



TERMODINÂMICA E TEORIA CINÉTICA

T3 - Equivalência entre trabalho e energia

1. OBJECTIVO

Verificar a equivalência entre energia mecânica ou eléctrica em energia térmica

2. INTRODUÇÃO TEÓRICA

O dispositivo aqui tratado permite que o trabalho mecânico – medido em Nm - e energia eléctrica – medido em Ws – seja convertido em calor – medido em J. Pretende-se mostrar que Estas três formas de energia são equivalentes.

A energia mecânica ou eléctrica pode ser transformada continuamente em energia térmica. A energia mecânica é o trabalho despendido na fricção do tambor. Esta energia faz aumentar a temperatura do tambor. Assumindo que a energia se conserva, o trabalho realizado pelas forças de fricção é igual ao ganho da energia térmica. O tambor metálico do calorímetro roda sob a acção manual da manivela. O trabalho realizado pela fricção é dado pela a seguinte expressão:

$$W = F \cdot s \quad (2.1)$$

Onde F é a força de fricção e é igual ao peso mg , s é a distância total onde a força de fricção actua $s = \pi \cdot n \cdot d$, em que n é o número de voltas e d o diâmetro do tambor.

Podemos expressar a energia transferida para o calorímetro, devido à fricção do fio, em termos da variação da temperatura ΔT :

$$\Delta Q = c \cdot (T_2 - T_1) \quad (2.2)$$

em que T_1 e T_2 são as temperaturas antes e depois de realizar trabalho, respectivamente. O c representa a capacidade térmica: $c = c_k + c_w + c_T$ Onde c_k é a capacidade térmica do calorímetro, c_w a capacidade térmica aproximadamente de 1g de água (4.2 J K^{-1}) e c_T a capacidade térmica do termómetro (5 J K^{-1}).

Podemos também fornecer energia eléctrica ao calorímetro. Utiliza-se uma fonte de tensão e faz-se passar uma corrente eléctrica na sua resistência eléctrica, por efeito de joule, dissipa uma quantidade de energia traduzida pela seguinte expressão:

$$W_{ele} = V \cdot I \cdot \Delta t \quad (2.3)$$

Onde Δt é o tempo de passagem de corrente na resistência, V a diferença de potencial (d.d.p.) da fonte de alimentação e I a intensidade de corrente eléctrica.

A energia térmica transferida para o calorímetro pode ser determinada pela expressão (2).

3. MATERIAL NECESSÁRIO

1. Calorímetros: 2 de cobre e um de alumínio.
2. Contador de rotações.
3. Fio de fricção (nylon).
4. Peso de 5 kg.
5. Manivela.
6. Torno.
7. Termopar (ou termómetro) e mostrador digital.
8. Suporte e garras.
9. Fonte de alimentação.
10. 2 Multimetros.
11. Relógio.

4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

4.1. Experiência 1 - Conversão de energia mecânica em energia térmica

1. Monte a seguinte esquema:

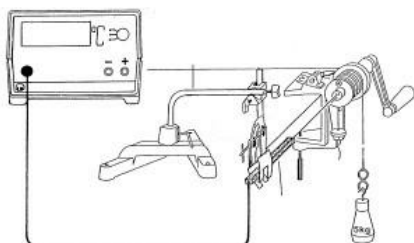


Figura 1a - Montagem experimental



Figura 1b.

2. Pegue no calorímetro e ponha assente na posição de tripé, com o orifício virado para cima (figura 1b).
3. Retire o parafuso com o buraco. Não retire o anel.
4. Encher o calorímetro com água. (60 ml para o calorímetro de água e 1.2 ml para os restantes)
5. Coloque o parafuso.
6. Arrefeça calorímetro no frigorífico a cerca de 5°C abaixo da temperatura ambiente.
7. Coloque o calorímetro na posição de trabalho, inserindo os três ponteiros nos buracos do conjunto disco/manivela e rodando ligeiramente.
8. Limpe a superfície do calorímetro.

