

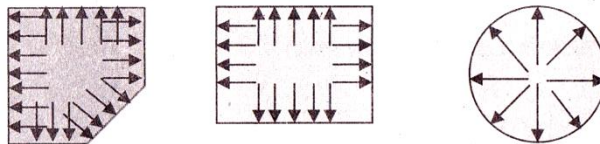
	แผนการสอน	หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหล รหัสวิชา 3100 – 0103	สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย สถิตศาสตร์ของไหล(Fluid static)	จำนวน 3 ชั่วโมง
	ชื่อเรื่อง/ชื่องาน นิยามความดัน, ความดันเฉพาะจุด, การเปลี่ยนแปลงความดันตามระดับความลึก	
หัวข้อเรื่องและงาน 3.1 นิยามความดัน 3.2 ความดันเฉพาะจุด 3.3 การเปลี่ยนแปลงความดันตามระดับความลึก สาระสำคัญ 1. นิยามความดัน คือ แรงต่อพื้นที่หนึ่งหน่วย เมื่อแรง F เป็นแรงที่กระทำในทิศทางตั้งฉากกับพื้นที่ A 2. ความดันเฉพาะจุด จากกฎของปาสคาล กล่าวว่า ของไหลขณะที่อยู่หนึ่งที่ระดับความลึกเท่ากัน (ณ ตำแหน่งใดๆ)ความดันของของไหลจะมีค่าเท่ากันทุกทิศทาง 3. การเปลี่ยนแปลงความดันตามระดับความลึก คือ ความดันของของไหลจะมากตามสัดส่วนของความลึก แรงที่กระทำในแนวดิ่งจะประกอบด้วยแรงที่เกิดจากความดันของของกระทำกับพื้นที่หน้าตัด A มีทิศทางจากด้านบน และแรงที่เกิดจากน้ำหนักของของเหลวที่กระทำในทิศทางสู่ด้านล่าง สมรรถนะที่พึงประสงค์ (ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. อธิบายความหมายของความดันได้อย่างถูกต้อง 2. อธิบายความดันเฉพาะจุดที่กระทำต่อวัตถุได้อย่างถูกต้อง 3. สามารถคำนวณหาความดันที่เปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกได้อย่างถูกต้อง		

เนื้อหาสาระ

ของไหลสถิต เป็นการศึกษาสมบัติของของไหลที่อยู่นิ่ง ณ อุณหภูมิปกติ ในการคำนวณจะไม่นำค่าความหนืดที่เกิดจากแรงเฉือนมาใช้ในการคำนวณด้วย ดังนั้นแรงที่เกี่ยวข้องกับของไหลสถิตจึงมีเพียง 2 แรงเท่านั้น คือ แรงเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลกและแรงที่เกิดจากความดัน

3.1 นิยามความดัน

ความดันของของไหล คือ แรงต่อพื้นที่หนึ่งหน่วยเมื่อแรง F เป็นแรงที่กระทำในทิศทางตั้งฉากกับพื้นที่ A



รูปที่ 3.1 ทิศทางกระจายแรงดันของของไหลบนขอบเขตรูปต่างๆ

พิจารณารูปที่ 3.1 จะพบว่าแรงดันของไหลจะกระจายทุกทิศทางและตั้งฉากกับพื้นที่ ซึ่งสามารถเขียนสมการได้ว่า

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

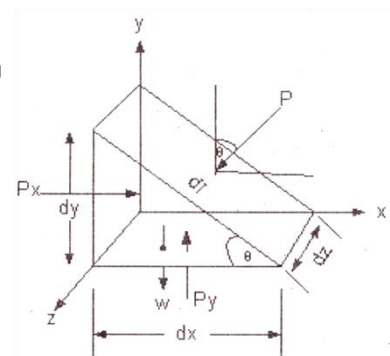
.....(3.1)

- เมื่อ P คือ ความดันเฉลี่ยที่กระทำต่อวัตถุในของไหล (N/m^2)
 F คือ แรงที่กระทำตั้งฉากกับพื้นที่ (N)
 A คือ พื้นที่หน้าตัดที่กระทำ (m^2)

ในระบบ SI ความดันมีหน่วย แต่โดยทั่วไปนิยมเรียกว่า ปาสคาล (Pascal) ใช้สัญลักษณ์ คือ Pa โดยที่ “ $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ ” และในแก๊วต์ต่างๆ นิยมออกเป็น bar โดยที่ “ $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ ”

