

	แผนการสอน	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหล รหัสวิชา 3100 – 0103	สอนครั้งที่ 4
	ชื่อหน่วย ความหนืดจลน์และก๊าซสัมบูรณ์	จำนวน 3 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง/ชื่องาน ความหนืดจลน์และก๊าซสัมบูรณ์		
หัวข้อเรื่อง 2.3 ความหนืดจลน์ 2.4 ก๊าซสัมบูรณ์ สาระสำคัญ 1. ความหนืดจลน์ ในทางวิศวกรรมมักจะหาค่าความหนืด (μ) ด้วยค่าความหนาแน่น (ρ) ซึ่งค่าที่ได้นี้มีชื่อเรียกว่า ความหนืดจลน์ หรือความหนืดคิเนแมติก (Kinematic Viscosity) ใช้สัญลักษณ์ ν (nu) 2. ก๊าซสัมบูรณ์ (Perfect gas) บางทีอาจเรียกว่า ก๊าซอุดมคติ ในทางทฤษฎีได้กำหนดสมบัติของก๊าซไว้ว่าเป็นก๊าซที่ไม่มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลและพฤติกรรมเป็นไปตามกฏของบอยล์ (Boyle's Law) กฎของชาร์ล (Charles's Law) และกฎของอาโวกาโดร (Avogadro's Law) สมรรถนะที่พึงประสงค์ (ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. กำหนดหาความหนืดและความหนืดจลน์ได้อย่างถูกต้อง 2. กำหนดหาความหนาแน่น น้ำหนักจำเพาะจากก๊าซสัมบูรณ์ได้อย่างถูกต้อง		

เนื้อหาสาระ

2.3 ความหนืดจลน์

ในทางวิศวกรรมมักจะหาค่าความหนืด (μ) ด้วยค่าความหนาแน่น (ρ) ซึ่งค่าที่ได้นี้มีชื่อเรียกว่า ความหนืดจลน์ หรือความหนืดคิเนแมติก (Kinematic Viscosity) ใช้สัญลักษณ์ ν (nu)

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

.....(2.3)

เมื่อ

ν คือ ความหนืดคิเนแมติก (m^2/s)

μ คือ ความหนืด (N.s/m^2) หรือ (kg/m.s)

ρ คือ ความหนาแน่น (kg/m^3)

ซึ่งหน่วยของความหนืดคิเนแมติก ที่นิยมใช้ในระบบเมตริก คือ

$$\text{Stroke} = \text{cm}^2/\text{s} = 1 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{s}$$

สูตรพื้นฐานอื่นๆ ที่ใช้ในการประกอบการคำนวณ

1. สูตรการหาความเร็ว (v) ของเพลลา

$$v = \omega \cdot r \qquad v = \frac{\pi \cdot d \cdot N}{60}$$

เมื่อ v คือ ความเร็ว

ω คือ ความเร็วเชิงมุม

d คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเพลลา

r คือ ความเร็วรอบของเพลลา

2. สูตรการหาแรงบิด (T)

$$T = F \cdot r \qquad T = \tau \cdot A \cdot r$$

เมื่อ T คือ แรงบิด

F คือ แรงที่กระทำ

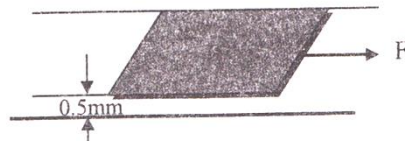
A คือ พื้นที่

r คือ รัศมี

3. สูตรการหากำลัง (P)

$$P = T \cdot \omega \qquad P = \frac{2 \cdot \pi \cdot T \cdot N}{60} \qquad \text{เมื่อ } P \text{ คือ กำลังงาน (Watt)}$$

ตัวอย่างที่ 2.1 แผ่นเรียบขนาด $0.3 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$ เลื่อนไปบนฟิล์มน้ำมันที่มีค่าความหนืด 0.8 N.s/m^2 ความหนาของฟิล์มน้ำมัน 0.5 mm จงหาแรงต้านที่เกิดขึ้นเมื่อความเร็วของแผ่นเรียบ 2 m/s

