



BC 0205 Fenômenos Térmicos

Experimento 4 – Roteiro

Calorimetria – parte 2

Professor: _____ Data: ____/____/2016

Turma: _____ Turno: _____ login Tidia: _____

Nome: _____ RA: _____

Proposta – Como continuação dos experimentos relacionados à calorimetria, verificaremos a conversão de energia elétrica em energia térmica (efeito joule) e verificar a manifestação da segunda lei da termodinâmica na conversão de energia térmica em elétrica.

I - Teoria

Sabemos que é possível converter energia mecânica em térmica facilmente, por exemplo, por meio do atrito. Neste caso, a energia é perdida pelo atrito entre os componentes de um sistema mecânico, uma máquina ou mecanismo. O atrito é um fenômeno que ocorre entre superfícies, que as aquece. Esse atrito pode ocorrer entre corpos rígidos, entre fluidos e corpos rígidos, e entre fluidos. Por exemplo, um eixo girando apoiado sobre um mancal, mesmo quando lubrificado, está sujeito ao atrito com o material do mancal (nos pontos onde o filme de lubrificante é rompido) e atrito com o próprio lubrificante. Um navio sofre o atrito com a água do mar e com o ar. Da mesma forma um automóvel sofre atrito com o solo e com o ar. Se um avião estiver a uma velocidade elevada o aquecimento da fuselagem e das asas pode provocar seu amolecimento ou fratura ou mesmo combustão, levando à perda desses componentes. Essa energia mecânica perdida por atrito se transforma em energia térmica ou, simplesmente, calor.

Mas essa não é a única forma de gerar calor. Uma combustão provoca uma grande geração de energia térmica cuja origem está na liberação da energia interna do material em combustão e do oxigênio que alimenta o processo. Por exemplo, na combustão da madeira o principal gerador de energia térmica é devido à reação do carbono (C) com o oxigênio (O), produzindo monóxido de carbono (CO) e, em presença de maior quantidade de oxigênio, em gás carbônico (CO₂).

Outra maneira de se gerar energia térmica é pela passagem de corrente elétrica em um meio condutor. Este fenômeno é conhecido como **Efeito Joule**, em homenagem ao físico britânico James Prescott Joule (1818-1889). Desse modo, podemos fornecer energia térmica por meio de uma resistência elétrica (aquecedor).

Esse fenômeno ocorre devido ao encontro dos elétrons da corrente elétrica com as partículas do condutor. Os elétrons sofrem colisões com átomos do condutor, parte da energia cinética (energia de movimento) do elétron é transferida para o átomo aumentando seu estado de agitação, conseqüentemente, a sua temperatura. Assim, a

energia elétrica é transformada em energia térmica (calor). A energia (ΔE) liberada pelo aquecedor elétrico pode ser escrita como:

$$\Delta E = \int_{t_i}^{t_f} P(t) dt = \int_{t_i}^{t_f} V(t)I(t) dt \quad (1)$$

onde $V(t)$ é a tensão entre os terminais do aquecedor e $I(t)$ a corrente elétrica que percorre a resistência. Se considerarmos o caso particular de $V(t) = V_0$ e $I(t) = I_0$, a expressão para energia fornecida pode ser escrita simplesmente como:

$$\Delta E = V_0 I_0 (t_f - t_i) = V_0 I_0 \Delta t \quad (2)$$

Se o aquecedor está submerso em um líquido de massa m e calor específico c , a quantidade de calor absorvida pelo líquido será dada por

$$Q = mc\Delta T$$

(como visto no experimento anterior). Para um sistema que não perde energia para a vizinhança, ou seja, confinado em um calorímetro ideal, a temperatura final (T_f) será:

$$T_f = T_i + \left(\frac{V_0 I_0}{mc} \right) t \quad (3)$$

onde T_i é a temperatura inicial (no instante $t = 0$).

Portanto, podemos estabelecer uma relação direta entre a energia elétrica fornecida e a energia térmica absorvida. A conversão de energia elétrica em energia térmica, neste caso, é irreversível.

Também temos efeitos que nos possibilitam a conversão de energia térmica em elétrica, entre eles o denominado **Efeito Peltier**, descoberto por Jean Charles Athanase Peltier em 1834. Este efeito está relacionado ao **efeito Seebeck** (que é o princípio de funcionamento de termopares para a medida de temperatura).

O efeito Peltier é o inverso do termopar: uma corrente elétrica é forçada a passar por junções de metais diferentes, resultando em aquecimento de uma e resfriamento de outra. Os termopares usam metais para as junções e os valores de tensão e corrente são bastante baixos. Mas isso não é muito importante, pois a finalidade é apenas medição. Os dispositivos práticos de efeito Peltier usam semicondutores para uma maior densidade de corrente e, assim, de potência. Em geral o material semicondutor é **telureto de bismuto** altamente dopado para criar semicondutores tipo P e tipo N. A figura 1 apresenta o esquema de funcionamento de um elemento peltier.

