



CALORIMETRIA

1. (UERJ 2016) Um trem com massa de 100 toneladas e velocidade de 72 km/h, é freado até parar. O trabalho realizado pelo trem, até atingir o repouso, produz energia suficiente para evaporar completamente uma massa x de água.

Sendo a temperatura inicial da água igual a 20°C, calcule, em kg, o valor de x .

2. (UNIFESP 2016) Considere um copo de vidro de 100 g contendo 200 g de água líquida, ambos inicialmente em equilíbrio térmico a 20°C. O copo e a água líquida foram aquecidos até o equilíbrio térmico a 50°C, em um ambiente fechado por paredes adiabáticas, com vapor de água inicialmente a 120°C. A tabela apresenta valores de calores específicos e latentes das substâncias envolvidas nesse processo.

calor específico da água líquida	1 cal/(g.°C)
calor específico do vapor de água	0,5 cal/(g.°C)
calor específico do vidro	0,2 cal/(g.°C)
calor latente de liquefação do vapor de água	-540 cal/g

Considerando os dados da tabela, que todo o calor perdido pelo vapor tenha sido absorvido pelo copo com água líquida e

que o processo tenha ocorrido ao nível do mar, calcule:

a. a quantidade de calor, em cal, necessária para elevar a temperatura do copo com água líquida de 20°C para 50°C.

b. a massa de vapor de água, em gramas, necessária para elevar a temperatura do copo com água líquida até atingir o equilíbrio térmico a 50°C.

3. (UEL 2016) Em uma chaleira, são colocados 2 litros de água para ferver. A chaleira, que tem um dispositivo que apita quando a água atinge o ponto de ebulição, começa a apitar após 5 minutos.

Sabendo que o calor específico da água é 1 cal/g°C e que a densidade específica da água é 1000 kg/m³, responda aos itens a seguir.

O fogo forneceu 150000 cal para a água até a chaleira começar a apitar.

Assumindo que todo o calor cedido pelo fogo foi absorvido pela água, calcule a temperatura inicial da água.

Calcule a taxa de variação da temperatura da água no tempo ($\Delta T/\Delta t$).



4. (UNIFESP 2015) Em um copo, de capacidade térmica 60 cal/°C e a 20°C, foram colocados 300 mL de suco de laranja, também a 20°C, e, em seguida, dois cubos de gelo com 20g cada um, a 0°C.

Considere os dados da tabela:

densidade da água líquida	1g/cm ³
densidade do suco	1g/cm ³
calor específico da água líquida	1cal/(g°C)
calor específico do suco	1cal/(g°C)
calor latente de fusão do gelo	80 cal/g

Sabendo que a pressão atmosférica local é igual a 1atm, desprezando perdas de calor para o ambiente e considerando que o suco não transbordou quando os cubos de gelo foram colocados, calcule:

- a. o volume submerso de cada cubo de gelo, em cm³, quando flutua em equilíbrio assim que é colocado no copo.
- b. a temperatura da bebida, em °C, no instante em que o sistema entra em equilíbrio térmico.

5. (UEMA 2015) Um técnico de laboratório de química, para destilar certa massa de água, usou um aquecedor elétrico para colocar em ebulição 80% dessa massa, pois o mesmo não pode funcionar a seco. Considere que essa massa estava a 20°C e que levou 5 min para ferver a 100°C.

Adotando-se um regime estacionário e sem perda de energia, o calor de vaporização igual a 540 cal/g e o calor específico igual a 1 cal/g°C, calcule o

tempo total programado pelo técnico para o desligamento do temporizador do aquecedor, considerando que o mesmo não tenha sofrido qualquer danificação.

