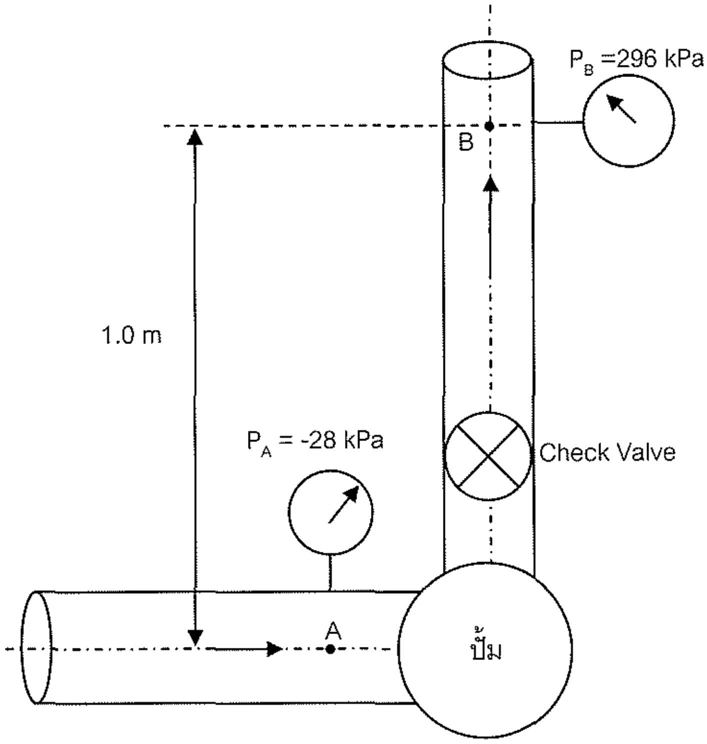
ตัวอย่าง 3.13 จากภาพ น้ำมันที่มีค่าความถ่วงจำเพาะ 0.86 ไหลออกจากปั้มด้วยอัตราการไหล 0.014 m^3/s จงคำนวณหาพลังงานที่ปั้มจะต้องส่งถ่ายให้กับน้ำมันต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักสำหรับทั้งระบบ เมื่อพลังงานความสูญเสียเนื่องจากวาล์วและแรงเสียดทานมีค่าเท่ากับ 1.86 N-m/N กำหนดให้ $A_A = 4.768 \times 10^{-3}\ m^2$ และ $A_B = 2.168 \times 10^{-3}\ m^2$



วิธีทำ

สมการเบอร์นูลลี่ จากจุด A ไปยังจุด B; $\frac{P_A}{\gamma} + z_A + \frac{v_A^2}{2g} + h_A - h_L = \frac{P_B}{\gamma} + z_B + \frac{v_B^2}{2g}$

จะได้ $h_A = \frac{P_B - P_A}{\gamma} + (z_B - z_A) + \frac{v_B^2 - v_A^2}{2g} + h_L$

$$\gamma = S \cdot \gamma_w = 0.86 \times 9.81 \frac{kN}{m^3} = 8.44\ kN/m^3$$

$$\frac{P_B - P_A}{\gamma} = \frac{296 - (-28)\ kPa}{8.44 \frac{kN}{m^3}} = 38.4\ m$$

$$z_B - z_A = 1.0\ m$$

$$Q = Av = A_A v_A = A_B v_B$$

$$v_A = \frac{Q}{A_A} = \frac{0.014\frac{m^3}{s}}{4.768\times10^{-3}\ m^2} = 2.94\ m/s$$

$$v_B = \frac{Q}{A_B} = \frac{0.014\frac{m^3}{s}}{2.168\times10^{-3}\ m^2} = 6.46\,m/s$$

$$\frac{v_B^2 - v_A^2}{2g} = \frac{\left(6.46\frac{m}{s}\right)^2 - \left(2.94\frac{m}{s}\right)^2}{2\times9.81\frac{m}{s^2}} = 1.69\,m$$

$$\therefore h_A = 38.4\,m + 1\ m + 1.69\,m + 1.86\,m = 42.95\,m$$ ตอบ

3.5 **กำลังงานที่ได้จากปั้ม** (Power Required by Pump)

กำลังงานที่ได้รับจากปั้ม คือ อัตราส่วนของพลังงานจากปั้มกับเวลา สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{กำลังงาน} = \frac{\text{Energy}}{\text{Time}} = \frac{\text{Energy}}{\text{Weight}}\times\frac{\text{Weight}}{\text{Time}} = h_A\cdot W = h_A\cdot\gamma\cdot Q = P_A$$

$$\text{ระบบ SI; กำลังม้า } P_A = \frac{h_A\gamma Q}{746} \qquad (3.12)$$

$$\text{ระบบอังกฤษ; กำลังม้า } P_A = \frac{h_A\gamma Q}{550} \qquad (3.13)$$

เมื่อ γ คือ น้ำหนักจำเพาะของของไหล (N/m^3, lb/ft^3)

Q คือ อัตราการไหล (m^3/s, ft^3/s)

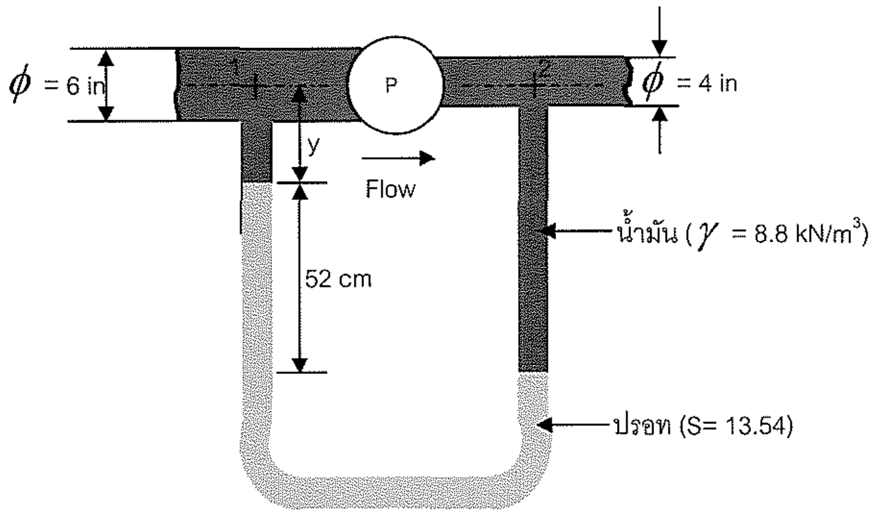
h_A คือ เฮดรวม (m, ft)

1 hp = 746 watt (W) = 550 ft lb/s

1 lb-ft/s = 1.356 watt

ในที่นี้ h_A อาจจะเป็นเฮดใด ๆ ที่ต้องการ เช่น ถ้าต้องการทราบกำลังที่จะได้จากเทอร์ไบน์ h_A จะแทนด้วย h_t หรือถ้าต้องการกำลังจากลำของไหล ค่าของ h_A คือ $\frac{v_j^2}{2g}$ โดยที่ v_j คือความเร็วของลำของไหล หรือถ้าต้องการทราบกำลังที่สูญเสียไปเนื่องจากความฝืด ค่าของ h_A จะเป็น h_L เป็นต้น

ตัวอย่าง 3.14 จากภาพ จงหาประสิทธิภาพของปั้ม ถ้ากำลังงานที่ให้ไปเท่ากับ 2.87 kW เมื่ออัตราการสูบน้ำมัน เท่ากับ 125 m^3/h



วิธีทำ

สมการเบอร์นูลลี่ จากจุด 1 ไปยังจุด 2; $\dfrac{P_1}{\gamma}+z_1+\dfrac{v_1^2}{2g}+h_A=\dfrac{P_2}{\gamma}+z_2+\dfrac{v_2^2}{2g}$

แทนค่า $h_A=\dfrac{P_2-P_1}{\gamma}+\left(z_2-z_1\right)+\dfrac{v_2^2-v_1^2}{2g}$

