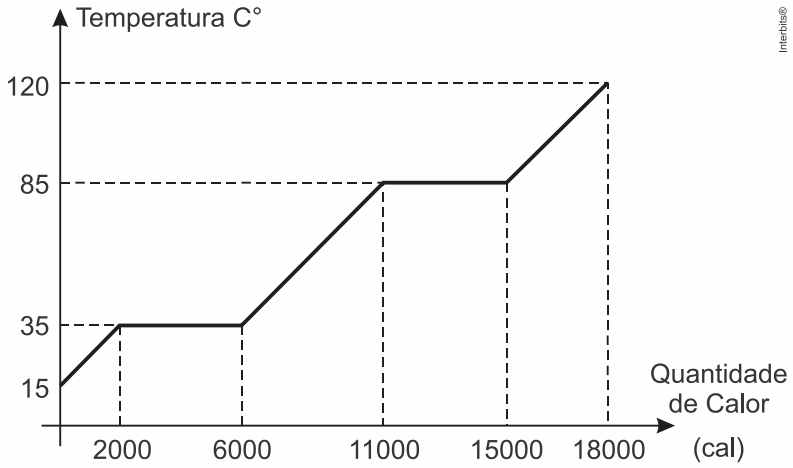
1. (Eear) A figura a seguir mostra a curva de aquecimento de uma amostra de 200 g de uma substância hipotética, inicialmente a 15 °C, no estado sólido, em função da quantidade de calor que esta recebe.



Determine o valor aproximado do calor latente de vaporização da substância, em cal/g.

a) 10
b) 20
c) 30
d) 40

2. (Enem) Uma garrafa térmica tem como função evitar a troca de calor entre o líquido nela contido e o ambiente, mantendo a temperatura de seu conteúdo constante. Uma forma de orientar os consumidores na compra de uma garrafa térmica seria criar um selo de qualidade, como se faz atualmente para informar o consumo de energia de eletrodomésticos. O selo identificaria cinco categorias e informaria a variação de temperatura do conteúdo da garrafa, depois de decorridas seis horas de seu fechamento, por meio de uma porcentagem do valor inicial da temperatura de equilíbrio do líquido na garrafa.

O quadro apresenta as categorias e os intervalos de variação percentual da temperatura.

Tipo de selo	**Variação de temperatura**
A	menor que 10%
B	entre 10% e 25%
C	entre 25% e 40%
D	entre 40% e 55%
E	maior que 55%

Para atribuir uma categoria a um modelo de garrafa térmica, são preparadas e misturadas, em uma garrafa, duas amostras de água, uma a 10°C e outra a 40°C, na proporção de um terço de água fria para dois terços de água quente. A garrafa é fechada. Seis horas depois, abre-se a garrafa e mede-se a temperatura da água, obtendo-se 16°C.

Qual selo deveria ser posto na garrafa térmica testada?

a) A
b) B

c) C
d) D
e) E

3. (Pucrj) Em um calorímetro são colocados $100\ g$ de gelo a $0\ °C$ e $200\ g$ de água a $40\ °C$.

Calcule, em $°C$, a temperatura final do sistema, supondo o calorímetro perfeitamente isolado.

Dados: $C_{água} = 1{,}00\ cal/g\ °C; L_{gelo} = 80\ cal/g$

a) 40
b) 20
c) 10
d) 5
e) 0

4. (Efomm) Em um calorímetro de capacidade térmica desprezível, foi misturado $1\,kg$ de água a $40\ °C$ e $500\ g$ de gelo a $-10\ °C$. Após o equilíbrio térmico, a massa de água, em gramas, encontrada no calorímetro foi de:

(Dados: calor específico da água $= 1{,}0\ cal/g \cdot °C$; calor específico do gelo $= 0{,}55\ cal/g \cdot °C$; calor latente de fusão do gelo $= 80{,}0\ cal/g$.)

a) Zero
b) 645
c) 1.000
d) 1.221
e) 1.466

5. (Ufrgs) Uma quantidade de calor $Q = 56.100{,}00\ J$ é fornecida a $100\ g$ de gelo que se encontra inicialmente a $-10\ °C$.

Sendo
o calor específico do gelo $c_g = 2{,}1\ J/(g\ °C)$,
o calor específico da água $c_a = 4{,}2\ J/(g\ °C)$ e
o calor latente de fusão $C_L = 330{,}0\ J/g$,

a temperatura final da água em $°C$ é, aproximadamente,

a) 83,8.
b) 60,0.
c) 54,8.
d) 50,0.
e) 37,7.

