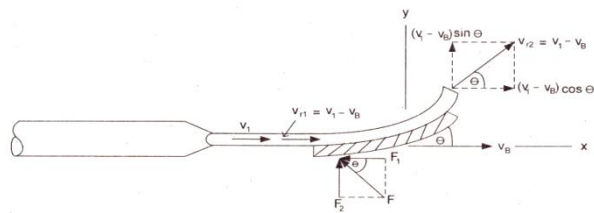


	แผนการสอน	หน่วยที่ 7
	ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหล รหัสวิชา 3100 – 0103	สอนครั้งที่ 14
	ชื่อหน่วย แรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของของไหล	จำนวน 3 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง/ชื่องาน แรงของของไหลกระทำกับแผ่นผิวโค้งซึ่งเคลื่อนที่, แรงที่กระทำต่อของไหลในท่อ, แรงที่กระทำต่อของไหลในท่อโค้งงอ		
หัวข้อเรื่องและงาน 7.5 แรงของของไหลกระทำกับแผ่นผิวโค้งซึ่งเคลื่อนที่ 7.6 แรงที่กระทำต่อของไหลในท่อ 7.7 แรงที่กระทำต่อของไหลในท่อโค้งงอ		
สาระสำคัญ 7.5 แรงของของไหลกระทำกับแผ่นผิวโค้งซึ่งเคลื่อนที่ คือ เมื่อของไหลที่มีความเร็ว v_1 วิ่งกระทบกับแผ่นโค้ง ซึ่งกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v_2 ในทิศทางเดียวกันกับของไหล 7.6 แรงที่กระทำต่อของไหลในท่อ คือ เมื่อของไหลไหลในท่อจะเกิดแรงกระทำกับท่อ ซึ่งขนาดและทิศทางของแรงขึ้นอยู่กับลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปของท่อนั้น 7.7 แรงที่กระทำต่อของไหลในท่อโค้งงอ คือ พิจารณาแรงที่กระทำต่อของไหลในท่อโค้งงอ ตามรูปที่ 7.7 จะได้		
สมรรถนะที่พึงประสงค์ (ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. คำนวณหาแรงของของไหลที่กระทำกับแผ่นผิวโค้งซึ่งเคลื่อนที่ได้อย่างถูกต้อง 2. คำนวณหาแรงที่กระทำต่อของไหลในท่อได้อย่างถูกต้อง 3. คำนวณหาแรงที่กระทำต่อของไหลในท่อโค้งงอได้อย่างถูกต้อง		

เนื้อหาสาระ

7.5 แรงของของไหลกระทำกับแผ่นผิวโค้งซึ่งเคลื่อนที่

เมื่อของไหลที่มีความเร็ว v_1 ینگกระทบกับแผ่นโค้ง ซึ่งกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v_B ในทิศทางเดียวกันกับของไหล ดังรูปที่ 7.5



รูปที่ 7.5 ของของไหลกระทำแผ่นโค้งกำลังเคลื่อนที่

จากรูปที่ 7.5 ความเร็วสัมผัสเข้า $(v_{r1} = v_1 - v_B)$ = ความเร็วขาออก $(v_{r2} = v_2 - v_B)$ เมื่อ

