

Experimento 8

CALORIMETRIA

Este experimento deverá ser realizado em duas aulas, gerando dois relatórios. Na primeira aula (parte A), conforme explicado no texto, deverá ser feita a calibração de um termopar e determinada a constante de tempo e a capacidade térmica de um calorímetro. Na segunda aula (parte B), serão medidos o calor específico de um metal e o calor latente de fusão do gelo.

1. Introdução

O calorímetro que dispomos no laboratório está esquematizado na Fig. 1 e é constituído de uma capa externa de alumínio e por um recipiente interno (copo) no interior do qual irão se processar as trocas de calor. Entre o recipiente interno e o externo existe uma camada de isopor cuja finalidade é minimizar as trocas de calor com o meio externo. Uma tampa de madeira fecha o conjunto, permitindo a passagem de fios para o interior do calorímetro. A medida de temperatura é feita por meio de um termopar, sendo que uma das junções do mesmo é colocada em uma pequena garrafa térmica cheia de água com gelo, para manter a temperatura de referência em 0 °C. A outra junção é colocada no interior do calorímetro para medir a temperatura.

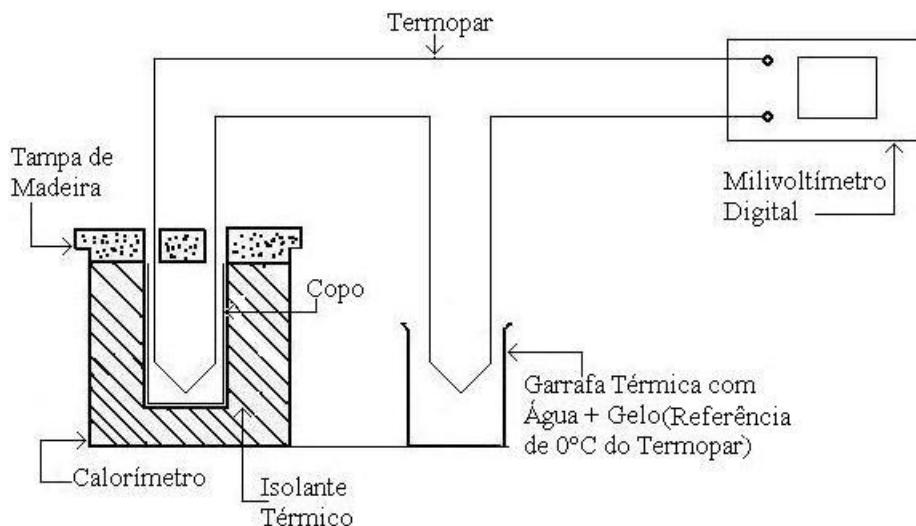


Figura 1. Esquema do calorímetro mostrando seus componentes. O termopar atravessa a tampa do calorímetro através de furos de pequeno diâmetro. A garrafa térmica deve ficar cheia de água com gelo para manter a referência em 0 °C. O milivoltímetro lê a tensão do termopar que corresponde à uma dada temperatura.

Este experimento objetiva determinar:

- 1) a curva de calibração de um termopar;
- 2) a constante de tempo do calorímetro;
- 3) a capacidade térmica do calorímetro;
- 4) o calor específico de um metal;
- 5) o calor latente de fusão do gelo.

2. Material usado

Calorímetro, termômetro de mercúrio, termopar, milivoltímetro, blocos de cobre, chumbo e alumínio, garrafa térmica com gelo, cronômetro e balança de precisão.

3. Procedimento e tratamento de dados

Parte A – Calibração do termopar, constante de tempo e capacidade térmica do calorímetro.

Gráfico de calibração do termopar

Antes de trabalhar no primeiro objetivo, leia o *Uso do Termopar na Seção 4 – Adendos*. Um gráfico de calibração de um termopar é uma linha traçada em um sistema de eixos em que a ordenada é a voltagem lida no termopar, V (dada em mV), para uma dada temperatura, T, e a abcissa é T.

Para fazer a calibração, coloque água no calorímetro, mergulhe o termopar e o termômetro de mercúrio na água, e faça leituras de V em função de T, para várias temperaturas da água no intervalo entre a temperatura da água como sai da torneira e uma temperatura próxima a de ebulição. A maneira mais fácil de fazer isso é começar com a água quente no calorímetro e ir baixando sua temperatura adicionando água fria. Coloque os pares de valores medidos (V,T) numa tabela. A seguir, levante a curva V x T.

Empregando os dados de uma tabela universal (fornecida na aula) para o tipo de termopar que usou, lance no mesmo gráfico da curva anterior os pares de valores (V,T) no mesmo intervalo de voltagem das suas medidas. Faça uma análise comparativa das duas curvas.

Constante de tempo do calorímetro

Para este objetivo, lembremos inicialmente que o calorímetro do laboratório, do ponto de vista da isolação térmica, não é ideal e troca calor com o meio externo. Isto pode ser medido pela queda de temperatura com o tempo de uma certa massa de alguma substância previamente aquecida (água, por exemplo) colocada no seu interior. Sendo T a temperatura da substância, mostra-se que a queda de temperatura no tempo, t, é dada por

$$T = T_0 e^{-t/\tau} + T_a \quad (1)$$

onde T_a é a temperatura ambiente, T_0 é uma constante, e τ é a *constante de tempo*, que é um parâmetro próprio do calorímetro e que pode ser considerado como uma medida de sua qualidade do ponto de vista da isolação térmica. Evidentemente, quanto maior for τ mais lenta será a queda de temperatura.

