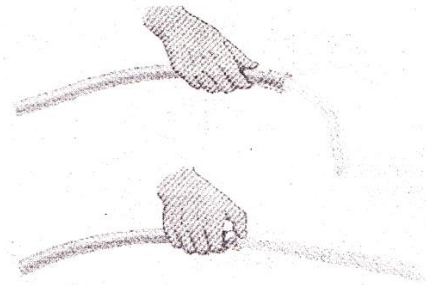


	แผนการสอน	หน่วยที่ 6
	ชื่อวิชา กลศาสตร์ของไหล รหัสวิชา 3100 – 0103	สอนครั้งที่ 10
	ชื่อหน่วย พลศาสตร์ของของไหล	จำนวน 3 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง/ชื่องาน สมการการไหลต่อเนื่อง,พลังงานในการไหล		
หัวข้อเรื่องและงาน 6.3 สมการการไหลต่อเนื่อง 6.4 พลังงานในการไหล สาระสำคัญ 1. สมการการไหลต่อเนื่อง คือ ปริมาณของน้ำที่ไหลเข้าจะเท่ากับปริมาณน้ำที่ไหลออก 2. พลังงานในการไหล คือ พลังงานที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของของไหล สมรรถนะที่พึงประสงค์ (ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. คำนวณหาอัตราการไหลและความเร็วของการไหลโดยใช้สมการความต่อเนื่องได้อย่างถูกต้อง 2. คำนวณหาพลังงานศักย์,พลังงานจลน์,และพลังงานความดันที่เกิดจากการไหล ได้อย่างถูกต้อง		

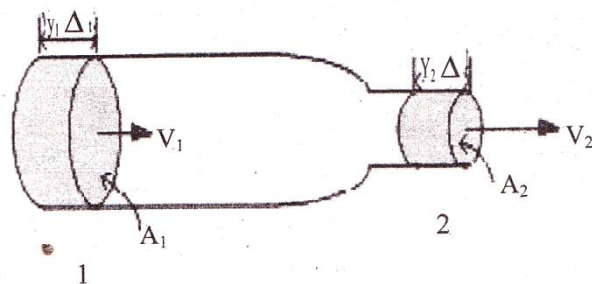
เนื้อหาสาระ

6.3 สมการการไหลต่อเนื่อง

ในการรดน้ำต้นไม้ หรือล้างรถเราสังเกตว่าเมื่อบีบปลายสายยางให้แคบลงจะทำให้ น้ำที่ไหลออกจากสายยางพุ่งแรง และฉีดน้ำได้ไกลมากขึ้น ถ้าปลายสายยางจะทำให้ น้ำไหลช้าลงหรือมีความเร็วลดลง พฤติกรรมการไหลต่อเนื่อง ซึ่งสรุปได้ว่าปริมาณของน้ำที่ไหลเข้าไปในสายยางจะเท่ากับปริมาณน้ำที่ไหลออกจากสายยางเสมอ ถ้าสายยางดังกล่าวไม่มีรูรั่ว ไม่มีข้อต่อร่วมระหว่างปลายทั้งสอง



รูปที่ 6.3 ความสัมพันธ์ของความเร็วกับพื้นที่หน้าตัด



รูปที่ 6.4 กรไหลของของเหลวในท่อที่ขนาดพื้นที่หน้าตัดต่างกัน

พิจารณารูปที่ 6.4 การไหลของของเหลวในท่อ v_1 และไหลออกจากท่อที่หน้าตัด A_2 ด้วยความเร็ว $\rho_1 \cdot A_1 \cdot v_1$ กำหนดให้ $\rho_2 \cdot A_2 \cdot v_2$ คือ ความหนาแน่น พื้นที่หน้าตัด และความเร็วของของไหลที่จุด 1 จุด 2 ตามลำดับ พบว่าระยะทางที่ของเหลว เคลื่อนที่ในช่วงเวลา Δt เท่ากับความเร็วของของเหลวคูณด้วยช่วงเวลาดังกล่าว ดังนั้นที่จุด ของเหลวเคลื่อนที่ไประยะเท่ากับ $v_1 \cdot \Delta t$ มีปริมาตรไหลผ่านเท่ากับ $A_1 \cdot v_1 \cdot \Delta t$ และมีมวลเท่ากับ $\Delta m = \rho_1 \cdot A_1 \cdot v_1 \cdot \Delta t$ สามารถหาอัตราการไหลของของเหลวผ่านจุด 1 ได้

$$\text{อัตราการไหลของของเหลวที่จุด 1} = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho_1 \cdot A_1 \cdot v_1$$

