

Objetivo

Compreender a equivalência entre trabalho e calor, determinando a constante de proporcionalidade entre eles.

Introdução

Até o final do século 18, calor e trabalho eram entendidos como conceitos totalmente distintos. Apenas em 1798, Rumford sugeriu que calor tinha uma conotação mecânica e propôs uma conexão entre eles. Tal idéia foi fixada e comprovada no início do século dezenove com o estabelecimento do princípio de conservação de energia. Assim, verificou-se que calor e trabalho são duas formas de energia e que deve haver uma relação bem definida entre elas, a qual é chamada de "equivalente mecânico do calor". Experimentalmente, Joule foi o primeiro a determinar, em 1850, quantos joules de trabalho são equivalentes a uma caloria de calor.

Para este experimento você irá utilizar um calorímetro com uma resistência R inserida dentro de certa quantidade de água M . Assim, ao aplicar uma voltagem externa contínua V haverá uma corrente I no circuito que durante um determinado tempo Δt resultará numa energia dissipada no resistor por efeito Joule igual a:

$$Q_R = W \Delta t \quad (1)$$

em que W é a potência considerada constante. Esta energia é o trabalho realizado pelo campo elétrico para movimentar os portadores de carga vencendo a resistência elétrica do material. Por outro lado, lembrando que:

$$W = V I = \frac{V^2}{R} \quad (2)$$

Então a equação acima pode ser reescrita como:

$$Q_R = \frac{V^2}{R} \Delta t \quad (3)$$

Seria conveniente ressaltar que nesta experiência temos assumido como fato que todo o trabalho realizado é convertido em calor. Dessa forma, a energia dissipada pelo resistor é assim transferida ao conjunto água (massa \mathbf{M}) + calorímetro. Assim a energia recebida pelo sistema equivalente é:

$$Q_S = (M c \Delta T) + C_{cal} \Delta T \quad (4)$$

em que \mathbf{M} é a massa de água, \mathbf{c} é o calor específico da água, $\Delta\mathbf{T}$ é a variação de temperatura e \mathbf{C}_{cal} é a capacidade térmica do calorímetro. Note que \mathbf{Q}_R é expressa em Joule enquanto \mathbf{Q}_S é expressa em calorias. Chamando \mathbf{J} de equivalente mecânico do calor pode-se escrever:

$$Q_S \cdot J = Q_R \quad (5)$$

Lista de Material

Calorímetro de isopor, resistor de aproximadamente 10 Ω , multímetro, termômetro, provetas, fios de conexão, água, ebulidor, canecas, cronômetro.

Procedimento Experimental

Parte I – Capacidade calorífica do calorímetro

I.a) Introduza uma quantidade de água \mathbf{M}_0 (≈ 100 ml) à temperatura \mathbf{T}_0 (\approx ambiente) dentro do calorímetro e aguarde até que o sistema entre em equilíbrio. Aqueça uma quantidade de água \mathbf{M}_1 ($\approx \mathbf{M}_0$) e insira no calorímetro, use o agitador mecânico para homogeneizar a mistura e observe a temperatura de equilíbrio \mathbf{T}_E .

Dica: Não jogue a água quente diretamente sobre o termômetro 2. A \mathbf{T}_E será a máxima temperatura medida, então após a mistura aguarde até a temperatura comece a baixar e anote o valor máximo.

II.b) repita o procedimento três vezes calculando a capacidade térmica do calorímetro para cada caso e calculando o valor médio ao final.

Parte II – Determinação do equivalente mecânico

II.a) meça e anote o valor da resistência \mathbf{R} ($\approx 10\Omega$) usando o multímetro.

II.b) introduza uma quantidade de água M_A ($\approx 200\text{ml}$) dentro do calorímetro e tampe-o. Meça o valor da temperatura inicial T_I .

II.c) aplique uma tensão contínua externa V ($\approx 10\text{V}$). Faça uma tabela e monitore com o auxílio do cronômetro o tempo necessário para que a temperatura do sistema (T_S) se eleve de um grau. Use o agitador mecânico para homogeneizar a mistura.

II.d) anote cada valor da temperatura (T_S) e o respectivo tempo transcorrido. Continue executando o procedimento *II.c* desde $T_S = T_I$ até aproximadamente $T_S \approx 40^\circ\text{C}$, onde deve desligar a tensão aplicada. Inclua uma terceira coluna em sua tabela para o equivalente mecânico do calor calculado para cada variação de um grau em T_S .

II.e) repita o experimento montando uma segunda tabela.

Parte III – Transferência de calor não estacionária

III.a) No calorímetro vazio introduza uma quantidade de água M_A ($\approx 200\text{ml}$) e deixe-o destampado. Meça o valor da temperatura inicial T_I .

III.b) Aplique uma tensão contínua externa V ($\approx 10\text{V}$). Meça e registre numa tabela a temperatura da água até atingir 40°C (realizar as medições a cada 20 segundos). Use o agitador mecânico para homogeneizar a mistura.

III.c) Repita o item anterior com tensões de 5 e 8 V.

Análise dos dados

Explique o que foi observado e busque explorar ao máximo dados obtidos. Calcule o equivalente mecânico do calor também de forma gráfica. Adicionalmente, faça o gráfico de Temperatura versus Tempo para as diferentes condições aqui avaliadas e tente achar um modelo teórico para este comportamento com e sem a tampa, estimando os coeficientes de transferência possíveis.