6. (UFPR 2014) Recentemente houve incidentes com meteoritos na Rússia e na Argentina, mas felizmente os danos foram os menores possíveis, pois, em geral, os meteoritos ao sofrerem atrito com o ar se incineram e desintegram antes de tocar o solo. Suponha que um meteorito de 20 kg formado basicamente por gelo entra na atmosfera, sofre atrito com o ar e é vaporizado completamente antes de tocar o solo. Considere o calor latente de fusão e de vaporização da água iguais a 300 kJ/kg e 2200 kJ/kg, respectivamente. O calor específico do gelo é 0,5 cal/(g.°C) e da água líquida é 1,0 cal/(g.°C). Admita que 1 cal é igual a 4,2 J. Supondo que o bloco de gelo estava à temperatura de -10 °C antes de entrar na atmosfera, calcule qual é a quantidade de energia fornecida pelo atrito, em joules, para:

- a. aumentar a temperatura do bloco de gelo de -10 °C até gelo a 0 °C.
- b. transformar o gelo que está na temperatura de 0 °C em água líquida a 20 °C.

7. (UFPR 2013) É cada vez mais frequente encontrar residências equipadas com painéis coletores de energia solar. Em uma residência foram instalados 10 m² de painéis com eficiência de 50%. Supondo



que em determinado dia a temperatura inicial da água seja de 18°C, que se queira aquecê-la até a temperatura de 58°C e que nesse local a energia solar média incidente seja de 120 W/m², calcule o volume de água que pode ser aquecido em uma hora.

8. (UFTM 2012) Em determinada região do hemisfério norte, durante o período de inverno, um gramado de jardim foi coberto por uma espessa camada de 10 cm de neve, a 0°C.

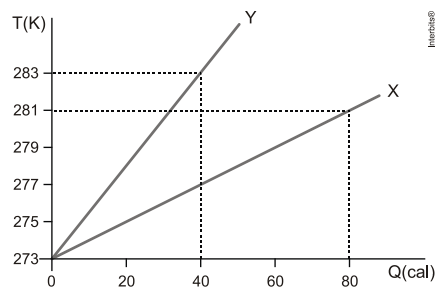


Considere a densidade da neve $d_n = 70 \text{ kg/m}^3$ e seu calor latente de fusão $L_f = 80 \text{ cal/g}$. Em um dia de sol, a neve derreteu e conseguiu se converter em vapor de água ($c_{\text{água}} = 1 \text{ cal/(g}\cdot\text{°C)}$ e $d_{\text{água}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$), a uma temperatura de 10°C. Considere que o volume de água formado seja igual ao da neve. Sabe-se que o calor latente de vaporização da água, a essa temperatura, é $L_v = 600 \text{ cal/g}$.

- a. Qual foi a quantidade de calor emitida pelo Sol, absorvida pela neve, em um metro quadrado de superfície, considerando que não houve troca de energia térmica entre a neve e o solo?
- b. Calcule a massa de lenha necessária a ser aquecida de modo a evaporar essa mesma quantidade de neve, sabendo que o calor de combustão da madeira é $L_c = 5130 \text{ cal/g}$.

9. (UERJ 2012) Considere X e Y dois corpos homogêneos, constituídos por substâncias distintas, cujas massas correspondem, respectivamente, a 20 g e 10 g.

O gráfico abaixo mostra as variações da temperatura desses corpos em função do calor absorvido por eles durante um processo de aquecimento.



Determine as capacidades térmicas de X e Y e, também, os calores específicos das substâncias que os constituem.

10. (UNIFESP 2012) Um calorímetro de capacidade térmica 10 cal/°C, contendo 500 g de água a 20 °C, é utilizado para determinação do calor específico de uma barra de liga metálica de 200 g, a ser utilizada como fundo de panelas para cozimento. A barra é inicialmente aquecida a 80 °C e imediatamente colocada dentro do calorímetro, isolado termicamente. Considerando o calor específico da água 1,0 cal/(g · °C) e que a temperatura de equilíbrio térmico atingida no calorímetro foi 30 °C, determine:

- a. a quantidade de calor absorvido pelo calorímetro e a quantidade de calor absorvido pela água.
- b. a temperatura final e o calor específico da barra.



