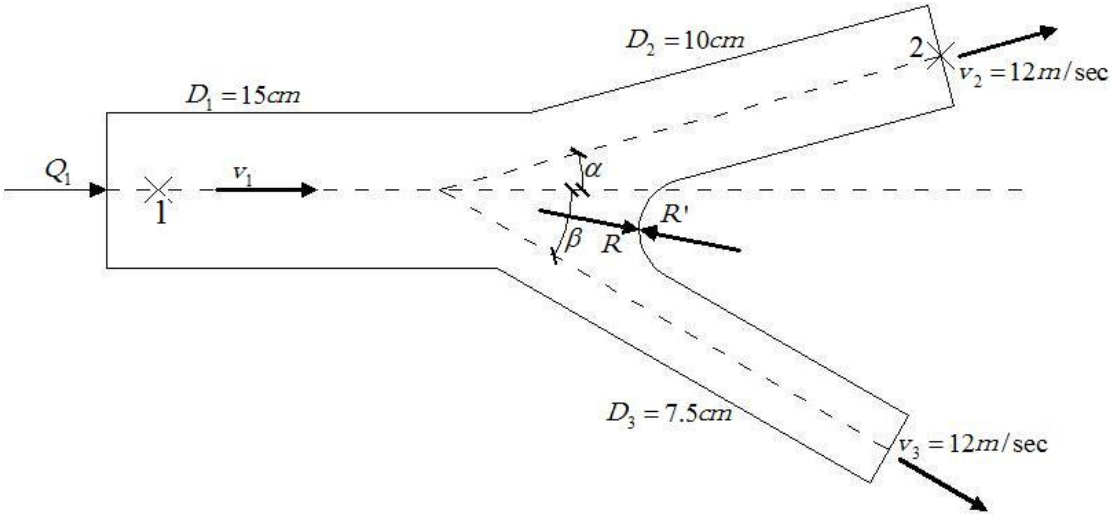
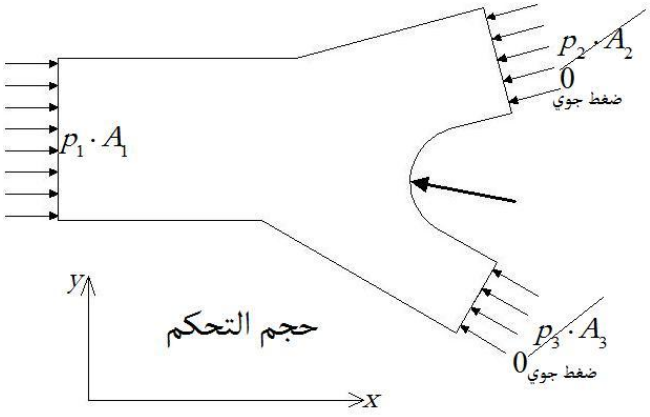
المحاضرة الحادية عشرة + التعويضية

المهندسة : فداء عنتور **المادة : هيدروليك**

مسألة خارجية

$\beta = 30^o$ ، $\alpha = 15^o$ ، $R = ?$





و المطلوب حساب تأثير السائل على جدران الأنبوب

الحل :

نسقط معادلة كمية الحركة على المحور x ثم على المحور y انطلاق من مجموع القوى المؤثرة على السائل تساوي كمية الحركة للسائل الخارج ناقص كمية الحركة للسائل الداخل

على المحور X

$$\boxed{-R'_x + p_1 \cdot A_1 = \rho \cdot Q_2 \cdot v_2 \cdot \cos\alpha + \rho \cdot Q_3 \cdot v_3 \cdot \cos\beta - \rho \cdot Q_1 \cdot v_1} \quad .....(1)$$

على المحور y

$$\boxed{R'_y = \rho \cdot Q_2 \cdot v_2 \cdot \sin\alpha + \rho \cdot Q_3 \cdot (-v_3 \cdot \sin\beta) - \rho \cdot Q_1 \cdot v_1} \quad .....(2)$$

