

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**  
**Instituto de Química**

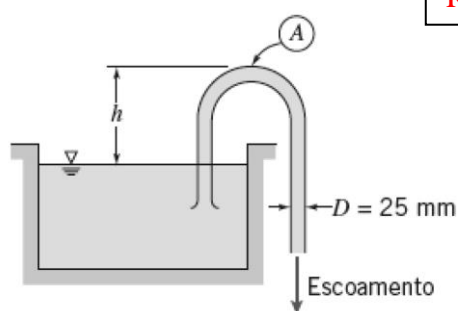
**Lista de Exercícios 2 de Fenômenos de Transporte 1**

**Curso:** Engenharia Química

Prof. Dyrney Araújo dos Santos

site: [www.dyrney.com](http://www.dyrney.com)

**Exercício 1:** A vazão de água através do sifão é de 5 L/s, a temperatura é de 20°C e o diâmetro do tubo é de 25 mm. Calcule a máxima altura permitida,  $h$ , de modo que a pressão no ponto “A” fique acima da pressão de vapor da água. (Considere o escoamento sem atrito).



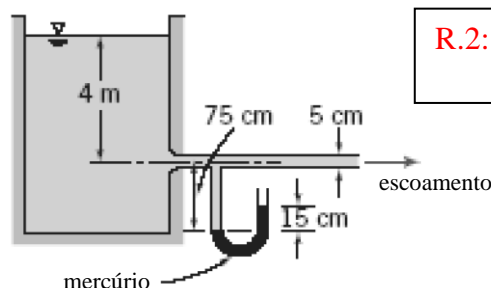
R.1:  $h = 4,76 \text{ m}$

Dados:  $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg/m}^3$

$P_{\text{atm}} = 101 \text{ kPa}$

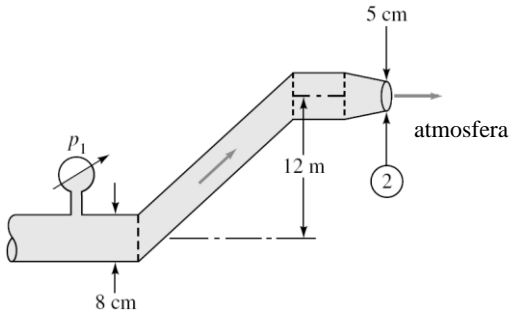
$P^{\text{V}}$  (pressão de vapor da água a 20°C) = 2,3 kPa

**Exercício 2:** Água ( $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ ) escoar de um tanque muito grande através de um tubo de 5 cm de diâmetro. O líquido escuro no manômetro é mercúrio ( $\rho_{\text{Hg}} = 13600 \text{ kg/m}^3$ ). Estime a velocidade no tubo e a vazão de descarga. (Considere o escoamento sem atrito). **OBS: O “braço” direito do manômetro está aberto para o ambiente.**



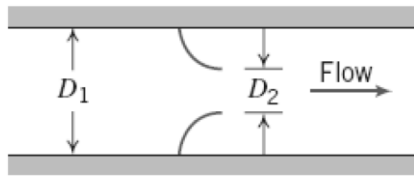
R.2:  $V = 7,29 \text{ m/s}$   
 $Q = 0,0143 \text{ m}^3/\text{s}$

**Exercício 3:** Gasolina ( $\rho_{\text{gasolina}} = 680 \text{ kg/m}^3$ ) escoar com uma vazão de 0,018 m<sup>3</sup>/s através da tubulação abaixo. Desprezando as perdas por atrito (fluido ideal), calcule a pressão manométrica na seção 1.



