

# Laboratorio di Fisica 1

## R6: Misura dei calori specifici di materiali ignoti

Gruppo 17: Bergamaschi Riccardo, Graiani Elia, Moglia Simone

6/12/2023 – 13/12/2023

### Sommario

Il gruppo di lavoro ha misurato il calore specifico di tre solidi distinti per risalirne alla natura; inoltre ha determinato l'adiabaticità del calorimetro

## 1 Materiali e strumenti di misura utilizzati

| Strumento di misura     | Soglia                                  | Portata    | Sensibilità |
|-------------------------|---|------------|-------------|
| Termometro digitale     | 0 °C                                    | 0 °C       | 0.1 °C      |
| Barometro               | 0 hPa?                                  | 14 000 hPa | 1 hPa       |
| Cilindro graduato       | 1 mL                                    | 100 mL     | 1 mL        |
| Bilancia di precisione  | 0.50 g                                  | 4100.00 g  | 0.01 g      |
| Altro                   | Descrizione/Note                        |            |             |
| Calorimetro             | Isolato termicamente, quasi adiabatico. |            |             |
| Fornelletto e pentolino | Per scaldare acqua e campioni.          |            |             |
| Tre campioni solidi     | Li chiameremo $A$ , $B$ e $C$ .         |            |             |

## 2 Misurazione della massa equivalente

### 2.1 Esperienza e procedimento di misura

1. Versiamo in un cilindro graduato 100 mL di acqua distillata ( $c = 4186 \text{ J/kg K}$ ) e, dopo averne misurato la massa con la bilancia di precisione, la scaldiamo in un pentolino.
2. Ripetiamo il passaggio precedente, ma, invece di scaldarla, questa volta versiamo l'acqua a temperatura ambiente nel calorimetro.

**Osservazione.** È meglio che le masse si equivalgano, e che la loro somma sia uguale all'acqua che utilizzeremo nella seconda parte dell'esperimento, in modo che il calorimetro si bagni allo stesso modo.

3. Quando l'acqua raggiunge lo stato di ebollizione, che corrisponde a  $100^\circ\text{C}$ , salvo correzioni dovute alla pressione diversa da 1 atm, la versiamo nel calorimetro e mescoliamo lentamente per evitare che l'acqua calda resti in alto. Il termometro digitale ci darà il valore della temperatura in funzione del tempo.

## 2.2 Analisi dei dati raccolti e conclusioni

Per le leggi della termodinamica noi sappiamo che:

$$m_{\text{calda}}c_{\text{acqua}}(T_{\text{calda}} - T_{\text{eq}}) = (m_{\text{fredda}}c_{\text{acqua}} + C_{\text{calorimetro}})(T_{\text{eq}} - T_{\text{fredda}})$$

Invece che misurare  $C_{\text{calorimetro}}$  in J/K, possiamo considerare a quanta acqua equivale il calorimetro dal punto di vista termico, ovvero la quantità di acqua che assorbirebbe lo stesso calore del calorimetro. Quindi:

$$m_{\text{calda}}(T_{\text{calda}} - T_{\text{eq}}) = (m_{\text{fredda}} + m_{\text{equiv}})(T_{\text{eq}} - T_{\text{fredda}})$$

**Osservazione.** La massa equivalente ( $m_{\text{equiv}}$ ) ci dà anche un'idea di quanto il calorimetro disturbi la misura.

Eseguendo una regressione lineare sui dati raccolti dal termometro digitale, rappresentati nel seguente grafico, abbiamo trovato il valore di  $T_{\text{eq}}$ . Dunque:

$$m_{\text{equiv}} = \frac{m_{\text{calda}}(T_{\text{calda}} - T_{\text{eq}})}{(T_{\text{eq}} - T_{\text{fredda}})} - m_{\text{fredda}}$$

ovvero  $m_{\text{equiv}} = 0\text{ g}$ . Ora che abbiamo ottenuto questo valore, possiamo calcolare i calori specifici dei metalli di cui sono composti i campioni.