لدينا

$$A_1 = \frac{\pi \times 0.5^2}{4} = 0.0716m^2$$

$$A_2 = \frac{\pi \times 0.1^2}{4} = 0.0078m^2 \Rightarrow Q_2 = v_2 \times A_2 = 0.094m^3/\sec$$

$$A_3 = \frac{\pi \times 0.75^2}{4} = 0.0044m^2 \Rightarrow Q_3 = v_3 \times A_3 = 0.053m^3/\sec$$

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 = 0.147m^3/\sec$$

$$v_1 = \frac{Q_1}{A_1} = 8.334m/\sec$$

نطبق معادلة بيرنولي بين 1 و 2

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2$$

$Z_1 = Z_2 = 0$ الوصلة أفقية

$\frac{p_2}{\gamma} = 0$ ضغط جوي

و منه $p_1 = 37272pa$

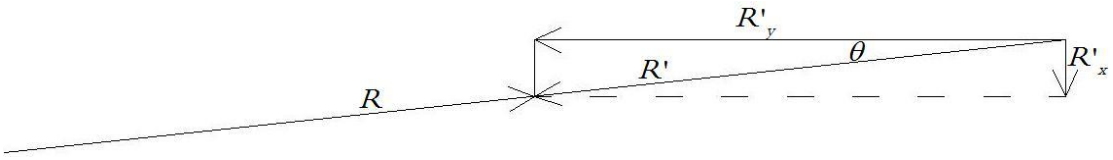
نعوض في المعادلتين 1 و 2

$$R'_x = 242.687N$$

$$R'_y = -25.43N$$

$$R' = \sqrt{R'^2_x + R'^2_y} = 244.016N$$

$$\tan\theta = \frac{R'_y}{R'_x} \Rightarrow \theta = 5.98^o$$ ذ



مسألة رقم 14 صفحة 370

يخرج تيار هوائي من فتحة قطرها 2in ليصطدم بشك مماسي بريشة منحنية ملساء ، كما في الشكل . و قد وضع مانومتر مملوء بالماء بشكل موجه لحزمة التيار فانحرف الماء فيه 7in .

احسب مقدار القوة التي يؤثر بها التيار على الريشة

الحل :

$d = 2in = 5.08cm$ ، $h = 7in = 17.78cm$

$$v_1 = v_2$$

$$R = R'$$

على المحور x

$$R'_x = \rho \cdot Q \cdot (-v_2 \cos 30 - v_1)$$

على المحور y

$$R'_y = \rho \cdot Q \cdot (-v_2 \sin 30 - 0)$$

$$p_A = p_{atm} + \gamma \cdot h$$

$$p_B = \frac{1}{2} \cdot \rho_{air} \cdot v_1^2$$

$$p_A = p_B$$

$$\Rightarrow \gamma \cdot h = \frac{1}{2} \cdot \rho_{air} \cdot v_1^2$$

بالتعويض نجد $v_1 = 52.83 m/\sec$

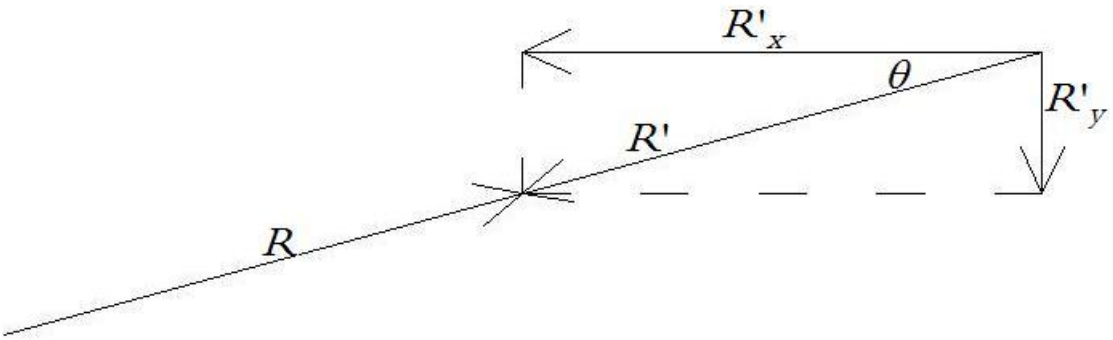
$$Q = 52.83 \times \pi \times \frac{0.0508^2}{4} = 0.107 m^3/\sec$$

$$R'_x = 13.18N$$

$$R'_y = 3.58N$$

$$R' = \sqrt{R'^2_x + R'^2_y} = 13.64N$$

$$\theta = 14.99^o$$



الجريان في الأنابيب

$$h_f = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

حيث λ معامل الاحتكاك

$R_e = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$ عدد رينولز ويثمل قوى العطالة على قوى اللزوجة (ليس له واحدة)