$$v_{2x} = (v_1 - v_B) \cos \theta$$

$$v_{1x} = (v_1 - v_B)$$

พิจารณาแรงในแนวแกน x (F_1) จากสมการโมเมนตัมจะได้

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

$$-F_1 = \rho \cdot Q (v_1 - v_B) \cos \theta - (v_1 - v_B)$$

$$F = \rho \cdot Q (v_1 - v_B) (1 - \cos \theta) \quad \dots (7.13)$$

โดยที่ $Q = A_j (v_1 - v_B)$

พิจารณาในแนวแกน y (F_2) จากสมการโมเมนตัมจะได้

$$\sum F_y = \rho \cdot Q (v_{2y} - v_{1y})$$

$$-F_2 = \rho \cdot Q [(v_1 - v_B) \sin \theta - 0]$$

$$F = \rho \cdot Q (v_1 - v_B) \sin \theta \quad \dots (7.14)$$

โดยที่ $Q = A_j (v_1 - v_B)$ เมื่อ $v_1 > v_B$

รวมแรง $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$

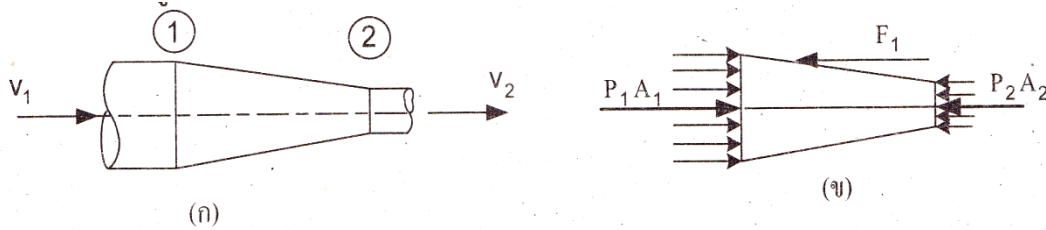
เมื่อ v_1 คือ ความเร็วของของไหลที่เคลื่อนที่กระทบกับแผ่นผิวโค้ง

v_B คือ ความเร็วของแผ่นผิวโค้ง

ในกรณีที่แผ่นผิวโค้งเคลื่อนที่สวนทางกับทิศทางการเคลื่อนที่ของของไหลให้แทนค่า v_B เป็นเครื่องหมายลบ ก็สามารถหาขนาดและทิศทางของแรงรวมได้

7.6 แรงที่กระทำต่อของไหลในท่อ

เมื่อของไหลไหลในท่อจะเกิดแรงกระทำกับท่อ ซึ่งขนาดและทิศทางของแรงขึ้นอยู่กับลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปของท่อนั้น



รูปที่ 7.6 แรงกระทำกับข้อลด

พิจารณาแรงกระทำที่ข้อลด (Force on reducer) ดังรูปที่ 7.6 จะได้สมการโมเมนต์ดัม ดังนี้

$$\Sigma F_x = \rho \cdot Q \cdot (v_{2x} - v_{1x}) \quad \dots\dots\dots(7.15)$$

เมื่อ

$$v_{2x} = v_2 \quad \text{และ} \quad v_{1x} = v_1$$

และ

$$\Sigma F_x = P_1 A_1 - P_2 A_2 - F_1$$

แทนค่าในสมการ 7.13 จะได้

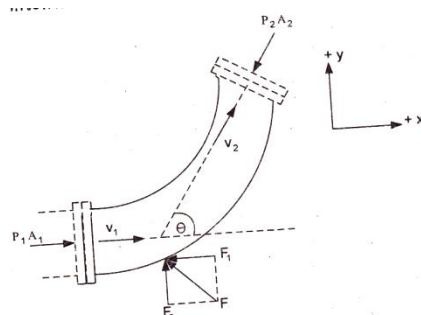
$$P_1 A_1 - P_2 A_2 - F_1 = \rho \cdot Q \cdot (v_2 - v_1)$$

ดังนั้น

$$F_1 = P_1 A_1 - P_2 A_2 - \rho \cdot Q \cdot (v_2 - v_1) \quad \dots\dots\dots(7.16)$$

7.7 แรงที่กระทำต่อของไหลในท่อโค้งงอ

พิจารณาแรงที่กระทำต่อของไหลในท่อโค้งงอ ตามรูปที่ 7.7 จะได้



รูปที่ 7.7 แรงกระทำต่อข้องอ

พิจารณาแรงในแนวแกน X

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

$$\sum F_x = P_1 A_1 - P_2 A_2 \cos \theta - F_1 = \rho \cdot Q (v_{2x} - v_{1x})$$

เมื่อ
ดังนั้น

$$v_{2x} = v_2 \cos \theta \text{ และ } v_{1x} = v_1$$

$$F_1 = P_1 A_1 - P_2 A_2 \cos \theta - \rho \cdot Q (v_2 \cos \theta - v_1) \dots (7.17)$$

