะ ของของไหล ๓. งานปริมาตรจำเพาะ ของของไหล ๔. งานความ ถ่วงจำเพาะของของไหล ๕. งานสภาวะของก๊าซ อุดมคติ ๖. งานความหนืด ๗. งานความตึงผิว		๑. ระบบหน่วยที่ใช้ใน กลศาสตร์ของไหล ๒. ประเภทของของ ไหล ๓. การคำนวณ คุณสมบัติของของไหล	๑. วิเคราะห์ คุณสมบัติของการ ไหล ๒. เลือกใช้ระบบ หน่วยของ คุณสมบัติ ของของไหล ๓. คำนวณหาค่า คุณสมบัติของ ของไหล
งานหลัก ๒ งานของไหลสถิต	๑.งานความดันในของ ไหล ๒.งานแรงกระทำของ ของไหลบนพื้นที่ผิวเรียบ ๓.งานแรงกระทำของ ของไหลบนพื้นที่ผิวโค้ง ๔.งานสมดุลทางการ ลอยตัวของวัตถุ		๑.พื้นฐานความดัน ๒.แรงดันบนผิวเรียบ ๓.แรงดันของไหลบน โครงสร้างโค้ง ๔.ความสมดุลของวัตถุ	๑. คำนวณความ ดันในของไหล ๒.คำนวณแรงบน พื้นผิวเรียบ ๓.คำนวณแรงบน พื้นผิวโค้ง ๔.วิเคราะห์สมดุล การลอยตัว
งานหลัก ๓ งานของไหล เคลื่อนที่	๑.งานจำแนกชนิดของ การไหลของของไหล ๒.งานหาค่าอัตราการ ไหลของของไหล ๓.งานการไหลต่อเนื่อง ๔.งานพลังการไหลของ ของไหล		๑.ชนิดของการไหล ๒.พลังงาน ๓.กฎของ Bernoulli	๑.อธิบายชนิดการ ไหลแบบ Laminar และ Turbulent Flow ๒.คำนวณอัตราการ ไหลและสมการ ต่อเนื่อง ๓.อธิบายกฎของ Bernoulli

งานหลัก ๔ งานแรงและ โมเมนต์ในของ ไหล	๑.งานหาแรงที่กระทำ บนแผ่นราบที่จมอยู่ ภายใต้ ของเหลว ๒.แรงที่กระทำบน แผ่น โค้งที่จมอยู่ภายใต้ ของเหลว		๑.แรงที่กระทำบน แผ่นราบที่จมอยู่ ภายใต้ ของเหลว ๒.การหาตำแหน่งที่ แรงกระทำ ๓.แรงที่กระทำบน แผ่นโค้งที่จมอยู่ ภายใต้ ของเหลว	๑.อธิบายหลักการ ของแรง กระทำ กับแผ่นราบที่จม อยู่ ภายใต้ ของเหลว ได้ ถูกต้อง ๒.อธิบายหลักการ หาตำแหน่งที่แรง กระทำใน แผ่น ราบที่จมอยู่ภายใต้ ของเหลวได้ถูกต้อง ๓.คำนวณหาแรงที่ กระทำ กับแผ่น ราบได้ถูกต้อง ๔.คำนวณหา ตำแหน่งที่แรง กระทำกับแผ่นราบ ได้ ถูกต้อง ๕.คำนวณหาแรงที่ กระทำกับแผ่นโค้ง ที่จมอยู่ภายใต้ ของเหลวได้ถูกต้อง
งานหลัก ๕ งานการไหลใน ท่อของของไหล	๑. งานวิเคราะห์เลขเรย์ โนลด์ นัมเบอร์ ๒. งานสูญเสียพลังงาน เนื่องจากการไหล ๓. งานวัดอัตราการไหล		๑.ชนิดของการไหล ๒.ลักษณะท่อ ๓.มาตรวัดอัตราการ ไหลของของไหล	๑.ทดสอบอัตราการ ไหลแบบ Venturi Meter ๒.ทดสอบอัตราการ ไหลแบบ Orifice Plate ๓.ทดสอบอัตราการ ไหลแบบ Flow Nozzle

ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้

รหัส ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล
 ทฤษฎี ๓ ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ ๐ ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน ๓ หน่วยกิต

หน่วยการเรียนรู้	ความสามารถที่คาดหวัง									รวม	จำนวน ชั่วโมง ท/ป
	พุทธิพิสัย						ทักษะ พิสัย	จิต พิสัย	ประยุกต์ ใช้		
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การประเมิน	การสร้างสรรค์					
๑.งานคุณสมบัติของของไหล	๓	๓	๓	๒	-	-	๓	๑	๑	๑๖	๖/๐
๒.งานของไหลสถิต	๓	๓	๓	๒	-	-	๓	๑	๑	๑๖	๙/๐
๓.งานของไหลเคลื่อนที่	๓	๓	๒	๒	-	-	๓	๒	๑	๑๖	๙/๐
๔.งานแรงและโมเมนต์ในของไหล	๓	๓	๒	๓	-	-	๓	๑	๑	๑๖	๙/๐
๕.งานการไหลในท่อของของไหล	๓	๓	๓	๒	-	-	๓	๑	๑	๑๖	๑๒/๐
รวม										๘๐	๔๕/๐
ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา . สามารถประมวลความรู้เกี่ยวกับหลักสถิติศาสตร์ และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล										๒๐	๔๕
รวมทั้งรายวิชา										๑๐๐	๔๕

หน่วยการเรียนรู้

รหัส ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล
 ทฤษฎี ๓ ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ ๐ ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน ๓ หน่วยกิต

หน่วย ที่	หน่วยการเรียนรู้	เวลาเรียน (ชม.)		
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
๑	งานคุณสมบัติของของไหล - งานความหนาแน่นของของไหล - งานน้ำหนักจำเพาะของของไหล - งานปริมาตรจำเพาะของของไหล - งานความถ่วงจำเพาะของของไหล - งานสภาวะของก๊าซอุดมคติ - งานความหนืด - งานความตึงผิว	๖	๐	๖
๒	งานของไหลสถิต - งานความดันในของไหล - งานแรงกระทำของของไหลบนพื้นที่ผิวเรียบ - งานแรงกระทำของของไหลบนพื้นที่ผิวโค้ง - งานสมดุลทางการลอยตัวของวัตถุ	๙	๐	๙
๓	งานของไหลเคลื่อนที่ - งานจำแนกชนิดของการไหลของของไหล - งานหาค่าอัตราการไหลของของไหล - งานการไหลต่อเนื่อง - งานพลังงานการไหลของของไหล	๙	๐	๙
๔	งานแรงและโมเมนต์ในของไหล - งานหาแรงที่กระทำบนแผ่นราบที่จมอยู่ ภายใต้ ของเหลว - งานแรงที่กระทำบน แผ่นโค้งที่จมอยู่ ภายใต้ ของเหลว	๙	๐	๙
๕	งานการไหลในท่อของของไหล - งานวิเคราะห์เลขเรย์โนลด์ นัมเบอร์ - งานสูญเสียพลังงานเนื่องจากการไหล - งานวัดอัตราการไหล	๑๒	๐	๑๒
	ประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา สามารถประมวลความรู้เกี่ยวกับ หลักสถิตศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล			
รวม		๔๕	๐	๔๕

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ ๑	หน่วยที่ ๑
	รหัส ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๑-๒
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานคุณสมบัติของของไหล	ทฤษฎี ๖ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง งานคุณสมบัติของของไหล		

๑.ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒.อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓.สมรรถนะประจำหน่วย

๓.๑. แสดงความรู้เบื้องต้นของคุณสมบัติของการไหล

๔.จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้)

๔.๑ อธิบายคำจำกัดความของคุณสมบัติต่างๆ ของการไหลให้ถูกต้อง

๔.๒ บอกหน่วยที่ใช้ในจำกัดความของคุณสมบัติต่างๆ ของของไหลได้ถูกต้อง

๔.๓ คำนวณหาค่าคุณสมบัติต่างๆ ของของไหลได้ถูกต้อง

๕.สาระการเรียนรู้

๑. งานความหนาแน่นของของไหล

๒. งานน้ำหนักจำเพาะของของไหล

๓. งานปริมาตรจำเพาะของของไหล

๔. งานความถ่วงจำเพาะของของไหล

๕. งานสภาวะของก๊าซอุดมคติ

๖. งานความหนืด

๗. งานความตึงผิว

๖.กิจกรรมการเรียนรู้

๖.๑ การนำเข้าสู่บทเรียน

๑. นำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้คำถามนำเข้า เช่น

- ของไหลที่ยุบตัวความดันแตกต่างกับของไหลที่ไม่ยุบตัวตามความดันอย่างไร
- อองศาเอพ็ไธหมายถึงอะไร

๒. ผู้เรียนอธิบายเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างของไหลที่ยุบตัวความดันกับของไหลที่ไม่ยุบตัวตามความดัน คือ ของไหลที่ยุบตัวความดัน เป็นของไหลชนิดที่เมื่อความดันเปลี่ยนแปลง ปริมาตรของของไหลเปลี่ยนแปลงมาก และค่าความหนาแน่นเปลี่ยนแปลงมาก ส่วนของไหลที่ไม่ยุบตัวตามความดัน เป็นของไหลชนิดที่เมื่อความดันเปลี่ยนแปลง ปริมาตรของของไหลเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และค่าความหนาแน่นคงที่หรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

๖.๒ การเรียนรู้

๓.ครูผู้สอนเข้าเนื้อหา เรื่อง แรงลอยตัวและเสถียรภาพการลอยตัวของวัตถุโดยใช้วิธีถาม-ตอบ กอปรกับการใช้สื่อ Power Point และ หนังสือเรียน วิชากลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล

๔.ครูผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์ การศึกษาวิชากลศาสตร์ของไหล การทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานและคุณสมบัติของ ของไหลถือเป็นรากฐานที่สำคัญที่ผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจให้ถ่องแท้เสียก่อนซึ่งจะทำให้สามารถพัฒนา ความรู้ในเนื้อหาที่มีความยุ่งยากและสลับซับซ้อนมากยิ่งขึ้นในลำดับต่อไปโดยหลักการพื้นฐาน และคุณสมบัติของของไหล

๕.ผู้เรียนทำแบบทดสอบกิจกรรมที่ ๑ และใบงานที่ ๑

๖.ครูผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์แบบทดสอบ

๖.๓ การสรุป

๑.สรุปบทเรียนส่วนที่เป็นสาระสำคัญ

๖.๔ การวัดและประเมินผล

๑.สังเกตพฤติกรรมรายบุคคล

๒.กิจกรรมที่ ๑

๓.ใบงานที่ ๑

๔.แบบประเมินผลการปฏิบัติงานและแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม

๗.สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๗.๑ หนังสือประกอบการเรียน วิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล

๗.๒ สื่อประกอบการเรียน เช่น VDO, PowerPoint, YouTube

๘.หลักฐานการเรียนรู้

๘.๑ แผนการจัดการเรียนรู้

๘.๒ ใบความรู้ ใบปฏิบัติงาน

๘.๓ แบบประเมินและแบบสังเกตต่าง ๆ

๘.๔ บันทึกการสอนของผู้สอน

๙.การวัดและประเมินผล

๙.๑ เกณฑ์การปฏิบัติงาน

๑.วางแผนและเตรียมความพร้อมในการใช้ความรู้เบื้องต้นคุณสมบัติของการไหล

๒.สรุปผลการวางแผนช่องทางการใช้ความรู้เบื้องต้นคุณสมบัติของการไหล

๙.๒ วิธีการประเมิน

๑.พิจารณาหลักฐานความรู้

๒.พิจารณาหลักฐานการปฏิบัติงาน

๙.๓ เครื่องมือประเมิน

๑.แบบทดสอบก่อนเรียน

๒.ใบความรู้ที่ ๑

๓.แบบประเมินแฟ้มสะสมผลงาน

๑๐.บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

๑๐.๑ ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้

๑๐.๒ ปัญหาที่พบ

๑๐.๓ แนวทางแก้ปัญหา

	ใบความรู้ที่ ๑	หน่วยที่ ๑
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๑-๒
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ คุณสมบัติของการไหล	ทฤษฎี ๖ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน คุณสมบัติของการไหล		

๑.ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒.อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓.สมรรถนะประจำหน่วย

๓.๑ แสดงความรู้เบื้องต้นของคุณสมบัติของการไหล

๔.จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

๔.๑ อธิบายคำจำกัดความของคุณสมบัติต่าง ๆ ของการไหลได้ถูกต้อง

๔.๒ บอกหน่วยที่ใช้ในคำจำกัดความของคุณสมบัติต่าง ๆ ของของไหลได้ถูกต้อง

๔.๓ คำนวณหาค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของของไหลได้ถูกต้อง

๕.เนื้อหาสาระ

กลศาสตร์ของไหล (Fluid Mechanics) หมายถึง ของเหลวและก๊าซที่สามารถไหลได้โดยของเหลว ถ้าความดันเปลี่ยนไปจะทำให้ปริมาตร และความหนาแน่นเปลี่ยนไปเล็กน้อย เรียกของเหลวนี้ว่า ไม่ยุบตัว (Incompressible Fluid) ส่วนของก๊าซเมื่อความดันเปลี่ยนไป จะทำให้ปริมาตรและความหนาแน่นเปลี่ยนไปมาก เรียกของเหลวนี้ว่า ยุบตัวได้ (Compressible Fluid)

ของไหล (Fluid) หมายถึง สสารที่สามารถไหลได้โดยมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ ขณะอยู่ในสภาพสมดุลของไหลไม่สามารถรับแรงเฉือนได้ ของไหลทุกชนิดจะยุบตัวตามความกดดันได้เล็กน้อย แบ่งออกได้ดังนี้

๑.ของไหลที่ยุบตัวตามความดัน (Compressible Fluid)

ของไหลที่ยุบตัวตามความดัน หมายถึง ของไหลชนิดที่เมื่อความดันเปลี่ยนแปลงปริมาตรของของไหลเปลี่ยนแปลงมาก และค่าความหนาแน่นเปลี่ยนแปลงมาก เช่น ก๊าซ จัดว่าเป็นของไหลยุบตัวตามความดัน

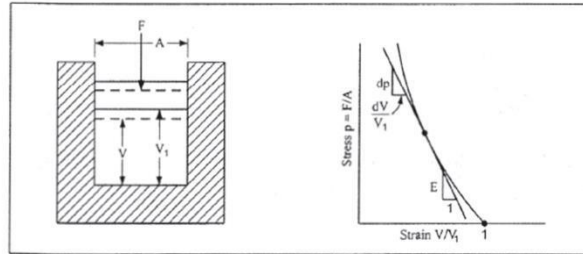
๒.ของไหลที่ไม่ยุบตัวตามความดัน (Incompressible Fluid)

ของไหลที่ไม่ยุบตัวตามความดัน หมายถึง ของไหลชนิดที่เมื่อความดันเปลี่ยนแปลงปริมาตรของไหลเปลี่ยนแปลง น้อยมาก และค่าความหนาแน่นคงที่หรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เช่น ของเหลว จัดว่าเป็นของไหลที่ไม่ยุบตัวตามความดัน

องศาเอพีไอ (API) กำหนดขึ้นจากสถาบันปิโตรเลียมของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันปิโตรเลียมมีค่าเป็นจุดทศนิยมมาก ซึ่งมีความยุ่งยากจึงมีการตั้งค่าความถ่วงจำเพาะขึ้นในหน่วยใหม่ เรียกว่า องศาเอพีไอ โดยกำหนดว่าของไหลที่มีความถ่วงจำเพาะ ๑.๐๗๖ ที่ ๖๐ °F มีค่า องศา API = ๐ และน้ำมันมีความ ถ่วงจำเพาะ ๑.๐๐๐ ที่ ๖๐ °F มีค่าองศา API = ๑๐ จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างองศา API และค่าความถ่วงจำเพาะ ดังนี้

$$\text{องศา API} = \left(\frac{141.5}{\text{ความถ่วงจำเพาะของของไหลที่ } 60^\circ\text{F}} \right) - 131.5$$

ความหยุ่น (Elasticity) หมายถึงของไหลทุกชนิดถูกอัดตัวจะทำให้เกิดพลังงานหยุ่น (Elastic Energy) ขึ้น ภายในตัว ถ้าการเปลี่ยนรูปของพลังงานเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ของไหลที่ยุบจะขยายตัวกลับไปมีปริมาตรดั้งเดิม เรียกว่า Modulus of Elasticity



พิจารณากระบอกสูบที่ทำด้วยของแข็ง ไม่มีการยืดหรือหดตัว ภายในบรรจุด้วยของไหล ปริมาตร V_1 ภายหลังมีการอัดลูกสูบด้วยแรง F ทำให้เกิดความดัน P ละทำให้ปริมาตรของของไหลในกระบอกสูบลดลง เขียนเป็นกราฟอยู่ในรูปความดัน และอัตราการยุบตัว V/V_1 จะได้กราฟ Modulus of Elasticity

$$\frac{-dP}{dV/V}$$

$$\frac{-VdP}{dV}$$

ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่นของสารใดๆ หมายถึง มวลสารนั้นต่อหน่วยปริมาตรของสารนั้น

$$\text{ความหนาแน่นของสารใด ๆ} = \frac{\text{มวลสารนั้น}}{\text{ปริมาตรของสารนั้น}}$$

โดย	ρ	=	ความหนาแน่นของสาร (kg/m^3)
	m	=	มวลของสารนั้น (kg)
	v	=	ปริมาตรของสารนั้น (m^3)

น้ำหนักจำเพาะ (Specific Weight)

น้ำหนักจำเพาะของสารใด ๆ หมายถึง แรงที่เกิดจากแรงดึงดูดของโลก ซึ่งกระทำกับของไหลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร

$$\text{น้ำหนักจำเพาะของสารใด ๆ} = \frac{\text{แรงที่เกิดจากแรงดึงดูดของโลก}}{\text{ปริมาตรของสารนั้น}}$$

$$\gamma =$$

โดย	γ	=	น้ำหนักจำเพาะของสาร (N/m^3)
	W	=	แรงที่เกิดจากแรงดึงดูดของโลก (N)
	v	=	ปริมาตรของสารนั้น (m^3)

ปริมาตรจำเพาะ (Specific Volume)

ปริมาตรจำเพาะของสารใด ๆ หมายถึง ปริมาตรของสารนั้นต่อหนึ่งหน่วยของมวลสาร

$$\frac{V}{m}$$

โดย

v	=	ปริมาตรจำเพาะของสาร (m^3/kg)
V	=	ปริมาตรของสารนั้น (m^3)
m	=	มวลของสารนั้น (kg)

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

ความถ่วงจำเพาะของสารใด ๆ หมายถึง อัตราส่วนของมวลสารของสารนั้น ต่อมวลของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน หรืออัตราส่วนของความหนาแน่นของสารนั้นต่อความหนาแน่นของน้ำหรืออัตราส่วนของน้ำหนักจำเพาะของสารนั้นต่อ น้ำหนักจำเพาะของน้ำ

โดย

$$\frac{m_{\text{สาร}}}{m_{\text{น้ำ}}} = \frac{\rho_{\text{สาร}}}{\rho_{\text{น้ำ}}} = \frac{\gamma_{\text{สาร}}}{\gamma_{\text{น้ำ}}}$$

S	=	ความถ่วงจำเพาะของสาร	$\rho_{\text{สาร}}$	=	ความหนาแน่นของสาร (kg/m^3)
$m_{\text{สาร}}$	=	มวลของสาร (kg)	$\rho_{\text{น้ำ}}$	=	ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)
$m_{\text{น้ำ}}$	=	มวลของน้ำ (kg)	$\gamma_{\text{สาร}}$	=	น้ำหนักจำเพาะของสาร (N/m^3)
			$\gamma_{\text{น้ำ}}$	=	น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (N/m^3)

สมการบอกสถานะของก๊าซอุดมคติ (Characteristic Equation of Perfect Gas)

จากการทดลองของบอยล์และชาร์ลได้จัดเงื่อนไขของสภาวะตัวหนึ่งในสามตัว คือ ความดัน ปริมาตร และ อุณหภูมิ มีค่าคงที่ ในขณะที่ตัวอื่นก็จะได้กฎแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอีกสองตัว จะพิจารณาในลักษณะที่ก๊าซเปลี่ยน สภาวะโดยไม่มีตัวใด คือ ความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิ มีค่าคงที่ โดยก๊าซมีความดัน P_1 ปริมาตร V_1 และอุณหภูมิ T_1 แล้วปล่อยให้ก๊าซเปลี่ยนสภาวะสุดท้ายเป็น P_2 V_2 และ T_2 จากกฎของบอยล์ และกฎของชาร์ลจะบอก ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงนี้ได้ คือ

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดของของเหลวใด ๆ หมายถึง ค่าความต้านทานต่อการเฉือนในเนื้อของของไหล

โดย

F	=	แรงกระทำภายนอก (N)
μ	=	สัมประสิทธิ์ความหนืด $\text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^2 = \text{Pa} \cdot \text{s}$
A	=	พื้นที่ผิว (m^2)
v	=	ความเร็วของการเคลื่อนที่ (m/s)
y	=	ระยะห่างระหว่างชั้นงานที่จะสัมผัสกัน (m)

๖.แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบฝึกหัดที่ ๑ คุณสมบัติของการไหล

๑. ความหมายของของไหลข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุด
 - ก. สสารที่สามารถไหลได้และมีรูปร่างแน่นอน
 - ข. สสารที่สามารถไหลได้และมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ
 - ค. สสารที่สามารถไหลได้และมีสถานะเป็นของเหลวเพียงอย่างเดียว
 - ง. สสารที่ไม่สามารถไหลได้และมีสถานะเป็นก๊าซเพียงอย่างเดียว
๒. ข้อใดเป็นมิติหลัก
 - ก. น้ำหนัก
 - ข. ความดัน
 - ค. แรง
 - ง. มวล
๓. ๑๕×๑๐^๖ มีค่าเท่ากับเท่าไร
 - ก. ๑๕ MN
 - ข. ๑๕ μ N
 - ค. ๑๕ N
 - ง. ๑๕ kN
๔. น้ำมันมีปริมาตร ๐.๔ m^3 และมีมวล ๓๔๐ kg ความหนาแน่นของน้ำมันมีค่าเท่าไร
 - ก. 339.60 kg/m^3
 - ข. 136 kg/m^3
 - ค. 850 kg/m^3
 - ง. 340.40 kg/m^3
๕. จากข้อ ๔ ความถ่วงจำเพาะของน้ำมันมีค่าเท่าไร
 - ก. 0.340
 - ข. 0.850
 - ค. 0.136
 - ง. 0.339
๖. ของไหลมีปริมาตร ๒ m^3 และหนัก ๕๒๐ N น้ำหนักจำเพาะของของไหลมีค่าเท่าไร
 - ก. 522 N/m^3
 - ข. $1,040 \text{ N/m}^3$
 - ค. 0.008 N/m^3
 - ง. 260 N/m^3
๗. อากาศมีความหนาแน่นเท่ากับ ๑.๒๖ kg/m^3 และมีอุณหภูมิ ๒๗°C ความดันของอากาศมีค่าเท่าไร
 - ก. 10.85 Pa
 - ข. 9.76 Pa
 - ค. 108.50 Pa
 - ง. 97.60 Pa
๘. ความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนรูปร่างเนื่องจากแรงเฉือน เรียกว่าอะไร
 - ก. ความหนืด
 - ข. ความตึงผิว
 - ค. บัคค์ โมดูลัส
 - ง. ความยืดหยุ่น
๙. ของเหลวชนิดหนึ่งมีปริมาตร ๒ m^3 เมื่อความดันเพิ่มขึ้น ๑๐ kPa ปริมาตรจะลดลง ๐.๐๑ m^3 ค่า บัคค์ โมดูลัส ของของเหลวมีค่าเท่าไร
 - ก. 1,000 kPa
 - ข. 2,000 kPa
 - ค. 20 kPa
 - ง. 500 kPa
๑๐. ของไหลมีความหนาแน่น $๑,๒๖๐ \text{ kg/m}^3$ อยู่ระหว่างแผ่นราบบาง ๒ แผ่นวางขนานกัน และอยู่ห่างกัน ๒๐ mm โดยแผ่นล่างยึดติดกับที่ ส่วนแผ่นบนเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว ๐.๕ m/s และมีความเค้นเฉือนเกิดขึ้น ๕ N/m^2 ความหนืดของของไหลที่อยู่ระหว่างแผ่นราบบางทั้งสองแผ่นมีค่าเท่าไร
 - ก. $0.2 \text{ Pa}\cdot\text{s}$
 - ข. $2 \text{ Pa}\cdot\text{s}$
 - ค. $0.002 \text{ Pa}\cdot\text{s}$
 - ง. $0.02 \text{ Pa}\cdot\text{s}$

๑๑. จากข้อ ๑๐ ความหนืดคิเนมาติก มีค่าเท่ากับเท่าไร

ก. $25.2 \text{ m}^2/\text{s}$

ข. $252 \text{ m}^2/\text{s}$

ค. $1.59 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

ง. $1.59 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

๑๒. หยดน้ำฝนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.25 mm โดยที่ความดันภายในหยดน้ำฝนสูงกว่าความดันบรรยากาศเท่ากับ 500 N/m^2 ความตึงผิวของหยดน้ำฝนมีค่าเท่าไร

ก. 31.25 N/m

ข. 125 N/m

ค. 0.031 N/m

ง. 0.0736 N/m

๑๓. หลอดคาปิลลารีสะอาด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.50 mm บรรจุน้ำที่อุณหภูมิ 60°C มีความตึงผิวเท่ากับ 0.0668 N/m และมีน้ำหนักจำเพาะเท่ากับ 9.658 N/m^3 ระดับความสูงของน้ำในหลอดคาปิลลารี สูงเท่าไร

ก. 41.70 mm

ข. 53.33 mm

ค. 18.44 mm

ง. 30.07 mm

๑๔. ความดันที่อยู่เหนือผิวอิสระของของเหลวในภาชนะปิด เรียกว่าอะไร

ก. ความดันสัมบูรณ์

ข. ความดันบรรยากาศ

ค. ความดันเฉลี่ย

ง. ความดันไอ

๑๕. ของไหลที่มีพฤติกรรมเป็นไปตามสมการความหนืดของนิวตัน เรียกว่าอะไร

ก. ของไหลนอนนิวโทเนียน

ข. ของไหลนิวโทเนียน

ค. ของไหลหยุดนิ่ง

ง. ของไหลเคลื่อนที่

เฉลยแบบฝึกหัดที่ คุณสมบัติของการไหล

๑. ความหมายของของไหลข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุด
- ก. สสารที่สามารถไหลได้และมีรูปร่างแน่นอน
 - ข. สสารที่สามารถไหลได้และมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุ
 - ค. สสารที่สามารถไหลได้และมีสถานะเป็นของเหลวเพียงอย่างเดียว
 - ง. สสารที่ไม่สามารถไหลได้และมีสถานะเป็นก๊าซเพียงอย่างเดียว
๒. ข้อใดเป็นมิติหลัก
- ก. น้ำหนัก
 - ข. ความดัน
 - ค. แรง
 - ง. มวล
๓. ๑๕×๑๐^๖ มีค่าเท่ากับเท่าไร
- ก. ๑๕ MN
 - ข. ๑๕ μ N
 - ค. ๑๕ N
 - ง. ๑๕ kN
๔. น้ำมันมีปริมาตร $๐.๔ \text{ m}^๓$ และมีมวล ๓๔๐ kg ความหนาแน่นของน้ำมันมีค่าเท่าไร
- ก. $339.60 \text{ kg/m}^๓$
 - ข. $136 \text{ kg/m}^๓$
 - ค. $850 \text{ kg/m}^๓$
 - ง. $340.40 \text{ kg/m}^๓$
๕. จากข้อ ๔ ความถ่วงจำเพาะของน้ำมันมีค่าเท่าไร
- ก. 0.340
 - ข. 0.850
 - ค. 0.136
 - ง. 0.339
๖. ของไหลมีปริมาตร $๒ \text{ m}^๓$ และหนัก ๕๒๐ N น้ำหนักจำเพาะของของไหลมีค่าเท่าไร
- ก. $522 \text{ N/m}^๓$
 - ข. $1,040 \text{ N/m}^๓$
 - ค. $0.008 \text{ N/m}^๓$
 - ง. $260 \text{ N/m}^๓$
๗. อากาศมีความหนาแน่นเท่ากับ $๑.๒๖ \text{ kg/m}^๓$ และมีอุณหภูมิ ๒๗°C ความดันของอากาศมีค่าเท่าไร
- ก. 10.85 Pa
 - ข. 9.76 Pa
 - ค. 108.50 Pa
 - ง. 97.60 Pa
๘. ความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนรูปร่างเนื่องมาจากแรงเฉือน เรียกว่าอะไร
- ก. ความหนืด
 - ข. ความตึงผิว
 - ค. บัคค์ โมดูลัส
 - ง. ความยืดหยุ่น
๙. ของเหลวชนิดหนึ่งมีปริมาตร $๒ \text{ m}^๓$ เมื่อความดันเพิ่มขึ้น ๑๐ kPa ปริมาตรจะลดลง $๐.๐๑ \text{ m}^๓$ ค่า บัคค์ โมดูลัส ของของเหลวมีค่าเท่าไร
- ก. 1,000 kPa
 - ข. 2,000 kPa
 - ค. 20 kPa
 - ง. 500 kPa
๑๐. ของไหลมีความหนาแน่น $๑,๒๖๐ \text{ kg/m}^๓$ อยู่ระหว่างแผ่นราบบาง ๒ แผ่นวางขนานกัน และอยู่ห่างกัน ๒๐ mm โดยแผ่นล่างยึดติดกับที่ ส่วนแผ่นบนเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว $๐.๕ \text{ m/s}^๒$ และมีความเค้นเฉือนเกิดขึ้น $๕ \text{ N/m}^๒$ ความหนืดของของไหลที่อยู่ระหว่างแผ่นราบบางทั้งสองแผ่นมีค่าเท่าไร
- ก. $0.2 \text{ Pa}\cdot\text{s}$
 - ข. $2 \text{ Pa}\cdot\text{s}$
 - ค. $0.002 \text{ Pa}\cdot\text{s}$
 - ง. $0.02 \text{ Pa}\cdot\text{s}$

๑๑. จากข้อ ๑๐ ความหนืดคิเนมาติก มีค่าเท่ากับเท่าไร

ก. $25.2 \text{ m}^2/\text{s}$

ข. $252 \text{ m}^2/\text{s}$

ค. $1.59 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

ง. $๑๕.๙ \times ๑๐^{-๔} \text{ m}^2/\text{s}$

๑๒. หยดน้ำฝนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ ๐.๒๕ mm โดยที่ความดันภายในหยดน้ำฝนสูงกว่าความดันบรรยากาศเท่ากับ ๕๐๐ N/m^2 ความตึงผิวของหยดน้ำฝนมีค่าเท่าไร

ก. 31.25 N/m

ข. 125 N/m

ค. 0.031 N/m

ง. 0.0736 N/m

๑๓. หลอดคาปิลลารีสะอาด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑.๕๐ mm บรรจุน้ำที่อุณหภูมิ ๒๐°C มีความตึงผิวเท่ากับ ๐.๐๖๖๘ N/m และมีน้ำหนักจำเพาะเท่ากับ $๙,๖๕๘ \text{ N/m}^3$ ระดับความสูงของน้ำในหลอดคาปิลลารี สูงเท่าไร

ก. 41.70 mm

ข. 53.33 mm

ค. 18.44 mm

ง. 30.07 mm

๑๔. ความดันที่อยู่เหนือผิวอิสระของของเหลวในภาชนะปิด เรียกว่าอะไร

ก. ความดันสัมบูรณ์

ข. ความดันบรรยากาศ

ค. ความดันเฉลี่ย

ง. ความดันไอ

๑๕. ของไหลที่มีพฤติกรรมเป็นไปตามสมการความหนืดของนิวตัน เรียกว่าอะไร

ก. ของไหลนอนนิวโทเนียน

ข. ของไหลนิวโทเนียน

ค. ของไหลหยุดนิ่ง

ง. ของไหลเคลื่อนที่

๗.เอกสารอ้างอิง

สำนักพิมพ์เอมพันธ์ วิชาการศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ผู้แต่ง อ.วีระศักดิ์ มะโนน้อม

	ใบกิจกรรมที่ ๑	หน่วยที่ ๑
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๑-๒
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานคุณสมบัติของของไหล	ทฤษฎี ๖ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานคุณสมบัติของของไหล		

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๓.๑. แสดงความรู้เบื้องต้นของคุณสมบัติของการไหล

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

๔.๑ อธิบายคำจำกัดความของคุณสมบัติต่างๆ ของการไหลให้ถูกต้อง

๔.๒ บอกหน่วยที่ใช้ในจำกัดความของคุณสมบัติต่างๆ ของของไหลได้ถูกต้อง

๔.๓ คำนวณหาค่าคุณสมบัติต่างๆ ของของไหลได้ถูกต้อง

๕. สารการเรียนรู้

๑. งานความหนาแน่นของของไหล

๒. งานน้ำหนักจำเพาะของของไหล

๓. งานปริมาตรจำเพาะของของไหล

๔. งานความถ่วงจำเพาะของของไหล

๕. งานสภาวะของก๊าซอุดมคติ

๖. งานความหนืด

๗. งานความตึงผิว

๖. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

๖.๑ อธิบายคุณสมบัติต่างของของไหลและวิธีการหาค่าคุณสมบัติของของไหล

๗. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ใบกิจกรรมที่ ๑.๑

คำสั่ง ให้ผู้เรียนอธิบายคุณสมบัติของของไหลดังต่อไปนี้

๑. ความหนาแน่นของสาร หมายถึงอะไร

.....