- إذا كانت قيمة $R_e < 2320$ (أي الجريان صفحي) فإن λ تعطى بالعلاقة $\lambda = \frac{64}{R_e}$
- علاقة بلاسيوس

  إذا كانت $R_e < 10^5$ فإن $\lambda = \frac{0.316}{R_e^{0.25}}$
- علاقة بوركا

  إذا كانت $R_e > 10^5$ فإن $\lambda = \frac{0.21}{R_e^{0.21}}$

العلاقات السابقة موجودة في الكتاب صفحة 471 بالإضافة إلى علاقات أخرى
أنظر مخطط مودي لحساب معامل الأحتكاك في الأنابيب صفحة 474 و هو هام جدا لحل المسائل .

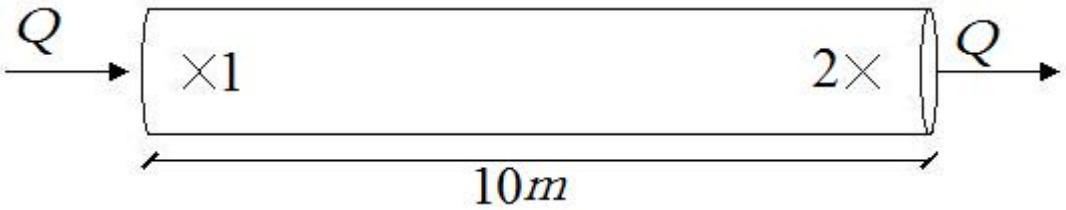
المسألة الثانية صفحة 540

يجري الماء في أنبوب أفقي طوله $L=10m$ و قطره $D=100mm$ بغزارة مقدارها $Q=285m^3/h$. احسب قيمة هبوط الضغط بين بدايته و نهايته . إذا علمت أن خشونته المطلقة $\varepsilon=0.1mm$ و أن اللزوجة الحركية للماء في درحة الحرارة السائدة هي $\nu=1.2\times10^{-6}m^2/\sec$

الحل :

$$Q=285m^3/h\Rightarrow Q=0.079m^3/\sec$$

$$\Delta p=?$$



نطبق بيرنولي بين 1 و 2

$$\frac{p_1}{\gamma}+\frac{v_1^2}{2g}+Z_1=\frac{p_2}{\gamma}+\frac{v_2^2}{2g}+Z_2+h_f$$

$\frac{v_1^2}{2g}=\frac{v_2^2}{2g}$ بسبب تساوي $v_1=v_2$ و بالتالي نختصرها من الطرفين

$$Z_1=Z_2=0$$

$$\frac{p_1-p_2}{\gamma}=\lambda\cdot\frac{L}{D}\cdot\frac{v^2}{2g}$$

$$v=\frac{0.079}{\pi\cdot\frac{0.1^2}{4}}=10.06m/\sec$$

$$R_e=\frac{v\cdot D}{\nu}=\frac{10.06\times0.1}{1.2\times10^{-6}}=8.4\times10^5$$