พิจารณาในแนวแกน y

$$\sum F_y = \rho \cdot Q \cdot (v_{2y} - v_{1y})$$

$$\sum F_y = 0 - P_2 A_2 \sin \theta - F_2 = \rho \cdot Q (v_{2y} - v_{1y})$$

เมื่อ

$$v_{2y} = v_2 \sin \theta \text{ และ } v_{1y} = 0$$

ดังนั้น

$$F_2 = P_2 A_2 \sin \theta + \rho \cdot Q (v_2 \sin \theta) \dots (1.18)$$

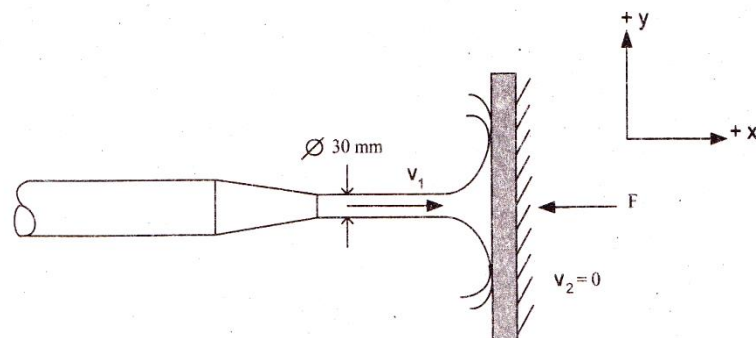
หมายเหตุ F_1 เป็นแรงที่กระทำต่อข้องอในแนวแกน X

F_2 เป็นแรงที่กระทำต่อข้องอในแนวแกน y

เมื่อรู้ความเร็ว v_1 จะหาค่า v_2 ได้ในสมการความต่อเนื่อง และจะหาความดัน P_1 หรือ P_2 ได้

$$\text{จากสมการพลังงาน } \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_1 + \sum h_L$$

ตัวอย่างที่ 7.1 ดำรงระดับเพลิงฉีดน้ำกระทบผนังด้วยความเร็ว 120 m/s จงคำนวณหาแรงในแนวระดับที่ด้านไม่ให้ผนังเคลื่อนที่ 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	Q	=	v.A
			=	$120 \times 7.069 \times 10^{-4}$

$$Q = 0.085 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$\text{หรือ} \quad F_1 = \rho \cdot Q \cdot v_1$$

$$= 1,000 \text{ kg/m}^3 \times 0.085 \text{ m}^3/\text{s} \times 120 \text{ m/s}$$

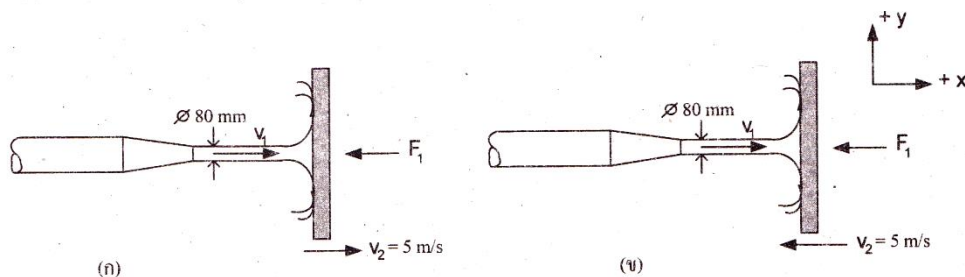
$$F_1 = 10,200 \text{ N}$$

แรงต้านของผนัง เท่ากับ 10,200 N มีทิศทางไปทางซ้าย ตอบ

ตัวอย่างที่ 7.2 ลำน้ำพุ่งออกจากหัวฉีดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 mm มีอัตราการไหล 0.15 m³/s จงคำนวณหาแรงบนผิวเรียบเมื่อ

ก) แผ่นผิวเรียบเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 m/s ในทิศทางเดียวกันกับลำน้ำ

ข) แผ่นผิวเรียบเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 m/s ในทิศทางสวนทางกันกับลำน้ำ