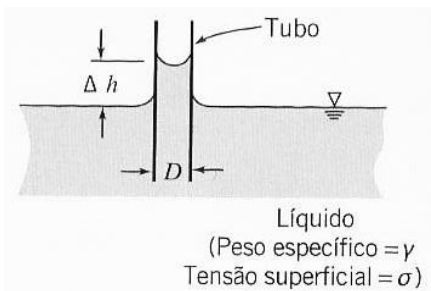
$$\text{R.3: } P_1 = 104000 \text{ Pa (manométrica)}$$

**Exercício 4:** Um bocal é um dispositivo para medir a vazão em um tubo. Este bocal específico deve ser usado para medir um escoamento de ar com baixa velocidade para o qual a compressibilidade pode ser desprezada. Durante a operação, as pressões  $P_1$  e  $P_2$  são registradas, bem como a temperatura a montante,  $T_1$ . Considerando o gás como sendo ideal, determine a vazão mássica em função de  $\Delta P = P_1 - P_2$ ,  $P_1$ ,  $M$  (massa molar),  $T_1$ , dos diâmetros  $D_1$  e  $D_2$  e da constante dos gases ideais. (Considere o escoamento sem atrito).



$$\text{R.4: } \dot{m} = \frac{\pi D_1^2}{2\sqrt{2}} \sqrt{\frac{2(-\Delta P) P_1 M}{RT_1 \left[ \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^4 - 1 \right]}}$$

**Exercício 5:** Quando um pequeno tubo é imerso em uma poça de líquido, a tensão superficial causa a formação de um menisco na superfície livre, para cima ou para baixo dependendo do ângulo de contato na interface líquido-sólido-gás. Experiências indicam que o módulo do efeito capilar,  $\Delta h$  (unidade de  $m$  no S.I.), é uma função do diâmetro do tubo,  $D$  (unidade de  $m$  no S.I.), do peso específico do líquido,  $\gamma$  (unidade de  $kg/(m^2 \cdot s^2)$  no S.I.), e da tensão superficial,  $\sigma$  (unidade de  $N/m$  no S.I.). Determine os adimensionais relevantes a este problema e proponha uma relação entre eles para a obtenção de uma correlação empírica.



$$\text{R.5: } \frac{\Delta h}{D} = f\left(\frac{\sigma}{D^2 \gamma}\right)$$

**Exercício 6:** O arrasto de um transdutor de sonar deve ser previsto com base em testes em túnel de vento. O protótipo, uma esfera de 0,3 m de diâmetro, deve ser rebocado a 2,57 m/s na água do mar a 4,5°C. O modelo tem 152 mm de diâmetro. Determine a velocidade de teste requerida no ar ( $V$ ). Se a força de arrasto ( $F$ ) sobre o modelo nas condições de teste for 2,7 N, estime a força de arrasto sobre o protótipo. Os adimensionais relevantes a este problema são:

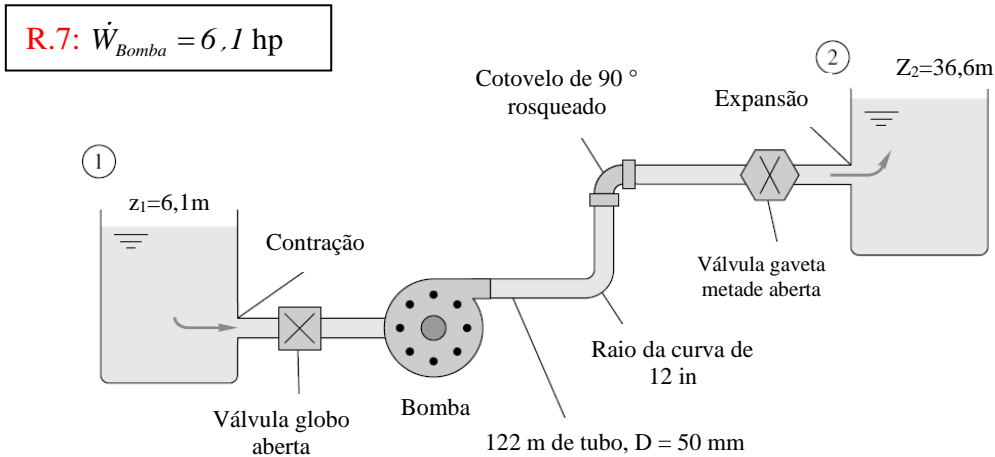
$$\frac{F}{\rho V^2 D^2} = f(\text{Re})$$

$$\text{R.6: } V_m = 4,74 \text{ m/s} \\ F_p = 2519,88 \text{ N}$$

**Dados:**

Água do mar a 4,5°C:  $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg/m}^3$  e  $\mu_{\text{H}_2\text{O}} = 0,0157 \text{ kg/(m.s)}$   
 ar:  $\rho_{\text{ar}} = 1,227 \text{ kg/m}^3$  e  $\mu_{\text{ar}} = 1,8 \times 10^{-5} \text{ kg/(m.s)}$

