

1. Objetivos

Estudar os conceitos de capacidade térmica N e calor específico c , bem como entender os princípios de conservação de energia em estado estacionário e transiente.

2. Introdução

Para se aumentar a temperatura de um corpo é preciso lhe fornecer calor. A quantidade de calor Q fornecida a um corpo é proporcional à massa m do corpo e ao seu aumento de temperatura Δt :

$$Q = mc\Delta t, \quad (1)$$

sendo c o calor específico do corpo.

O calor específico é uma propriedade intensiva da substância, ou seja, independe da massa. Essa grandeza é frequentemente utilizada para caracterizar um material. Outra grandeza térmica muito utilizada é a capacidade calorífica. Ela é uma propriedade extensiva e expressa a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura do corpo em uma unidade de variação de temperatura e pode ser obtida pelo produto do calor específico pela massa do corpo. A unidade usada no SI é J/K (Joule por Kelvin).

No método das misturas, geralmente aquece-se uma amostra do material em estudo que depois é colocada num vaso calorimétrico com água fria. Supondo uma troca de calor entre o sistema calorimétrico de capacidade calorífica C (à temperatura T_0), a massa de água M_0 à temperatura T_0 e a amostra de massa M_1 à temperatura T_1 , o conjunto atingirá uma temperatura de equilíbrio T_E . Usando a lei da conservação de energia pode-se encontrar uma expressão para C em função dos parâmetros mensuráveis citados acima.

Os objetivos desta experiência são determinar a capacidade calorífica de um calorímetro, o calor específico de algumas amostras sólidas metálicas como ferro e alumínio e observar o comportamento não estacionário em sistemas abertos.

3. Lista de Material

Calorímetro de isopor, termômetro, balança, provetas, conjunto de placas de alumínio, conjunto de placas de ferro, água, ebulidor, canecas, paquímetro, cronômetro, régua e trena.

4. Procedimento Experimental

a) Capacidade calorífica do calorímetro:

a.1) Usando o ebulidor, aqueça uma quantidade de água (300 mL) a uma temperatura acima de 90 °C. Depois de aquecida, com o auxílio de uma proveta, introduza uma quantidade M_I (igual a 100 mL) dessa água no calorímetro de isopor e feche-o rapidamente. Espere alguns instantes até o sistema entrar em equilíbrio térmico e meça a temperatura de equilíbrio T_I (próxima de 70 °C). Introduza uma quantidade de água M_θ (100 mL) a temperatura T_θ (próxima a ambiente) no calorímetro e aguarde o novo equilíbrio do sistema. Observe a temperatura de equilíbrio T_E e anote os dados na Tabela 1.

Nota: Considere nesta experiência o equilíbrio atingido quando durante 1 minuto a temperatura fica constante segundo a precisão do seu instrumento de medida.

a.2) Repita os procedimentos anteriores no mínimo quatro vezes. Antes de passar a próxima etapa experimental, faça a análise dos dados da capacidade calorífica do calorímetro descrita abaixo.

b) Calor específico das amostras:

b.1) Meça a massa M_s da amostra de ferro. Coloque a amostra de ferro dentro de uma caneca com água a temperatura ambiente e espere o sistema entrar em equilíbrio térmico. Meça a temperatura da amostra T_s . Usando o ebulidor aqueça uma quantidade de água (300 mL) a uma temperatura acima de 90 °C. Depois de aquecida, com o auxílio de uma proveta, introduza uma quantidade M_I (100 mL) dessa água no calorímetro de isopor e feche-o rapidamente. Espere alguns instantes até o sistema entrar em equilíbrio térmico e meça a temperatura de equilíbrio T_I (próxima de 70 °C). Introduza a amostra de ferro no calorímetro e aguarde o novo equilíbrio do sistema. Observe a temperatura de equilíbrio T_E e anote os dados na Tabela 2.

b.2) Repita os procedimentos anteriores no mínimo quatro vezes.

b.3) Repita o procedimento dessa seção para a amostra de alumínio e anote os dados na Tabela 3.

c) Estado não estacionário:

c.1) Usando o ebulidor, aqueça uma quantidade de água (300 mL) a uma temperatura acima de 90 °C. Depois de aquecida, com o auxílio de uma proveta, introduza uma quantidade M_1 (igual a 200 mL) dessa água no calorímetro de isopor e deixe-o aberto. Meça e registre na tabela 4 por 10 minutos a temperatura da água (realizar as medidas cada 30 segundos).

c.2) Repita o procedimento anterior com a amostra de ferro dentro do calorímetro. Cuide que a temperatura inicial da água aquecida seja aproximadamente a mesma do item anterior.

c.3) Repita o procedimento anterior com a amostra de alumínio dentro do calorímetro. Cuide que a temperatura inicial da água aquecida seja aproximadamente a mesma do item **c.1**.

4. Análise dos dados:

a) Capacidade calorífica do calorímetro

Utilizando conservação de energia, você deve ser capaz de obter a seguinte equação:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \quad (2)$$

$$C(T_E - T_1) + M_1 c(T_E - T_1) + M_0 c(T_E - T_0) = 0 \quad (3)$$

onde C é capacidade calorífica do calorímetro e c o calor específico da água.

Utilizando os dados obtidos experimentalmente, determine a capacidade calorífica do calorímetro para cada medição, assim como a capacidade calorífica média.

b) Calor específico das amostras:

Pelo princípio de conservação de energia prove a equação 2 utilizando as placas de metal, sendo M_s e c_s a massa e o calor específico do sólido.

Utilizando os dados obtidos experimentalmente determine o calor específico das amostras de ferro e de alumínio para cada medição, bem como o seu valor médio. Compare seus resultados com aqueles disponíveis na literatura.

c) Avaliação do estado não estacionário:

Faça o gráfico de temperatura *versus* tempo de cada um dos casos medidos e tente ajustar a uma função matemática. Tente usando princípios físicos (equações de transferência de calor) explicar este comportamento matemático.

Usando os dados experimentais, ao cabo de quanto tempo deve ser alcançado o equilíbrio em cada caso (use a condição de equilíbrio considerada nesta experiência).

A presença de um novo material afeta este comportamento transiente? Justifique.

Verifique a equação 2 nesta condição e determine novamente o calor específico das amostras de ferro e de alumínio para cada medição, assim como o seu valor médio. Compare seus resultados.

Tabela 1 – Dados para o cálculo da capacidade calorífica do calorímetro

Medição	M_I (mL)	T_I (°C)	M_0 (mL)	T_0 (°C)	T_E (°C)	C (u.a)
1						
2						
3						
4						

Tabela 2 – Dados para o cálculo da capacidade térmica do ferro

Medição	M_I (mL)	T_I (°C)	M_S (mL)	T_S (°C)	T_E (°C)	c_S (u.a)
1						
2						
3						
4						

Tabela 3 – Dados para o cálculo da capacidade térmica do alumínio

Medição	M_I (mL)	T_I (°C)	M_S (mL)	T_S (°C)	T_E (°C)	c_S (u.a)
1						
2						
3						
4						

Tabela 3 – Dados para o cálculo da capacidade térmica do alumínio

Medição	M_I (mL)	T_I (°C)	M_S (mL)	T_S (°C)	T_E (°C)	c_S (u.a)
1						
2						
3						
4						

Tabela 4 – Avaliação do estado não estacionário

Medição	$T_{\text{agua}} \text{ (}^\circ\text{C)}$	$T_{\text{agua-ferro}} \text{ (}^\circ\text{C)}$	$T_{\text{agua-aluminio}} \text{ (}^\circ\text{C)}$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			