Para obter τ , coloque uma quantidade de água quente, completando aproximadamente metade do copo do calorímetro, feche o calorímetro e leia a temperatura em função do tempo usando o termopar. Construa um gráfico semi-logarítmico com os dados obtidos e obtenha a partir do gráfico o valor de τ .

Capacidade térmica do calorímetro

A determinação da capacidade térmica do calorímetro, C, é feita, basicamente, colocando-se cerca de 1/3 de copo de água fria no calorímetro, fazendo-se a leitura da temperatura, e depois adicionando-se uma quantidade aproximadamente igual de água quente, medindo as temperaturas da água quente e a temperatura de equilíbrio da mistura. Com essas informações, monte inicialmente a sua equação para determinar C (expressão literal!) em função das massas de água fria e quente e das temperaturas da água fria, da água quente e da temperatura de equilíbrio após a adição da água quente. A seguir faça as medidas e determine C.

Parte B – Calor específico de um metal e calor latente de fusão do gelo.

Calor específico de um metal

Complete cerca de $\frac{1}{2}$ copo de água fria no calorímetro, meça a temperatura, aqueça o metal que escolheu para determinar o calor específico em um banho de água quente de temperatura conhecida e a seguir coloque o metal aquecido no calorímetro fazendo a leitura da temperatura de equilíbrio. Estabeleça, antes de iniciar o experimento, a expressão literal que usará para determinar o calor específico, c , do metal. Fazem parte dessa equação as massas de água e de metal, a capacidade térmica do calorímetro, e as temperaturas da água fria, do metal e a temperatura de equilíbrio após a introdução do metal no calorímetro. A seguir determine c .

Calor latente de fusão do gelo

Coloque água fria no calorímetro até cerca de $\frac{2}{3}$ do copo e depois coloque duas ou três pequenas pedras de gelo na água. Como nos casos anteriores, meça todas as temperaturas de interesse. Deduza a equação que envolve o calor latente de fusão do gelo, L , e as demais variáveis do problema. Usando essa equação, determine L .

4. Adendos

A. Uso do termopar

O termopar consiste de dois fios de metais distintos, A e B, unidos em suas extremidades, conforme mostra a Fig. 2. O ponto em que os dois fios se unem chama-se de *junção*. Quando as temperaturas das duas extremidades de um fio forem diferentes, aparece uma diferença de potencial elétrico entre esses pontos – o efeito Seebeck. Cada metal tem um coeficiente Seebeck que depende da temperatura. Assim, nosso termopar irá fornecer uma tensão dada por:

$$\Delta V = [S_A(T) - S_B(T)] \Delta T$$

onde S_A e S_B são os coeficientes de Seebeck para cada metal e ΔT é a diferença de temperatura entre as extremidades de cada fio.

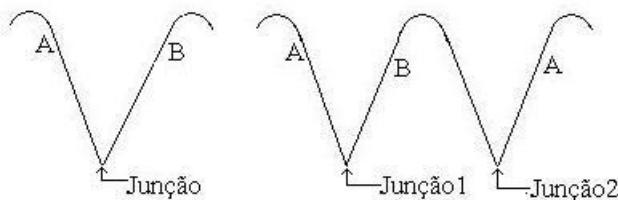


Figura 2. A junção formada por dois metais A e B está representada do lado esquerdo. A junção é obtida pela fusão dos dois metais. No lado direito da figura, temos um termopar formado por duas junções. Este esquema é o mais usado para medir diferenças de temperatura (ver no texto).

Termopares são extensivamente empregados para medir temperatura e a configuração mais usada é a da dupla junção (lado direito da Fig. 2). Para isso, conecta-se a um milivoltímetro às duas extremidades livres o termopar e as leituras do milivoltímetro são convertidas em temperatura. A voltagem lida pelo milivoltímetro é a diferença entre as voltagens de cada junção. Isso significa que se ambas estiverem na mesma temperatura, a voltagem lida é zero.

B. Cuidados importantes

- a- Só ligue o aquecedor (ebulidor) quando *imerso na água*. Sempre desligue o aquecedor *antes de tirá-lo da água*.
- b- Verifique constantemente o banho de água com gelo na junção de referência e não permita curto-círcuito entre os fios do termopar.
- c- Não deixe molhar as partes internas do calorímetro.
- d-

BIBLIOGRAFIA

1. F. W. Sears e M. Zemansky, *Física*, Vol. 2, cap. 16, Ed. Universidade de Brasília.
2. R.M. Eisberg e L.S. Lerner, *Física – Fundamentos e Aplicações*, Vol. 2, cap. 17.
3. I. Estermann (ed.), *Methods of Experimental Physics, Vol. 1, Classical Methods*, Academic Press, 1959, pp. 263-265 e Fig. 3, p. 264. (Biblioteca IFGW #530078M566v.1).
4. Y.S. Touloukian e E.H. Buyco (eds.), *Thermophysical Properties of Matter – Specific Heat*, Vol. 4, Ed. Plenum, 1970, (Biblioteca IFGW #R536021-T343).
5. D. R. Lide (ed.), *Handbook of Chemistry and Physics*, 1991, pp.5-65
6. D.M. Considine (ed.), *Process, Instruments and Control Handbook*, 3a. ed., McGraw-Hill, 1985, p. 2.17. (Biblioteca IFGW #R629.8P941).
7. American Society for Testing and Materials – ASTM (ed.), *Manual on the Use of Thermocouples in Temperature Measurements*. (Biblioteca IFGW # R536.5a512m).