1. أستاذ مادة ميكانيكا موائع وطلابه في جامعة مصراتة ذهبوا إلى مقهى في المدينة وحاولوا شرب الحليب المخفوق بالتمر (ρ ≈ 1200 كغ/م³، μ ≈ 6 كغ/(م·س)) من خلال مصاصات بقطر 8 مم وطول 30 سم. (أ) تحقق من أن رئتيهم، التي يمكن أن تطور ضغط فراغ تقريبًا 3000 باسكال، ستسمح لهم بشرب الحليب المخفوق بالتمر عبر المصاصة الرأسية. (ب) اذا قطع أحد الطلبة 15 سم من مصاصته وبدأ في الشرب ما هو معدل تدفق الحليب الذي تم إنتاجه من خلال هذه الاستراتيجية؟

Solution: (a) Assume the straw is barely inserted into the milkshake. Then the energy equation predicts

$$\frac{p_1}{\rho g}=\frac{V_1^2}{2g}+z_1=\frac{p_2}{\rho g}=\frac{V_2^2}{2g}+z_2+h_f$$

$$=0+0+0=\frac{(-3000\ Pa)}{(1200\ kg/m^3)(9.81\ m/s^2)}+\frac{V_{tube}^2}{2g}+0.3\ m+h_f$$

$$\textit{Solve for}\quad \boldsymbol{h_f=0.255\ m-0.3\ m-\frac{V_{tube}^2}{2g}<0}\quad \textbf{\textit{which is impossible}}\quad \textit{Ans.}\ (a)$$

(b) By cutting off 15 cm of vertical length and assuming laminar flow, we obtain a new energy equation

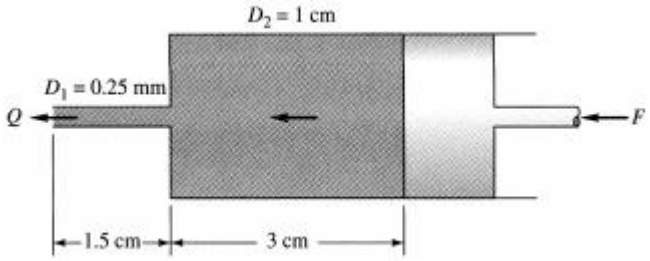
$$h_f=0.255-0.15-\frac{V^2}{2g}=\frac{32\mu LV}{\rho g d^2}=0.105\ m-\frac{V^2}{2(9.81)}=\frac{32(6.0)(0.15)V}{(1200)(9.81)(0.008)^2}=38.23V$$

$$\text{Solve for}\quad V=0.00275\ m/s,\quad Q=AV=(\pi/4)(0.008)^2(0.00275)$$

$$Q=1.4E{-}7\ \frac{m^3}{s}=\mathbf{0.14}\ \frac{\mathbf{cm^3}}{\mathbf{s}}\quad \textit{Ans.}\ (b)$$

Check the Reynolds number: $\mathrm{Re}_d=\rho Vd/\mu=(1200)(0.00275)(0.008)/(6)=0.0044$ (Laminar).

2. في الشكل 1 مكبس يدفع الماء يتسبب في معدل تدفق Q=0.15 cm3/s من خلال ابرة. اذا كان المائع كثافته 900 kg/m3 ولزوجته 0.002 kg/ms . ما القوة المطلوبة للحفاظ على التدفق.



1 Figure

Solution: Determine the velocity of exit from the needle and then apply the steady-flow energy equation:

$$V_1 = \frac{Q}{A} = \frac{0.15}{(\pi/4)(0.025)^2} = 306 \text{ cm/s}$$

$$\text{Energy:} \quad \frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 = \frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + h_{f1} + h_{f2}, \quad \text{with } z_1 = z_2,\ V_2 \approx 0,\ h_{f2} \approx 0$$

Assume laminar flow for the head loss and compute the pressure difference on the piston:

$$\frac{p_2 - p_1}{\rho g} = h_{f1} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{32(0.002)(0.015)(3.06)}{(900)(9.81)(0.00025)^2} + \frac{(3.06)^2}{2(9.81)} \approx 5.79 \text{ m}$$

$$\text{Then} \quad F = \Delta p A_{piston} = (900)(9.81)(5.79)\frac{\pi}{4}(0.01)^2 \approx \mathbf{4.0\ N} \quad \textit{Ans.}$$

3. زئبق عند درجة حرارة 20 درجة مئوية يتفق خلال أنبوب زجاجي طوله 4 متر وقطره 7 مم بسرعة متوسطة 5متر/ثانية. احسب hf والانخفاض في الضغط؟

استخرج الخواص للزئبق من الجداول عند درجة حرار 20 درجة مئوية.

Solution: For mercury at 20°C, take $\rho = 13550$ kg/m^3 and $\mu = 0.00156$ kg/m·s. Glass tubing is considered hydraulically "smooth," $\varepsilon/d = 0$. Compute the Reynolds number:

$$Re_d = \frac{\rho V d}{\mu} = \frac{13550(5)(0.007)}{0.00156} = 304{,}000; \quad \text{Moody chart smooth: } f \approx 0.0143$$

$$h_f = f\frac{L}{d}\frac{V^2}{2g} = 0.0143\left(\frac{4.0}{0.007}\right)\frac{5^2}{2(9.81)} = \mathbf{10.4\ m} \quad \textit{Ans.}\ (a)$$

$$\Delta p = \rho g h_f = (13550)(9.81)(10.4) = 1{,}380{,}000\ Pa = \mathbf{1380\ kPa} \quad \textit{Ans.}\ (b)$$

4. يتم ضخ الكيروسين عند 20 درجة مئوية بمعدل 0.15 م^3/ث من خلال أنبوب مصنوع من حديد الزهر أفقي بقطر 16 سم وطول 20 كم. احسب القدرة المدخلة بالكيلووات إذا كانت كفاءة المضخات 85 بالمئة.

