

**Engenharia Unimonte**  
**Física Aplicada, prof. Marco Simões**  
**Calor e Equilíbrio Térmico – Exercícios selecionados do Sears Zemansky**

**17.33** Uma chaleira de alumínio com massa igual a 1,50 kg e contendo 1,80 kg de água é colocada para esquentar em um fogão. Supondo que não haja nenhuma perda de calor para o ambiente, qual é a quantidade de calor que deve ser adicionada para elevar a temperatura de 20 °C até 85 °C?

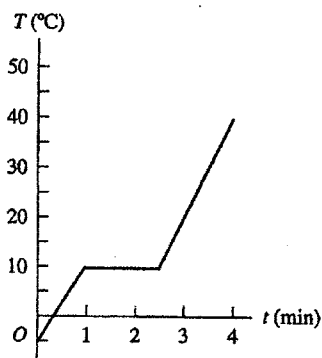
**17.34** Para se manter acordado em seus estudos durante uma noite inteira, um estudante prepara uma xícara de café colocando inicialmente um aquecedor elétrico de 200 W em 0,320 kg de água. a) Qual é o calor transferido para a água para elevar sua temperatura de 20 °C até 80 °C? b) Quanto tempo é necessário? Suponha que toda a potência do aquecedor seja transformada em calor para aquecer a água.

**17.35** Você precisa descobrir o calor específico de uma amostra de metal. Você pesa a amostra e descobre que seu peso é 28,4 N. Você acrescenta, cuidadosamente,  $1,25 \times 10^4$  J à amostra e descobre que sua temperatura sobe 18 °C. Qual é o calor específico da amostra?

~~Qual é o calor específico do ferro? a) Explique a diferença nos resultados obtidos nas partes (a) e (b).~~

**17.43** Você fornece 8950 J de calor a 3,0 mols de ferro. a) Qual é o aumento da temperatura do ferro? b) Se essa mesma quantidade de calor for fornecida a 3,0 kg de ferro, qual será o aumento da temperatura do ferro? c) Explique a diferença nos resultados obtidos nas partes (a) e (b).

**17.44** Você, um cientista, fornece calor a uma amostra sólida de 500,0 g à taxa de 10,0 kJ/min ao mesmo tempo em que registra a sua temperatura em função do tempo. Com esses dados, você faz um gráfico igual ao mostrado na Figura 17.30. a) Qual é o calor latente de fusão desse sólido? b) Quais são os calores específicos dos estados líquido e sólido do material?



**Figura 17.30** Exercício 17.44.

**17.46** Antes de ir fazer seu exame médico anual, um homem de 70,0 kg cuja temperatura é 37 °C consome uma lata inteira de 0,355 L de refrigerante (quase todo composto de água) a 12 °C. a) Qual deve ser a temperatura do corpo dele quando for atingido o equilíbrio? Despreze qualquer efeito de aquecimento provocado pelo metabolismo do homem. O calor específico do corpo do homem é igual a 3480 J/kg · K. b) A variação de temperatura do corpo dele é suficiente para poder ser lida por um termômetro médico comum?

**17.48** Uma bandeja de cubos de gelo com massa desprezível contém 0,350 kg de água a 18 °C. Qual é a quantidade de calor necessária para esfriar a água até 0 °C e solidificá-la? Dê a resposta em joules e em calorias.

**17.49** Qual é o calor total necessário para converter 12,0 g de gelo a -10 °C em vapor d'água a 100 °C? Dê a resposta em joules e em calorias.

**17.52** Queimadura de água versus queimadura de vapor d'água. Qual é o calor transferido para sua pele quando ela recebe calor liberado a) por 25,0 g de vapor d'água inicialmente a 100 °C, quando ele esfria até atingir a temperatura da pele (34 °C)? b) por 25,0 g de água inicialmente a 100 °C quando ela esfria até atingir 34 °C? c) O que você pode concluir acerca da intensidade relativa de queimadura causada por água quente e da queimadura causada por vapor d'água?

**17.58** Um técnico de laboratório coloca em um calorímetro uma amostra de 0,00850 kg de um material desconhecido, a uma temperatura de 100 °C. O recipiente do calorímetro, inicialmente a 19 °C, é feito com 0,150 kg de cobre e contém 0,200 kg de água. A temperatura final do calorímetro e seu conteúdo é 26,1 °C. Calcule o calor específico da amostra.

**17.59** Um recipiente isolado de massa desprezível contém 0,250 kg de água a uma temperatura de 75 °C. Quantos quilogramas de gelo a uma temperatura de -20 °C devem ser colocados na água para que a temperatura final do sistema seja igual a 30 °C?