พิจารณาความดันที่มานอมิเตอร์

$$P_1=-\gamma y-\gamma_m(0.52)+\gamma(0.52)+\gamma y+P_2$$

เมื่อ γ_m คือ น้ำหนักจำเพาะของปรอท

$$P_2-P_1=\gamma_m(0.52)-\gamma(0.52)=\left(13.54\times 9.81\frac{kN}{m^3}\right)-8.8\frac{kN}{m^3}=64.49\,kN/m^2$$

$$\frac{P_2-P_1}{\gamma}=\frac{64.49\dfrac{kN}{m^2}}{9.81\dfrac{kN}{m^3}}=7.3\,m$$

$$z_2-z_1=0$$

$$Q=125\,\frac{m^3}{hr}\times\frac{1}{3{,}600}\,\frac{hr}{s}=0.035\,m^3/s$$

$$v_1=\frac{Q}{A_1}=\frac{0.035\dfrac{m^3}{s}}{\dfrac{\pi}{4}\left(6\,in\times 2.54\dfrac{cm}{in}\times\dfrac{1\,m}{10^2\,cm}\right)^2}=1.92\,m/s$$

$$v_2 = \frac{Q}{A_2} = \frac{0.035\frac{m^3}{s}}{\frac{\pi}{4}\left(4\,in \times 2.54\frac{cm}{in} \times \frac{1m}{10^2\,cm}\right)^2} = 4.32\,m/s$$

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = \frac{\left(4.32\frac{m}{s}\right)^2 - \left(1.92\frac{m}{s}\right)^2}{2 \times 9.81\frac{m}{s^2}} = 0.763\,m$$

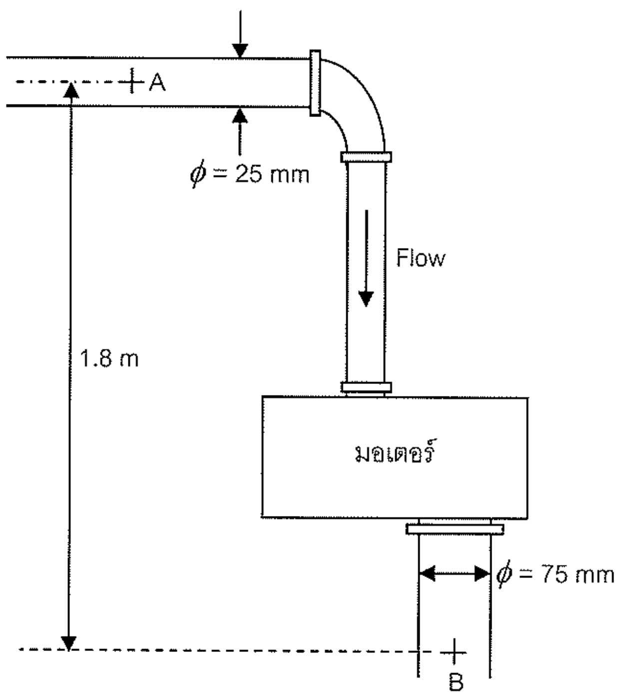
$$\therefore h_A = 7.33\,m + 0 + 0.763\,m = 8.093\,m$$

$$P_A = h_A \gamma Q = (8.093\,m)\left(8.8\frac{kN}{m^3}\right)(0.035) = 2.49\,kW$$

$$\therefore \text{ประสิทธิภาพ; } e_m = \frac{2.49\,kW}{2.87\,kW} \times 100 = 86.76\ \%$$

<u>ตอบ</u>

ตัวอย่าง 3.15 น้ำไหลเข้ามอเตอร์ด้วยอัตราการไหล 115 lit/min ดังภาพ ความดันที่จุด A เท่ากับ 700 kPa และความดันที่จุด B เท่ากับ 125 kPa เมื่อการสูญเสียพลังงานเนื่องจากแรงเสียดทานในท่อเท่ากับ 4.0 N-m/N จงคำนวณหากำลังงานที่น้ำจะให้กับมอเตอร์ และถ้าประสิทธิภาพของมอเตอร์ 85% จงคำนวณหากำลังที่ออกมาจากมอเตอร์



วิธีทำ

$$Q = 115\frac{lit}{min} = 0.115\frac{m^3}{min} \times \frac{1\,min}{60\,s} = 1.92 \times 10^{-3}\ m^3/s$$

สมการเบอร์นูลลี่ จากจากจุด A ไปยังจุด B; $\frac{P_A}{\gamma}+z_A+\frac{v_A^2}{2g}-h_R-h_L=\frac{P_B}{\gamma}+z_B+\frac{v_B^2}{2g}$

จะได้ $h_R=\frac{P_A-P_B}{\gamma}+z_A+\frac{v_A^2-v_B^2}{2g}-h_L$

$$\frac{P_A-P_B}{\gamma}=\frac{(700-125)\ \frac{kN}{m^2}}{9.81\frac{kN}{m^3}}=58.6\,m$$

$$z_A=1.8\,m$$

$$v_A=\frac{Q}{A_A}=\frac{1.96\times10^{-3}\ \frac{m^3}{s}}{\frac{\pi}{4}(0.025\,m)^2}=3.99\,m/s$$

$$v_B=\frac{Q}{A_B}=\frac{1.96\times10^{-3}\ \frac{m^3}{s}}{\frac{\pi}{4}(0.075\,m)^2}=0.44\,m/s$$

$$\frac{v_A^2-v_B^2}{2g}=\frac{\left(3.99\frac{m}{s}\right)^2-\left(0.44\frac{m}{s}\right)^2}{2\times9.81\frac{m}{s^2}}=0.80\,m$$

$$h_L=4\,N\cdot m/N$$

$$\therefore h_R=58.6\,m+1.8\,m+0.80\,m-4\,m=57.2\,m$$

$$P_R=h_R\gamma Q=(57.2\,m)\left(9.81\frac{kN}{m}\right)\left(1.92\times10^{-3}\ \frac{m^3}{s}\right)$$

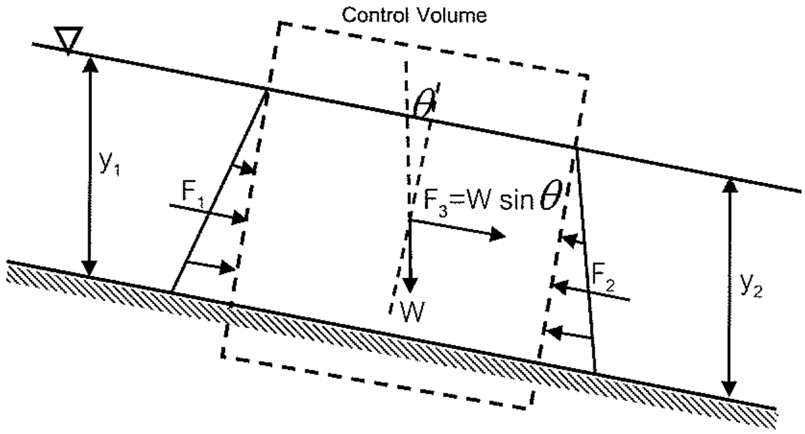
$P_R=1{,}080\,N\cdot m/s=1.08\,kW$ <u>ตอบ</u>

เนื่องจากมอเตอร์มีประสิทธิภาพ = 85%

$\therefore$ กำลังงานที่ออกมา $=\left(\frac{85}{100}\right)(1.08\,kW)=0.92\,kW$ <u>ตอบ</u>

3.6 สมการโมเมนตัมเชิงเส้น (Linear Momentum Equation)

หลักการของโมเมนตัมมีประโยชน์ในการแก้ปัญหาการไหลที่มีแรงกระทำเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งแรงกระทำจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศทางของความเร็วในการไหล การสร้างสมการโมเมนตัมทำได้โดยเริ่มจากกฎข้อที่สองของนิวตัน กล่าวคือ



ภาพที่ 3.6 สมการโมเมนตัมของของไหล

$$\text{จาก } \sum \vec{F} = m\vec{a} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{m\vec{v_2} - m\vec{v_1}}{\Delta t}$$

$$\text{จากภาพที่ 3.6 } \vec{F_1} - \vec{F_2} + \vec{F_3} = \left(\frac{\gamma V}{g}\right)\left(\frac{\vec{v_2} - \vec{v_1}}{\Delta t}\right) = \frac{\gamma Q}{g}\left(\vec{v_2} - \vec{v_1}\right) \rho Q \Delta \vec{v}$$

