

Determinação dos calores específicos de cobre (Cu), chumbo (Pb) e vidro utilizando um calorímetro

TEORIA

A quantidade de calor Q que é absorvida ou libertada quando um corpo é aquecido ou arrefecido é proporcional à variação de temperatura ΔT e à sua massa m .

$$Q = c m \Delta T \quad (1)$$

O factor de proporcionalidade c , designado por calor específico do corpo, é uma quantidade que depende do material. Nesta experiência vai ser determinado o calor específico de vários sólidos (cobre, chumbo, vidro). Em cada caso a massa do corpo é determinada (m_1), o corpo é aquecido com vapor de água até à temperatura $T_1 = 100^\circ\text{C}$ e depois colocado num recipiente termos com água (massa m_2 , água que se encontra a uma temperatura inicial T_2). Após ser atingido o equilíbrio térmico (com agitação mecânica) o corpo e a água atingem uma temperatura de equilíbrio T_m por transferência de calor. A quantidade de calor libertada pelo corpo quente,

$$Q_1 = c_1 m_1 (T_1 - T_m) \quad , \quad (2)$$

é igual à quantidade de calor absorvida pela água

$$Q_2 = c_2 m_2 (T_m - T_2) \quad , \quad (3)$$

onde c_2 e m_2 são respectivamente o calor específico da água ($c_2 = 4,186 \text{ kJ}/(\text{kg } ^\circ\text{C})$) e a sua massa. A Fig.1 representa esquematicamente o corpo quente à temperatura T_1 , a ser lançado no calorímetro com água à temperatura T_2 . Após se atingir o equilíbrio, a temperatura final é T_m .

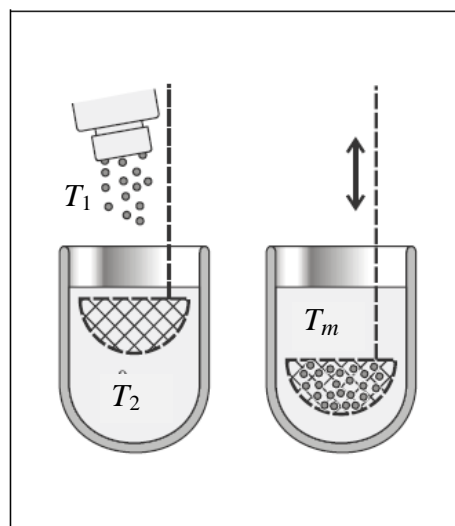


Fig.1: Esquema de lançamento do corpo quente no calorímetro.

Podemos assim determinar o valor do calor específico do material, c_1 :

$$c_1 = c_2 \frac{m_2}{m_1} \left(\frac{T_m - T_2}{T_1 - T_m} \right) \quad (4)$$

Na realidade, o termos (o calorímetro) também absorve algum do calor libertado pelo corpo quente. Nesta experiência, consideramos que o calor absorvido pelo calorímetro é equivalente ao calor absorvido por uma massa de água m_{equiv} . Assim a expressão (3) altera-se para

$$Q_2 = c_2 (m_1 + m_{equiv}) (T_m - T_2) \quad (5)$$

e a expressão (4) altera-se para:

$$c_1 = c_2 \frac{m_2 + m_{equiv}}{m_1} \cdot \left(\frac{T_m - T_2}{T_1 - T_m} \right) \quad (6)$$

onde $c_2 = 4,186 \text{ kJ/(kg } ^\circ\text{C)}$ e $m_{equiv} = 0,024\text{kg}$.