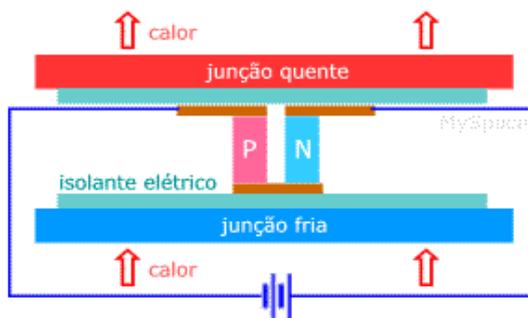


Figura 1 – Esquema básico de conexão de um elemento peltier. [extraído Ref. 4]

O dispositivo é formado por uma série intercalada de semicondutores dopados N e P. Ao circular corrente pelas junções, o calor é transferido de uma placa para outra e o dispositivo funciona como um refrigerador (aquecedor) sem partes móveis. A diferença de temperatura imposta entre placas é proporcional à corrente que passa pelo elemento peltier. Portanto, se for mantida uma diferença de temperatura entre as placas de um elemento pode-se medir uma corrente elétrica, que pode até mesmo ser usada para alimentar um equipamento elétrico. Este tipo de equipamento é utilizado na indústria para sistemas controladores de temperatura. O funcionamento de um elemento Peltier será mostrado pelo seu professor neste experimento.

II - Procedimento Experimental

Objetivos do Experimento: Neste experimento, iremos demonstrar a conversão de energia elétrica em energia térmica e observar também o efeito contrário que é a conversão de energia térmica em elétrica.

Materiais:

- Calorímetro;
- Termômetro;
- Cronômetro;
- Balança;
- Multímetros;
- Chapa aquecedora;
- Fonte de tensão contínua.
- Cabos diversos;
- Dispositivo TD8550A da Pasco (apenas um por turma, que será utilizado pelo professor).

Procedimentos:

a) Conversão de energia elétrica em energia térmica.

1 – Meça a massa do calorímetro vazio (M_{cal}) com seu respectivo erro. Não se esqueça de anotar a identificação do calorímetro. **[De preferência, utilize o mesmo calorímetro que foi usado na experiência anterior]**

Identificação do Calorímetro: _____ (número de patrimônio)

Massa do calorímetro: $M_{cal} =$ _____ \pm _____ g

2 – Coloque uma quantidade de água a temperatura ambiente dentro do calorímetro. Garanta que a quantidade de água dentro do calorímetro seja o suficiente para que a resistência elétrica fique completamente submersa no líquido. Meça a massa do sistema (M_T), que permitirá obter a massa de água contida no calorímetro. Use o agitador para alcançar o equilíbrio térmico e anote a temperatura inicial do sistema (T_i).

Massa total do sistema: $M_T =$ _____ \pm _____ g

Temperatura inicial do sistema: $T_i = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}} \text{ } ^\circ\text{C}$

3 - Meça o valor da resistência do aquecedor (resistor, fora da água) e anote (lembre-se que o erro do multímetro para medida da resistência é $0,8\%R + 4D$ para o modelo Minipa ET-2075B).

Observação: Em geral, o correto é verificar no manual fornecido pelo fabricante qual o valor da incerteza. Por exemplo, no caso do multímetro Minipa (ET-2075B), a incerteza na escala para medida de resistência é dada por $\sigma_R = (0,8\% + 4D)$, o que significa que a incerteza será 0,8% do valor medido mais o valor 4 no último dígito apresentado no mostrador digital do multímetro (Exemplo a ser seguido: Se R medido é igual $46,8 \text{ } \Omega$, então

$$\sigma_R = 46,8 \times \frac{8}{1000} + 0,4 \cong 4,1 \Omega$$

. Já na função para medir a temperatura com um termopar vamos adotar uma incerteza de 1°C . Isso depende fortemente do modelo de multímetro utilizado.

Nem sempre o modelo do multímetro disponível no laboratório é aquele citado no texto do roteiro (minipa et-2075b). Portanto, na aula, verifique qual o modelo e confirme com seu professor e/ou técnico, qual a incerteza adequada a ser calculada para o multímetro que o seu grupo estiver usando.

Resistência do aquecedor: $R = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}} \text{ } \Omega$

4 - De posse do valor de resistência determine o valor máximo de tensão que pode ser aplicada para não ultrapassar o limite de potência do resistor (Verifique com seu professor e/ou técnico qual é este limite). Se esse limite for ultrapassado, pode causar dano ao componente. Explícite o cálculo de valor máximo de tensão permitida no quadro abaixo.