ดังนั้น สมการทั่วไปของโมเมนตัม คือ

$$\sum \vec{F} = \rho Q \Delta \vec{v} \tag{3.14}$$

$\sum \vec{F}$ จะมีทิศทางเดียวกับ $\vec{v}$ และ $\sum \vec{F}$ นี้เป็นแรงลัพธ์เชิงเวคเตอร์ที่กระทำต่อของไหล ครอบคลุมถึงน้ำหนักของของไหล แรงเฉือน และแรงเนื่องจากความดัน ตลอดจนแรงภายนอกทั้งหลายที่กระทำต่อของไหล จากสมการข้างต้น สามารถเขียนในรูปของปริมาณสเกลาร์ ได้ดังนี้

$$\sum F = \rho Q \Delta v$$

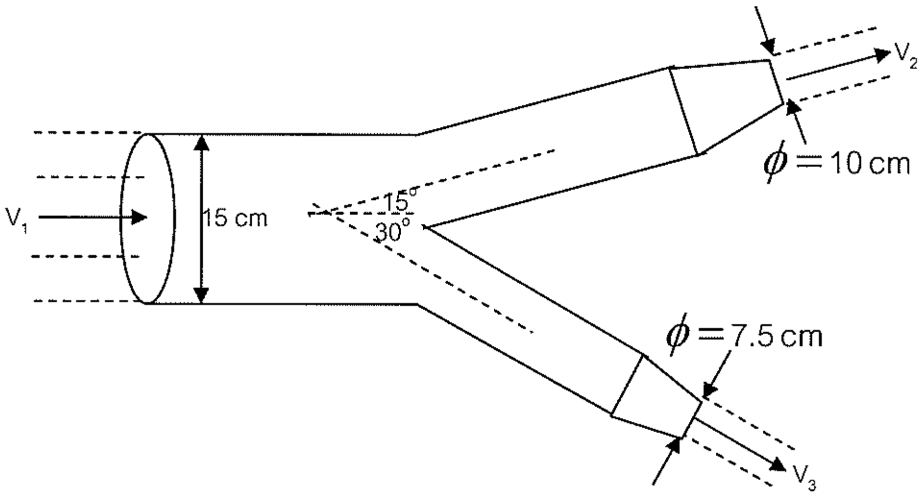
เมื่อ

$$\sum F_x = \rho_2 Q_2 v_{2x} - \rho_1 Q_1 v_{1x} = \rho Q(\Delta v_x)$$

$$\sum F_y = \rho_2 Q_2 v_{2y} - \rho_1 Q_1 v_{1y} = \rho Q(\Delta v_y)$$

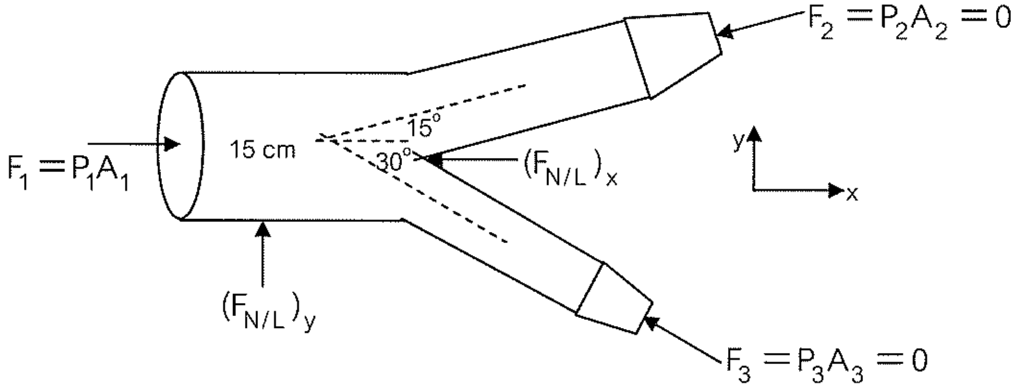
$$\sum F_z = \rho_2 Q_2 v_{2z} - \rho_1 Q_1 v_{1z} = \rho Q(\Delta v_z)$$

ตัวอย่าง 3.16 จงคำนวณหาขนาดและทิศทางของแรงที่น้ำกระทำต่อหัวฉีดคู่ ซึ่งวางอยู่ในแนวระนาบ ดังแสดงในภาพ กำหนดให้ ลำน้ำที่พุ่งออกจากหัวฉีดทั้งคู่มีความเร็ว 12 m/s เท่ากัน และสมมุติว่าไม่มีความฝืดใด ๆ ในระบบ



วิธีทำ

กำหนดให้ $F_{N/L}$ คือแรงที่หัวฉีดกระทำต่อของไหลในปริมาตรควบคุม



จากสมการต่อเนื่อง $Q_1 = Q_2 + Q_3$

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

$$\frac{\pi}{4}(0.15\,\text{m})^2 v_1 = \frac{\pi}{4}(0.10\,\text{m})^2\left(12\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) + \frac{\pi}{4}(0.075\,\text{m})^2\left(12\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

$$v_1 = 8.33\,\text{m/s}$$

$$Q_1 = \left(8.33\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)\left(\frac{\pi}{4}(0.15\,\text{m})^2\right) = 0.147\,\text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = \left(12\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)\left(\frac{\pi}{4}(0.10\,\text{m})^2\right) = 0.094\,\text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_3 = \left(12\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)\left(\frac{\pi}{4}(0.075\,\text{m})^2\right) = 0.053\,\text{m}^3/\text{s}$$

สมการเบอร์นูลลี่ จากจากจุด 1 ไปยังจุด 2; $\frac{P_1}{\gamma}+z_1+\frac{v_1^2}{2g}=\frac{P_2}{\gamma}+z_2+\frac{v_2^2}{2g}$

แทนค่า $$\frac{P_1}{\gamma}+\frac{\left(8.33\frac{m}{s}\right)^2}{2\times 9.81\frac{m}{s^2}}=\frac{\left(12\frac{m}{s}\right)^2}{2\times 9.81\frac{m}{s^2}}$$

$$\frac{P_1}{\gamma}=3.8\,m$$

$$P_1=(3.8\,m)\left(9.81\frac{kN}{m^3}\right)=37.3\,kN/m^2$$

$$F_1=P_1A_1=656\,N$$

จากสมการโมเมนตัมในแนวแกน x

$$F_1-F_{(N/L)_x}=\left(\rho Q_2v_{2x}+\rho Q_3v_{3x}\right)-\rho Q_1v_{1x}$$

$$v_{2x}=v_2\cos 15^o=\left(12\frac{m}{s}\right)\cos 15^o=11.7\,m/s$$

$$v_{3x}=v_3\cos 30^o=\left(12\frac{m}{s}\right)\cos 30^o=10.4\,m/s$$

$$v_{1x}=v_1=8.33\,m/s$$

จะได้

$$656\,N-F_{(N/L)_x}=\left[\left(10^3\frac{kg}{m^3}\right)\left(0.094\frac{m^3}{s}\right)\left(11.7\frac{m}{s}\right)\right]+\left[\left(10^3\frac{kg}{m^3}\right)\left(0.053\frac{m^3}{s}\right)\left(10.4\frac{m}{s}\right)\right]-\left[\left(10^3\frac{kg}{m^3}\right)\left(0.147\frac{m^3}{s}\right)\left(8.33\frac{m}{s}\right)\right]$$

$$F_{(N/L)_x}=656\,N-427\,N=229\,N\leftarrow$$

จากสมการโมเมนตัมในแนวแกน y

$$F_{(N/L)_y}=\left(\rho Q_2v_{2y}+\rho Q_3v_{3y}\right)-\rho Q_1v_{1y}$$

$$v_{2y}=v_2\sin 15^o=\left(12\frac{m}{s}\right)\sin 15^o=3.1\,m/s$$

$$v_{3y}=-v_3\sin 30^o=-\left(12\frac{m}{s}\right)\sin 30^o=-6\,m/s$$

$$v_{1y}=0$$

จะได้

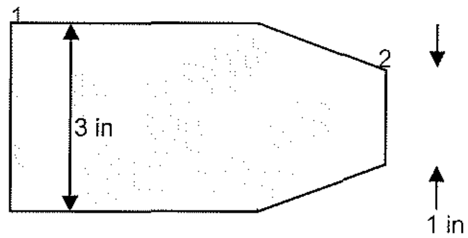
$$F_{(N/L)_y} = \left[\left(10^3\ \frac{kg}{m^3}\right)\left(0.094\frac{m^3}{s}\right)\left(3.1\frac{m}{s}\right)\right] + \left[\left(10^3\ \frac{kg}{m^3}\right)\left(0.053\frac{m^3}{s}\right)\left(-60\frac{m}{s}\right)\right] - 0$$

$$F_{(N/L)_y} = -26.6\,N = 26.6\,N\downarrow$$

แรงที่น้ำกระทำต่อหัวฉีดมีขนาดเท่ากับ แรงที่หัวฉีดกระทำต่อปริมาตรควบคุมของน้ำ แต่มีทิศทางตรงกันข้าม หรือ $F_{(L/N)} = -F_{(N/L)}$ นั่นคือ