11. (UFPR 2011) Considere a seguinte experiência: colocam-se, por um longo período de tempo, dois objetos de massas diferentes em contato entre si, de modo que suas temperaturas fiquem iguais. Em seguida, os objetos são separados e cada um deles é aquecido, de modo a receber uma mesma quantidade de calor Q .

A temperatura final dos dois objetos será a mesma? Justifique a sua resposta.

12. (UFPE 2011) Um estudante precisa de três litros de água a temperatura de 37°C . Ele já dispõe de dois litros de água a 17°C . A que temperatura, em $^\circ\text{C}$, ele deve aquecer o litro de água a ser misturado com o volume já disponível? Considere a existência de trocas térmicas apenas entre os volumes de água na mistura.

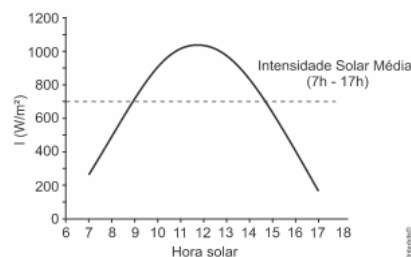
13. (UFPE 2011) Uma pessoa que deseja beber água fresca, mistura duas porções, de 150 ml cada; uma, à temperatura de 5°C , e a outra à temperatura de 31°C . Após algum tempo, ela verifica que a temperatura da mistura é de 16°C . Determine o módulo da quantidade de calor que é cedido para o ambiente (sala mais copo). Expresse sua resposta em unidades de 10^2 calorias.

14. (UFRJ 2010) Um calorímetro ideal contém uma certa massa de um líquido A a 300K de temperatura. Um outro calorímetro, idêntico ao primeiro, contém a mesma massa de um líquido B à mesma temperatura.

Duas esferas metálicas idênticas, ambas a 400K de temperatura, são introduzidas nos calorímetros, uma no líquido A, outra no líquido B. Atingido o equilíbrio térmico em ambos os calorímetros, observa-se que a temperatura do líquido A aumentou para 360K e a do líquido B, para 320K .

Sabendo que as trocas de calor ocorrem a pressão constante, calcule a razão c_A/c_B entre o calor específico c_A do líquido A e o calor específico c_B do líquido B.

15. (FUVEST 2019) Uma fábrica montou uma linha de produção que tem necessidade de um fluxo contínuo de água, de 8l/min , numa temperatura 15°C acima da temperatura ambiente. Para obter esse resultado, foi utilizado um aquecedor de água híbrido, consistindo de um coletor solar e de um aquecedor elétrico que complementa o aquecimento da água.





Considere a distribuição diária de intensidade de radiação solar dada pela figura e determine

- a. Potência total P, em W, que este sistema de aquecimento necessita ter;
- b. A área A do coletor para que, no horário de pico da intensidade de radiação solar, a água seja aquecida 15 °C acima da temperatura ambiente, apenas pelo coletor solar, considerando que a sua eficiência seja 40%.
- c. A quantidade de energia elétrica complementar em E, em kWh, usada em um dia, com o sistema operando das 7h às 17h, considerando a área calculada no item (b).

Note e adote:

Calor específico da água = 1 cal/g °C

Densidade da água = 1 kg/L

1 cal = 4 J

16. (UNIFESP 2005) Uma esfera de aço de massa $m = 0,20 \text{ kg}$ a 200°C é colocada sobre um bloco de gelo a 0°C , e ambos são encerrados em um recipiente termicamente isolado.

Depois de algum tempo, verifica-se que parte do gelo se fundiu e o sistema atinge o equilíbrio térmico.

Dados:

coeficiente de dilatação linear do aço: $\alpha = 11 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$;

calor específico do aço: $c = 450 \text{ J}/(\text{kg}^\circ\text{C})$;

calor latente de fusão do gelo: $L = 3,3 \times 10^5 \text{ J}/\text{kg}$.

- a. Qual a redução percentual do volume da esfera em relação ao seu volume inicial?
- b. Supondo que todo calor perdido pela esfera tenha sido absorvido pelo gelo, qual a massa de água obtida?