และทำนองเดียวกันจะได้อัตราการไหลของของเหลวผ่านจุดที่ 2 เท่ากับ

$$\text{อัตราการไหลของของเหลวที่จุด 2} = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho_2 \cdot A_2 \cdot v_2$$

เมื่อท่อไม่มีการรั่ว ปริมาตรของของเหลวที่ไหลผ่านจุดต่างๆ ในท่อในช่วงเวลาหนึ่งๆ จะมีค่าอัตราไหลโดยมวลเท่ากันคือ

$$M_1 = M_2$$

$$\rho_1 \cdot A_1 \cdot v_1 = \rho_2 \cdot A_2 \cdot v_2$$

ถ้าเป็นของไหลที่อัดตัวไม่ได้ (ความหนาแน่นมีค่าคงที่) นั่นคือ $\rho_1 = \rho_2$ จะได้ สมการการไหลต่อเนื่อง (Continuity Equation) คือ

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \quad \dots\dots\dots(6.5)$$

และอัตราการไหลโดยปริมาตร $Q = Av$ ดังนั้นจากสมการ 6.5 จะได้

$$Q_1 = Q_2$$

ตัวอย่างที่ 6.1 น้ำไหลผ่านท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.15 m ด้วยอัตราการไหลโดยปริมาตร 1,800 L/min จงคำนวณหาความเร็วในการไหล

วิธีทำ หาพื้นที่หน้าตัดท่อ $A = \frac{\pi(0.15)^2}{4} = 0.0177 \text{ m}^2$

แปลงอัตราการไหลให้อยู่ในหน่วย (m^3/s)

$$Q = 1,800 \frac{\text{L}}{\text{min}} \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0.03 \text{ m}^3/\text{s}$$

หาความเร็วในการไหล

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0.03 \text{ m}^3 / \text{s}}{0.0177 \text{ m}^2} \\ V &= 1.69 \text{ m/s} \end{aligned}$$

∴ น้ำไหลผ่านท่อด้วยความเร็วเฉลี่ย 1.69 m/s ตอบ

ตัวอย่างที่ 6.2 น้ำไหลในท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 mm ด้วยความเร็วเฉลี่ย 2 m/s จงคำนวณหา

- ก. อัตราการไหลโดยปริมาตร
- ข. อัตราการไหลโดยน้ำหนัก
- ค. อัตราการไหลโดยมวล

วิธีทำ หาพื้นที่หน้าตัดของท่อ $A = \frac{\pi}{4}(0.07)^2 = 3.848 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

ก) อัตราการไหลโดยปริมาตร

$$\begin{aligned} Q &= A \cdot v \\ &= (3.848 \times 10^{-3} \text{ m}^2)(2 \text{ m/s}) \\ &= 7.696 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

ข) อัตราการไหลโดยน้ำหนัก

$$\begin{aligned} W &= \gamma \cdot A \cdot v = \gamma \cdot Q \\ &= (9.81 \text{ kN/m}^3) (7.696 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}) \\ W &= 0.0755 \text{ kN/s} \end{aligned}$$

ค) อัตราการไหลโดยมวล

$$\begin{aligned} M &= \rho \cdot A \cdot v \\ &= (1,000 \text{ kg/m}^3) (3.848 \times 10^{-3} \text{ m}^2) (2 \text{ m/s}) \\ M &= 7.696 \text{ kg/s} \end{aligned} \quad \text{ตอบ}$$