6. (Ufrgs) A telefonia celular utiliza radiação eletromagnética na faixa da radiofrequência $(RF: 10\ MHz - 300\ GHz)$ para as comunicações. Embora não ionizantes, essas radiações ainda podem causar danos aos tecidos biológicos através do calor que elas transmitem. A taxa de absorção específica (SAR – *specific absorption rate*) mede a taxa na qual os tecidos biológicos absorvem energia quando expostos às RF's, e é medida em Watt por quilograma de massa do tecido (W/kg).

No Brasil, a Agência Nacional de Telecomunicações, ANATEL, estabeleceu como limite o valor de $2\ W/kg$ para a absorção pelas regiões da cabeça e tronco humanos. Os efeitos nos diferentes tecidos são medidos em laboratório. Por exemplo, uma amostra de tecido do olho

humano exposta por 6 minutos à RF de $950\,\text{MHz}$, emitida por um telefone celular, resultou em uma SAR de $1{,}5\,\text{W/kg}$.

Considerando o calor específico desse tecido de $3.600\,\text{J/(kg}\,^\circ\text{C)}$, sua temperatura (em $^\circ\text{C}$) aumentou em

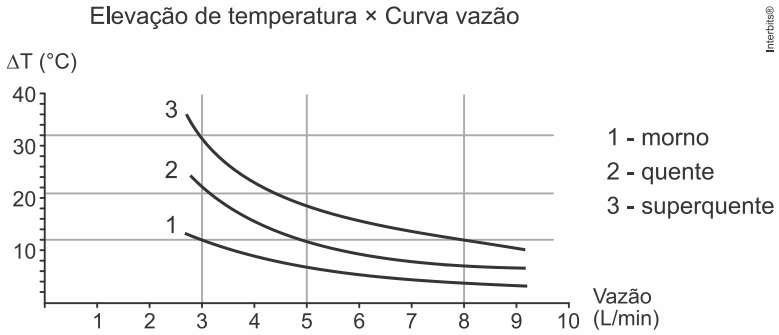
a) 0,0025
b) 0,15.
c) 0,25.
d) 0,25.
e) 1,50.

7. (Enem PPL) Para preparar uma sopa instantânea, uma pessoa aquece em um forno micro-ondas $500\,\text{g}$ de água em uma tigela de vidro de $300\,\text{g}$. A temperatura inicial da tigela e da água era de $6\,^\circ\text{C}$. Com o forno de micro-ondas funcionando a uma potência de $800\,\text{W}$, a tigela e a água atingiram a temperatura de $40\,^\circ\text{C}$ em $2{,}5\,\text{min}$. Considere que os calores específicos do vidro e da sopa são, respectivamente, $0{,}2\,\frac{\text{cal}}{\text{g}\,^\circ\text{C}}$ e $1{,}0\,\frac{\text{cal}}{\text{g}\,^\circ\text{C}}$, e que $1\,\text{cal} = 4{,}25\,\text{J}$.

Que percentual aproximado da potência usada pelo micro-ondas é efetivamente convertido em calor para o aquecimento?

a) 11,8%
b) 45,0%
c) 57,1%
d) 66,7%
e) 78,4%

8. (Enem) No manual fornecido pelo fabricante de uma ducha elétrica de $220\,\text{V}$ é apresentado um gráfico com a variação da temperatura da água em função da vazão para três condições (morno, quente e superquente). Na condição superquente, a potência dissipada é de $6.500\,\text{W}$. Considere o calor específico da água igual a $4.200\,\text{J/(kg}\,^\circ\text{C)}$ e densidade da água igual a $1\,\text{kg/L}$.



Com base nas informações dadas, a potência na condição morno corresponde a que fração da potência na condição superquente?

a) $\frac{1}{3}$
b) $\frac{1}{5}$
c) $\frac{3}{5}$

d) $\frac{3}{8}$

e) $\frac{5}{8}$

9. (Enem PPL) O aproveitamento da luz solar como fonte de energia renovável tem aumentado significativamente nos últimos anos. Uma das aplicações é o aquecimento de água $(\rho_{\text{água}} = 1\,\text{kg/L})$ para uso residencial. Em um local, a intensidade da radiação solar efetivamente captada por um painel solar com área de $1\,\text{m}^2$ é de $0{,}03\,\text{kW/m}^2$. O valor do calor específico da água é igual $4{,}2\,\text{kJ/(kg °C)}$.