.....

๒. น้ำหนักจำเพาะของสาร หมายถึงอะไร

.....

.....

๓. ปริมาตรจำเพาะของสาร หมายถึงอะไร

.....

.....

๔. ความถ่วงจำเพาะของสาร หมายถึงอะไร

.....

.....

๕.สูตรสมการสถานะของก๊าซอุดมคติ คืออะไร

.....

.....

๖.ความหนืดของของไหล หมายถึงอะไร

.....

.....

๗.ความตึงผิวของของเหลว หมายถึงอะไร

.....

.....

๘.ความดันไอ หมายถึงอะไร

.....

.....

๙.Incompressible Fluid หมายถึงอะไร

.....

.....

๑๐.Compressible Fluid หมายถึงอะไร

.....

.....

๘. สรุปและวิจารณ์ผล

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหา

๙.การประเมินผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๖๐ และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้อง ปฏิบัติงานใหม่

๑๐. เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

สำนักพิมพ์เอมพันธ์ วิชากลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ผู้แต่ง อ.วีระศักดิ์ มะโนน้อม

	ใบงาน ๑	หน่วยที่ ๑
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๑-๒
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานคุณสมบัติของของไหล	ทฤษฎี ๖ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานคุณสมบัติของของไหล		

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๓.๑. แสดงความรู้เบื้องต้นของคุณสมบัติของการไหล

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

๔.๑ อธิบายคำจำกัดความของคุณสมบัติต่างๆ ของการไหลให้ถูกต้อง

๔.๒ บอกหน่วยที่ใช้ในจำกัดความของคุณสมบัติต่างๆ ของของไหลได้ถูกต้อง

๔.๓ คำนวณหาค่าคุณสมบัติต่างๆ ของของไหลได้ถูกต้อง

๕. สารการเรียนรู้

๑. งานความหนาแน่นของของไหล

๒. งานน้ำหนักจำเพาะของของไหล

๓. งานปริมาตรจำเพาะของของไหล

๔. งานความถ่วงจำเพาะของของไหล

๕. งานสภาวะของก๊าซอุดมคติ

๖. งานความหนืด

๗. งานความตึงผิว

๖. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

๖.๑ อธิบายคุณสมบัติต่างของของไหลและวิธีการหาค่าคุณสมบัติของของไหล

๗. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ใบกิจกรรมที่ ๑.๑

คำสั่ง จงแสดงวิธีการคำนวณหาคุณสมบัติของของไหลดังต่อไปนี้

๑. ถังใบหนึ่งบรรจุน้ำมันที่มีมวล 1,200 kg และมีปริมาตร 1.41 m^3 จงหาคำนวณหา

(ก) น้ำหนักของน้ำมัน (ข) ความหนาแน่นของน้ำมัน (ค) ปริมาตรจำเพาะของน้ำมัน

(ง) น้ำหนักจำเพาะของน้ำมัน (จ) ความถ่วงจำเพาะของน้ำมัน

.....

.....

.....

.....

๒. ห้องขนาด $3.5\text{ m} \times 3.5\text{ m} \times 4\text{ m}$ บรรจุอากาศที่มีความดัน 101.3 kPa และอุณหภูมิ $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ จงหา
(ก) มวลของอากาศภายในห้อง (ข) ความหนาแน่นของอากาศภายในห้อง

.....

.....

.....

.....

๘. สรุปและวิจารณ์ผล

ครูและผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหา

๙. การประเมินผล

ผู้เรียนจะต้องแสดงวิธีการคำนวณหาคำตอบโดยใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์อย่างถูกต้อง

๑๐. เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

สำนักพิมพ์เอมพันธ์ วิชากลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ผู้แต่ง อ.วีระศักดิ์ มะโนน้อม

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ ๒
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๓-๕
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานของไหลสถิต	ทฤษฎี ๙ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานของไหลสถิต		

๑.ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒.อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓.สมรรถนะประจำหน่วย

๓.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับลักษณะของความดันและแรงดัน

๓.๒ สามารถแสดงการหาแรงที่กระทำกับพื้นผิววัตถุ

๔.จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

๔.๑ อธิบายความหมายของของไหลสถิตได้ถูกต้อง

๔.๒ อธิบายความสัมพันธ์ของของไหลสถิต แรงดันการเฉือน และความเร็วได้ถูกต้อง

๕.๓ คำนวณหาค่าความหนืดสัมบูรณ์ ความหนืดจลน์ ความเค้นเฉือน และแรงตึงที่กระทำกับผิวของของไหลได้

๔.๔ ประยุกต์ใช้สถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหล

๕.สาระการเรียนรู้

๑.งานความดันในของไหล

๒.งานแรงกระทำของของไหลบนพื้นที่ผิวเรียบ

๓.งานแรงกระทำของของไหลบนพื้นที่ผิวโค้ง

๔.งานสมดุลทางการลอยตัวของวัตถุ

๖.กิจกรรมการเรียนรู้

๖.๑ การนำเข้าสู่บทเรียน

๑.นำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้คำถามนำเข้า

๒.ผู้เรียนอธิบายความหมายเกี่ยวกับของไหลสถิต ที่มีความเกี่ยวข้องกับความดัน แรงที่เกิดขึ้นกับพื้นผิวและสมดุลการลอยตัว

๖.๒ การเรียนรู้

๓.ครูผู้สอนเข้าเนื้อหา เรื่อง - ของไหลที่ยุบตัวตามความดัน (Compressible Fluid)

ของไหลที่ยุบตัวตามความดัน หมายถึง ของไหลชนิดที่เมื่อความดันเปลี่ยนแปลงปริมาตรของของไหลเปลี่ยนแปลงมาก และค่าความหนาแน่นเปลี่ยนแปลงมาก เช่น ก๊าซ จัดว่าเป็นของไหลยุบตัวตามความดัน

- ของไหลที่ไม่ยุบตัวตามความดัน (Incompressible Fluid)

ของไหลที่ไม่ยุบตัวตามความดัน หมายถึง ของไหลชนิดที่เมื่อความดันเปลี่ยนแปลงปริมาตรของไหลเปลี่ยนแปลง น้อยมาก และค่าความหนาแน่นคงที่หรือเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เช่น ของเหลว จัดว่าเป็นของไหลที่ไม่ยุบตัวตามความดัน โดยใช้วิธีถาม-ตอบ กอปรกับการใช้สื่อ Power Point และ หนังสือเรียน วิชากลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล

๔.ครูผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์ ของไหล (Fluid Mechanics) คือ ของเหลวและก๊าซที่สามารถไหลได้ ถ้าความดันเปลี่ยนไปจะทำให้ปริมาตร และความหนาแน่นเปลี่ยนไปเล็กน้อย เรียกของเหลวนี้ว่า ไม่ยุบตัว (Incompressible Fluid) ส่วนของก๊าซเมื่อความดันเปลี่ยนไป จะทำให้ปริมาตรและความหนาแน่นเปลี่ยนไปมาก เรียกของเหลวนี้ว่า ยุบตัวได้ (Compressible Fluid)

๕.ผู้เรียนทำแบบทดสอบกิจกรรมที่ ๒ และใบงานที่ ๒

๖.ครูผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์แบบทดสอบ

๖.๓ การสรุป

๑.สรุปบทเรียนส่วนที่เป็นสาระสำคัญ

๖.๔ การวัดและประเมินผล

๑.สังเกตพฤติกรรมรายบุคคล

๒.กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้

๓.แบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้

๔.แบบประเมินผลการปฏิบัติงานและแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม

๗. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

๗.๑ หนังสือเรียน วิชากลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ของสำนักพิมพ์เอ็มแพนธ์

๗.๒ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ และ Power Point

๗.๓ กิจกรรมที่ ๒และใบงานที่ ๒

๘. หลักฐานการเรียนรู้

๘.๑ หลักฐานความรู้

๑.เอกสารรับรองจากการทดสอบความรู้

๘.๒ หลักฐานการปฏิบัติงาน

๑.แบบบันทึกความคิดเห็นของครูผู้สอน

๒.แบบรับรองการปฏิบัติงานจากสถานประกอบการ

๓.แบบบันทึกรายการจากการสังเกตจากการปฏิบัติงาน

๙. การวัดและประเมินผล

๙.๑ เกณฑ์การปฏิบัติงาน

๑.วางแผนและเตรียมความพร้อมในการใช้ความรู้เบื้องต้น เรื่อง ความหนืด

๒.สรุปผลการวางแผนช่องทางการใช้ความรู้เบื้องต้น เรื่อง ความหนืด

๙.๒ วิธีการประเมิน

๑.พิจารณาหลักฐานความรู้

๒.พิจารณาหลักฐานการปฏิบัติงาน

๙.๓ เครื่องมือประเมิน

๑.แบบทดสอบก่อนเรียน

๒.ใบความรู้ที่ ๑

๑๐. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

๑๐.๑ ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้

๑๐.๒ ปัญหาที่พบ

๑๐.๓ แนวทางการแก้ปัญหา

	ใบความรู้ที่ ๒	หน่วยที่ ๒
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๓-๕
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานของไหลสถิต	ทฤษฎี ๙ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานของไหลสถิต		

๑.ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิตศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒.อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓.สมรรถนะประจำหน่วย

๓.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับงานของไหลสถิต

๓.๒ แสดงการคำนวณ ที่เกี่ยวข้องกับงานของไหลสถิต

๔.จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

๔.๑ อธิบายความหมายของไหลสถิตได้

๔.๒ อธิบายความสัมพันธ์ความหนืด แรงต้านการเฉือน และความเร็วได้ถูกต้อง

๔.๓ อธิบายความหมายความหนืดสัมบูรณ์และความหนืดจลน์ได้ถูกต้อง

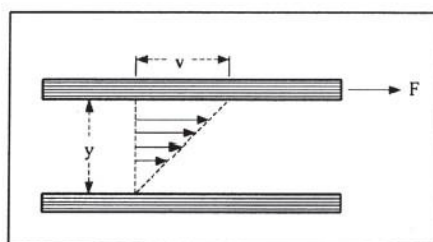
๔.๔ อธิบายการหาความหนืดจลน์โดยใช้ Saybolt Viscosity

๕.๕ คำนวณหาค่าความหนืดสัมบูรณ์ ความหนืดจลน์ ความเค้นเฉือน และแรงดิ่งที่กระทำกับผิวของของไหลได้

๕.เนื้อหาสาระ

ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืด แรงต้านการเฉือน และความเร็ว

ความหนืด (Viscosity) หมายถึง การต้านทานการเฉือนในเนื้อของของไหล ของไหลที่ข้นมากจะมีค่าความหนืดสูงกว่าของไหลที่ใสโดยปกติ ถ้าอุณหภูมิของของไหลเพิ่มขึ้น ค่าความหนืดจะลดลง



จากรูป แผ่นราบสองแผ่นวางซ้อนห่างกันเท่ากับ y ระหว่างแผ่นราบบรรจุของไหล มีความหนืด (μ) แผ่นราบแผ่นบนถูกดึงด้วยแรง F ทำให้เกิดความเร็วเท่ากับ v ดังนั้น ของไหลที่ติดกับแผ่นราบแผ่นบนมีความเร็ว v และจะลดลง จนถึงราบแผ่นล่างความเร็วจะเป็นศูนย์(๐)

ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับอุณหภูมิ

ความหนืดเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของน้ำมัน และในขณะเดียวกัน อุณหภูมิก็เป็นสิ่งที่มีอิทธิพลต่อความหนืดมากที่สุด เมื่ออุณหภูมิของน้ำมันสูงขึ้นความหนืดจะลดลงแต่ปริมาณการเปลี่ยนแปลงของความหนืดเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน จะแตกต่างกันไปตามส่วนประกอบทางเคมีของน้ำมันแต่ละชนิด และเนื่องจากความหนืดมีอิทธิพลต่อความเสียดทาน

ของการไหลและความดันเป็นอย่างมาก ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของความหนืดเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการขนส่งของไหลไปตามท่อ และการหล่อลื่น Dean และ Davies เป็นผู้เสนอระบบ สำหรับเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเมื่อ อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง เรียกว่า ดัชนี ความหนืด (viscosity index) โดยกำหนดให้ น้ำมันดิบ L และ H ซึ่งมีการ เปลี่ยนแปลงความหนืดมากที่สุด และน้อยที่สุดตามลำดับ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนให้ดัชนีความหนืดเป็น ๐ และ ๑๐๐ ตามลำดับ ดังนั้น น้ำมันดิบ อื่นๆ ก็จะมีค่าดัชนีความหนืดอยู่ระหว่าง ๐ และ ๑๐๐ แต่ในปัจจุบันการเติมสารเคมีเข้าไปทำให้ น้ำมันหลายชนิดมี ดัชนีความหนืดสูงกว่า ๑๐๐ หรือต่ำกว่า ๑๐๐ หรือต่ำกว่า ๐ ได้

การหาดัชนีความหนืดทำได้โดยหาน้ำมันซึ่งมีดัชนีความหนืด ๐ และ ๑๐๐ ซึ่งต่างก็มีค่าความหนืด ที่ ๒๑๐

°F

เท่ากับค่าความหนืดของน้ำมันซึ่งต้องการหาดัชนีความหนืด นำน้ำมันทั้งสามชนิดมาหาความหนืดที่ ๑๐๐

°F

ค่าความหนืดที่ใช้ในสมการ (๒.๓) จะเป็นเซโบลต์ หรือ คินแมติกส์ ก็ได้ แต่ควรใช้ค่าความหนืดคินแมติกส์ เพราะ ให้ผลซึ่งถูกต้องกว่าน้ำมันเครื่องในปัจจุบัน ซึ่งมีดัชนีความหนืดสูงกว่า ๑๐๐ ทำโดยเติม Polymeric additive (เรียกว่า VI Improver) ลงใน Base Oil พอลิเมอร์เหล่านี้มีโมเลกุลใหญ่มาก ประกอบด้วยคาร์บอน อะตอมตั้งแต่ ๓๕๐ ถึง ๑,๔๐๐ หรือมากกว่า พอลิเมอร์ซึ่งละลายอยู่ในน้ำมันนี้ มีคุณสมบัติสามารถเกาะตัวกัน เป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นได้ผลก็คือ น้ำมันผสมพอลิเมอร์เหล่านี้ จะมีอัตราการเปลี่ยนความหนืด น้อยลงเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน เพราะแรงเสียดทานของพอลิ เมอร์โมเลกุลที่อุณหภูมิสูงมีผลทำให้ความหนืดของ ของผสมมากกว่าเดิม

ผลของการเฉือนที่มีต่อความเหลว

เนื่องจากน้ำมันผสมพอลิเมอร์มีคุณสมบัติเป็น นอน-นิวโทเนียน กล่าวคือ ความหนืดจะเปลี่ยนแปลงตามอัตรา การเฉือนด้วย ซึ่งจากการทดลองพบว่าน้ำมันเครื่องซึ่งผสมพอลิเมอร์เหล่านี้ จะมีความหนืดและดัชนีความหนืด ลดลง เมื่อถูกเฉือนด้วยอัตราที่สูงพอ ดังนั้น ปริมาณพอลิเมอร์ที่ ผสมเข้าไปจะต้องคำนึงถึงทั้งดัชนีความหนืด และ shear stability การสูญเสียความหนืดที่อัตราการเฉือนสูงๆ นี้ อาจเป็นการสูญเสียอย่างถาวรเนื่องจากการ เปลี่ยนแปลงขนาดของ โมเลกุลให้เล็กลงไม่ว่าจะโดยเชิงเคมีหรือเชิงกล หรือ อาจเป็นการสูญเสียชั่วคราว เนื่องจากโมเลกุลของพอลิเมอร์เรียง ตัวเป็นเส้นยาวทำให้แรงเสียดทานน้อยลงก็ได้ทั้งสองอย่าง

ผลของความดันที่มีต่อความหนืด

เมื่อน้ำมันหล่อลื่นที่มีความดันสูงขึ้นตั้งแต่ช่วง ๑๐^๓ ปอนด์/ตารางนิ้ว ขึ้นไปจะต้องคำนึงถึงอิทธิพลของ ความ ดันที่มีต่อความหนืด เมื่อความดันสูงขึ้นความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นจะสูงขึ้นด้วย สูตรเอมไพริคัลที่ใช้ กันมากที่สุด คือ

โดย

Z_p	=	ความหนืดสัมบูรณ์ที่มีความดัน P
Z_0	=	ความหนืดสัมบูรณ์ที่มีความดันบรรยากาศ
K	=	ค่าคงที่เฉพาะของน้ำมันแต่ละชนิดที่แต่ละอุณหภูมิ
P	=	ความดันเป็น ปอนด์/ตารางนิ้ว

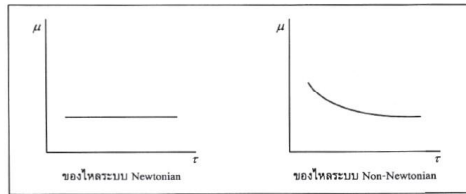
สำหรับน้ำมันทั่ว ๆ ไปอาจสรุปได้ว่า

๑. อัตราการเพิ่มความหนืดเมื่อเพิ่มความดันจะมีค่าสูงที่ความดันสูงมากกว่าที่ความดันต่ำ
๒. การเปลี่ยนแปลงความดันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำมัน ซึ่งมีความหนืดน้อย น้อยกว่าน้ำมัน ซึ่งมีความหนืดมาก

๓. เมื่อความดันสูงขึ้น ดัชนีความหนืดของน้ำมันจะสูงขึ้นด้วย น้ำมันฐานพาราฟิน จะมีอัตราการเพิ่มดัชนีความหนืดน้อยกว่าน้ำมันฐานแนฟทาณิก ในกรณีของการหล่อลื่นแบบไฮโดรไดนามิกส์ชิ้นส่วนเคลื่อนไหวยจะแยกจากกันโดยมีฟิล์มของน้ำมันหล่อลื่น สอดแทรกอยู่และเป็นตัวรองรับน้ำหนักทั้งหมด แบริงซึ่งมีความดันของน้ำมันหล่อลื่นส่วนใหญ่ได้มาจากภายนอก เรียกว่า Externally Pressurized หรือ Hydrostatic ส่วนแบริงซึ่งความดันทั้งหมดเกิดขึ้นจากการไหลของน้ำมัน ภายในแบริง เรียกว่า Externally pressurized หรือ Hydrodynamic จะเห็นได้ว่าน้ำมันจะถูกบังคับให้ไหลไปในช่องว่างซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดเล็กลงเรื่อย ๆ ด้วยการเคลื่อนที่ของเพลลา ประกอบกับการต้านทานการเคลื่อนที่เนื่องจากความหนืด เมื่อพื้นที่หน้าตัดเล็กลงเรื่อย ๆ น้ำมันบางส่วนก็จะพยายาม หนีออกไปทางปลายทั้งสองของแบริง แต่ความหนืดจะต้านทานการไหลไว้ ดังนั้นความดันของน้ำมันที่ไหลไปแบริงจะ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนมีค่าสูงสุดบริเวณซึ่งฟิล์มของน้ำมัน บางที่สุด (Minimum Film Thickness) จากรูป จะ เห็นได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและความหนา ต่ำสุดของฟิล์มเกือบจะขึ้นอยู่กับ Dimensionless Parameter

ความหนืดสัมบูรณ์ (Absolute Viscosity)

ความหนืดสัมบูรณ์ (μ) เป็นค่าคงที่ของไหลตามสมการ ๒.๑ กล่าวคือ ความหนืดสัมบูรณ์มีค่าคงที่ที่แต่ละอุณหภูมิและความดันเรียกว่า ของไหลแบบราบเรียบ (Newtonian) ดังนั้นในของไหลแต่แบบเรียบ ความเค้นเฉือนจะ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราการเฉือน มีของไหลบางชนิด ซึ่งความหนืดเปลี่ยนแปลงตามอัตราการเฉือนได้ทั้งอุณหภูมิ และความดันคงที่ ของไหลแบบนี้เรียกว่า ของไหลแบบไม่ราบเรียบ (Non-Newtonian) ดังตัวอย่างเช่น โลหิต น้ำมัน ชัน และไข



จากทฤษฎีการไหลแบบต่อเนื่องในท่อกลม แสดงด้วยสมการ

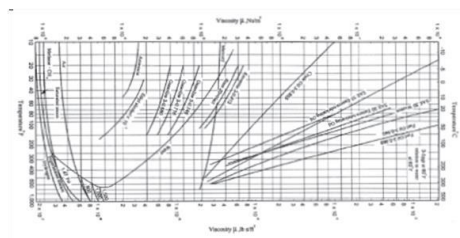
$$Q = \frac{q}{t} = \frac{\pi \Delta P r^4}{8 L \mu}$$

โดย	Q	=	ปริมาตรอัตราการไหล
	q	=	ปริมาตรการไหล
	t	=	เวลาซึ่งปริมาตร q ใช้ในการไหล
	ΔP	=	ความแตกต่างของความดันระหว่างสองจุดซึ่งอยู่ห่างกันเป็นระยะทาง L
	r	=	รัศมีภายในท่อ
	μ	=	ความหนืดสัมบูรณ์

จากสมการที่ 2.6 หาค่าความหนืดสัมบูรณ์ของของไหลแบบนิวโทเนียน จะได้ว่า

$$\mu = \frac{\pi \Delta P r^4 \cdot t}{8 L q}$$

จากรูปแสดงความหนืดสัมบูรณ์ของของไหลบางชนิด



ความหนืดจลน์ (Kinematic Viscosity) หมายถึง ความหนืดสัมบูรณ์ของไหลต่อความหนาแน่นของของไหลนั้น

$$\text{ความหนืดจลน์ (Kinematic Viscosity)} = \frac{\text{ความหนืดสัมบูรณ์ของของไหล}}{\text{ความหนาแน่นของของไหลนั้น}}$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

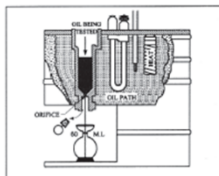
โดย	ν	=	ความหนืดจลน์ของของไหล (m^2/s)
	μ	=	ความหนืดสัมบูรณ์ของของไหล ($\text{Pa} \cdot \text{s}$)
	ρ	=	ความหนาแน่นของของไหล (kg/m^3)

ในระบบเมตริก หน่วยของความหนืดจลน์ คือ สโตค (Stoke)

โดย $1 \text{ Stoke} = \text{cm}^2/\text{sec}$

การหาความหนืดจลน์โดยใช้ Saybolt Viscosity

การหาความหนืดจลน์โดยใช้ Saybolt Universal Viscosimeter เป็นเครื่องมือหาความหนืดของของไหล โดย ให้ของไหลบรรจุในภาชนะทรงกระบอกไหลลงสู่ขวดมาตรฐานและจับเวลา เวลาดังกล่าวเรียกว่า Saybolt Universal Second ซึ่งสามารถจะนำไปหาค่าความหนืดจลน์ได้ จาก



จะได้ว่า

$$\nu = 0.22t - \frac{180}{t}$$

โดย	ν	=	ความหนืดจลน์ในหน่วย Centistoke
	t	=	Saybolt Universal Second

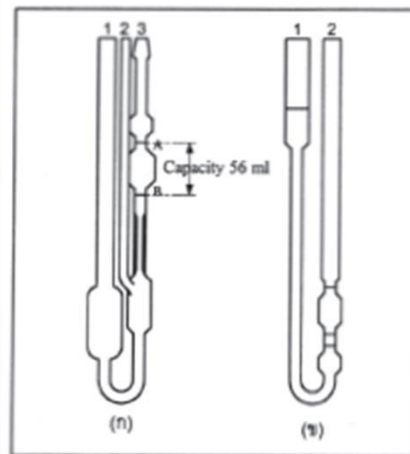
การหาความหนืดโดยใช้หลอดคาปิลลารี (Capillary Tube)

หลอดคาปิลลารี เป็นเครื่องมือวัดความหนืดแบบหลอดคาปิลลารี ซึ่งหาค่าความหนืดได้โดยอาศัยสมการ ๒.๗ เนื่องจากการสูญเสียพลังงานจลน์ที่ปากทางเข้าและทางออกของหลอดคาปิลลารีสมการที่ ๒.๗ จะกลายเป็น

$$\mu = \frac{\pi \Delta p r^4 t}{8 q (L + K_1 r)} - \frac{q \rho K^2}{8 \pi t (L + K_1 r)}$$

โดย	ρ	=	ความหนาแน่นของน้ำมัน
	K_1 และ K_2	=	ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับลักษณะของหลอดคาปิลลารีแต่ละอันและในการสร้างวิสโคมิเตอร์แบบนี้ จะจงใจสร้างให้ $K_1 r$ มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับ L
	Δp	=	ความดันที่อยู่ในรูปความสูง (Hydrostatic head)

ดังรูป



วิธีทำ การหาความหนืดของน้ำมันชนิดหนึ่งโดยใช้ Saybolt Viscosimeter หาค่า Saybolt Universal Second ได้ 150 วินาที จงหาความหนืดจลน์

จากสูตร	$\sqrt{\quad}$	=	$0.22t - \frac{180}{t}$
โดย	$\sqrt{\quad}$	=	ความหนืดจลน์
	t	=	150 วินาที
ดังนั้น	$\sqrt{\quad}$	=	$0.22(150) - \frac{180}{150}$
	$\sqrt{\quad}$	=	31.8 Centi Stoke

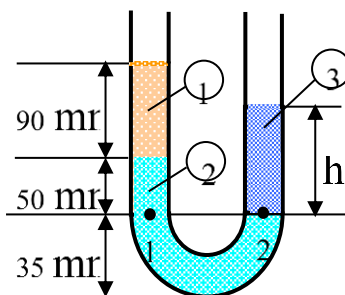
ตอบ

๖. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบฝึกหัดที่ ๒ ของไหลสถิต

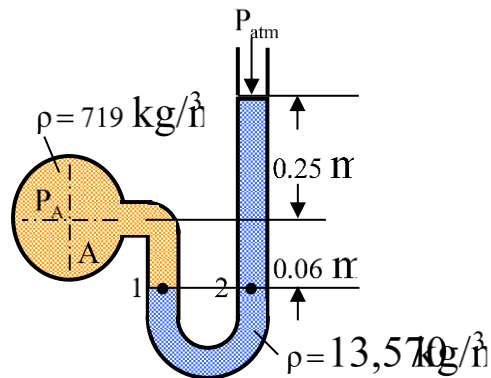
คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) ทับลงบนตัวเลือกที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