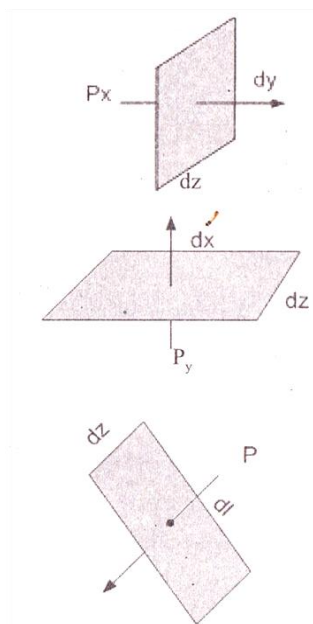
3.2 ความดันเฉพาะจุด

จากกฎของปาสคาล กล่าวว่า ของไหลขณะที่อยู่หนึ่งที่ระดับความลึกเท่ากัน (ณ ตำแหน่งใด ๆ) ความดันของไหลจะมีค่าเท่ากันทุกทิศทาง พิจารณาของไหลรูปสี่เหลี่ยมขนาดเล็กดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ความดันบนของไหลรูปสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก

พิจารณารูปสี่เหลี่ยมโดยแยกภาพฉายของสี่เหลี่ยมแต่ละด้านจะได้



แรงดัน $F_1 = P \cdot A$

$$F_1 = P_x \cdot dy \cdot dz$$

แรงดัน $F_2 = P \cdot A$

$$F_2 = P_y \cdot dx \cdot dz$$

แรงดัน $F_3 = P \cdot A$

$$F_3 = P \cdot dl \cdot dz$$

ที่สภาวะสมดุล ($\Sigma F_z = 0$)

$$F_1 - F_2 \sin \theta = 0$$

$$P_x \cdot dy \cdot dz - P \cdot dl \cdot dz \sin \theta = 0$$

เมื่อ

$$dy = dl \sin \theta$$

ดังนั้น

$$P_x dl \sin \theta \cdot dz - P \cdot dl \cdot \sin \theta = 0$$

$$(P_x - P) \cdot (dl \cdot dz \cdot \sin \theta) = 0$$

$$P_x - P = 0$$

นั่นคือ

$$P_x = P$$

ที่สภาวะสมดุล ($\Sigma F_y = 0$)

$$F_1 - F_2 \cos \theta = 0$$

$$P_x \cdot dx \cdot dz - P \cdot dl \cdot dz \cos \theta = 0$$

เมื่อ

$$dx = dl \cos \theta$$

ดังนั้น

$$P_y \cdot dl \cos \theta \cdot dz - P \cdot dl \cdot \cos \theta = 0$$

$$P_y - P = 0$$

ดังนั้น

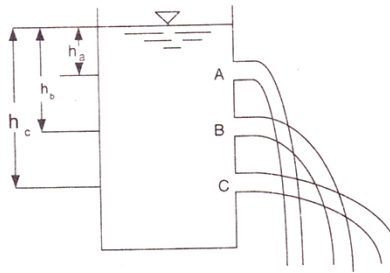
$$P_y = P$$

นั่นคือ ความดัน $P = P_x = P_y$ หรือความดันที่จุดใดๆ ที่ไหลอยู่นิ่งจะมีค่าเท่ากันทุกทิศทาง (น้ำหนักของสี่เหลี่ยม (W) มีค่าน้อยมากจึงไม่นำมาคิด)

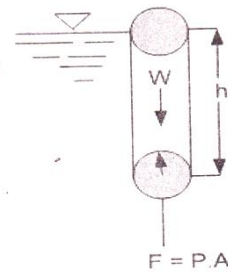
3.3 การเปลี่ยนแปลงความดันตามระดับความลึก

เมื่อเจาะรูภาชนะจะพบว่าแรงดันของน้ำมันจะดันน้ำพุ่งออกจากรู ซึ่งรูที่เจาะด้านข้างของภาชนะยิ่งลึกน้ำยิ่งพุ่งแรง แสดงว่า ความดันของของเหลวจะมากขึ้นอยู่กับสัดส่วนของความลึกซึ่งความแตกต่างความดันของเหลวที่เปลี่ยนแปลงตามระดับความลึกเป็นเท่าใดนั้น ให้พิจารณารูปที่ 3.4 โดยพิจารณาลำของเหลวทรงกระบอกวางอยู่ในแนวตั้ง ซึ่งพื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอ A ยืนลงไปใน

