

---

FÍSICA EXPERIMENTAL 2 – ONDAS, FLUIDOS E TERMODINÂMICA  
EXPERIÊNCIA 12 – RELAÇÃO TRABALHO CALOR

---

### 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  $M$ ) + calorímetro. Assim a energia recebida pelo sistema equivalente é:

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

em que  $M$  é a massa de água,  $c$  é o calor específico da água,  $\Delta T$  é a variação de temperatura e  $C_{cal}$  é a capacidade térmica do calorímetro. Note que  $Q_R$  é expressa em Joule enquanto  $Q_S$  é expressa em calorias. Chamando  $J$  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  $10 \Omega$ , 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  $M_0$  ( $\approx 100$  ml) à temperatura  $T_0$  ( $\approx$  ambiente) dentro do calorímetro e aguarde até que o sistema entre em equilíbrio. Aqueça uma quantidade de água  $M_1$  ( $\approx M_0$ ) e insira no calorímetro, use o agitador mecânico para homogeneizar a mistura e observe a temperatura de equilíbrio  $T_E$ .

Dica: Não jogue a água quente diretamente sobre o termômetro 2. A  $T_E$  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  $R$  ( $\approx 10\Omega$ ) usando o multímetro.

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

*II.c)* aplique uma tensão contínua externa  $V$  ( $\approx 10V$ ). 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  $T_s \approx 40^\circ C$ , 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.

### **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.