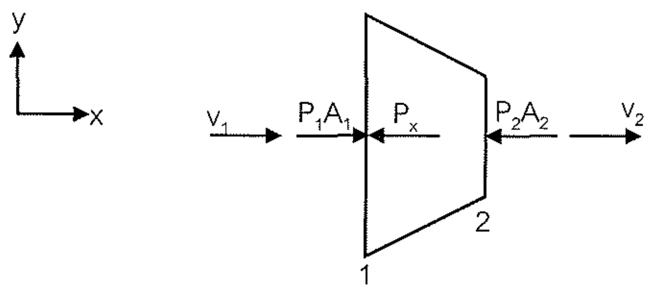
$F_{(L/N)_x} = 229\,N \rightarrow$ และ $F_{(L/N)_y} = 26.6\,N\uparrow$ <u>ตอบ</u>

ตัวอย่าง 3.17 จงคำนวณหาแรงที่หัวฉีดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 in กระทำต่อท่อขนาด 3 in ที่ติดตั้งอยู่ในแนวระดับดังแสดงในภาพ กำหนดให้ ของไหลในท่อคือน้ำมัน ที่มีความถ่วงจำเพาะ 0.85 และความดันที่จุดที่ 1 มีค่า 6.9×10^5 Pa และไม่คิดค่าความสูญเสียใด ๆ



วิธีทำ

กำหนดให้ P_x คือ แรงที่หัวฉีดกระทำต่อท่อ



สมการเบอร์นูลลี่ จากจากจุด 1 ไปยังจุด 2; $\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$

แทนค่า $\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{v_2^2}{2g}$ (1)

จากสมการต่อเนื่อง $Q = A_1 v_1 = A_2 v_2$

$$A_1 = \frac{\pi}{4}\left(3\,\text{in}\times 0.0254\frac{\text{m}}{\text{in}}\right)^2 = 4.56\times 10^{-3}\,\text{m}^2$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4}\left(1\,\text{in}\times 0.0254\frac{\text{m}}{\text{in}}\right)^2 = 4.42\times 10^{-3}\,\text{m}^2$$

$$v_1 = \frac{A_2 v_2}{A_1} = \frac{\left(\frac{\pi}{4}(1\,\text{in})^2\right)v_2}{\left(\frac{\pi}{4}(3\,\text{in})^2\right)} = \frac{v_2}{9}$$

แทนค่า $v_1 = \frac{v_2}{9}$ ในสมการที่ (1)

$$\frac{6.9\times 10^5\,\frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{9.81\frac{\text{kN}}{\text{m}^3}} + \frac{\left(\frac{v_2}{9}\right)^2}{2\times 9.81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{v_2^2}{2\times 9.81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$v_2 = 37.4\,\text{m/s}$$

$$v_1 = 4.16\,\text{m/s}$$

ดังนั้น $Q = Av = \left(4.56\times 10^{-3}\,\text{m}^2\right)\left(4.16\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) = 0.019\,\text{m}^3/\text{s}$

จากสมการโมเมนตัมในแนวแกน x

$$P_1A_1 - P_2A_2 - P_x = (\rho Q v_{2x}) - (\rho Q v_{1x}) = \rho Q(v_{2x} - v_{1x})$$

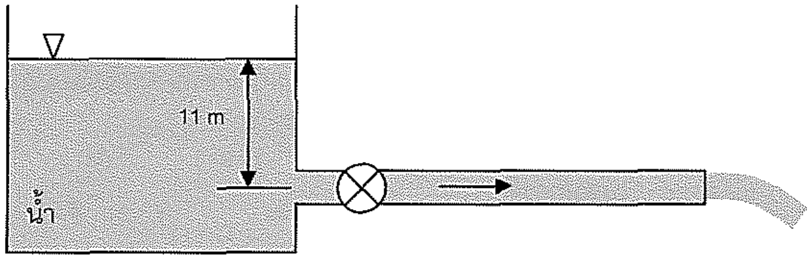
แทนค่า

$$\left(6.9\times 10^5\,\frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right)\left(4.56\times 10^{-3}\,\text{m}^2\right) - P_x = \left(0.85\times 10^3\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)\left(0.019\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)\left(37.4 - 4.16\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

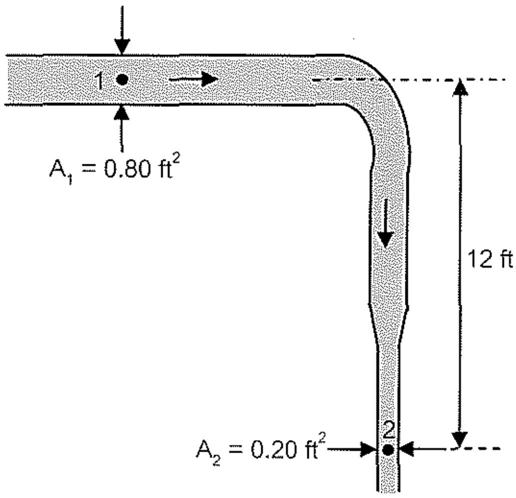
$$P_x = 2.61\,\text{kN}$$ <u>ตอบ</u>

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3

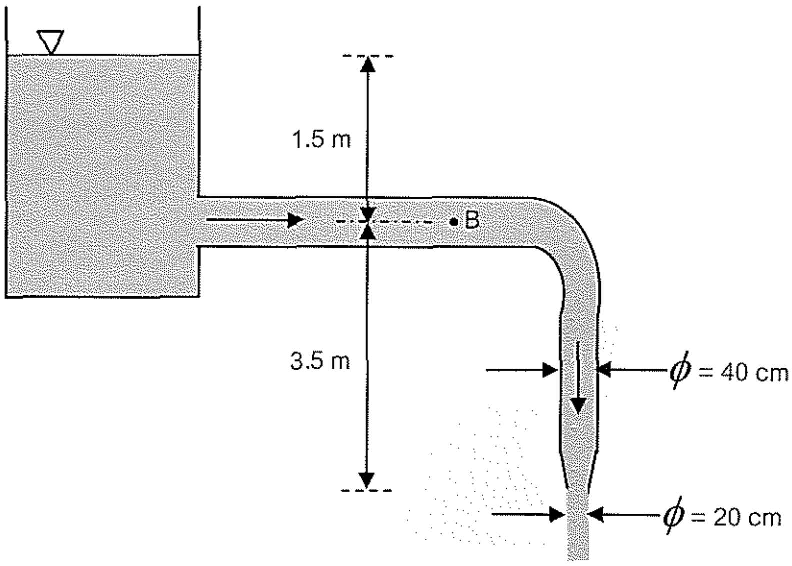
1. จากภาพ เมื่อระบบนี้มีการสูญเสียพลังงาน $h_L = \dfrac{10v^2}{2g}$ เมื่อ v คือ ความเร็วของของไหลในท่อ ท่อมีพื้นที่หน้าตัด 5 cm^2 และระดับน้ำเหนือแนวท่อคือ 11 m จงคำนวณหาอัตราการไหลที่ออกจากท่อ



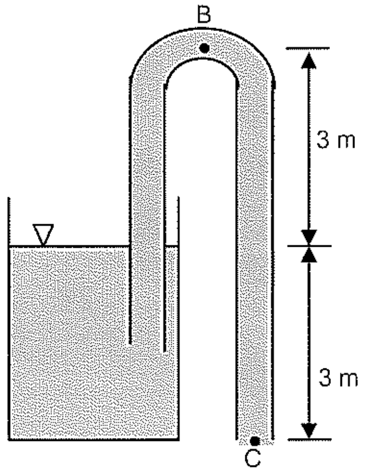
2. แกสโซรีนที่มีความถ่วงจำเพาะ 0.8 ไหลในระบบท่อดังภาพ ด้วยอัตราการไหล 5 cfs จงคำนวณหาความดันที่หน้าตัด 2 เมื่อความดันเกจที่หน้าตัด 1 เท่ากับ 10 psi และการสูญเสียพลังงานเท่ากับ 4 ft



