

## Determinação dos calores específicos do 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  $\Delta T$  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:

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

é igual à quantidade de calor absorvida pela água

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

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  $T_m$ .

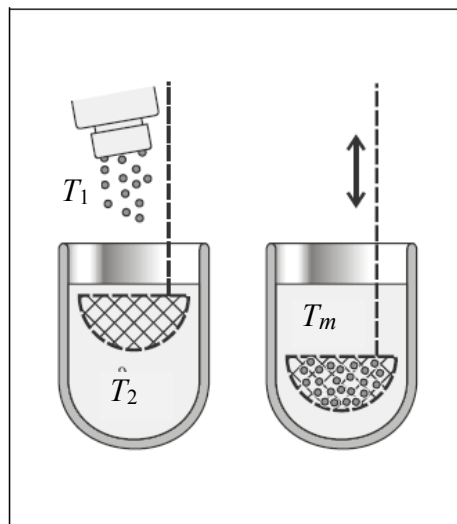


Fig.1: Esquema de lançamento do corpo quente no calorímetro.

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  $m_{equi}$ . Assim a expressão (3) altera-se para

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

e a expressão (4) altera-se para:

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

$$\text{onde } c_2 = 4,186 \text{ kJ/(kg } ^\circ\text{C)} \text{ e } m_{equi} = 0,024\text{kg} \quad (6)$$

## MÉTODO EXPERIMENTAL

### 1- EQUIPAMENTO:

#### I- Calorímetro (termos)

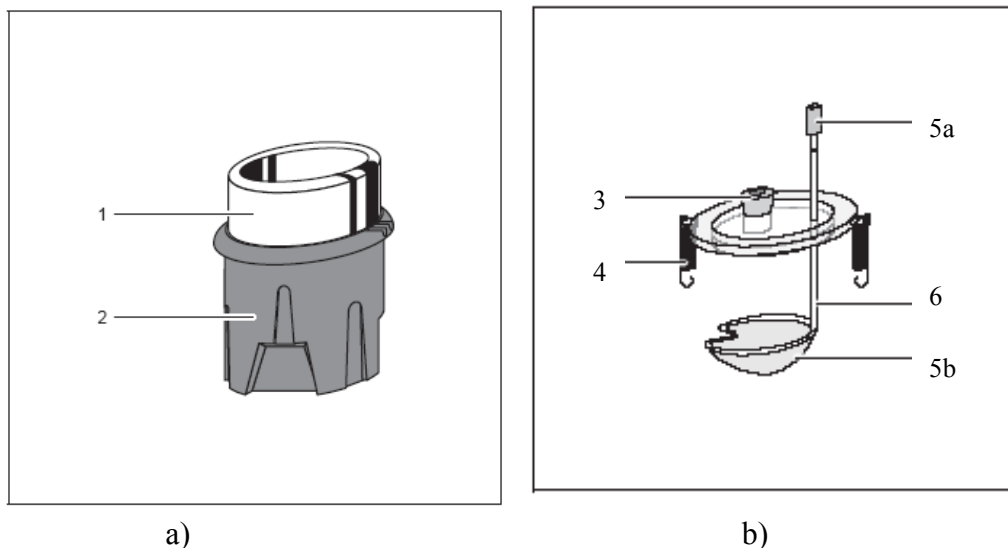


Fig. 2: a) 1- Termos; 2- Suporte do termos. b) 3- Tampa do termos com abertura para termômetro; 4- Molas de fixação; 5a, 5b, 6- Vareta-agitador e rede de suporte dos corpos aquecidos.

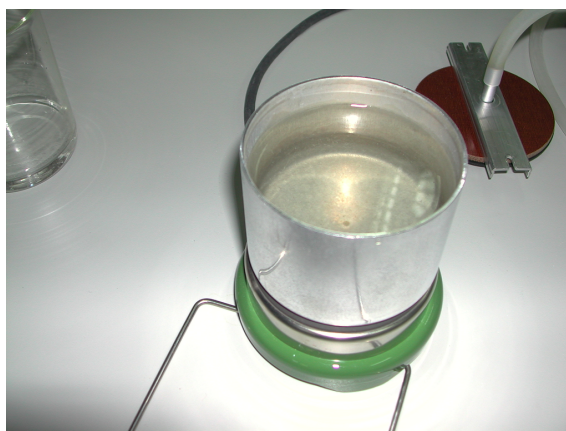


Fig. 3: Placa de aquecimento e gerador de vapor.