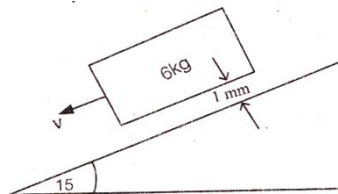


วิธีทำ	จากสูตร	$F = \mu \frac{AV}{y}$
	พื้นที่	$A = 0.3 \times 0.6 = 0.15 \text{ m}^2$
	ความหนืดของฟิล์มน้ำมัน	$\mu = \frac{0.5}{1,000} = 0.0005 \text{ m}$
	ความหนืดของน้ำมัน	$= 0.8 \text{ N.s/m}^2$
	ความเร็วของแผ่นเรียบ	$v = 2 \text{ m/s}$
		$F = \frac{0.8 \times 0.15 \times 2}{0.0005}$
		$F = 480 \text{ N}$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 2.2 แท่งวัตถุมีมวล 6 kg เลื่อนลงมาตามพื้นซึ่งมุมเอียง 15° กับแนวระดับระหว่างแท่งวัตถุกับพื้นเอียงมีน้ำมันซึ่งมีค่าความหนืด 0.44 N.s/m^2 หนา 1 mm โดยพื้นที่หน้าสัมผัสระหว่างวัตถุกับน้ำมันเท่ากับ 0.035 m^2 จงหาความเร็วของแท่งวัตถุ

วิธีทำ.



สมดุลแรงตามแนวพื้นเอียง ($\Sigma F_x = 0$)

$$W = m \cdot g \cdot \sin 15$$

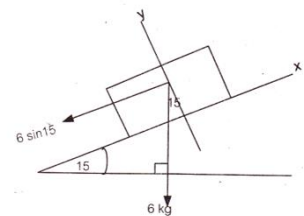
$$W = 6 \times 9.81 \times \sin 15 = 15.23 \text{ N}$$

หาความเร็วจากสูตร

$$F = \mu \frac{A \cdot v}{y}$$

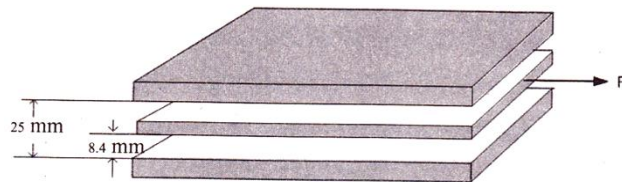
$$15.23 = \frac{0.44 \times 0.035 \times v}{1 \times 10^{-3}}$$

$$= 0.99 \text{ m/s}$$



ตอบ

ตัวอย่างที่ 2.3 แผ่นเรียบขนาดใหญ่ 2 แผ่น ทอยู่ห่างกัน 25 mm. ในช่องว่างบรรจุด้วยของเหลวซึ่งมีค่าความหนืด 0.958 N.s/m² สมมุติว่าการกระจายความเร็ว เป็นเส้นตรงจงคำนวณหาแรงที่ใช้ดึงแผ่นวัตถุบาง ให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.3 m/s โดยแผ่นวัตถุบางมีพื้นที่ผิวสัมผัสของของเหลวด้านละ 0.37 m² และวางอยู่ห่างจากวัตถุเรียบใหญ่ด้านหนึ่ง 8.4



วิธีทำ จากสมการ $F = \mu \frac{A.v}{y}$

$$F_1 = \mu \frac{A.v}{y}$$

$$F_1 = \frac{0.958 \times \text{N} \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}^2} \times 0.3 \text{m/s}}{8.4 \times 10^{-3} \text{m}}$$

$$F_1 = 12.66 \text{ N}$$

$$F_2 = \frac{0.958 \text{N.s/m}^2 \times 0.37 \text{m}^2 \times 0.3 \text{m/s}}{(25-8.4) \times 10^{-3} \text{m}}$$

$$F_2 = 6.41 \text{ N}$$

$$F = F_1 + F_2$$

$$F = 12.66 + 6.41$$

$$F = \mathbf{19.07 \text{ N}}$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 2.4 ลิฟต์ไฮดรอลิกยกรถ มีแกนยกเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 250 mm ยาว 3 m อยู่ในกระบอกสูบเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 250.15 mm ในช่องว่างรูปวงแหวนรอบๆ บรรจุด้วยน้ำมันหล่อลื่นความหนืดคิเนแมติก 3.716 × 10⁻⁴ และมีความถ่วงจำเพาะ 0.85 ถ้าหากแกนยกเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.15 จงหาแรงจากความเสียดทาน