ANOTAÇÕES



GABARITO

1. Primeiramente faz-se necessário calcular a energia dissipada durante o período de frenagem. Pelo o princípio da conservação de energia, a energia dissipada (E_d) tem que ser igual ao valor da energia cinética inicial (E_c). Assim, pode-se escrever:

$$E_d = E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$E_d = \frac{(100 \cdot 10^3) \cdot \left(\frac{72}{3,6}\right)^2}{2}$$

$$E_d = 200 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Para que seja possível evaporar completamente uma massa x de água, a quantidade de calor a ser fornecido é dada por:

$$Q_t = Q_1 + Q_2 = m \cdot c \cdot \Delta\theta + m \cdot L$$

$$Q_t = m \cdot (c \cdot \Delta\theta + L)$$

Assim, igualando a equação do calor a ser fornecido à água com o valor da energia dissipada, pode-se encontrar a quantidade de massa de água existente. Note que o valor da energia previamente calculado deve estar em calorias (cal). Assim, pode-se escrever:

$$(200 \cdot 10^5) \cdot (0,24 \text{ cal}) = m \cdot (c \cdot \Delta\theta + L)$$

$$m = \frac{4,8 \cdot 10^6}{1 \cdot 80 + 540}$$

$$m = 7,74 \text{ kg}$$

2.

a) A quantidade de calor necessária para elevar a temperatura do copo com água é igual a soma dos calores necessários para elevar a temperatura dos dois (copo e água separadamente). Assim,

$$Q_T = Q_c + Q_{H_2O} = (m \cdot c \cdot \Delta T)_c + (m \cdot c \cdot \Delta T)_{H_2O}$$

$$Q_T = (100 \cdot 0,2 \cdot 30) + (200 \cdot 1 \cdot 30)$$

$$Q_T = 600 + 6000$$

$$Q_T = 6600 \text{ cal}$$

b) O calor fornecido pelo vapor d'água ao copo com água é:

$$Q_v = Q_{120^\circ\text{C} \rightarrow 100^\circ\text{C}} + Q_L + Q_{100^\circ\text{C} \rightarrow 50^\circ\text{C}}$$

$$Q_v = m \cdot c_v \cdot (-20) + m \cdot L + m \cdot c \cdot (-50)$$

$$Q_v = m \cdot 0,5 \cdot (-20) + m(-540) + m \cdot 1 \cdot (-50)$$

$$Q_v = -600m$$

Para o equilíbrio térmico, a soma algébrica das quantidades de calor trocadas deve ser igual a zero. Assim,

$$\sum Q = 0$$

$$Q_T + Q_v = 0$$

$$6600 - 600m = 0$$

$$m = 11 \text{ g}$$

A massa de vapor necessária é de 11 gramas.

3.

a) Usando-se a expressão do calor sensível, $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ podemos calcular a temperatura inicial T_i , sabendo-se que $\Delta T = T_f - T_i$:

Assim,

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \rightarrow 150.000 \text{ cal} = 2.000 \text{ kg} \cdot 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (100^\circ\text{C} - T_i)$$

Isolando-se a temperatura inicial, tem-se:

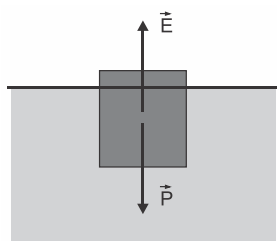
$$T_i = 25^\circ\text{C}.$$

b) A taxa de variação da temperatura da água no tempo $\left(\frac{\Delta T}{\Delta t}\right)$, será:

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{75^\circ\text{C}}{5 \text{ min}} \therefore \frac{\Delta T}{\Delta t} = 15^\circ\text{C} / \text{min}$$

4.

a) Teremos:



Como se trata de uma situação de equilíbrio, o empuxo e o peso têm mesma intensidade.