๑. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับของไหลที่อยู่นิ่ง
 - ก. ของไหลทำให้เกิดความเสียดทาน
 - ข. ของไหลในภาชนะปิดจะมีแรงกระทำทุกทิศทาง
 - ค. ของไหลไม่มีความเค้นเฉือน
 - ง. ของไหลไม่มีการไหล
๒. ข้อใดไม่ใช่หน่วยของความดัน
 - ก. บาร์
 - ข. ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
 - ค. ปาสคาล
 - ง. วัตต์
๓. แรง ๑๐๐ N กระทำต่อลูกสูบที่มีพื้นที่หน้าตัด 0.01 m^2 จะทำให้เกิดความดันในกระบอกสูบเท่าไร
 - ก. 99.90 N/m^2
 - ข. 10 N/m^2
 - ค. $1,000 \text{ N/m}^2$
 - ง. 100 N/m^2
๔. น้ำทะเลที่อุณหภูมิ 20°C มีความหนาแน่นเท่ากับ $1,025 \text{ kg/m}^3$ ความดันของน้ำทะเล ที่ระดับความลึก ๒๐ m มีค่าเท่าไร
 - ก. 201.65 kPa
 - ข. 205.66 kPa
 - ค. 51.40 kPa
 - ง. 104.80 kPa
๕. ความดันที่ต่ำกว่าความดันบรรยากาศเรียกว่าอะไร
 - ก. ความดันศูนย์สัมบูรณ์
 - ข. ความดันเกจ
 - ค. ความดันสัมบูรณ์
 - ง. ความดันสุญญากาศ
๖. เครื่องมือที่ใช้วัดความดันบรรยากาศเรียกว่าอะไร
 - ก. เทอร์โมมิเตอร์
 - ข. บารอมิเตอร์
 - ค. ไฮโดรมิเตอร์
 - ง. มานอมิเตอร์
๗. เครื่องมือชนิดใดที่สามารถใช้วัดความดันของของไหลได้ทั้งของเหลวและก๊าซ
 - ก. เทอร์โมมิเตอร์
 - ข. ไฮโดรมิเตอร์
 - ค. บูดองเกจ
 - ง. มานอมิเตอร์
๘. อ่านความดันจากบารอมิเตอร์ได้ 760 mmHg ความดันในหน่วย kN/m^2 มีค่าเท่าไร เมื่อปรอทมีความหนาแน่นเท่ากับ $13,600 \text{ kg/m}^3$
 - ก. 101.40 kPa
 - ข. 101.32 kPa
 - ค. 97.86 kPa
 - ง. 10.56 kPa
๙. จากรูป ระดับความสูง h ของของเหลวชนิดที่ ๓ มีค่าเท่าไร เมื่อความหนาแน่นของของเหลวชนิดที่ ๑, ๒ และ ๓ มีค่าเท่ากับ 705 kg/m^3 , $1,555 \text{ kg/m}^3$ และ $1,255 \text{ kg/m}^3$ ตามลำดับ

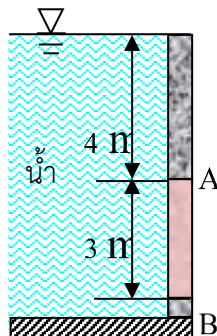


- ก. 52.41 mm
- ข. 67.15 mm
- ค. 114.55 mm
- ง. 108.45 mm

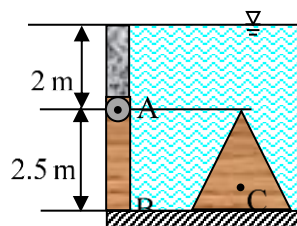
๑๐. มานอมิเตอร์ ใช้สำหรับวัดความดัน ดังรูป ถ้าความดันบรรยากาศขณะนั้นเท่ากับ ๙๘ kPa ความดันสัมบูรณ์ที่จุด A มีค่าเท่าไร



- ก. ๑๓๘.๘๔ kPa ข. ๑๓๙.๒๗ kPa
 ค. ๔๐.๘๔ kPa ง. ๙๘.๔๒ kPa
๑๑. ตำแหน่งของแรงที่กระทำต่อพื้นที่ของพื้นผิวที่จมอยู่ในของไหลเรียกว่าอะไร
 ก. จุดศูนย์กลางของพื้นที่ ข. โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่
 ค. จุดศูนย์กลางของระนาบ ง. จุดศูนย์กลางความดัน
๑๒. จากรูป ประตูน้ำ AB กว้าง ๒ m และสูง ๓ m ขนาดของแรงลัพธ์ที่น้ำกระทำกับประตูมีค่าเท่าไร



- ก. ๓๒๓.๗๓ kN ข. ๔๑๒.๐๒ kN
 ค. ๑๗๖.๕๘ kN ง. ๒๓๕.๔๔ kN
๑๓. จากข้อ ๑๕ ตำแหน่งที่แรงลัพธ์กระทำห่างจากผิวอิสระของน้ำลึกกลงไปเท่าไร
 ก. ๕.๕๐ m ข. ๔.๕๐ m
 ค. ๖.๒๕ m ง. ๕.๖๔ m
๑๔. ประตูน้ำรูปสามเหลี่ยมกว้าง ๑.๕ m ตั้งอยู่ในแนวตั้ง ดังรูป จงหาขนาดของแรงที่น้ำกระทำกับประตู

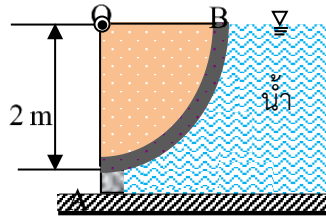


- ก. ๒๒๕ kN ข. ๒๗๕.๙๐ kN
 ค. ๖๗.๗๐ kN ง. ๑๑๕.๓๐ kN

๑๕. เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์แรงที่กระทำกับพื้นผิวโค้งข้อใดกล่าวถูกต้อง

- ก. แยกแรงออกเป็นสองแรงตั้งฉากต่อกัน ข. แยกแรงออกเป็นสามแรงตั้งฉากต่อกัน
ค. หาแรงที่กระทำที่จุดศูนย์กลางของระนาบ ง. หาแรงที่กระทำที่จุดศูนย์กลางความดัน

๑๖. ประตุน้ำรูปสี่เหลี่ยมกลม AB ยาว ๓ m ขนาดของแรงลัพธ์ที่น้ำกระทำกับประตูมีค่าเท่าไร



- ก. ๒๓๒.๓๓ kN ข. ๓๑๒.๔๑ kN
ค. ๑๐๙.๖๑ kN ง. ๑๒๗.๓๐ kN

๑๗. สภาพการสมดุลของวัตถุในของไหลที่สามารถกลับสู่สภาพเดิมได้หรือไม่เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำกับวัตถุ เรียกว่าอะไร

- ก. แรงดันของน้ำเนื่องจากความลึก ข. โมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุ
ค. แรงลอยตัวของวัตถุ ง. เสถียรภาพการลอยตัวของวัตถุ

๑๘. แรงที่พยายามดันให้วัตถุลอยขึ้นสู่ผิวอิสระของของไหลในแนวดิ่งเรียกว่าแรงอะไร

- ก. แรงเนื่องจากความลึกของของไหล ข. แรงลอยตัว
ค. แรงดันของของไหลที่กระทำต่อวัตถุ ง. แรงภายนอกที่กระทำต่อวัตถุที่จมอยู่ในของไหล

๑๙. ท่อนไม้ขนาด ๐.๐๘ m X ๐.๐๘ m ยาว ๑.๕ m มีความถ่วงจำเพาะ ๐.๗๐ ที่ปลายด้านหนึ่งผูกติดกับเหล็ก เพื่อให้ท่อนไม้ลอยอยู่ในแนวดิ่งและมีแรงลอยตัวเท่ากับ ๖๕ N ท่อนไม้ส่วนที่จมน้ำยาวกี่เมตร

- ก. ๑.๐๔ m ข. ๑.๔๘ m
ค. ๐.๒๐ m ง. ๐.๘๐ m

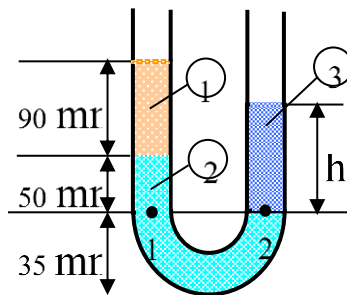
๒๐. ไฮโดรมิเตอร์หนัก ๐.๑๕ N มีเส้นผ่านศูนย์กลางหลอดแก้ว ๑๐ mm นำไปลอยในของเหลวที่มีความถ่วงจำเพาะ ๐.๘๒๑ ความยาวของหลอดแก้วที่จมน้ำในของเหลวมีค่าเท่าไร

- ก. ๕.๑๐ mm ข. ๑.๐๐ mm
ค. ๔๖ mm ง. ๒๖ mm

เฉลยแบบฝึกหัดที่ ๒ ของไหลสถิต

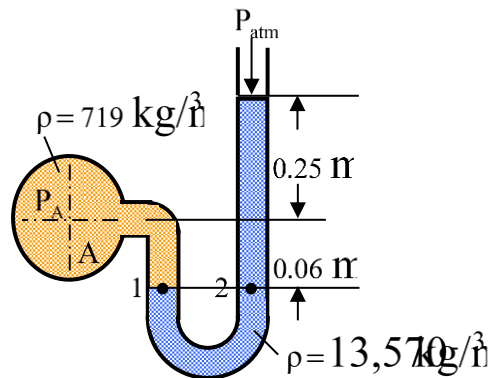
คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) ทับลงบนตัวเลือกที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

๑. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับของไหลที่อยู่นิ่ง
 - ก. ของไหลไม่มีความเค้นเฉือน
 - ข. ของไหลไม่มีการไหล
 - ค. ของไหลทำให้เกิดความเสียดทาน
 - ง. ของไหลในภาชนะปิดจะมีแรงกระทำทุกทิศทาง
๒. ข้อใดไม่ใช่หน่วยของความดัน
 - ก. ปาสคาล
 - ข. วัตต์
 - ค. บาร์
 - ง. ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
๓. แรง ๑๐๐ N กระทำต่อลูกสูบที่มีพื้นที่หน้าตัด 0.01 m^2 จะทำให้เกิดความดันในกระบอกสูบเท่าไร
 - ก. $1,000 \text{ N/m}^2$
 - ข. 100 N/m^2
 - ค. 99.9 N/m^2
 - ง. 10 N/m^2
๔. น้ำทะเลที่อุณหภูมิ 20°C มีความหนาแน่นเท่ากับ $1,025 \text{ kg/m}^3$ ความดันของน้ำทะเล ที่ระดับความลึก ๒๐ m มีค่าเท่าไร
 - ก. 51.4 kPa
 - ข. 104.8 kPa
 - ค. 201.6 kPa
 - ง. 205.6 kPa
๕. ความดันที่ต่ำกว่าความดันบรรยากาศเรียกว่าอะไร
 - ก. ความดันสัมบูรณ์
 - ข. ความดันสุญญากาศ
 - ค. ความดันศูนย์สัมบูรณ์
 - ง. ความดันเกจ
๖. เครื่องมือที่ใช้วัดความดันบรรยากาศเรียกว่าอะไร
 - ก. ไฮโดรมิเตอร์
 - ข. มานอมิเตอร์
 - ค. เทอร์โมมิเตอร์
 - ง. บารอมิเตอร์
๗. เครื่องมือชนิดใดที่สามารถใช้วัดความดันของของไหลได้ทั้งของเหลวและก๊าซ
 - ก. บูดองเกจ
 - ข. มานอมิเตอร์
 - ค. เทอร์โมมิเตอร์
 - ง. ไฮโดรมิเตอร์
๘. อ่านความดันจากบารอมิเตอร์ได้ 760 mmHg ความดันในหน่วย kN/m^2 มีค่าเท่าไร เมื่อปรอทมีความหนาแน่นเท่ากับ $13,600 \text{ kg/m}^3$
 - ก. 7.46 kPa
 - ข. 10.46 kPa
 - ค. 101.4 kPa
 - ง. 133.4 kPa
๙. จากรูป ระดับความสูง h ของของเหลวชนิดที่ ๓ มีค่าเท่าไร เมื่อความหนาแน่นของของเหลวชนิดที่ ๑, ๒ และ ๓ มีค่าเท่ากับ 704 kg/m^3 , $1,558 \text{ kg/m}^3$ และ $1,258 \text{ kg/m}^3$ ตามลำดับ



- ก. 114.55 mm
- ข. 108.45 mm
- ค. 82.41 mm
- ง. 67.15 mm

๑๐. มานอมิเตอร์ ใช้สำหรับวัดความดัน ดังรูป ถ้าความดันบรรยากาศขณะนั้นเท่ากับ ๙๘ kPa ความดันสัมบูรณ์ที่จุด A มีค่าเท่าไร



ก. ๔๐.๘๔ kPa

ค. ๑๓๘.๘๔ kPa

ข. ๙๘.๔๒ kPa

ง. ๑๓๙.๒๗ kPa

๑๑. ตำแหน่งของแรงที่กระทำต่อพื้นที่ของพื้นผิวที่จมอยู่ในของไหลเรียกว่าอะไร

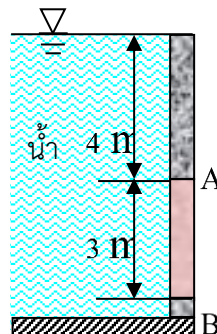
ก. จุดศูนย์กลางของระนาบ

ข. จุดศูนย์กลางความดัน

ค. จุดศูนย์กลางของพื้นที่

ง. โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่

๑๒. จากรูป ประตูน้ำ AB กว้าง ๒ m และสูง ๓ m ขนาดของแรงลัพธ์ที่น้ำกระทำกับประตูมีค่าเท่าไร



ก. ๑๗๖.๕๘ kN

ค. ๓๒๓.๗๓ kN

ข. ๒๓๕.๔๔ kN

ง. ๔๑๒.๐๒ kN

๑๓. จากข้อ ๑๕ ตำแหน่งที่แรงลัพธ์กระทำห่างจากผิวอิสระของน้ำลึกลงไปเท่าไร

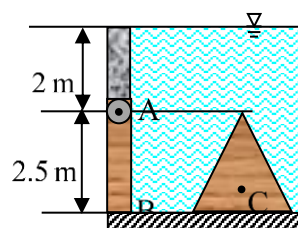
ก. ๖.๒๕ m

ข. ๕.๖๔ m

ค. ๕.๕๐ m

ง. ๔.๕๐ m

๑๔. ประตูน้ำรูปสามเหลี่ยมกว้าง ๑.๕ m ตั้งอยู่ในแนวตั้ง ดังรูปจงหาขนาดของแรงที่น้ำกระทำกับประตู



ก. ๖๗.๗๐ kN

ค. ๒๒๕ kN

ข. ๑๑๕.๓๐ kN

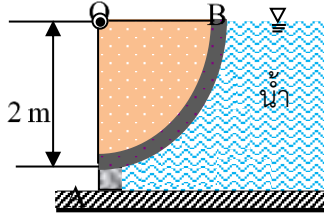
ง. ๒๗๕.๙๐ kN

๑๕. เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์แรงที่กระทำกับพื้นผิวโค้งข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. หาแรงที่กระทำที่จุดศูนย์กลางของระนาบ ข. หาแรงที่กระทำที่จุดศูนย์กลางความดัน

ค. แยกแรงออกเป็นสองแรงตั้งฉากต่อกัน ง. แยกแรงออกเป็นสามแรงตั้งฉากต่อกัน

๑๖. ประตุน้ำรูปสี่เหลี่ยมกลม AB ยาว ๓ m ขนาดของแรงลัพธ์ที่น้ำกระทำกับประตูมีค่าเท่าไร



ก. ๑๐๙.๖๑ kN

ข. ๑๒๗.๓๐ kN

ค. ๒๓๒.๓๓ kN

ง. ๓๑๒.๔๑ kN

๑๗. สภาพการสมดุลของวัตถุในของไหลที่สามารถกลับสู่สภาพเดิมได้หรือไม่เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำกับวัตถุ เรียกว่าอะไร

ก. แรงลอยตัวของวัตถุ

ข. เสถียรภาพการลอยตัวของวัตถุ

ค. แรงดันของน้ำเนื่องจากความลึก

ง. โมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุ

๑๘. แรงที่พยายามดันให้วัตถุลอยขึ้นสู่ผิวอิสระของของไหลในแนวดิ่งเรียกว่าแรงอะไร

ก. แรงดันของของไหลที่กระทำต่อวัตถุ

ข. แรงภายนอกที่กระทำต่อวัตถุที่จมอยู่ในของไหล

ค. แรงเนื่องจากความลึกของของไหล

ง. แรงลอยตัว

๑๙. ท่อนไม้ขนาด ๐.๐๘ m X ๐.๐๘ m ยาว ๑.๕ m มีความถ่วงจำเพาะ ๐.๗๐ ที่ปลายด้านหนึ่งผูกติดกับเหล็ก เพื่อให้ท่อนไม้ลอยอยู่ในแนวดิ่งและมีแรงลอยตัวเท่ากับ ๖๕ N ท่อนไม้ส่วนที่จมน้ำยาวกี่เมตร

ก. ๐.๒๐ m

ข. ๐.๘๐ m

ค. ๑.๐๔ m

ง. ๑.๔๘ m

๒๐. ไฮโดรมิเตอร์หนัก ๐.๑๕ N มีเส้นผ่านศูนย์กลางหลอดแก้ว ๑๐ mm นำไปลอยในของเหลว ที่มีความถ่วงจำเพาะ ๐.๘๒๑ ความยาวของหลอดแก้วที่จมในของเหลวมีค่าเท่าไร

ก. ๔๖ mm

ข. ๒๖ mm

ค. ๕.๑๐ mm

ง. ๑.๐๐ mm

๗.เอกสารอ้างอิง

สำนักพิมพ์เอมพันธ์ วิชาการศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ผู้แต่ง อ.วีระศักดิ์ มะโนน้อม

	ใบกิจกรรมที่ ๒	หน่วยที่ ๒
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๓-๕
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานของไหลสถิต	ทฤษฎี ๙ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานของไหลสถิต		

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิตศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๓.๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับงานของไหลสถิต

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

๔.๑ บอกหน่วยที่ใช้ในจำกัดความของคุณสมบัติต่างๆ ของของไหลได้ถูกต้อง

๔.๒ อธิบายการไหลของงานไหลสถิตให้ถูกต้อง

๔.๓ คำนวณหาแรงที่กระทำบนพื้นผิวของของไหลได้ถูกต้อง

๕. สารการเรียนรู้

๕.๑ งานความดันในของไหล

๕.๒ งานแรงกระทำของของไหลบนพื้นที่ผิวเรียบ

๕.๓ งานแรงกระทำของของไหลบนพื้นที่ผิวโค้ง

๕.๔ งานสมดุลทางการลอยตัวของวัตถุ

๖. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

๖.๑ สามารถประยุกต์ใช้หลักสถิตศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล

๗. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ใบกิจกรรมที่ ๒

คำสั่ง ให้ผู้เรียนอธิบายคุณสมบัติของของไหลดังต่อไปนี้

๑. ของไหลสถิต หมายถึง

.....

.....

๒. ลักษณะของความดันและแรงดันที่กระทำต่อของไหลที่อยู่นิ่ง คือ

.....

.....

๓. ความดัน หมายถึง

.....

.....

๔. ค่าความดันบรรยากาศมาตรฐานวัดที่ระดับน้ำทะเล มีค่าเท่ากับ

.....

.....

๕. ความดันสัมบูรณ์ คือ

.....

.....

๖.ค่าความดันบรรยากาศมาตรฐานเทียบได้กับความสูงของปรอทเท่ากับ

.....
.....

๗.ความตึงผิวของของเหลว หมายถึงอะไร

.....
.....

๘.หน่วยของความดันในระบบ เอสไอ คือ

.....
.....

๙.ความดันที่มีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าความดันบรรยากาศ

.....
.....

๑๐. ๑ bar มีค่าเท่ากับ

.....
.....

๘. สรุปและวิจารณ์ผล

ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเนื้อหา

๙.การประเมินผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๖๐ และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้อง ปฏิบัติงานใหม่

๑๐. เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

สำนักพิมพ์เอมพันธ์ วิชากลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ผู้แต่ง อ.วีระศักดิ์ มะโนน้อม

นิตยา หวังวงศ์วิโรจน์. กลศาสตร์ของไหลและชลศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล, 2539.

มนต์ชัย กาทอง. เทอร์โมไดนามิกส์ เล่ม 1. สมุทรปราการ : กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเรือ

ฝ่ายศึกษาโรงเรียนนายเรือ, 2538. (อัดสำเนา)

	ใบงานที่ ๒.๑	หน่วยที่ ๒
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๓-๕
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานของไหลสถิต	ทฤษฎี ๙ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานของไหลสถิต		

๑.ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิตศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒.อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓.สมรรถนะประจำหน่วย

๓.๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับงานของไหลสถิต

๔.จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

๔.๑ บอกหน่วยที่ใช้ในจำกัดความของคุณสมบัติต่างๆ ของของไหลได้ถูกต้อง

๔.๒ อธิบายการไหลของงานไหลสถิตให้ถูกต้อง

๔.๓ คำนวณหาแรงที่กระทำบนพื้นผิวของของไหลได้ถูกต้อง

๕.สาระการเรียนรู้

๕.๑ งานความดันในของไหล

๕.๒ งานแรงกระทำของของไหลบนพื้นที่ผิวเรียบ

๕.๓ งานแรงกระทำของของไหลบนพื้นที่ผิวโค้ง

๕.๔ งานสมดุลทางการลอยตัวของวัตถุ

๖. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

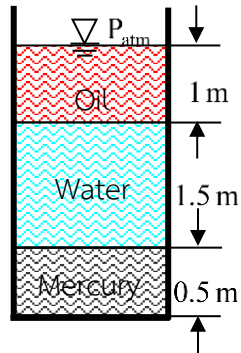
๖.๑ สามารถประยุกต์ใช้หลักสถิตศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล

๗. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ใบงานที่ ๒.๑

คำสั่ง ให้ผู้เรียนแสดงวิธีการคำนวณงานของไหลสถิต ดังต่อไปนี้

๑. ถังบรรจุของเหลวที่อุณหภูมิ 20°C และความดันบรรยากาศเท่ากับ 101.3 kPa ดังรูป จงหาความดันที่ก้นถัง กำหนดให้ $g = 9.79\text{ m/s}^2$, $\rho_{\text{oil}} = 850\text{ kg/m}^3$, $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1,000\text{ kg/m}^3$, $\rho_{\text{Hg}} = 13,600\text{ kg/m}^3$



.....

.....

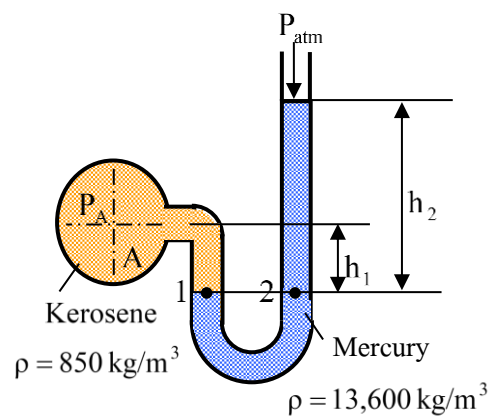
.....

.....

.....

.....

๒. มานอมิเตอร์รูปตัวยู บรรจุของไหล ๒ ชนิด ดังรูป ถ้าความดันบรรยากาศเท่ากับ 97 kPa จงหาความดันสัมบูรณ์ที่จุด A กำหนดให้ $h_1 = 400\text{ mm}$ และ $h_2 = 600\text{ mm}$



.....

.....

.....

.....

.....

.....

๘. สรุปและวิจารณ์ผล

ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเนื้อหา

๙. การประเมินผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๖๐ และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้อง ปฏิบัติงานใหม่

๑๐. เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

สำนักพิมพ์เอมพันธ์ วิชาการศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ผู้แต่ง อ.วีระศักดิ์ มะโนน้อม

นิตยา หวังวงศ์วิโรจน์. กลศาสตร์ของไหลและชลศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล, 2539.

มนต์ชัย กาทอง. เทอร์โมไดนามิกส์ เล่ม 1. สมุทรปราการ : กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเรือ

ฝ่ายศึกษาโรงเรียนนายเรือ, 2538. (อัดสำเนา)

	ใบงานที่ ๒.๒	หน่วยที่ ๒
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๓-๕
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานของไหลสถิต	ทฤษฎี ๙ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานแรงกระทำของของไหลบนพื้นที่ผิวโค้ง		

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิตศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

๓.๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับงานของไหลสถิต

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (เขียนให้ครบด้าน พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย และ ประยุกต์ใช้ฯ)

๔.๑ บอกหน่วยที่ใช้ในจำกัดความของคุณสมบัติต่างๆ ของของไหลได้ถูกต้อง

๔.๒ อธิบายการไหลของงานไหลสถิตให้ถูกต้อง

๔.๓ คำนวณหาแรงที่กระทำบนพื้นที่ผิวของของไหลได้ถูกต้อง

๕. สารการเรียนรู้

๕.๑ งานความดันในของไหล

๕.๒ งานแรงกระทำของของไหลบนพื้นที่ผิวเรียบ

๕.๓ งานแรงกระทำของของไหลบนพื้นที่ผิวโค้ง

๕.๔ งานสมดุลทางการลอยตัวของวัตถุ

๖. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

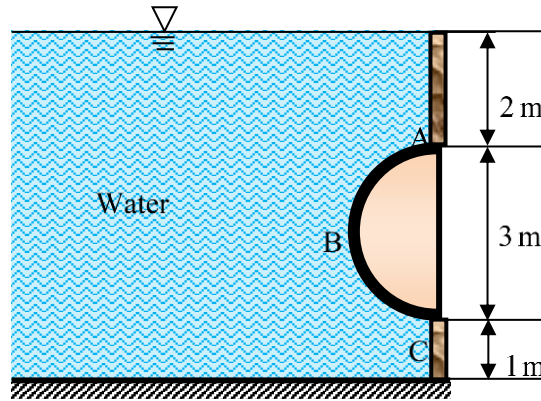
๖.๑ สามารถประยุกต์ใช้หลักสถิตศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล

๗. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ใบงานที่ ๒.๒

คำสั่ง ให้ผู้เรียนแสดงวิธีการคำนวณงานของไหลสถิต ดังต่อไปนี้

๑. ประตูน้ำผิวโค้งรูปทรงกระบอกครึ่งวงกลม ABC จงหาขนาดและตำแหน่งของแรงในแนวราบและแนวดิ่งที่น้ำกระทำกับบานประตูโดยคิดต่อความกว้างหนึ่งเมตรของบานประตู



.....

.....

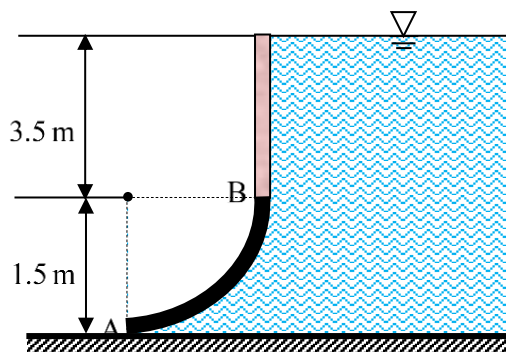
.....

.....

.....

.....

๒. ประตูน้ำรูปสี่เหลี่ยมวงกลม AB มีรัศมี ๑.๕ m ยาว ๒ m ทิศทางตั้งฉากกับหน้ากระดาน จงหาขนาดและตำแหน่งของแรงในแนวราบและแนวดิ่งที่น้ำกระทำกับบานประตู



.....

.....

.....

.....

.....

.....

๘. สรุปและวิจารณ์ผล

ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเนื้อหา

๙. การประเมินผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๖๐ และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้อง ปฏิบัติงานใหม่

๑๐. เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

สำนักพิมพ์เอมพันธ์ วิชาการศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ผู้แต่ง อ.วีระศักดิ์ มะโนน้อม

นิตยา หวังวงศ์โรจน์. กลศาสตร์ของไหลและชลศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล, 2539.

มนต์ชัย กาทอง. เทอร์โมไดนามิกส์ เล่ม 1. สมุทรปราการ : กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเรือ

ฝ่ายศึกษาโรงเรียนนายเรือ, 2538. (อัดสำเนา)

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ ๓
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๖-๘
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานของไหลเคลื่อนที่	ทฤษฎี ๙ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานของไหลเคลื่อนที่		

๑.ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒.อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓.สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับความดันของไหลที่หยุดนิ่ง
- ๓.๒. คำนวณหาความดันของของไหลที่หยุดนิ่ง

๔.จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- ๔.๑ จำแนกชนิดของการไหลของของไหลได้ถูกต้อง
- ๔.๒ อธิบายการไหลต่อเนื่องได้ถูกต้อง
- ๔.๓ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับพื้นที่หน้าตัดได้ถูกต้อง
- ๔.๔ คำนวณหาค่าอัตราการไหลของของไหลได้ถูกต้อง

๕.สาระการเรียนรู้

- ๕.๑ งานจำแนกชนิดของการไหลของของไหล
- ๕.๒ งานหาค่าอัตราการไหลของของไหล
- ๕.๓ งานการไหลต่อเนื่อง
- ๕.๔ งานพลังการไหลของของไหล

๖.กิจกรรมการเรียนรู้

๖.๑ การนำเข้าสู่บทเรียน

๑. นำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้คำถามนำเข้า เช่น
 - ถามคำถามที่เกี่ยวข้องกับการไหลของของไหลเพื่อสร้างความสนใจ
๒. ผู้เรียนอธิบายความหมายของการสมดุลของของไหลที่อยู่นิ่ง

การสมดุลของของไหลที่อยู่นิ่ง หมายถึง ของไหลที่ไม่มีการเคลื่อนที่และไม่มีความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างชั้นของ ของไหลนั้น โดยไม่คำนึงถึงความหนืด ความเค้นเฉือนระหว่างของของไหล

๖.๒ การเรียนรู้

- ๖.๒.๑ หนังสือเรียน วิชากลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ของสำนักพิมพ์เอมพันธ์
- ๖.๒.๒ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ และ Power Point
- ๖.๒.๓ กิจกรรมการเรียนการสอน
- ๖.๒.๔ รูปภาพประกอบ

๖.๓ การสรุป

- ๖.๓.๑ สรุปบทเรียนส่วนที่เป็นสาระสำคัญ
- ๖.๔ การวัดและประเมินผล
 - ๖.๔.๑ สังเกตพฤติกรรมรายบุคคล
 - ๖.๔.๒ กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้
 - ๖.๔.๓ ใบงาน

๗.สื่อและแหล่งการเรียนรู้

- ๗.๑ Power Point เรื่อง การสมดุลของของไหลที่อยู่นิ่ง
- ๗.๒ VDO เรื่อง ชนิดของการไหลของของไหล พลังงานและอัตราการไหลของของไหล
- ๗.๓ หนังสือวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล

๘.หลักฐานการเรียนรู้

- ๘.๑ แผนการจัดการเรียนรู้
- ๘.๒ ใบความรู้ ใบปฏิบัติงาน
- ๘.๓ แบบประเมินและแบบสังเกตต่าง ๆ
- ๘.๔ บันทึกการสอนของผู้สอน

๙.การวัดและประเมินผล

- ๙.๑ เกณฑ์การปฏิบัติงาน
 - ๑. วางแผนและเตรียมความพร้อมในการใช้ความรู้เบื้องต้น เรื่อง งานของไหลเคลื่อนที่
 - ๒. สรุปผลการวางแผนช่องทางการใช้ความรู้เบื้องต้น เรื่อง งานของไหลเคลื่อนที่
- ๙.๒ วิธีการประเมิน
 - ๑. พิจารณาหลักฐานความรู้
 - ๒. พิจารณาหลักฐานการปฏิบัติงาน
- ๙.๓ เครื่องมือประเมิน
 - ๑. แบบทดสอบก่อนเรียน
 - ๒. ใบความรู้ที่ ๓
 - ๓. แบบประเมินแฟ้มสะสมผลงาน

๑๐.บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

- ๑๐.๑ ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

- ๑๐.๒ ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

- ๑๐.๓ การแก้ไขปัญหา

.....