วิธีทำ จากสมการ

$$\boxed{v = \frac{\mu}{\rho}} \dots\dots\dots(1)$$

หาความหนาแน่น $\rho = S \cdot \rho_{\text{น้ำ}}$

$$\rho = 0.85 \times 1,000 = 850 \text{ kg/m}^2$$

แทนค่าในสมการ (1)

$$3.716 \times 10^{-4} = \frac{\mu}{850}$$

$$\mu = 0.31586 \text{ N.s/m}^2$$

จากสมการ

$$F = \frac{\mu A v}{y}$$

.....(2)

พื้นที่ผิวของทรงกระบอกที่สัมผัสกับน้ำมันหล่อลื่น ; $A = \pi D L$

$$A = \pi (0.25) (3) = 2.356 \text{ m}^2$$

ระยะห่างระหว่างวงแหวน

$$y = \frac{0.25015 - 0.25}{2} = 7.5 \times 10^{-5} \text{ m}$$

แทนค่าในสมการ (2)

$$F = \frac{0.31586 \times 2.356 \times 0.15}{7.5 \times 10^{-5}}$$

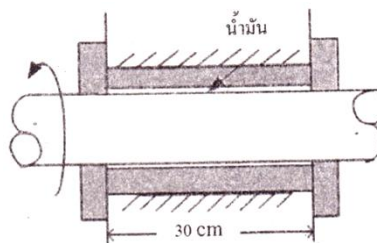
$$F = 1,488.33 \text{ N}$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 2.5 เฟลาเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 8 mm เคลื่อนที่อยู่ในแบร์ริงซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 8.02 mm ยาว 30 cm ด้วยความเร็ว 0.5 m/s ช่องว่างระหว่างเฟลากับแบร์ริงหล่อลื่นด้วยน้ำมันซึ่งมีความหนืดคินแมติก 0.005 m²/s และค่าความถ่วงจำเพาะ 0.9 โดยสมมุติว่าการกระจายความเร็วภายในช่องว่างเป็นเส้นตรง จงคำนวณ

(ก) แรงต้านเนื่องจากความหนืดของน้ำมันที่กระทำต่อเฟลา

(ข) ถ้าเฟลามุนด้วยความเร็วรอบ 1800 รอบ/วินาที จงหาแรงบิดและกำลังที่ใช้ในการหมุนเฟลา



(ก) แรงต้านเนื่องจากความหนืดของน้ำมันที่กระทำต่อเฟลา

วิธีทำ จากสูตร

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

.....(1)

ความหนาแน่น

$$\rho = S \cdot \rho_{\text{น้ำ}}$$

แทนค่าในสมการ (1)

$$0.005 = \frac{\mu}{900}$$

$$\mu = 4.5 \text{ N.s/m}^2$$

จากสมการ

$$F = \frac{\tau A V}{y}$$

.....(2)

พื้นที่ของเพลลา

$$A = \pi \cdot D \cdot L$$

$$A = \pi \times 0.0802 \times 0.3 = 0.0754 \text{ m}^2$$

ระยะระหว่างเพลากับแปรง

$$y = \frac{0.0802 - 0.08}{2} = 1 \times 10^{-4} \text{ m}$$

แทนค่าในสมการ (2)

$$F = \frac{4.5 \times 0.0754 \times 0.5}{1 \times 10^{-4}}$$

$$F = 1,696.5 \text{ N}$$

(จ) หาแรงบิด

จากสูตร

$$T = \tau \cdot A \cdot r$$

หาความเร็วรอบของเพลลา

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot N}{60} = \frac{\pi \times 0.08 \times 1,800}{60} = 7.54 \text{ m/s}$$