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

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

$$\begin{aligned} Q &= A(v_1 + v_2) \\ &= 0.00503 (29.82 + 5) \end{aligned}$$

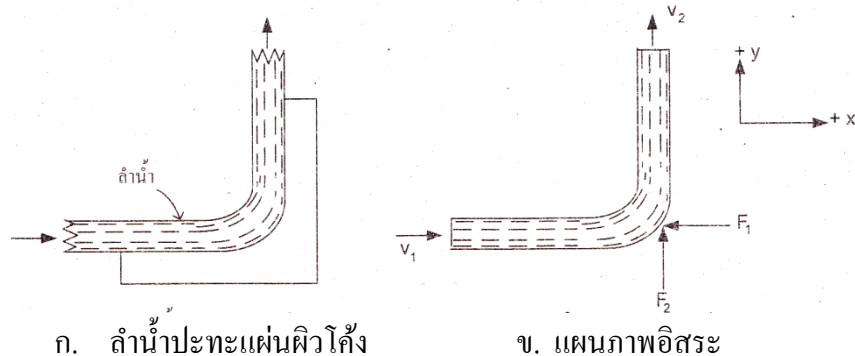
$$Q = 0.175 \text{ m}^3/\text{s}$$

แทนค่าในสมการ (2) จะได้

$$\begin{aligned} F_1 &= \rho \cdot Q(v_1 + v_2) \\ &= 1,000 \times 0.175 \times (29.82 + 5) \end{aligned}$$

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

ตัวอย่างที่ 7.3 น้ำพุ่งออกจากหัวฉีดด้วยความเร็ว 6 m/s พุ่งปะทะกับแผ่นผิวโค้งมุม 90° ซึ่งอยู่กับที่ (ดังรูป) ถ้ามีเส้นผ่านศูนย์กลางของลำน้ำเท่ากับ 26 mm จงคำนวณหาแรงดันของแผ่นผิวโค้งในแนวแกน x และ y



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

หาแรงในแนวแกน x

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

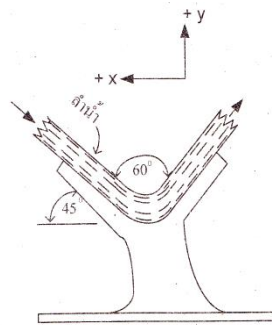
หาแรงในแนวแกน y

$$F_2 = \rho \cdot Q \cdot v_2 \sin \theta$$

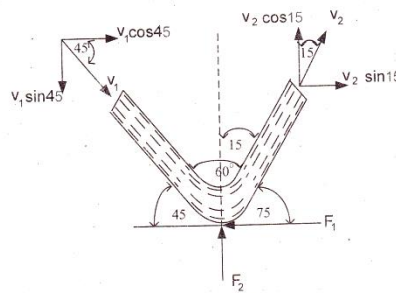
$$= 1,000 \times 3.186 \times 10^{-3} \times 6 \sin 90$$

$$F_2 = 19.116 \text{ N} \quad \text{ตอบ}$$

ตัวอย่างที่ 7.4 ถ้าน้ำจากหัวฉีดไหลเข้าผิวโค้งที่แนวโค้งทำมุม 60° กับทิศทางการไหลของน้ำ (ดังแสดงในรูป) อัตราการไหลของน้ำออกจากหัวฉีดเท่ากับ $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$ ด้วยความเร็ว 8 m/s จงคำนวณหาแรงปฏิกิริยาของแนวผิวโค้งที่ต้านการกระทำของน้ำ



วิธีทำ ให้เขียนภาพอิสระของวัตถุ ให้ F_1 เป็นแรงปฏิกิริยาในแนวแกน x และ F_2 เป็นแรงปฏิกิริยาในแนวแกน y