Com a propagação dos erros encontra-se a seguinte expressão para o quadrado da incerteza relativa no valor de c_1 ,

$$\left(\frac{\Delta c_1}{c_1} \right)^2 = \left(\frac{\Delta m_1}{m_1} \right)^2 + \left(\frac{\Delta m_2}{m_2 + m_{equiv}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta T_1}{T_1 - T_m} \right)^2 + \left(\frac{\Delta T_2}{T_m - T_2} \right)^2 + \left[\frac{(T_1 - T_2) \Delta T_m}{(T_1 - T_m)(T_m - T_2)} \right]^2, \quad (7)$$

sendo Δm_1 , Δm_2 , ΔT_1 , ΔT_2 , ΔT_m as incertezas nas medições de massas e temperaturas.

MÉTODO EXPERIMENTAL

1- EQUIPAMENTO:

- I- Calorímetro (termos)
- II- Termopar
- III- Balança
- IV- Gerador de vapor
- V- Cobre (mini lingotes), chumbo (esferas) e vidro (esferas)
- VI- Luvas de protecção térmica.

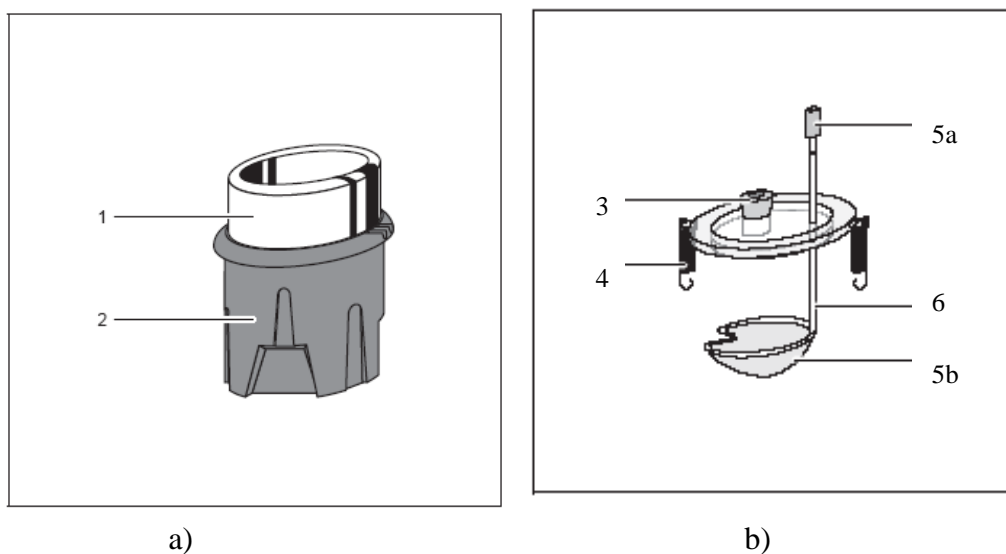


Fig. 2: a) 1- Termos; 2- Suporte do termos. b) 3- Tampa do termos com abertura para termómetro; 4- Molas de fixação; 5a, 5b, 6- Vareta-agitador e rede de suporte dos corpos aquecidos.

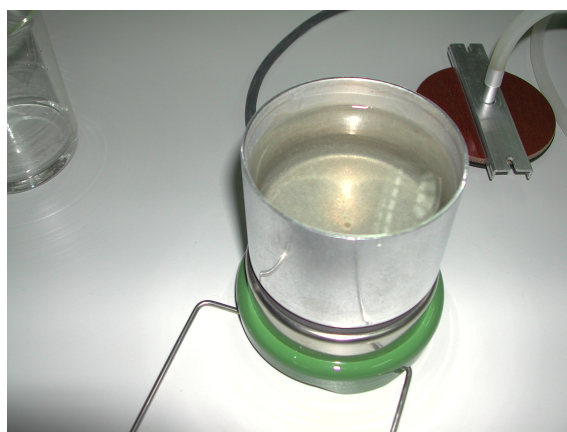


Fig. 3: Placa de aquecimento e gerador de vapor.

