

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.

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°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_{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 calcolato il valore di T_{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:

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

o meglio:

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

Eseguendo una regressione lineare sui dati raccolti dal termometro digitale, rappresentati nel seguente grafico, abbiamo trovato calcolato il valore di T_{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>	<i>m</i> (g)	<i>c</i> (J/kg K)
<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 Scritto

”Il calorimetro è abbastanza adiabatico e questo lo valuterete nell’ultima parte dell’esperimento.”

Come ultima cosa misureremo la discesa esponenziale della temperatura dell’acqua dentro al calorimetro e in particolare il suo tempo caratteristico, ovvero la quantità di tempo τ che impiega l’acqua all’interno del calorimetro ad abbassare la sua temperatura di $(T_0 - T_{\text{amb}})e$ volte.

La legge che segue questa discesa è:

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

Il parametro τ descrive quanto bene il calorimetro trattiene il calore (quindi sia adiabatico). Per misurarlo abbiamo scaldato 200 g d’acqua, che abbiamo poi lasciato raffreddare nel calorimetro in partenza vuoto, registrandone la T .

L’equazione della regressione lineare che abbiamo utilizzato è:

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

5 Conclusioni

Per valutare numericamente la consistenza tra i due valori di k ottenuti, abbiamo calcolato il seguente valore (numero puro):

$$\varepsilon = \frac{|(k_{\text{statica}})_{\text{best}} - (k_{\text{dinamica}})_{\text{best}}|}{\delta k_{\text{statica}} + \delta k_{\text{dinamica}}}$$

Allora k_{statica} e k_{dinamica} sono consistenti se e solo se $\varepsilon \leq 1$.

Nel nostro caso, $\varepsilon = 1.33$. Il gruppo di lavoro ha ipotizzato che questa inconsistenza (comunque contenuta, seppur non trascurabile) fra le due misure possa essere ragionevolmente giustificata dalla difficoltà incontrata nel ridurre al minimo le oscillazioni in direzione perpendicolare a \vec{g} ; considerato inoltre che la posizione dei fototraguardi non era ottimale, ciò potrebbe avere ulteriormente influenzato la distribuzione dei tempi. È in effetti possibile osservare che le distribuzioni da noi ottenute non sono, il più delle volte, del tutto simmetriche: la moda sembra essersi spostata leggermente a sinistra – un possibile sintomo dell’influenza di un errore sistematico sulle misure.