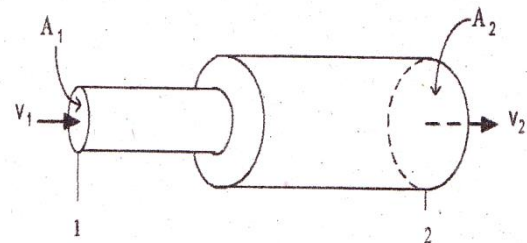
ตัวอย่างที่ 6.3 ความเร็วของน้ำที่ไหลในท่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm เท่ากับ 8 m/s ถ้าท่อนี้ต่อกับท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 mm สมมติว่าน้ำไหลเต็มท่อทั้งสอง จงคำนวณหา

ก) ความเร็วของน้ำที่ไหลในท่อที่ 2

ข) อัตราการไหลโดยปริมาตร

ค) อัตราการไหลโดยน้ำหนัก

ง) อัตราการไหลโดยมวล



วิธีทำ หาพื้นที่หน้าตัดที่จุด (1)

$$A_1 = \frac{\pi}{4} (0.05)^2 = 0.00196 \text{ m}^2$$

หาพื้นที่หน้าตัดที่จุด (2)

$$A_2 = \frac{\pi}{4} (0.1)^2 = 0.00785 \text{ m}^2$$

ก) หาความเร็วของน้ำที่หน้าตัด 2 จากสมการความต่อเนื่อง

$$\begin{aligned} A_1 v_1 &= A_2 v_2 \\ v_2 &= v_1 (A_1 / A_2) \\ &= 8 \times \left(\frac{0.00196}{0.00785} \right) \\ v_2 &= 1.997 \text{ m/s} \end{aligned}$$

ข) อัตราการไหลโดยปริมาตร

$$\begin{aligned} Q &= A_1 v_1 \\ &= 0.00196 \times 8 = 0.0157 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

หรือหาได้จาก

$$\begin{aligned} Q &= A_2 v_2 \\ &= 0.00785 \times 1.997 = 0.0157 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

ค) อัตราการไหลโดยน้ำหนัก

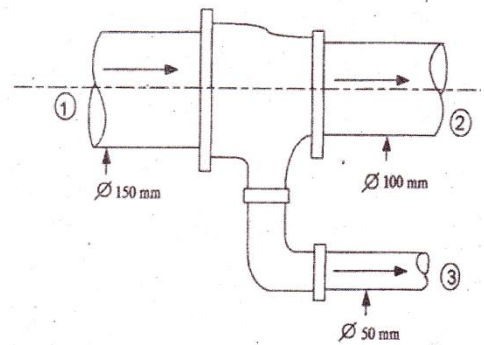
$$\begin{aligned} W &= \gamma \cdot Q \\ &= (9.81 \text{ kN/m}^3) (0.0157 \text{ m}^3/\text{s}) \\ W &= 0.154 \text{ kN/s} \end{aligned}$$

ง) อัตราการไหลโดยมวล

$$\begin{aligned} M &= \rho \cdot Q \\ &= (1,000 \text{ kg/m}^3) (0.0157 \text{ m}^3/\text{s}) \\ M &= 15.7 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 6.4 ท่อแยกดังรูป มีน้ำไหลผ่านเข้าท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 mm ด้วยอัตราการไหล 0.072 m³ และไหลออกท่อแยกสองท่อ ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm ด้วยความเร็ว 12 m/s และท่อซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 mm จงคำนวณหาความเร็วของน้ำที่ไหลออกจากท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 mm



วิธีทำ หาพื้นที่หน้าตัดที่จุด (1)

$$A_1 = \frac{\pi}{4} (0.15)^2$$

หาพื้นที่หน้าตัดที่จุด (2)

$$A_2 = \frac{\pi}{4} (0.1)^2$$

หาพื้นที่หน้าตัดที่จุด (3)

$$A_3 = \frac{\pi}{4} (0.05)^2 = 0.00196 \text{ m}^2$$

จากรูป อัตราการไหลเข้า = อัตราการไหลออก

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 + A_3 v_3$$

หาอัตราการไหลที่จุด (2)

$$Q_2 = A_2 v_2 = (0.00785) v_2$$

หาอัตราการไหลที่จุด (3)

$$Q_3 = A_3 v_3 = 0.00196 \times 12 = 0.02352 \text{ m}^3/\text{s}$$

แทนค่าในสมการ (1)

$$0.072 = (0.00785) v_2 + 0.02352$$

$$v_2 = 6.176 \text{ m/s}$$

ตอบ

6.4 พลังงานในการไหลที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของของไหล ประกอบด้วยพลังงานศักย์ พลังงานจลน์ และพลังงานความดัน