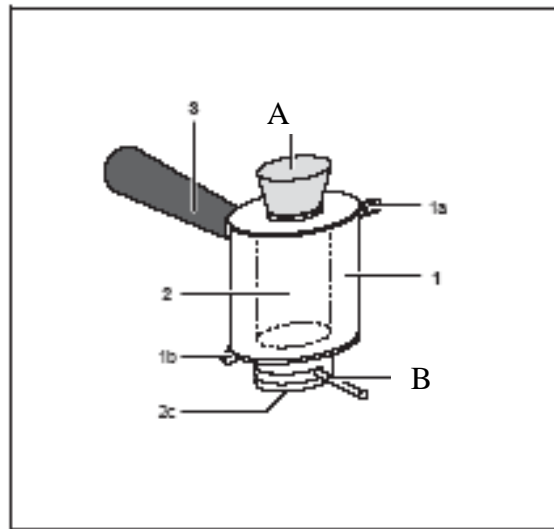


Fig. 4: Forno de aquecimento a vapor. A- entrada, B- saída com obturador.

2- PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:

Monte a experiência tal como é indicado na Fig. 5.

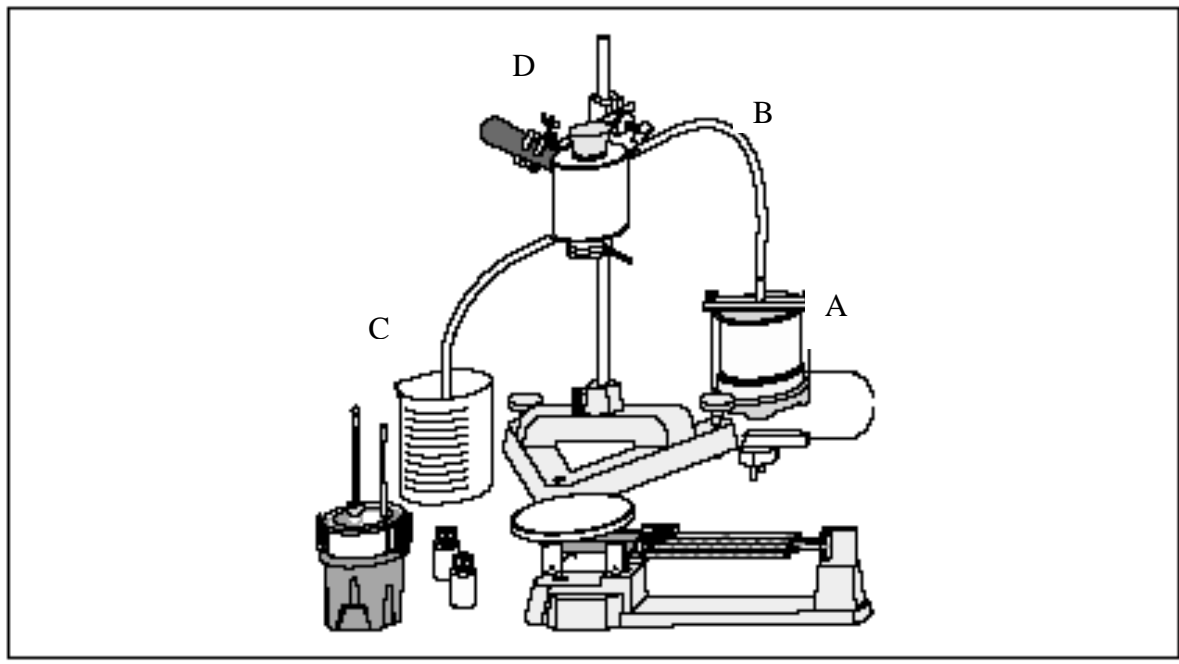


Fig. 5: Esquema da montagem do calorímetro.

1- Encha de água o recipiente do gerador de vapor (A na Fig. 5)

2- Ligue os tubos do recipiente de aquecimento (B na Fig. 5) e recipiente de vidro (C na Fig. 5).