$$E = P \Rightarrow d_{\text{sucro}} V_i g = m g \Rightarrow V_i = \frac{m}{d_{\text{sucro}}} = \frac{20}{1} \Rightarrow V_i = 20 \text{ cm}^3$$

b) Como o sistema é termicamente isolado, o somatório dos calores trocados é nulo.

$$Q_{\text{copo}} + Q_{\text{sucro}} + Q_{\text{gelo}} + Q_{\text{água}} = 0 \Rightarrow$$

$$(C \Delta\theta)_{\text{copo}} + (m c \Delta\theta)_{\text{sucro}} + (m L_f)_{\text{gelo}} + (m c \Delta\theta)_{\text{água}} = 0 \Rightarrow$$

$$60(\theta - 20) + 300(1)(\theta - 20) + 40(80) + 40(1)(\theta - 0) = 0 \quad [\div 20] \Rightarrow$$

$$3\theta - 60 + 15\theta - 300 + 160 + 2\theta \Rightarrow 20\theta = 200 \Rightarrow$$

$$\theta = 10^\circ\text{C}.$$



5. Como não foi dada a quantidade total (massa) de água, para resolução deste exercício, é preciso deixar a quantidade de calor em função da massa.

A quantidade de calor utilizada para aquecer a água de 20°C até 100°C é:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = m \cdot 1.80$$

$$Q = 80 \cdot m$$

Ou seja, o aquecedor forneceu à água 80.mJ de calor em 5 minutos. Como este processo durou 5 minutos para ser realizado, então pode-se concluir que a cada minuto o aquecedor fornece 80/5 mJ.

Baseado nisto, para a vaporização, a energia necessária para transformar em vapor 80% da massa de água existente no sistema, tem-se que:

$$Q_L = m_v \cdot L$$

$$Q_L = 0,8 \cdot m \cdot 540$$

$$Q_L = 432 \cdot m \text{ J}$$

Por uma regra de três simples:

$$1 \text{ min} \rightarrow 16 \cdot m \text{ J}$$

$$x \text{ min} \leftarrow 432 \cdot m \text{ J}$$

$$x = \frac{432 \cdot m}{16 \cdot m}$$

$$x = 27 \text{ min}$$

Logo, o tempo total para o procedimento será o tempo que leva para o aquecimento inicial da água mais o tempo que leva para vaporizar 80% dela.

$$t_{\text{total}} = 5 + 27$$

$$t_{\text{total}} = 32 \text{ minutos}$$

6.

a) Dados: $m = 20 \text{ kg}$; $c_g = 0,5 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} = 2.100 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$; $\Delta\theta = 10^\circ\text{C}$.

$$Q_{\text{gelo}} = mc_g \Delta\theta = 20 \times 2.100 \times 10$$

$$Q_g = 4,2 \times 10^5 \text{ J.}$$

b) Dados: $m = 20 \text{ kg}$; $L_f = 300 \text{ kJ/kg} = 300.000 \text{ J/kg}$; $c_a = 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} = 4.200 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$; $\Delta\theta = 20^\circ\text{C}$.

$$Q = Q_{\text{fusão}} + Q_{\text{água}} = mL_f + mc_a \Delta\theta = (20 \times 300.000) + (20 \times 4.200 \times 20) \rightarrow Q = 7,68 \times 10^6 \text{ J}$$

7. Dados: $A = 10 \text{ m}^2$; $I = 120 \text{ W/m}^2$; $\Delta\theta = 58 - 18 = 40^\circ\text{C}$; $\Delta t = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$; $\eta = 50\% = 0,5$.

