

Orientações

Organizar as aulas em dois conjuntos: aulas 7 e 8 para os conceitos iniciais de Calorimetria, e aulas 9 e 10 para trocas de calor em sistemas termicamente isolados.

Reapresentar o conceito de calor como sendo energia que se transfere espontaneamente do corpo mais quente (maior temperatura) para o mais frio (menor temperatura).

Pontuar que o efeito do calor que será estudado nesse capítulo é a variação de temperatura:

- corpo recebe calor e se aquece: sua temperatura aumenta;
- corpo perde calor e se resfria: sua temperatura diminui.

Lembrar aos alunos que eles já estudaram anteriormente o efeito da dilatação e contração térmica. Convém associá-las agora ao calor também.

Conceituar capacidade térmica como uma grandeza medida experimentalmente que caracteriza o corpo quanto ao calor trocado por ele com o ambiente e a variação de temperatura apresentada.

Conceituar calor específico como sendo a capacidade térmica por unidade de massa, caracterizando os diferentes materiais ou substâncias. Reforçar essa diferença:

- capacidade térmica: característica de um corpo;
- calor específico: característica de uma substância.

Representar graficamente o aquecimento ou resfriamento dos corpos (curvas de aquecimento), envolvendo calor e variação de temperatura.

Conceituar equivalente em água como sendo a massa de água cuja capacidade térmica é igual à do corpo comparado.

Apresentar a equação fundamental da calorimetria e a convenção de sinais:

- calor perdido ($Q < 0$): associado ao resfriamento;
- calor recebido ($Q > 0$): associado ao aquecimento.

Definir potência térmica como a taxa de troca de calor pelo corpo em função do tempo.

Apresentar gráficos de calor em função do tempo e comentar como obter informações a partir deles.

Foram planejadas duas aulas para a apresentação do calorímetro e tratamento de problemas em sistemas termicamente isolados. Você pode se estender um pouco mais no assunto ou resolver eventuais atrasos de programação acumulados anteriormente, ou, ainda, propor exercícios adicionais de acordo com o ritmo da turma.

Definir calorímetro como um dispositivo que simula uma situação ideal: o sistema termicamente isolado.

Mostrar que em um calorímetro ideal as trocas de calor entre corpos inicialmente a diferentes temperaturas são apenas internas e que o sistema inexoravelmente caminha para o equilíbrio térmico após determinado tempo.

Mostrar como equacionar problemas de sistemas termicamente isolados e que isso decorre do princípio da conservação da energia.

Comentar que, quando o calorímetro não é ideal, ele se comporta como mais um corpo envolvido nas trocas de calor.

RESOLUÇÕES

Exercícios de sala

1. **A**

Da equação fundamental da calorimetria, temos:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow Q = 2,0 \cdot 10^{-10} \cdot 3000 \cdot (46 - 36)$$

$$Q = 6 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

2. **A**

Isolando o calor específico da equação fundamental da calorimetria, temos:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow c = \frac{Q}{m \cdot \Delta\theta}$$

Substituindo esses valores para os 4 objetos:

$$c_I = \frac{100}{20 \cdot 10} \Rightarrow c_I = 0,50 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$c_{II} = \frac{120}{30 \cdot 20} \Rightarrow c_{II} = 0,20 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$c_{III} = \frac{150}{60 \cdot 10} \Rightarrow c_{III} = 0,25 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$c_{IV} = \frac{180}{40 \cdot 15} \Rightarrow c_{IV} = 0,30 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

3. **E**

O calor absorvido pela água pode ser obtido pela equação fundamental da calorimetria:

$$Q_{\text{água}} = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow Q_{\text{água}} = (1000 \cdot 103) \cdot 4,0 \cdot 12,0$$

$$Q_{\text{água}} = 4,8 \cdot 10^7 \text{ J}$$

Todavia, o valor absorvido corresponde a 60% da energia solar total a ser coletada:

$$Q_{\text{água}} = 0,6 \cdot E_{\text{total}} \Rightarrow E_{\text{total}} = \frac{Q_{\text{água}}}{0,6}$$

$$E_{\text{total}} = \frac{4,8 \cdot 10^7}{0,6} \Rightarrow E_{\text{total}} = 8 \cdot 10^7 \text{ J}$$