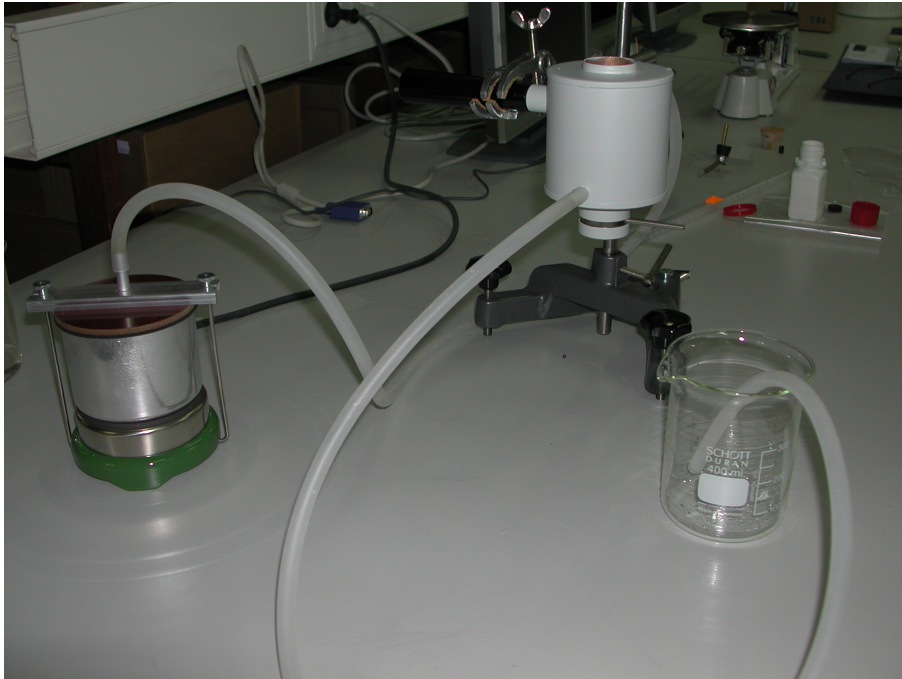


Fig. 6: Montagem do calorímetro.

- 3- Encha o recipiente (D na Fig. 5) com o material cujo calor específico c_1 pretende determinar e tape com a rolha.

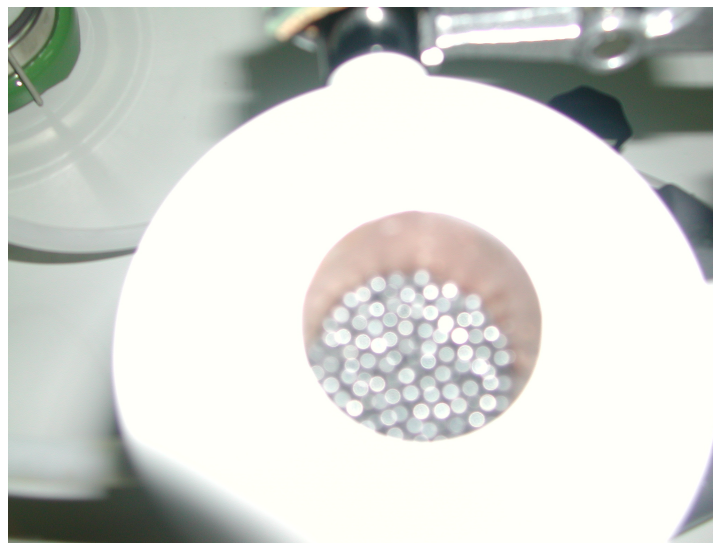


Fig. 7: Aspecto do forno de aquecimento com as esferas de vidro no interior.