1. พลังงานศักย์ (Potential Energy) พลังงานศักย์ของอนุภาคของของไหล จะขึ้นอยู่กับระดับความสูงที่เปรียบเทียบกับระดับอ้างอิง ดังสมการ

$$PE = w.z$$

2. พลังงานจลน์ (Kinetic Energy) ของไหลด้านหน้า w และเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v จะมีพลังงานจลน์ ดังสมการ

$$KE = w.v^2/2g$$

3. พลังงานความดัน (Pressure Energy) ของไหลที่ไหลแบบคงตัว เมื่อเคลื่อนที่อย่างเนื่องภายใต้ความดัน (P) การเคลื่อนที่ของของไหลนั้นจะมีงานเกิดขึ้น ถ้าของไหลมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ A ถูกกระทำด้วยความดัน P และของไหลเคลื่อนที่ไประยะทางกับ L ดังสมการ

$$FE = p.w/\gamma$$

$$\text{งานจากการไหล (Work)} = p.a.l = pV$$

และ V ปริมาตรของของไหลซึ่งมีความสัมพันธ์กับน้ำหนัก (W) คือ

$$W = \gamma V$$

$$V = w/\gamma$$

$$\text{ดังนั้นงานในการไหล (Work)} = pV = pw/\gamma$$

ผลรวมของพลังงานทั้งสาม (E) จะได้ว่า

$$E = PE + KE + FE$$

$$E = wz + wv^2/2g + pw/\gamma$$

เมื่อคิดพลังงานรวมต่อหน่วยน้ำหนัก (w) จะได้

$$\frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + Z = H \quad \dots\dots\dots(6.6)$$

เมื่อ

H = ผลรวมพลังงานทั้งหมดต่อหน่วยน้ำหนักของไหล (Total Head) (m)

Z = เสดความสูง (Elevation head) จะระดับอ้างอิงคิดต่อหน่วยน้ำหนักของของไหล (m)

$V^2/2g$ = เสดความเร็ว (Velocity head) คิดต่อหน่วยน้ำหนักของของไหล (m)

P/γ = เสดความดัน (Pressure head) คิดต่อหน่วยน้ำหนักของของไหล (m)

หมายเหตุ เสด (head) คือ พลังงานไหลรูปแบบต่าง ๆ ที่แสดงในลักษณะของความสูง (m)

ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู

ขั้นนำ

1. กล่าวทักทายนักศึกษาแล้วนำภาพของวัตถุที่จมอยู่ในของเหลว แล้วอธิบายหลักการทำงาน

ขั้นสอน

1. แจกจุดประสงค์รายวิชา หัวข้อที่จะต้องเรียน การวัดการประเมนผล 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 เพื่อทำแบบฝึกหัดท้ายบท

สื่อการเรียนการสอน

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

การวัดผลและประเมินผล

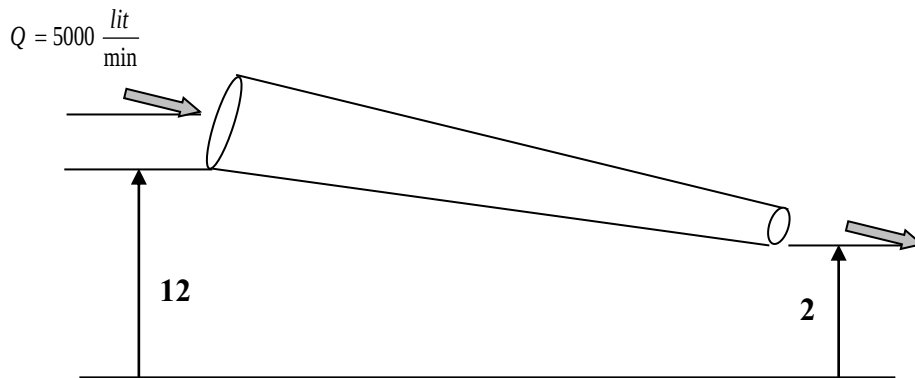
1. สังเกตความสนใจผู้เรียน
2. ความรับผิดชอบต่องานที่มอบหมาย
3. การให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมระหว่างเรียน
4. ให้ทำแบบฝึกหัดท้ายบท

