

Nome studente: Luise Arianna.
Data: 25/01/12
Luogo: Laboratorio di fisica del liceo.

Determinazione del calore latente di fusione

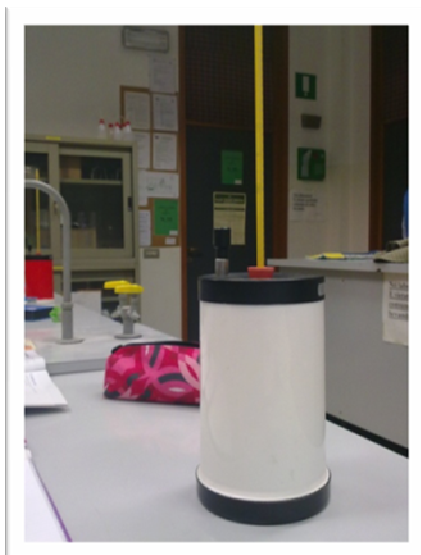
Materiali utilizzati: calorimetro, cilindro graduato, acqua, beker, termometro, ghiaccio, bilancia elettronica di precisione.

Premessa teorica:

In questa esperienza si è voluto calcolare la quantità di calore che serve ad un cubetto di ghiaccio per fondere.

Il termometro è uno strumento usato per calcolare la temperatura di un corpo; quello usato in questa esperienza ha una scala da -10 a 110°C e un errore di 1° C; è stato utilizzato un termometro oltre a quello presente nel calorimetro per effettuare le misurazioni perché il tappo di gomma impediva la visualizzazione della temperatura.

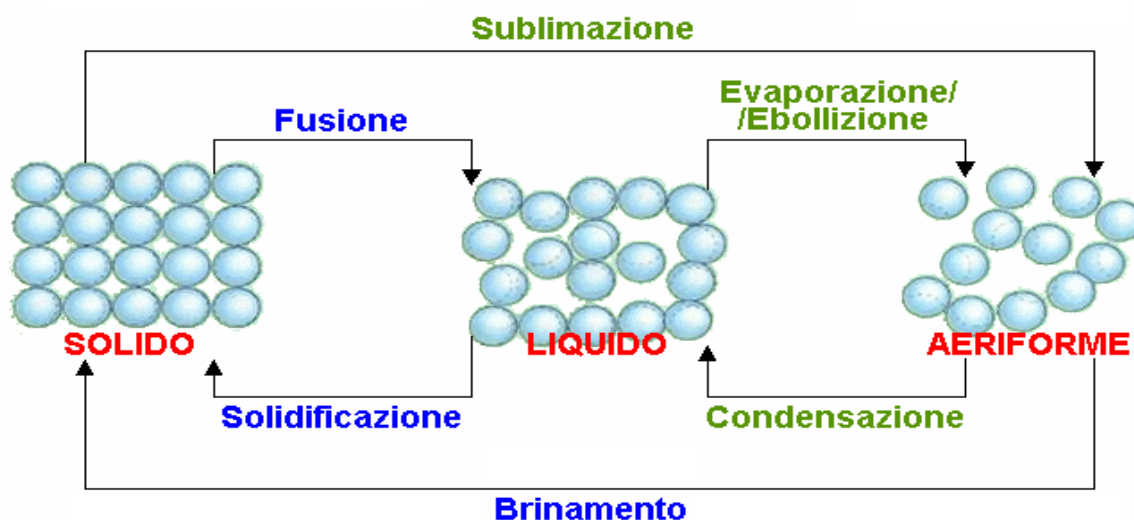
Il cilindro graduato è un contenitore graduato; il cilindro utilizzato ha una scala graduata da 0 a 250 ml con un errore di 1 ml, .



Il calorimetro è uno strumento usato per misurare il calore; per maggiori informazioni consultare le relazioni precedenti.
Gli stati principali di aggregazione della materia in cui un elemento può trovarsi sono gli stati solido, liquido ed aeriforme.
Quando un elemento è in stato solido, le molecole che lo compongono sono molto vicine tra loro e sono distribuite in modo regolare nello spazio.
I solidi hanno una struttura regolare che si distingue in macrocristallina o fenocristallina (quando i cristalli sono visibili ad occhio nudo, come il quarzo) e microcristallina (quando i cristalli non possono essere visti ad occhio nudo, come il metallo).
I solidi hanno volume e forma propria.
In un elemento nello stato liquido, invece, le molecole sono leggermente distanziate tra loro e possono perciò scivolare le une sulle altre, ma senza mai separarsi tra loro.
I liquidi hanno volume proprio, ma non una propria forma.