.....

- ๑) ผลการแก้ไขปัญหาส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

- ๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

	ใบความรู้ที่ ๓	หน่วยที่ ๓
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๖-๘
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานของไหลเคลื่อนที่	ทฤษฎี ๙ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานของไหลเคลื่อนที่		

๑.ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒.อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓.สมรรถนะประจำหน่วย

๓.๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับความดันของไหลที่หยุดนิ่ง

๓.๒. คำนวณหาความดันของของไหลที่หยุดนิ่ง

๔.จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

๔.๑ จำแนกชนิดของการไหลของของไหลได้ถูกต้อง

๔.๒ อธิบายการไหลต่อเนื่องได้ถูกต้อง

๔.๓ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับพื้นที่หน้าตัดได้ถูกต้อง

๔.๔ คำนวณหาค่าอัตราการไหลของของไหลได้ถูกต้อง

๕.เนื้อหาสาระ

การวัดความดัน (Pressure and Head Measurement)

การสมดุลของของไหลที่อยู่นิ่ง หมายถึง ของไหลที่ไม่มีการเคลื่อนที่และไม่มีความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างชั้นของ ของไหลนั้นๆ โดยไม่คำนึงถึงความหนืด ความเค้นเฉือนระหว่างของของไหล

การวัดความดัน โดยทั่วไปวัดได้ ๓ แบบ คือ

๑. วัดเป็นแรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Pressure Unit)

๒. วัดเป็นความสูงของลำของเหลว (Head Pressure) โดยลำของของเหลวจะมีพื้นที่หน้าตัดเท่าใดก็ได้

๓. วัดเป็นบรรยากาศ (Atmosphere) โดยวัดเป็นกิโลกรัมของบรรยากาศมาตรฐาน (Standard Atmosphere Pressure) ความดัน ๑ บรรยากาศมาตรฐาน หมายถึง ความดันที่เกิดจากน้ำหนักของอากาศในบรรยากาศโลก ซึ่งมีผลทำให้พื้นที่หรือจุดใดๆ ณ ระดับน้ำทะเลและที่อุณหภูมิ ๓๒ °F หรือ ๐ °C

เกิดผลดังนี้

๑. ทำให้เกิดแรง ๑.๐๓๒๓ กิโลกรัมแรง กดลงบนพื้นที่ ๑ ตารางเซนติเมตร หรือทำให้เกิดแรง ๑๔.๗ ปอนด์ กดลงบนพื้นที่ ๑ ตารางนิ้ว

๒. ทำให้เกิดแรงดันน้ำขึ้นไปในหลอดแก้วได้สูงเท่ากับ ๑๐.๓ เมตร หรือ ๓๓.๘๔๘๖ ฟุต

๓. ทำให้เกิดแรงดันปรอทขึ้นสูงไปในหลอดแก้ว เท่ากับ ๗๖๐ มิลลิเมตร หรือ ๒๙.๙๒๑๓ นิ้ว

หน่วยที่ใช้ในการวัดความดัน (S.I. Unit)

ความดัน (Pressure) วัดเป็น N/m^2 , KN/m^2 , Pa

ความสูงของลำของเหลว (Head) วัดเป็น m, mm

ความดันบรรยากาศ (Atmosphere) วัดเป็น bar (๑ bar = 10^5 N/m^2)

การอ่านค่าความดัน (Pressure Reading) การอ่านค่าความดัน โดยทั่วไปอ่านได้ ๓ แบบ คือ

๑. อ่านเป็นความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure or Absolute: Head) หมายถึง ความดันที่อ่านได้ ณ จุดใดเมื่อเทียบกับจุดที่เป็นสุญญากาศโดยสัมบูรณ์

๑.๑ กรณีความดันที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด

ความดันสัมบูรณ์ = ความดันของบรรยากาศ + ความดันที่อ่านจากเกจ

๑.๒ กรณีความดันที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดสุญญากาศ

ความดันสัมบูรณ์ = ความดันของบรรยากาศ – ความดันที่อ่านจากเกจ

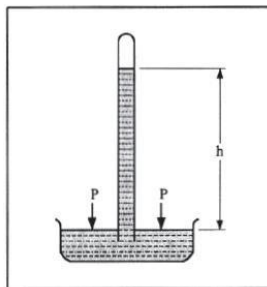
๒. อ่านค่าความดันมาตร (Gauge pressure or Gauge Head) หมายถึง ความดันที่อ่านได้ ณ จุดใดๆ เมื่อเทียบกับจุดที่เป็นความดันบรรยากาศ ณ ที่นั้นโดยใช้บรรยากาศ ณ ที่นั้นเป็นระดับอ้างอิงในการวัด

๓. อ่านจากความดันแตกต่าง (Differential Pressure or Differential Head) หมายถึง ความดันที่อ่านได้ จากผลต่างระหว่างความดันของจุดสองจุด ใช้ระดับสมมติ (Datum Line) เป็นจุดอ้างอิง

เครื่องมือที่ใช้วัดความดัน (Measurement of Pressure) เครื่องมือที่ใช้วัดความดัน โดยทั่วไปมีหลายชนิดด้วยกัน ดังนี้

๑. บารอมิเตอร์ (Barometer)

บารอมิเตอร์ใช้วัดความดันของบรรยากาศของเหลวที่บรรจุในภาชนะเป็นปรอท (Hg) ความสูงของปรอท ในหลอดแก้ว (h) ณ ที่เหนือระดับน้ำทะเลหรือ ๑ บรรยากาศเท่ากับ ๗๖๐ มิลลิเมตรหรือเท่ากับ ๓๓.๙ ฟุตน้ำ



จากสูตร

$$P = \gamma \cdot h$$

โดย

$$\gamma = \rho \cdot g$$

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

ดังนั้น

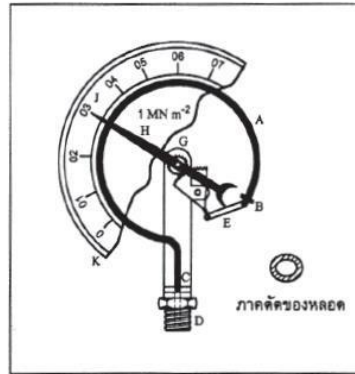
$$P_a = \rho_m \cdot g \cdot h \quad \dots 3.1$$

$$P_a = S_m \cdot \rho_m \cdot g \cdot h$$

$$\therefore h = \frac{P_a}{S_m \cdot \rho_m \cdot g} \quad \dots 3.2$$

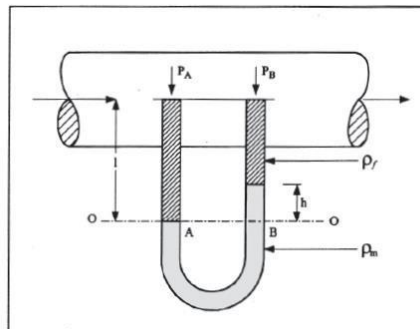
๒. เครื่องวัดความดันแบบบูดอง (Bourdon)

เครื่องมือชนิดนี้วัดความดันที่ต่ำกว่าและสูงกว่าความดันบรรยากาศได้ และสามารถวัดความดันเกจได้ ถ้า ต้องการหาความดันสัมบูรณ์ก็ต้องนำค่าที่อ่านได้ไปบวกกับความดันบรรยากาศ อุปกรณ์ของเครื่องวัดแบบบูดองนี้ประกอบด้วย หลอดซึ่งมีภาคตัดขวางเป็นรูปไป และตัดเป็นส่วนโค้งของ วงกลม ปลายหลอดเชื่อมปิดสนิทอีกปลายข้างหนึ่งต่อกับ อุปกรณ์ที่ใช้วัดความดันเมื่อความดันภายในหลอดเพิ่มขึ้น หลอดจะดันออก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความดันจะไปปรากฏเป็น การเคลื่อนไหวของปลายท่อปิดซึ่งต่อกับกลไกทำให้เข็ม ชี้หมุนไปตามสเกลที่แบ่งไว้ แล้วอ่านค่าออกมา



๓. แมนอมิเตอร์แบบตัวยู (U-Tube Manometer)

แมนอมิเตอร์แบบตัวยู ใช้วัดความดันแตกต่างระหว่างจุดสองจุดในท่อ



ที่ระดับสมมติ (Datum Line) มีความดันต่างกัน

ระดับ 0-0 ; ความดันที่จุด A = ความดันที่จุด B

$$P_A + \rho_f \cdot g \cdot l = P_B + \rho_f g (l-h) + \rho_m \cdot g \cdot h$$

$$P_A + \rho_f \cdot g \cdot l = P_B + \rho_f \cdot g \cdot l - \rho_f \cdot g \cdot h + \rho_m \cdot g \cdot h$$

$$P_A - P_B = g \cdot h (\rho_m - \rho_f)$$

$$\frac{P_A - P_B}{\rho_f \cdot g} = \frac{h \cdot (\rho_m - \rho_f)}{\rho_f}$$

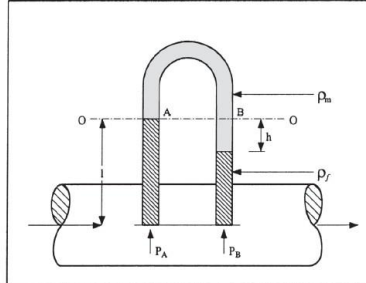
ดังนั้น

$$P_A - P_B = \rho_f \cdot g \cdot h (\rho_m / \rho_f - 1)$$

... 3.3

๔. แมนอมิเตอร์แบบตัวยู-คว่ำ (Inverted Tube manometer)

แมนอมิเตอร์แบบตัวยู-คว่ำ ใช้วัดความดันแตกต่างระหว่างจุดสองจุดในท่อโดยของเหลวที่บรรจุอยู่ใน Inverted Tube manometer ค่าความถ่วงจำเพาะจะเบากว่าของเหลวที่เราต้องการวัด



ที่ระดับสมมติ O-O

$$P_A - \rho_f \cdot g \cdot l = P_B - \rho_f \cdot g (l-h) + \rho_m \cdot g \cdot h$$

$$P_A - P_B = g \cdot h (\rho_f - \rho_m)$$

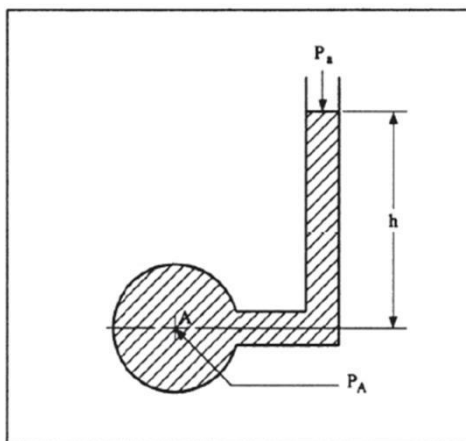
ใช้ ρ_f หารตลอด

$$\frac{P_A - P_B}{\rho_f \cdot g} = h [1 - (\rho_m / \rho_f)]$$

$$P_A - P_B = \rho_f \cdot g \cdot h [1 - (\rho_m / \rho_f)] \quad \dots 3.5$$

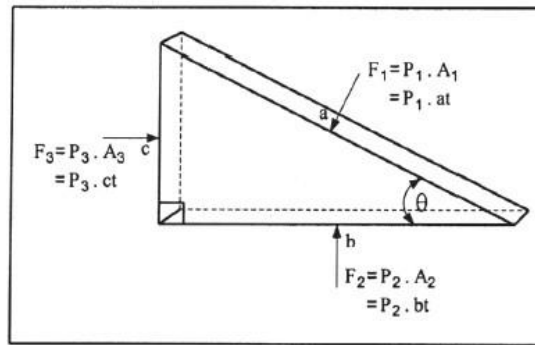
$$P_A - P_B = \rho_f \cdot g \cdot h [1 - (S_m / S_f)] \quad \dots 3.6$$

๕. การวัดความดันที่จุดของไหล (Measurement of Pressure at a Point)



กฎของปาสกาล (Pascal's Law)

กฎของปาสกาลกล่าวไว้ว่า "ความดันของของไหลที่จุดใดจุดหนึ่งจะมีค่าเท่ากันทุกทิศทาง" จากการพิสูจน์ พิจารณาของไหลก้อนหนึ่งที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ด้านทั้งสามยาว a, b และ c ตามลำดับ และมี ความหนาเป็น t ดังรูป สมมติให้ความดันที่กระทำตั้งฉากกับด้าน a, b และ c เป็น P_1, P_2 และ P_3 ตามลำดับ เมื่อ ก้อนของของไหลอยู่ในสภาวะสมดุล ผลรวมของแรงในแนวดิ่ง และแนวระดับเท่ากับศูนย์ จะได้ว่า



เมื่อก้อนของของไหลอยู่ในสภาวะสมดุล

$$F_1 \cos \theta = F_2$$

$$F_1 \cos \theta = F_3$$

จากสมการ 3.18 แทนค่า $F_1 = P_1 at$ และ $F_2 = P_2 bt$ จะได้

$$P_1 at \cos \theta = P_2 bt$$

$$\text{แต่} \quad \cos \theta = \frac{b}{a}$$

$$\therefore b = a \cos \theta$$

$$\text{แทนค่า } b \text{ ในสมการ 3.20} \quad P_1 at \cos \theta = P_2 at \cos \theta$$

$$P_1 = P_2$$

จากสมการ 3.19 แทนค่า $F_1 = P_1 at$ และ $F_3 = P_3 ct$ จะได้

$$P_1 at \sin \theta = P_3 ct$$

$$\text{แต่} \quad \sin \theta = \frac{c}{a}$$

$$\therefore c = a \sin \theta$$

แทนค่า c ในสมการ 3.21

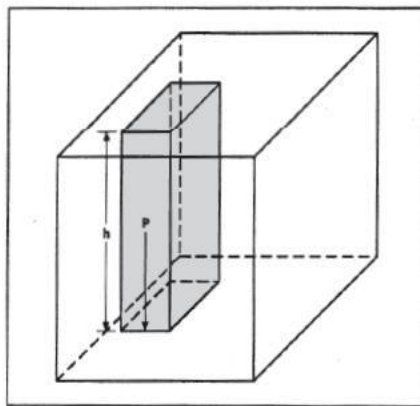
$$P_1 \text{ at } \sin \theta = P_3 \text{ at } \sin \theta$$

$$P_1 = P_3$$

ซึ่งจะเห็นได้ว่า $P_1 = P_2 = P_3$ ดังนั้น ความดันทุกทิศทางจะมีค่าเท่ากันหมดตามกฎของปาสกาล น้ำหนักของก้อนของไหลนี้ไม่น่ามาคิด เพราะมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับแรงทั้งสาม ทั้งนี้เพราะว่าเมื่อก้อนของไหลมีขนาดเล็กมากจนเกือบจะเป็นจุด น้ำหนักจะมีค่าน้อยตามไปด้วย

ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับพื้นที่หน้าตัด (Relation of Pressure and Head)

ความดันของของเหลวจะมีค่าแตกต่างกันที่ระดับความลึกต่างกัน ที่ระดับลึกมาก ๆ ความดันของของเหลวจะมีมาก ดังนั้น ความดันจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความลึกของของเหลวนั้น ของเหลวมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ A บรรจุอยู่ในภาชนะสูง h ความดันของของเหลวที่ก้นกล่องเท่ากับ P และปริมาตรของของเหลวมีค่าเท่ากับ Ah



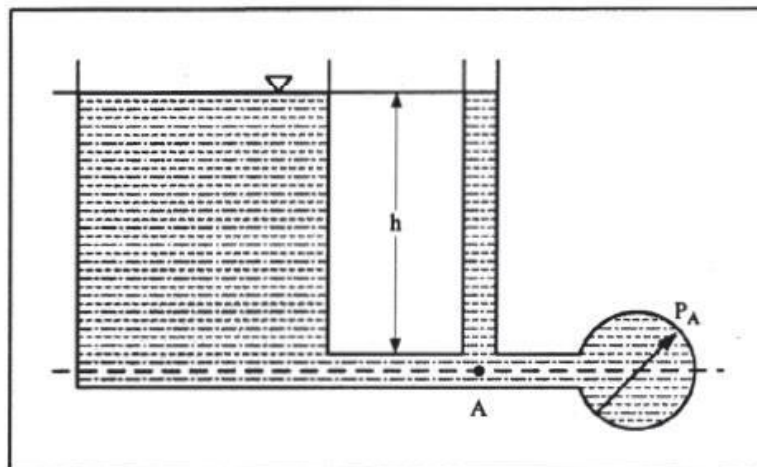
ความดันของของไหลมีค่าเท่ากับแรงที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ดังนั้น

$$\begin{aligned} P &= \frac{F}{A} \\ \text{โดย } F &= m \cdot g \\ \rho &= \frac{m}{v} \\ m &= \rho \cdot v \\ v &= A \cdot h \\ \gamma &= \rho \cdot g \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{m \cdot g}{A} \\
 &= \frac{\rho \cdot v \cdot g}{A} \\
 &= \frac{\rho \cdot A \cdot h \cdot g}{A} \\
 &= \rho \cdot g \cdot h \\
 &= \gamma \cdot h \\
 P &= \gamma \cdot h
 \end{aligned}$$

ความดันของของไหล เท่ากับน้ำหนักจำเพาะคูณด้วยความสูงของของไหลนั้น ดังนั้น $P_A = \gamma \cdot h_A$ หมายความว่า ความดัน P_A ทำให้ของไหลซึ่งมีน้ำหนักจำเพาะ (γ) ขึ้นไปได้สูงจากจุด A เป็นระยะเท่ากับ h_A



ความสัมพันธ์ระหว่าง Pressure กับ Head จากสูตร $P = \gamma \cdot h$ เราสามารถเปลี่ยน Pressure เป็น Head หรือเปลี่ยน Head เป็น Pressure ได้ ที่จุด A วัด Gauge Pressure ได้ P_A และวัด Head Pressure ได้ $= h_A$, P_A และ h_A ต่างหมายถึงค่าความดันที่อ่านได้ที่จุด A แต่ P_A ไม่เท่ากับ h_A

๖.แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบเรื่อง ของไหลเคลื่อนที่

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (x) ทับลงบนตัวเลือกที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

๑. ข้อใดไม่ใช่กฎพื้นฐานที่นำไปใช้ในการวิเคราะห์ของไหลเคลื่อนที่
 - ก. กฎของนิวตัน
 - ข. กฎการอนุรักษ์พลังงาน
 - ค. กฎการอนุรักษ์มวล
 - ง. กฎของปาสคาล
 - จ. กฎของนิวตันและกฎของปาสคาล
๒. เส้นที่ลากสัมผัสกับความเร็วเฉลี่ยของการไหลทุกจุดในขณะใดขณะหนึ่งเรียกว่าเส้นอะไร
 - ก. เส้นการไหล
 - ข. เส้นเอดพลังงาน
 - ค. เส้นทางการไหล
 - ง. เส้นใยการไหล
 - จ. เส้นพลังงานไหลกลับ
๓. ข้อใดเป็นลักษณะการไหลแบบราบเรียบ
 - ก. อัตราการไหลไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา
 - ข. ความดันและปริมาตรแปรผกผันต่อกัน
 - ค. ไหลด้วยความเร็วสูง
 - ง. ไหลด้วยความเร็วต่ำและมีความหนืดสูง
 - จ. ไหลด้วยความเร็วเพิ่มขึ้น
๔. กำลังงานที่กังหันได้รับมีค่าเท่าไร
 - ก. ๒๒๕ kW
 - ข. ๒๓๐ kW
 - ค. ๒๑๓ kW
 - ง. ๒๒๓ kW
 - จ. ๒๔๕ kW
๕. น้ำบรรจุอยู่ในถัง ๓ m^๓ ไหลออกจากถังหมดภายในเวลา ๑๐ s น้ำไหลด้วยอัตราการไหลเท่าไร
 - ก. ๓๐ m^๓/s
 - ข. ๓๐๐ m^๓/s
 - ค. ๐.๓๐ m^๓/s
 - ง. ๓.๓๓ m^๓/s
 - จ. ๓๓๘.๓๐ m^๓/s
๖. พลังงานต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักเรียกว่าอะไร
 - ก. เอดพลังงานภายใน
 - ข. เอดพลังงาน
 - ค. เอดพลังงานเนื่องจากการไหล
 - ง. เอดพลังงานความดัน
 - จ. เอดพลังงานแรง
๗. ผลรวมของเอดความดันกับเอดระดับเรียกว่าอะไร
 - ก. เอดความเร็ว
 - ข. เอดพลังงานภายใน
 - ค. เอดสถิตย
 - ง. เอดพลังงานรวม
๘. พลังงานชนิดใดที่เกี่ยวข้องกับความเร็วของของไหล
 - ก. พลังงานความดัน
 - ข. พลังงานภายใน
 - ค. พลังงานจลน์
 - ง. พลังงานศักย์
 - จ. พลังงานตายนอก
๙. สมการการไหลต่อเนื่องได้มาจากกฎในข้อใด
 - ก. กฎของนิวตัน
 - ข. กฎของปาสคาล
 - ค. กฎของชาร์ล
 - ง. กฎการอนุรักษ์พลังงาน
 - จ. กฎการอนุรักษ์มวล
๑๐. พลังงานต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักเรียกว่าอะไร
 - ก. เอดพลังงานภายใน
 - ข. เอดพลังงาน
 - ค. เอดพลังงานเนื่องจากการไหล
 - ง. เอดพลังงานความดัน
 - จ. เอดพลังงานแรง

เฉลยแบบทดสอบเรื่อง ของไหลเคลื่อนที่

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (x) ทับลงบนตัวเลือกที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

๑. ข้อใดไม่ใช่กฎพื้นฐานที่นำไปใช้ในการวิเคราะห์ของไหลเคลื่อนที่
 - ก. กฎของนิวตัน
 - ข. กฎการอนุรักษ์พลังงาน
 - ค. กฎการอนุรักษ์มวล
 - ง. กฎของปาสคาล
๒. เส้นที่ลากสัมผัสกับความเร็วเฉลี่ยของการไหลทุกจุดในขณะใดขณะหนึ่งเรียกว่าเส้นอะไร
 - ก. เส้นการไหล
 - ข. เส้นเขตพลังงาน
 - ค. เส้นทางการไหล
 - ง. เส้นใยการไหล
๓. ข้อใดเป็นลักษณะการไหลแบบราบเรียบ
 - ก. อัตราการไหลไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา
 - ข. ความดันและปริมาตรแปรผกผันต่อกัน
 - ค. ไหลด้วยความเร็วสูง
 - ง. ไหลด้วยความเร็วต่ำและมีความหนืดสูง
๔. กำลังงานที่กังหันได้รับมีค่าเท่าไร
 - ก. ๒๒๕ kW
 - ข. ๒๓๐ kW
 - ค. ๒๑๓ kW
 - ง. ๒๒๓ kW
๕. น้ำบรรจุอยู่ในถัง ๓ m^3 ไหลออกจากถังหมดภายในเวลา ๑๐ s น้ำไหลด้วยอัตราการไหลเท่าไร
 - ก. ๓๐ m^3/s
 - ข. ๓๐๐ m^3/s
 - ค. ๐.๓๐ m^3/s
 - ง. ๓.๓๓ m^3/s
๖. พลังงานต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักเรียกว่าอะไร
 - ก. เขตพลังงานภายใน
 - ข. เขตพลังงาน
 - ค. เขตพลังงานเนื่องจากการไหล
 - ง. เขตพลังงานความดัน
๗. ผลรวมของเขตความดันกับเขตระดับเรียกว่าอะไร
 - ก. เขตความเร็ว
 - ข. เขตพลังงานภายใน
 - ค. เขตสถิติ
 - ง. เขตพลังงานรวม
๘. พลังงานชนิดใดที่เกี่ยวข้องกับความเร็วของของไหล
 - ก. พลังงานความดัน
 - ข. พลังงานภายใน
 - ค. พลังงานจลน์
 - ง. พลังงานศักย์
๙. สมการการไหลต่อเนื่องได้มาจากกฎในข้อใด
 - ก. กฎของนิวตัน
 - ข. กฎของปาสคาล
 - ค. กฎของชาร์ล
 - ง. กฎการอนุรักษ์พลังงาน
๑๐. พลังงานต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักเรียกว่าอะไร
 - ก. เขตพลังงานภายใน
 - ข. เขตพลังงาน
 - ค. เขตพลังงานเนื่องจากการไหล
 - ง. เขตพลังงานความดัน

๗.เอกสารอ้างอิง

สำนักพิมพ์เอนกพันธ์ วิชาการศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ผู้แต่ง อ.วีระศักดิ์ มะโนน้อม
นิตยา หวังวงศ์วิโรจน์. กลศาสตร์ของไหลและชลศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล, 2539.
มนต์ชัย กาทอง. เทอร์โมไดนามิกส์ เล่ม 1. สมุทรปราการ : กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเรือ
ฝ่ายศึกษาโรงเรียนนายเรือ, 2538. (อัดสำเนา)

	ใบกิจกรรมที่ ๓	หน่วยที่ ๓
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๖-๘
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานของไหลเคลื่อนที่	ทฤษฎี ๙ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานของไหลเคลื่อนที่		

๑.ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒.อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓.สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับความดันของไหลที่หยุดนิ่ง
- ๓.๒. คำนวณหาความดันของของไหลที่หยุดนิ่ง

๔.จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- ๔.๑ จำแนกชนิดของการไหลของของไหลได้ถูกต้อง
- ๔.๒ อธิบายการไหลต่อเนื่องได้ถูกต้อง
- ๔.๓ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับพื้นที่หน้าตัดได้ถูกต้อง
- ๔.๔ คำนวณหาค่าอัตราการไหลของของไหลได้ถูกต้อง

๕.สาระการเรียนรู้

- ๕.๑ งานจำแนกชนิดของการไหลของของไหล
- ๕.๒ งานหาค่าอัตราการไหลของของไหล
- ๕.๓ งานการไหลต่อเนื่อง
- ๕.๔ งานพลังการไหลของของไหล

๖. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

- ๖.๑ สามารถประยุกต์ใช้หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล

๗. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ใบกิจกรรมที่ ๓

คำสั่ง ให้ผู้เรียนอธิบายคุณสมบัติของของไหลดังต่อไปนี้

๑. ความดัน ๑ บรรยากาศมาตรฐาน หมายถึงอะไร

.....

๒. สูตรความดันสัมบูรณ์ที่อ่านได้จากเครื่องวัดสุญญากาศ ได้แก่อะไร

.....

๓. เครื่องมือวัดความดันแบบบูดอง ใช้วัดความดันอย่างไร

.....

๔. แมนอมิเตอร์แบบตัวยู ใช้วัดความดันอย่างไร

.....

๕. ดิฟเฟอร์เรนเชียลแมนอมิเตอร์ใช้วัดความดันอย่างไร

.....

๖. กฎของปาสกาลกล่าวไว้ว่าอย่างไร

.....

๗. การอ่านค่าเป็นความดันสัมบูรณ์หมายถึงอะไร

.....

๘. การสมดุลของของไหลที่อยู่นิ่ง หมายถึงอะไร

.....

๙. บารอมิเตอร์ คืออะไร

.....

๑๐. Head Pressure คืออะไร

.....

๘. สรุปและวิจารณ์ผล

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหา

๙. การประเมินผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๖๐ และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้อง ปฏิบัติงานใหม่

๑๐. เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

สำนักพิมพ์เอมพันธ์ วิชากลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ผู้แต่ง อ.วีระศักดิ์ มะโนน้อม

นิตยา หวังวงศ์โรจน์. กลศาสตร์ของไหลและชลศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล, 2539.