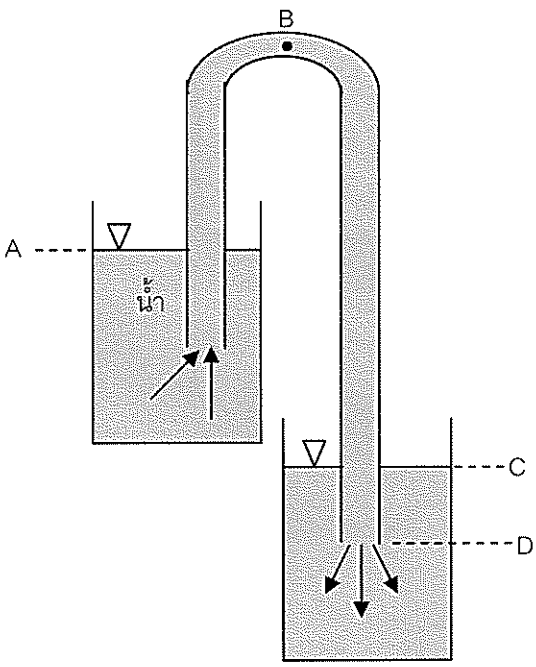
3. จงคำนวณหาอัตราการไหลและความดันที่จุด B เมื่อไม่คิดการสูญเสียพลังงาน



4. ระบบกาลักน้ำ มีอัตราการไหล 2.80 cfs ในท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 in จงคำนวณหาการสูญเสียพลังงานตั้งแต่ผิวอ่างเก็บน้ำจนถึงจุด C และคำนวณหาความดันที่จุด B ถ้า 2 ใน 3 ของการสูญเสียพลังงานทั้งหมดเกิดขึ้นจากผิวอ่างเก็บน้ำจนถึงจุด B

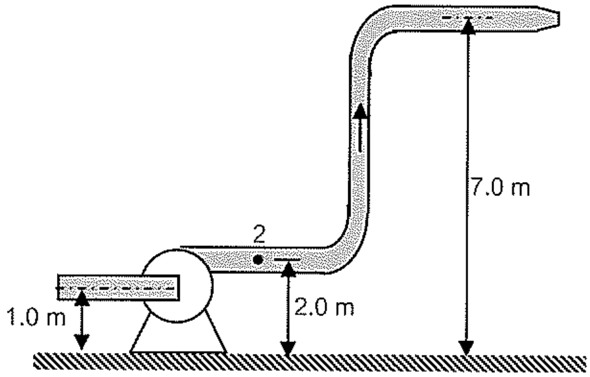


5. ระบบกาลักน้ำ ค่าระดับของ A B C และ D คือ 30 m 32 m 27 m และ 16 m ตามลำดับ การสูญเสียพลังงานตั้งแต่จุดทางเข้าจนถึงจุด B คือ $\frac{3}{4}\left(\frac{v^2}{2g}\right)$ และการสูญเสียพลังงานตั้งแต่จุด B จนถึงจุดทางออก คือ $\frac{1}{4}\left(\frac{v^2}{2g}\right)$ จงคำนวณหาอัตราการไหลและความดันที่จุด B เมื่อท่อมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 cm

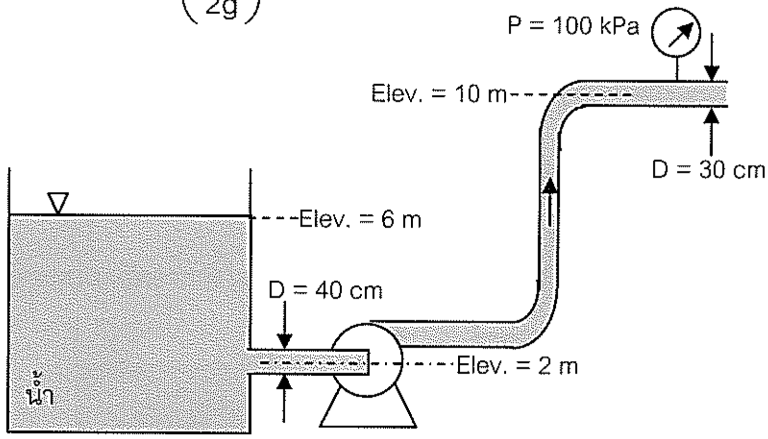


6. จากภาพในข้อ 5 เมื่อจุด B อยู่เหนือพื้นอ่างเก็บน้ำตัวบน 10 m การสูญเสียพลังงานตั้งแต่จุด A ถึงจุด B คือ $2\left(\frac{v^2}{2g}\right)$ และท่อมีพื้นที่หน้าตัด 10^{-4} m^2 เมื่ออัตราการไหลเท่ากับ 7×10^{-4} m^3/s ความดันที่จุด B เท่ากับ 1.23 kPa และความดันบรรยากาศ เท่ากับ 100 kPa จงคำนวณความลึกของอ่างเก็บน้ำตัวบน

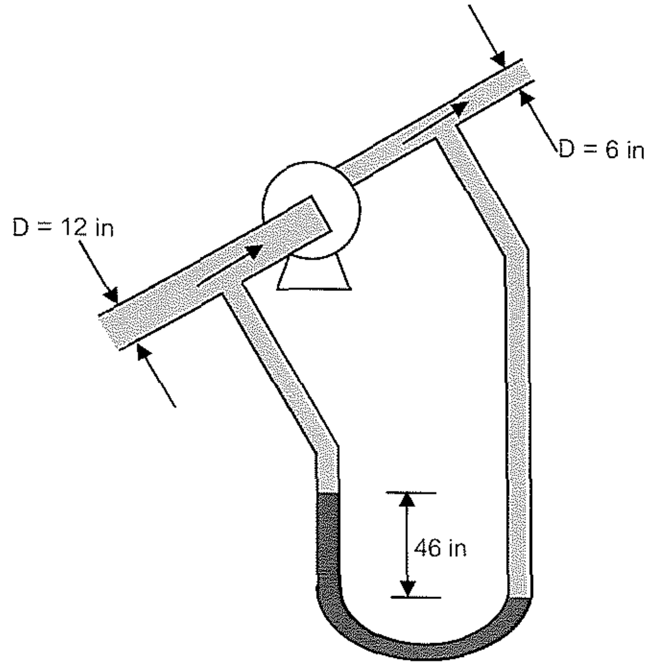
7. จากภาพ อัตราการไหลของน้ำ 0.20 m^3/s ท่อมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 cm หัวฉีดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 cm เมื่อไม่คิดการสูญเสียพลังงาน จงคำนวณหาเฮดความดันที่จุด 2



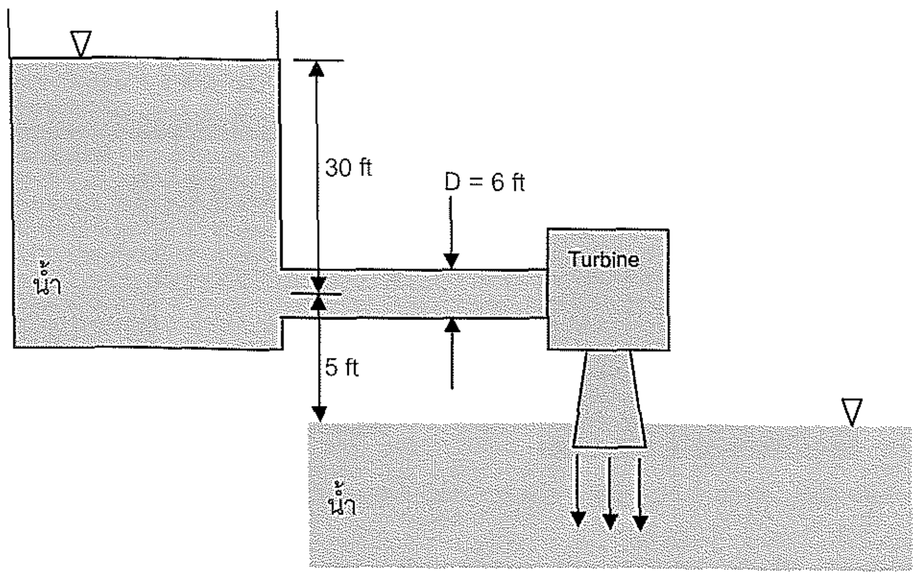
8. น้ำไหลจากอ่างเก็บน้ำเข้าสู่ระบบปั้มดังภาพ ด้วยอัตราการไหล 0.25 m^3/s และมีการสูญเสียพลังงานเท่ากับ $2\left(\frac{v^2}{2g}\right)$ จงคำนวณหากำลังที่เกิดจากปั้ม