Un elemento in stato aeriforme, invece, è formato da molecole distanti l'una dall'altra, e non possiede né forma né volume propri.

I passaggi tra uno stato ed un altro prendono nomi diversi, riassunti in questo schema:



Quando viene fornito (o viene sottratto) abbastanza calore ad un corpo, questo cambia temperatura e ad un certo punto cambia stato: durante questa trasformazione la temperatura del corpo fa una sosta termica, cioè l'energia termica usata per scaldare l'elemento viene utilizzata per spezzare i reticoli cristallini, permettendo un passaggio di stato.

Per questo motivo la sosta termica avviene durante gli stadi bifase di un elemento, cioè quando coesistono due stati diversi di aggregazione della materia (nel caso dell'acqua, acqua e ghiaccio, acqua e vapore o ghiaccio e vapore).

Il calore latente è la quantità di energia necessaria allo svolgimento di una transizione di fase (o passaggio di stato). Ad esempio, il "calore latente di fusione" è l'energia che serve ad una sostanza per passare dallo stato solido a quello liquido.

L'unità di misura del calore latente (indicata con λ) nel Sistema internazionale è J/kg.

La teoria cinetica dei gas spiega il calore latente nel seguente modo: durante la transizione di fase di un sistema bifasico, l'energia fornita (o rispettivamente assorbita) al sistema non va a incrementare (o rispettivamente a decrementare) la temperatura del sistema stesso, bensì agisce sulla forza dei legami intermolecolari.

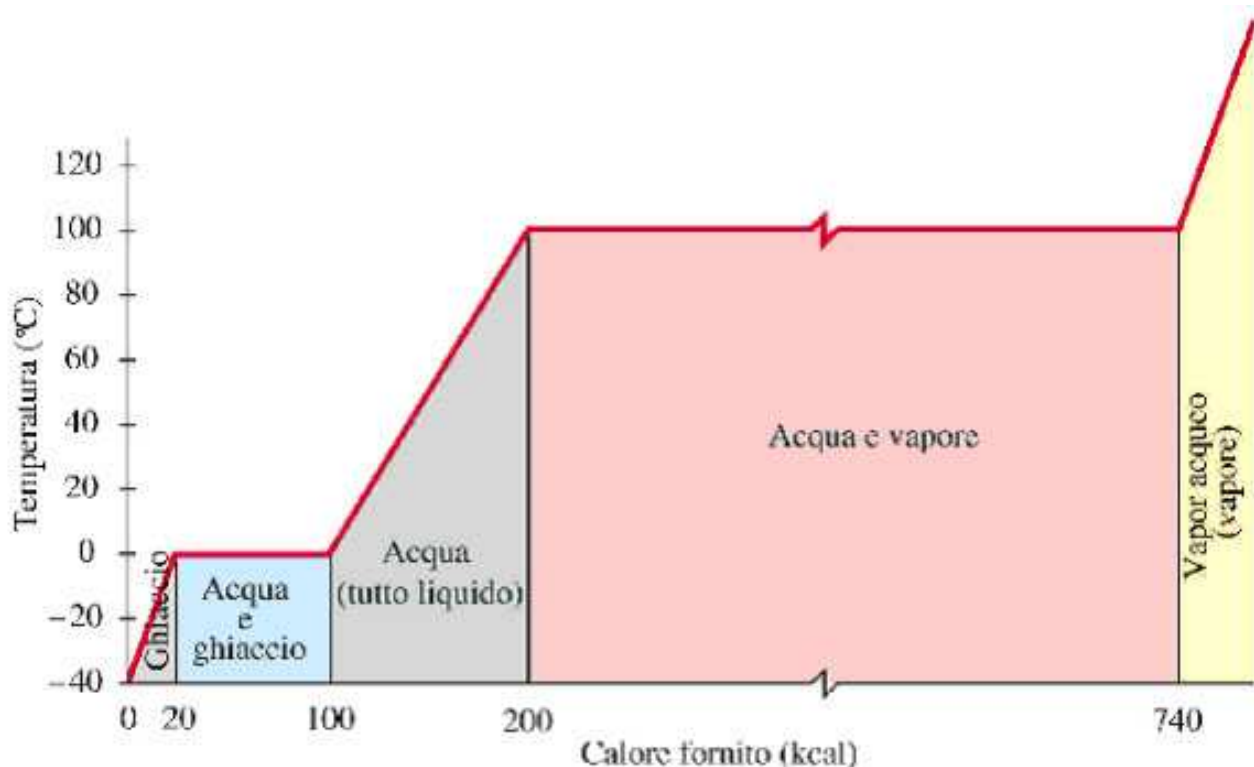
Ad esempio, mentre si fa bollire dell'acqua il calore fornito non innalza la temperatura dell'acqua oltre i 100 °C (la temperatura infatti rimane costante durante l'ebollizione), ma servirà a indebolire i legami fra le molecole, le quali di conseguenza saranno libere di occupare tutto il volume a loro disposizione (ovvero passeranno dallo stato liquido, caratterizzato da una scarsa compressibilità, allo stato vapore), fino al punto in cui tutta l'acqua si sarà trasformata in vapore.

