

é chamada de lei de Stokes.) Usando esta informação, determine a rapidez terminal de subida para uma bolha esférica de dióxido de carbono de 1,0 mm de diâmetro, em uma bebida carbonatada ($\rho = 1,1 \text{ kg/L}$ e $\eta = 1,8 \text{ mPa} \cdot \text{s}$). Quanto tempo leva para a bolha subir 20 cm (a altura de um copo)? Este tempo é consistente com suas observações?

PROBLEMAS GERAIS

77 • Alguns jovens nadam se dirigindo para uma balsa retangular, de madeira, de 3,00 m de largura e 2,00 m de comprimento. Se a balsa tem 9,00 cm de espessura, quantos jovens de 75,0 kg podem ficar de pé sobre a balsa, sem que esta submerja totalmente? Suponha a massa específica da madeira igual a 650 kg/m^3 .

78 • Um cordão prende uma bola de pingue-pongue de 2,7 g ao fundo de um béquer. Quando o béquer é cheio de água, de forma que a bola fique totalmente imersa, a tensão no cordão é 7,0 mN. Determine o diâmetro da bola.

79 • O módulo volumétrico da água do mar é $2,30 \times 10^9 \text{ N/m}^2$. Determine a diferença entre a massa específica da água do mar a uma profundidade onde a pressão é de 800 atm e a massa específica na superfície, que vale 1025 kg/m^3 . Despreze eventuais efeitos associados a variações de temperatura e salinidade.

80 • Um cubo maciço de 0,60 m de lado está suspenso de uma balança de mola. Quando o cubo é totalmente mergulhado em água, a balança indica 80 por cento da leitura feita quando o cubo está no ar. Determine a massa específica do cubo.

81 •• Um bloco de madeira de 1,5 kg flutua sobre a água, com 68 por cento de seu volume imerso. Um bloco de chumbo é colocado sobre ele, fazendo com que toda a madeira fique submersa, mas com o chumbo totalmente emerso. Determine a massa do bloco de chumbo.

82 •• Um cubo de poliestireno (estiropor), de 25 cm de lado, é colocado em um dos pratos de uma balança. A balança fica em equilíbrio quando um pedaço de latão de 20 g é colocado no outro prato. Determine a massa do cubo. Despreze o empuxo sobre o latão, mas não despreze o empuxo do ar sobre o cubo.

83 •• Uma casca esférica de cobre, com um diâmetro externo de 12,0 cm, flutua na água com a metade de seu volume acima da superfície. Determine o diâmetro interno da casca. A cavidade dentro da casca esférica está vazia.

84 •• Um béquer de 200 mL, cheio até a metade com água, está no prato esquerdo de uma balança, e uma certa quantidade de areia é colocada no prato da direita, fazendo com que a balança fique em equilíbrio. Um cubo de 4,0 cm de lado, preso a um cordão, é totalmente mergulhado na água, sem chegar a tocar o fundo do béquer. Um pedaço de latão de massa m é, então, adicionado ao prato da direita, para restabelecer o equilíbrio. Quanto vale m ?

85 •• **APLICAÇÃO EM ENGENHARIA, RICO EM CONTEXTO** Óleo cru possui uma viscosidade de cerca de $0,800 \text{ Pa} \cdot \text{s}$, à temperatura normal. Você é o engenheiro-chefe de projetos, encarregado de construir um oleoduto horizontal de 50 km que conecte um campo de óleo a um terminal de armazenamento. O oleoduto deve despejar o óleo no terminal a uma taxa de 500 L/s , e o fluxo através dele deve ser laminar. Supondo a massa específica do óleo cru igual a 700 kg/m^3 , estime o diâmetro do oleoduto a ser usado.

86 •• Água escoava através da tubulação da Figura 13-40 e sai para a atmosfera na seção C da extremidade direita. O diâmetro da tubulação é 2,00 cm em A, 1,00 cm em B e 0,800 cm em C. A pressão manométrica na tubulação, no centro da seção A, é 1,22 atm e a vazão é $0,800 \text{ L/s}$. Os tubos verticais são abertos para a

atmosfera. Determine o nível (acima da linha média do fluxo, como mostrado) das interfaces líquido-ar nos dois tubos verticais. Suponha escoamento laminar não-viscoso.