Provavelmente, uma tensão em torno de 15 V é adequada. **Verifique que tal valor não danificará o resistor.**

5 – Ligue a fonte e ajuste o valor de tensão adequado sem conectar a resistência. Depois, com a fonte desligada, conecte a resistência. Então, ligue a fonte de alimentação e acione o cronômetro ao mesmo tempo Anote o valor da corrente e tensão do mostrador da fonte com suas respectivas incertezas. (Consulte o técnico e/ou professor do valor da incerteza instrumental para a tensão e corrente da fonte).

Tensão do aquecedor: $V = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}} \text{ } \text{V}$

Corrente do aquecedor: $I = \underline{\hspace{2cm}} \pm \underline{\hspace{2cm}} \text{ } \text{A}$

6 – Agora, você irá monitorar a temperatura da água em função do tempo. Na tabela 1, anote os tempos para variação de 1 em 1 grau (ou algum intervalo que considere mais conveniente) até, pelo menos, uma temperatura de uns 10°C acima da temperatura inicial (você deve obter, no mínimo, 10 pontos). Durante a medida, observe os valores da tensão e da corrente (espera-se que estes valores permaneçam constantes durante todo o processo).

Tabela 1: Medidas da temperatura da água como função do tempo transcorrido com a tensão aplicada.

medida	Tempo ()	Temperatura ()
0	0	$T_1 =$
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

7 - Faça um gráfico de temperatura (eixo y) em função do tempo (eixo x) com os dados da tabela 1. [Represente o tempo em segundos transcorridos a partir do instante $t = 0$ s]