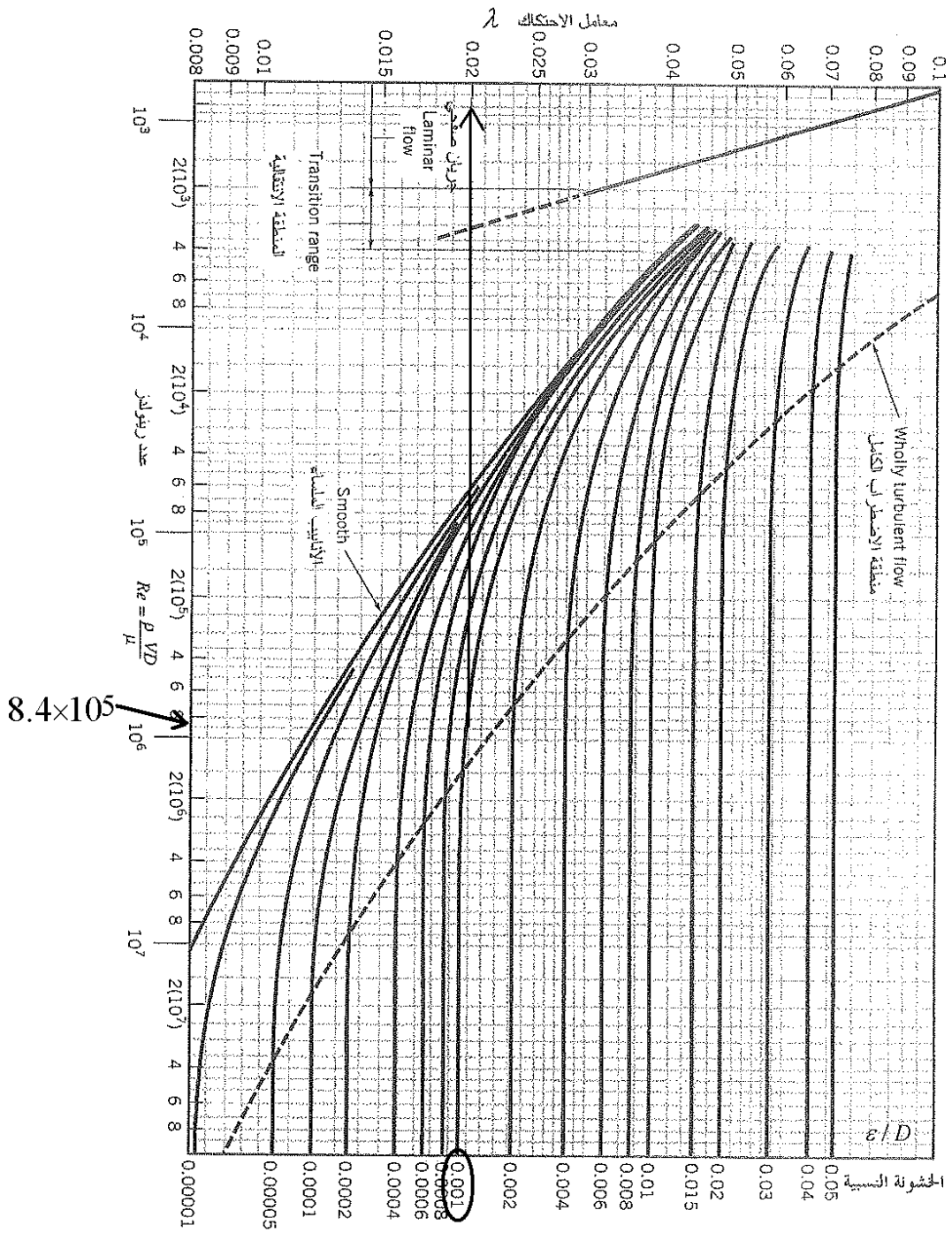
$$\frac{\varepsilon}{d}=\frac{0.1}{100}=0.001$$

نبحث عن قيمة R_e و $\frac{\varepsilon}{d}$ في مخطط مودي و نجد قيمة λ كما هو مبين في الصفحة التالية

$$\lambda=0.02$$

$$\frac{\Delta p}{\gamma}=0.02\cdot\frac{10}{0.1}\cdot\frac{10.06^2}{2\cdot9.81}$$

$$\frac{\Delta p}{\gamma}=10.32\Rightarrow\Delta p=10.32\times9810$$



مخطط مودي لحساب معامل الاحتكاك في الأنابيب [6]