มนต์ชัย กาทอง. เทอร์โมไดนามิกส์ เล่ม 1. สมุทรปราการ : กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเรือ

ฝ่ายศึกษาโรงเรียนนายเรือ, 2538. (อัดสำเนา)

	ใบงานที่ ๓.๑	หน่วยที่ ๓
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๖-๘
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานของไหลเคลื่อนที่	ทฤษฎี ๙ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน อัตราการไหล		

๑.ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒.อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓.สมรรถนะประจำหน่วย

๓.๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับความดันของไหลที่หยุดนิ่ง

๓.๒. คำนวณหาความดันของของไหลที่หยุดนิ่ง

๔.จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

๔.๑ จำแนกชนิดของการไหลของของไหลได้ถูกต้อง

๔.๒ อธิบายการไหลต่อเนื่องได้ถูกต้อง

๔.๓ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับพื้นที่หน้าตัดได้ถูกต้อง

๔.๔ คำนวณหาค่าอัตราการไหลของของไหลได้ถูกต้อง

๕.สาระการเรียนรู้

๕.๑ งานจำแนกชนิดของการไหลของของไหล

๕.๒ งานหาค่าอัตราการไหลของของไหล

๕.๓ งานการไหลต่อเนื่อง

๕.๔ งานพลังการไหลของของไหล

๖. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

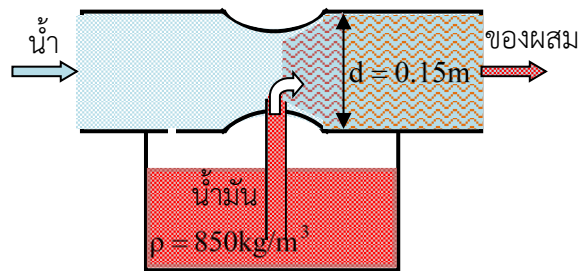
๖.๑ สามารถประยุกต์ใช้หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล

๗. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ใบงานที่ ๒.๑

คำสั่ง ให้ผู้เรียนแสดงวิธีการคำนวณงานของไหลสถิต ดังต่อไปนี้

๑. น้ำไหลผ่านคอขวดในอัตรา $0.20 \text{ m}^3/\text{s}$ ดูดน้ำมันจากถังไหลขึ้นไปผสมด้วยอัตรา $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$ ถ้าน้ำและน้ำมันผสมกันได้เป็นอย่างดี และเป็นของเหลวที่อัดตัวไม่ได้ จงหาความเร็วเฉลี่ยและความหนาแน่นของน้ำผสมกับน้ำมันที่ไหลออกผ่านท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.15 m



.....

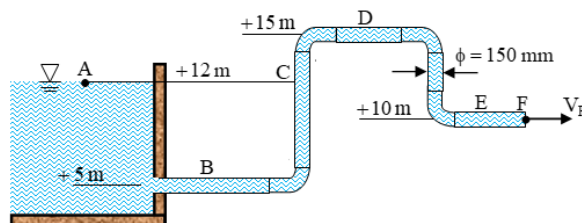
.....

.....

.....

.....

๒. น้ำมันก๊าดที่อุณหภูมิ 20°C มีความหนาแน่น 819 kg/m^3 ไหลผ่านท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 mm ดังรูป จงหาอัตราการไหล และ Pressure Head ที่จุด B, C, D และ E



.....

.....

.....

.....

.....

๘. สรุปและวิจารณ์ผล

ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเนื้อหา

๙. การประเมินผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๖๐ และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้อง ปฏิบัติงานใหม่

๑๐. เอกสารอ้างอิง / เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

สำนักพิมพ์เอ็มพันธ์ วิชาการศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ผู้แต่ง อ.วีระศักดิ์ มะโนน้อม

นิตยา หวังวงศ์โรจน์. กลศาสตร์ของไหลและชลศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล, 2539.

มนต์ชัย กาทอง. เทอร์โมไดนามิกส์ เล่ม 1. สมุทรปราการ : กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเรือ

ฝ่ายศึกษาโรงเรียนนายเรือ, 2538. (อัดสำเนา)

	ใบงานที่ ๓.๒	หน่วยที่ ๓
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๖-๘
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานของไหลเคลื่อนที่	ทฤษฎี ๙ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน สมการการไหลต่อเนื่อง		

๑.ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒.อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓.สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับความดันของไหลที่หยุดนิ่ง
- ๓.๒. คำนวณหาความดันของของไหลที่หยุดนิ่ง

๔.จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- ๔.๑ จำแนกชนิดของการไหลของของไหลได้ถูกต้อง
- ๔.๒ อธิบายการไหลต่อเนื่องได้ถูกต้อง
- ๔.๓ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับพื้นที่หน้าตัดได้ถูกต้อง
- ๔.๔ คำนวณหาค่าอัตราการไหลของของไหลได้ถูกต้อง

๕.สาระการเรียนรู้

- ๕.๑ งานจำแนกชนิดของการไหลของของไหล
- ๕.๒ งานหาค่าอัตราการไหลของของไหล
- ๕.๓ งานการไหลต่อเนื่อง
- ๕.๔ งานพลังการไหลของของไหล

๖. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

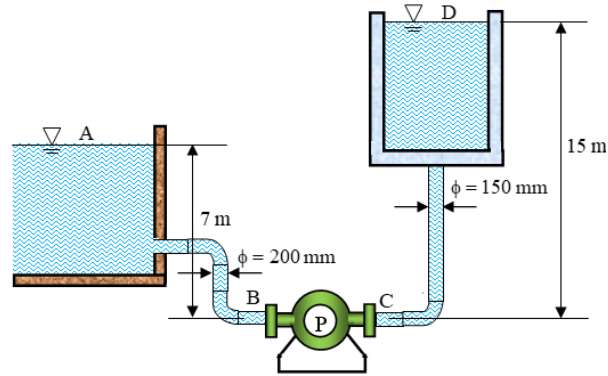
- ๖.๑ สามารถประยุกต์ใช้หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล

๗. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

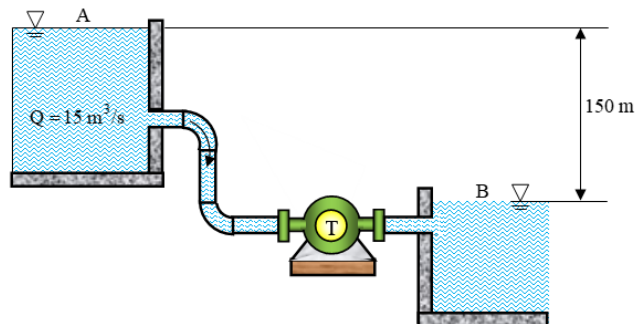
ใบงานที่ ๒.๑

คำสั่ง ให้ผู้เรียนแสดงวิธีการคำนวณงานของไหลสถิต ดังต่อไปนี้

๑. เครื่องสูบน้ำส่งน้ำจากถัง ไปยังถัง ดังรูป โดยใช้ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ด้วยอัตราการไหล พลังงานสูญเสียในท่อจาก ถัง เท่ากับ และจาก ถัง เท่ากับ และเครื่องสูบน้ำมีประสิทธิภาพเท่ากับ จงหา (ก) กำลังงานที่น้ำได้รับจากเครื่องสูบ (ข) กำลังงานที่เครื่องสูบต้องการ



๒. กังหันใช้สำหรับขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า รับน้ำจากเขื่อนโดยการปล่อยน้ำผ่านกังหันด้วยอัตราการไหล $15 \text{ m}^3/\text{s}$ มีการสูญเสียพลังงานขณะไหลเท่ากับ 2.5 m กังหันมีประสิทธิภาพเท่ากับ 90% จงหากำลังงานที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้รับจากกังหัน



๘. สรุปและวิจารณ์ผล

ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเนื้อหา

๙. การประเมินผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๖๐ และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้อง ปฏิบัติงานใหม่

๑๐. เอกสารอ้างอิง / เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

สำนักพิมพ์เอมพันธ์ วิชาการศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ผู้แต่ง อ.วีระศักดิ์ มะโนน้อม

นิตยา หวังวงศ์วิโรจน์. กลศาสตร์ของไหลและชลศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล, 2539.

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ ๔
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๙-๑๑
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานแรงและโมเมนต์ในของไหล	ทฤษฎี ๙ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานแรงและโมเมนต์ในของไหล		

๑.ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒.อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓.สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับแรงที่เกิดจากของเหลวกระทำต่อวัตถุ
- ๓.๒. คำนวณแรงที่เกิดจากของเหลวกระทำต่อวัตถุที่อยู่ในของเหลว

๔.จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- ๔.๑ อธิบายหลักการของแรงกระทำกับแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลวได้ถูกต้อง
- ๔.๒ อธิบายหลักการหาตำแหน่งที่แรงกระทำในแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลวได้ถูกต้อง
- ๔.๓ คำนวณหาแรงที่กระทำกับแผ่นราบได้ถูกต้อง
- ๔.๔ คำนวณหาตำแหน่งที่แรงกระทำกับแผ่นราบได้ถูกต้อง
- ๔.๕ คำนวณหาแรงที่กระทำกับแผ่นโค้งที่จมอยู่ภายใต้ของเหลวได้ถูกต้อง

๕ สารการเรียนรู้

- ๕.๑ แรงที่กระทำบนแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว
- ๕.๒ การหาตำแหน่งที่แรงกระทำ
- ๕.๓ แรงที่กระทำบนแผ่นโค้งที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว

๖.กิจกรรมการเรียนรู้

๖.๑ การนำเข้าสู่บทเรียน

๑. นำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้คำถามนำเข้า เช่น
 - แรงที่กระทำกับวัตถุที่จมนั้นคืออะไร
๒. ครูให้ผู้เรียนยกตัวอย่างแรงที่กระทำกับวัตถุที่จมนั้น

แรงที่กระทำกับวัตถุที่จมนั้น คือ วัตถุลักษณะต่าง ๆ ที่จมอยู่ในของเหลวใด ๆ จะมีแรงจากของเหลวนั้นกระทำ จำเป็นอย่างยิ่ง ต้องหาแรงที่กระทำกับตำแหน่งที่แรงนั้นกระทำกับวัตถุเพื่อในการออกแบบการใช้งานให้เหมาะสมกับ วัสดุที่ใช้นั้น เช่น เชือกกันน้ำ เป็นต้น

๖.๒ การเรียนรู้

- ๖.๒.๑ หนังสือเรียน วิชากลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ของสำนักพิมพ์เอมพันธ์
- ๖.๒.๒ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ และ Power Point
- ๖.๒.๓ กิจกรรมการเรียนรู้การสอน
- ๖.๒.๔ รูปภาพประกอบ

๖.๓ การสรุป

- ๖.๓.๑ สรุปบทเรียนส่วนที่เป็นสาระสำคัญ

๖.๔ การวัดและประเมินผล

- ๖.๔.๑ สังเกตพฤติกรรมรายบุคคล
- ๖.๔.๒ กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้
- ๖.๔.๓ ใบงาน

๗.สื่อและแหล่งการเรียนรู้

- ๗.๑ Power Point เรื่อง แรงและโมเมนต์ของไหล
- ๗.๒ VDO เรื่อง ชนิดของการไหลของของไหล พลังงานและอัตราการไหลของของไหล
- ๗.๓ หนังสือวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล

๘.หลักฐานการเรียนรู้

- ๘.๑ แผนการจัดการเรียนรู้
- ๘.๒ ใบความรู้ ใบปฏิบัติงาน
- ๘.๓ แบบประเมินและแบบสังเกตต่าง ๆ
- ๘.๔ บันทึกการสอนของผู้สอน

๙. การวัดและประเมินผล

- ๙.๑ เกณฑ์การปฏิบัติงาน
 - ๑. วางแผนและเตรียมความพร้อมในการใช้ความรู้เบื้องต้น เรื่อง แรงที่กระทำกับวัตถุที่จม
 - ๒. สรุปผลการวางแผนช่องทางการใช้ความรู้เบื้องต้น เรื่อง แรงที่กระทำกับวัตถุที่จม
- ๙.๒ วิธีการประเมิน
 - ๑. พิจารณาหลักฐานความรู้
 - ๒. พิจารณาหลักฐานการปฏิบัติงาน
- ๙.๓ เครื่องมือประเมิน
 - ๑. แบบทดสอบก่อนเรียน
 - ๒. ใบความรู้ที่ ๔
 - ๓. แบบประเมินแฟ้มสะสมผลงาน

๑๐. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

- ๑๐.๑ ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้

- ๑๐.๒ ปัญหาที่พบ

- ๑๐.๓ แนวทางแก้ปัญหา

	ใบความรู้ที่ ๔	หน่วยที่ ๔
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๙-๑๑
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานแรงและโมเมนต์ในของไหล	ทฤษฎี ๙ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานหาแรงที่กระทำบนแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว		

๑.ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒.อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓.สมรรถนะประจำหน่วย

๓.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับแรงที่เกิดจากของเหลวกระทำต่อวัตถุ

๓.๒ คำนวณแรงที่เกิดจากของเหลวกระทำต่อวัตถุที่อยู่ในของเหลว

๔.จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

๔.๑ อธิบายหลักการของแรงกระทำกับแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลวได้ถูกต้อง

๔.๒ อธิบายหลักการหาตำแหน่งที่แรงกระทำในแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลวได้ถูกต้อง

๔.๓ คำนวณหาแรงที่กระทำกับแผ่นราบได้ถูกต้อง

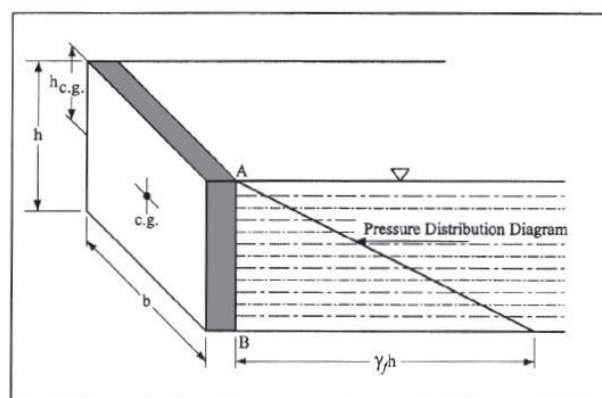
๔.๔ คำนวณหาตำแหน่งที่แรงกระทำกับแผ่นราบได้ถูกต้อง

๔.๕ คำนวณหาแรงที่กระทำกับแผ่นโค้งที่จมอยู่ภายใต้ของเหลวได้ถูกต้อง

๕.เนื้อหาสาระ

แรงที่กระทำบนแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว (Force on Plane Area)

ความดันที่กระทำกับวัตถุที่จมนั้นมีค่ามากขึ้นอยู่กับค่าความสูงหรือค่าความลึก (Head) ของของเหลว จากรูปที่จุด A มีค่าความดัน $PA = \gamma f \cdot h$ โดย ค่า $h=0$, ดังนั้นความดัน PA มีค่าเท่ากับศูนย์ ความดันจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมากที่สุด ที่จุด B ดังนั้น ความดันที่จุด B มีค่า $PB = \gamma f \cdot h$ เมื่อเขียนไดอะแกรมของความดันที่เกิดจากของของเหลวกระทำบนแผ่นราบ (Plane Area) จะได้รูป สามเหลี่ยม ซึ่งเรียกว่า Pressure Distribution Diagram



จากสูตร $P = \frac{F}{A}$

ดังนั้น $F = P \cdot A$

แรงที่กระทำ (F) กระทำลงบน Plane Area จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความดัน (P)

ที่จุด A, มีค่า $F_A = P_A \cdot A$
 $= 0 \cdot A$

ที่จุด B, มีค่า $F_B = P_B \cdot A$
 $F_B = \gamma_f \cdot h \cdot A$

เพราะว่า $F_{AVERAGE} = P_{AVERAGE} \cdot A$
 $P_{AVERAGE} = \frac{P_A + P_B}{2}$
 $= \frac{1}{2} \gamma_f \cdot h$

$A = \text{พื้นที่ภาชนะที่ของเหลวออกแรงกระทำ} = b \cdot h$

เพราะฉะนั้น $F = \frac{1}{2} \gamma_f \cdot h \cdot g \cdot h$

โดย $h_{c.g.}$ คือระยะจากระดับน้ำถึง c.g. ของประตู $\frac{h}{2}$

ดังนั้น แรงที่กระทำบนแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว คือ

$$F = \gamma_f \cdot h_{c.g.} \cdot A$$

โดย

$F =$ แรงที่กระทำบนแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว

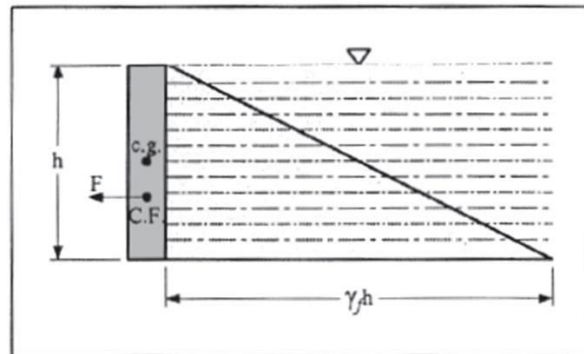
$\gamma_f =$ เป็นน้ำหนักจำเพาะของของเหลว

$h_{c.g.} =$ ระยะจากระดับน้ำถึง c.g. ของประตู

$A =$ พื้นที่ผิวของภาชนะที่ของเหลวออกแรงกระทำ

การหาตำแหน่งที่แรงกระทำ(Center of Pressure)

จุดที่แรงกระทำกับแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว ถ้าเป็นของของเหลวชนิดเดียวกันออกแรงกระทำกับแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลวนั้น โดยระดับของของเหลวสูงเท่ากับความสูงของแผ่นราบที่จมอยู่ใต้ของเหลว แนวแรงที่กระทำประตู่จะผ่านจุดศูนย์กลางของ Pressure Distribution Diagram ตำแหน่งที่แรงกระทำกับแผ่นราบที่จมอยู่ใต้ของเหลวอยู่ในแนวเดียวกันกับจุดศูนย์กลางของแผ่นราบนั้น กระดับความสูงของของเหลวอยู่ต่ำกว่าหรือสูงกว่าระดับแผ่นราบ ตำแหน่งที่แรงกระทำ (Center of Pressure) จะไม่ผ่านจุดศูนย์กลางของแผ่นราบนั้น



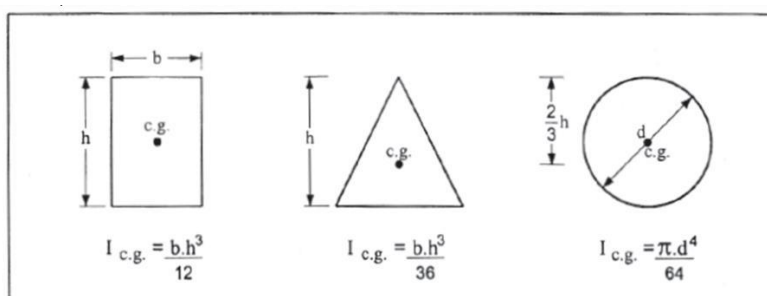
จะได้ตำแหน่งที่แรงกระทำ ดังนี้

$$Y_{C.F.} = \frac{I_{c.g.}}{y_{c.g.} \cdot A} + y_{c.g.}$$

โดย

- $Y_{C.F.}$ = ระยะที่แรงกระทำบนแผ่นราบถึงระดับน้ำ โดยวัดตามแนว Plane ประตู่
- $y_{c.g.}$ = ระยะจากจุด c.g. ของแผ่นราบถึงระดับน้ำ โดยวัดตามแนว Plane ประตู่
- $I_{c.g.}$ = โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ (Moment of Inertia of Area) รอบแนว c.g. ของแผ่นราบ
- A = พื้นที่ของแผ่นราบที่ของเหลวออกแรงกระทำ

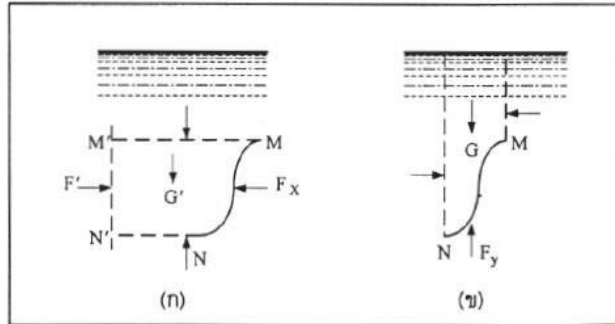
ค่า I_g ของแผ่นราบลักษณะต่างๆ



แรงที่กระทำบนแผ่นโค้งที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว (Force on Curved Surface)

การหาค่าของแรงและตำแหน่งที่แรงกระทำ บนแผ่นโค้งที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว แรงที่กระทำกับแผ่นโค้งจะมีอยู่ สองแนวคือแนวนอนกับแนวตั้ง เมื่อหาแรงในแนวทั้งสองได้แล้วนำมารวมกัน การหาตำแหน่งที่แรงกระทำค่าของพื้นที่ และค่าของโมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ (I_{c.g.}) ต้องเป็นพื้นที่ของภาพฉาย ซึ่งหาได้จาก

$$Y_{C.F.} = \frac{I_{c.g.}}{y_{c.g.} \cdot A} + y_{c.g.}$$



จากรูป (ก) หาแรงในแนวแกนนอน (แกน x) ได้เมื่อปริมาตรของของเหลวอยู่ในสภาวะสมดุล

$$F_x = F' \quad (\gamma_f \cdot h_{c.g.} \cdot A)^2$$

โดย $F' = \gamma_f \cdot h_{c.g.} \cdot A$

ดังนั้น $F_x = \gamma_f \cdot h_{c.g.} \cdot A$

หาแรงในแนวแกนตั้ง (แกน y) ได้เมื่อปริมาตรของของเหลวอยู่ในสภาวะสมดุล จากรูป (ข)

$$F_y = G$$

โดย

$$G = \text{น้ำหนักของของเหลวที่กระทำกับแผ่นโค้งที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว}$$

$$F_y = \text{แรงกระทำบนแผ่นผิวโค้ง}$$

นำแรง F_x และ F_y มารวมกันทางเวกเตอร์

ดังนั้น $F_x = \sqrt{(F_x)^2 + (F_y)^2}$

$$F_R = \sqrt{(\gamma_f \cdot h_{c.g.} \cdot A)^2 + G^2}$$

นั่นคือ แรงที่กระทำบนแผ่นโค้งที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว

วิธีทำ แผ่นราบแผ่นหนึ่งมีพื้นที่ 20 m^2 มีความสูง 2m จมอยู่ในน้ำในแนวตั้งฉากกับพื้น จงหาแรงที่กระทำบนแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ น้ำ

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad F &= \gamma_f \cdot h_{c.g.} \cdot A \\ \text{โดย} \quad F &= \text{แรงที่กระทำบนแผ่นราบที่จมอยู่ในน้ำ} \\ \gamma_f &= \text{น้ำหนักจำเพาะของน้ำ} \\ \gamma_f &= \rho_f \cdot g \\ \gamma_f &= 1,000 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \\ \gamma_f &= 9.81 \text{ KN/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{c.g.} &= \frac{h}{2} \\ &= \frac{2}{2} \\ &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$A = \text{พื้นที่ผิวของแผ่นราบ } 20 \text{ m}^2$$

$$F = 9.81 \text{ KN/m}^3 \times 1\text{m} \times 20 \text{ m}^2$$

$$F = 196.2 \text{ KN}$$

ตอบ

๖.แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบเรื่อง แรงที่กระทำบนแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) ทับลงบนตัวเลือกที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

๑. แรงภายนอกที่กระทำต่อของไหลขณะของไหลเคลื่อนที่เกิดจากอะไร

- ก. การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมและอัตราเร่ง
- ข. การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมและทิศทางการไหล
- ค. การเปลี่ยนแปลงความดันและโมเมนตัม
- ง. การเปลี่ยนแปลงขนาดความเร็วและทิศทางการไหล

๒. กฎข้อที่ ๒ ของนิวตัน เขียนเป็นสมการได้ ตามข้อใด

- ก. $\Sigma \vec{F} = m d\vec{V}$
- ข. $\Sigma \vec{F} = m dt$
- ค. $\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$
- ง. $\Sigma \vec{F} = 0$

๓. กฎข้อที่ ๓ ของนิวตัน กล่าวถึงอะไร

- ก. แรงที่เกิดจากน้ำหนักของวัตถุ
- ข. แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา
- ค. ความเร็วและความดันของของไหล
- ง. แรงและความเร่งของวัตถุ
- จ. ความดันและความเร่งของวัตถุ

๔. เทอม $m(d\vec{V})$ เรียกว่าอะไร

- ก. การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม
- ข. การเปลี่ยนแปลงขนาดของความเร็ว
- ค. อิมพัลส์
- ง. การเปลี่ยนแปลงความดันของของไหล
- จ. การเปลี่ยนแปลงมวลของของไหล

๕. หลักการอิมพัลส์-โมเมนตัม ใช้หลักการอะไร

- ก. กฎข้อที่ ๓ ของนิวตัน
- ข. กฎของปาสคาล
- ค. กฎข้อที่ ๑ ของนิวตัน
- ง. กฎข้อที่ ๒ ของนิวตัน

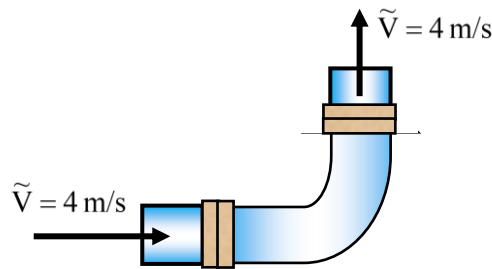
๖. หลักการอิมพัลส์-โมเมนตัม เขียนเป็นสมการได้ ตามข้อใด

- ก. $\Sigma \vec{F} = m d\vec{V}$
- ข. $\Sigma \vec{F}(dt) = m d\vec{V}$
- ค. $\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$
- ง. $\Sigma \vec{F} d\vec{V} = m dt$

๗. น้ำไหลผ่านท่อที่มีพื้นที่หน้าตัด 0.5 m^2 ด้วยความเร็ว 2 m/s และมีความดัน 300 kPa ผ่านท่อลดขนาดที่มีพื้นที่หน้าตัด 0.20 m^2 มีความเร็ว 5 m/s และความดัน 100 kPa แรงที่น้ำกระทำกับข้อลดขนาดมีค่าเท่าไร

- ก. 130 kN
- ข. 173 kN
- ค. 3 kN
- ง. 127 kN
- จ. 157 kN

๘. ท่อโค้งงอ 90° วางอยู่ในแนวราบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 m มีน้ำไหลผ่านด้วยความเร็ว 4 m/s แรงที่น้ำกระทำกับท่อโค้งงอในแนวราบ มีค่าเท่าไร



- ก. 784 N ข. 973 N ค. 100 N ง. 78 N
๙. จากโจทย์ข้อ ๘ แรงที่น้ำกระทำกับท่อโค้งงอในแนวตั้ง มีค่าเท่าไร
- ก. 884 N ข. 955 N ค. 784 N ง. 850 N
๑๐. จากโจทย์ข้อ ๘ ขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ที่น้ำกระทำกับท่อโค้งงอ มีค่าเท่าไร
- ก. $1,156 \text{ N}$ ทำมุม 60° กับแนวราบ ข. 784 N ทำมุม 45° กับแนวราบ
- ค. 156 N ทำมุม 30° กับแนวราบ ง. $1,156 \text{ N}$ ทำมุม 30° กับแนวตั้ง

เฉลยแบบทดสอบเรื่อง แรงที่กระทำบนแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว

๑. แรงภายนอกที่กระทำต่อของไหลขณะของไหลเคลื่อนที่เกิดจากอะไร
- ก. การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมและอัตราเร่ง
- ข. การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมและทิศทางการไหล
- ค. การเปลี่ยนแปลงความดันและโมเมนตัม
- ง. การเปลี่ยนแปลงขนาดความเร็วและทิศทางการไหล
๒. กฎข้อที่ ๒ ของนิวตัน เขียนเป็นสมการได้ ตามข้อใด
- ก. $\Sigma \vec{F} = m d\vec{V}$ ข. $\Sigma \vec{F} = m dt$
- ค. $\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$ ง. $\Sigma \vec{F} = 0$
๓. กฎข้อที่ ๓ ของนิวตัน กล่าวถึงอะไร
- ก. แรงที่เกิดจากน้ำหนักของวัตถุ ข. แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยา
- ค. ความเร็วและความดันของของไหล ง. แรงและความเร่งของวัตถุ
- จ. ความดันและความเร่งของวัตถุ
๔. เทอม $m(d\vec{V})$ เรียกว่าอะไร
- ก. การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ข. การเปลี่ยนแปลงขนาดของความเร็ว
- ค. อิมพัลส์ ง. การเปลี่ยนแปลงความดันของของไหล
- จ. การเปลี่ยนแปลงมวลของของไหล
๕. หลักการอิมพัลส์-โมเมนตัม ใช้หลักการอะไร
- ก. กฎข้อที่ ๓ ของนิวตัน ข. กฎของปาสคาล
- ค. กฎข้อที่ ๑ ของนิวตัน ง. กฎข้อที่ ๒ ของนิวตัน

๖. หลักการอิมพัลส์-โมเมนตัม เขียนเป็นสมการได้ ตามข้อใด

ก. $\Sigma \vec{F} = m d\vec{V}$

ข. $\Sigma \vec{F}(dt) = m d\vec{V}$

ค. $\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$

ง. $\Sigma \vec{F} d\vec{V} = m dt$

๗. น้ำไหลผ่านท่อที่มีพื้นที่หน้าตัด 0.5 m^2 ด้วยความเร็ว 2 m/s และมีความดัน 300 kPa ผ่านท่อลดขนาดที่มีพื้นที่หน้าตัด 0.20 m^2 มีความเร็ว 5 m/s และความดัน 100 kPa แรงที่น้ำกระทำกับข้อลดขนาดมีค่าเท่าไร

ก. 130 kN

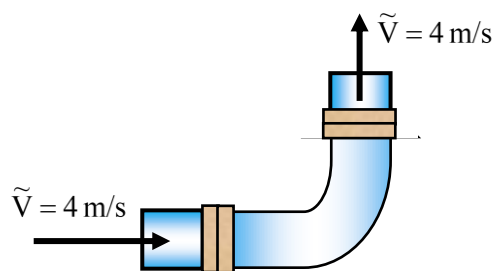
ข. 173 kN

ค. 3 kN

ง. 127 kN

จ. 197 kN

๘. ท่อโค้งงอ 90° วางอยู่ในแนวราบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 m มีน้ำไหลผ่านด้วยความเร็ว 4 m/s แรงที่น้ำกระทำกับท่อโค้งงอในแนวราบ มีค่าเท่าไร



ก. 784 N

ข. 973 N

ค. 100 N

ง. 78 N

๙. จากโจทย์ข้อ ๘ แรงที่น้ำกระทำกับท่อโค้งงอในแนวดิ่ง มีค่าเท่าไร

ก. 884 N

ข. 995 N

ค. 784 N

ง. 850 N

๑๐. จากโจทย์ข้อ ๘ ขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ที่น้ำกระทำกับท่อโค้งงอ มีค่าเท่าไร

ก. $1,156 \text{ N}$ ทำมุม 60° กับแนวนอน

ข. 784 N ทำมุม 45° กับแนวนอน

ค. 156 N ทำมุม 30° กับแนวนอน

ง. $1,156 \text{ N}$ ทำมุม 30° กับแนวดิ่ง

๗.เอกสารอ้างอิง

สำนักพิมพ์เอมพันธ์ วิชาการศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ผู้แต่ง อ.วีระศักดิ์ มะโนน้อม

นิตยา หวังวงศ์โรจน์. กลศาสตร์ของไหลและชลศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล, 2539.

