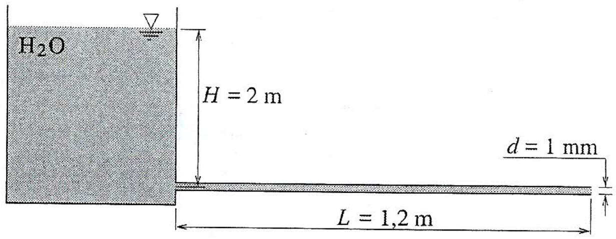
ESCOAMENTO LAMINAR VISCOSO INTERNO

Um tubo horizontal de pequeno diâmetro, como mostrado na figura ao lado, é conectado a um reservatório. Se 6600 mm³ são capturados na saída a cada 10 s, estime a viscosidade da água.



Bernoulli da superfície de reservatório à entrada da tubulação: $H = p/\gamma$

$p = 9810 . 2 = 19620$ Pa

Na saída do tubo a pressão é nula (manom.):

$$\frac{\Delta p}{L} = \frac{19620}{1{,}2} = 16350 \text{ Pa/m}$$

$$\bar{V} = \frac{Q}{A} = \frac{6600 \times 10^{-9}/10}{(\pi/4).(1 \times 10^{-3})^2} = 0{,}84 \text{ m/s}.$$

Veja q. a carga devido à $\bar{V}$ na entrada do tubo é desprezível (hip. inicial válida).

$\frac{V^2}{2g} = \frac{0{,}84}{2 \times 9{,}81} = 0{,}036$ mca.

$$\Delta p = \frac{32 . \mu . L . \bar{V}}{D^2} \Rightarrow \mu = \frac{\Delta p . D^2}{32 . L . \bar{V}} = \frac{16350 . (0{,}001)^2}{32 . 0{,}84}$$

$$\boxed{\mu = 6{,}083 \times 10^{-4} \text{ Pa.s}}$$

Verificação de que o esc. é, de fato, laminar:

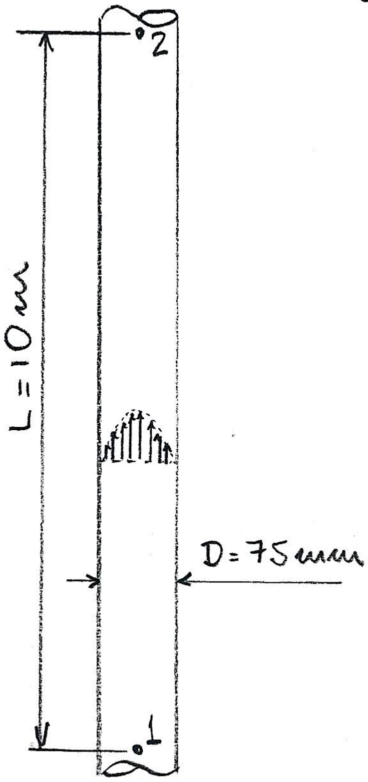
$$Re = \frac{\rho \bar{V} . D}{\mu} = \frac{1000 . 0{,}84 . 0{,}001}{6{,}083 \times 10^{-4}} = 1381 \quad (\text{OK} \checkmark)$$

Estimando comprimento de entrada:

$L_E = 0{,}065 . Re . D \cong 0{,}09$ que é 8% do comprimento total, logo resultados são confiáveis.

ESCOAMENTO LAMINAR VISCOSO INTERNO

Glicerina a 20 °C escoa para cima num tubo (diâmetro = 75 mm). A velocidade na linha de centro do tubo é igual a 1,0 m/s. Determine a perda de carga e a queda de pressão sabendo que o comprimento do tubo é igual a 10 m.