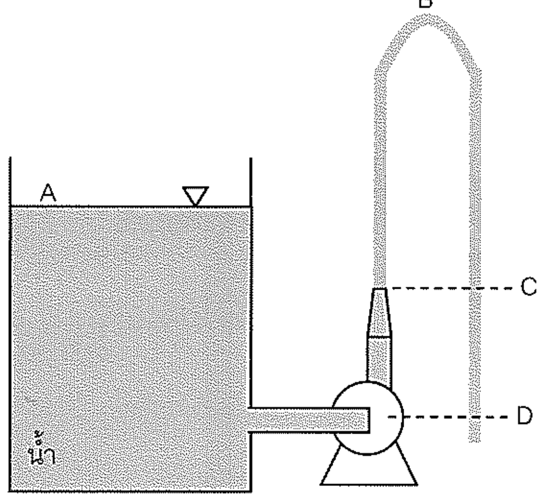
9. จากภาพ เมื่ออัตราการสูบน้ำมัน (S = 0.88) เท่ากับ 5 cfs จงคำนวณหากำลังม้าที่ปั๊มจะต้องส่งให้ ถ้าความแตกต่างของมานอมิเตอร์แบบปรอทอ่านค่าได้ 46 in



10. ถ้าอัตราการไหลเท่ากับ 250 cfs จงคำนวณหากำลังงานที่ได้จากเทอร์ไบร์ เมื่อเทอร์ไบร์มีประสิทธิภาพ 80% และการสูญเสียพลังงานทั้งหมดเท่ากับ $1.5\left(\frac{V^2}{2g}\right)$

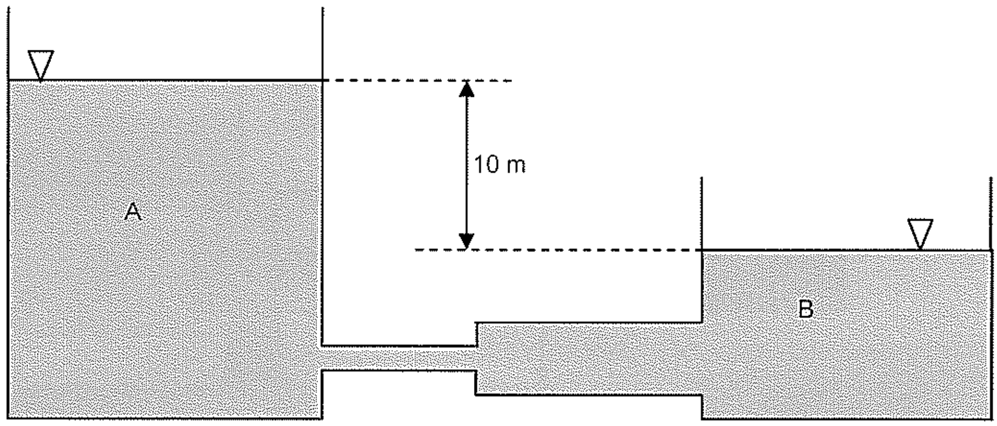


11. เมื่อไม่คิดการสูญเสียพลังงาน จงคำนวณหากำลังงานที่ปั้มจะต้องส่งให้น้ำไหลขึ้นดังภาพ กำหนดให้จุด A B C และ D มีค่าระดับความสูง 40 m 65 m 35 m และ 30 m ตามลำดับ และหัวฉีดมีพื้นที่หน้าตัดการไหล 30 cm^2

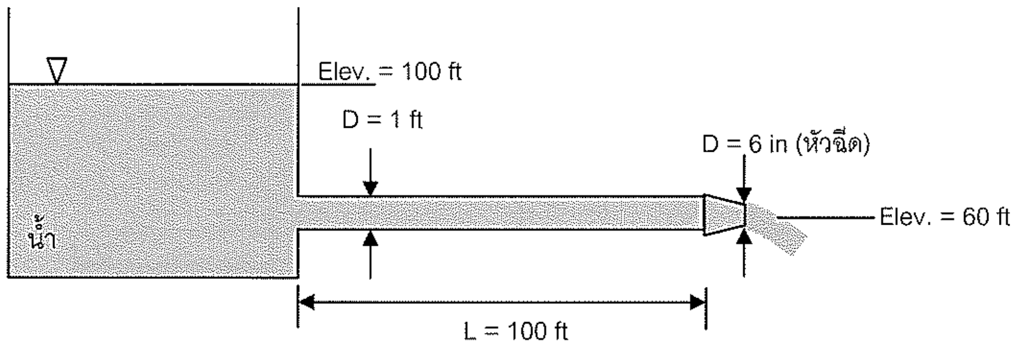


12. จากภาพข้อ 11 เมื่อไม่คิดการสูญเสียพลังงาน จงคำนวณหากำลังงานที่ปั้มจะต้องส่งให้น้ำไหลขึ้นดังภาพ กำหนดให้จุด A B C และ D มีค่าระดับความสูง 110 ft 200 ft 110 ft และ 90 ft ตามลำดับ และหัวฉีดมีพื้นที่หน้าตัดการไหล 0.10 ft^2

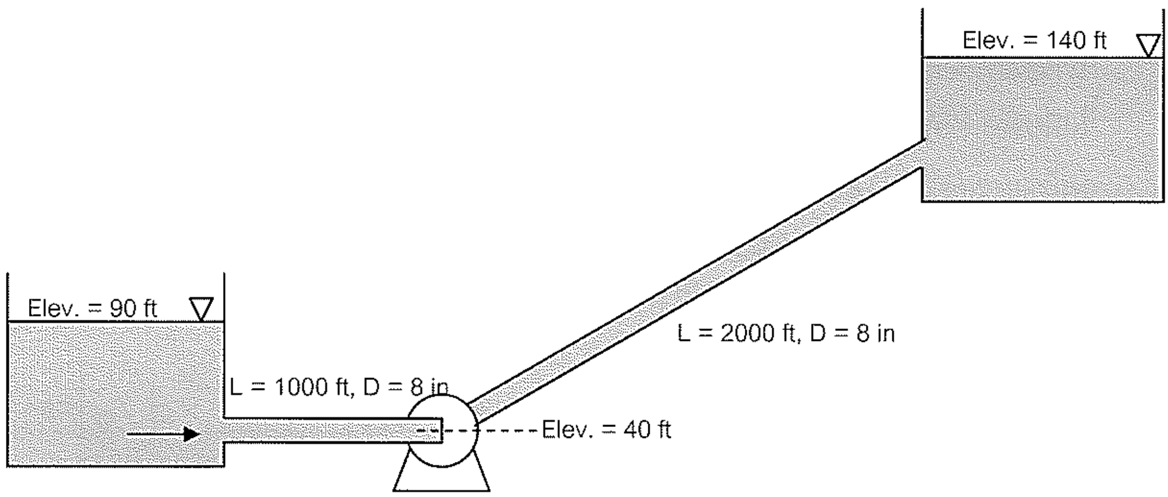
13. จากภาพ ถังน้ำ A และ B ถูกเชื่อมติดกันด้วยท่อที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัด 10 cm^2 และ 20 cm^2 เมื่อระดับน้ำของทั้งสองถังนี้ต่างกัน 10 m จงคำนวณหาอัตราการไหลระหว่างถังน้ำทั้งสองถังนี้ กำหนดให้ การสูญเสียพลังงานเกิดจากการขยายขนาดท่ออย่างทันทีและการไหลเข้าถัง B