พิจารณาในแนวแกน x

$$F_1 = \rho \cdot Q \cdot (v_{2x} - v_{1x})$$

เมื่อ $v_{2x} = -v_2 \sin 15$ (ทิศทางตรงกันข้ามกับแนวแกนที่โจทย์กำหนด)

$$v_{1x} = -v_1 \cos 45$$

และไม่คิดการสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน ความเร็วเข้าจะเท่ากับความเร็วออก

$$v_1 = v_2 = v$$

$$\text{ดังนั้น } F_1 = \rho \cdot Q \cdot [-v_2 \sin 15 - (-v_1 \cos 45)]$$

$$F_1 = \rho \cdot Q \cdot v \cdot (-\sin 15 + \cos 45)$$

$$F_1 = (0.448) \rho \cdot Q \cdot v$$

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

$$\text{ดังนั้น } F_1 = 0.448 \times 1,000 \text{ kg/m}^3 \times 0.05 \text{ m}^3/\text{s} \times 8 \text{ m/s}$$

$$F_1 = 179.2 \text{ kg.m/s}^2 = 179.2 \text{ N}$$

พิจารณาในแนวแกน y

$$\begin{aligned}
 \text{เมื่อ} \quad F_2 &= \rho \cdot Q \cdot (v_{2y} - v_{1y}) \\
 v_{2y} &= v_2 \cos 15 \\
 v_{1y} &= -v_2 \cos 45 \\
 \text{ดังนั้น} \quad F_2 &= \rho \cdot Q \cdot [v_2 \cos 15 - (-v \sin 45)] \\
 &= \rho \cdot Q \cdot (\cos 15 + \sin 45) \\
 &= 1,000 \text{ kg/m}^3 \times 0.05 \text{ m}^3/\text{s} \times 8 \text{ m/s} \times (0.966 + 0.707) \\
 F_2 &= 699.2 \text{ N} \\
 \text{หาผลลัพธ์ (F)} \quad F &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{(179.2)^2 + (669.2)^2} \\
 F &= 692.78 \text{ N}
 \end{aligned}$$

หามุมของแรงลัพธ์

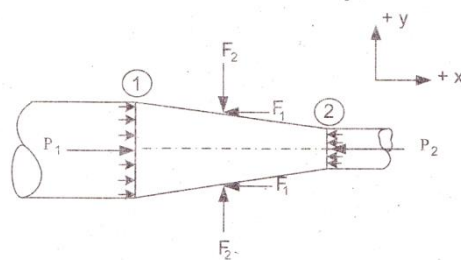
$$\tan \theta = F_2 / F_1 = 669.2 / 179.2 = 3.734$$

$$\theta = \tan^{-1} 3.734$$

$$\theta = 75^\circ$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 7.5 ท่อส่งน้ำมันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 m ส่งน้ำมันด้วยอัตราการไหล 0.9 m³/s ผ่านข้อลดขนาด ท่อที่ต่อมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 ดังรูป เมื่อวัดความดันเข้า เท่ากับ 2.75 bar และความถ่วงจำเพาะของน้ำมันเท่ากับ 0.85 จงคำนวณหาขนาดและทิศทางของแรงที่น้ำมันกระทำต่อข้อต่อลด (ไม่คิดการสูญเสียพลังงาน)



วิธีทำ จากโจทย์ $P_1 = 2.75 \text{ bar} = 2.75 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

หาพื้นที่หน้าตัดทางเข้า (A_1)

$$A_1 = \frac{\pi}{4} (0.6)^2 = 0.283 \text{ m}^2$$

หาพื้นที่หน้าตัดทางเข้า (A_2)

$$A_2 = \frac{\pi}{4} (0.3)^2 = 0.071 \text{ m}^2$$

หาความเร็วเข้า

$$v_1 = Q / A_1 = 0.9 / 0.283 = 3.18 \text{ m/s}$$

$$\text{หาความเร็วในท่อลด} \quad v_2 = Q / A_2 = 0.9 / 0.071 = 12.68 \text{ m/s}$$

$$\text{หาน้ำหนักจำเพาะของน้ำมัน} \quad \gamma_{\text{oil}} = S. \gamma_{\text{น้ำ}} =$$

$$0.85 \times 9,810 \text{ N/m}^3 = 8,338.5 \text{ N/m}^3$$

$$\text{หาความหนาแน่นของน้ำมัน} \quad \rho_{\text{oil}} = S. \rho_{\text{น้ำ}} = 0.85 \times 1,000 \text{ kg/m}^3 = 850 \text{ kg/m}^3$$