A seconda del tipo di transizione di fase in questione, si parla di:

calore latente di fusione

calore latente di vaporizzazione

calore latente di sublimazione.



La sosta termica per l'evaporazione è più lunga di quella di fusione (ed impiega sempre più calore) perché le molecole devono rompere tutti i legami per staccarsi tra loro

La formula per calcolare il calore latente è:

$$Q = \lambda \cdot m,$$

dove λ è il coefficiente di calore latente e si misura in J/Kg
cioè il calore Q fornito o sottratto al sistema non influisce sulla temperatura, ma è proporzionale alla quantità di sostanza m che ha cambiato fase, e continua fino a che tutta la sostanza non cambia fase. In assenza di transizioni di fase invece, un apporto o un prelievo di calore determina una variazione di temperatura e si usa la formula

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

Il calore latente dipende solo dal tipo di materiale utilizzato e i passaggi di stato sono dei fenomeni reversibili.

Per calcolare il coefficiente di calore latente, si deve impostare un'equazione con al primo membro la quantità di calore ceduta dall'acqua (Q_1) sommata alla massa equivalente del calorimetro ($m_{eq} = 50g$, questo dato è stato ricavato nelle relazioni precedenti) e al secondo membro la somma della quantità di calore latente che il ghiaccio usa per fondere (il coefficiente di calore latente è l'incognita) e della quantità di calore che il ghiaccio, dopo essere diventato acqua, acquista (Q_2).

Quindi la formula è:

$$Q_1 + Q_p = Q_{fus} + Q_2$$

Che in forma estesa è:

$$m_1 \cdot c_{acqua} \cdot [(t_1)_1 - t_f] + m_{eq} \cdot c_{acqua} \cdot (t_1 - t_f) = m_2 \cdot \lambda_{fus} + m_2 \cdot c_{acqua} \cdot (t_f - t_2),$$

dove m_1 è la massa dell'acqua, m_2 è la massa del ghiaccio, t_1 è la temperatura iniziale dell'acqua, t_2 è la temperatura del ghiaccio (abbiamo ipotizzato la temperatura a 0°C perché è stato immerso nell'acqua quando stava iniziando a sciogliersi, cioè in uno stadio bifase) e t_f è la temperatura finale registrata.

Svolgimento dell'esperienza:

Per prima cosa si misurano 400 ml d'acqua con l'aiuto del cilindro e si mettono nel calorimetro.

Dopo qualche minuto si prende la temperatura nell'acqua nel calorimetro (t_1), che sarà a temperatura ambiente (si aspetta qualche minuto perché l'acqua si deve termalizzare con il calorimetro).

Dopo aver registrato la temperatura, molto velocemente si massa il cubetto di ghiaccio con la bilancia elettronica di precisione e si mette nel calorimetro.

Siccome le temperature registrate non erano visibili sul termometro del calorimetro, abbiamo dovuto togliere il coperchio e lo strumento è stato coperto con un panno o una sciarpa, in modo da rendere i risultati finali più precisi (anche se comunque ci sono state molte dispersioni).