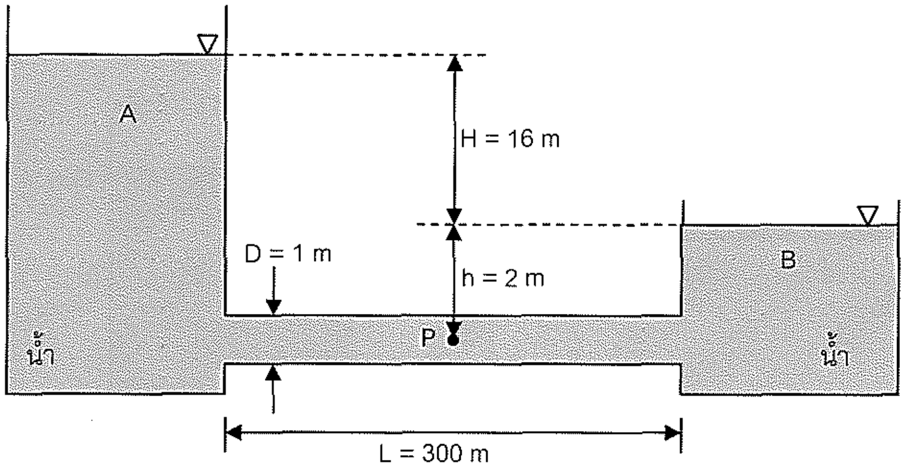
14. น้ำจากอ่างเก็บน้ำไหลผ่านท่อดังภาพ จงคำนวณหาอัตราการไหล กำหนดให้ ระบบมีการสูญเสียพลังงาน $h_L = 0.02(L/D)v^2/2g$ เมื่อ v คือ ความเร็วเฉลี่ยของการไหล



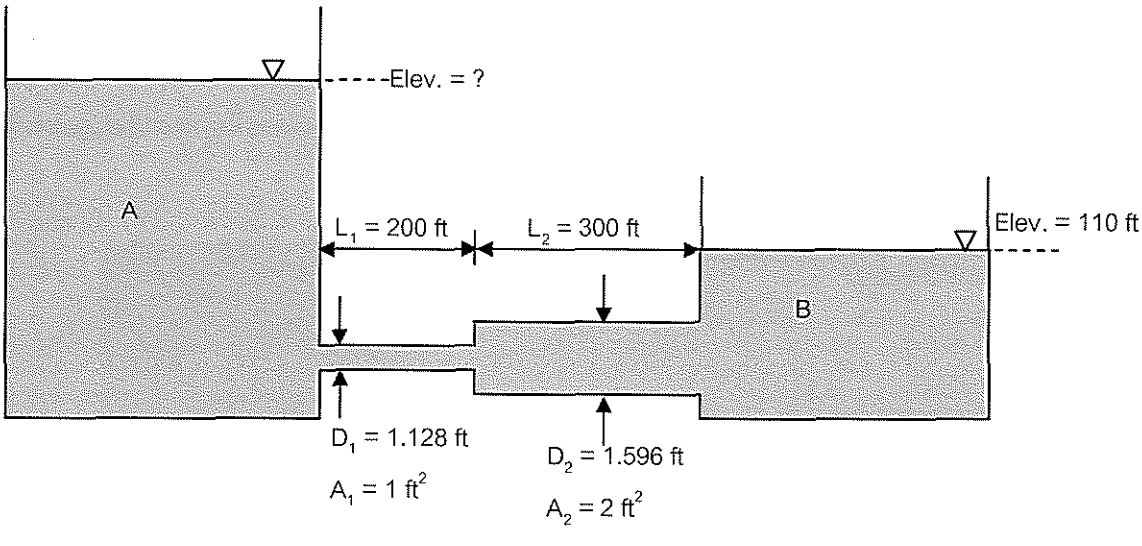
15. จงคำนวณหากำลังม้าจากปั้มที่จะต้องใช้เพื่อสูบน้ำด้วยอัตรา 2.5 cfs กำหนดให้ ระบบมีการสูญเสียพลังงาน $h_L = 0.015(L/D)v^2/2g$ เมื่อ v คือ ความเร็วเฉลี่ยของการไหล



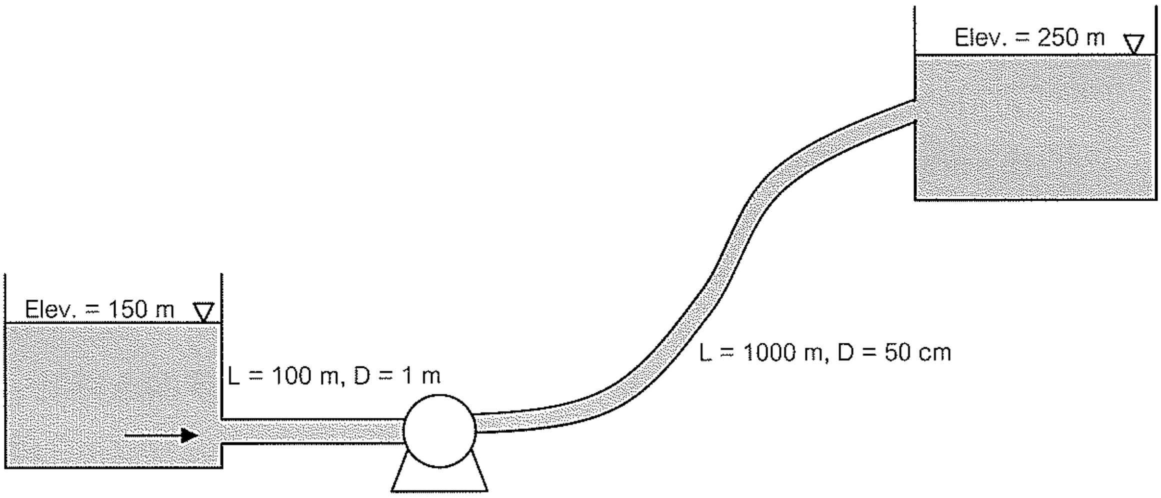
16. น้ำไหลจากถังน้ำ A ไปยังถังน้ำ B จงคำนวณหาอัตราการไหล และความดันที่จุด P ซึ่งอยู่ระหว่างกึ่งกลางทั้งสองถังน้ำ กำหนดให้ ระบบมีการสูญเสียพลังงาน $h_L = 0.01(L/D)v^2/2g$ เมื่อ v คือ ความเร็วเฉลี่ยของการไหล



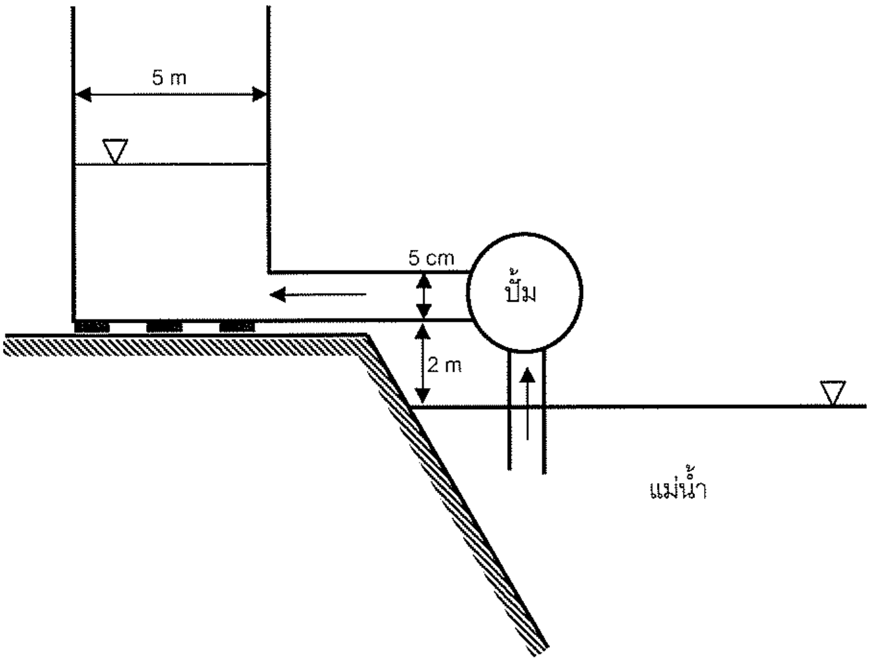
17. น้ำไหลจากถังน้ำ A ไปยังถังน้ำ B ด้วยอัตราการไหล 16 cfs จงคำนวณหาค่าระดับของผิวน้ำของถัง A กำหนดให้ ระบบมีการสูญเสียพลังงาน $h_L = 0.02(L/D)v^2/2g$ เมื่อ v คือความเร็วเฉลี่ยของการไหล ซึ่งสมการนี้ใช้ได้กับท่อทั้งสองแบบในระบบ