المحاضرة التعويضية

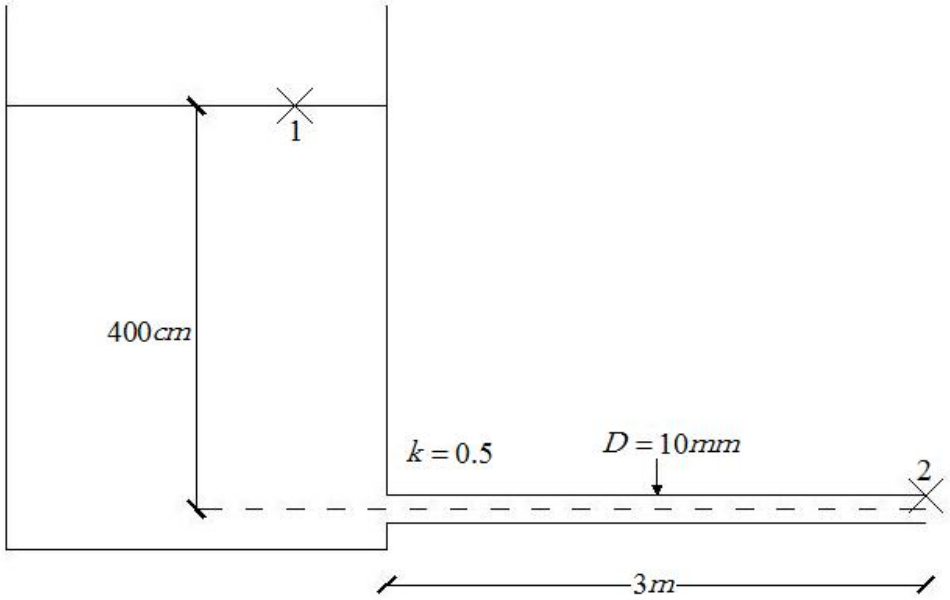
$$h_m = k\frac{v^2}{2g}$$

حيث h_m الفواقد المحلية

k معامل الفواقد المحلية و يوجد عدة طرق لحسابه موجودة في الكتاب من الصفحة 480 إلى الصفحة 486

المسألة الثالثة صفحة 541

لتحديد قيمة اللزوجة الحركية للنفط ، استخدم أنبوب زجاجي قطره D=10mm و طوله L=3m كما في الشكل ، و عند ارتفاع h=0.4m في الخزان كانت كمية النفط الخارجة من الأنبوب خلال دقيقة واحدة تساوي $2.52\times10^{-3}m^3$. احسب اللزوجة الحركية للنفط المستخدم



الحل :

$$\nu = ? \ ، \ h = 0.4m \ ، \ L = 3m \ ، \ D = 10mm$$

$$Q = 2.52\times10^{-3}m^3/\min \Rightarrow Q = 0.00042m^3/\sec$$

$$\mathrm{Re} = \frac{v\cdot D}{\nu}$$

نطبق بيرنولي بين 1 و 2

$$\frac{p_1}{\gamma}+\frac{v_1^2}{2g}+Z_1 = \frac{p_2}{\gamma}+\frac{v_2^2}{2g}+Z_2+h_f+h_m$$

$\frac{p_1}{\gamma}=\frac{p_2}{\gamma}=0$ لأن p تساوي الضغط الجوي و تساوي الصفر

$\frac{v_1^2}{2g}=0$ لأن النقطة واحد عند سطح الخزان

$Z_2=0$ لمرور مستوي المقارنة من النقطة 2

$$Z_1 = h = \frac{v_2^2}{2g} + \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} + k \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$h = \frac{v^2}{2g}(\lambda \cdot \frac{L}{D} + 1.5)$$

نحسب v

$$v = \frac{0.000042}{\pi \cdot \frac{0.01^2}{4}} = 0.538 m/\sec$$

بالتعويض في معادلة h

$$\Rightarrow 0.4 = \frac{0.538^2}{2 \times 9.81}(\lambda \times \frac{3}{0.01} + 1.5)$$

$$\Rightarrow \lambda = 0.085$$

$\Leftarrow$ الجريان صفحي و يمكن استنتاج ذلك من مخطط مودي و بالتالي يمكن حساب R_e من العلاقة التالية

$$\lambda = \frac{64}{R_e}$$

$$R_e = \frac{64}{0.085}$$

$$R_e = 752.94$$

$$R_e = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

$$\Rightarrow 752.94 = \frac{0.538 \times 0.01}{\nu} \Rightarrow \nu = 7.1 \times 10^{-6} m^2/\sec$$

و هو المطلوب .

