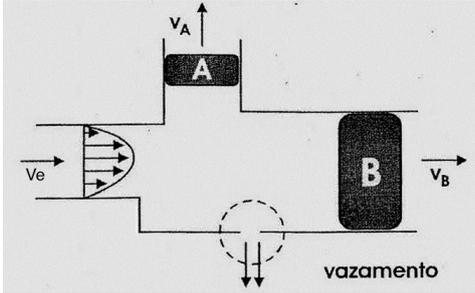


Operações Unitárias, Prof. Simões

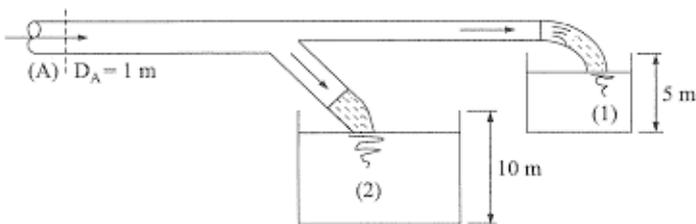
Cinemática dos fluidos – Exercícios

- Um óleo com viscosidade $\mu = 0,2 \text{ N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$ e densidade $\rho = 850 \text{ kg}/\text{m}^3$ flui com velocidade $v = 3,0 \text{ m}/\text{s}$ num tubo de $d = 50 \text{ mm}$. Determine se o escoamento é laminar ou turbulento. Resposta: laminar, $Re=638$.
- Numa tubulação de diâmetro $d = 3,0 \text{ cm}$ flui glicerina ($\mu = 1,490 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s}/\text{m}^2$; $\rho = 1260 \text{ kg}/\text{m}^3$) com uma vazão de $Q = 0,25 \text{ l}/\text{s}$. Determine se o escoamento é laminar ou turbulento. Resposta: turbulento, $Re=8981$.
- Sabendo a água ($\mu = 1,003 \cdot 10^{-3} \frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2}$, $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) escoar em regime turbulento ($Re = 25\,000$) num tubo de $D = 5,0 \text{ cm}$, calcule sua velocidade média. Resposta: $v = 0,50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.
- Um tanque esférico com diâmetro de 5,0 metros precisa ser enchido com Hexano ($\rho = 0,655 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$; $\mu = 2,94 \cdot 10^{-4} \frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2}$) em 10 horas.
 - Calcule a vazão mínima da bomba a ser usada, em $\frac{\text{l}}{\text{s}}$ e $\frac{\text{kg}}{\text{hora}}$. Resposta: $1,82 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 4287 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}$.
 - Considerando que essa vazão será conduzida num tubo de diâmetro $d = 15 \text{ cm}$, determine a velocidade em m/s . Resposta: $v = 0,103 \text{ m}/\text{s}$
 - Determine se o regime de escoamento é laminar ou turbulento. Resposta: turbulento, $Re=34418$.
 - Determine o diâmetro da tubulação necessária para garantir um regime laminar ($Re=2000$). Resposta: $d = 2,58 \text{ m}$.
- No circuito hidráulico abaixo, que opera com um fluido com $\rho = 600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, há um vazamento. Determinar a despesa diária com o fluido vazado, sabendo que seu custo é de R\$ 0,05/kg. Dados $v_e = 4,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $D_e = 5,0 \text{ cm}$; $v_a = 1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $D_a = 5,65 \text{ cm}$; $v_b = 1,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $D_b = 6,20 \text{ cm}$.
Resposta: R\$ 569,00/dia.
- Um gás escoar em regime permanente com uma vazão de $5,0 \text{ kg}/\text{s}$ e peso específico de $5,0 \text{ N}/\text{m}^3$ pela seção A de um conduto retangular de seção constante de $0,5 \text{ m}$ por $1,0 \text{ m}$. Em uma seção B, o peso específico do gás é de $10 \text{ N}/\text{m}^3$. Qual a velocidade média de escoamento nas seções A e B? Resposta: $19,6 \text{ m}/\text{s}$ e $9,8 \text{ m}/\text{s}$
- Uma torneira enche de água um tanque, cuja capacidade é de 6000 L , em $1\text{h}40\text{min}$. Determine a vazão em volume, massa e peso em unidades do SI, se $\rho_{\text{água}} = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$. Resposta: $10^{-3} \text{ m}^3/3$; $1,0 \text{ kg}/\text{s}$; $9,8 \text{ N}/\text{s}$.