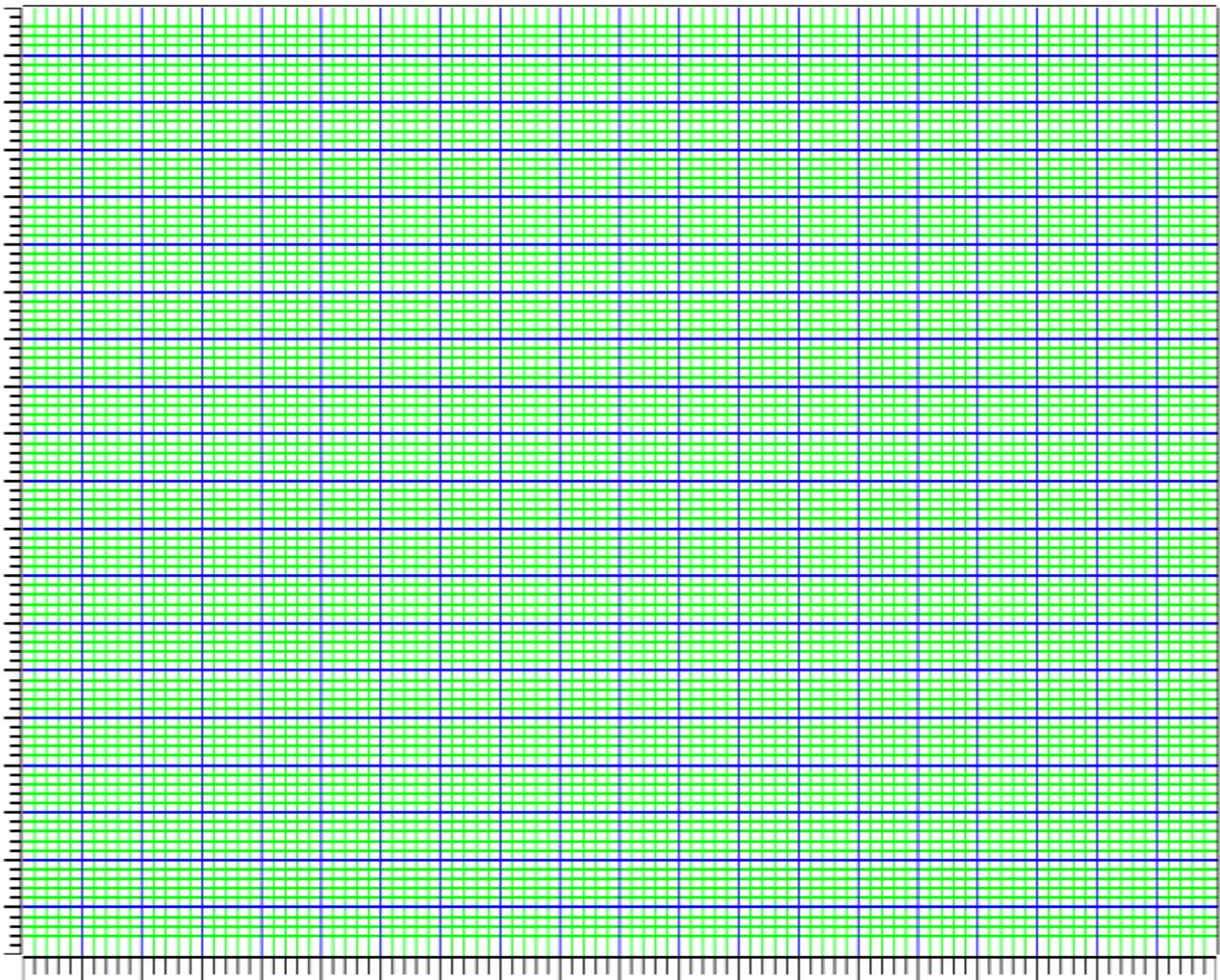


Figura 2 – Gráfico de variação da temperatura da água em função do tempo transcorrido.

8 – Determine os coeficientes angular e linear **com suas respectivas incertezas**. Quais são as unidades destes coeficientes? Escreva a equação da reta para o gráfico acima indicando explicitamente as unidades envolvidas.

9 - O que representam fisicamente os coeficientes angular e linear do gráfico acima?

10 - Por meio do coeficiente angular determine a potência elétrica.

11 - Com base nos dados de tensão e corrente elétrica, calcule a quantidade de energia elétrica que foi fornecida ao sistema. Apresente explicitamente seus cálculos e o valor obtido abaixo.

Energia elétrica fornecida: $E_{el} = \text{_____} \pm \text{_____} \text{ J}$

12– Calcule a quantidade de energia (Q) transferida para o sistema.

Energia térmica transferida: $Q = \text{_____} \pm \text{_____} \text{ J}$

13 - O que você pode concluir dos valores medidos para a quantidade de calor (Q) transferida e da quantidade elétrica dissipada (E_{el}) no resistor? Ocorreu o que era esperado? Justifique a sua resposta.

b) Conversão de energia térmica em energia elétrica.

Observe a demonstração realizada pelo seu professor e responda às próximas questões.

Nesta demonstração será utilizado o dispositivo fornecido pela empresa Pasco, modelo TD8550A, como mostrado na figura 4.



Figura 4 – Dispositivo TD8550A da Pasco. O elemento peltier está fixo entre as placas de alumínio [extraído da Ref. 5]

O elemento peltier é colocado entre duas hastes metálicas (alumínio) de modo que cada face do elemento está em contato térmico com uma das hastes. Além disso, o dispositivo possui um motor elétrico que pode ser acionado quando é fornecida energia suficiente através da diferença de temperatura imposta entre as hastes (para maiores detalhes ver [5]). O professor montará o dispositivo TD8550A entre dois béqueres (conforme figura 5), de forma que um deles contenha uma substância a temperatura baixa (gelo, por exemplo) e o segundo a uma temperatura mais elevada (água aquecida).

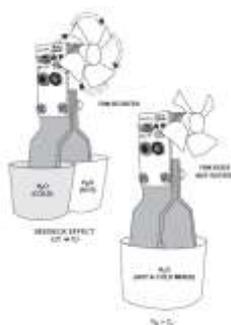


Figura 5 – Dispositivo TD8550A da Pasco submetido a uma diferença de temperatura.

O que foi observado? Como isso pode ser explicado?

Depois, o professor inverte os béqueres, de forma que a haste que estava em contato com a baixa temperatura agora estará em contato com alta temperatura e vice-versa. O que acontece com a direção do giro do motor em relação à primeira observação? Como você pode explicar isso?

Por fim, o professor coloca as duas hastes dentro de apenas um béquer de cada vez. O que acontece, em relação ao movimento do motor, quando é colocado no de água fria? E quando é colocado no béquer com água quente? Como você explica isso?

Em que sentido essa intrigante experiência demonstra a segunda lei da termodinâmica?

III – Referências

- [1] H. Moysés Nussenzveig, Curso de Física Básica - 2, Editora Edgard Blücher (1996)
- [2] A.A. Campos, E.S. Alves, N.L. Speziali, Física Experimental Básica na Universidade, Editora UFMG (2007)
- [3] R.A Serway, J.W. Jewett Jr., Princípios de Física – vol. 2, Cengage Learning (2004)
- [4] http://www.mspc.eng.br/elet/rn/peltier_110.shtml última visita: 25/11/2010
- [5] <ftp://ftp.pasco.com/Support/Documents/English/TD/TD-8550A/012-04929A.pdf> última visita: 25/11/2010