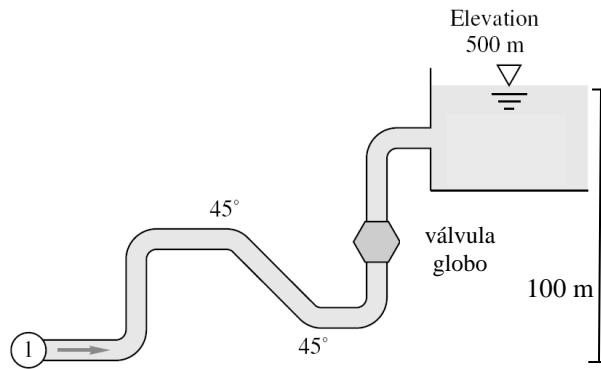
**Exercício 7:** Água,  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$  e  $\mu = 1,02 \times 10^{-3} \text{ kg/(m.s)}$ , é bombeada entre dois reservatórios (reservatórios de grandes volumes) a uma vazão de 5,6 L/s, por um tubo de 122 m de comprimento e 2 in (50 mm) de diâmetro e diversos acessórios, como mostrado na figura abaixo. A rugosidade relativa é  $\varepsilon/D = 0,001$ . Calcule a potência requerida pela bomba em hp. Considere uma eficiência da bomba de 70%.

**Dados (Coeficientes de resistência):**

Acidentes	K
Contração brusca	0,5
Expansão brusca	1,0
Válvula globo aberta	6,9
Válvula gaveta metade aberta	3,7
Curva de 12 in de raio de curvatura	0,25
Cotovelo rosqueado de 90°	0,95

**Exercício 8:** O sistema mostrado na figura abaixo consiste em 1200 m de tubo de ferro fundido ( $\varepsilon = 0,26 \text{ mm}$ ) de 5 cm de diâmetro, dois cotovelos de 45° e quatro de 90°, flangeados e de raio longo, uma válvula globo completamente aberta e uma expansão brusca em um reservatório. Se a diferença de altura entre os pontos 1 e 2 é de 100 m, qual a pressão manométrica necessária no ponto 1 para fornecer 0,005 m<sup>3</sup>/s de água ( $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$  e  $\mu = 1,0 \times 10^{-3} \text{ kg/(m.s)}$ ).

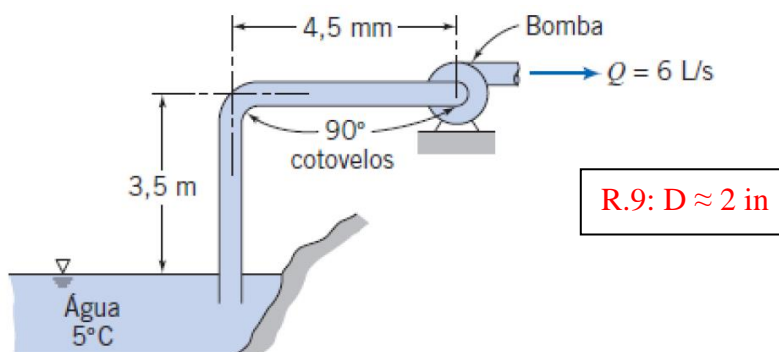
**R.8:  $P_1 = 3,46 \text{ MPa}$**



**Dados (Coeficientes de resistência):**

Acidentes	K
Válvula globo (completamente aberta)	0,85
Cotovelo flangeados e de raio longo de 90°	0,3
Cotovelo flangeados e de raio longo de 45°	0,2
Expansão brusca	1,0