18. จงคำนวณหากำลังม้าจากปั้มที่จะต้องใช้เพื่อสูบน้ำด้วยอัตรา 2 m^3/s กำหนดให้ ระบบมีการสูญเสียพลังงาน $h_L = 0.018(L/D)v^2/2g$ เมื่อ v คือความเร็วเฉลี่ยของการไหล ซึ่งสมการนี้ใช้ได้กับท่อทั้งสองแบบในระบบ และประสิทธิภาพของปั้มคือ 74%



19. ปั้มน้ำถูกนำมาสูบน้ำเพื่อเติมน้ำในถังขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 m จากแม่น้ำ ดังภาพ ผิวน้ำในแม่น้ำอยู่ต่ำลงมาจากตลิ่งที่วางถังน้ำ 2 m เมื่อท่อที่สูบน้ำมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 cm และมีการสูญเสียพลังงาน $h_L = 10v^2/2g$ เมื่อ v คือความเร็วเฉลี่ยของการไหล กำหนดให้ พลังงานที่ได้จากปั้มมีความผันแปรตามอัตราการไหล คือ $h_p = 20 - 5\times10^4 Q^2$ เมื่อ Q คือ อัตราการไหลที่มีหน่วย m^3/s และ h_p มีหน่วย m จงคำนวนหาว่าจะต้องใช้เวลานานเท่าไรในการเติมน้ำในถังให้ได้สูง 10 m



20. กำหนดให้ การสูญเสียพลังงาน $h_L = 0.014(L/D)v^2/2g$ เมื่อ D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ และ L คือ ความยาวท่อ

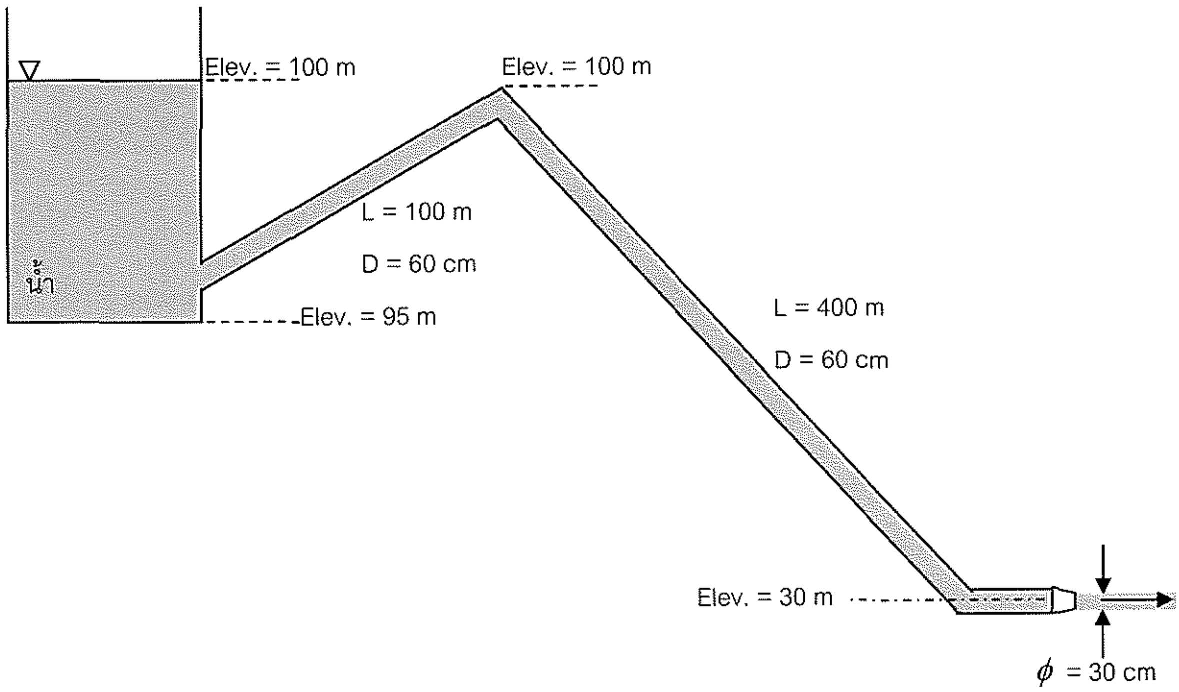
(ก) จงหาอัตราการไหล

(ข) จงวาดเส้น HGL และ EGL ของทั้งระบบนี้

(ค) จงหาตำแหน่งที่เกิดความดันสูงสุด

(ง) จงหาตำแหน่งที่เกิดความดันต่ำสุด

(จ) จงคำนวณหาความดันสูงสุดและความดันต่ำสุดที่เกิดขึ้นในระบบนี้



บทที่ 4
การวิเคราะห์มิติและความคล้ายคลึง

ในการศึกษาเพียวทางทฤษฎีเพื่อวิเคราะห์ปัญหาทางด้านกลศาสตร์ของไหลนั้นอาจจะเป็นเรื่องที่ยาก และต้องมีค่าใช้จ่ายเพื่อทำการทดลองที่สูง อีกทั้งยังคงต้องทำการทดลองซ้ำ ๆ หลายครั้ง มีผลให้ต้องใช้เวลาที่นานมาก เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวนี้สามารถกระทำได้โดยการนำทฤษฎีของการวิเคราะห์มิติ (Dimension Analysis) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวแปรว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไรบ้าง นอกจากนี้ การนำกฎของความคล้ายคลึงกัน (The Law of Similitude or Similarity) มาใช้ในการทดลองและการวิเคราะห์มิติจะมีประโยชน์อย่างยิ่ง ดังนั้น จึงสามารถกล่าวได้ว่าการวิเคราะห์มิติและความคล้ายคลึงกันมีความสำคัญอย่างยิ่ง

ในการศึกษาและดำเนินการทดลอง หากนำกฎของความคล้ายคลึงกันมาใช้จะมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้นแบบกับหุ่นจำลอง (Physical model) จะต้องมีลักษณะที่มีความคล้ายคลึงกันให้มากที่สุด โดยในการทดลองมักจะย่อส่วนต้นแบบลงมาให้มีขนาดเล็กลง และหากในการทดลองใช้กฎของความคล้ายคลึงกันร่วมกับการวิเคราะห์มิติจะทำให้ในการทดลองมีความสะดวกในการเลือกของไหลที่จะใช้ในการทดลอง เช่น ใช้น้ำในการทดลองแทนการใช้น้ำมันในต้นแบบ ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการทดลองได้เป็นอย่างดี

ความคล้ายคลึงกันของหุ่นจำลองกับต้นแบบ มีอยู่ด้วยกัน 3 ประเภท ดังนี้

1. ความคล้ายคลึงเชิงเรขาคณิต (Geometric similarity)
2. ความคล้ายคลึงเชิงจลน์ (Kinematics similarity)
3. ความคล้ายคลึงเชิงพลวัต (Dynamic similarity)

4.1 ความคล้ายคลึงเชิงเรขาคณิต (Geometric similarity)

ในเบื้องต้น หุ่นจำลองจะต้องมีความคล้ายคลึงกับต้นแบบในเชิงเรขาคณิต โดยขนาดของหุ่นจำลองและต้นแบบจะแตกต่างกัน ทั้งนี้ อัตราส่วนขนาดของหุ่นจำลองกับต้นแบบในทุก ๆ ส่วนจะมีค่าเท่ากับ

กำหนดให้ ℓ_p คือ ความของด้านใด ๆ ที่พิจารณาของต้นแบบ

ℓ_m คือ ความยาวของด้านใด ๆ ที่พิจารณาของหุ่นจำลอง

$\ell_r = \ell_p / \ell_m$ คือ สัดส่วนความยาว (Length ratio)

ถ้าหุ่นจำลองมีความคล้ายคลึงเชิงเรขาคณิตกับต้นแบบแล้ว พื้นที่จะแปรผันตาม ℓ_r^2 และปริมาตรจะแปรผันตาม ℓ_r^3