มนต์ชัย กาทอง. เทอร์โมไดนามิกส์ เล่ม 1. สมุทรปราการ : กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเรือ

ฝ่ายศึกษาโรงเรียนนายเรือ, 2538. (อัดสำเนา)

	ใบกิจกรรมที่ ๔	หน่วยที่ ๔
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๙-๑๑
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานแรงและโมเมนต์ในของไหล	ทฤษฎี ๙ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานหาแรงที่กระทำบนแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว		

๑.ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒.อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓.สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับแรงที่เกิดจากของเหลวกระทำต่อวัตถุ
- ๓.๒. คำนวณแรงที่เกิดจากของเหลวกระทำต่อวัตถุที่อยู่ในของเหลว

๔.จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- ๔.๑ อธิบายหลักการของแรงกระทำกับแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลวได้ถูกต้อง
- ๔.๒ อธิบายหลักการหาตำแหน่งที่แรงกระทำในแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลวได้ถูกต้อง
- ๔.๓ คำนวณหาแรงที่กระทำกับแผ่นราบได้ถูกต้อง
- ๔.๔ คำนวณหาตำแหน่งที่แรงกระทำกับแผ่นราบได้ถูกต้อง
- ๔.๕ คำนวณหาแรงที่กระทำกับแผ่นโค้งที่จมอยู่ภายใต้ของเหลวได้ถูกต้อง

๕ สารการเรียนรู้

- ๕.๑ แรงที่กระทำบนแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว
- ๕.๒ การหาตำแหน่งที่แรงกระทำ
- ๕.๓ แรงที่กระทำบนแผ่นโค้งที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว

๖. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

- ๖.๑ สามารถประยุกต์ใช้หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล

๗. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ใบกิจกรรมที่ ๔

คำสั่ง ให้ผู้เรียนอธิบายคุณสมบัติของของไหลดังต่อไปนี้

๑.ความดันที่กระทำกับวัตถุที่จมอยู่ในของเหลวมีค่าเปลี่ยนแปลงตามระดับของอะไร

.....

๒.ระยะ $h_c.g.$ คืออะไร

.....

๓.ระยะ $Y_c.F$ คืออะไร

.....

๔.Pressure Distribution Diagram คืออะไร

.....

๕.Plane Area หมายถึงอะไร

.....

๖.จุดศูนย์ถ่วงของวัตถุ คืออะไร

.....

๗. $I_c.g.$ คืออะไร

.....

๘. $Y_c.g.$ คืออะไร

.....

๙.แรงที่กระทำกับแผ่นโค้งที่จมอยู่ในของเหลวมีอยู่ในแนวใดบ้าง

.....

๑๐.เมื่อของไหลกระทำกับพื้นผิวของของแข็ง ถ้าของไหลนั้นอยู่นิ่งทำให้เกิดอะไร

.....

๘. สรุปและวิจารณ์ผล

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหา

๙.การประเมินผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๖๐ และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้อง ปฏิบัติงานใหม่

๑๐. เอกสารอ้างอิง /เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

สำนักพิมพ์เอมพันธ์ วิชากลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ผู้แต่ง อ.วีระศักดิ์ มะโนน้อม

นิตยา หวังวงศ์วิโรจน์. กลศาสตร์ของไหลและชลศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล, 2539.

มนต์ชัย กาทอง. เทอร์โมไดนามิกส์ เล่ม 1. สมุทรปราการ : กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเรือ

ฝ่ายศึกษาโรงเรียนนายเรือ, 2538. (อัดสำเนา

	ใบงานที่ ๔.๑	หน่วยที่ ๔
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๙-๑๑
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานแรงและโมเมนต์ในของไหล	ทฤษฎี ๙ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานหาแรงที่กระทำบนแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว		

๑.ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒.อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓.สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับแรงที่เกิดจากของเหลวกระทำต่อวัตถุ
- ๓.๒. คำนวณแรงที่เกิดจากของเหลวกระทำต่อวัตถุที่อยู่ในของเหลว

๔.จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- ๔.๑ อธิบายหลักการของแรงกระทำกับแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลวได้ถูกต้อง
- ๔.๒ อธิบายหลักการหาตำแหน่งที่แรงกระทำในแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลวได้ถูกต้อง
- ๔.๓ คำนวณหาแรงที่กระทำกับแผ่นราบได้ถูกต้อง
- ๔.๔ คำนวณหาตำแหน่งที่แรงกระทำกับแผ่นราบได้ถูกต้อง
- ๔.๕ คำนวณหาแรงที่กระทำกับแผ่นโค้งที่จมอยู่ภายใต้ของเหลวได้ถูกต้อง

๕ สารการเรียนรู้

- ๕.๑ แรงที่กระทำบนแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว
- ๕.๒ การหาตำแหน่งที่แรงกระทำ
- ๕.๓ แรงที่กระทำบนแผ่นโค้งที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว

๖. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

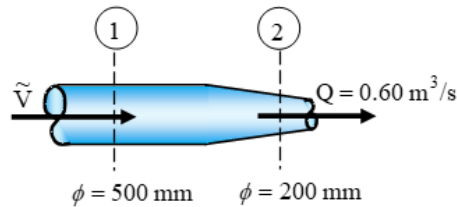
- ๖.๑ สามารถประยุกต์ใช้หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล

๗. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ใบงานที่ ๒.๑

คำสั่ง ให้ผู้เรียนแสดงวิธีการคำนวณงานของไหลสถิต ดังต่อไปนี้

๑. ไหลผ่านท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๕๐๐ mm ด้วยความดัน ๓๐๐ KPa ผ่านท่อลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๒๐๐ mm ความดัน ๑๐๐ KPa ด้วยอัตราการไหล ๐.๖๐ m³/s จงคำนวณหาแรงที่น้ำกระทำกับข้อลด



.....

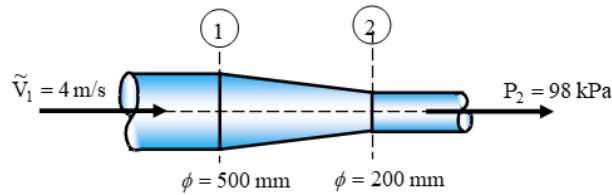
.....

.....

.....

.....

๒. น้ำไหลผ่านท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๕๐๐ mm ความเร็ว ๔ m/s ผ่านท่อลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๒๐๐ mm ความดัน ๙๘ KPa จงคำนวณหาแรงที่น้ำกระทำกับข้อลด



.....

.....

.....

.....

.....

๘. สรุปและวิจารณ์ผล

ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเนื้อหา

๙. การประเมินผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๖๐ และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้องปฏิบัติงานใหม่

๑๐. เอกสารอ้างอิง / เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

สำนักพิมพ์เอ็มพาร์ท วิชาการศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ผู้แต่ง อ.วีระศักดิ์ มะโนน้อม

นิตยา หวังวงศ์วิโรจน์. กลศาสตร์ของไหลและชลศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล, 2539.

มนต์ชัย กาทอง. เทอร์โมไดนามิกส์ เล่ม 1. สมุทรปราการ : กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเรือ

ฝ่ายศึกษาโรงเรียนนายเรือ, 2538. (อัดสำเนา)

	ใบงานที่ ๔.๒	หน่วยที่ ๔
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๙-๑๑
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานแรงและโมเมนต์ในของไหล	ทฤษฎี ๙ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานหาแรงที่กระทำบนแผ่นโค้งที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว		

๑.ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒.อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓.สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับแรงที่เกิดจากของเหลวกระทำต่อวัตถุ
- ๓.๒. คำนวณแรงที่เกิดจากของเหลวกระทำต่อวัตถุที่อยู่ในของเหลว

๔.จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- ๔.๑ อธิบายหลักการของแรงกระทำกับแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลวได้ถูกต้อง
- ๔.๒ อธิบายหลักการหาตำแหน่งที่แรงกระทำในแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลวได้ถูกต้อง
- ๔.๓ คำนวณหาแรงที่กระทำกับแผ่นราบได้ถูกต้อง
- ๔.๔ คำนวณหาตำแหน่งที่แรงกระทำกับแผ่นราบได้ถูกต้อง
- ๔.๕ คำนวณหาแรงที่กระทำกับแผ่นโค้งที่จมอยู่ภายใต้ของเหลวได้ถูกต้อง

๕ สารการเรียนรู้

- ๕.๑ แรงที่กระทำบนแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว
- ๕.๒ การหาตำแหน่งที่แรงกระทำ
- ๕.๓ แรงที่กระทำบนแผ่นโค้งที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว

๖. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

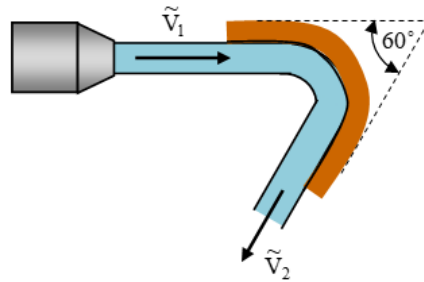
- ๖.๑ สามารถประยุกต์ใช้หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล

๗. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ใบงานที่ ๒.๒

คำสั่ง ให้ผู้เรียนแสดงวิธีการคำนวณงานของไหลสถิต ดังต่อไปนี้

๑. น้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๓๐ mm พุ่งออกจากฉีดด้วยความเร็ว ๑๕ m/s กระแทกกับแผ่นโค้งเรียบแล้วเปลี่ยนทิศทางไป ๖๐ องศาหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ (ก) เมื่อแผ่นโค้งเรียบอยู่กับที่ (ข) เมื่อแผ่นโค้งเรียบเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับลำน้ำด้วยความเร็ว ๕ m/s



๘. สรุปและวิจารณ์ผล

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหา

๙. การประเมินผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๖๐ และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้องปฏิบัติงานใหม่

๑๐. เอกสารอ้างอิง / เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

สำนักพิมพ์เอมพันธ์ วิชาการศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ผู้แต่ง อ.วีระศักดิ์ มะโนน้อม

นิตยา หวังวงศ์วิโรจน์. กลศาสตร์ของไหลและชลศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล, 2539.

มนต์ชัย กาทอง. เทอร์โมไดนามิกส์ เล่ม 1. สมุทรปราการ : กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเรือ

ฝ่ายศึกษาโรงเรียนนายเรือ, 2538. (อัดสำเนา)

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ ๕
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๑๒-๑๕
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานการไหลในท่อของของไหล	ทฤษฎี ๑๒ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานการไหลในท่อของของไหล		

๑.ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒.อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓.สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับการไหลสมำเสมอที่มีแรงเสียดทานภายในท่อ
- ๓.๒. คำนวณหาค่าปริมาณต่าง ๆ ในสมการการไหลสมำเสมอ

๔.จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- ๔.๑. อธิบายกฎการทรงพลังงานได้ถูกต้อง
- ๔.๒. อธิบายคำจำกัดความพลังงานในของไหลได้ถูกต้อง
- ๔.๓. อธิบายแรงที่เกิดจากของไหลได้ถูกต้อง
- ๔.๔. อธิบายการไหลของของไหลในช่องทางเปิดได้ถูกต้อง
- ๔.๕. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ในสมการการไหลสมำเสมอได้ถูกต้อง
- ๔.๖. คำนวณหากำลังงานในของไหลได้ถูกต้อง

๕.สาระการเรียนรู้

- ๕.๑. งานวิเคราะห์เลขเรย์โนลด์ นัมเบอร์
- ๕.๒. งานสูญเสียพลังงานเนื่องจากการไหล
- ๕.๓. งานวัดอัตราการไหล

๖.กิจกรรมการเรียนรู้

- ๖.๑ การนำเข้าสูบทเรียน
 ๑. ครูอธิบายจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ให้นักเรียนฟัง
 ๒. ครูอธิบายความเป็นมาหรือสาระสำคัญของสมการการไหลสมำเสมอให้นักเรียนฟัง
- ๖.๒ การเรียนรู้
 - ๖.๒.๑ หนังสือเรียน วิชากลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ของสำนักพิมพ์เอมพันธ์
 - ๖.๒.๒ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ และ Power Point
 - ๖.๒.๓ กิจกรรมการเรียนการสอน
 - ๖.๒.๔ รูปภาพประกอบ
- ๖.๓ การสรุป
 - ๖.๓.๑ สรุปบทเรียนส่วนที่เป็นสาระสำคัญ
- ๖.๔ การวัดและประเมินผล
 - ๖.๔.๑ สังเกตพฤติกรรมรายบุคคล
 - ๖.๔.๒ กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้
 - ๖.๔.๓ แบบประเมินผลการปฏิบัติงานและแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม

๗.สื่อและแหล่งการเรียนรู้

- ๗.๑ Power Point เรื่อง การสมดุลของของไหลที่อยู่นิ่ง
- ๗.๒ VDO เรื่อง ชนิดของการไหลของของไหล พลังงานและอัตราการไหลของของไหล
- ๗.๓ หนังสือวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล

๘.หลักฐานการเรียนรู้

- ๘.๑ หลักฐานความรู้
 - ๑. เอกสารรับรองจากการทดสอบความรู้
- ๘.๒ หลักฐานการปฏิบัติงาน
 - ๑. แบบบันทึกความคิดเห็นของครูผู้สอน
 - ๒. แบบรับรองการปฏิบัติงานจากสถานประกอบการ
 - ๓. แบบบันทึกรายการจากการสังเกตจากการปฏิบัติงาน

๙.การวัดและประเมินผล

- ๙.๑ เกณฑ์การปฏิบัติงาน
 - ๑. วางแผนและเตรียมความพร้อมในการใช้ความรู้เบื้องต้น เรื่อง งานการไหลในท่อของของไหล
 - ๒. สรุปผลการวางแผนช่องทางการใช้ความรู้เบื้องต้น เรื่อง งานการไหลในท่อของของไหล
- ๙.๒ วิธีการประเมิน
 - ๑. พิจารณาหลักฐานความรู้
 - ๒. พิจารณาหลักฐานการปฏิบัติงาน
- ๙.๓ เครื่องมือประเมิน
 - ๑. แบบทดสอบก่อนเรียน
 - ๒. ใบความรู้ที่ ๕
 - ๓. แบบประเมินแฟ้มสะสมผลงาน

๑๐.บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

- ๑๐.๑ ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

- ๑๐.๒ ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

- ๑๐.๓ การแก้ไขปัญหา

.....

.....

- ๑) ผลการแก้ไขปัญหาค่าส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

- ๒) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

	ใบความรู้ที่ ๕	หน่วยที่ ๕
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๑๑-๑๕
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานการไหลในท่อของของไหล	ทฤษฎี ๑๒ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานการไหลในท่อของของไหล		

๑.ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒.อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓.สมรรถนะประจำหน่วย

๓.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับการไหลสมำเสมอที่มีแรงเสียดทานภายในท่อ

๓.๒ คำนวณหาค่าปริมาณต่าง ๆ ในสมการการไหลสมำเสมอ

๔.จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

๔.๑ อธิบายกฎการทรงพลังงานได้ถูกต้อง

๔.๒ อธิบายคำจำกัดความพลังงานในของไหลได้ถูกต้อง

๔.๓ อธิบายแรงที่เกิดจากของไหลได้ถูกต้อง

๔.๔ อธิบายการไหลของของไหลในช่องทางเปิดได้ถูกต้อง

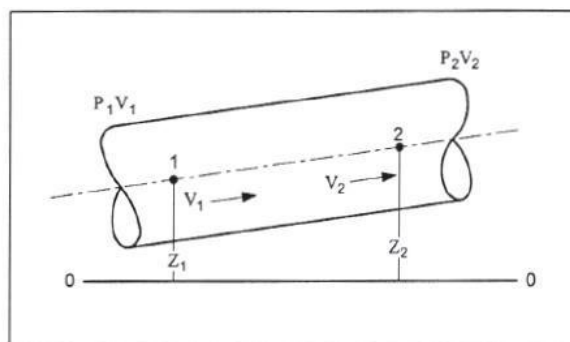
๔.๕ คำนวณหาการหาค่าต่าง ๆ ในสมการการไหลสมำเสมอได้ถูกต้อง

๔.๖ คำนวณหาค่าพลังงานในของไหลได้ถูกต้อง

๕.เนื้อหาสาระ

กฎพลังงานสำหรับการไหลสมำเสมอ (Energy's Law of Steady Flow)

จากกฎการทรงพลังงานที่กล่าวได้ว่า "พลังงานสามารถเปลี่ยนรูปได้ แต่ไม่สามารถสร้างขึ้นหรือทำลายได้ พลังงานมีค่าคงที่เสมอ" หรืออาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า "พลังงานที่เข้าสู่ระบบเท่ากับพลังงานที่ออกจกระบบ" เป็น พลังงานสำหรับการไหลอย่างสมำเสมอของของไหล



พลังงานในการไหลของของไหล

พลังงานในการไหลของของไหล แบ่งออกได้เป็น

๑. พลังงานจลน์ คือ พลังงานที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของของไหลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งปริมาณของพลังงานจลน์จะขึ้นอยู่กับความเร็ว และขนาดของมวลของของไหลนั้น

ดังนั้น

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

โดย

$$E_k = \text{พลังงานจลน์ (Kinetic Energy) (N. m, J)}$$

$$m = \text{มวลของของไหล (kg)}$$

$$v = \text{ความเร็วของของไหล (m/s)}$$

๒. พลังงานศักย์ คือ พลังงานที่แฝงอยู่ในมวลของของไหลนั้น และความแตกต่างของพลังงานขึ้นอยู่กับมวลและระดับความสูงภายใต้แรงดึงดูดของโลก

ดังนั้น

$$E_p = mgh$$

โดย

$$E_p = \text{พลังงานศักย์ (Potential Energy) (N. m, J)}$$

$$m = \text{มวลของของไหล (kg)}$$

$$g = \text{อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (m/s}^2\text{)}$$

$$h = \text{ความสูงวัดจากระดับอ้างอิงใดๆ ก็ได้ (m)}$$

๓. พลังงานหรืองานที่เกิดจากของไหล คือ งานที่กระทำต่อมวลสารของของไหลเมื่อของไหลถูกบังคับให้ไหลผ่านขอบเขต ซึ่งได้จาก ผลคูณของความดันและปริมาตร

ดังนั้น

$$P.r.E = P.V$$

โดย

$$P.r.E = \text{พลังงานหรืองานที่เกิดจากของไหล (Pressure Energy) (N. m, J)}$$

$$P = \text{ความดันของของไหล (N/m}^2\text{)}$$

$$V = \text{ปริมาตรของของไหล (m}^3\text{)}$$

สมการการไหลสม่ำเสมอ (Equation of Steady Flow)

จากรูป พิจารณาได้ว่า

ที่จุด 1	พลังงานจลน์	$= \frac{1}{2} m_1 v_1^2$
	พลังงานศักย์	$= m_1 \cdot g \cdot z_1$
	พลังงานที่เกิดจากความดันของของไหล	$= P_1 V_1 = P_1 \cdot m_1 / \rho$
ดังนั้น	ผลรวมของพลังงานของของที่จุด 1	$= \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + m_1 \cdot g \cdot z_1 + P_1 \cdot m_1 / \rho$

ที่จุด 2

	พลังงานจลน์	$= \frac{1}{2} m_2 v_2^2$
	พลังงานศักย์	$= m_2 \cdot g \cdot z_2$
	พลังงานที่เกิดจากความดันของของไหล	$= P_2 V_2 = P_2 \cdot m_2 / \rho$
ดังนั้น	ผลรวมของพลังงานของของที่จุด 2	$= \frac{1}{2} m_2 v_2^2 + m_2 \cdot g \cdot z_2 + P_2 \cdot m_2 / \rho$

จากกฎของพลังงาน พลังงานไม่มีการสูญเสียแต่สามารถเปลี่ยนจากพลังงานรูปหนึ่งไปเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่งได้ เพราะฉะนั้นได้ว่า

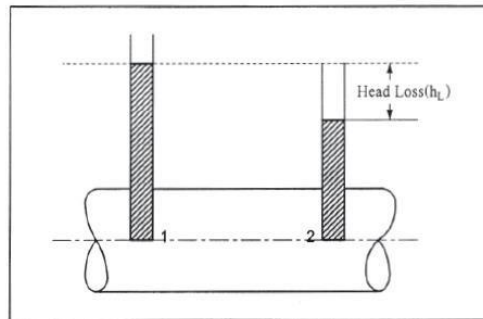
ผลบวกของพลังงานของของไหลที่จุด 1 = ผลบวกของพลังงานของของไหลที่จุด 2

โดย	$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + m_1 \cdot g \cdot z_1 + P_1 \cdot m_1 / \rho$	$=$	$\frac{1}{2} m_2 v_2^2 + m_2 \cdot g \cdot z_2 + P_2 \cdot m_2 / \rho$
	m_1	$=$	m_2
	γ	$=$	$\rho \cdot g$
ดังนั้น	$\frac{v_1^2}{2g} + z_1 + \frac{P_1}{\gamma}$	$=$	$\frac{v_2^2}{2g} + z_2 + \frac{P_2}{\gamma}$

สมการที่ 8.4 และ 8.5 คือ สมการพลังงานเนื่องจากการไหลสม่ำเสมอ หรือเรียกว่าสมการของเบอร์นูลลี (Bernoulli's Equation) โดยเป็นเกียรติแก่ นายเดนิเยน เบอร์นูลลี ผู้คิดค้นสมการนี้

โดย	$\frac{V^2}{2g}$	หมายถึง	พลังงานจลน์ต่อหน่วยน้ำหนักของของไหลเนื่องมาจากความเร็วของของไหล (Velocity Head)
	z	หมายถึง	พลังงานศักย์ต่อหน่วยน้ำหนักของของไหลเนื่องมาจากระดับของของไหล (Elevation Head)
	$\frac{P}{\gamma}$	หมายถึง	พลังงานความดันต่อหน่วยน้ำหนักของของไหลเนื่องมาจากระดับของของไหล (Pressure Head)

สมการการไหลสม่ำเสมอเนื่องจากการมีการเสียดทานภายในท่อ การไหลของของไหลภายในท่อเนื่องจากท่อมีความเสียดทานจะทำให้การไหลของของไหลจากจุด ๑ ไปยังจุด ๒ จะไม่เท่ากันคือ ที่จุด ๒ จะมีความเสียดทานภายในท่อมกกว่าจุด ๑



สมการจะได้ว่า

$$\frac{V_1^2}{2g} + z_1 + \frac{P_1}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + h_L$$

โดยที่จุด 1 พลังงานที่เพิ่มขึ้นได้โดยใช้ปั๊ม (Pump) สมการจะได้ว่า

$$\frac{V_1^2}{2g} + z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + E_P = \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + \frac{P_2}{\gamma}$$

กรณีคิดความเสียดทานภายในท่อ (Head) สมการจะได้ว่า

$$\frac{V_1^2}{2g} + z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + E_P = \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + h_L$$

ที่จุด 2 พลังงานที่นำไปใช้ขับเคลื่อนกังหัน (Turbine) สมการจะได้ว่า

$$\frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + E_t$$

กรณีคิดความเสียดทานภายในท่อ (Head Loss) สมการจะได้ว่า

$$\frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + E_p = \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + E_t + h_L$$

โดย

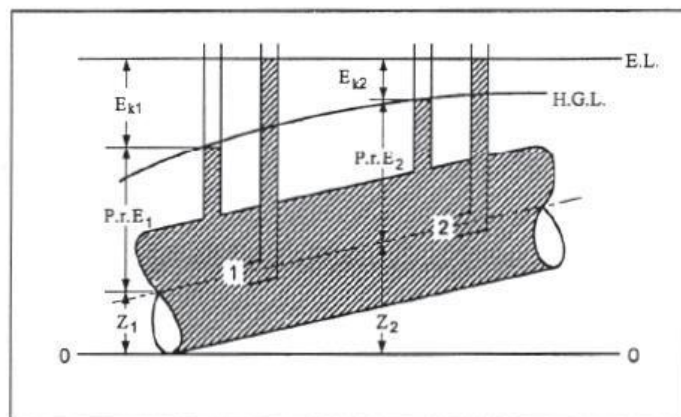
h_L = พลังงานที่สูญเสียอยู่ในรูปความสูง (Head Pressure)

E_p = พลังงานของปั๊ม

E_t = พลังงานของกังหัน

Energy Line และ Hydraulic Grade Line

Energy Line (E.L.) คือ เส้นกราฟที่แสดงถึงผลรวมของพลังงานจลน์ (Kinetic Energy or Velocity Head) พลังงานหรืองานที่เกิดจากของไหล (Pressure Energy) และพลังงานศักย์ (Potential Energy or Elevation Head) Hydraulic Grade Line (H.G.L) คือ เส้นกราฟที่แสดงถึงผลรวมของพลังงานหรืองานที่เกิดจากของไหล (Pressure Energy) และพลังงานศักย์ (Potential Energy or Elevation Head)



การหากำลังงานในของไหล (Power of Fluid Flow)

กำลังงาน คือ งานที่กระทำกับของไหลต่อหน่วยเวลา

งาน คือ แรงที่กระทำกับของไหล คูณด้วยระยะทางที่แรงนั้นกระทำ

$$W = P \times S$$

$$P = \frac{FxS}{t}$$

โดยกำหนดให้ $S=L$

$$P = \frac{FxL}{t}$$

ให้

$$P = \frac{F}{L^2} \times \frac{LxL^2}{t}$$

$$P = \frac{F}{L^2}$$

$$Q = \frac{LxL^2}{t}$$

ดังนั้น

$$P = p \times Q$$

$$P = \text{กำลังงาน (Power) (Wait)}$$

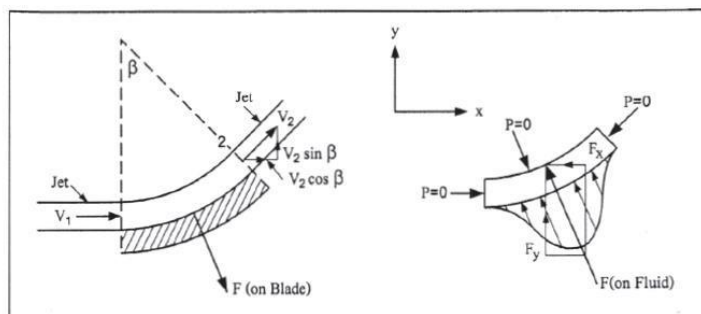
$$P = \text{ความดันของของไหล (N/m}^2\text{)}$$

$$Q = \text{อัตราการไหลของของไหล (m}^3\text{/s)}$$

แรงที่เกิดจากของไหล

แรงที่เกิดจากของไหลกระทำกับผนังภาชนะ ท่อ และกระทำกับวัตถุที่เคลื่อนที่ แบ่งออกได้

๑. แรงที่เกิดจากของไหลกระทบกับส่วนโค้งของผนัง โดยถือว่าแรงและความดันที่เกิดจากน้ำหนักของของไหล กระทำต่อผนังโค้งมีน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับแรงที่กระทำกับผนังโค้งจากรูป

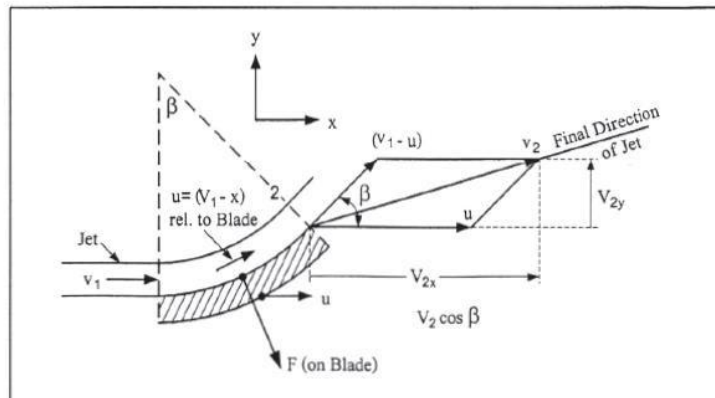


เมื่ออยู่ในสภาวะสมดุลจะได้ว่า

$$\Sigma F_x = F_{Rx} = \rho Q (V_2 \cos \theta_2 - V_1 \cos \theta_1)$$

$$\Sigma F_y = F_{Ry} = \rho Q (V_2 \sin \theta_2 - V_1 \sin \theta_1)$$

แรงที่เกิดจากของไหลกระทบกับวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ โดยของไหลออกจากหัวฉีดหรือท่อเข้ากระทบ



ของไหลเคลื่อนที่เข้าหาผนังด้วยความเร็ว V_1 ในแนวราบ มุม $\theta_1 = 0$ ผนังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว u ในทิศทางเดียวกับของไหลถ้าผนังอยู่กับที่ ของไหลหลังจากกระทบผนัง โดยทำมุมกับแนวเดิมเท่ากับมุมของส่วนโค้งของผนัง คือ มุม β แต่ถ้าผนังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว V_2 จะต้องเป็นความเร็วสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของผนังและความเร็วของ ของไหล ดังนั้น สมการ 8.13 และ 8.14 จึงได้เป็น