**17.60** Um frasco de vidro contendo 16,0 g de amostra de uma enzima é esfriado em um banho contendo água e 0,120 kg de gelo. O calor específico da amostra é 2250 J/kg · K; o frasco de vidro possui massa de 6,0 g e calor específico igual a 2800 J/kg · K. Qual é a quantidade de gelo que se funde para esfriar a amostra da temperatura ambiente (19,5 °C) até a temperatura final do banho de gelo?

**17.61** Um lingote de prata de 4,0 kg é retirado de um forno com temperatura igual a 750 °C e colocado sobre um grande bloco de gelo a 0 °C. Supondo que todo o calor liberado pelo lingote de prata seja usado para fundir o gelo, qual é a quantidade de gelo que deve ser fundida?

**17.62** Um calorímetro de cobre com massa igual a 0,100 kg contém 0,160 kg de água e 0,018 kg de gelo em equilíbrio térmico na pressão atmosférica. Se um bloco de chumbo de 0,750 kg a uma temperatura de 255 °C for colocado no recipiente, qual será a temperatura final de equilíbrio? Suponha que não ocorra nenhuma perda de calor para o ambiente.

**Respostas:**

- 17.33)  $5,79 \times 10^5$  J
- 17.34) a)  $8,04 \times 10^4$  J; b) 6,7 min.
- 17.35) 240 J/kg.K
- 17.43) a) 114 °C; b) 6,35 °C
- 17.44) a)  $3,0 \times 10^4$  J/kg; b)  $c_{\text{liq}} = 1,0 \times 10^3$  J/kg.K;  $c_{\text{sól}} = 1,33 \times 10^3$  J/kg.K
- 17.46) a) 36,85 °C; b) Provavelmente não
- 17.48)  $1,43 \times 10^5$  J;  $3,42 \times 10^4$  cal; 34,2 cal
- 17.49)  $3,64 \times 10^4$  J =  $8,69 \times 10^3$  cal = 34,5 BTU
- 17.52) a)  $-6,33 \times 10^4$  J; b)  $-6,91 \times 10^4$  J; c) a queima causada pelo vapor é muito mais severa que a causada pela água em ebulição.
- 17.58)  $c = 1,01 \times 10^3$  J/kg.K
- 17.59) 0,0940 kg
- 17.60) 3,08 g
- 17.61) 2,10 kg
- 17.62) 21,4 °C

Física Aplicada - Calor e Equilíbrio  
Questões do Sears

$$17.33) \quad M_{al} = 1,50 \text{ kg} \quad T_0 = 20^\circ\text{C}; \quad T = 85^\circ\text{C}$$
$$M_{\acute{a}g} = 1,80 \text{ kg}$$

$$c_{al} = 910 \text{ J/kgK} \quad ; \quad c_{\acute{a}g} = 4190 \text{ J/kgK}$$

$$Q_{al} = M_{al} \cdot c_{al} \cdot \Delta T \Rightarrow Q_{al} = 1,50 \times 910 \times (85 - 20)$$

$$Q_{al} = 8,87 \times 10^4 \text{ J}$$

$$Q_{\acute{a}g} = M_{\acute{a}g} \cdot c_{\acute{a}g} \cdot \Delta T \Rightarrow Q_{\acute{a}g} = 1,80 \times 4190 \times (85 - 20)$$

$$Q_{\acute{a}g} = 4,90 \times 10^5 \text{ J}$$

$$Q = Q_{al} + Q_{\acute{a}g} \Rightarrow Q = 8,87 \times 10^4 + 4,90 \times 10^5$$

$$Q = 5,79 \times 10^5 \text{ J}$$

↖

$$17.34) \quad m = 0,320 \text{ kg} \quad P = 200 \text{ W}$$

$$a) \quad Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow Q = 0,320 \times 4190 \times (80 - 20)$$

$$Q = 8,04 \times 10^4 \text{ J}$$

$$b) \quad P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow 200 = \frac{8,04 \times 10^4}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 402 \text{ s}$$

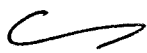
$$17.35) P = 28,4 \text{ N}$$

$$P = m \cdot g \Rightarrow 28,4 = m \cdot 9,81$$

$$m = \frac{28,4}{9,81} \Rightarrow m = 2,9 \text{ kg}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow 1,25 \times 10^4 = 2,9 \cdot c \cdot 18$$

$$c = \frac{1,25 \times 10^4}{2,9 \times 18} \Rightarrow c = 240 \text{ J/kg K}$$



$$17.43) 3,0 \text{ mols de Ferro} \Rightarrow Q = 8950 \text{ J}$$

a) Calor específico molar do ferro  $\Rightarrow c = 26,3 \text{ J/mol K}$

$$Q = n \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow 8950 = 3 \times 26,3 \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{8950}{3 \times 26,3} \Rightarrow \Delta T = 113^\circ \text{C}$$