รัศมีของเพลลา

$$r = \frac{d}{2} = \frac{0.08}{2} = 0.04 \text{ m}$$

แทนค่าในสมการ (3)

$$T = \left(\frac{4.5 \times 7.54}{1 \times 10^{-4}} \right) \times (0.754) \times (0.4)$$

$$T = 1,023.33 \text{ N.m}$$

หาค่าที่ใช้ในการหมุนเพลลา

$$\text{จากสูตร} \quad P = \frac{2 \times \pi \times 1,023.33 \times 1,800}{60}$$

$$P = 192.893 \text{ kW}$$

ตอบ

2.4 ก๊าซสมบูรณ์แบบ

ก๊าซสมบูรณ์แบบ (Perfect gas) บางทีอาจเรียกว่า ก๊าซในอุดมคติ ในทางทฤษฎีคิดกำหนดคุณสมบัติของก๊าซไว้ว่า เป็นก๊าซที่ไม่มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลและมีพฤติกรรมเป็นไปตามกฎของบอยล์ (Boyle's Law) กฎของชาร์ล (Charles's Law) และกฏของอาโวกาโดร (Avogadro's Law) ซึ่งได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรและอุณหภูมิเป็นไปตามกฎดังนี้

$$PV = mRT$$

.....(2.4)

$$\text{แต่} \quad P = \frac{m}{v}$$

ดังนั้น

$$P = \rho RT$$

.....(2.5)

$$\text{แต่} \quad V_s = \frac{1}{\rho}$$

ดังนั้น

$$P \cdot V_s = RT$$

.....(2.6)

สรุป

$$\frac{P}{\rho} = P v_s = RT$$

.....(2.7)

- เมื่อ P คือ ความดัน (N/m^2)
 ρ คือ ความหนาแน่นของก๊าซ (kg/m^3)
m คือ มวลของก๊าซ (kg)
V คือ ปริมาตร (m^3)
 V_s คือ ปริมาตรจำเพาะ (m^3/kg)
R คือ ค่าคงที่ของก๊าซแต่ละชนิด ($\text{N.m/kg}^\circ\text{K}$)
T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ ($^\circ\text{K}$)

หมายเหตุ $(^\circ\text{K}) = 273 + ^\circ\text{C}$

เนื่องจาก $\gamma = \rho \cdot g$ เมื่อนำมาแทนในสมการ 2.7

ดังนั้น $\frac{P}{\rho} = RT \quad \longrightarrow \quad \frac{Pg}{\gamma} = RT$

หรือ

$$\gamma = \frac{Pg}{R\gamma}$$

.....(2.8)

ซึ่งค่าคงที่ก๊าซ (R) สามารถหาได้จาก

$$R = \frac{8,312}{M}$$

.....(2.9)

เมื่อ M น้ำหนักโมเลกุลของก๊าซ

ตัวอย่างที่ 2.6 ไนโตรเจนมวล 0.5 kg บรรจุในถังปิดปริมาตร 0.2 m^3 ที่อุณหภูมิ 20°C กำหนดให้ค่าคงที่ของก๊าซไนโตรเจนเท่ากับ $0.2968 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}$ จงคำนวณหาความดันภายในถัง

วิธีทำ โจทย์กำหนด $M = 0.5 \text{ kg}$
 $V = 0.2 \text{ m}^3$
 $R = 0.2968 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K} = 0.2968 \times 10^3 \text{ N.m/kg}^\circ\text{K}$
 $T = 20 + 273 = 293^\circ\text{K}$

หาความดันในถัง จากสูตร $PV = mRT$

$$P = \frac{0.5 \text{ kg} \times 0.2968 \times 10^3 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}}{\text{kg}} \cdot ^\circ\text{K}}{0.2 \text{ m}^3}$$

$$P = 217406 \text{ N/m}^2 = 217.406 \text{ kN/m}^2 = 217.406 \text{ kPa} \quad \text{ตอบ}$$

ตัวอย่างที่ 2.7 ก๊าซชนิดหนึ่งมีน้ำหนักโมเลกุล 71 ที่ความดัน 600 kPa อุณหภูมิ 25 °C จงคำนวณหาความหนาแน่น น้ำหนักจำเพาะ และปริมาตรจำเพาะของก๊าซชนิดนี้