9. Enrole o fio ao tambor do calorímetro (cerca de 3 a 4 voltas).
10. Prenda o peso de 5 kg.(utilizando o gancho).
11. Meça a temperatura do calorímetro inserindo o termopar (ou termómetro) no parafuso com buraco (figura 1b).
12. Registe o número do contador e inicie o movimento rotativo lentamente com a manivela.
13. Durante a rotação verifique que o peso fica suspenso.
14. Meça a temperatura em função do número de voltas.
15. Pare de rodar quando a temperatura aumentar cerca de 5°C acima da inicial.
16. Repita a experiência para os outros dois calorímetros.

4.2. Experiência 2 - Conversão de energia eléctrica em energia térmica.

1.

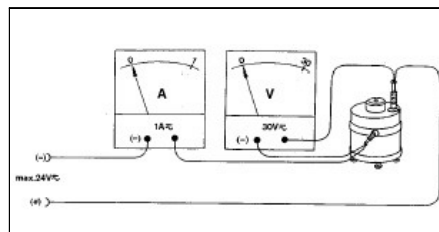


Figura 2 – Montagem experimental

2. Escolha um dos calorímetros com resistência de aquecimento.
3. Pegue no calorímetro e ponha assente na posição de tripé, com o orifício virado para cima (figura 1b).
4. Retire o parafuso com o buraco. Não retire o anel.
5. Encher o calorímetro com 1.2 ml de água.
6. Coloque o parafuso.
7. Arrefeça o calorímetro a cerca de 5°C abaixo da temperatura ambiente.
8. Insira os eléctrodos nos orifícios (figura 1b).
9. Monte o circuito como o da figura 2.
10. Insira o termopar (ou termómetro) no parafuso com buraco.
11. Registe a temperatura inicial do calorímetro.
12. Ligue os multímetros (um em modo amperímetro na escala de 10 A – em série e outro em modo voltímetro – em paralelo).
13. Ligue a fonte de alimentação e inicie a contagem do tempo.

14. Registe os valores da corrente eléctrica e da d.d.p.
15. Registe a temperatura em função do tempo, durante o tempo necessário para aumentar em cerca de 5°C relativo ao valor que mediu inicialmente.
16. Desligue a fonte de alimentação e registe o tempo.
17. Desligue os multímetros.

5. QUESTIONÁRIO

TURMA _____ GRUPO _____ DATA _____

5.1. Experiência 1:

1. Utilizando os valores experimentais e as expressões (1) e (2), calcule o trabalho mecânico e a energia térmica, respectivamente (utilize os valores indicados na introdução, c_k , c_W , c_T e em anexo).
2. Explique qual a relação existente entre as duas grandezas calculadas anteriormente.
3. Calcule a razão $\frac{\Delta W}{\Delta Q}$ e discuta-os em termos do que esperava obter e o que obteve.

5.2. Experiência 2:

1. Utilizando os valores experimentais e as expressões (2) e (3), calcule a energia térmica e eléctrica, respectivamente (utilize os valores indicados na introdução, c_k , c_W , c_T)
2. Para esta experiência, responda às mesmas questões indicadas nos pontos 2 e 3.

6. ANEXO

| Tipo de calorímetro / Material | d (mm) | V (cm ³) | m (g) | C (JK ⁻¹) | U_{\max} (V) | I_{\max} (A) |
|--------------------------------|----------|------------------------|---------|-------------------------|----------------|----------------|
| Calorímetro de água / Cu | 46.5 | 60 | 103 | 40 | — | — |
| Calorímetro de cobre / Cu | 47 | 1.2 | 671 | 264 | 24 | 0.8 |
| Calorímetro de alumínio / Al | 47 | 1.2 | 215 | 188 | 24 | 0.8 |

Legenda:

d = Diâmetro do tambor cilíndrico.

V = Volume do líquido (enchimento do calorímetro).

m = Massa total, com o calorímetro vazio.

C = Capacidade térmica vazio.

U_{\max} = d.d.p. máxima permitida para aquecer o filamento.

I_{\max} = Corrente eléctrica máxima permitida para aquecer o filamento.