

**15.13** **Termômetro de gás com volume constante.** Usando-se um termômetro de gás verificou-se que a pressão do ponto triplo da água ( $0,01^\circ\text{C}$ ) era igual a  $4,80 \times 10^4$  Pa e a pressão do ponto de ebulição normal da água ( $100^\circ\text{C}$ ) era igual a  $6,50 \times 10^4$  Pa.  
a) Supondo que a pressão varie linearmente com a temperatura, use estes dados para calcular a temperatura Celsius para a qual a pressão do gás seria igual a zero (isto é, ache a temperatura Celsius do zero absoluto). b) O gás neste termômetro obedece à Equação (15.4) de modo preciso? Caso esta equação fosse obedecida exatamente, e a pressão a  $100^\circ\text{C}$  fosse igual a  $6,50 \times 10^4$  Pa, qual seria a pressão medida a  $0,01^\circ\text{C}$ ? (Como você estudará na Seção 16.2, a Equação (15.4) vale exatamente quando o gás possui densidade pequena.)

**15.15** A ponte Humber na Inglaterra, cujo comprimento é de 1410 m, possui o maior vão sem apoio do mundo. Calcule a variação do comprimento da base de aço do vão quando a temperatura aumenta de  $-5,0^\circ\text{C}$  até  $18,0^\circ\text{C}$ .

**15.16** **Garantia de uma junta firme.** Os rebites de alumínio usados na construção de aviões são feitos com um diâmetro ligeiramente maior do que o diâmetro do buraco e resfriados com “gelo seco” ( $\text{CO}_2$  sólido) antes de serem colocados nos respectivos buracos. Sabendo que o diâmetro de um buraco é igual a 4,500 mm, qual deve ser o diâmetro de um rebite a  $23,0^\circ\text{C}$  para que seu diâmetro fique igual ao do buraco quando o rebite for esfriado até  $-78,0^\circ\text{C}$ , a temperatura do gelo será usado?

**15.24** a) Seja  $A_0$  a área medida sobre a superfície de um corpo sólido a uma certa temperatura inicial e  $\Delta A$  a variação da área quando a temperatura varia de  $\Delta T$ . Mostre que

$$\Delta A = (2\alpha)A_0\Delta T,$$

onde  $\alpha$  é o coeficiente de dilatação linear. b) Uma folha de alumínio circular possui diâmetro de 55,0 cm a  $15,0^\circ\text{C}$ . Qual será a variação da área de uma das faces da folha quando a temperatura aumentar para  $27,5^\circ\text{C}$ ?

**15.29 Perda de calor durante a respiração.** Em climas muito frios um mecanismo significativo para a perda de calor pelo corpo humano é a energia gasta para aquecer o ar nos pulmões em cada respiração. a) Em um dia de inverno muito frio quando a temperatura é de  $-20^{\circ}\text{C}$ , qual é a quantidade de calor necessária para aquecer 0,50 L de ar trocado na respiração até atingir a temperatura do corpo humano ( $37^{\circ}\text{C}$ )? Suponha que o calor específico do ar seja igual a  $1020 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$  e que 1,0 L de ar possua massa igual a  $1,3 \times 10^{-3} \text{ kg}$ . b) Qual o calor perdido por hora considerando uma taxa de respiração de 20 aspirações por minuto?

**15.31** Quando estava pintando o topo de uma antena a uma altura de 225 m, um trabalhador deixa cair acidentalmente uma garrafa com 1,00 L de água da sua mochila. A garrafa é amortecida por arbustos e atinge o solo sem se quebrar. Supondo que a água absorva uma quantidade de calor igual ao módulo da variação da energia potencial, qual é o aumento da temperatura da água?

**15.40** Uma fôrma de cubos de gelo com massa desprezível contém 0,350 kg de água a  $18,0^{\circ}\text{C}$ . Qual é a quantidade de calor necessária para esfriar a água até  $0,0^{\circ}\text{C}$  e solidificá-la? Dê a resposta em joules e em calorias.

**15.42** Um recipiente aberto contém 0,550 kg de gelo a  $-15,0^{\circ}\text{C}$ . A massa do recipiente pode ser desprezada. Fornecemos calor ao recipiente com uma taxa de  $800 \text{ J/min}$  durante 500 min.  
a) Depois de quantos minutos o gelo *começa* a derreter? b) Depois de quantos minutos, a partir do momento em que o aquecimento começou, a temperatura começará a se tornar maior do que  $0^{\circ}\text{C}$ ?  
c) Faça um gráfico mostrando a temperatura em função do tempo decorrido.

**15.49** Uma panela de cobre com massa igual a 0,500 kg contém 0,170 kg de água a uma temperatura de  $20,0^{\circ}\text{C}$ . Um bloco de ferro de 0,250 kg a  $85,0^{\circ}\text{C}$  é colocado na panela. Calcule a temperatura final, supondo que não ocorra perda de calor para o ambiente.