แบบฝึกหัดท้ายบท

1. น้ำไหลในท่อลดขนาดดังรูปพื้นที่ $A_1 = 0.01 \text{ m}^2$ $A_2 = 0.005 \text{ m}^2$ ความดัน $P_1 = 10 \text{ kPa}$ จงคำนวณหาความดัน P_2 โดยไม่คิดความสูญเสีย
2. น้ำไหลในท่อจากจุด A ไปยังจุด B ดังรูป ด้วยอัตราการไหล $0.37 \text{ m}^3/\text{s}$ ถ้าความดันที่จุด A เท่ากับ 66.2 kPa จงคำนวณหาความดันที่จุด B (ไม่คิดการสูญเสียพลังงานจากจุด A ไปยังจุด B)
3. เครื่องสูบ (pump) ดังรูป สูบน้ำมันด้วยอัตรา $0.014 \text{ m}^3/\text{s}$ ถ้าน้ำมันมีความถ่วงจำเพาะ 0.86 เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อดูด 77.9 mm กำหนดให้การสูญเสียพลังงานรวม เนื่องจากการไหล

เฉลยแบบฝึกหัด

1. น้ำไหลในท่อลดขนาดดังรูปพื้นที่ $A_1 = 0.01 \text{ m}^2$ $A_2 = 0.005 \text{ m}^2$ ความดัน $P_1 = 10 \text{ kPa}$ จงคำนวณหาความดัน P_2 โดยไม่คิดความสูญเสีย



จาก
$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + (Z_1 - Z_2) = 0$$

$$Q = 5000 \frac{\text{lit}}{\text{min}} \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lit}} \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0.0833 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$V_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{0.0833}{0.01} = 8.33 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{0.0833}{0.005} = 16.67 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{แทนใน สมการจะได้}$$

$$\frac{(10E3 - P_2)}{9810} + \frac{(8.33^2 - 16.67^2)}{2(9.81)} + (12 - 2) = 0$$

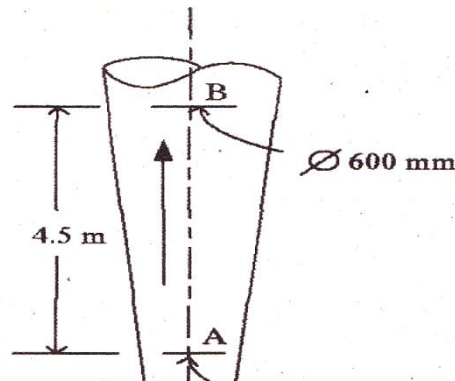
$$\frac{10E3}{9810} - \frac{P}{9810} + \frac{(8.33^2 - 16.67^2)}{2(9.81)} + (12 - 2) = 0$$

$$-\frac{P_2}{9810} = -\frac{10E3}{9810} - \frac{(8.33^2 - 16.67^2)}{2(9.81)} - (12 - 2)$$

$$P_2 = 9810 \left(\frac{10E3}{9810} + \frac{(8.33^2 - 16.67^2)}{2(9.81)} + (12 - 2) \right)$$

$$P_2 = 3850.1 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad \text{ตอบ}$$

2. น้ำไหลในท่อจากจุด A ไปยังจุด B ดังรูป ด้วยอัตราการไหล $0.37 \text{ m}^3/\text{s}$ ถ้าความดันที่จุด A เท่ากับ 66.2 kPa จงคำนวณหาความดันที่จุด B (ไม่คิดการสูญเสียพลังงานจากจุด A ไปยังจุด B)