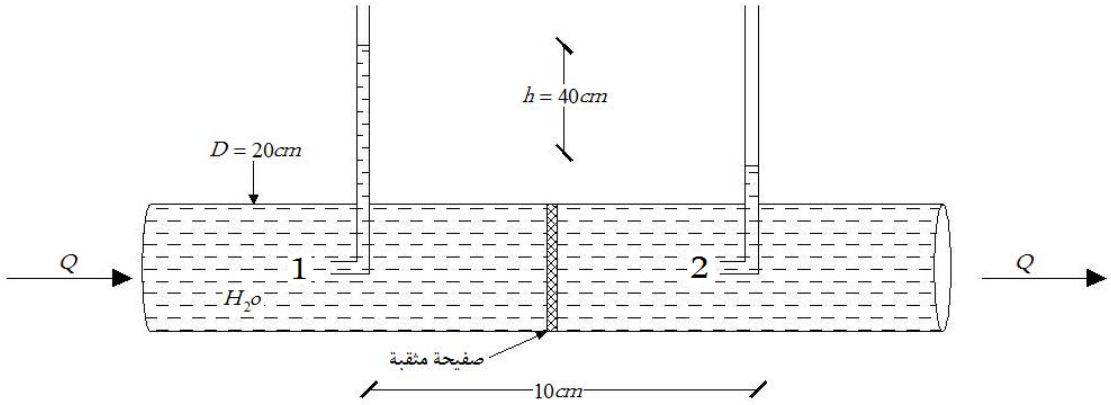
مسألة دورة :

بين مقطعين من أنبوب المسافة بينهما L=10m وضعت صفيحة مثقبة بناء على القراءات المبينة بالشكل و بفرض أن λ تعطى بالعلاقة .

$$\lambda = \frac{0.25}{[\log(\frac{\varepsilon}{3.7 \cdot D} + \frac{5.74}{R_e^{0.9}})]^2}$$

علما أن

$\varepsilon = 0.125 mm$ ، $\nu = 10^{-6} m/\sec$



الحل :

نطبق معادلة بيرنولي :

$$\frac{p_1}{\gamma}+\frac{v_1^2}{2g}+Z_1=\frac{p_2}{\gamma}+\frac{v_2^2}{2g}+Z_2+h_f+h_m$$

حيث $E_1=\frac{p_1}{\gamma}+\frac{v_1^2}{2g}$ مقدار الأرتفاع في الأنبوب الأيسر

$E_2=\frac{p_2}{\gamma}+\frac{v_2^2}{2g}$ مقدار الأرتفاع في الأنبوب الأيمن

$$Z_1=Z_2=0$$

$$E_1-E_2=h=\lambda\cdot\frac{L}{D}\cdot\frac{v^2}{2g}+k\cdot\frac{v^2}{2g}\ldots..(1)$$

$$v=\frac{0.05}{\pi\cdot\frac{0.2^2}{4}}=1.59m/\sec$$

$$R_e=\frac{1.59\times0.2}{10^{-6}}=318000$$

بالتعويض في العلاقة المعطاة في المسألة $\lambda=\frac{0.25}{[\log(\frac{\varepsilon}{3.7\cdot D}+\frac{5.74}{R_e^{0.9}})]^2}$ مع الأنتباه إلى الواحدات

$$\lambda=\frac{0.25}{[\log(\frac{0.125}{3.7\times200}+\frac{5.74}{318000^{0.9}})]^2}$$

$$\Rightarrow\lambda=0.0189$$

نعوض في المعادلة (1)

