

	แผนการสอน	หน่วยที่ 7
	ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหล รหัสวิชา 3100 – 0103	สอนครั้งที่ 12
	ชื่อหน่วย แรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของของไหล	จำนวน 3 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง/ชื่องาน สมการของแรง,แรงของการไหลกระทำต่อแผ่นผิวเรียบซึ่งอยู่กับที่		
หัวข้อเรื่องและงาน 7.1 สมการของแรง 7.2 แรงของการไหลกระทำต่อแผ่นผิวเรียบซึ่งอยู่กับที่		
สาระสำคัญ 7.1 สมการของแรง เป็นการแก้ปัญหาแรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของของไหล ซึ่งเมื่อใดก็ตามที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศทางของความเร็วในการไหลจำเป็นต้องมีแรงที่มากระทำต่อวัตถุนั้น อาศัยกฎข้อที่ 2 ของนิวตันจะได้ความสัมพันธ์ของแรงและมวลของวัตถุ คือ $F = m \cdot a$ 7.2 แรงของการไหลกระทำต่อแผ่นผิวเรียบซึ่งอยู่กับที่เมื่อมีของไหลที่มีความเร็ว v พุ่งไปกระทบแผ่นผิวเรียบ ถ้าแผ่นผิวเรียบสามารถอยู่กับที่ได้ ($v_2 = 0$) แสดงว่ามีแรง (F_1) ขนาดเท่ากับแรงของของไหลที่กระทำ แต่มีทิศทางตรงกันข้ามมาด้านไว้		
สมรรถนะที่พึงประสงค์ (ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. สามารถเขียนสมการของแรงในแนวแกน x แกน y และแกน z ได้อย่างถูกต้อง 2. คำนวณหาแรงของการไหลที่กระทำต่อแผ่นผิวซึ่งอยู่กับที่ ได้อย่างถูกต้อง		

เนื้อหาสาระ

แรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของของไหล มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ตัวอย่างเช่น น้ำที่พุ่งออกจากหัวฉีดไปกระทบกับผนังเรียบใด ๆ ก็จะทำให้เกิดแรงที่กระทำกับผนังนั้นด้วย หรือกรณีการไหลของน้ำในท่อ ส่วนที่เป็นท่อย่อ หรือท่อโค้ง จะทำให้ทิศทางของไหลเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะทำให้เกิดแรงจากการเคลื่อนที่ของของไหลกระทำต่อผนังท่อส่วนโค้งนั้น ดังนั้นในการศึกษาเกี่ยวกับแรงที่เกิดจากการไหลจำเป็นต้องมีความรู้ที่เกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน

7.1 สมการของแรง

ในการแก้ปัญหาแรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของของไหล ซึ่งเมื่อใดก็ตามที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศทางของความเร็วในการไหลจำเป็นต้องหาแรงที่กระทำต่อวัตถุนั้น อาศัยกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน จะได้ความสัมพันธ์ของแรง (F) กับมวล (m) ของวัตถุ คือ

$$F = m \cdot a \quad \text{.....(7.1)}$$

เมื่อ F = แรงภายนอกที่กระทำกับของไหล

M = มวลของวัตถุ

A = อัตราเร่ง หรือก็คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเทียบกับเวลา

ดังนั้นสามารถเขียนสมการ 7.1 ได้ว่า

$$F = m \cdot a = m \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \text{.....(7.2)}$$

เทอมของ $m / \Delta t$ คือ อัตราการไหลเชิงมวล (m) และมีความสัมพันธ์กับอัตราการไหลโดยปริมาตร (Q) คือ

$$M = \rho \cdot Q$$

ดังนั้นสมการ 7.2 สามารถเขียนได้ใหม่ คือ

$$F = (m / \Delta t) \cdot \Delta v = m \cdot \Delta v = \rho \cdot Q \cdot \Delta v$$

หรือ

$$F = \rho \cdot Q A (v_2 - v_1) \quad \text{.....(7.3)}$$

เมื่อ

F คือ แรงภายนอกที่กระทำกับของไหล (N)

ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล (kg/m^3)

Q คือ อัตราการไหลโดยปริมาตร (m^3/s)

Δv คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็ว (m/s)

V_2 คือ ความเร็วที่จุด 2 (m/s)

V_1 คือ ความเร็วที่จุด 1 (m/s)

จากสมการ 7.3 สามารถเขียนแยกองค์ประกอบได้แนวแกน x แกน y และแกน z เพื่อให้หาแรงจากของไหลที่กระทำกับวัตถุ ดังสมการต่อไปนี้