ของเหลวเป็นระยะ h จากผิวอิสระ เมื่อลำของเหลวอยู่ในสภาวะสมดุล แรงที่กระทำทำในแนวตั้งจะประกอบด้วยแรงที่เกิดจากความดันของของเหลวกระทำกับพื้นที่หน้าตัด A มีทิศทางจากด้านล่างขึ้นบน และแรงที่เกิดจากน้ำหนักของของเหลวที่กระทำในทิศทางลงสู่ด้านล่าง



รูปที่ 3.3 แสดงความดันเพิ่มขึ้นตามความลึก



รูปที่ 3.4 แสดงลำของเหลวรูปทรงกระบอกในสภาวะสมดุล

ที่สภาวะสมดุล

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F = W$$

$$P.A = \gamma . V$$

$$P.A = \gamma . A . h$$

$$P = \gamma . h \quad \dots\dots\dots(3.2)$$

$$P = \rho . g . h \quad \dots\dots\dots(3.3)$$

$$P = S . \gamma_{น้ำ} . h \quad \dots\dots\dots(3.4)$$

เมื่อ P คือ ความดัน

γ คือ น้ำหนักจำเพาะ

h คือ ระดับความลึก

ρ คือ ความหนาแน่นของของเหลว

S คือ ความถ่วงจำเพาะของของเหลว

การบอกความดันที่ระดับความลึกๆ ของของเหลว อาจบอกได้โดยใช้วิธีการบอกระดับความลึก ซึ่งเรียกว่า เสดความดัน (Pressure head) มีหน่วยเป็นเมตร

$$h = \frac{P}{\gamma} \dots\dots\dots(3.5)$$

ตารางที่ 3.1 มาตรฐานบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเล

Property	Symbol	Value
Temperature	t	15 °C
Pressure	P	101.3 kPa (abs)
Density	ρ	1.225 kg/m ³
Viscosity	μ	1.781 E-5 kg/m.s

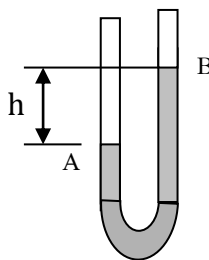
เครื่องวัดความดันแบบ มานอมิเตอร์

วัดความดันแตกต่างระหว่างจุด 2 จุด

จาก

$$P = P_e + \rho gh$$

$$P_A = P_B + \rho gh$$



รูปที่ 3.5 แสดงหลักการทำงานของมานอมิเตอร์

ตัวอย่าง 3.1 จากรูปหาก $h = 25$ cm ของไหลคือ น้ำ จงหาความดันแตกต่างระหว่างจุด A และ B

วิธีทำ

$$P_A = P_B + \rho gh$$

$$\begin{aligned} P_A - P_B &= 1,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0.25 \text{ m} \\ &= 2,450 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \end{aligned}$$

ตอบ

สรุป ความดันจุดล่าง = ความดันจุดบน + ρgh

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน
ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู

ขั้นนำ

1. กล่าวทักทายนักศึกษาแล้วนำภาพของบาร์รอมิเตอร์ มาให้นักศึกษาดูแล้วอธิบายหลักการ
ทำงาน

1. แจ้างจุดประสงค์รายวิชา หัวข้อที่จะต้องเรียน การวัดการประเมินผล ข้อตกลงต่าง ๆ แก่
นักศึกษา

2. บรรยายเนื้อหาประกอบแผ่นใสในหน่วยที่ 3
3. สาธิตหลักการคำนวณประกอบแผ่นใสตัวอย่างที่ 3.2 3.4
4. ให้ทำแบบฝึกหัดและเปิดโอกาสให้นักศึกษาถาม