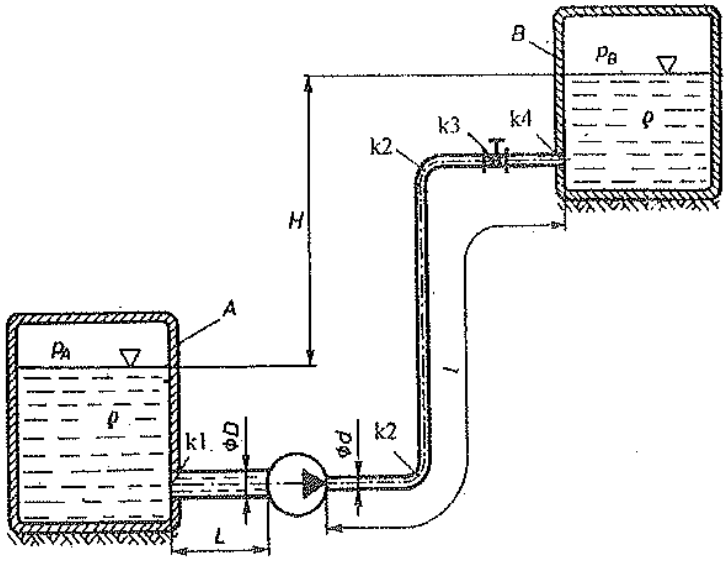
$$0.4=0.0189\times\frac{10}{0.2}\times\frac{1.59^2}{2\times9.81}+k\times\frac{1.59^2}{2\times9.81}$$

$$\Rightarrow k=2.157$$

المسألة التاسعة صفحة 544

تقوم مضخة برفع الماء من خزان سفلي يتعرض لضغط قيمته $p_A = 0.05Mpa$ إلى خزان علوي يتعرض لضغط $p_B = 0.15Mpa$ ، بتصريف مقداره $Q = 14m^3/h$ ، كما في الشكل . فإذا علمت أن قطر أنبوب الامتصاص و طوله $L = 3m$ و قطر أنبوب الدفع $d = 60mm$ و طوله $l = 12m$ و أن فرق المنسوب بين الخزانين H=8m . احسب ضاغط المضخة المطلوب . بافتراض أن $\varepsilon = 0.1mm$ ، $K_1 = 0.5$ ، $K_2 = 0.25$ ، $K_3 = 3$ ، $K_4 = 1$ و أن اللزوجة الحركية للماء $\nu = 1.15 \times 10^{-6} m^2/\sec$

الحل :



نطبق معادلة بيرنولي بين A و B

$$H_p + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} + Z_A = \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + Z_B + \sum h_f + \sum h_m$$

$$\frac{v_A^2}{2g} = \frac{v_B^2}{2g} = 0$$

$$H_p + \frac{p_A - p_B}{\gamma} = (Z_B - Z_A) + (\lambda_1 \cdot \frac{L_1}{D_1} \cdot \frac{v_1^2}{2g} + \lambda_2 \cdot \frac{L_2}{D_2} \cdot \frac{v_2^2}{2g}) + [K_1 \cdot \frac{v_1}{2g} + (2 \times K_2 + K_3 + K_4) \cdot \frac{v_2^2}{2g}]$$

$$Q = 14m^3/h \Rightarrow Q = 0.0039m^3/\sec$$

$$v_1 = \frac{0.0039}{\pi \times \frac{0.12^2}{4}} = 0.344m/\sec$$

$$v_2 = 1.38m/\sec$$

$$\frac{\varepsilon_1}{D_1} = \frac{0.1}{120} = 0.00083$$

$$R_e = \frac{0.344 \times 0.12}{1.15 \times 10^{-6}}$$

$\Rightarrow \lambda_1 = 0.025$ من مخطط مودي

$$\frac{\varepsilon_2}{D_2} = \frac{0.1}{60} = 0.0017$$

$$R_e = \frac{1.38 \times 0.06}{1.15 \times 10^{-6}} = 7.2 \times 10^4$$

$\Rightarrow \lambda_2 = 02.4$ من مخطط مودي

$$H_p = -\frac{(0.05 - 0.15) \times 10^6}{9.81 \times 10^3} + (0.25 \times \frac{3}{0.12} \times \frac{0.344^2}{2 \times 9.81} + 0.024 \times \frac{12}{0.06} \times \frac{1.38^2}{2 \times 9.81}) + (0.5 \times \frac{0.344^2}{2 \times 9.81} + (2 \times 0.25 + 3 + 1) \times \frac{1.38^2}{2 \times 9.81}$$

أنتهـــــــــــــــــــــت الـــــــــــــــــــمحاضرة

Written By: Husam

mh-magd @hotmail.com