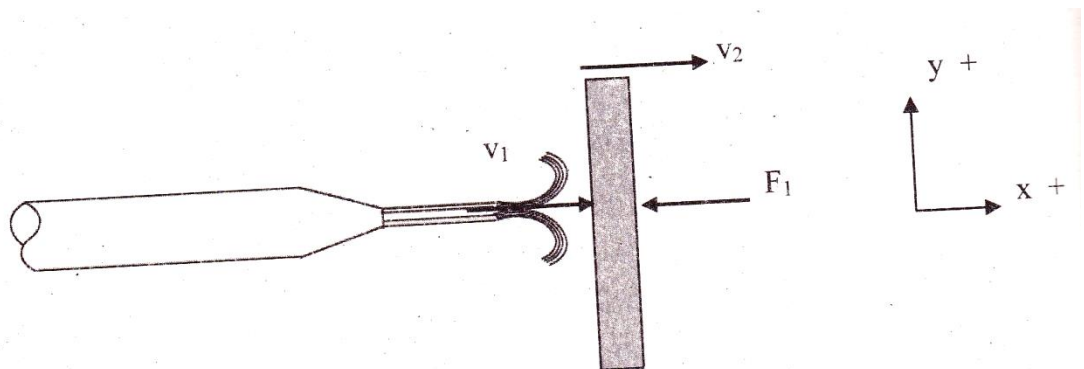
$$F_x = \rho \cdot Q \cdot \Delta v_x = \rho \cdot Q (v_{2x} - v_{1x}) \quad \dots\dots\dots(7.4)$$

$$F_y = \rho \cdot Q \cdot \Delta v_y = \rho \cdot Q (v_{2y} - v_{1y}) \quad \dots\dots\dots(7.5)$$

$$F_z = \rho \cdot Q \cdot \Delta v_z = \rho \cdot Q (v_{2z} - v_{1z}) \quad \dots\dots\dots(7.6)$$

7.2 แรงของไหลกระทำต่อแผ่นผิวเรียบซึ่งอยู่กับที่

เมื่อมีของไหลที่มีความเร็ว v พุ่งไปกระทบแผ่นผิวเรียบ ดังรูปที่ 7.1 ถ้าแผ่นผิวเรียบสามารถอยู่กับที่ได้ ($v_2 = 0$) แสดงว่ามีแรง (F_1) ขนาดเท่ากับแรงของของไหลที่กระทำ แต่มีทิศทางตรงกันข้ามมาต้านไว้



รูปที่ 7.1 ของไหลพุ่งออกจากหัวฉีดกระทบกับแผ่นผิวเรียบ

พิจารณาจากรูป จะพบว่า

V_1 = ความเร็วที่ของของไหลออกจากหัวฉีด (m/s)

$V_2 = 0$ m/s (เพราะแผ่นผิวเรียบอยู่กับที่)

จากสมการ 7.4

$$\sum F_x = \rho \cdot Q (v_{2x} - v_{1x})$$

$$-F_1 = \rho \cdot Q (0 - v_1)$$

หรือ

$$F_1 = \rho \cdot Q \cdot v_1 \quad \dots\dots\dots(7.7)$$

หมายเหตุ

- ก) เครื่องหมายเป็นบวกแสดงว่า ทิศทางแรง F_1 ที่สมมติไว้ถูกต้อง
- ข) แรง F_1 คือแรงต้านของแผ่นผิวเรียบที่มีขนาดเท่ากับแรงของไหลที่กระทำต่อแผ่นผิวเรียบมีค่าเท่ากับ $\rho \cdot Q \cdot v_1$
- ค) อัตราการไหล (Q) สามารถคำนวณได้จาก $Q = A_j v$ เมื่อ A_j คือ พื้นที่หน้าตัดของของไหล

ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู

ขั้นนำ

1. กล่าวทักทายนักศึกษาแล้วนำภาพของวัตถุที่จมอยู่ในของเหลว แล้วอธิบายหลักการทำงาน

ขั้นสอน

นักศึกษา

1. เจาะจุดประสงค์รายวิชา หัวข้อที่จะต้องเรียน การวัดการประเมินผล ข้อตกลงต่าง ๆ แก่นักศึกษา
2. บรรยายเนื้อหาประกอบแผ่นใสในหน่วยที่ 5
3. สาธิตหลักการคำนวณประกอบแผ่นใสตัวอย่างที่ 5.3 5.5 และ 5.9
4. ให้ทำแบบฝึกหัดและเปิดโอกาสให้นักศึกษาถาม