จากสมการเบอร์นูลลี

$$\begin{aligned} \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 &= \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 \\ \frac{2.75 \times 10^5}{8338.5} + \frac{(3.18)^2}{2 \times 9.81} + 0 &= \frac{P_2}{8338.5} + \frac{(12.68)^2}{2 \times 9.81} + 0 \\ P_2 &= 210,965.25 \text{ N/m}^2 = 2.1 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \\ P_1 A_1 &= 2.75 \times 10^5 \times 0.283 = 77,825 \text{ N} \\ P_2 A_2 &= 2.1 \times 10^5 \times 0.071 = 14,910 \text{ N} \end{aligned}$$

ใช้สมการโมเมนตัมในแกน x

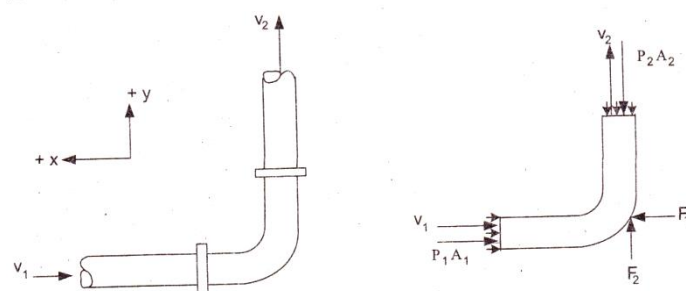
$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= \rho \cdot Q \cdot (v_{2x} - v_{1x}) \\ P_1 A_1 - P_2 A_2 - F_1 &= \rho \cdot Q \cdot (v_{2x} - v_{1x}) \\ 77,825 - 14,910 - F_1 &= 850 \times 0.9 \times (12.68 - 3.18) \\ F_1 &= 62,915 - 7,267.5 \end{aligned}$$

$$F_1 = 55,647.5 \text{ N} = 55.647 \text{ kN}$$

แรงในแนวแกน y มีความสมดุล และ $F_2 = 0$ ดังนั้น แรงเนื่องจากน้ำมันกระทำต่อท่อลดขนาดเท่ากับ 55.647 kN มีทิศทางไปทางขวา

ตอบ

ตัวอย่างที่ 7.6 จงคำนวณหาแรงของน้ำที่กระทำต่อข้องอ 90° เมื่ออัตราการไหลของน้ำ 3,000 L/min ความดันทางเข้า 550 kPa พื้นที่หน้าของท่อ $8.213 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ ไม่คิดการสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน



วิธีทำ หาแรงที่กระทำในแนวแกน x

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

เมื่อ $\sum F_x = F_1 - P_1 A_1$

และ $v_{1x} = -v_1$

$$v_{2x} = 0$$

ดังแทนค่าในสมการ 1

$$F_1 - P_1 A_1 = \rho \cdot Q \cdot [0 - (-v_1)]$$

$$F_1 = \rho \cdot Q \cdot v_1 + P_1 A_1 \quad \dots\dots\dots(2)$$

ข้อมูลจากโจทย์ $P_1 = 550 \times 10^3 \text{ N/m}^2$, $A_1 = A_2 = 58.213 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

อัตราการไหล $Q = 3,000 \text{ L/min} \times \frac{1 \text{ m}^3 / \text{s}}{60,000 \text{ L/min}} = 305 \text{ N}$

หาความเร็ว $v_1 = \frac{Q}{A} = \frac{0.05}{8.213 \times 10^{-2}} = 6.09 \text{ m/s}$

$$\rho \cdot Q \cdot v_1 = 1,000 \text{ kg/m}^3 \times 0.05 \text{ m}^3 / \text{s} \times 6.09 \text{ m/s} = 305 \text{ N}$$

$$P_1 A_1 = 550 \times 10^3 \text{ N/m}^2 \times 8.213 \times 10^{-2} \text{ m}^2 = 4,517 \text{ N}$$