OU  $\Rightarrow$  Massa molar do Ferro  $\Rightarrow M = 0,0559 \text{ kg/mol}$

massa do ferro  $\Rightarrow m = 3 \times 0,0559 \Rightarrow m = 0,168 \text{ kg}$

Calor específico do Ferro  $\Rightarrow c = 470 \text{ J}$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow 8950 = 0,168 \times 470 \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta T = 113^\circ \text{C}$$

$$17.43, \text{ (out)} \quad m = 3 \text{ kg}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow 8950 = 3 \times 470 \times \Delta T$$

$$\Delta T = 6,35^\circ\text{C}$$

c) A massa de Fe na parte b é muito maior do que em a. Como a quantidade de calor fornecida é a mesma, a variação de temperatura em b é menor.

$$17.44) \quad m = 500,0 \text{ g} \quad P = 10,0 \text{ kJ/min}$$

a) Calor latente de fusão

$$\Delta t = 2,5 - 1 = 1,5 \text{ min}$$

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow 10,0 = \frac{Q}{1,5} \Rightarrow Q = 15 \text{ kJ}$$

$$Q = m \cdot L \Rightarrow L = \frac{15}{0,5} \Rightarrow L = 30 \text{ kJ/kg}$$

$$L = 3,0 \times 10^4 \text{ J/kg}$$

17.44, cont) b) Sólido

$$\Delta t = 1 \text{ min} \Rightarrow P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow 10,0 \times 1 \Rightarrow Q = 10,0 \text{ kJ}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow 10.000 = 0,5 \cdot c \cdot (10 - (-5))$$

$$c = \frac{10.000}{0,5 \cdot 15} \Rightarrow c = 1,33 \times 10^3 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

Líquido

$$\Delta t = 4,0 - 2,5 = 1,5 \text{ min}$$

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow Q = 10,0 \times 1,5 \Rightarrow Q = 15 \text{ kJ}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow 15.000 = 0,5 \cdot c \cdot (40 - 10)$$

$$c = \frac{15.000}{0,5 \times 30} \Rightarrow c = 1,0 \times 10^3 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$17.46) d) m_h = 70.0 \text{ kg} \quad T_0 = 37^\circ\text{C}$$

$$m_R = 0.355 \text{ kg} \quad (1 \text{ l} \approx 1 \text{ kg}) \quad T_0 = 12^\circ\text{C}$$

$$Q_h + Q_R = 0$$

$$70.0 \times 3480 \times (T - 37) + 0.355 \times 4190 \times (T - 12) = 0$$

$$2.44 \times 10^5 (T - 37) + 1.49 \times 10^3 (T - 12) = 0$$

$$2.44 \times 10^5 T - 9.01 \times 10^6 + 1.49 \times 10^3 T - 1.78 \times 10^4 = 0$$

$$2.45 \times 10^5 T = 9.03 \times 10^6$$

$$T = \frac{9.03 \times 10^6}{2.45 \times 10^5} = T = 368^\circ\text{C}$$

b) A diferença de  $0.2^\circ\text{C}$  ( $37.0 - 36.8$ ) provavelmente não será detectada.

$$17.48) Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad \text{---} \quad Q = m \cdot L$$

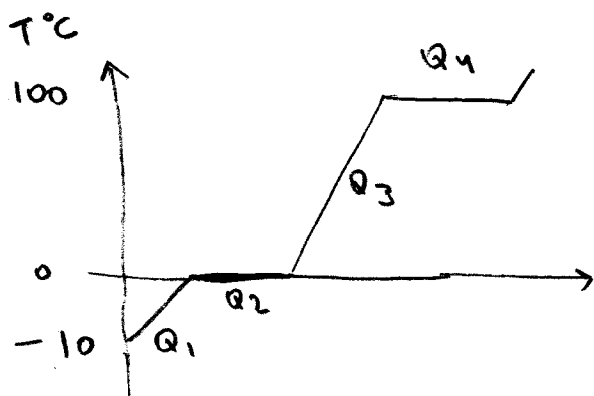
$$Q = 0.350 \times 4180 \times (0 - 18)$$

$$Q = -2.63 \times 10^4 \text{ Joule p/ gelar}$$

$$Q = -0.350 \times 3.34 \times 10^5 \rightarrow Q = -1.17 \times 10^5 \text{ J p/ congelar}$$

$$Q = -2.63 \times 10^4 - 1.17 \times 10^5 \rightarrow Q = -1.43 \times 10^5 \text{ J} = 34.2 \text{ kcal}$$