Nessa situação, em quanto tempo é possível aquecer 1 litro de água de $20\,°\text{C}$ até $70\,°\text{C}$?

a) 490 s

b) 2.800 s

c) 6.300 s

d) 7.000 s

e) 9.800 s

10. (Enem) Durante a primeira fase do projeto de uma usina de geração de energia elétrica, os engenheiros da equipe de avaliação de impactos ambientais procuram saber se esse projeto está de acordo com as normas ambientais. A nova planta estará localizada a beira de um rio, cuja temperatura média da água é de $25\,°\text{C}$, e usará a sua água somente para refrigeração. O projeto pretende que a usina opere com $1{,}0\,\text{MW}$ de potência elétrica e, em razão de restrições técnicas, o dobro dessa potência será dissipada por seu sistema de arrefecimento, na forma de calor. Para atender a resolução número 430, de 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente, com uma ampla margem de segurança, os engenheiros determinaram que a água só poderá ser devolvida ao rio com um aumento de temperatura de, no máximo, $3\,°\text{C}$ em relação à temperatura da água do rio captada pelo sistema de arrefecimento. Considere o calor específico da água igual a $4\,\text{kJ/(kg °C)}$.

Para atender essa determinação, o valor mínimo do fluxo de água, em kg/s, para a refrigeração da usina deve ser mais próximo de

a) 42.

b) 84.

c) 167.

d) 250.

e) 500.

11. (Fuvest) Em uma garrafa térmica, são colocados $200\,\text{g}$ de água à temperatura de $30\,°\text{C}$ e uma pedra de gelo de $50\,\text{g}$, à temperatura de $-10\,°\text{C}$. Após o equilíbrio térmico,

Note e adote:

- calor latente de fusão do gelo $= 80\,\text{cal/g}$;
- calor específico do gelo $= 0{,}5\,\text{cal/g °C}$;
- calor específico da água $= 1{,}0\,\text{cal/g °C}$.

a) todo o gelo derreteu e a temperatura de equilíbrio é $7\,°\text{C}$.

b) todo o gelo derreteu e a temperatura de equilíbrio é $0{,}4\,°\text{C}$.

c) todo o gelo derreteu e a temperatura de equilíbrio é $20\,°\text{C}$.

d) nem todo o gelo derreteu e a temperatura de equilíbrio é $0\,°\text{C}$.

e) o gelo não derreteu e a temperatura de equilíbrio é $-2\,°\text{C}$.

Gabarito:

Resposta da questão 1:
[B]

Quantidade de calor trocada durante a vaporização (na temperatura de $85\,^{\circ}C$):

$$Q = 15000\ cal - 11000\ cal = 4000\ cal$$

Sendo assim:

$$Q = mL$$

$$4000 = 200L$$

$$\therefore L = 20\ cal/g$$

Resposta da questão 2:
[D]

Dados: $m_1 = \frac{m}{3};\ T_1 = 10\,^{\circ}C;\ m_2 = \frac{2m}{3};\ T_2 = 40\,^{\circ}C;\ T_f = 16\,^{\circ}C.$

Desprezando a capacidade térmica da garrafa, pela equação do sistema termicamente isolado calculamos a temperatura de equilíbrio (T_e):

$$\sum Q = 0 \Rightarrow Q_{água_1} + Q_{água_2} = 0 \Rightarrow m_1 c(T_e - T_1) + m_2 c(T_e - T_2) = 0 \Rightarrow$$

$$\frac{\cancel{m}}{3}\cancel{c}(T_e - 10) + \frac{2\cancel{m}}{3}\cancel{c}(T_e - 40) = 0 \Rightarrow T_e - 10 + 2T_e - 80 \Rightarrow T_e = 30\ C.$$

O módulo da variação de temperatura é:

$$|\Delta T| = |T_f - T_e| = |16 - 30| \Rightarrow |\Delta T| = 14\,^{\circ}C.$$

Calculando a variação percentual $(x_{\%})$:

$$x_{\%} = \frac{|\Delta T|}{T_e} \times 100 = \frac{14}{30} \times 100 \Rightarrow \boxed{x_{\%} = 46{,}7\%.}$$

Resposta da questão 3:
[E]

Questão típica de equilíbrio térmico, em que há trocas de calor apenas entre o gelo e a água, sem perdas térmicas para o meio ambiente. A solução é simples, basta calcular a quantidade de calor necessária para o derretimento do gelo, fornecido pela água quente. Realizando o somatório dessas quantidades de calor envolvidas, sem perdas térmicas, obtemos zero, assim, possibilitamos determinar a temperatura final de equilíbrio do sistema.