วิธีทำ โจทย์กำหนด น้ำหนักโมเลกุลของก๊าซ $M = 71$

$$\text{ความดัน} \quad P = 600 \times 10^3 \text{ N/m}^2$$

$$\text{อุณหภูมิสัมบูรณ์} \quad T = 25 + 273 = 298 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$\text{หาค่าคงที่ของก๊าซ} \quad R = \frac{8,312}{71}$$

$$R = \frac{8,312}{71} = 117.07 \text{ N} \cdot \text{m/kg} \cdot ^\circ\text{K}$$

$$\begin{aligned} \text{ความหนาแน่น} \quad \rho &= \frac{P}{RT} \\ &= \frac{600 \times 10^3}{117.07 \times 298} \end{aligned}$$

$$\rho = 17.12 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักจำเพาะ} \quad \gamma &= \rho \cdot g \\ &= 17.12 \times 9.81 \end{aligned}$$

$$\gamma = 167.95 \text{ N/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรจำเพาะ} \quad v_s &= \frac{1}{\rho} \\ &= \frac{1}{17.12} \end{aligned}$$

$$V_s = 0.058 \text{ m}^3/\text{kg} \quad \text{ตอบ}$$

ตัวอย่างที่ 2.8 ไนโตรเจนความดัน 150 kPa อุณหภูมิ 20 °C บรรจุอยู่ในถังเกร็งปริมาตร 0.5 m³ ถ้ามีการเติมไนโตรเจนเพิ่มขึ้นในถังอีก 0.3 kg โดยระหว่างการเติมอุณหภูมิภายในถังไม่มีการเปลี่ยนแปลง จงหาความดันของไนโตรเจนในถังหลังจากการเติมเสร็จสิ้น กำหนดให้น้ำหนักโมเลกุลไนโตรเจน เท่ากับ 28

วิธีทำ เนื่องจากถังไม่มีการขยายตัว $V_1 = V_2 = 0.5 \text{ m}^3$

$$P_1 = 150 \text{ kPa}$$

$$T_1 = T_2 = 20^\circ\text{C} + 273 = 293 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$\begin{aligned} \text{มวลที่เติมเพิ่มเข้าไป} &= 0.3 \text{ kg} \end{aligned}$$

หามวล (m_1) ก่อนที่จะเติมไนโตรเจนเพิ่ม

$$m_1 = \frac{P_1 + v_1}{RT_1} \dots\dots\dots(1)$$

$$R = \frac{8,312}{M} = \frac{3,312}{28} = 296.86 \quad \text{N.m/kg. } ^\circ\text{K}$$

$$m_1 = \frac{150 \times \frac{10^3 \text{ N}}{\text{m}^2} \times 0.5 \text{ m}^3}{296.86 \frac{\text{m}}{\text{kg}} \cdot ^\circ\text{K} \times 293 \text{ } ^\circ\text{K}} = 0.862 \text{ kg}$$

หาความดันไนโตรเจนหลังจากเติมเพิ่ม

$$\begin{aligned} P_2 &= \frac{m_2 RT}{V_1} \\ &= \frac{1.162 \times 296.86 \times 293}{0.5} \end{aligned}$$

$$P_2 = 202.141 \quad \text{kPa}$$

ตอบ

สรุปท้ายบท

ความหนืดของของไหลจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ โดยที่ของไหลที่อยู่ในสถานะก๊าซ ค่าความหนืดจะสูงขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ ส่วนของไหลที่อยู่ในสถานะของเหลว ค่าความหนืดจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น หน่วยของความหนืดในระบบ SI คือ $\frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2}$ หรือ Pa.s หรือ $\frac{\text{kg}}{\text{m}\cdot\text{s}}$ แต่หน่วยของความหนืดที่ยังนิยมใช้ในระบบเมตริกคือ พอยส์ (poise) ซึ่งคือ poise (p) โดย 1 poise = 0.1 pa.s และในงานวิศวกรรมนิยมนำความหนืดมาหาด้วยความหนาแน่น ซึ่งเรียกว่า ความหนืดจลน์ (ν)

กฎก๊าซสมบูรณ์แบบ คือ $PV_s = RT$ หรือ $P = \rho RT$ ซึ่งเป็นกฎที่ครอบคลุมก๊าซของชาร์ล ที่กล่าวว่า ที่ความดันคงที่ ความหนาแน่นจะเปลี่ยนแปลงตามความดันสัมบูรณ์ ดังนั้นจึงอาจเขียนสมการใหม่ในรูปของ $PV = mRT$