Considerando o calor específico da água, $c = 4.000 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$, a quantidade de calor (Q) absorvida em 1 hora é:

$$Q = \eta I A \Delta t = 0,5 \cdot 120 \cdot 10 \cdot 3600 \rightarrow Q = 2,16 \times 10^6 \text{ J}$$

Mas:

$$Q = mc \Delta\theta \rightarrow m = Q/c \Delta\theta \rightarrow m = 2,16 \times 10^6 / 4 \times 10^3 \times 40 \rightarrow m = 13,5 \text{ kg}$$

Considerando que a densidade da água é $d_a = 1 \text{ kg/L}$:

$$d_a = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{d_a} = \frac{13,5}{1} \Rightarrow$$

$$V = 13,5 \text{ L.}$$

8.

$$a) m = d \cdot V = d \cdot A \cdot h = 70 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 10^{-2} = 7 \text{ kg} = 7000 \text{ g.}$$

Apesar de a neve evaporar, a quantidade de energia envolvida neste processo é o mesmo utilizado caso tivéssemos derretido a neve, esquentado (até 10°C) e vaporizado a água proveniente da neve. Assim sendo:

$$Q_T = mL_F + m \cdot c \cdot \Delta\theta + m \cdot L_V$$

$$Q_T = 7000 \cdot 80 + 7000 \cdot 1 \cdot 10 + 7000 \cdot 600$$

$$Q_T = 7000 \cdot (690)$$

$$Q_T = 4830000 \text{ cal}$$

$$\therefore Q_T = 4,83 \times 10^6 \text{ cal}$$

$$b) M \cdot 5130 = 4830000$$

$$\therefore M \cong 942 \text{ g}$$

9. CAPACIDADES TÉRMICAS:

$$C_x = \frac{Q_x}{\Delta\theta_x} = \frac{80 \text{ cal}}{(281 - 273) \text{ K}} = \frac{80 \text{ cal}}{8 \text{ K}}$$

$$C_x = 10 \text{ cal/K}$$

$$C_y = \frac{Q_y}{\Delta\theta_y} = \frac{40 \text{ cal}}{(283 - 273) \text{ K}} = \frac{40 \text{ cal}}{10 \text{ K}}$$

$$C_y = 4 \text{ cal/K}$$

CALORES ESPECÍFICOS SENSÍVEIS:

$$C_x = m_x \cdot c_x \Rightarrow 10 = 20 \cdot c_x$$

$$c_x = 0,5 \text{ cal/gK}$$

$$C_y = m_y \cdot c_y \Rightarrow 4 = 10 \cdot c_y$$

$$c_y = 0,4 \text{ cal/gK}$$

10. Dados: $C_C = 10 \text{ cal/C}^\circ$; $m_A = 500 \text{ g}$; $m_B = 200 \text{ g}$; $T_{OC} = T_{OA} = 20^\circ\text{C}$; $T_{OB} = 80^\circ\text{C}$; $T_{eq} = 30^\circ\text{C}$.

a) Quantidade de calor (Q_C) absorvido pelo calorímetro:



$$Q_C = C_C \Delta T_C = 10(30 - 20) \Rightarrow Q_C = 100 \text{ cal.}$$

Quantidade de calor (Q_A) absorvido pela água:

$$Q_A = mc_A \Delta T_A = 500(1)(30 - 20) \Rightarrow Q_C = 5.000 \text{ cal.}$$

b) A temperatura final da barra é igual à temperatura de equilíbrio térmico do sistema.

$$T_B^{\text{final}} = 30 \text{ }^\circ\text{C.}$$

O sistema é termicamente isolado. Então:

$$Q_C + Q_A + Q_B = 0 \Rightarrow 100 + 5.000 + m_B c_B \Delta T_B = 0 \Rightarrow$$

$$5.100 + 200 c_B (30 - 80) = 0 \Rightarrow$$

$$c_B = \frac{5.100}{10.000} \Rightarrow c_B = 0,51 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C.}$$

11. Sendo C_1 e C_2 as respectivas capacidades térmicas desses corpos, temos:

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow C_1 \Delta T_1 = C_2 \Delta T_2$$

– Se as capacidades térmicas são iguais ($C_1 = C_2$), as temperaturas finais serão iguais.

– Se as capacidades térmicas são diferentes ($C_1 \neq C_2$), as temperaturas finais são diferentes. O corpo de maior capacidade térmica terá menor temperatura final.