แทนค่าลงในสมการ 2

$$F_1 = 305 + 4,517 = 4,822 \text{ N}$$

หาแรงที่กระทำในแนวแกน y

$$\sum F_y = \rho \cdot Q \cdot (v_{2y} - v_{1y}) \quad \dots\dots\dots(3)$$

เมื่อ $\sum F_y = F_2 - P_2 A_2$

และ $v_{2y} = +v_2$

$$v_{1y} = 0$$

ดังแทนค่าลงในสมการ 3

$$F_2 - P_2 A_2 = \rho \cdot Q \cdot (v_2)$$

$$F_2 = \rho \cdot Q \cdot v_2 + P_2 A_2 \quad \dots\dots\dots(4)$$

เมื่อไม่คิดการสูญเสียใดๆ ภายในท่อ ดังนั้น $v_2 = v_1$ และ $P_1 = P_2$ เนื่องจากขนาดความโตของพื้นที่หน้าตัดทางเข้า และทางออกเท่ากัน

ดังนั้น $\rho \cdot Q \cdot v_2 = 305 \text{ N}$

$$P_2 A_2 = 4,517 \text{ N}$$

$$F_2 = 305 + 4,517 = 4,822\text{N}$$

แรง F_1 และ F_2 เป็นแรงปฏิกิริยาของท่ออที่ต้านทานการกระทำของน้ำ ดังนั้น แรงของน้ำที่กระทำกับข้ออในทิศทางขวา และทิศลง

หาผลลัพธ์ $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{(4,822^2) + (4,822^2)} = 6,819.3 \text{ N}$ ตอบ

สรุปท้ายบท

แรงที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของของเหลวไปกระทบกับวัตถุ จะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศทางของความเร็วในการไหลซึ่งลักษณะของวัตถุที่ถูกแรงจากการเคลื่อนที่กระทำ จะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ วัตถุที่อยู่นิ่งและวัตถุที่เคลื่อนที่

กรณีที่วัตถุอยู่กับที่ แรงดันของวัตถุจะขนาดเท่ากับแรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของของเหลว แต่มีทิศทางตรงกันข้าม

กรณีที่วัตถุมีการเคลื่อนที่ ในการหาแรงจากการเคลื่อนที่ ในการหาแรงจากการเคลื่อนที่ของของเหลวจำเป็นต้องหาความเร็วสัมพัทธ์เสียก่อน

ส่วนการหาแรงจากการเคลื่อนที่ที่กระทำกับท่อที่มีความดัน จะต้องนำแรงที่เกิดจากความดันสถิตที่กระทำกับปลายทั้งสองของท่อกับแรงย่อยที่ผนังท่อมาคิดด้วย

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน
ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู

ขั้นนำ

1. กล่าวทักทายนักศึกษาแล้วนำภาพของวัตถุที่จมอยู่ในของเหลว แล้วอธิบายหลักการ

ทำงาน

ขั้นสอน

1. แจกจุดประสงค์รายวิชา หัวข้อที่จะต้องเรียน การวัดการประเมินผล ข้อตกลงต่าง ๆ แก่

นักศึกษา

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

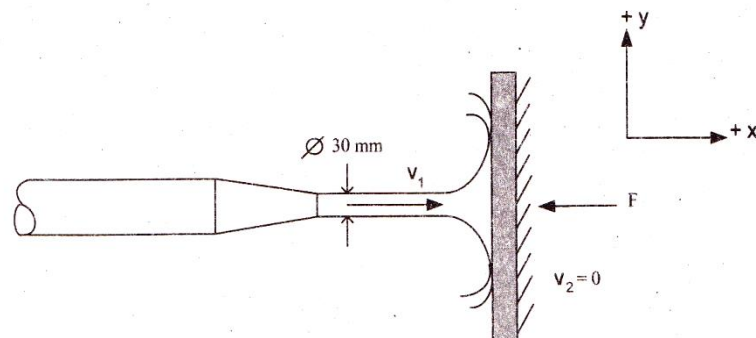
1. สังเกตความสนใจผู้เรียน
2. ความรับผิดชอบต่องานที่มอบหมาย
3. การให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมระหว่างเรียน
4. ให้ทำแบบทดสอบ

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. ตำรวจดับเพลิงฉีดน้ำกระทบผนังด้วยความเร็ว 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 จงคำนวณหาแรงต้านของแผ่นผิวโค้งในแนวแกน x และ y