8. Um tubo de 35,7 mm de diâmetro interno sofre uma redução suave para 25,2 mm. Pelo tubo flui água, com densidade de 1000 kg/m^3 , com velocidade de $1,0 \text{ m/s}$ na seção de diâmetro maior. Determinar a vazão volumétrica, mássica e de peso, e a velocidade na seção menor do tubo.
Resposta: $10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$; $1,0 \text{ kg/s}$; $9,8 \text{ N/s}$; $1,93 \text{ m/s}$.

9. Um reservatório possui duas entradas. Uma delas admite água ($\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) a uma vazão de 20 L/s e outra admite óleo ($\rho = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$) a 10 L/s . Uma mistura homogênea é formada e descarregada por um terceiro tubo de 30 cm^2 de seção transversal, de saída. Determinar a massa específica da mistura e sua velocidade. Resposta: 993 kg/m^3 ; 10 m/s .

10. Os reservatórios da figura são cúbicos. São preenchidos pelos tubos, respectivamente, em 100 s e 500 s . Determinar a velocidade da água na seção A, sabendo-se que o diâmetro do conduto nessa seção é $1,0 \text{ m}$. Resposta: $4,14 \text{ m/s}$.



Cinematika dos Fluidos - Exercícios

$$\textcircled{1} \quad \mu = 0,2 \frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2} \quad \rho = 850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad V = 3,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$D = 50 \text{ mm}$$

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \Rightarrow Re = \frac{850 \cdot 3,0 \cdot 0,05}{0,2}$$

$$Re = 638 \quad \therefore \text{escoamento laminar}$$

$$\textcircled{2} \quad D = 3,0 \text{ cm} \quad \mu = 1,490 \times 10^{-3} \frac{\text{N}\cdot\text{s}}{\text{m}^2}$$

$$\rho = 1260 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \theta = 0,25 \frac{\text{cm}}{\text{h}}$$

$$Q = V \cdot A \quad ; \quad A = \frac{\pi \cdot 0,03^2}{4} \Rightarrow A = 7,07 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Q = 0,25 \frac{\text{cm}}{\text{h}} = 0,25 \frac{\text{dm}^3}{\text{h}} = 0,25 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$Q = 2,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V = \frac{Q}{A} \Rightarrow V = \frac{2,5 \times 10^{-4}}{7,07 \times 10^{-4}} \Rightarrow V = 0,354$$

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \Rightarrow Re = \frac{1260 \cdot 0,354 \cdot 0,03}{1,490 \times 10^{-3}}$$

$$Re = 8,98 \times 10^3 \quad \therefore \text{Turbulento}$$

3

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \Rightarrow v = \frac{R_e \cdot \mu}{\rho \cdot D}$$

$$v = \frac{25.000 \cdot 1,003 \times 10^{-3}}{1000 \cdot 0,05} \Rightarrow v = 0,50 \text{ m/s}$$