ขั้นสรุป

1. ผู้สอนสรุปเนื้อหาให้นักศึกษาฟัง และถามนักศึกษาในเรื่องที่เรียน

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

1. ให้นักศึกษาไปศึกษาเนื้อหาตัวอย่างที่ 5.3 5.5 และ 5.9 เพื่อทำการทดสอบ

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอนหน่วยที่ 5
2. แผ่นใสหน่วยที่ 5 ตัวอย่างที่ 5.3 5.5 และ 5.9

การวัดผลและประเมินผล

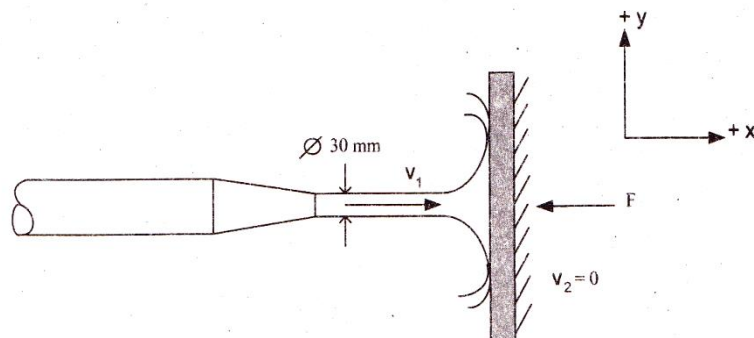
1. สังเกตความสนใจผู้เรียน
2. ความรับผิดชอบต่องานที่มอบหมาย
3. การให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมระหว่างเรียน
4. ให้ทำแบบทดสอบ

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. ดำรวจดับเพลิงฉีดน้ำกระทบผนังด้วยความเร็ว 120 m/s จงคำนวณหาแรงในแนวระดับที่ดันไม่ให้ผนังเคลื่อนที่ ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางปลายหัวฉีดเท่ากับ 30 mm
2. ลำน้ำพุ่งออกจากหัวฉีดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 mm มีอัตราการไหล $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ จง คำนวณหาแรงบนผิวเรียบเมื่อ
 - ก) แผ่นผิวเรียบเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 m/s ในทิศทางเดียวกันกับลำน้ำ
 - ข) แผ่นผิวเรียบเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 m/s ในทิศทางสวนทางกันกับลำน้ำ
3. น้ำพุ่งออกจากหัวฉีดด้วยความเร็ว 6 m/s พุ่งปะทะกับแผ่นผิวโค้งมุม 90° ซึ่งอยู่กับที่ (ดังรูป) ถ้ามีเส้นผ่านศูนย์กลางของลำน้ำเท่ากับ 26 mm จงคำนวณหาแรงด้านของแผ่นผิวโค้งในแนวแกน x และ y

เฉลยแบบฝึกหัด

1. ดำรวจดับเพลิงฉีดน้ำกระทบผนังด้วยความเร็ว 120 m/s จงคำนวณหาแรงในแนวระดับที่ดันไม่ให้ผนังเคลื่อนที่ ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางปลายหัวฉีดเท่ากับ 30 mm



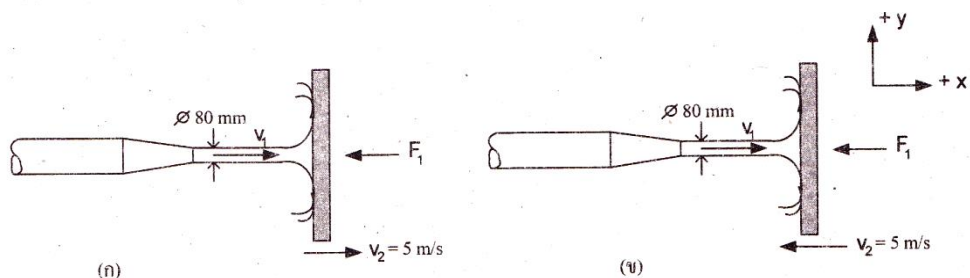
วิธีทำ	ความหนาแน่นน้ำ	ρ	=	1,000 kg/m ³
	พื้นที่หน้าตัดหัวฉีด	A	=	$\frac{\pi}{4} (0.03)^2 = 7.069 \times 10^{-4} m^2$
	หาอัตราการไหลของน้ำ	Q	=	v.A
			=	$120 \times 7.069 \times 10^{-4}$
		Q	=	0.085 m ³ /s
จากสมการ		$\sum F_x$	=	$\rho.Q.(v_{2x} - v_{1x})$
หรือ		F ₁	=	$\rho.Q.v_1$
			=	$1,000 \text{ kg/m}^3 \times 0.085 \text{ m}^3/\text{s} \times 120 \text{ m/s}$
		F ₁	=	10,200 N