Glicerina a 20°C $\rightarrow \rho = 1260\ kg/m^3$

$\mu = 1,5\ Pa.s$

$$\bar{V} = V_{máx}/2 = 1/2 = 0,5\ m/s$$

$$Re = \frac{\rho.\bar{V}.D}{\mu} = \frac{1260.0,5.0,075}{1,5} = 31,5 < 2100$$

$$\bar{V} = \frac{(\Delta p - \rho.L.sen\theta).D^2}{32.\mu.L} \quad \text{com } \theta = 90°$$

$$\therefore \Delta p = \frac{32.\mu.L.\bar{V}}{D^2} + \rho.L$$

$$\Delta p = \frac{32.1,5.10.0,5}{(0,075)^2} + 9,81.1260.10$$

$$\Delta p = 166000\ Pa \Rightarrow \boxed{\Delta p = 166\ kPa}$$ Esta é a queda de pressão.

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{\alpha_1.\bar{V}_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{\alpha_2.\bar{V}_2^2}{2g} + z_2 + h_L$$

$\bar{V}_1 = \bar{V}_2$; $\alpha_1 = \alpha_2$; $z_1 = 0$ (PHR) $\Rightarrow z_2 = L$

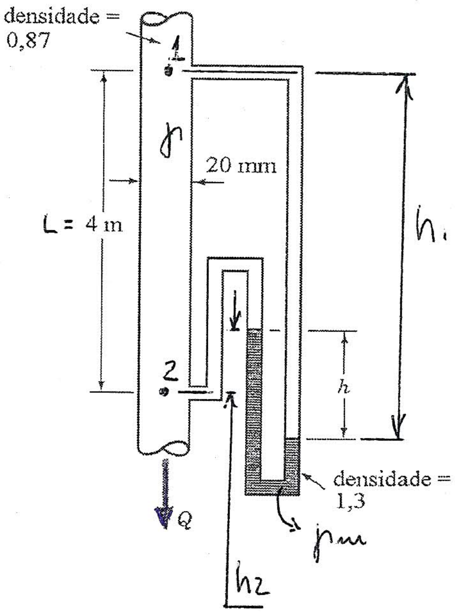
$p_1 - p_2 = \Delta p$

$$\frac{p_1}{\rho} = \frac{p_2}{\rho} + L + h_L \Rightarrow h_L = \frac{\Delta p}{\rho} - L = \frac{166000}{9,81.1260} - 10$$

$$\boxed{h_L = 3,43\ m}$$

ESCOAMENTO LAMINAR VISCOSO INTERNO

Óleo (SG = 0,87; e $\nu = 2{,}2 \times 10^{-4}$ m²/s) escoa no tubo vertical mostrado na figura ao lado. A vazão do óleo é 4×10^{-4} m³/s. Determine a leitura do manômetro, h.



$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi . D^2} = \frac{4.4\times10^{-4}}{\pi.(0{,}02)^2} = 1{,}27\ m/s$$

$$Re = \frac{\rho.\bar{V}.D}{\mu} = \frac{\bar{V}.D}{\nu} = \frac{1{,}27.0{,}02}{2{,}2\times10^{-4}} = 115 < 2100$$

$$Q = \frac{\pi.(\Delta p + \gamma.L)D^4}{128\mu L}$$

este sinal determina escoa/to p/ baixo.

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{128.\mu.L.Q}{\pi.D^4} - \gamma.L$$

$$\gamma = SG.\gamma_{H_2O} = 0{,}87.9810 = 8534{,}7\ N/m^3$$

$$\mu = \nu.\rho = \nu.SG.\rho_{H_2O} = 2{,}2\times10^{-4}.0{,}87.1000 = 0{,}1914\ Pa.s$$

$$\Delta p = \frac{128.0{,}1914.4.4\times10^{-4}}{\pi.(0{,}02)^4} - 8534{,}7.4 = 43844{,}6\ Pa$$

$$p_1 + \gamma.h_1 - \gamma_m.h + \gamma.h_2 = p_2 \Rightarrow p_1 - p_2 = \Delta p = \gamma_m.h - \gamma.(h_1+h_2)$$

Mas $L - h_2 = h_1 - h \Rightarrow L + h = h_1 + h_2$

Combinando: $\Delta p = -\gamma(L+h) + \gamma_m.h = (\gamma_m - \gamma)h - \gamma L$

$$43844{,}6 = (1{,}3.1000.9{,}81 - 8534{,}7).h - 8534{,}7.4$$

$$\therefore \boxed{h = 18{,}5\ m}$$