4) Esfera $D = 5,0 \text{ m}$ $\rho = 0,655 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$
 $\mu = 2,94 \times 10^{-4} \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$ $t = 10 \text{ horas}$

$$a) V = \frac{4}{3} \pi r^3 \Rightarrow V = \frac{4}{3} \pi \cdot 2,5^3 \Rightarrow V = 65,4 \text{ m}^3$$

$$Q = \frac{V}{t} \Rightarrow Q = \frac{65,4}{10} \Rightarrow Q = 6,54 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 6,54 \frac{1000 \text{ L}}{3600 \text{ s}} \Rightarrow Q = 1,82 \text{ L/s}$$

$$\rho = 0,655 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} = 0,655 \frac{0,001 \text{ kg}}{10^{-6} \text{ m}^3}$$

$$\rho = 655 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$Q_m = \rho \cdot Q \Rightarrow Q_m = 655 \cdot 6,54$$

$$Q_m = 4,28 \times 10^3 \text{ kg/h}$$

$$b) d = 0,15 \Rightarrow A = \frac{\pi \cdot 0,15^2}{4} \Rightarrow A = 1,77 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$Q = 6,54 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = \frac{654}{3600} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 1,82 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$v = \frac{Q}{A} \Rightarrow v = \frac{1,82 \times 10^{-3}}{1,77 \times 10^{-2}} \Rightarrow v = 0,103 \text{ m/s}$$

$$c) Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \Rightarrow Re = \frac{655 \cdot 0,103 \cdot 0,15}{2,94 \times 10^{-4}}$$

$$Re = 3,44 \times 10^4 \therefore \text{Turbulent}$$

$$d) A = \frac{\pi D^2}{4}; v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} \Rightarrow v = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \Rightarrow Re = \frac{\rho \cdot \frac{4Q}{\pi D^2} \cdot D}{\mu}$$

$$Re = \frac{4 \rho Q}{\pi D \cdot \mu} \Rightarrow D = \frac{4 \cdot \rho \cdot Q}{\pi \cdot Re \cdot \mu}$$

$$D = \frac{4 \cdot 655 \cdot 1,82 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 2000 \cdot 2,94 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow D = 2,58 \text{ m}$$

5

$$\rho = 600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad C = \text{R\$ } 0,05 / \text{kg}$$

$$Q_e = Q_a + Q_b + Q_v \quad (Q_v = Q_{\text{vazamento}})$$

$$Q = N \cdot A$$

$$Q_e = 4,0 \times \frac{N \cdot 0,05^2}{4} \Rightarrow Q_e = 7,85 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_A = 1,6 \times \frac{N \cdot 0,0565^2}{4} \Rightarrow Q_A = 4,01 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_B = 1,2 \times \frac{N \cdot 0,0620^2}{4} \Rightarrow Q_B = 3,62 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_v = Q_e - (Q_A + Q_B)$$

$$Q_v = 2,20 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{v \text{ massa}} = \rho \cdot Q_v = 600 \cdot 2,20 \times 10^{-4}$$

$$Q_{v,m} = 0,132 \text{ kg/s}$$

$$Q_{v,m} = 0,132 \cdot 3600 \cdot 24 = 1,14 \times 10^4 \text{ kg/dia}$$

$$\text{custo diário} = 1,14 \times 10^4 \times 0,05$$

$$\text{custo} = \text{R\$ } 569,00 / \text{dia}$$

$$\textcircled{6} \quad v = \frac{Q}{A}; \quad A_A = 0,5 \cdot 1 \Rightarrow A_A = 0,5 \text{ m}^2$$

$$\text{EM A)} \quad Q_m = 5,0 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \Rightarrow Q_m = \rho \cdot Q$$

$$\gamma = \rho \cdot g \Rightarrow \rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{5,0 \text{ N/m}^3}{9,8} = 0,51 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$Q = \frac{Q_m}{\rho} \Rightarrow Q = \frac{5,0 \text{ kg/s}}{0,51} \Rightarrow Q = 9,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{9,8}{0,5} \Rightarrow v_A = 19,6 \text{ m/s}$$

$$\text{EM B)} \quad \rho = \frac{10 \text{ N}}{9,8} \Rightarrow \rho = 1,02 \text{ kg/m}^3$$

$$Q = \frac{Q_m}{\rho} \Rightarrow Q = \frac{5,0}{1,02} \Rightarrow Q = 4,9 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4,9}{0,5} \Rightarrow v_B = 9,8 \text{ m/s}$$