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน
ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู

ขั้นนำ

1. กล่าวทักทายนักศึกษาแล้วนำภาพต่าง ๆ เกี่ยวกับลักษณะกาไหลมาให้นักศึกษาดูแล้วถามว่าแต่ละรูปเป็นลักษณะการไหลแบบใด

ขั้นสอน

1. แจกจุดประสงค์รายวิชา หัวข้อที่จะต้องเรียน การวัดการประเมินผล ข้อตกลงต่าง ๆ แก่นักศึกษา

2. บรรยายเนื้อหาประกอบแผ่นใสในหน่วยที่ 2

3. สาธิตหลักการคำนวณประกอบแผ่นใสตัวอย่างที่ 2.5 และ 2.6

4. ให้ทำแบบฝึกหัดที่ 2 และเปิดโอกาสให้นักศึกษาถาม

ขั้นสรุป

1. ผู้สอนสรุปเนื้อหาให้นักศึกษาฟัง และถามนักศึกษาในเรื่องที่เรียน

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

1. ให้นักศึกษาไปศึกษาเนื้อหาตัวอย่างที่ 2.5 และ 2.6 เพื่อทำแบบทดสอบที่ 3

สื่อการเรียนรู้การสอน

1. เอกสารประกอบการสอนหน่วยที่ 2

2. แผ่นใสหน่วยที่ 2 ตัวอย่างที่ 2.5 และ 2.6

การวัดผลและประเมินผล

1. สังเกตความสนใจผู้เรียน

2. ความรับผิดชอบต่องานที่มอบหมาย

3. การให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมระหว่างเรียน

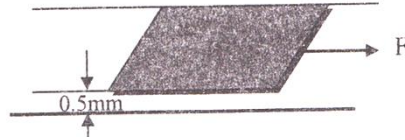
4. ให้ทำแบบทดสอบ

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. แผ่นเรียบขนาด $0.3 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$ เลื่อนไปบนฟิล์มน้ำมันที่มีค่าความหนืด 0.8 N.s/m^2 ความหมายของฟิล์มน้ำมัน 0.5 mm จงหาแรงต้านที่เกิดขึ้นเมื่อความเร็วของแผ่นเรียบ 2 m/s
2. ไนโตรเจนความดัน 150 kPa อุณหภูมิ 20°C บรรจุอยู่ในถังเกร็งปริมาตร 0.5 m^3 ถ้ามีการเติมไนโตรเจนเพิ่มขึ้นในถังอีก 0.3 kg โดยระหว่างการเติมอุณหภูมิภายในถังไม่มีการเปลี่ยนแปลง จงหาความดันของไนโตรเจนในถังหลังจากการเติมเสร็จสิ้น กำหนดให้น้ำหนักโมเลกุลไนโตรเจน เท่ากับ 28
3. ไนโตรเจนความดัน 150 kPa อุณหภูมิ 20°C บรรจุอยู่ในถังเกร็งปริมาตร 0.5 m^3 ถ้ามีการเติมไนโตรเจนเพิ่มขึ้นในถังอีก 0.3 kg โดยระหว่างการเติมอุณหภูมิภายในถังไม่มีการเปลี่ยนแปลง จงหาความดันของไนโตรเจนในถังหลังจากการเติมเสร็จสิ้น กำหนดให้น้ำหนักโมเลกุลไนโตรเจน เท่ากับ 28

เฉลยแบบฝึกหัด

1. แผ่นเรียบขนาด $0.3 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$ เลื่อนไปบนฟิล์มน้ำมันที่มีค่าความหนืด 0.8 N.s/m^2 ความหมายของฟิล์มน้ำมัน 0.5 mm จงหาแรงต้านที่เกิดขึ้นเมื่อความเร็วของแผ่นเรียบ 2 m/s



วิธีทำ	จากสูตร	$F = \mu \frac{AV}{y}$
	พื้นที่	$A = 0.3 \times 0.6 = 0.15 \text{ m}^2$
	ความหมายของฟิล์มน้ำมัน	$\mu = \frac{0.5}{1,000} = 0.0005 \text{ m}$
	ความหนืดของน้ำมัน	$= 0.8 \text{ N.s/m}^2$
	ความเร็วของแผ่นเรียบ	$v = 2 \text{ m/s}$
		$F = \frac{0.8 \times 0.15 \times 2}{0.0005}$
		$F = 480 \text{ N}$