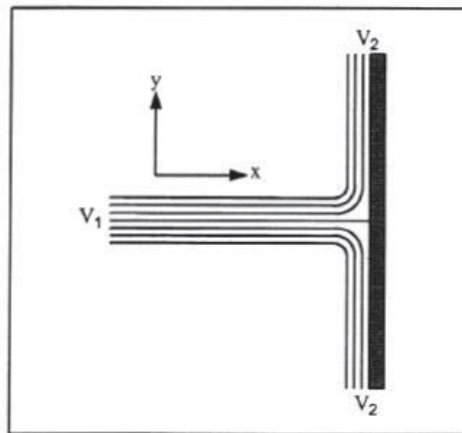
$$\Sigma F_x = F_{Rx} = \rho Q (V_{2x} - V_{1x})$$

$$F_{Rx} = \rho Q (V_1 - u) (1 - \cos \beta)$$

$$\Sigma F_y \Rightarrow F_{Ry} = \rho Q (V_{2y} - V_{1y})$$

$$F_{Ry} = \rho Q (V_1 - u) \sin \beta$$

๒.แรงที่เกิดจากของไหลออกจากหัวฉีดกระทบผนัง ของไหลกระทบผนังแล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนทิศทางไป โดยรอบด้วยปริมาณที่เท่ากัน



กำหนดให้ลำของของไหลกระทบตั้งฉาก แล้วกระจายไปโดยรอบอย่างสม่ำเสมอ เมื่อพิจารณาถึงสมการ 8.13 และ 8.14 จะได้ว่า

$$\begin{aligned}\Sigma F_x = F_{Rx} &= \rho Q (V_2 \cos \theta_2 - V_1 \cos \theta_1) \\ F_{Rx} &= \rho Q (V_2 \cos 90^\circ - V_1 \cos 0^\circ)\end{aligned}$$

เมื่อ V_1 กระทำตั้งฉากกับผนัง
ดังนั้น

$$\begin{aligned}F_{Rx} &= \rho Q V_1 \\ \Sigma F_y = F_{Ry} &= \rho Q (V_2 \sin \theta_2 - V_1 \sin \theta_1) \\ = F_{Ry} &= \rho Q (V_2 \sin 90^\circ - V_1 \sin 0^\circ)\end{aligned}$$

เมื่อ V_2 กระทำขนานกับผนัง
ดังนั้น

$$F_{Ry} = \rho Q V_2$$

เนื่องจากของไหลกระทำในแนวขนานกับผนังกระจายโดยสม่ำเสมอ ดังนั้น ΣF_{Ry} จึงหักล้างกันหมด เหลือแต่แรง F_{Rx} กระทำกับผนังเท่านั้น จากกฎข้อที่สามของนิวตัน แรงกระทำเท่ากับแรงปฏิกิริยา ดังนั้น แรง F_{Rx} เท่ากับ F_x จะได้ว่า

$$\begin{aligned}F &= \rho Q V = \rho A V^2 \\ \text{เพราะว่า} \quad \rho &= \frac{\gamma}{g} \\ Q &= A v \\ \text{ดังนั้น} \quad F &= \frac{\gamma Q v}{g} \\ \text{หรือ} \quad F &= \frac{\gamma A V^2}{g}\end{aligned}$$

โดย

F = แรงที่เกิดจากการไหล (N)

γ = น้ำหนักจำเพาะของของไหล (N/m^3)

Q = อัตราการไหลของของไหล (m^3/s)

V = ความเร็วของของไหล (m/s)

g = อัตราการเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (m/s^2)

๓.แรงปะทะและแรงยกตัว ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของวัตถุและแรงที่พยายามยกวัตถุให้ลอยขึ้นหรือจมลง ตัวอย่างเช่น ลมปะทะกับอาคาร แรงยกทำให้เครื่องบินลอยตัว เป็นต้น การหาแรงปะทะและแรงยกตัวใช้หลักการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม โดยใช้สมการ $F = \gamma AV^2$ ในการหาแรงปะทะและแรงยกตัว ต้องมีสัมประสิทธิ์เข้า g มาเกี่ยวข้องด้วย เนื่องจากรูปร่างของวัตถุความหนืดของของไหล ดังนั้น สมการ ๘.๑๗ จึงได้ดังนี้

$$F = \frac{K\gamma AV^2}{g}$$

เพราะว่า

$$K = \frac{C}{2}$$

ดังนั้น

$$F = \frac{C\gamma AV^2}{2g}$$

โดย

F = แรงปะทะ แรงยกตัวหรือแรงกดตัว (N)

C = ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงปะทะ แรงยกตัวหรือแรงกดตัว

γ = น้ำหนักจำเพาะของของไหล (N/m^3)

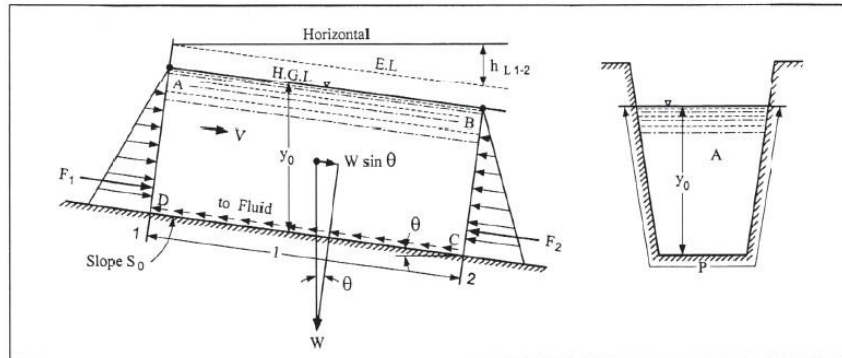
A = พื้นที่หน้าตัดของวัตถุที่ปะทะ ยกตัวหรือกดตัว (m^2)

V = ความเร็วของของไหล (m/s)

g = อัตราการเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (m/s^2)

การไหลในช่องทางเปิด หมายถึง การไหลของของไหลที่ผิวของของไหลสัมผัสกับบรรยากาศการไหลเกิดจากความลาดชันของช่องทางเปิด เช่น การไหลของน้ำในแม่น้ำ โดยทฤษฎีการไหลในช่องทางเปิดนี้ได้จากการทดลอง แบ่งเป็นหัวข้อได้ดังนี้

๑. การหาความเร็วในช่องทางเปิด หมายถึง ความเร็วเฉลี่ยของของไหลที่อยู่ในช่องทางเปิด เป็นการไหลแบบสม่ำเสมอ



ดังนั้น $W \sin \theta - P l \tau_0 = 0$

แทนค่า $W = A\gamma l$ และ $\sin \theta = h_L / l$ ในสมการ 8.19

$$\begin{aligned} (A\gamma l) (h_L / l) &= Pl\tau_0 \\ \tau_0 &= \frac{A\gamma h_L}{Pl} \end{aligned}$$

$$\text{โดย Hydraulic Radius (R)} = \frac{A}{P}$$

$$S = \frac{h_L}{L}$$

จากรูป พิจารณาของเหลวปริมาตร ABCD มีพื้นที่หน้าตัด A ความยาว l เป็นการไหลอย่างสม่ำเสมอ อยู่ในสภาวะสมดุล

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_1 + W \sin \theta - F_2 - \mu \tau_0 = 0$$

โดย $F_1 - F_2 = 0$ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม
 $W = \Delta \gamma \iota$

$$\sin \theta = h_L / l$$

$P =$ เส้นรอบรูป

τ_0 = ความเค้นเนื่องจากความเสียดทาน

ดังนั้น

$$\tau_0 = \gamma_{RS}$$

จากสมการ

$$\tau_0 = \frac{f\rho v^2}{8}$$

เพราะฉะนั้น

$$\frac{f\rho v^2}{8} = \gamma_{RS}$$

$$v = \sqrt{\frac{8gRS}{f}}$$

กำหนดให้

$$C = \sqrt{8g/f}$$

ดังนั้น

$$v = C\sqrt{RS}$$

โดย

$$\tau_0 = \text{ความเค้นเนื่องจากความเสียดทาน (N/m}^2\text{)}$$

$$\gamma = \text{น้ำหนักจำเพาะ (N/m}^3\text{)}$$

$$v = \text{ความเร็วเฉลี่ยของของไหล (m/s)}$$

$$C = \text{สัมประสิทธิ์ของช่องทางเปิด}$$

$$g = \text{อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (m/s}^2\text{)}$$

$$f = \text{สัมประสิทธิ์ของการสูญเสีย}$$

2. ปริมาณการไหลในช่องทางเปิด โดยใช้สมการการไหลสม่ำเสมอ $Q=AV$ ดังนั้น

$$Q = AC\sqrt{RS}$$

โดย

$$Q = C\sqrt{RS}$$

$$R = \text{Hydraulic Radius (m)}$$

$$S = \text{ความชัน}$$

๖.แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบเรื่อง งานการไหลในท่อของของไหล

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) ทับลงบนตัวเลือกที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

๑. ใครเป็นผู้สร้างเครื่องมือทดลองเพื่อศึกษาเกี่ยวกับการไหลของของไหลในท่อ

ก. Hangen

ข. Osborne Reynolds

ค. Julius Weisbach

ง. Lewis F. Moody

๒. การไหลที่ของไหลเคลื่อนที่ไม่เป็นระเบียบเป็นลักษณะการไหลแบบใด

ก. การไหลแบบราบเรียบ

ข. การไหลที่ของไหลหยุดนิ่งชั่วขณะหนึ่ง

ค. การไหลแบบปั่นป่วน

ง. การไหลในช่วงแปรเปลี่ยน

๓. พฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อจะเป็นลักษณะใดพิจารณาจากค่าอะไร

ก. เรย์โนลด์ นัมเบอร์

ข. อัตราการไหล

ค. ความเร็วของของไหล

ง. การสูญเสียขณะไหล

๔. น้ำมีค่าความหนืดสมบูร์ณ $1.02 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ และมีค่าความหนาแน่น 1000 kg/m^3 ไหลผ่านท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 mm ด้วยความเร็ว 6 m/s ค่าเรย์โนลด์ นัมเบอร์มีค่าเท่าไร

ก. 8.82×10^5

ข. 8.82×10^4

ค. 8.82×10^3

ง. 8.82×10^2

๕. จากข้อ ๔ ลักษณะการไหลเป็นแบบใด

ก. การไหลแบบราบเรียบ

ข. การไหลของของไหลที่หยุดนิ่งชั่วขณะหนึ่ง

ค. การไหลแบบปั่นป่วน

ง. การไหลในช่วงแปรเปลี่ยน

๖. ก๊าซโซลีนมีค่าความหนืดสมบูร์ณ $2.92 \times 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ และมีค่าความหนาแน่น 719 kg/m^3 ไหลผ่านท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 mm ด้วยอัตราการไหล $0.002 \text{ m}^3/\text{s}$ ไหลด้วยความเร็วเท่าไร

ก. 0.11 m

ข. 1.06 m

ค. 1.60 m

ง. 2.50 m

๗. จากข้อ ๖ ค่าเรย์โนลด์ นัมเบอร์มีค่าเท่าไร

ก. 3.70×10^5

ข. 2.36×10^5

ค. 1.63×10^5

ง. 1.57×10^5

๘. การสูญเสียพลังงานหลัก สาเหตุเกิดจากอะไร

ก. ความเสียดทาน

ข. ความเร็ว

ค. ความดัน

ง. ความตึงผิว

๙. ข้อใดไม่ใช่ความสัมพันธ์ใน Moody Diagram

ก. เรย์โนลด์ นัมเบอร์

ข. ความขรุขระสัมพัทธ์

ค. เฮดความดัน

ง. สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

๑๐. น้ำทะเลไหลผ่านท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm ยาว 100 m ด้วยความเร็ว 1.5 m/s อัตราการไหล ของน้ำทะเลที่ไหลผ่านท่อมีค่าเท่าไร

ก. $0.0009 \text{ m}^3/\text{s}$

ข. $0.0039 \text{ m}^3/\text{s}$

ค. $1.5980 \text{ m}^3/\text{s}$

ง. $2.2000 \text{ m}^3/\text{s}$

๑๑. จากข้อ ๑๐ การสูญเสียพลังงานหลัก มีค่าเท่ากับเท่าไร

- | | |
|--------------|-------------|
| ဂါ. ၈.၈၁၆ က | ဃ. ၁၁.၅၈ က |
| ငါ. ၈.၈.၅၈ က | ၆. ၁၄.၁၁၆ က |

๑๒. น้ำมันก๊าดมีค่าความหนืดสมบูร์ณ 1.5×10^{-3} Pa·s และมีความหนาแน่น 815 kg/m^3 ไหลผ่านท่อ สแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑๒๐ mm ยาว ๗๕๐ m มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเท่ากับ ๐.๐๑๘ ด้วยความเร็ว ๕ m/s ค่าเรย์โนลด์ นัมเบอร์มีค่าเท่าไร

- ගි. ෧.෪෦ X ෨^෪
 ආ. ෧.෪෦ X ෨^෫
 ඇ. ෧.෪෦ X ෨^෬
 අ. ෧.෪෦ X ෨^෭

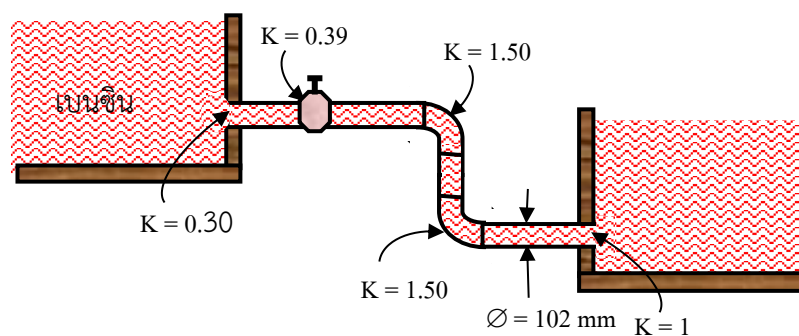
๑๓. จากข้อ ๑๒ ค่าความซรุขระสัมพันธ์ มีค่าเท่าไร

- गि. ०.०००७
 गि. ०.०००८
 गि. ०.०००९
 गि. ०.००१०

๑๔. จากข้อ ๑๒ การสูญเสียพลังงานหลักมีค่าเท่ากับเท่าไร

- గి. ౧౬౩.౫౬ మ బి. ౧౭౩.౮౦ మ
 టి. ౧౬౪.౨౬ మ ఇ. ౧౭౬.౬౬ మ

จากรูป ใช้ตอบคำถามข้อ ๑๕-๑๖



๑๕. เบนซินไหลจากถังเก็บใบที่ ๑ สู่อังเก็บใบที่ ๒ ผ่านท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑๐๒ mm ยาว ๑๗๐ m ด้วยความเร็ว ๒ m/s ค่าความขรุขระของท่อเท่ากับ ๑ mm สมมติค่าความเสียดทานขณะไหลเท่ากับ ๐.๐๓๗ การสูญเสียพลังงานหลักมีค่าเท่าไร

- | | |
|-------------|------------|
| ဂි. ၁၉.၉၈ m | ဃ. ၁၀.၈၉ m |
| ငါ. ၁၀.၀၈ m | ၁. ၁၈.၈၉ m |

๑๖. จากข้อ ๑๕ การสูญเสียรองมีค่าเท่ากับเท่าไร

- | | |
|------------|-----------|
| ဂါ. ၈.၆၅ m | ဈ. ၁.၈၀ m |
| ဂီ. ၁.၆၅ m | ည. ၀.၈၆ m |

๑๗. เครื่องมือที่ใช้วัดอัตราการไหลโดยตรงเรียกว่าอะไร

- เครื่องมือวัดเหตุสูญเสีย
- เครื่องมือวัดการไหลของของไหลผ่านหัวฉีด
- เครื่องมือวัดทางกล
- เครื่องมือวัดความแตกต่างของความดัน

- แบบทดสอบเรื่อง งานการไหลในท่อของของไหล**

 ๑. ใครเป็นผู้สร้างเครื่องมือทดลองเพื่อศึกษาเกี่ยวกับการไหลของของไหลในท่อ
 - ก. Hagen
 - ข. Osborne Reynolds
 - ค. Julius Weisbach
 - ง. Lewis F. Moody
 ๒. การไหลที่ของไหลเคลื่อนที่ไม่เป็นระเบียบเป็นลักษณะการไหลแบบใด
 - ก. การไหลแบบราบเรียบ
 - ข. การไหลที่ของไหลหยุดนิ่งชั่วขณะหนึ่ง
 - ค. การไหลแบบปั่นป่วน
 - ง. การไหลในช่วงแปรเปลี่ยน
 ๓. พฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อจะเป็นลักษณะใดพิจารณาจากค่าอะไร
 - ก. เรย์โนลด์ นัมเบอร์
 - ข. อัตราการไหล
 - ค. ความเร็วของของไหล
 - ง. การสูญเสียขณะไหล
 ๔. น้ำมีค่าความหนืดสมบูรณ์ $1.02 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ และมีค่าความหนาแน่น 1000 kg/m^3 ไหลผ่านท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 mm ด้วยความเร็ว 6 m/s ค่าเรย์โนลด์ นัมเบอร์มีค่าเท่าไร
 - ก. 8.82×10^5
 - ข. 8.82×10^4
 - ค. 8.82×10^3
 - ง. 8.82×10^2
 ๕. จากข้อ ๔ ลักษณะการไหลเป็นแบบใด
 - ก. การไหลแบบราบเรียบ
 - ข. การไหลของของไหลที่หยุดนิ่งชั่วขณะหนึ่ง
 - ค. การไหลแบบปั่นป่วน
 - ง. การไหลในช่วงแปรเปลี่ยน
 ๖. ก๊าซโซลีนมีค่าความหนืดสมบูรณ์ $2.92 \times 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ และมีค่าความหนาแน่น 719 kg/m^3 ไหลผ่านท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 mm ด้วยอัตราการไหล $0.002 \text{ m}^3/\text{s}$ ไหลด้วยความเร็วเท่าไร
 - ก. 0.11 m/s
 - ข. 1.06 m/s
 - ค. 1.60 m/s
 - ง. 2.50 m/s

๗. จากข้อ ๖ ค่าเรย์โนลด์ นัมเบอร์มีค่าเท่าไร

ก. 3.7×10^5

ข. 2.36×10^5

ค. 1.63×10^5

ง. 1.57×10^5

๘. การสูญเสียพลังงานหลัก สาเหตุเกิดจากอะไร

ก. ความเสียดทาน

ข. ความเร็ว

ค. ความดัน

ง. ความตึงผิว

๙. ข้อใดไม่ใช่ความสัมพันธ์ใน Moody Diagram

ก. เรย์โนลด์ นัมเบอร์

ข. ความขรุขระสัมพัทธ์

ค. เฮดความดัน

ง. สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

๑๐. น้ำทะเลไหลผ่านท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑๐ mm ยาว ๑๐๐ m ด้วยความเร็ว ๑.๕ m/s อัตราการไหล ของน้ำทะเลที่ไหลผ่านท่อมี่ค่าเท่าไร

ก. $0.0009 \text{ m}^3/\text{s}$

ข. $0.0039 \text{ m}^3/\text{s}$

ค. $1.5480 \text{ m}^3/\text{s}$

ง. $2.2000 \text{ m}^3/\text{s}$

๑๑. จากข้อ ๑๐ การสูญเสียพลังงานหลัก มีค่าเท่ากับเท่าไร

ก. 3.36 m

ข. 11.78 m

ค. 13.73 m

ง. 18.26 m

๑๒. น้ำมันก๊าดมีค่าความหนืดสมบูร์น $1.52 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ และมีความหนาแน่น 819 kg/m^3 ไหลผ่านท่อ สเตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑๒๐ mm ยาว ๗๕๐ m มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเท่ากับ ๐.๐๑๘ ด้วยความเร็ว ๕ m/s ค่าเรย์โนลด์ นัมเบอร์มีค่าเท่าไร

ก. 2.56×10^5

ข. 2.56×10^7

ค. 2.56×10^6

ง. 2.56×10^4

๑๓. จากข้อ ๑๒ ค่าความขรุขระสัมพัทธ์ มีค่าเท่าไร

ก. 0.0002

ข. 0.0003

ค. 0.0004

ง. 0.0005

๑๔. จากข้อ ๑๒ การสูญเสียพลังงานหลักมีค่าเท่ากับเท่าไร

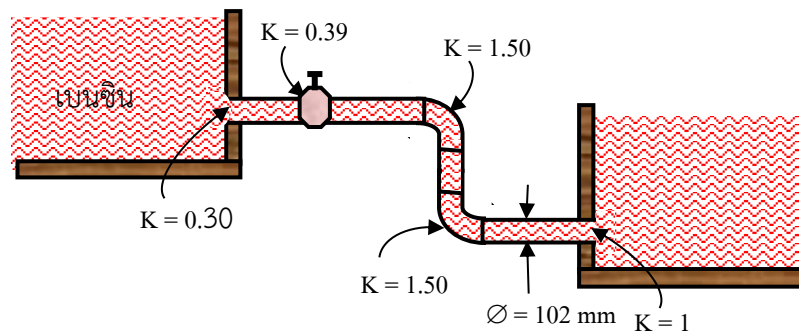
ก. 143.35 m

ข. 163.70 m

ค. 182.25 m

ง. 205.44 m

จากรูป ใช้ตอบคำถามข้อ ๑๕-๑๖



๑๕. เบนซินไหลจากถังเก็บใบที่ ๑ สู่อังเก็บใบที่ ๒ ผ่านท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑๐๒ mm ยาว ๑๗๐ m ด้วยความเร็ว ๒ m/s ค่าความขรุขระของท่อเท่ากับ ๑ mm สมมติค่าความเสียดทานขณะไหลเท่ากับ ๐.๐๓๗ การสูญเสียพลังงานหลักมีค่าเท่าไร

ก. ๑๒.๕๗ m

ข. ๑๐.๓๕ m

ค. ๑๐.๐๑ m

ง. ๑๓.๙๕ m

๑๖. จากข้อ ๑๕ การสูญเสียรองมีค่าเท่ากับเท่าไร

ก. ๙.๕๗ m

ข. ๖.๗๐ m

ค. ๑.๔๒ m

ง. ๐.๙๖ m

๑๗. เครื่องมือที่ใช้วัดอัตราการไหลโดยตรงเรียกว่าอะไร

ก. เครื่องมือวัดเฮดสูญเสีย

ข. เครื่องมือวัดการไหลของของไหลผ่านหัวฉีด

ค. เครื่องมือวัดทางกล

ง. เครื่องมือวัดความแตกต่างของความดัน

๑๘. น้ำไหลผ่านท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑๒๐ mm ที่วางอยู่ในแนวระดับ ผ่านมาตรวัดอัตราการไหลแบบคอคอตที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๕๐ mm มีความดันแตกต่างเท่ากับ ๔.๗๐ kPa และมีสัมประสิทธิ์ของการไหลเท่ากับ ๐.๙๗ อัตราการไหลของน้ำที่ผ่านมาตรวัดนี้มีค่าเท่าไร

ก. ๐.๐๖๑ m^๓/s

ข. ๐.๐๐๕๙ m^๓/s

ค. ๐.๐๐๖๑ m^๓/s

ง. ๐.๐๕๙ m^๓/s

๑๙. น้ำไหลผ่านท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑๒๐ mm ที่วางอยู่ในแนวระดับ ผ่านมาตรวัดอัตราการไหลแบบรูที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๕๐ mm มีความดันแตกต่างเท่ากับ ๔.๗๐ kPa และมีสัมประสิทธิ์ของการไหลเท่ากับ ๐.๗๕ อัตราการไหลของน้ำที่ผ่านมาตรวัดนี้มีค่าเท่าไร

ก. ๐.๐๐๕๐ m^๓/s

ข. ๐.๐๐๔๘ m^๓/s

ค. ๐.๐๐๔๖ m^๓/s

ง. ๐.๐๐๔๔ m^๓/s

๒๐. น้ำไหลผ่านท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๒๐๐ mm ที่วางอยู่ในแนวระดับ ผ่านมาตรวัดอัตราการไหลแบบหัวฉีดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๔๐ mm มีความดันแตกต่างเท่ากับ ๔.๗๐ kPa และมีสัมประสิทธิ์ของการไหลเท่ากับ ๐.๙๗ สัมประสิทธิ์ของการไหลผ่านหัวฉีดมีค่าเท่าไร

ก. ๐.๐๐๔

ข. ๐.๐๙๗

ค. ๐.๙๑

ง. ๐.๙๙

๗.เอกสารอ้างอิง

สำนักพิมพ์เอมพันธ์ วิชาการศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ผู้แต่ง อ.วีระศักดิ์ มะโนน้อม

	ใบกิจกรรมที่ ๕	หน่วยที่ ๕
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๑๑-๑๕
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานการไหลในท่อของของไหล	ทฤษฎี ๑๒ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานการไหลในท่อของของไหล		

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับการไหลสมำเสมอที่มีแรงเสียดทานภายในท่อ
- ๓.๒. คำนวณหาค่าปริมาณต่าง ๆ ในสมการการไหลสมำเสมอ

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- ๔.๑. อธิบายกฎการทรงพลังงานได้ถูกต้อง
- ๔.๒. อธิบายคำจำกัดความพลังงานในของไหลได้ถูกต้อง
- ๔.๓. อธิบายแรงที่เกิดจากของไหลได้ถูกต้อง
- ๔.๔. อธิบายการไหลของของไหลในช่องทางเปิดได้ถูกต้อง
- ๔.๕. คำนวณหาการหาค่าต่าง ๆ ในสมการการไหลสมำเสมอได้ถูกต้อง
- ๔.๖. คำนวณหาค่าพลังงานในของไหลได้ถูกต้อง

๕. สารการเรียนรู้

- ๕.๑. งานวิเคราะห์เลขเรย์โนลด์ นัมเบอร์
- ๕.๒. งานสูญเสียพลังงานเนื่องจากการไหล
- ๕.๓. งานวัดอัตราการไหล

๖. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

- ๖.๑ สามารถประยุกต์ใช้หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล

๗. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ใบกิจกรรมที่ ๔

คำสั่ง ให้ผู้เรียนอธิบายคุณสมบัติของของไหลดังต่อไปนี้

๑. กฎการทรงพลังงาน กล่าวไว้ว่าอย่างไร

.....

๒. พลังงานในการไหลของของไหล ได้แก่ อะไรบ้าง

.....

๓. v_2 หมายถึงอะไร

๒g

.....

๔. P หมายถึงอะไร

.....

๕. hL หมายถึงอะไร

.....

๖. Energy Line คืออะไร

.....

๗. กำลังงาน คืออะไร

.....

๘. แรงปะทะและแรงยกตัวทำให้เกิดอะไร

.....

๙. การไหลในช่องทางเปิด หมายถึงอะไร

.....

๑๐. ปริมาณการไหลในช่องทางเปิดใช้สมการอะไร

.....

๘. สรุปและวิจารณ์ผล

ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเนื้อหา

๙. การประเมินผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๖๐ และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้อง ปฏิบัติงานใหม่

๑๐. เอกสารอ้างอิง / เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

สำนักพิมพ์เอนพินซ์ วิชากลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ผู้แต่ง อ.วีระศักดิ์ มะโนน้อม

นิตยา หวังวงศ์โรจน์. กลศาสตร์ของไหลและชลศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล, 2539.