เจตยแบบฝึกหัด

1. ดำรวจคับเพลิงฉีดน้ำกระทบผนังด้วยความเร็ว 120 m/s จงคำนวณหาแรงในแนวระดับที่ดันไปให้ผนังเคลื่อนที่ ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางปลายหัวฉีดเท่ากับ 30 mm

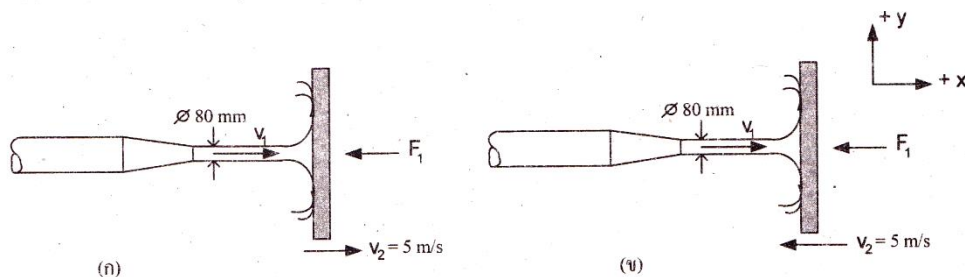


วิธีทำ	ความหนาแน่นน้ำ	ρ	=	1,000 kg/m ³
	พื้นที่หน้าตัดหัวฉีด	A	=	$\frac{\pi}{4}(0.03)^2 = 7.069 \times 10^{-4} m^2$
	หาอัตราการไหลของน้ำ	Q	=	v.A
			=	$120 \times 7.069 \times 10^{-4}$
		Q	=	0.085 m ³ /s
จากสมการ		$\sum F_x$	=	$\rho.Q.(v_{2x} - v_{1x})$
หรือ		F ₁	=	$\rho.Q.v_1$
			=	$1,000 \text{ kg/m}^3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

แรงต้านของผนัง เท่ากับ 10,200 N มีทิศทางไปทางซ้าย ตอบ

2. ลำน้ำพุ่งออกจากหัวฉีดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 mm มีอัตราการไหล $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ จง คำนวณหาแรง
บนผิวเรียบเมื่อ

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



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

หาความเร็วของลำน้ำที่ออกจากหัวฉีด

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

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

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

ค) แผ่นผิวเรียบเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกันกับลำน้ำ

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

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

$$= 0.00503 (29.82 - 5)$$

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

แทนค่าในสมการ (1)

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

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

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

ง) แผ่นผิวเรียบเคลื่อนที่ในทิศทางสวนทางกันกับลำน้ำ

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

หาอัตราการไหลของลำน้ำที่กระทบแผ่นผิวเรียบ

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

$$= 0.00503 (29.82 + 5)$$

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

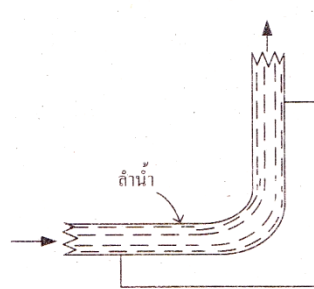
แทนค่าในสมการ (2) จะได้

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

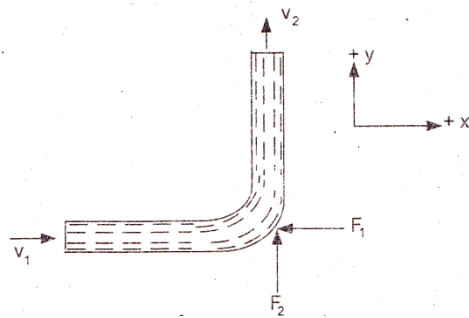
$$= 1,000 \times 0.175 \times (29.82 + 5)$$

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

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



ข. 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	$=$	$A \cdot v = 5.31 \times 10^{-4} m^2 \times 6 m/s$
		Q	$=$	$3.186 \times 10^{-3} m^3/s$

หาแรงในแนวแกน x

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

หาแรงในแนวแกน y

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

ตอบ

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการเรียนของนักเรียน.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....