$$\textcircled{7} \quad Q = \frac{V}{t} \Rightarrow Q = \frac{6}{60+40} = \frac{6}{100} \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

$$Q = \frac{6}{100} \frac{\text{m}^3}{60 \text{ s}} \Rightarrow Q = 1,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_m = \rho \cdot Q \Rightarrow Q_m = 1000 \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} \Rightarrow Q_m = 1,0 \text{ kg/s}$$

$$Q_g = \rho \cdot Q_m \Rightarrow Q_g = 9,8 \cdot 1,0 \Rightarrow Q_g = 9,8 \text{ N/s}$$

8

$$D_1 = 35,7 \text{ mm}$$

$$D_2 = 25,7 \text{ mm}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$V_1 = 1,0 \text{ m/s}$$

$$Q = V \cdot A$$

$$A_1 = \frac{V_1^2}{4} \Rightarrow A_1 = \frac{V_1 \cdot 0,0357^2}{4} \Rightarrow A_1 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Q = V \cdot A \Rightarrow Q = 1,0 \times 1,0 \times 10^{-3} \Rightarrow Q = 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

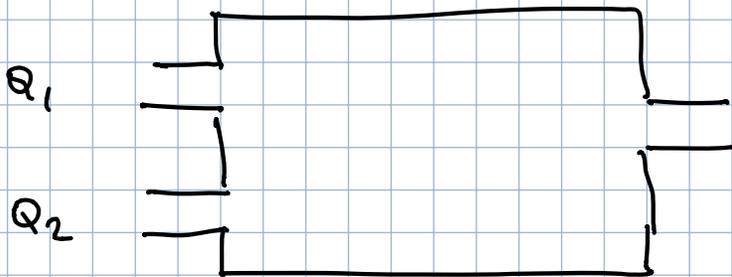
$$Q_m = 1000 \cdot 10^{-3} \Rightarrow Q_m = 1,0 \text{ kg/s}$$

$$Q_{m1} = Q_{m2} \quad (\text{fluid incompressível})$$

$$Q_g = 9,8 \cdot 1,0 \Rightarrow Q_g = 9,8 \text{ N/s}$$

$$V_2 = \frac{Q}{A_2} \Rightarrow V_2 = \frac{10^{-3}}{\frac{\pi \cdot 0,0257^2}{4}} \Rightarrow V_2 = 1,93 \text{ m/s}$$

9



$$Q_{m3} = Q_{m1} + Q_{m2} \quad (i)$$

$$Q_3 =$$

$$Q_3 = Q_1 + Q_2 \quad (ii)$$

(incompressível)

$$(i) \quad Q_{m3} = Q_{m1} + Q_{m2}$$

$$\rho_3 \cdot Q_3 = \rho_1 Q_1 + \rho_2 Q_2 \Rightarrow \rho_3 = \frac{\rho_1 Q_1 + \rho_2 Q_2}{Q_3}$$

$$(ii) \quad \rho_3 = \frac{\rho_1 Q_1 + \rho_2 Q_2}{Q_1 + Q_2} \Rightarrow \rho_3 = \frac{1000 \cdot 20 \cdot 10^{-3} + 800 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{(10+20) \cdot 10^{-3}}$$

$$\rho_3 = 993 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \quad V = \frac{Q}{A} = \frac{30 \cdot 10^{-3}}{30 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow V = 10 \text{ m/s}$$

$$10) \quad Q = \frac{V}{t} \quad Q_1 = \frac{V_1}{t_1} = \frac{5^3}{100} \quad ; \quad Q_2 = \frac{V_2}{t_2} = \frac{10^3}{500}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 \Rightarrow Q = \frac{5^3}{100} + \frac{10^3}{500} = 3,25 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = \frac{Q}{A} \Rightarrow v = \frac{3,25 \cdot 4}{\pi \cdot 12} \Rightarrow v = 4,14 \text{ m/s}$$