Sono state fatte due misurazioni, con i dati riassunti nella tabella seguente.

prova	m_1 (acqua)	m_2 (ghiaccio)	t_1 (acqua)	t_2 (ghiaccio)	t_f
1	0,4 kg	0,01845 kg	20°C	0°C	16°C
2	0,4 kg	0,01110 kg	20°C	0°C	17°C

Ora si impostano le equazioni:

Prova 1:

$$m_1 \cdot c_{acqua} \cdot [(t_1)_1 - t_f] + m_{eq} \cdot c_{acqua} \cdot (t_1 - t_f) = m_2 \cdot \lambda_{fus} + m_2 \cdot c_{acqua} \cdot (t_f - t_2)$$

$$0,4 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J} \cdot (20 - 16)^\circ\text{C} + 0,050 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J} \cdot (20 - 16) = 0,01845 \text{ kg} \cdot x + 0,01845 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J} \cdot (16 - 0)^\circ\text{C}$$

$$1674,4 \cdot 4 + 209,3 \cdot 4 = 0,01845x + 77,2317 \cdot 16$$

$$6697,6 + 837,2 = 0,01845x + 1235,7072$$

$$0,01845x = 6299,0928$$

$$\lambda_{fus} = x = \frac{6299,0928}{0,01845} = 341414,24 \frac{\text{J}}{\text{Kg}}$$

Prova 2:

$$\begin{aligned}
m_1 \cdot c_{acqua} \cdot [(t_1]_1 - t_f) + m_{eq} \cdot c_{acqua} \cdot (t_1 - t_f) &= m_2 \cdot \lambda_{fus} + m_2 \cdot c_{acqua} \cdot (t_f - t_2) \\
0,4 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J} \cdot (20 - 17)^\circ\text{C} + 0,050 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J} \cdot (20 - 17) &= 0,0111 \text{ kg} \cdot x + 0,0111 \text{ kg} \cdot 4186 \text{ J} \cdot (17 - 0)^\circ\text{C} \\
1674,4 \cdot 3 + 209,3 \cdot 3 &= 0,0111x + 46,4646 \cdot 17 \\
5023,2 + 627,9 &= 0,0111x + 789,8982 \\
0,0111x &= 4861,2018 \\
\lambda_{fus} = x &= \frac{4861,2018}{0,0111} = 437946,11 \frac{\text{J}}{\text{Kg}}
\end{aligned}$$

Ora si fa la media tra i valori ottenuti:

$$\begin{aligned}
(\lambda_{fus1} + \lambda_{fus2}) : 2 &= \\
= \left(\frac{341414,24 \text{ J}}{\text{Kg}} + \frac{437946,11 \text{ J}}{\text{Kg}} \right) : 2 &= \\
= 779360,35 : 2 &= 389680,175 \text{ J/Kg}
\end{aligned}$$

In seguito si calcola lo scarto percentuale tra la media dei valori ottenuti e i risultati trovati in laboratorio con strumenti molto più precisi ($\lambda_{fus} = 334000 \text{ J/Kg}$):

si sottrae il valore minimo al valore massimo, si divide il risultato per il valore massimo e si moltiplica infine tutto per 100:

$$\begin{aligned}
\text{Perciò: } \frac{\lambda_{fus2} - \lambda_{fus}}{\lambda_{fus2}} \cdot 100 &= \frac{389680,175 - 334000}{389680,175} \cdot 100 = \frac{55680,175}{389680,175} \cdot 100 = \\
0,1428 \cdot 100 &= 14,29\%
\end{aligned}$$

Dato che lo scarto percentuale è inferiore al 25%, il risultato può essere considerato accettabile.

Conclusioni:

Con questa esperienza abbiamo trovato il coefficiente di calore latente del ghiaccio, cioè $389680,175 \text{ J/Kg}$ con una semidispersione del 14,29%.

Però si deve tenere conto del fatto che l'acqua utilizzata non era distillata, perciò la massa non è esattamente 0,4 kg, inoltre abbiamo trascurato tutte le possibili dispersioni di calore (come il calore disperso dal tessuto o dalla sciarpa, il calore che ha assorbito il calorimetro e così via) e non abbiamo misurato in modo preciso la temperatura del cubetto di ghiaccio.