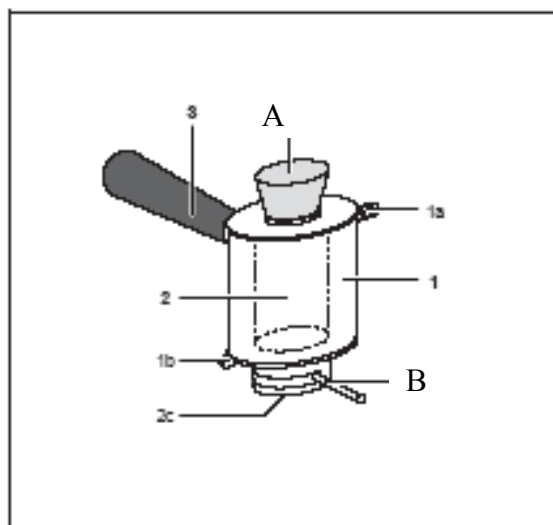


Fig. 4: Forno de aquecimento a vapor. A- entrada, B- saída com obturador.

II- Termómetro (menor divisão da escala 0,2°C)

III- Balança

IV- Gerador de vapor

V- Cobre (mini lingotes), chumbo (esferas) e vidro (esferas)

VI- Luvas de protecção térmica.

## 2- PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:

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

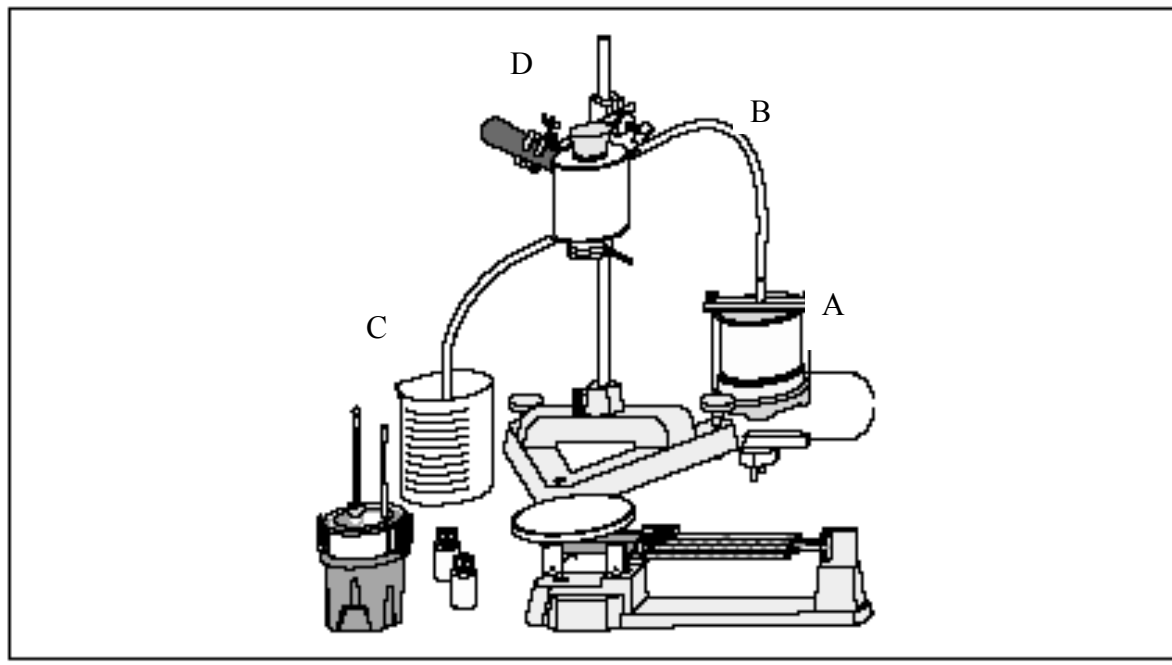


Fig.5: Esquema da montagem do calorímetro.

- 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).