**15.58** Uma das extremidades de uma barra metálica isolada é mantida a  $0^{\circ}\text{C}$  por uma mistura de gelo e água. A barra possui  $60,0\text{ cm}$  de comprimento e uma seção reta com área igual a  $1,25\text{ cm}^2$ . O calor conduzido pela barra produz a fusão de  $8,50\text{ g}$  de gelo em  $10,0$  minutos. Ache a condutividade térmica  $k$  do metal.

**15.60** Um fogão de cozinha elétrico possui paredes com área total igual a  $1,40\text{ m}^2$  e um isolante com uma camada de fibra de vidro com espessura igual a  $4,0\text{ cm}$ . A superfície interna da fibra de vidro possui temperatura igual a  $175^{\circ}\text{C}$  e a superfície externa está a  $35^{\circ}\text{C}$ . A condutividade térmica da fibra de vidro é igual a  $0,040\text{ W/m}\cdot\text{K}$ . a) Qual é a taxa de transferência de calor através do isolante, supondo que ele possa ser tratado como uma placa com área total igual a  $1,40\text{ m}^2$ ? b) Que potência elétrica deve ser fornecida ao elemento aquecedor para manter a temperatura necessária?

**15.62** Uma das extremidades de uma barra longa, isolada na superfície lateral para impedir perda de calor para o ambiente, está em contato térmico perfeito com água em ebulição (na pressão atmosférica) e a outra extremidade está em contato com um banho de água e gelo (Figura 15.21). A barra é composta por uma seção de  $1,00\text{ m}$  de cobre (com uma extremidade no vapor d'água) e ligada pela outra extremidade a uma seção de aço de comprimento  $L_2$  (com extremidade imersa no banho de gelo). As duas seções da barra possuem uma seção reta com a mesma área de  $4,00\text{ cm}^2$ . A temperatura da junção entre o cobre e o aço é igual a  $65,0^{\circ}\text{C}$  depois de ser atingido o estado estacionário. a) Qual é a quantidade de calor por segundo que flui do lado em contato com o vapor para a extremidade imersa no banho de água e gelo? b) Qual é o comprimento  $L_2$  da seção de aço?

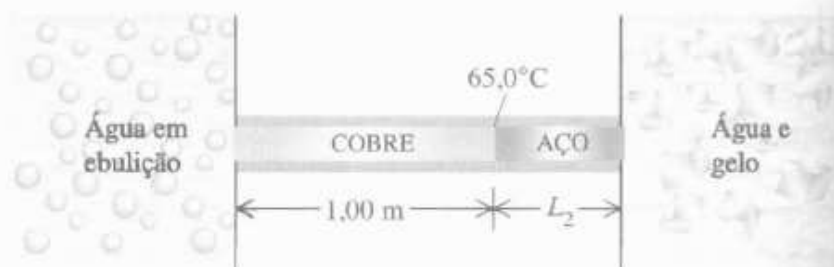


FIGURA 15.21. Exercício 15.62.

**15.83** Um líquido está encerrado em um cilindro metálico que dispõe de um pistão feito com o mesmo metal. O sistema está originalmente a uma pressão de 1,00 atm ( $1,013 \times 10^5$  Pa) e a uma temperatura de  $30,0^\circ\text{C}$ . O pistão é forçado para baixo até que sua pressão sobre o líquido aumenta 50,0 atm e, a seguir, ele é preso nesta posição. Calcule a nova temperatura para a qual a pressão do líquido é novamente igual a 1,00 atm. Suponha que o cilindro seja suficientemente robusto para que seu volume não seja alterado por variações de pressão, mas somente por variações de temperatura. Use os resultados obtidos no Problema 15.82. (*Sugestão: Ver a Seção 11.6*)

Compressibilidade do líquido:  $k = 8,50 \times 10^{-10} \text{ Pa}^{-1}$ .

Coefficiente de dilatação volumétrica do líquido:

$$\beta = 4,80 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}.$$

Coefficiente de dilatação volumétrica do metal:

$$\beta = 3,90 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}.$$

**15.89 Ar quente em uma aula de física.** a) Um estudante típico assistindo a uma aula de física com atenção produz um calor de 100 W. Qual é a quantidade de calor produzida por uma turma de 90 alunos de física em um anfiteatro ao longo da duração de 50 minutos de aula? b) Suponha que todo o calor calculado na parte (a) seja transferido para  $3200 \text{ m}^3$  de ar do anfiteatro. O calor específico do ar é igual a  $1,20 \text{ kg/m}^3$ . Sabendo que não ocorre nenhuma perda de calor e o condicionador de ar está desligado, qual é o aumento da temperatura do ar do anfiteatro durante os 50 minutos de aula? c) Quando os alunos estão fazendo uma prova, o calor produzido por aluno aumenta para 280 W. Qual seria o aumento de temperatura do ar do anfiteatro durante 50 min neste caso?