17.49)  $m = 12g$



$$Q_1 = m \cdot c_{\text{gelado}} \cdot \Delta T \Rightarrow Q_1 = 0,012 \times 2100 \times (0 - (-10))$$

$$Q_1 = 252 \text{ J}$$

$$Q_2 = m \cdot L_f \Rightarrow Q_2 = 0,012 \times 334 \times 10^3$$

$$Q_2 = 4,01 \times 10^3 \text{ J}$$

$$Q_3 = m \cdot c_{\text{água}} \cdot \Delta T \Rightarrow Q_3 = 0,012 \times 4190 \times (100 - 0)$$

$$Q_3 = 5,03 \times 10^3 \text{ J}$$

$$Q_4 = m \cdot L_v \Rightarrow Q_4 = 0,012 \times 2256 \times 10^3$$

$$Q_4 = 2,71 \times 10^4 \text{ J}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$Q = 252 + 4,01 \times 10^3 + 5,03 \times 10^3 + 2,71 \times 10^4$$

$$Q = 3,64 \times 10^4 \text{ J}$$

17.49, cont)

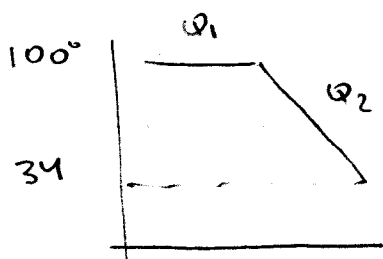
$$Q = \frac{3,64 \times 10^4}{4,18} \Rightarrow Q = 8,71 \times 10^3 \text{ cal}$$

$$Q = 8,71 \text{ kcal}$$

$$Q = \frac{3,64 \times 10^4}{1055} \Rightarrow Q = 34,5 \text{ BTU}$$



17.52) a)  $m = 25 \text{ g}$        $T_0 = 100^\circ\text{C}$        $T = 34^\circ\text{C}$



$$Q_1 = -m \cdot L_v$$
$$Q_1 = -0,025 \times 2256 \times 10^3$$
$$Q_1 = -5,64 \times 10^4 \text{ J}$$

$$Q_2 = m \cdot c \cdot \Delta T$$
$$Q_2 = 0,025 \times 4190 \times (34 - 100)$$
$$Q_2 = -6,91 \times 10^3 \text{ J}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 \Rightarrow Q = -5,64 \times 10^4 - 6,91 \times 10^3$$

$$Q = -6,33 \times 10^4 \text{ J}$$

b) Água, de  $100^\circ$  e  $34^\circ = Q_2 = -6,91 \times 10^3$

c) Embora à mesma temperatura, o vapor queima muito mais.



$$17.58) \quad M_{\text{amostra}} = 0,00850 \text{ kg} \quad T_0 = 100^\circ\text{C}$$

$$\text{Calorímetro} \Rightarrow T_0 = 19^\circ\text{C}$$

$$M_{\text{cobre}} = 0,150 \text{ kg}$$

$$M_{\text{água}} = 0,200 \text{ kg}$$

$$T = 26,1^\circ\text{C}$$

$$Q_A + Q_{\text{cobre}} + Q_{\text{água}} = 0$$

$$0,00850 \times C_A \times (26,1 - 100) + 0,150 \times 390 \times (26,1 - 19) +$$

$$+ 0,200 \times 4190 \times (26,1 - 19) = 0$$

$$-0,63 C_A + 415 + 5950 = 0$$

$$-0,63 C_A = -6,37 \times 10^3$$

$$C_A = 1,01 \times 10^4 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$17.59) \quad M_{\text{água}} = 0,250 \text{ kg} \quad T_0 = 75^\circ\text{C} \quad (1)$$

$$M_{\text{gelo}} = ? \quad T_0 = -20^\circ\text{C} \quad T = 30^\circ\text{C} \quad (2)$$

$$Q_{\text{água1}} + Q_{\text{gelo}} + Q_{\text{água+gelo}} + Q_{\text{água2}} = 0$$

$$0,250 \times 4190 \times (30 - 75) + M \times 2100 \times (0 - (-20)) + M \times 334 \times 10^3 +$$

$$M \times 4190 (30 - 0) = 0$$

$$17.59, \text{ cont}) -4,71 \times 10^4 + 4,20 \times 10^4 m + 3,34 \times 10^5 m + 1,26 \times 10^5 = 0$$

$$-4,71 \times 10^4 = -5,02 \times 10^5 m$$

$$m = \frac{-4,71 \times 10^4}{-5,02 \times 10^5} \Rightarrow m = 9,39 \times 10^{-2} \text{ kg}$$