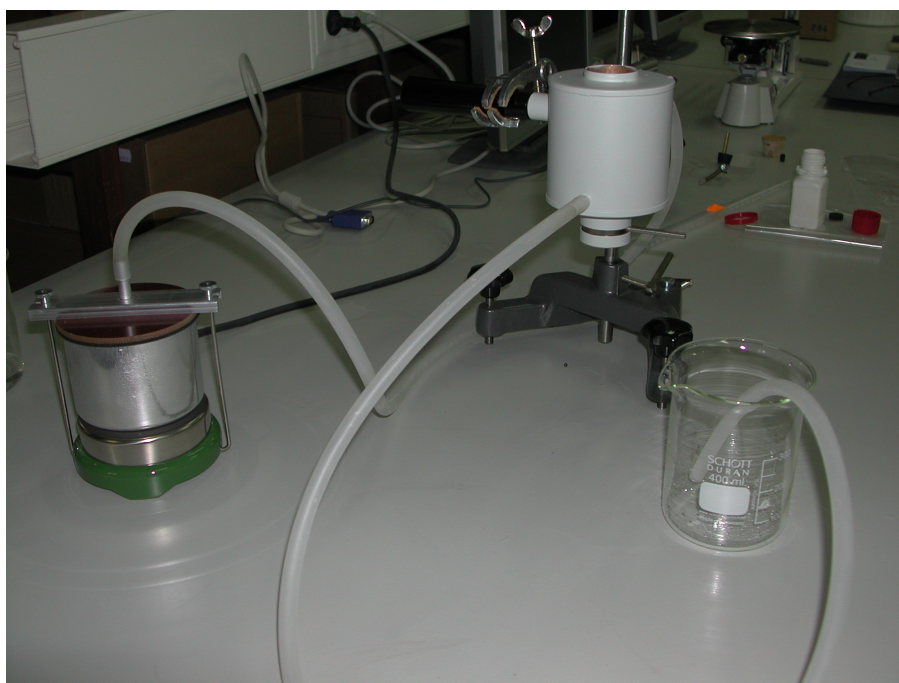


Fig.6: Montagem do calorímetro.

- 3- Encha o recipiente (D na Fig5) com o material cujo calor específico  $c_1$  pretende determinar e tape com a rolha.

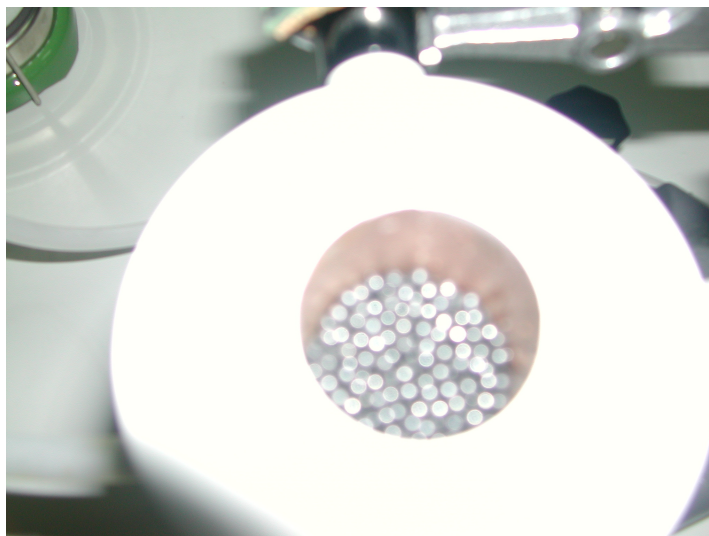


Fig. 7: Aspecto do forno de aquecimento com as esferas de vidro no interior.

- 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,  $m_c$ , utilizando a balança.
- 6- Coloque de seguida cerca de 180 a 200 ml de água no calorímetro e meça a massa total ( $m_c + m_2$ ; **sem tampa**). Determine a massa de água no calorímetro,  $m_2$ .
- 7- Introduza o termómetro 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  $T_m$ .



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

- 11- Tire a tampa do calorímetro e meça a sua massa total na balança ( $m_c + m_2 + m_1$ ) (balança). Determine a massa do material que caiu na água,  $m_1$ .

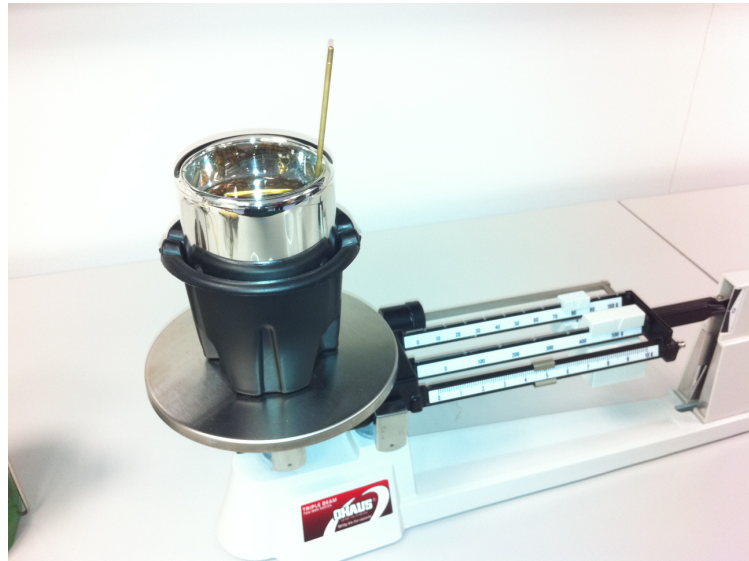


Fig. 9: Aspecto da balança numa operação de pesagem do calorímetro com água e o material.

12- Preencha a tabela na ficha de laboratório e calcule a partir da expressão (6) o calor específico  $c_1$ .

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:

	$c^*(\text{kJ}/(\text{kg}^\circ\text{C}))$
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