4. A capacitância térmica da peça será a soma das capacitâncias do alumínio e do cobre. Sendo assim:

$$C_{\text{peça}} = C_{\text{Cu}} + C_{\text{Al}} = m_{\text{Cu}} \cdot c_{\text{Cu}} + m_{\text{Al}} \cdot c_{\text{Al}}$$

$$36 = m_{\text{Cu}} \cdot 0,09 + m_{\text{Al}} \cdot 0,21 \quad (\text{I})$$

A massa da peça será a soma das massas utilizadas:

$$200 = m_{\text{Cu}} + m_{\text{Al}}$$

$$m_{\text{Cu}} = 200 - m_{\text{Al}} \quad (\text{II})$$

Substituindo (II) em (I), temos:

$$36 = (200 - m_{\text{Al}}) \cdot 0,09 + m_{\text{Al}} \cdot 0,21$$

$$36 = 18 - 0,09 \cdot m_{\text{Al}} + 0,21 \cdot m_{\text{Al}}$$

$$18 = 0,12 \cdot m_{\text{Al}} \Rightarrow m_{\text{Al}} = 150 \text{ g}$$

Substituindo esse valor em (II), obtemos:

$$m_{\text{Cu}} = 50 \text{ g}$$

5. **C**

A massa da água é obtida a partir da densidade:

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow m = d \cdot V \Rightarrow m = 1000 \cdot 0,02$$

$$m = 20 \text{ kg} = 20 \cdot 10^3 \text{ g}$$

O calor fornecido pelo aquecedor é obtido pela equação fundamental da calorimetria:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow Q = (20 \cdot 10^3) \cdot 1 \cdot (50 - 20)$$

$$Q = 6 \cdot 10^5 \text{ cal} = 25,2 \cdot 10^5 \text{ J}$$

A potência é dada pela relação entre o calor fornecido e o intervalo de tempo (10 min = 600 s):

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{25,2 \cdot 10^5}{600} \Rightarrow P = 4200 \text{ W}$$

6. **B**

O volume de água na piscina é:

$$V = A \cdot h \Rightarrow V = 50 \cdot 2,0 \Rightarrow V = 100 \text{ m}^3 = 100 \cdot 10^6 \text{ cm}^3$$

A massa de água na piscina:

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow m = d \cdot V \Rightarrow m = 1 \cdot 100 \cdot 10^6$$

$$m = 1 \cdot 10^8 \text{ g}$$

A quantidade de calor absorvida para que ocorra a variação da temperatura indicada é:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow Q = (1 \cdot 10^8) \cdot 1 \cdot (22 - 20)$$

$$Q = 2 \cdot 10^8 \text{ cal} = 8 \cdot 10^8 \text{ J}$$

A potência térmica pode ser obtida a partir da intensidade de radiação dada:

$$I = \frac{P}{A} \Rightarrow P = I \cdot A \Rightarrow P = 800 \cdot 50 \Rightarrow P = 4 \cdot 10^4 \text{ W}$$

O tempo necessário para realizar o aquecimento é obtido a partir da definição de potência:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{Q}{P} \Rightarrow \Delta t = \frac{8 \cdot 10^8}{4 \cdot 10^4}$$

$$\Delta t = 2 \cdot 10^4 \text{ s} \approx 5,6 \text{ h}$$

7. **D**

Da densidade da água, podemos obter a massa de água:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V \Rightarrow m = 1 \cdot 1 \Rightarrow m = 1 \text{ kg}$$

O calor absorvido por 1 litro de água é dado pela equação fundamental da calorimetria:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow Q = 1 \cdot (4,2 \cdot 10^3) \cdot (70 - 20)$$

$$Q = 210 \cdot 10^3 \text{ J}$$

Da intensidade de radiação, temos:

$$I = \frac{P}{A} \Rightarrow P = I \cdot A \Rightarrow P = 30 \cdot 1 \Rightarrow P = 30 \text{ W}$$

