

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 há 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.

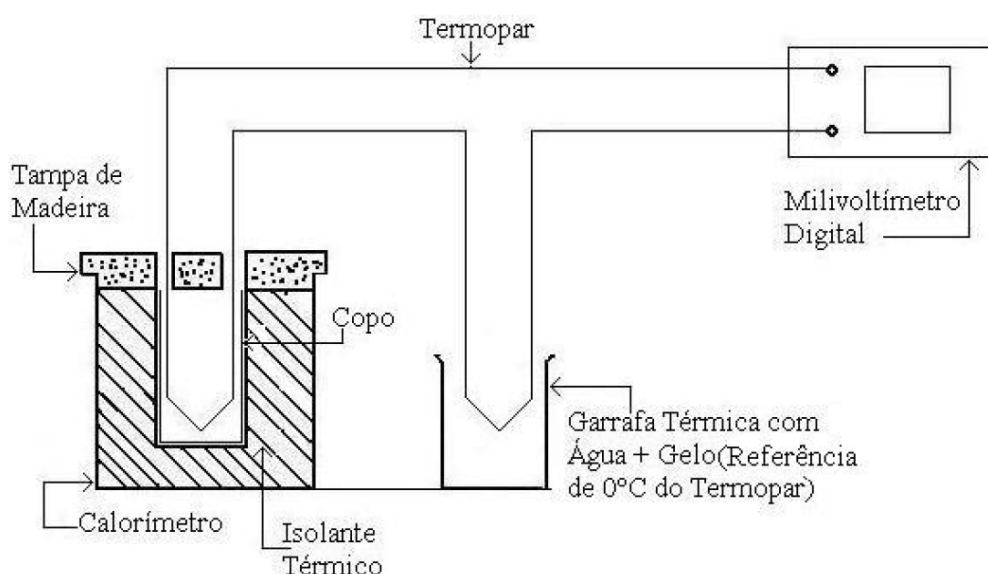


Figura 1. Esquema do calorímetro mostrando seus componentes. O termopar atravessa a tampa do calorímetro através de furos de pequeno diâmetro. A garrafa térmica deve ficar cheia de água com gelo para manter a referência em 0 °C. O milivoltímetro lê a tensão do termopar que corresponde a uma dada temperatura.

A energia transferida, Q , a ou de um corpo de massa m , por aquecimento ou resfriamento, está relacionada com a variação de temperatura no corpo por

$$Q = C\Delta T = mc\Delta T \quad (1)$$

Onde C é a capacidade térmica e $c = C/m$ é o calor específico. A capacidade térmica é uma propriedade do corpo, enquanto o calor específico é uma propriedade do material.

No processo de mudança de fase, como na fusão do gelo, não há variação de temperatura. Porém, ocorre a transferência de energia dada por:

$$Q = mL \quad (2)$$

Onde L é o calor latente da mudança de fase sendo estudada e é uma propriedade do material.

Medindo-se as variações de temperatura dentro do calorímetro, podem-se estudar as trocas de calor e determinar a capacidade térmica, calor específico e calor latente de materiais de interesse.

Este experimento objetiva determinar:

- 1) a curva de calibração de um termopar;
- 2) a capacidade térmica do calorímetro;
- 3) o calor específico de um metal;

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

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 abscissa é T .

Para fazer a calibração, coloque água no becker, 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.

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 .

Calor específico de um metal

Complete cerca de $1/2$ 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 .

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:

$$\Delta V = [S_A(T) - S_B(T)] \Delta T \quad (3)$$

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.

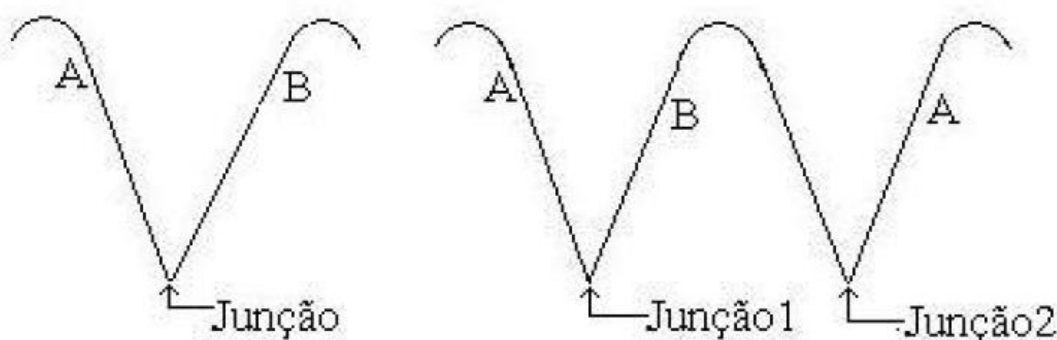


Figura 2. A junção formada por dois metais A e B está representada do lado esquerdo. A junção é obtida pela fusão dos dois metais. No lado direito da figura, temos um termopar formado por duas junções. Este esquema é o mais usado para medir diferenças de temperatura (ver no texto).

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 do 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-circuito entre os fios do termopar;
- c- Não deixe molhar as partes internas do calorímetro.

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).