12. Dados: $C_1 = 2C$; $C_2 = C$; $T_1 = 17 \text{ }^\circ\text{C}$; $T = 37 \text{ }^\circ\text{C}$.

Como o sistema é termicamente isolado:

$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow C_1(T - T_1) + C_2(T - T_2) = 0 \Rightarrow$$

$$2C(37 - 17) + C(37 - T) = 0 \Rightarrow$$

$$40 = 37 - T \Rightarrow T = 77 \text{ }^\circ\text{C.}$$

13.

$$\sum Q = 0 \rightarrow mc\Delta\theta_1 + mc\Delta\theta_2 - Q_{\text{cedido}} = 0$$

$$150 \times 1 \times (16 - 5) + 150 \times 1(16 - 31) - Q_{\text{cedido}} = 0$$

$$1650 - 2250 - Q_{\text{cedido}} = 0 \rightarrow Q_{\text{cedido}} = 600 \text{ cal} = 6 \times 10^2 \text{ cal}$$

Portanto, a quantidade de calor cedido, em 10^2 calorias, é igual a 6.

14. Dados: $T_{0A} = 300 \text{ K}$; $T_A = 360 \text{ K}$; $T_{0B} = 300 \text{ K}$; $T_B = 320 \text{ K}$; $T_{0e} = 400 \text{ K}$.

Ainda: m é a massa de cada líquido e C é a capacidade térmica de cada esférica metálica.

Como se trata de sistema termicamente isolado (os calorímetros são ideais) o somatório dos calores

trocados é nulo.

Para a mistura do líquido A com a primeira esfera:

$$Q_A + Q_{e1} = 0 \Rightarrow m c_A (T_A - T_{0A}) + C(T_A - T_{0e}) \Rightarrow m c_A (360 - 300) + C(360 - 400) = 0 \Rightarrow 60 m c_A - 40 C = 0 \Rightarrow$$

$$3 m c_A = 2 C. \text{ (equação 1)}$$

Para a mistura do líquido B com a segunda esfera:

$$Q_B + Q_{e2} = 0 \Rightarrow m c_B (T_B - T_{0B}) + C(T_B - T_{0e}) \Rightarrow m c_B (320 - 300) + C(320 - 400) = 0 \Rightarrow 20 m c_B - 80 C = 0 \Rightarrow$$

$$m c_B = 4 C. \text{ (equação 2)}$$

Dividindo membro a membro as equações 1 e 2, vem:

$$\frac{3m c_A}{m c_B} = \frac{2C}{4C} \Rightarrow \frac{3c_A}{c_B} = \frac{1}{2} \Rightarrow$$

$$\frac{c_A}{c_B} = \frac{1}{6}.$$

15.

a) Massa da água aquecida para o fluxo dado:

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow 1 \frac{\text{kg}}{\text{L}} = \frac{m}{8 \text{ L}} \Rightarrow m = 8 \text{ kg}$$

Cálculo da potência para o aquecimento de 8 kg de água em $15 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 60 s:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{mc\Delta\theta}{\Delta t}$$

$$P = \frac{8000 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 15 \text{ }^\circ\text{C}}{60 \text{ s}} = 2000 \text{ cal/s}$$

$$\therefore P = 8000 \text{ J/s} = 8 \text{ kW}$$

b) Pelo gráfico, $I_{\text{max}} \cong 1050 \text{ W/m}^2$.

Potência do coletor solar:

$$0,4 = \frac{8000}{P_c} \Rightarrow P_c = 20000 \text{ W}$$

$$\text{Logo: } I_{\text{max}} = \frac{P_c}{A} \Rightarrow A \cong \frac{20000 \text{ W}}{1050 \text{ W/m}^2}$$

$$\therefore A \cong 19 \text{ m}^2$$

c) Energia total do sistema para o período dado:

$$E_t = P\Delta t = 8000 \text{ W} \cdot 10 \text{ h} \Rightarrow E_t = 80 \text{ kWh}$$