- 4- Ligue o disco de aquecimento (tenha atenção para que o tubo de libertação do vapor não saia do recipiente de vidro). Para que o corpo a analisar atinja a temperatura do vapor de água em ebulição ($T_1=100^\circ\text{C}$) espere 10 a 15 min (20 min no caso do vidro).
- 5- Neste intervalo de tempo meça a massa do calorímetro vazio, m_{cal} , utilizando a balança.
- 6- Coloque de seguida cerca de 180 a 200 ml de água no calorímetro e meça a massa total $m_{(cal+aq)} = m_{cal} + m_2$, sem tampa. Determine a massa de água no calorímetro, m_2 (com a sua incerteza: $\Delta m_2 = \sqrt{\Delta m_{(cal+aq)}^2 + \Delta m_C^2}$).
- 7- Introduza o termopar na tampa do calorímetro e meça a temperatura inicial da água (T_2).
- 8- Ao fim de 15 a 20 min de aquecimento, coloque o calorímetro com a rede por baixo da saída do recipiente de aquecimento para receber o corpo a analisar (mas sem a tampa). Abra a porta

inferior do recipiente de aquecimento, deixando cair os pedaços de Cu (Pb, vidro) até encher a rede de recolha. De imediato, coloque a tampa no calorímetro e o termómetro.

9- Desligue o prato de aquecimento.

10- Vá deslocando para baixo e para cima o corpo quente no calorímetro, de modo a homogeneizar a temperatura da mistura. Vá observando a subida da temperatura da mistura até atingir a temperatura máxima T_m .

11- Tire a tampa do calorímetro e meça a sua massa total $m_{(cal+aq)} + m_1$ na balança. Determine a massa m_1 do material que caiu na água, com a sua incerteza.



Fig. 8: Aspecto do calorímetro completo, com água e as esferas de chumbo.



Fig. 9: Aspecto da balança numa operação de pesagem do calorímetro com água e o material.

12- Preencha as tabelas no relatório e calcule a partir das expressões (6) e (7) o calor específico c_1 e a sua incerteza.

13- Repita os passos 1 a 12 para determinar os calores específicos dos outros materiais.

ATENÇÃO: a manipulação do gerador de vapor requer cuidado (utilize as luvas térmicas), e **não deixe esgotar a água** no gerador de vapor com o prato ligado. Mantenha o tubo de saída do vapor seguro ao recipiente de vidro e este sempre com água. **NÃO SE QUEIME.**

NOTA - Os valores c^* representam valores de referência obtidos na literatura para os calores específicos dos materiais a estudar:

	c^* (kJ/(kg°C))
Cu	0,385
Pb	0,1295
vidro	0,746

Baseado em Paulo J.P. Freitas
29 de Setembro de 2005

M.R. Silva, L.L. Alves
Março 2010

Notas:

- 1) Os alunos devem chegar ao laboratório com cópia impressa do relatório, já tendo lido o guia e o relatório e percebido o objectivo e o conceito da medição.
- 2) A falta de indicação da unidade de medida numa quantidade física mencionada no relatório será considerada como erro grave na avaliação.
- 3) Na apresentação dum resultado com incerteza experimental, é importante que o número de algarismos significativos do valor central e da incerteza sejam consistentes. A incerteza deve ser indicada com no máximo dois algarismos significativos (preferencialmente dois, quando possível, se o primeiro algarismo for 1 ou 2) e o valor central não deve incluir algarismos menos significativos daqueles do erro. Na notação científica, erro e valor central devem ter o mesmo factor exponencial. Exemplos:

$$v = (121.3 \pm 3.3) \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

$$v = (121 \pm 3) \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

$$v = (1.21 \pm 0.03) \cdot 10^2 \text{ m/s} \rightarrow \text{OK}$$

$$v = (121.3 \pm 3) \text{ m/s} \rightarrow \text{errado}$$

$$v = (121.32 \pm 3.34) \text{ m/s} \rightarrow \text{errado}$$

$$v = 1.21 \cdot 10^2 \text{ m/s} \pm 3 \text{ m/s} \rightarrow \text{errado}$$

$$v = 121.32 \text{ m/s} \pm 2248.32 \cdot 10^{-3} \text{ m/s} \rightarrow \text{errado}$$