

Corso di Termodinamica e Laboratorio

ESPERIENZA 1: termometria e calorimetria

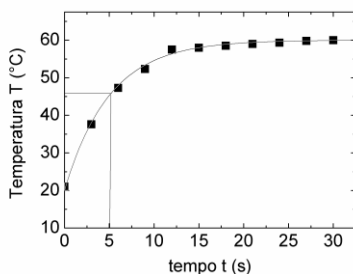
Obiettivi dell'esperienza: misura della costante di tempo del termometro, del calore latente di fusione, dei calori specifici di alcuni materiali solidi

Strumenti a disposizione: - calorimetro delle mescolanze (termos, agitatore, termometro a mercurio)
- cronometro con risoluzione temporale di 0.01 s
- bilancia di precisione

Esperimento 1.1: Misura della costante di tempo del termometro a mercurio

- si predispongano due termos, uno contenente acqua calda (circa 50-60 °C) e uno contenente acqua fredda (temperatura ambiente o inferiore)
- si immerga il termometro in uno dei due termos e si verifichi la termalizzazione riconoscibile dalla invarianza della temperatura misurata dal termometro (temperatura di equilibrio)
- dopo aver spostato velocemente il termometro da un termos all'altro, si effettui la misura della temperatura al variare del tempo segnato dal cronometro. Si consiglia di effettuare delle prove preliminari per capire quale sia la strategia più conveniente per la misura (es., misura della temperatura ad intervalli di tempo fissati, oppure misura dei tempi a intervalli di temperatura fissati, oppure video che visualizzano contemporaneamente termometro e cronometro)
- infine, si riporti in grafico le misure di tempo e di temperatura e se ne estragga la costante di tempo del termometro secondo la modalità consigliata dal docente.

Osservazione: per una stima veloce della costante di tempo senza ausilio di software per applicazioni analitiche o per fitting, si suggerisce di riportare i dati su carta millimetrata lineare secondo l'esempio della figura. Nell'esempio, si è verificato che $T(0) = T_0 = 20$ °C mentre, dopo aver atteso un tempo adeguato per la stabilizzazione della temperatura (30 s per l'esempio della figura), si misura $T(30\text{ s}) = T_1 = 60$ °C. I dati raccolti tra i due estremi temporali consentono di riportare i punti sperimentali della figura. Supponendo che i punti si dispongono seguendo la legge:



$$T(t) = T_1 - (T_1 - T_0)e^{-t/\tau}$$

risulta che la temperatura $T(\tau)$ corrispondente alla costante di tempo è

$$T(\tau) = T_\tau = T_1 - \frac{T_1 - T_0}{e}$$

che nell'esempio della figura assume il valore di $T_\tau = 45.3$ °C. Interpolando questo valore mediante una stima approssimata, si ricava che la costante di tempo vale $\tau \cong 5$ s

Esperimento 1.2: misura dei calori specifici di alcuni materiali

- per misurare il calore specifico c_m dei materiali messi a disposizione, si effettui innanzitutto la misura della massa M_m del materiale selezionato
- in un bagno di acqua a temperatura ambiente, si immerga il materiale selezionato
- il calorimetro delle mescolanze viene invece preparato con circa 200 g di massa di acqua (M_a) ad una temperatura T_a di circa 40 °C. Tali valori consentono di assumere come massa equivalente M^* del calorimetro un valore numerico di 25 g (con una incertezza di ± 5 g).
- si verifichi brevemente che la temperatura del calorimetro si mantenga costante per un tempo ragionevole
- verificare inoltre la termalizzazione del materiale e se ne misuri la temperatura di equilibrio T_m
- con un gesto deciso, si passi il materiale dal suo bagno iniziale al calorimetro, senza procurare danni al calorimetro stesso, e si verifichi il raggiungimento della temperatura di equilibrio Θ
- la misura del calore specifico del materiale è infine eseguita tramite l'utilizzo dell'equazione per lo scambio termico: $(M^* + M_a)c_a(T_a - \Theta) = c_m M_m (\Theta - T_m)$, dove $c_a = 1 \text{ cal/(g °C)} = 4186 \text{ J/(kg K)}$

Osservazione: la misura può essere anche effettuata scambiando il ruolo delle temperature. Ovvero, impiegando due termos con acqua a temperatura differente e con il materiale immerso nel termos a temperatura calda. In questa maniera, lo scambio termico avviene nel termos a temperatura fredda. Nel caso si voglia provare questa soluzione, si tenga conto delle piccole modifiche al procedimento descritto precedentemente.

Esperimento 1.3: misura del calore latente di fusione del ghiaccio

- a) si prepari il calorimetro delle mescolanze con circa 200 g di massa di acqua (M_a) ad una temperatura T_a di circa 40 °C. Tali valori consentono di assumere come massa equivalente M^* del calorimetro un valore numerico di 25 g (con una incertezza di ± 5 g)
- b) si verifichi brevemente che la temperatura del calorimetro si mantenga costante per un tempo ragionevole
- c) una volta pesata la massa del ghiaccio m_g per un quantitativo di circa 70 g, la si adagi sul fondo del calorimetro con un gesto deciso per limitare le perdite di calore e si segua visivamente l'andamento della temperatura al variare del tempo
- d) per favorire il raggiungimento dell'equilibrio, si usi l'agitatore del calorimetro e si identifichi la temperatura di equilibrio Θ (allo scopo potrebbe essere necessario seguire l'andamento della temperatura nel tempo nel caso di calorimetri non adeguatamente isolati dall'ambiente esterno e per i quali la temperatura di equilibrio Θ è prossima ad un minimo dell'andamento temporale dei dati letti al termometro)
- e) si assuma la temperatura standard di fusione del ghiaccio T_f (0 °C oppure 273.15 K) e si calcoli il calore latente di fusione λ_f usando l'equazione dello scambio termico che risulta dall'approssimazione che il ghiaccio si sia portato spontaneamente alla temperatura di fusione: $(M^* + M_a)c_a(T_a - \Theta) = \lambda_f m_g + c_a m_g (\Theta - T_f)$
- f) si confronti il valore ottenuto di λ_f con quello atteso di 79.7 cal/g = 333.5 kJ/kg e si tenti di spiegare i probabili motivi per eventuali differenze

Esperimento facoltativo: verifica dell'equivalente in acqua del calorimetro

- a) si prepari il calorimetro delle mescolanze come in precedenza (massa di acqua $M_1 \approx 200$ g ad una temperatura $T_1 \approx 40$ °C)
- b) in un altro termos, si disponga di una seconda massa di acqua M_2 a temperatura differente T_2 . Massa e temperatura vengano scelte secondo criteri opportuni (riferimento alle dispense di termometria e calorimetria)
- c) si unisca la massa M_2 di acqua con l'acqua contenuta nel calorimetro
- d) si segua l'andamento della temperatura nel tempo fino ad identificare la temperatura di equilibrio Θ
- e) la massa equivalente sarà calcolata dal bilancio termico: $(M^* + M_1)c_a(T_1 - \Theta) = M_2 c_a (\Theta - T_2)$
- f) commentare il risultato rispetto al valore atteso di $M^* = (25 \pm 5)$ g