Derretimento do gelo:

$$Q_1 = m_{gelo} \times L_{fusão} \Rightarrow Q_1 = 100\,g \times 80\,\frac{cal}{g} \therefore Q_1 = 8000\ cal$$

Resfriamento da água em contato com o gelo:

$$Q_2 = m \times c \times \Delta T \Rightarrow Q_2 = 200\,g \times 1\frac{cal}{g\,^{\circ}C} \times (T - 40)\,^{\circ}C \therefore Q_2 = 200T - 8000\ cal$$

Fazendo o somatório das quantidades de calor envolvidas:

$$\sum Q = 0 \Rightarrow Q_1 + Q_2 = 0$$
$$8000\ \text{cal} + 200\,T - 8000\ \text{cal} = 0$$
$$200\,T = 0 \therefore T = 0\,°C$$

Resposta da questão 4:
[E]

Supondo a temperatura de equilíbrio igual a $0\ °C$, e sendo m a massa de gelo derretido, temos:
$$\Sigma Q = 0$$
$$m_{água} \cdot c_{água} \cdot \Delta Q_{água} + m_{gelo} \cdot c_{gelo} \cdot \Delta Q_{gelo} + m \cdot L_{gelo} = 0$$
$$1000 \cdot 1 \cdot (0 - 40) + 500 \cdot 0{,}55 \cdot (0 + 10) + m \cdot 80 = 0$$
$$-40000 + 2750 + 80m = 0$$
$$m = 465{,}625\ g$$

Portanto, a massa de água restante é de:
$$m_{restante} = 1000 + 465{,}625 = 1465{,}625$$
$$\therefore m_{restante} \cong 1466\ g$$

Resposta da questão 5:
[D]

Este problema de calorimetria envolve as etapas de aquecimento do gelo de $-10\ °C$ até $0\ °C$, o derretimento total do gelo e o aquecimento da água até a temperatura final.

1) Aquecimento do gelo:
$$Q_1 = m \cdot c_g \cdot \Delta T \Rightarrow Q_1 = 100\ g \cdot 2{,}1 \frac{J}{g \cdot °C} \cdot (0 - (-10))°C \therefore Q_1 = 2100\ J$$

2) Derretimento total do gelo:
$$Q_2 = m \cdot C_L \Rightarrow Q_2 = 100\ g \cdot 330 \frac{J}{g} \therefore Q_2 = 33000\ J$$

3) Aquecimento da água:
A quantidade de calor Q_3 usada para aquecer a água é a diferença entre o calor total fornecido e os calores calculados.
$$Q_3 = Q_t - Q_1 - Q_2 \Rightarrow Q_3 = 56100 - 2100 - 33000 \therefore Q_3 = 21000\ J$$

Assim a temperatura final pode ser obtida pela expressão para o calor sensível:
$$Q_3 = m \cdot c_a \cdot \Delta T \Rightarrow 21000\ J = 100\ g \cdot 4{,}2 \frac{J}{g \cdot °C} \cdot (T_f - 0)°C \therefore T_f = 50\ °C$$

Resposta da questão 6:
[B]

Partindo da expressão do calor sensível, dividindo a pela massa e pelo intervalo de tempo em ambos os lados temos a mesma dimensão do SAR $\left[\frac{J}{s \cdot kg}\right] = \left[\frac{W}{kg}\right]$.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \xrightarrow{/(m \cdot \Delta t)} \underbrace{\frac{Q}{\Delta t \cdot m}}_{SAR} = \frac{c \cdot \Delta T}{\Delta t}$$

Assim, usando o tempo em segundos e substituindo os dados fornecidos,

$$\frac{Q}{\Delta t \cdot m} = \frac{c \cdot \Delta T}{\Delta t} \Rightarrow 1{,}5\,\frac{W}{kg} = \frac{3600\,\frac{J}{kg \cdot °C}}{360\ s} \cdot \Delta T$$

$$1{,}5\,\frac{W}{kg} = 10\,\frac{W}{kg \cdot °C} \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{1{,}5\,\frac{W}{kg}}{10\,\frac{W}{kg \cdot °C}} \therefore \Delta T = 0{,}15\ °C$$

