

Misura del calore specifico di alcuni materiali e del calore latente di fusione del ghiaccio

Corso di Termodinamica e Laboratorio

(Prof. Daniele del Re, Prof. Eugenio Del Re, Prof. Francesco Santanastasio)

0.1 Scopo dell'esperienza

- misura del calore specifico di quattro materiali diversi (ipoteticamente alluminio, ottone, okite, granito)
- misura del calore latente di fusione del ghiaccio (H_2O)

0.2 Temperatura di equilibrio di due corpi a contatto termico

Abbiamo due corpi (solidi o liquidi), rispettivamente a temperature T_1 e T_2 , che vengono posti a contatto termico e dopo un po' di tempo raggiungono la temperatura di equilibrio T_f . Se durante questo processo questi corpi non scambiano calore con l'esterno e non modificano il loro volume, soddisfano la seguente equazione che deriva dal primo principio della termodinamica:

$$\begin{aligned} \Delta U_1 + \Delta U_2 &= 0 \\ \Rightarrow Q_1 &= -Q_2 \\ \Rightarrow c_1 m_1 (T_f - T_1) &= c_2 m_2 (T_2 - T_f) \end{aligned} \tag{1}$$

da cui possiamo derivare il calore specifico del materiale 1

$$c_1 = c_2 m_2 (T_2 - T_f) / m_1 (T_f - T_1) \tag{2}$$

L'esperimento viene condotto immergendo un blocchetto di materiale (corpo 1) in un recipiente (thermos) contenente acqua (corpo 2). Il thermos, disegnato per essere termicamente isolante, ha una capacità termica intrinseca che deve essere presa in considerazione. Assumendo che il thermos abbia lo stesso calore specifico dell'acqua e una massa equivalente M_e , abbiamo la nuova espressione per il calore specifico del corpo 1:

$$c_1 = c_a (m_a + M_e) (T_a - T_f) / m_1 (T_f - T_1) \tag{3}$$

dove $c_a = 1\text{cal/gK}$.

0.3 Ghiaccio sciolto in acqua e calore latente

Se immersiamo una massa di ghiaccio m_g a zero gradi centigradi (e che quindi si trova già alla temperatura di fusione) in acqua a temperatura T_a e attendiamo che si sciolga completamente e che il sistema raggiunga la temperatura di equilibrio T_f , abbiamo :

$$\begin{aligned} Q_1 &= -Q_2 \\ \Rightarrow \lambda_g m_g + c_a m_g (T_f - T_g) &= c_a m_a (T_a - T_f) \end{aligned}$$

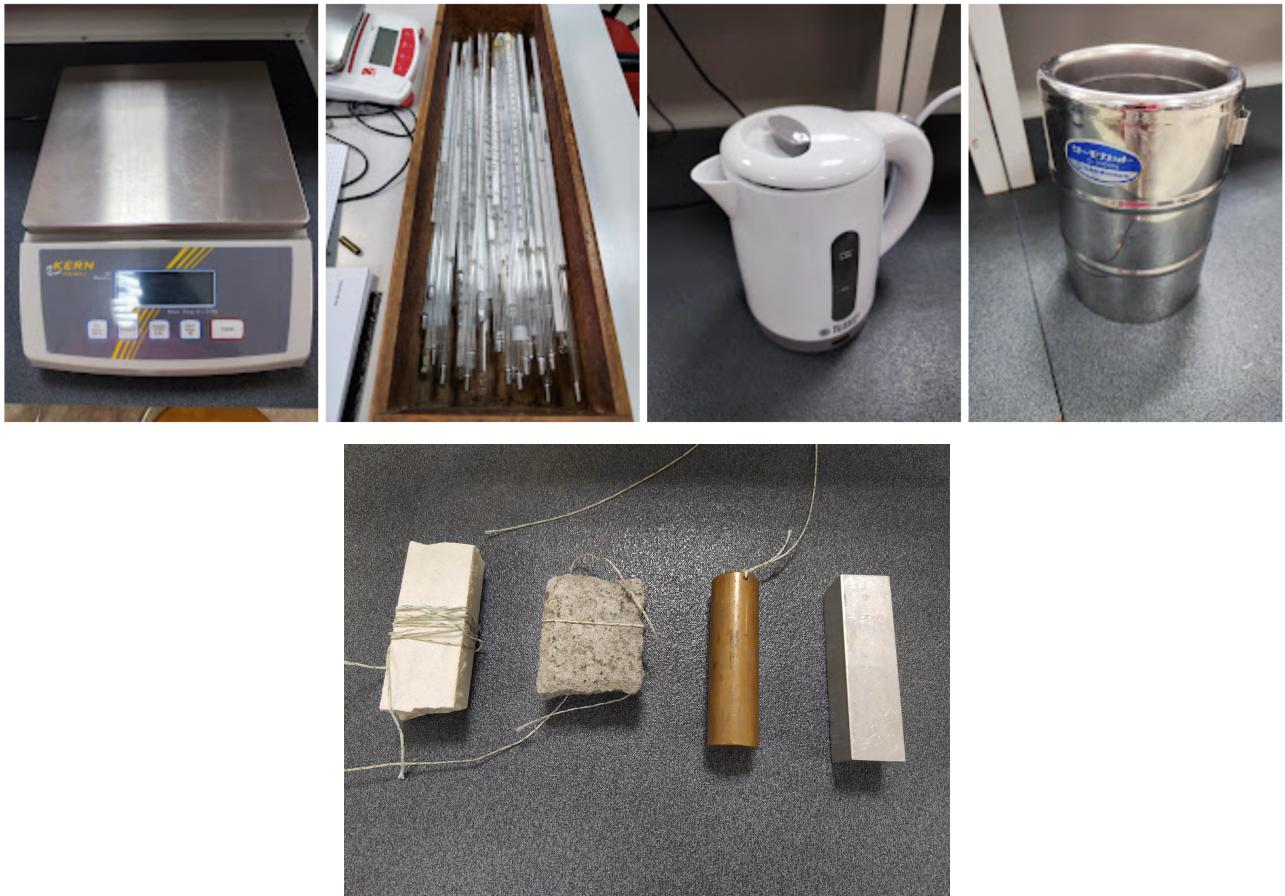
con λ_g è il calore latente di fusione del ghiaccio e $T_g = 0^\circ C$. Prendendo in considerazione, anche in questo caso, la massa equivalente del thermos si ottiene per il calore latente:

$$\lambda_g = c_a [(m_a + M_e)(T_a - T_f) - m_g(T_f - T_g)] / m_g \tag{4}$$

dove $c_a = 1\text{cal/gK}$.

0.4 Apparato sperimentale

- due thermos;
- bilancia digitale;
- due termometri;
- bollitore elettrico.



0.5 Operazioni per misura calore specifico

1. Riempire uno dei due thermos con abbondante acqua a $T \sim 65^{\circ}C$ (usare il bollitore con acqua calda).
2. Immergere il corpo di cui si vuole misurare il calore specifico in questo thermos. Coprire con il tappo e inserire il termometro. Agitare delicatamente il thermos fino a che non si raggiunge l'equilibrio. Misurare T_1 .
3. Riempire l'altro thermos d'acqua con $m_a \sim 200g$ a temperatura ambiente ($T \sim 25^{\circ}C$). Coprire con il tappo e inserire il termometro. Agitare delicatamente e misurare T_a .
4. Scoprire i due thermos e, con un gesto deciso, spostare il corpo da uno all'altro thermos. Chiudere il thermos con il tappo, inserire il termometro, agitare delicatamente per un po' e attendere l'equilibrio. Misurare T_f .
5. Misurare il calore specifico di ciascuno dei 4 campioni usando l'equazione 3, assumendo $M_e = (25 \pm 5)g$. Fare almeno una seconda misura per verificare la stabilità del risultato.
6. Per il corpo di alluminio fare almeno 5 misure ripetute e studiarne la media e la dispersione.

0.6 Operazioni per misura calore latente

1. Riempire uno dei due thermos con un quantitativo ragionevole di acqua e immergervi un paio di manciate abbondanti di ghiaccio. Attendere l'equilibrio, cioè aspettare qualche minuto finchè il composto non raggiunga $T_g = 0^\circ C$.
2. Riempire l'altro thermos d'acqua con $m_a \sim 200g$ a temperatura $T \sim 55^\circ C$. Coprire con il tappo e inserire il termometro. Dopo aver agitato un pochino misurare T_a .
3. Dopo aver rimosso il tappo, con un gesto deciso e scolando l'acqua in eccesso, spostare un quantitativo di ghiaccio pari a $m_g \sim 70g$ da uno all'altro thermos. Il peso del ghiaccio può essere misurato con la bilancia per differenza. Chiudere il thermos con il tappo, inserire il termometro, agitare per un po' e attendere l'equilibrio (il ghiaccio si deve essere tutto sciolto). Misurare T_f .
4. Misurare il calore latente usando l'equazione 4, assumendo $M_e = (25 \pm 5)g$. Fare due misure ripetute per verificare la stabilità del risultato e le incertezze.

0.7 Operazioni per misura massa equivalente (in termini di acqua) del thermos (opzionale)

Nelle misure precedenti si è assunto che $M_e = (25 \pm 5)g$. Questo valore può essere misurato sperimentalmente usando l'equazione 1. Siccome esiste anche la dispersione termica del thermos, è bene che la temperatura di equilibrio sia vicina a quella ambiente (cioè in realtà vale anche per le due misure precedenti).

1. Riempire un thermos d'acqua con $m_1 \sim 100g$ a temperatura $T \sim 50^\circ C$ (usando il bollitore). Coprire con il tappo e inserire il termometro. Dopo aver agitato un pochino misurare T_1 .
2. Riempire l'altro thermos d'acqua con $m_2 \sim 100g$ a temperatura $T \sim 5^\circ C$ (aiutarsi con il ghiaccio). Coprire con il tappo e inserire il termometro. Dopo aver agitato, misurare T_2 .
3. Scoprire i due thermos e, con un gesto deciso, versare l'acqua a temperatura T_2 nell'altro thermos. Chiudere il thermos con il tappo, inserire il termometro, agitare per un po' e attendere l'equilibrio. Misurare T_f .
4. Misurare la massa equivalente usando l'equazione (da 1) $M_e = m_2(T_2 - T_f)/(T_f - T_1) - m_1$.