วิธีทำ พื้นที่หน้าตัดจุด A ; $A_A = \frac{\pi}{4} (0.3)^2 = 0.0707 \text{ m}^2$

พื้นที่หน้าตัดจุด B ; $A_B = \frac{\pi}{4} (0.6)^2 = 0.2827 \text{ m}^2$

หาความเร็วที่จุด A ; $V_A = \frac{Q}{A_A} = \frac{0.37}{0.0707} = 5.233 \text{ m/s}$

ใช้สมการความต่อเนื่องหาความเร็วจุด A

$$V_B = \frac{v_A A_A}{A_B} = \frac{5.233 \times 0.0707}{0.2827}$$

$$V_B = 1.309 \text{ m/s}$$

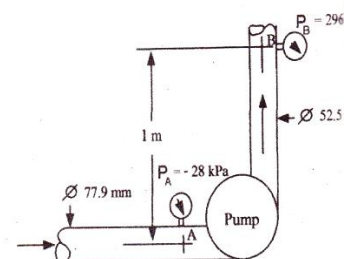
ตอบ

3. เครื่องสูบ (pump) ดังรูป สูบน้ำมันด้วยอัตรา $0.014 \text{ m}^3/\text{s}$ ถ้าน้ำมันมีความถ่วงจำเพาะ 0.86 เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อดูด 77.9 mm กำหนดให้การสูบเสียพลังงานรวม เนื่องจากการไหลเท่ากับ 1.86 m จงคำนวณหา

ก) พลังงานจากเครื่องสูบ

ข) กำลังงานของของไหล เนื่องจากเครื่องสูบ

ค) กำลังงานมอเตอร์ไฟฟ้า เมื่อเครื่องสูบมีประสิทธิภาพ 82%



วิธีทำ พื้นที่หน้าตัดที่จุด A ; $A_A = \frac{\pi}{4} (0.0779)^2 = 4.766 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

พื้นที่หน้าตัดที่จุด B ; $A_B = \frac{\pi}{4} (0.0525)^2 = 2.165 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

น้ำหนักจำเพาะของน้ำมัน ; $\gamma = S. \gamma_{\text{น้ำ}} = 0.86 \times 10^{-3} = 8.44 \text{ kg/m}^3$

หาความเร็วที่จุด A

$$v_A = \frac{Q}{A_A} = \frac{0.014}{4.766 \times 10^{-3}} = 2.94 \text{ m/s}$$

หาความเร็วที่จุด B

$$v_A = \frac{Q}{A_A} = \frac{0.014}{2.165 \times 10^{-3}} = 6.47 \text{ m/s}$$

ก) จากสมการเบอร์นูลลีระหว่างจุด A กับจุด B

$$\begin{aligned} \frac{P_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} + Z_A + h_p &= \frac{P_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + Z_B + \sum h_L \\ \frac{-28}{8.44} + \frac{(2.94)^2}{2 \times 9.81} + 0 + h_p &= \frac{296}{8.44} + \frac{(6.47)^2}{2 \times 9.81} + 1 + 1.86 \\ -3.32 + 0.44 + 0 + h_p &= 35.07 + 2.13 + 1 + 1.86 \\ h_p &= 42.94 \text{ m} \end{aligned}$$

ข) กำลังงานของของไหลเนื่องจากเครื่องสูบล

$$\begin{aligned} P_w &= h_p \cdot \gamma \cdot Q \\ &= 42.94 \text{ m} \times 8.44 \text{ kN/m}^3 \times 0.014 \text{ m}^3/\text{s} \\ P_w &= 5.07 \text{ kN.m/s} = 5.07 \text{ kW} \end{aligned}$$

ค) กำลังงานมอเตอร์ไฟฟ้าเมื่อเครื่องสูบลมีประสิทธิภาพ 82 %

$$\text{ประสิทธิภาพ } 82 \% = 82/100 = 0.82$$

$$\begin{aligned} P &= \frac{h_p \cdot \gamma \cdot Q}{\eta} \\ &= \frac{5.07}{0.82} \end{aligned}$$

$$P = 6.18 \text{ kw}$$

ตอบ

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการเรียนของนักเรียน.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....