ขั้นสรุป

1. ผู้สอนสรุปเนื้อหาให้นักศึกษาฟัง และถามนักศึกษาในเรื่องที่เรียน

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

1. ให้นักศึกษาไปศึกษาเนื้อหาตัวอย่างที่ 3.2 3.4 เพื่อทำแบบทดสอบที่ 1-5

สื่อการเรียนรู้การสอน

1. เอกสารประกอบการสอนหน่วยที่ 3
2. แผ่นใสหน่วยที่ 3 ตัวอย่างที่ 3.2 3.4

การวัดผลและประเมินผล

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

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. ถ้าความดันในถังใบหนึ่งเท่ากับ 50 lbf/in^2 จงหาความดันในรูปความสูงของของไหลดังนี้
(ก) น้ำ (ข) ปรอท (ค) น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีความถ่วงจำเพาะ 0.92
2. ถ้าความดันที่อ่านจากบารอมิเตอร์มีค่า 29.75 in ของปรอท จงหาความดันบรรยากาศในหน่วย lbf/in^2
3. จงหาความดันบรรยากาศในหน่วยกิโลปาสคาล ถ้าบารอมิเตอร์อ่านค่า 742 mm . ของปรอท
4. เครื่องวัดความดันซึ่งตั้งอยู่ที่ระดับความสูง 7 m และ 4 m เหนือพื้นถึงที่บรรจุของเหลวชนิดหนึ่ง
5. อ่านค่า 64.94 kPa และ 87.53 kPa ตามลำดับ จงหาน้ำหนักจำเพาะและความหนาแน่นของของเหลว

เฉลยแบบฝึกหัด

1. ถ้าความดันในถังใบหนึ่งเท่ากับ 50 lbf/in^2 จงหาความดันในรูปความสูงของของไหลดังนี้

(ก) น้ำ (ข) ปรอท (ค) น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีความถ่วงจำเพาะ 0.92

วิธีทำ จากสูตร $h = P/Y$

$$\begin{aligned} \text{(ก)} \quad h &= [(50)(144)]/62.4 \\ &= 115.38 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ข)} \quad h &= [(50)(144)]/847.3 \\ &= 8.50 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(ค)} \quad h &= [(50)(144)]/[(0.92)(62.4)] \\ &= 125.42 \text{ ft} \end{aligned}$$

ตอบ

2. ถ้าความดันที่อ่านจากบารอมิเตอร์มีค่า 29.75 in ของปรอท จงหาความดันบรรยากาศในหน่วย lbf/in^2

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \quad \text{จากสูตร} \quad P &= \gamma \cdot h \\ &= [(13.6)(62.4)] [(29.75/12)]/144 \\ &= 14.61 \text{ lbf/in}^2 \end{aligned}$$

ตอบ

3. จงหาความดันบรรยากาศในหน่วยกิโลปาสคาล ถ้าบารอมิเตอร์อ่านค่า 742 mm ของปรอท

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \quad \text{จากสูตร} \quad P &= \gamma \cdot h \quad (133.1)(742/1,000) \\ &= 98.8 \text{ kN/m}^2 \text{ หรือ } 98.8 \text{ kPa} \end{aligned}$$

ตอบ

4. เครื่องวัดความดันซึ่งตั้งอยู่ที่ระดับความสูง 7 m และ 4 m เหนือพื้นถึงที่บรรจุของเหลวชนิดหนึ่งอ่านค่า 64.94 kPa และ 87.53 kPa ตามลำดับ จงหาน้ำหนักจำเพาะและความหนาแน่นของของเหลว

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \quad \text{จากสูตร} \quad \gamma &= \Delta P / \Delta h \\ &= (87.53 - 64.94) / (7 - 4) \\ &= 7.53 \text{ kN/m}^2 \text{ หรือ } 7,530 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \gamma / g \\ &= 7,530 / 9.81 \\ &= 768 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

ตอบ

5. เครื่องวัดความดันซึ่งตั้งอยู่ที่ระดับความสูง 19 ft และ 14 ft เหนือพื้นถึงที่บรรจุของเหลวชนิดหนึ่งอ่านค่า 13.19 lbf/in² และ 15.12 lbf/in² ตามลำดับ จงหาว่าน้ำหนักจำเพาะ ความหนาแน่นและความดันถ่วงจำเพาะของของเหลว

วิธีทำ จากสูตร

$$\Delta P = \gamma(\Delta h)$$

$$= (15.12 - 13.19)(144)$$

$$= (\gamma)(19 - 14)$$

$$\gamma = 55.6 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\rho = \gamma/g$$

$$= 55.6/32.2$$

$$= 1.73 \text{ สลัก/ft}^2$$

ตอบ

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการเรียนของนักเรียน.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู.....

.....

.....

.....

.....

.....