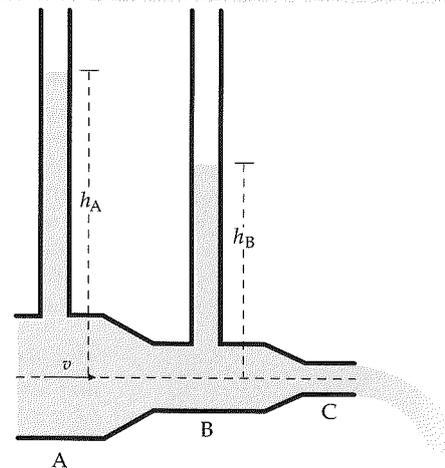


FIGURA 13-40 Problema 86

87 •• **APLICAÇÃO EM ENGENHARIA, RICO EM CONTEXTO** Você é o motorista de um caminhão-tanque que transporta óleo para aquecimento no inverno. A mangueira com que você faz a entrega do óleo aos consumidores tem 1,00 cm de raio. A densidade do óleo é 0,875, e seu coeficiente de viscosidade é $200 \text{ mPa} \cdot \text{s}$. Qual é o menor tempo que levará para você encher um tambor de óleo de 55 galões, se o escoamento laminar através da mangueira for mantido?

88 •• Um tubo em U é preenchido com água, até que o nível do líquido atinja 28 cm acima da base do tubo (Figura 13-41a). Óleo, com uma densidade de 0,78, é agora derramado em um dos braços do tubo em U, até que o nível da água no outro braço atinja 34 cm acima da base do tubo (Figura 13-41b). Determine os níveis das interfaces óleo-água e óleo-ar no outro braço do tubo.

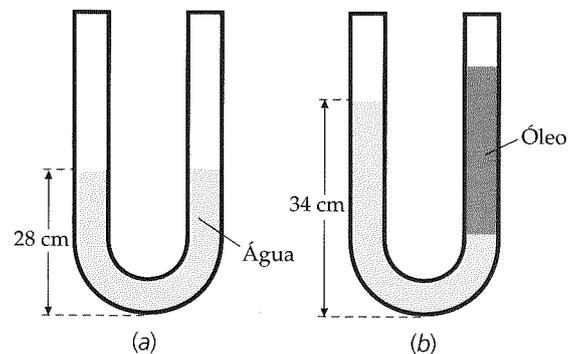


FIGURA 13-41 Problema 88

89 •• Um balão de hélio ergue uma carga de 750 N de volume desprezível, estando no limite de não poder fazê-lo. A envoltória do balão tem uma massa de 1,5 kg. (a) Qual é o volume do balão? (b) Se o volume do balão fosse o dobro daquele da Parte (a), qual seria a aceleração inicial do balão quando largado, no nível do mar, transportando uma carga de 900 N?

90 •• Uma esfera oca possui um raio interno R e um raio externo $2R$. Ela é feita de um material de massa específica ρ_0 e flutua em um líquido de massa específica $2\rho_0$. O interior é, agora, completamente

preenchido com um material de massa específica ρ' , de tal forma que a esfera passa a flutuar completamente submersa. Determine ρ' .

91 •• De acordo com a *lei das atmosferas*, o decréscimo relativo da pressão atmosférica é proporcional à variação de altitude. Esta lei pode ser expressa pela equação diferencial $dP/P = -Cdh$, onde C é uma constante positiva. (a) Mostre que $P(h) = P_0 e^{-Ch}$, onde P_0 é a pressão em $h = 0$, é uma solução da equação diferencial. (b) Dado que a pressão 5,5 km acima do nível do mar é a metade da pressão no nível do mar, determine a constante C .

92 •• **APLICAÇÃO EM ENGENHARIA** Um submarino tem uma massa total de $2,40 \times 10^6$ kg, incluindo a tripulação e o equipamento. A embarcação é constituída de duas partes, o espaço útil, que tem um volume de $2,00 \times 10^3$ m³, e os tanques de lastro, que têm um volume de $4,00 \times 10^2$ m³. Quando a embarcação navega na superfície, os tanques de lastro estão cheios de ar à pressão atmosférica; para navegar abaixo da superfície, água do mar deve ser admitida nos tanques. (a)

Que fração do volume do submarino está acima da superfície d'água, quando os tanques estão cheios de ar? (b) Quanta água deve ser admitida nos tanques para proporcionar empuxo neutro à embarcação? Despreze a massa do ar nos tanques e use 1,025 como a densidade da água do mar.

93 ••• **APLICAÇÃO BIOLÓGICA** Muitas espécies de peixe possuem as chamadas "bexigas natatórias", expansíveis, que permitem que o peixe suba à superfície ao se encherem de oxigênio recolhido por suas guelras, e a afundar ao se esvaziarem. Um peixe de água doce possui uma massa específica média igual a 1,05 kg/L, quando sua bexiga natatória está vazia. Qual deve ser o volume de oxigênio dentro da bexiga natatória do peixe, para que ele esteja sujeito a um empuxo neutro? O peixe tem uma massa de 0,825 kg. Suponha que a massa específica do oxigênio dentro da bexiga seja igual à massa específica do ar nas condições normais de temperatura e pressão.