الكثافة 804كجم/م3 اللزوجة 0.00192 كجم/م.ث خشونة حديد الزهر 0.26مم

Solution: For kerosene at 20°C, take $\rho = 804$ kg/m^3 and $\mu = 1.92\text{E}{-3}$ kg/m·s. For cast iron take $\varepsilon \approx 0.26$ mm, hence $\varepsilon/d = 0.26/160 \approx 0.001625$. Compute V, Re, and f:

$$V = \frac{0.15}{(\pi/4)(0.16)^2} = 7.46\ \frac{m}{s}; \quad Re = \frac{4\rho Q}{\pi \mu d} = \frac{4(804)(0.15)}{\pi(0.00192)(0.16)} \approx 500{,}000$$

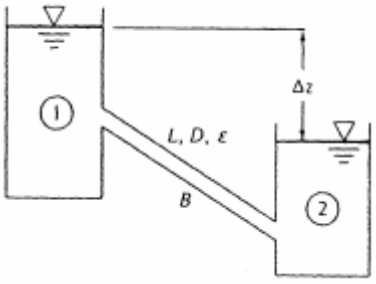
$$\varepsilon/d \approx 0.001625: \quad \text{Moody chart: } f \approx 0.0226$$

$$\text{Then} \quad h_f = f\frac{L}{d}\frac{V^2}{2g} = (0.0226)\left(\frac{20000}{0.16}\right)\frac{(7.46)^2}{2(9.81)} \approx 8020 \text{ m}$$

At 85% efficiency, the pumping power required is:

$$P = \frac{\rho g Q h_f}{\eta} = \frac{804(9.81)(0.15)(8020)}{0.85} \approx 11.2\text{E}{+6}\ \text{W} = \mathbf{11.2\ MW} \quad \textit{Ans.}$$

5.في شكل 2 خزانين متصلين بانبوب طوله 4500 متر وقطره 4 سم والفرق في الارتفاع 100 متر. اذا كانت مادة الانبوب حديد الزهر Cast-iron احسب سرعة تدفق المائع (ماء) من الخزان 1 الى 2



Solution: For water at 20°C, take $\rho = 998\ \text{kg/m}^3$ and $\mu = 0.001\ \text{kg/m·s}$. The energy equation from surface 1 to surface 2 gives

$$p_1 = p_2 \quad \text{and} \quad V_1 = V_2,$$
$$\text{thus} \quad h_f = z_1 - z_2 = 100\ \text{m}$$

$$\text{Then } 100\ \text{m} = f\left(\frac{4500}{0.04}\right)\frac{V^2}{2(9.81)}, \quad \text{or} \quad fV^2 \approx 0.01744$$

Iterate with an initial guess of $f \approx 0.02$, calculating V and Re and improving the guess:

$$V \approx \left(\frac{0.01744}{0.02}\right)^{1/2} \approx 0.934\ \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad \text{Re} \approx \frac{998(0.934)(0.04)}{0.001} \approx 37300, \quad f_{\text{smooth}} \approx 0.0224$$

$$V_{\text{better}} \approx \left(\frac{0.01744}{0.0224}\right)^{1/2} \approx 0.883\ \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad \text{Re}_{\text{better}} \approx 35300, \quad f_{\text{better}} \approx 0.0226, \text{ etc.....}$$

This process converges to

$$f = 0.0227,\ \text{Re} = 35000,\ V = 0.877\ \text{m/s},\ Q \approx 0.0011\ \text{m}^3/\text{s} \approx \mathbf{4.0\ m^3/h}. \quad \textit{Ans.}$$

6.في شكل 2 خزانين متصلين بانبوب طوله 550 متر وقطره 7 سم والفرق في الارتفاع 100 متر. اذا كانت مادة الانبوب حديد الزهر Cast-iron . اذا كانت هناك مضخة عند النقطة B مطلوب منها ضخ ماء من الخزان 2 الى 1 بمعدل تدفق 160م3/ساعة ما قدرة المضخة المطلوبة اذا كان كفاءتها 80%.

Solution: For water at 20°C, take $\rho = 998\ \text{kg/m}^3$ and $\mu = 0.001\ \text{kg/m·s}$. Compute V, Re:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{160/3600}{(\pi/4)(0.07)^2} \approx 11.55\ \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad \text{Re} = \frac{998(11.55)(0.07)}{0.001} \approx 807000$$

$$\left.\frac{\varepsilon}{d}\right|_{\text{cast iron}} = \frac{0.26\ \text{mm}}{70\ \text{mm}} \approx 0.00371; \quad \text{Moody chart: } f \approx 0.00280$$

The energy equation from surface 1 to surface 2, with a pump at B, gives

$$h_{\text{pump}} = \Delta z + h_f = 100 + (0.0280)\left(\frac{550}{0.07}\right)\frac{(11.55)^2}{2(9.81)} = 100 + 1494 \approx 1594\ \text{m}$$

$$\text{Power} = \frac{\rho g Q h_p}{\eta} = \frac{(998)(9.81)(160/3600)(1594)}{0.80} = 8.67\text{E}5\ \text{W} \approx \mathbf{867\ kW} \quad \textit{Ans.}$$