**Exercício 9:** Uma bomba está localizada 4,5 m para o lado e 3,5 m acima de um reservatório. Ela foi projetada para uma vazão de 6 L/s. Para operação satisfatória, a carga de pressão manométrica na sucção da bomba não deve ser inferior a -6 m de coluna de água (manométrica). Determine o menor diâmetro do tubo de aço comercial ( $\epsilon = 0,046$  mm) que dará o desempenho desejado. **Obs.: considere no cálculo da perda de carga localizada uma contração brusca (entrada) e dois cotovelos padrão (90°), conforme esquema abaixo.**

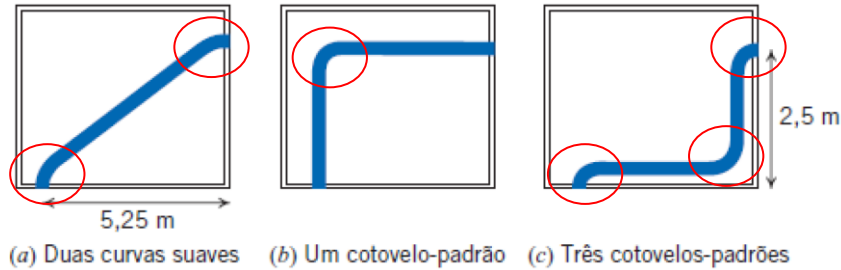


**Dados:**

Entrada brusca do tubo:  $K = 0,78$

Cotovelo-padrão:  $Leq/D = 30$

**Exercício 10:** Uma linha de água potável ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$  e  $\mu = 1,01 \times 10^{-3} \text{ kg/(m.s)}$ ), com diâmetro de 5 cm, está para ser instalada em uma sala de um edifício comercial. Três possíveis layouts para a linha de água foram propostos (Figura abaixo), sendo que as curvas são destacadas por meio de círculos. Pensando em minimizar as perdas, qual seria a melhor opção? Considere a linha de ferro galvanizado ( $\epsilon = 0,15 \text{ mm}$ ) e uma vazão de 350 L/min.

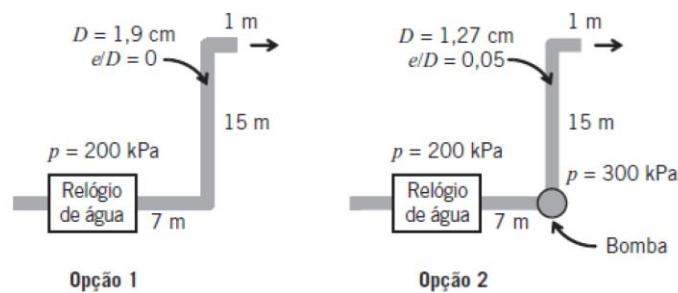


**Dados:**

Acidentes	$L_{eq}/D$
Curva suave	13
Cotovelo-padrão	30

R.10: melhor caso: (a)  
 pior caso: (c)

**Exercício 11:** Recentemente, você comprou uma casa, e quer aumentar a vazão de água para o andar de cima. A baixa vazão se deve a três razões: a pressão de água que chega ao relógio medidor da casa é baixa ( $P = 200 \text{ kPa}$  manométrica); a tubulação tem um diâmetro pequeno ( $D = 1,27 \text{ cm}$ ) e desgastada, aumenta sua rugosidade ( $\epsilon/D = 0,05$ ); o andar superior da casa está 15 m acima do relógio de água. Você está considerando duas alternativas para aumentar a vazão: a opção 1 é trocar todas as tubulações depois do relógio com novos tubos lisos com diâmetro de 1,9 cm; a opção 2 é instalar uma bomba, mantendo a tubulação original. A bomba tem uma pressão de saída de 300 kPa. Que opção é a mais efetiva? Ignore as perdas menores.



R.11:  $Q_1 = 5,61 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$  e  $Q_2 = 2,32 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$   
 Logo, a opção 1 é 2,42 vezes mais efetiva.