## 3 Misurazione del calore specifico dei materiali ignoti

### 3.1 Esperienza e procedimento di misura

1. Versiamo nel pentolino una quantità d'acqua tale da permettere l'immersione completa dei campioni in essa e la scaldiamo. Per fare ciò più velocemente e assicurarci di essere in stato di ebollizione, regoliamo la temperatura della piastra a  $T > 100^\circ\text{C}$ .
2. Misuriamo 200 mL di acqua, distillata ed a temperatura ambiente, e la versiamo nel calorimetro.
3. Per ogni solido ( $A$ ,  $B$  e  $C$ ):
  - (a) Ne misuriamo la massa con la bilancia di precisione.
  - (b) Una volta che l'acqua nel pentolino si trova in corrispondenza della transizione di fase, lo immergiamo in essa in modo che raggiunga la  $T$  del sistema.

- (c) Quando anch'esso raggiunge la temperatura di 100 °C, lo spostiamo nel calorimetro e mescoliamo nuovamente. Come prima, sarà il termometro digitale a darci il valore di  $T$  in funzione del tempo.

### 3.2 Analisi dei dati raccolti e conclusioni

Grazie alle leggi della termodinamica sappiamo che:

$$m_{\text{met}}c_{\text{met}}(T_{\text{met}} - T_{\text{eq}}) = (c_{\text{acqua}}m_{\text{acqua}} + C_{\text{calorimetro}})(T_{\text{eq}} - T_{\text{acqua}})$$

Conoscendo il valore di  $m_{\text{equiv}}$ , possiamo scrivere:

$$m_{\text{met}}c_{\text{met}}(T_{\text{met}} - T_{\text{eq}}) = (m_{\text{acqua}} + m_{\text{equiv}})c_{\text{acqua}}(T_{\text{eq}} - T_{\text{acqua}})$$

Eseguendo una regressione lineare sui dati raccolti dal termometro digitale, rappresentati nel seguente grafico, abbiamo trovato calcolato il valore di  $T_{\text{eq}}$ . Dunque:

$$c_{\text{met}} = \frac{(m_{\text{acqua}} + m_{\text{equiv}})c_{\text{acqua}}(T_{\text{eq}} - T_{\text{acqua}})}{m_{\text{met}}(T_{\text{met}} - T_{\text{eq}})}$$

Nella seguente tabella riportiamo i valori ottenuti per ogni solido con le relative incertezze, che abbiamo calcolato con la propagazione standard degli errori in quanto piccole, sistematiche e indipendenti.

| <i>Campione</i> | $m$ (g)      | $c$ (J kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ) |
|-----------------|--------------|---|
| <i>A</i>        | 12.43 ± 0.01 | 0 ± 0                                     |
| <i>B</i>        | 28.73 ± 0.01 | 0 ± 0                                     |
| <i>C</i>        | 44.86 ± 0.01 | 0 ± 0                                     |

## 4 Misurazione del tempo caratteristico (del calorimetro?)

### 4.1 Esperienza e procedimento di misura

1. Misuriamo 200 mL di acqua distillata e la scaldiamo con nel pentolino.
2. Nel calorimetro, in partenza vuoto, versiamo l'acqua e la lasciamo raffreddare per circa un'ora registrandone la temperatura.

### 4.2 Analisi dei dati raccolti e conclusioni

L'ultima cosa che analizzeremo è la discesa esponenziale della temperatura dell'acqua dentro al calorimetro. La legge che segue questa discesa è:

$$(T - T_{\text{amb.}}) = (T_0 - T_{\text{amb.}})e^{-t/\tau}$$

Ne calcoleremo, in particolare, il tempo caratteristico, ovvero la quantità di tempo  $\tau$  che impiega l'acqua all'interno del calorimetro ad abbassare la sua temperatura di  $(T_0 - T_{\text{amb}})e$  volte.

**Notazione.** Indicheremo con  $T_0$  la temperatura dell'acqua scaldata. **Osservazione.** Il parametro  $\tau$  descrive quanto bene il calorimetro trattienga il calore (quindi sia adiabatico).

L'equazione della regressione lineare che abbiamo utilizzato è:

$$\ln(T - T_{\text{amb.}}) = \ln(T_0 - T_{\text{amb.}}) - \frac{1}{\tau}t$$