ตอบ

2. ไนโตรเจนความดัน 150 kPa อุณหภูมิ 20°C บรรจุอยู่ในถังเกร็งปริมาตร 0.5 m^3 ถ้ามีการเติมไนโตรเจนเพิ่มขึ้นในถังอีก 0.3 kg โดยระหว่างการเติมอุณหภูมิภายในถังไม่มีการเปลี่ยนแปลง จงหาความดันของไนโตรเจนในถังหลังจากการเติมเสร็จสิ้น กำหนดให้น้ำหนักโมเลกุลไนโตรเจน เท่ากับ 28

วิธีทำ	เนื่องจากถังไม่มีการขยายตัว	$V_1 = V_2 = 0.5 \text{ m}^3$
		$P_1 = 150 \text{ kPa}$
		$T_1 = T_2 = 20^\circ\text{C} + 273 = 293^\circ\text{K}$
	มวลที่เติมเพิ่มเข้าไป	$= 0.3 \text{ kg}$

หามวล (m_1) ก่อนที่จะเติมไนโตรเจนเพิ่ม

$$m_1 = \frac{P_1 V_1}{RT_1} \dots\dots\dots(1)$$

$$R = \frac{8,312}{M} = \frac{8,312}{28} = 296.86 \text{ N.m/kg. }^\circ\text{K}$$

$$m_1 = \frac{150 \times \frac{10^3 \text{ N}}{\text{m}^2} \times 0.5 \text{ m}^3}{296.86 \frac{\text{N.m}}{\text{kg. }^\circ\text{K}} \times 293^\circ\text{K}} = 0.862 \text{ kg}$$

หาความดันไนโตรเจนหลังจากเติมเพิ่ม

$$P_2 = \frac{m_2 RT}{V_1}$$

$$= \frac{1.162 \times 296.86 \times 293}{0.5}$$

$$P_2 = 202.141 \text{ kPa}$$

ตอบ

3. ไนโตรเจนความดัน 150 kPa อุณหภูมิ 20 °C บรรจุอยู่ในถังเกร็งปริมาตร 0.5 m³ ถ้ามีการเติมไนโตรเจนเพิ่มขึ้นในถังอีก 0.3 kg โดยระหว่างการเติมอุณหภูมิภายในถังไม่มีการเปลี่ยนแปลง จงหาความดันของไนโตรเจนในถังหลังจากการเติมเสร็จสิ้น กำหนดให้น้ำหนักโมเลกุลไนโตรเจน เท่ากับ 28

วิธีทำ เนื่องจากถังไม่มีการขยายตัว

$$V_1 = V_2 = 0.5 \text{ m}^3$$

$$P_1 = 150 \text{ kPa}$$

$$T_1 = T_2 = 20^\circ\text{C} + 273 = 293 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$\text{มวลที่เติมเพิ่มเข้าไป} = 0.3 \text{ kg}$$

หามวล (m_1) ก่อนที่จะเติมไนโตรเจนเพิ่ม

$$m_1 = \frac{P_1 V_1}{RT_1} \dots\dots\dots(1)$$

$$R = \frac{8,312}{M} = \frac{8,312}{28} = 296.86 \text{ N.m/kg. }^\circ\text{K}$$

$$m_1 = \frac{150 \times \frac{10^3 \text{ N}}{\text{m}^2} \times 0.5 \text{ m}^3}{296.86 \frac{\text{N.m}}{\text{kg. }^\circ\text{K}} \times 293 \text{ }^\circ\text{K}} = 0.862 \text{ kg}$$

หาความดันไนโตรเจนหลังจากเติมเพิ่ม

$$\begin{aligned} P_2 &= \frac{m_2 RT}{V_1} \\ &= \frac{1.162 \times 296.86 \times 293}{0.5} \end{aligned}$$

$$P_2 = 202.141 \text{ kPa}$$

ตอบ

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการเรียนของนักเรียน.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....