แรงดันของผนัง เท่ากับ 10,200 N มีทิศทางไปทางซ้าย

ตอบ

2. ลำน้ำพุ่งออกจากหัวฉีดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 mm มีอัตราการไหล 0.15 m³/s จง คำนวณหาแรงบนผิวเรียบเมื่อ

- ก) แผ่นผิวเรียบเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 m/s ในทิศทางเดียวกันกับลำน้ำ
ข) แผ่นผิวเรียบเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 m/s ในทิศทางสวนทางกับลำน้ำ



วิธีทำ	หาพื้นที่หน้าตัดลำน้ำ	A	=	$\frac{\pi}{4} (0.08)^2 = 0.00503 m^2$
--------	-----------------------	---	---	--

หาความเร็วของลำน้ำที่ออกจากหัวฉีด

$$V_1 = Q/A = 0.15/0.00503 \text{ m}^2$$

$$V_1 = 29.82 \text{ m/s}$$

ความหนาแน่นของน้ำ $\rho = 1,000 \text{ kg/m}^3$

ก) แผ่นผิวเรียบเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกันกับลำน้ำ

$$F_1 = \rho \cdot Q \cdot (v_1 - v_2) \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$Q = A (v_1 - v_2)$$

$$= 0.00503 (29.82 - 5)$$

$$Q = 0.00503 \text{ kg/s}$$

แทนค่าในสมการ (1)

$$F_1 = \rho \cdot Q \cdot (v_1 - v_2)$$

$$= 1,000 \times 0.125 \times (29.82 - 5)$$

$$F_1 = 3,102.5 \text{ N}$$

ข) แผ่นผิวเรียบเคลื่อนที่ในทิศทางสวนทางกันกับลำน้ำ

$$F_1 = \rho \cdot Q (v_1 + v_2)$$

หาอัตราการไหลของลำน้ำที่กระทบแผ่นผิวเรียบ

$$Q = A(v_1 + v_2)$$

$$= 0.00503 (29.82 + 5)$$

$$Q = 0.175 \text{ m}^3/\text{s}$$

แทนค่าในสมการ (2) จะได้

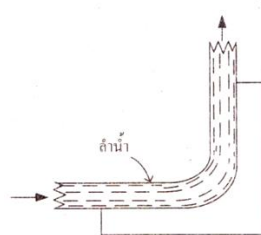
$$F_1 = \rho \cdot Q (v_1 + v_2)$$

$$= 1,000 \times 0.175 \times (29.82 + 5)$$

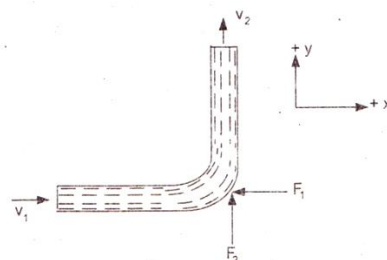
$$F_1 = 6,093.5 \text{ N}$$

ตอบ

3. น้ำพุ่งออกจากหัวฉีดด้วยความเร็ว 6 m/s พุ่งปะทะกับแผ่นผิวโค้งมุม 90° ซึ่งอยู่กับที่ (ดังรูป) ถ้ามีเส้นผ่านศูนย์กลางของลำน้ำเท่ากับ 26 mm จงคำนวณหาแรงต้านของแผ่นผิวโค้งในแนวแกน x และ y



ก. ลำน้ำปะทะแผ่นผิวโค้ง



ข. แผนภาพอิสระ

วิธีทำ	หาพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ	A	$=$	$\frac{\pi}{4}(0.026)^2 = 5.31 \times 10^{-4} m^2$
	ความหนาแน่นของน้ำ	ρ	$=$	$1,000 \text{ kg/m}^3$
	หาอัตราการไหลของน้ำ	Q	$=$	$A.v = 5.31 \times 10^{-4} m^2 \times 6 m/s$
		Q	$=$	$3.186 \times 10^{-3} m^3/s$

หาแรงในแนวแกน x

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \rho.Q.v.(1 - \cos 90) \\
 &= \frac{\pi}{4}(0.026)^2 = 1,000 \times 3.186 \times 10^{-3} \times 6 \times (1 - 0) \\
 F_1 &= 19.116 \text{ N}
 \end{aligned}$$

หาแรงในแนวแกน y

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \rho.Q.v_2 \sin \theta \\
 &= 1,000 \times 3.186 \times 10^{-3} \times 6 \sin 90 \\
 F_2 &= 19.116 \text{ N}
 \end{aligned}$$

ตอบ

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการเรียนของนักเรียน.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....