Resposta da questão 7:
[D]

Calculando a quantidade de calor absorvida no aquecimento:
$Q = (mc\Delta T)_{água} + (mc\Delta T)_{tigela} \Rightarrow Q = 500 \times 1 \times 34 + 300 \times 0{,}2 \times 34 = 19.040\,cal = 80.920\,J.$

Calculando a potência absorvida:
$P_{ab} = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{80.920}{2{,}5 \times 60} = 540\,W.$

Fazendo a razão:
$\frac{P_{ab}}{P} = \frac{540}{800} = 0{,}675 \Rightarrow \boxed{\frac{P_{ab}}{P} = 67{,}5\%.}$

Resposta da questão 8:
[D]

Relação entre os calores Q_s e Q_m trocados, respectivamente, nas condições superquente e morno:
$$\frac{Q_s}{Q_m} = \frac{mc\Delta T_s}{mc\Delta T_m} \Rightarrow \frac{Q_s}{Q_m} = \frac{\Delta T_s}{\Delta T_m}$$

Como $P = \frac{Q}{\Delta t}$, vem:
$$\frac{P_s \Delta t}{P_m \Delta t} = \frac{\Delta T_s}{\Delta T_m} \Rightarrow \frac{P_s}{P_m} = \frac{\Delta T_s}{\Delta T_m}$$

Substituindo os valores de ΔT do gráfico nessa última relação, chegamos a:
$$\frac{P_s}{P_m} = \frac{32}{12}$$
$$\therefore \frac{P_m}{P_s} = \frac{3}{8}$$

Resposta da questão 9:
[D]

Massa de água:
$$\rho_{água} = \frac{m_{água}}{V} \Rightarrow m = 1\,\frac{kg}{L} \cdot 1\,L \Rightarrow m = 1\,kg$$

Quantidade de energia necessária para o aquecimento da água:
$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 1 \cdot 4{,}2 \cdot 50 \Rightarrow Q = 210\ kJ$$

Potência requerida:

$$P = 0{,}03\,\frac{kW}{m^2}\cdot 1\,m^2 \Rightarrow P = 0{,}03\,kW$$

Portanto:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{210\,kJ}{0{,}03\,kW}$$

$$\therefore \Delta t = 7000\,s$$

Resposta da questão 10:
[C]

Dados: $P_d = 2\,P = 2\,MW \Rightarrow P_d = 2\times 10^6\ W$; $c = 4\ kJ/kg\cdot °C = 4\times 10^3\ J/kg\cdot °C$; $\Delta\theta = 3\ °C$.

O fluxo mássico (kg/s) pedido é $\Phi = \frac{m}{\Delta t}$.

Da definição de potência:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow mc\Delta\theta = P\Delta t \Rightarrow \frac{m}{\Delta t} = \Phi = \frac{P}{c\Delta\theta} = \frac{2\times 10^6}{4\times 10^3\cdot 3} \Rightarrow \boxed{\Phi \cong 167\ kg/s.}$$

Resposta da questão 11:
[A]

Calor necessário para que todo o gelo atinja $0\ °C$ e derreta:

$$Q_1 = m_g c_g \Delta\theta_g + m_g L$$

$$Q_1 = 50\cdot 0{,}5\cdot\left(0-(-10)\right)+50\cdot 80$$

$$Q_1 = 4250\ cal$$

Calor necessário para que a água atinja $0\ °C$:

$$Q_2 = m_a c_a \Delta\theta_a$$

$$Q_2 = 200\cdot 1\cdot(0-30)$$

$$Q_2 = -6000\ cal$$

Portanto, não é possível que a água esfrie até $0\ °C$. Sendo θ_e a temperatura de equilíbrio, temos que:
Calor necessário para que o gelo derretido (agora água) atinja o equilíbrio:

$$Q_3 = 50\cdot 1\cdot(\theta_e - 0)$$

$$Q_3 = 50\theta_e$$

Calor necessário para que a água a $30\ °C$ atinja o equilíbrio:

$$Q_4 = 200\cdot 1\cdot(\theta_e - 30)$$

$$Q_4 = 200\theta_e - 6000$$

Portanto, é necessário que:

$$Q_1 + Q_3 + Q_4 = 0$$
$$4250 + 50\theta_e + 200\theta_e - 6000 = 0$$
$$250\theta_e = 1750$$
$$\therefore \theta_e = 7\ °C$$