Da definição de potência:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{210 \cdot 10^3}{30} \Rightarrow \Delta t = 7000 \text{ s}$$

8. **B**

Tomando o ponto (120; 60) e substituindo na equação fundamental da calorimetria, temos:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$

$$c = \frac{120 \cdot 10^3}{500 \cdot 60} \Rightarrow c = 4 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

9. **D**

Tomando-se os pontos (0; 20) e (30; 50), temos:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow Q = P \cdot \Delta t \Rightarrow Q = 30 \cdot 30$$

$$Q = 900 \text{ cal}$$

Da equação fundamental da calorimetria, temos:

$$Q = C \cdot \Delta T \Rightarrow 900 = C \cdot (50 - 20)$$

$$C = 30 \text{ cal/}^\circ\text{C}$$

10. **Soma: 01 + 02 + 04 = 07**

Afirmativa 01: correta. O coeficiente angular da reta é:

$$\alpha = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{\Delta T}$$

$$\alpha = m \cdot c \Rightarrow \alpha = C$$

Afirmativa 02: correta. Considerando os pontos (25; 1,5) e (40; 2,4) do gráfico, temos que:

$$\alpha = \frac{2,4 - 1,5}{40 - 25} \Rightarrow \alpha = 0,06 \text{ cal/}^\circ\text{C}$$

Como a capacidade térmica da amostra é numericamente igual ao coeficiente angular, temos que ela é 0,06 cal/°C.

Afirmativa 04: correta. Sabendo que a massa da amostra é de 20 miligramas (0,02 g), temos, da expressão do calor específico:

$$c = \frac{C}{m} \Rightarrow c = \frac{0,06}{0,02} \Rightarrow c = 3 \text{ cal/(g} \cdot ^\circ\text{C)}$$

Afirmativa 08: incorreta. No SI, a unidade de medida de capacidade térmica é J/K. A unidade cal/(g · °C) é a unidade de calor específico e não é no SI.

Afirmativa 16: incorreta. Os dados experimentais descrevem uma equação matemática do 1º grau.

11. **B**

Sendo o sistema isolado, pode-se afirmar que a troca de calor ocorre somente entre a água e a barra de aço:

$$Q_{\text{água}} + Q_{\text{aço}} = 0$$

$$m_{\text{água}} \cdot c_{\text{água}} \cdot \Delta T_{\text{água}} = m_{\text{aço}} \cdot c_{\text{aço}} \cdot \Delta T_{\text{aço}} = 0$$

Como os dois corpos estarão em contato até o equilíbrio térmico, pode-se afirmar que a temperatura final T será igual para os dois:

$$m_{\text{água}} \cdot c_{\text{água}} \cdot (T - T_{\text{água}}) + m_{\text{aço}} \cdot c_{\text{aço}} \cdot (T - T_{\text{aço}}) = 0$$

$$400 \cdot 1,0 \cdot (T - 20) + 500 \cdot 0,12 \cdot (T - 80) = 0$$

$$400T - 8000 + 60T - 4800 = 0$$

$$T \cong 27,8^\circ\text{C} \cong 28^\circ\text{C}$$

12. **D**

Assumindo que a troca de calor ocorre somente entre a barra e o óleo, temos:

$$Q_{\text{óleo}} + Q_{\text{ferro}} = 0$$

$$m_{\text{óleo}} \cdot c_{\text{óleo}} \cdot \Delta T_{\text{óleo}} + m_{\text{ferro}} \cdot c_{\text{ferro}} \cdot \Delta T_{\text{ferro}} = 0$$

Como o material foi colocado até o equilíbrio térmico, conclui-se que o ferro também ficou com temperatura final igual a 38 °C. Sendo assim, temos:

$$10000 \cdot 0,40 \cdot (38 - 28) + 1000 \cdot 0,11 \cdot (38 - T) = 0$$

$$40000 + 4180 - 110T = 0 \Rightarrow T \cong 400^\circ\text{C}$$