มนต์ชัย กาทอง. เทอร์โมไดนามิกส์ เล่ม 1. สมุทรปราการ : กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเรือ

ฝ่ายศึกษาโรงเรียนนายเรือ, 2538. (อัดสำเนา



	ใบงานที่ ๔.๑	หน่วยที่ ๔
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๙-๑๑
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ งานแรงและโมเมนต์ในของไหล	ทฤษฎี ๙ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน งานหาแรงที่กระทำบนแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว		

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับแรงที่เกิดจากของเหลวกระทำต่อวัตถุ
- ๓.๒. คำนวณแรงที่เกิดจากของเหลวกระทำต่อวัตถุที่อยู่ในของเหลว

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- ๔.๑ อธิบายหลักการของแรงกระทำกับแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลวได้ถูกต้อง
- ๔.๒ อธิบายหลักการหาตำแหน่งที่แรงกระทำในแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลวได้ถูกต้อง
- ๔.๓ คำนวณหาแรงที่กระทำกับแผ่นราบได้ถูกต้อง
- ๔.๔ คำนวณหาตำแหน่งที่แรงกระทำกับแผ่นราบได้ถูกต้อง
- ๔.๕ คำนวณหาแรงที่กระทำกับแผ่นโค้งที่จมอยู่ภายใต้ของเหลวได้ถูกต้อง

๕. สารการเรียนรู้

- ๕.๑ แรงที่กระทำบนแผ่นราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว
- ๕.๒ การหาตำแหน่งที่แรงกระทำ
- ๕.๓ แรงที่กระทำบนแผ่นโค้งที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว

๖. คำแนะนำ/ข้อควรระวัง

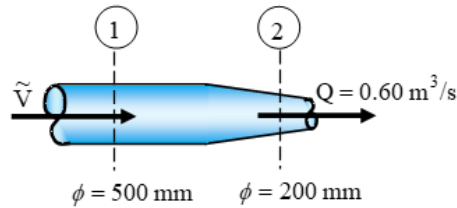
- ๖.๑ สามารถประยุกต์ใช้หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล

๗. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

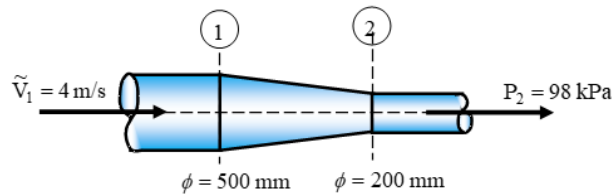
ใบงานที่ ๒.๑

คำสั่ง ให้ผู้เรียนแสดงวิธีการคำนวณงานของไหลสถิต ดังต่อไปนี้

๑. ไหลผ่านท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๕๐๐ mm ด้วยความดัน ๓๐๐ KPa ผ่านท่อลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๒๐๐ mm ความดัน ๑๐๐ KPa ด้วยอัตราการไหล ๐.๖๐ m³/s จงคำนวณหาแรงที่น้ำกระทำกับข้อลด



๒. น้ำไหลผ่านท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๕๐๐ mm ความเร็ว ๔ m/s ผ่านท่อลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๒๐๐ mm ความดัน ๙๘ KPa จงคำนวณหาแรงที่น้ำกระทำกับข้อลด



๘. สรุปและวิจารณ์ผล

ครูและนักศึกษาร่วมกันสรุปเนื้อหา

๙. การประเมินผล

นักเรียนต้องได้ผลการประเมินไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๖๐ และหากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินจะต้องปฏิบัติงานใหม่

๑๐. เอกสารอ้างอิง / เอกสารค้นคว้าเพิ่มเติม

สำนักพิมพ์เอมพันธ์ วิชาการศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ผู้แต่ง อ.วีระศักดิ์ มะโนน้อม

นิตยา หวังวงศ์วิโรจน์. กลศาสตร์ของไหลและชลศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล, 2539.
 มนต์ชัย กาทอง. เทอร์โมไดนามิกส์ เล่ม 1. สมุทรปราการ : กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเรือ
 ฝ่ายศึกษาโรงเรียนนายเรือ, 2538. (อัดสำเนา)

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ ๗
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๑๓-๑๕
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ การวัดอัตราการไหล	ทฤษฎี ๖ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน การวัดอัตราการไหล		

๑. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓. สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับการวัดอัตราการไหลแบบรู
- ๓.๒. แสดงความรู้เกี่ยวกับการวัดอัตราการไหลแบบเวนจูรี
- ๓.๓. แสดงความรู้เกี่ยวกับการวัดอัตราการไหลแบบหลอด

๔. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- ๔.๑. อธิบายหลักการวัดอัตราการไหลแบบรู แบบเวนจูรี และแบบหลอดได้ถูกต้อง
- ๔.๒. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ cc cv และ cd ได้ถูกต้อง
- ๔.๓. คำนวณหาอัตราการไหลผ่านเวนจูรีได้ถูกต้อง
- ๔.๔. คำนวณหาอัตราการไหลผ่านหลอดได้ถูกต้อง
- ๔.๕. คำนวณหาพลังงานที่สูญเสียเนื่องจากการไหลของของไหลได้ถูกต้อง

๕. สารการเรียนรู้

- ๕.๑. การวัดอัตราการไหลผ่านรู
- ๕.๒. สัมประสิทธิ์ของกระแสน้ำของของไหลเริ่มขนาน
- ๕.๓. สัมประสิทธิ์ของความเร็ว
- ๕.๔. สัมประสิทธิ์ของการจ่ายของไหล
- ๕.๕. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ cc cv และ cd
- ๕.๖. การสูญเสียความดันในรูปความสูงของการวัดอัตราการไหลผ่านรู
- ๕.๗. การวัดอัตราการไหลผ่านเวนจูรี
- ๕.๘. การจ่ายผ่านเวนจูรี
- ๕.๙. การวัดอัตราการไหลผ่านหลอด

๖. กิจกรรมการเรียนรู้

- ๖.๑ การนำเข้าสู่บทเรียน
 ๑. ครูอธิบายจุดประสงค์การเรียนรู้ สารการเรียนรู้ให้นักเรียนฟัง
 ๒. ครูอธิบายความเป็นมาหรือสาระสำคัญของการวัดอัตราการไหลให้นักเรียนฟัง
- ๖.๒ การเรียนรู้

- ๖.๒.๑ หนังสือเรียน วิชากลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ของสำนักพิมพ์เอ็มพันธ์
- ๖.๒.๒ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ และ Power Point
- ๖.๒.๓ กิจกรรมการเรียนการสอน
- ๖.๒.๔ รูปภาพประกอบ
- ๖.๒.๕ แบบหุ่นจำลอง
- ๖.๓ การสรุป
- ๖.๓.๑ สรุปบทเรียนส่วนที่เป็นสาระสำคัญ
- ๖.๔ การวัดและประเมินผล
- ๖.๔.๑ สังเกตพฤติกรรมรายบุคคล
- ๖.๔.๒ กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้
- ๖.๔.๓ แบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้
- ๖.๕ แบบประเมินผลการปฏิบัติงานและแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม

๗. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

- ๗.๑ Power Point เรื่อง การวัดอัตราการไหล

๘. หลักฐานการเรียนรู้

- ๘.๑ หลักฐานความรู้
 - ๑. เอกสารรับรองจากการทดสอบความรู้
- ๘.๒ หลักฐานการปฏิบัติงาน
 - ๑. แบบบันทึกความคิดเห็นของครูผู้สอน
 - ๒.แบบรับรองการปฏิบัติงานจากสถานประกอบการ
 - ๓. แบบบันทึกการรายงานจากการสังเกตจากการปฏิบัติงาน

๙. การวัดและประเมินผล

- ๙.๑ เกณฑ์การปฏิบัติงาน
 - ๑. วางแผนและเตรียมความพร้อมในการใช้ความรู้เบื้องต้น เรื่อง การวัดอัตราการไหล
 - ๒. สรุปผลการวางแผนช่องทางการใช้ความรู้เบื้องต้น เรื่อง การวัดอัตราการไหล
- ๙.๒ วิธีการประเมิน
 - ๑. พิจารณาหลักฐานความรู้
 - ๒. พิจารณาหลักฐานการปฏิบัติงาน
- ๙.๓ เครื่องมือประเมิน
 - ๑. แบบทดสอบก่อนเรียน
 - ๒. ใบความรู้ที่ ๑
 - ๓. แบบประเมินแฟ้มสะสมผลงาน

๑๐. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

- ๑๐.๑ ข้อสรุปหลังการจัดการเรียนรู้
- ๑๐.๒ ปัญหาที่พบ
- ๑๐.๓ แนวทางแก้ปัญหา

	ใบความรู้ที่ ๑	หน่วยที่ ๗
	รหัสวิชา ๓๐๑๐๑-๒๐๐๑ ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล	สอนครั้งที่ ๑๓-๑๕
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ การวัดอัตราการไหล	ทฤษฎี ๙ ชม. ปฏิบัติ ๐ ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน การวัดอัตราการไหล		

๑.ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียนรู้

วิเคราะห์หลักสถิติศาสตร์และหลักพลศาสตร์ของไหลในงานเทคนิคเครื่องกล

๒.อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

ไม่มี

๓.สมรรถนะประจำหน่วย

- ๓.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับการวัดอัตราการไหลแบบรู
- ๓.๒ แสดงความรู้เกี่ยวกับการวัดอัตราการไหลแบบเวนจูรี
- ๓.๓ แสดงความรู้เกี่ยวกับการวัดอัตราการไหลแบบหลอด

๔.จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

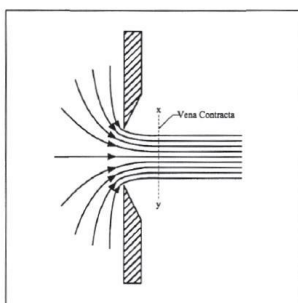
- ๔.๑ อธิบายหลักการวัดอัตราการไหลแบบรู แบบเวนจูรี และแบบหลอดได้ถูกต้อง
- ๔.๒ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ C_c C_v และ C_d ได้ถูกต้อง
- ๔.๓ คำนวณหาอัตราการไหลผ่านเวนจูรีได้ถูกต้อง
- ๔.๔ คำนวณหาอัตราการไหลผ่านหลอดได้ถูกต้อง
- ๔.๕ คำนวณหาพลังงานที่สูญเสียเนื่องจากการไหลของของไหลได้ถูกต้อง

๕.เนื้อหาสาระ

การวัดอัตราการไหลผ่านรู (Flow Through Orifices)

เมื่อของไหลไหลผ่านรู (Orifice) จำนวนของไหลที่ผ่านรู (Discharge) จะขึ้นอยู่กับขนาดรูปร่างและแบบของรู ตามสภาพความเป็นจริง เนื่องจากในขณะที่ของไหลไหลผ่านรูจะมีความฝืด ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของเข้ามาเกี่ยวข้อง ด้วย ดังนั้น จำนวนของไหลที่ผ่านรูและความเร็วที่ใช้จริง (Actual Discharge and Actual Velocity) จะเปลี่ยนไป และมีค่าต่างกับของไหลที่ผ่านรู และความเร็วทางทฤษฎี (Ideal Discharge and Ideal Velocity)

จากการทดลองปรากฏว่า ขณะที่ของไหลไหลผ่านรูนั้น กระแสของของไหล (Stream Line) จะไม่ขนานกัน แต่ จะเกิดคอคอต (Contraction) ขึ้น คอคอตนี้จะขึ้นอยู่กับขนาด รูปร่าง และลักษณะของรูนั้น ส่วนของน้ำที่พุ่งตรง กระแสของของไหลเริ่มขนานกัน เรียกว่า Vena Contracta



สัมประสิทธิ์ของกระแสน้ำของไหลเริ่มขนาน (The Coefficient of Contraction)

อัตราส่วนของพื้นที่ของน้ำที่จุด Vena Contraction กับพื้นที่ของรู เรียกว่า Coefficient of Contraction (C_C)

$$C_C = \frac{\text{พื้นที่ของน้ำที่พุ่งตรงเริ่มขนาน (Area of Water jet)}}{\text{พื้นที่ของน้ำที่ผ่านรู (Area of Orifice)}}$$

โดย

$$A_{JET} = C_C \times A_0$$

A_{JET}	=	พื้นที่ของน้ำที่พุ่งตรงเริ่มขนาน
C_C	=	สัมประสิทธิ์ของกระแสน้ำของไหลเริ่มขนาน
A_0	=	พื้นที่ของน้ำที่ผ่านรู

ค่า C_C หาได้จากการทดลอง ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาด รูปร่าง และลักษณะของรู (Orifice)
 C_C ของรูที่ขอบคม (Sharp Edge Orifice) มีค่าเท่ากับ 0.61-0.72

สัมประสิทธิ์ของความเร็ว (The Coefficient of Velocity)

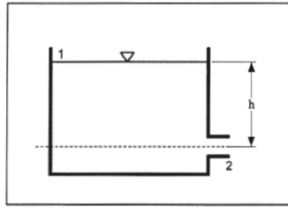
สัมประสิทธิ์ของความเร็ว หมายถึง อัตราส่วนระหว่างค่าที่ Vena Contracta (Actual Velocity) กับความเร็วที่น้ำพุ่งเป็นลำ (Theoretical Velocity of Jet)

$$C_V = \frac{\text{ความเร็วที่ Vena Contracta (Actual Velocity)}}{\text{ความเร็วที่น้ำพุ่งเป็นลำ (Theoretical Velocity of Jet)}}$$

โดย

$$V_{act} = C_V \times V_{th}$$

V_{act}	=	ความเร็วที่ Vena Contracta
C_V	=	Coefficient of Velocity
V_{th}	=	ความเร็วที่น้ำพุ่งเป็นลำ



สมการการไหลสม่ำเสมอ เป็นสมการของ Bernoulli's Equation จะได้ว่า

$$\frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \frac{P_2}{\gamma}$$

โดย	P_1	=	P_2	(เพราะเป็นความดันของบรรยากาศ)
	V_1	=	0	(เพราะเป็นความเร็วที่ระดับน้ำไม่มีความร้อน)
	Z_2	=	0	(เพราะความสูงที่จุด 2 ไม่มี)

ดังนั้น สมการ 10.3 จะได้ว่า

	Z_1	=	$\frac{V_2^2}{2g}$
	V_2^2	=	$2gZ_1$
	V_2^2	=	$2gh$
โดย	Z_1	=	h
ดังนั้น	V_2	=	$\sqrt{2gh}$

จากสมการ 10.2

	V_{act}	=	$C_V \times V_{th}$
โดย	V_2	=	V_{th}
แทนค่า	V_2	=	V_{th} ในสมการ 10.2
ดังนั้น	V_{act}	=	$C_V \times \sqrt{2gh}$

ค่า C_V ขึ้นอยู่กับความเสียดทาน ขนาด รูปร่าง และลักษณะของรู (Orifice)
 C_V ของรูที่ขอบคม (Sharp Edge Orifice) มีค่าเท่ากับ 0.95-0.99

สัมประสิทธิ์ของการจ่ายของไหล (The Coefficient of Discharge)

เนื่องจากมีคอขวดเกิดขึ้นที่กระแสน้ำของไหลเริ่มขนาน (Water Jet) และความเร็วที่ใช้จริง (Actual Velocity) น้อยกว่าความเร็วทางทฤษฎี (Theoretical Velocity) ดังนั้น การจ่ายของของไหลที่ได้จริง (Actual Discharge) จึงมีค่าน้อยกว่าการจ่ายของของไหลทางทฤษฎี (Theoretical Discharge)

$$C_d = \frac{\text{การจ่ายของของไหลที่ได้จริง (Actual Discharge)}}{\text{การจ่ายของของไหลทางทฤษฎี (Theoretical Discharge)}}$$

$$Q_{act} = C_d \times Q_{th}$$

โดย

$$Q_{act} = \text{อัตราการจ่ายของของไหลที่ได้จริง}$$

$$C_d = \text{สัมประสิทธิ์ของการจ่ายของของไหล}$$

$$Q_{th} = \text{อัตราการจ่ายของของไหลทางทฤษฎี}$$

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ **C_c** **C_v** และ **C_d**

ค่า C_d ขึ้นอยู่กับความเสียดทาน ขนาด รูปร่าง และลักษณะของรู (Orifice)

C_d ของรูที่ขอบคม (Sharp Edge Orifice) มีค่าเท่ากับ 0.62

จากสมการที่ 10.5

$$Q_{act} = C_d \times Q_{th}$$

โดย $Q_{th} = A_0 \times V_{th}$

$$Q_{act} = A_{JET} \times V_{act}$$

ดังนั้น

$$A_{JET} \times V_{act} = C_d \times A_0 \times V_{th}$$

$$A_{JET} = C_c \times A_0$$

$$V_{act} = C_v \times V_{th}$$

ดังนั้น สมการ 10.6 จึงได้ว่า

$$\begin{aligned} C_c \times A_0 \times C_v \times V_{th} &= C_d \times A_0 \times V_{th} \\ &= \frac{C_c \times A_0 \times C_v \times V_{th}}{A_0 \times V_{th}} \end{aligned}$$

$$C_d = C_c \times C_v$$

การสูญเสียความดันในรูปความสูงของการวัดอัตราการไหลผ่านรู (Head Loss in an Orifices)

การสูญเสียความดันที่ของไหลไหลผ่าน เกิดจากความเสียดทานของผิวท่อ ขนาดของท่อความยาวของท่อและ ความเร็วในการไหล การสูญเสียกำลังงานจะสูงตามไปด้วย

$$V_{th} = \sqrt{2gh}$$

$$h = \frac{V_{th}^2}{2g}$$

$$V_{act} = C_v \cdot \sqrt{2gh}$$

$$h = \frac{1}{C_v^2} \cdot \frac{V_{act}^2}{2g}$$

เพราะฉะนั้น

$$\frac{V_{act}^2}{2g} = C_v^2 \cdot h$$

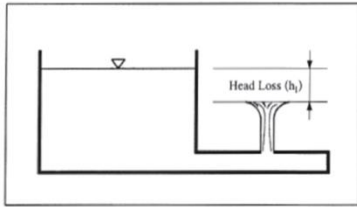
$$\text{Head loss} = h - C_v^2 \cdot h$$

$$h_L = (1 - C_v^2) \cdot h$$

$$h_L = \frac{V_{th}^2}{2g} - \frac{V_{act}^2}{2g}$$

$$= \frac{V_{act}^2}{C_v^2 \cdot 2g} - \frac{V_{act}^2}{2g}$$

$$h_L = \left[\frac{1}{C_v^2} - 1 \right] \frac{V_{act}^2}{2g}$$



การวัดอัตราการไหลผ่านเวนจูรี (Venturi Meter)

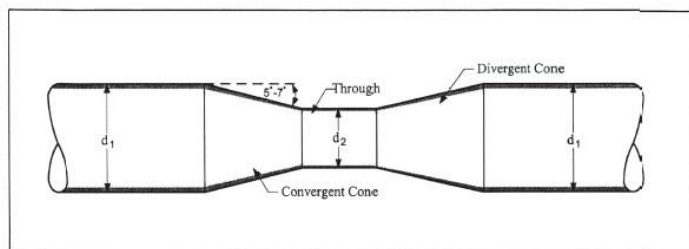
การวัดอัตราการไหลผ่านเวนจูรี เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับหาอัตราการไหลของของไหลในท่อ ซึ่งอาศัยหลักการของสมการการไหลอย่างสม่ำเสมอ (Bernoulli's Equation) เวนจูรีมิเตอร์ ประกอบด้วย ท่อเวนจูรี (Venturi Tube) และแมนอมิเตอร์ (Manometer) เป็นแบบเกจวัดความดันแตกต่าง (Different Pressure Gauge)

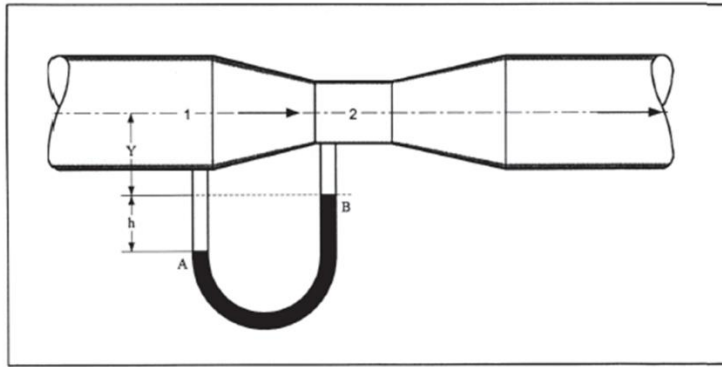
ท่อเวนจูรี (Venturi Tube) ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ 3 ส่วน คือ

๑. ส่วนที่เรียวจาก d_1 กับ d_2 เป็นส่วนของเหลวไหลเข้า (Convergent Cone)

๒. ส่วนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง d

๓. ส่วนที่เรียกว่า d_2 ไป d_1 เป็นส่วนของเหลวไหลออก (Divergent Cone) ความยาวของ Divergent Cone ยาวกว่า Convergent Cone





พิจารณาการวัดอัตราการไหลผ่านเวนจูรี (Venturi Meter) ซึ่งมีของเหลวไหลผ่าน
จากสมการเบอร์เนอรรี่ จะได้ว่า

$$\frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \frac{P_2}{\gamma}$$

การจ่ายผ่านเวนจูรี (Discharge Through a Venturi)

ให้ระดับสมมติ อยู่ที่จุดกึ่งกลางของท่อ

โดย

ดังนั้น จะได้ว่า

$$\frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \frac{P_2}{\gamma}$$

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

จากสมการการไหลต่อเนื่อง (Equation of Continuity)

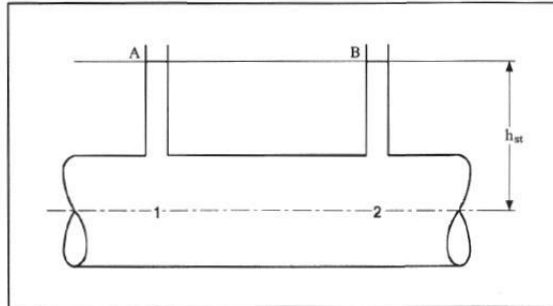
$$Q_1 = A_1 V_1 = A_2 V_2 \dots\dots\dots = \text{ค่าคงที่}$$

$$V_1 = \frac{A_2 - A_1}{A_1}$$

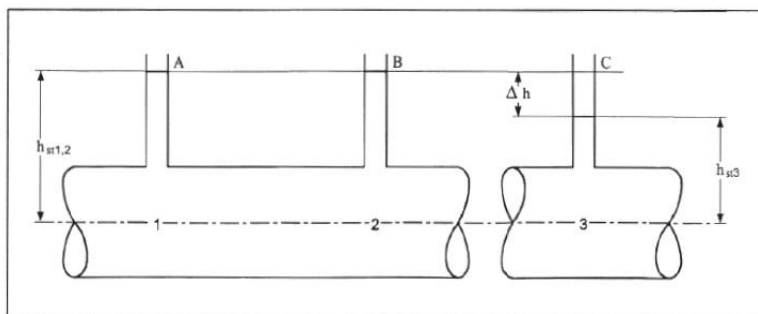
$$V_1^2 = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 \cdot V_2^2$$

การวัดอัตราการไหลผ่านหลอด (Pitot Tube)

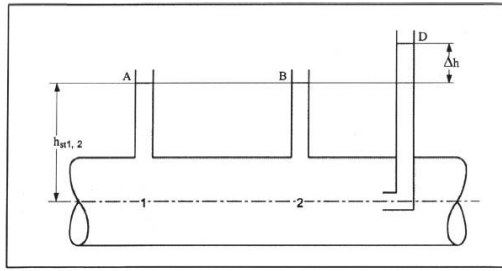
เราสามารถหาค่าความเร็วของของไหลที่ไหล โดยการพิจารณาลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในท่อ (Pipe) เมื่อของไหลในท่อไม่มีการเคลื่อนที่ ความดันที่อยู่ในรูปความสูง (Pressure Head) ในท่อ A และ B ย่อมสูงเท่ากันไม่ว่าหลอด (Tube) ทั้งสองอยู่ห่างกันเท่าไร เราเรียกความดันที่อยู่ในความสูงนี้ว่าความดันที่อยู่ในความสูงคงที่ (Static Pressure Head) (h_{st})



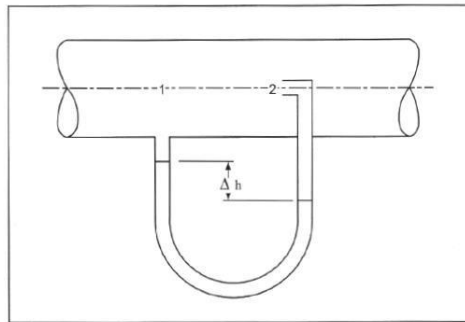
เมื่อของไหลในท่อ (Pipe) มีการเคลื่อนที่โดยหลอด A และ B อยู่ห่างกันเล็กน้อย เราย่อมถือได้ว่า Pressure Head ในหลอด (Tube) ทั้งสองยังคงสูงเท่ากันอยู่ ถ้าหากมีหลอดอีกอันหนึ่ง เช่น หลอด C ซึ่งอยู่ห่างจาก A และ B มาก เราจะพบว่า Pressure Head ในหลอด C ต่ำกว่าหลอด A และ B ทั้งนี้เพราะมีการไหลเกิดขึ้นที่ต่อเมื่อของไหลได้ เปลี่ยนจากพลังงานศักย์ (Potential Energy or Static Head) มาเป็นพลังงานจลน์ (Kinetic Energy or Velocity Head) ซึ่งมีค่าเท่ากับ Δh



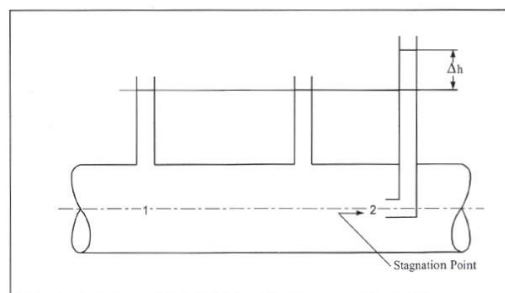
นำ Pitot Tube D มาใส่ไว้ใน Pipe โดยให้ปลายล่างเป็นปากเปิดอยู่ติดกับจุด ๒ และอยู่ในแนวศูนย์กลางของ ท่อ (Center Line of Pipe) ลักษณะเช่นนี้เราจะพบว่า ระดับของของไหลในหลอด D ต่ำกับหลอด A และ B อย่างเห็น ได้ชัด ทั้งนี้อธิบายได้ว่า ความสูงที่เพิ่มขึ้น เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ของมวลที่จุด ๑ มาเป็นพลังงานความดัน (Pressure Energy) ที่จุด ๒ เพราะเมื่อมวลอยู่ที่จุด ๑ ย่อมมีความเร็วไม่เท่ากับศูนย์ แต่เมื่อไหลมาปะทะกับมวลใน หลอด (Tube) ที่จุด ๒ อยู่ที่ปากหลอด D ความเร็วของมวลนั้นเท่ากับศูนย์จะเห็นได้ว่า ยิ่งมีการปะทะเร็วหรือแรงมาก ค่า Δh ยิ่งสูงมาก



เพื่อให้เกิดความสะดวกในการอ่านค่า h เราควรใช้ U-Tube Manometer เข้ามาช่วย ข้อควรระวัง ลักษณะ เช่นนี้เราย่อมจะได้ค่ามีหน่วยเป็นความสูงของของไหลในแมนอมิเตอร์ ดังนั้น เราต้องเปลี่ยนความสูงของของเหลวใน แมนอมิเตอร์เป็นความสูงของของไหลที่ไหลในท่อก่อนที่จะนำไปคำนวณหาความเร็ว จากสูตร $v = \sqrt{2gh}$ ได้



เป็นเครื่องมือสำหรับวัดความเร็วของของไหลที่กำลังไหล ของไหลตรงส่วนที่ตรงกับปลายท่อ Pitot Tube จะ ไหลเข้าไปใน Pitot Tube ทำให้ระดับของของไหลในหลอด (Tube) สูงขึ้นเรื่อย ๆ เลยความดันที่อยู่ในรูปความสูง (Static Pressure Head) จนถึงจุดหนึ่งระดับของของไหลก็คงที่ จะทำให้น้ำหนักของของไหลในหลอด (Tube) เท่ากับ แรงดันของของไหลที่ทางเข้าหลอด (Tube) และจะมีจุดหนึ่งอยู่บริเวณทางเข้าของ Pitot Tube ที่มีความเร็วเท่ากับ ศูนย์จุดนี้เรียกว่า Stagnation Point เพราะฉะนั้นของไหลภายใน Pitot จะ เป็นของไหลที่อยู่นิ่ง (Static Fluid)



พิจารณาจุด 1 และจุด 2 จากสมการเบอร์เนอร์รี่ $\frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \frac{P_2}{\gamma}$

โดย

$$Z_1 = Z_2 = 0 \text{ (เป็นระดับเดียวกัน)}$$

$$V_2 = 0 \text{ (เป็นความเร็วที่จุดจุดหนึ่งอยู่บริเวณทางเข้าของ Pitot Tube มีค่าเท่ากับศูนย์)}$$

$$V_1^2 = \frac{(P_1 - P_2)}{\gamma} \cdot 2g$$

$$V_1 = \sqrt{\frac{(P_1 - P_2)}{\gamma} \cdot 2g}$$

$$V_1 = \sqrt{2gh}$$

ดังนั้น

$$V_{act} = C_P \times V_{th}$$

โดย $V_{act} =$ ความเร็วที่ใช้งานจริง

$$V_{th} = V_1$$

$$V_{th} =$$
 ความเร็วทางทฤษฎี

$$C_P =$$
 ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลผ่านหลอด (Coefficient of Pitot Tube)

๖.แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบฝึกหัดที่ ๗ การวัดอัตราการไหล

๑. ของไหลที่ผ่านรู (Orifice) แล้วกระแสน้ำของไหลนั้นเริ่มขนาน เรียกว่าอะไร

.....

๒. สัมประสิทธิ์ของความเร็ว หมายถึงอะไร

.....

๓. สัมประสิทธิ์ของการจ่ายของไหล หมายถึงอะไร

.....

๔. ความสัมพันธ์ระหว่าง C_d C_c และ C_v คืออะไร

.....

๕. เวนจูริมิเตอร์ประกอบด้วยอะไรบ้าง

.....

๖. จุด Stagnation Point คืออะไร

.....

๗. อัตราส่วนของพื้นที่ของน้ำที่จุด Vena Contracta กับพื้นที่ของรู เรียกว่าอะไร

.....

๘. Ajet มีค่าเท่ากับอะไร

.....

๙. Vact มีค่าเท่ากับอะไร

.....

๑๐. Convergent Cone หมายถึงอะไร

.....

เฉลยแบบฝึกหัดที่ ๗ การวัดอัตราการไหล

๑. ของไหลที่ผ่านรู (Orifice) แล้วกระแสของไหลนั้นเริ่มขนาน เรียกว่าอะไร
ของไหลที่ผ่านรู (Orifice) แล้วกระแสของไหลนั้นเริ่มขนาน เรียกว่า การวัดอัตราการไหลผ่านรู
๒. สัมประสิทธิ์ของความเร็ว หมายถึงอะไร
สัมประสิทธิ์ของความเร็ว หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความเร็วที่ Vena Contracta กับความเร็วที่น้ำพุ่งเป็นลำ
๓. สัมประสิทธิ์ของการจ่ายของไหล หมายถึงอะไร
สัมประสิทธิ์ของการจ่ายของไหล หมายถึง การเกิดคอขวดเกิดขึ้นที่กระแสน้ำของไหลเริ่มขนาน และความเร็วที่ใช่ จริจน้อยกว่าความเร็วทางทฤษฎี
๔. ความสัมพันธ์ระหว่าง Cd Cc และ Cv คืออะไร
ความสัมพันธ์ระหว่าง Cd Cc และ Cv คือ $Cd = Cc / Cv$
๕. เวนจูรีมิเตอร์ประกอบด้วยอะไรบ้าง
เวนจูรีมิเตอร์ประกอบด้วยท่อเวนจูรี และแมนอมิเตอร์
๖. จุด Stagnation Point คืออะไร
จุด Stagnation Point คือ จุดที่อยู่บริเวณทางเข้าของ Pitot Tube ที่มีความเร็วเท่ากับศูนย์
๗. อัตราส่วนของพื้นที่ของน้ำที่จุด Vena Contracta กับพื้นที่ของรู เรียกว่าอะไร
อัตราส่วนของพื้นที่ของน้ำที่จุด Vena Contracta กับพื้นที่ของรู เรียกว่า Coefficient of Contraction
๘. Ajet มีค่าเท่ากับอะไร
Ajet มีค่าเท่ากับพื้นที่ของน้ำที่พุ่งตรงเริ่มขนาน
๙. Vact มีค่าเท่ากับอะไร
Vact มีค่าเท่ากับความเร็วที่ Vena Contracta
๑๐. Convergent Cone หมายถึงอะไร
Convergent Cone หมายถึง ส่วนที่เรียกจาก d_1 ถึง d_2 เป็นส่วนของเหลวเข้า

๗.เอกสารอ้างอิง

สำนักพิมพ์เอดมสัน วิชากลศาสตร์ของไหลในงานเครื่องกล ผู้แต่ง อ.วีระศักดิ์ มะโนน้อม