17.60)  $M_{\text{amostra}} = 16 \text{ g}$        $c_{\text{am}} = 2250 \text{ J/kgK}$

$M_{\text{vidro}} = 6 \text{ g}$        $c_{\text{vid}} = 2800 \text{ J/kgK}$

$$T_0 \text{ amostra} = T_0 \text{ vidro} = 19,5^\circ \text{C}$$

$$T = 0^\circ \text{C}$$

$$Q_{\text{amostra}} = M \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q_{\text{amostra}} = 0,016 \times 2250 \times (0 - 19,5)$$

$$Q_{\text{amostra}} = -702 \text{ J}$$

$$Q_{\text{vidro}} = 0,006 \times 2800 \times (0 - 19,5)$$

$$Q_{\text{vidro}} = -328 \text{ J}$$

$$Q = Q_{\text{amostra}} + Q_{\text{vidro}} = -1030 \text{ J}$$

$$Q_{\text{gelo}} = M L_f \Rightarrow 1030 = M \cdot 3,34 \times 10^5$$

$$M = \frac{1030}{3,34 \times 10^5} = 3,08 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

17.60, cont) Outra forma

$$Q_{\text{amostra}} + Q_{\text{vidro}} + Q_{\text{gel}} = 0$$

$$0,016 \times 2250 \times (0 - 19,5) + 0,006 \times 2800 (0 - 19,5) + m \cdot 3,34 \times 10^5 = 0$$
$$-702 - 328 + 3,34 \times 10^5 m = 0$$

$$m = \frac{1030}{3,34 \times 10^5} = 3,08 \times 10^{-3} \text{ kg}$$



17.61)  $M_{\text{prata}} = 4,0 \text{ kg}$        $T_0 = 750^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{prata}} + Q_{\text{gel}} = 0 \quad T = 0^\circ\text{C}$$

$$4,0 \times 234 \times (0 - 750) + m \cdot 3,34 \times 10^5 = 0$$

$$-7,02 \times 10^5 + 3,34 \times 10^5 m = 0$$

$$m = \frac{7,02 \times 10^5}{3,34 \times 10^5} = 2,10 \text{ kg}$$

$$\begin{array}{l}
 17.62 ) \quad m_{\text{cobre}} = 0,100 \text{ kg} \\
 \quad \quad \quad m_{\text{água}} = 0,160 \text{ kg} \\
 \quad \quad \quad m_{\text{gelo}} = 0,018 \text{ kg} \\
 \quad \quad \quad m_{\text{chumbo}} = 0,750 \text{ kg}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} m_{\text{cobre}} \\ m_{\text{água}} \\ m_{\text{gelo}} \\ m_{\text{chumbo}} \end{array}} \right\} \begin{array}{l} T_0 = 0^\circ\text{C} \\ T_0 = 255^\circ\text{C} \end{array}$$

→ Supondo que todo gelo derreta:

$$Q_{\text{cobre}} + Q_{\text{água}} + Q_{\text{gelo}} + Q_{\text{chumbo}} = 0$$

→ Fazendo por partes

$$Q_{\text{cobre}} = 0,100 \times 390 \times (T-0) = 39T$$

$$Q_{\text{água}} = 0,160 \times 4190 \times (T-0) = 670T$$

$$Q_{\text{gelo}} = m \cdot L_f + m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q_{\text{gelo}} = 0,018 \times 3,34 \times 10^5 + 0,018 \times 4190 \times (T-0)$$

$$Q_{\text{gelo}} = 6,01 \times 10^3 + 75,4T$$

$$Q_{\text{chumbo}} = 0,750 \times 130 \times (T-255) =$$

$$Q_{\text{chumbo}} = 97,5T - 2,49 \times 10^4$$

$$39T + 670T + 6,01 \times 10^3 + 75,4T + 97,5T - 2,49 \times 10^4 = 0$$

$$882T = 1,89 \times 10^4 \Rightarrow T = \frac{1,89 \times 10^4}{882} \Rightarrow T = 21,4^\circ\text{C}$$