

## LA FUSIONE E LA SOLIDIFICAZIONE

### In questa lezione esamineremo:

- i cambiamenti di stato
- la fusione
- la solidificazione

### I cambiamenti di stato

La materia che ci circonda è presente secondo tre possibili stati di **aggregazione**: lo **stato solido**, lo **stato liquido** e lo **stato aeriforme**.

L'acqua, per esempio, a seconda della temperatura che possiede e della pressione cui è sottoposta, si presenta allo stato liquido (acqua propriamente detta), allo stato solido (ghiaccio) o allo stato aeriforme (vapore acqueo).

Per esempio, se alla pressione atmosferica ne diminuiamo la temperatura, l'acqua solidifica; se ne aumentiamo la temperatura, l'acqua evapora. Per aumentare la temperatura occorre somministrare calore; per diminuirla, occorre sottrarre calore. Dunque:

#### Stato di aggregazione e calore

*Il passaggio della materia da uno stato di aggregazione all'altro è sempre accompagnato da uno scambio di calore con l'ambiente esterno.*

Tutti i corpi, qualunque sia la sostanza di cui sono composti, possono cambiare il loro stato di aggregazione grazie a scambi più o meno cospicui di calore con l'ambiente in cui si trovano. Il fatto che un corpo allo stato solido possa diventare liquido o aeriforme in seguito all'assunzione di calore dall'ambiente esterno è in perfetta coerenza con quanto abbiamo detto sulle forze di coesione che agiscono fra le molecole che costituiscono la sostanza del corpo considerato. Per esempio, un corpo solido diventa liquido quando l'aumento dell'energia cinetica delle sue molecole, in seguito alla somministrazione di calore, diventa tale da indebolire le forze di coesione fino a rompere la struttura cristallina. In generale, la somministrazione di calore a un corpo comporta una diminuzione del valore della forza di coesione tra le sue molecole.

Viceversa, la sottrazione di calore comporta un aumento del valore della forza di coesione tra le sue molecole.

I cambiamenti di stato conseguenti a uno scambio di calore sono di cinque tipi:

*fusione, vaporizzazione, sublimazione, liquefazione o condensazione, solidificazione.*

#### Cambiamenti di stato e scambio di calore

**1. Fusione:** si tratta del passaggio di una sostanza dallo stato solido allo stato liquido. Avviene in seguito a una somministrazione di calore.

**2. Vaporizzazione:** si tratta del passaggio di una sostanza dallo stato liquido allo stato aeriforme. Avviene in seguito a una somministrazione di calore.

**3. Sublimazione:** si tratta del passaggio di una sostanza dallo stato solido allo stato aeriforme o viceversa.

Il primo passaggio di stato avviene in seguito a una somministrazione di calore. Il secondo in seguito a una sottrazione di calore.

**4. Liquefazione o condensazione:** si tratta del passaggio di una sostanza dallo stato aeriforme allo stato liquido. Avviene in seguito a una sottrazione di calore.

**5. Solidificazione:** si tratta del passaggio di una sostanza dallo stato liquido allo stato solido. Avviene in seguito a una sottrazione di calore.

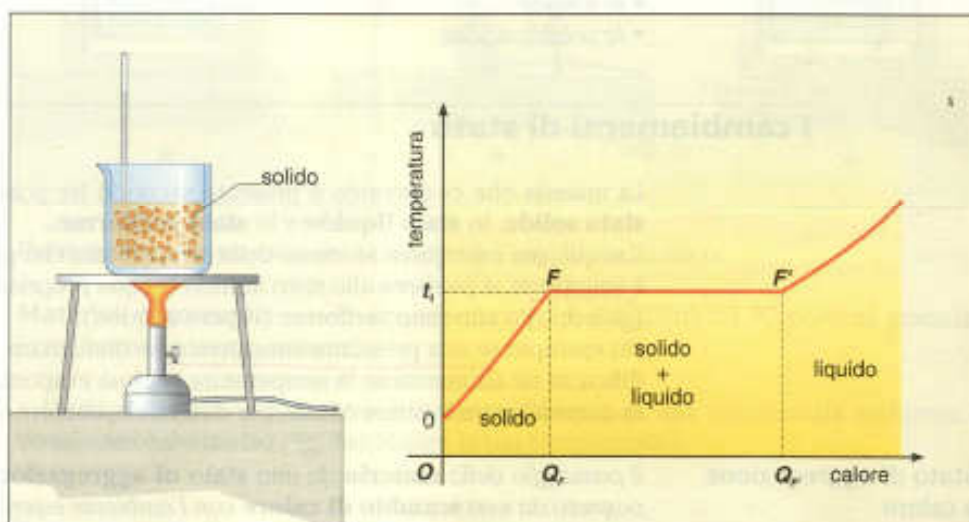
## La fusione e la solidificazione

Fino a ora si è tacitamente convenuto che somministrando calore a un corpo la temperatura del corpo aumenti. In realtà questo fatto non è sempre vero.

Infatti la temperatura di una sostanza solida a cui venga somministrato continuamente calore va aumentando fino a un certo valore  $t_f$ , detto *temperatura di fusione*, a partire dal quale la sostanza comincia a fondere. Durante tutta la fase di tale passaggio di stato, cioè fino a quando tutta la sostanza non sia passata allo stato liquido, la temperatura  $t_f$  si mantiene costante.

Analizziamo il diagramma della fig. 1.

1. Somministrando in continuazione calore, la temperatura di una sostanza solida aumenta fino al valore  $t_f$  (temperatura di fusione), valore al quale la sostanza inizia a fondere. Durante la fusione la temperatura si mantiene costante e quando tutta la massa della sostanza è passata allo stato liquido torna ad aumentare.



Nel tratto  $OF$  il calore somministrato serve ad aumentare la temperatura del solido. Ciò, per quanto abbiamo più volte ripetuto, comporta una diminuzione delle forze di coesione intermolecolari. Nel punto  $F$  inizio della fusione, incomincia a rompersi la struttura cristallina del solido.

Tale processo si verifica lungo il tratto  $FF'$ . Durante tale processo, la temperatura  $t_f$  (temperatura di fusione) si mantiene costante.

Il corrispondente calore  $Q_{F'} - Q_F$  somministrato in questa fase serve appunto ad alimentare tale processo.

Nel punto  $F'$  tutto il solido è passato allo stato liquido.

A partire da tale punto, ogni incremento di calore comporterà un aumento di temperatura del liquido.

La quantità di calore  $Q_{F'} - Q_F$  necessaria perché tutto il solido fonda varia naturalmente al variare della massa  $m$  della sostanza di cui il solido è composto.

### Che cos'è il calore latente di fusione

Il calore necessario per fondere 1 kg della sostanza di cui un corpo è composto è definito **calore latente di fusione**.

Il calore latente di fusione  $Q_{LF}$  è espresso dalla relazione:

$$Q_{LF} = \frac{Q_{F'} - Q_F}{m}$$

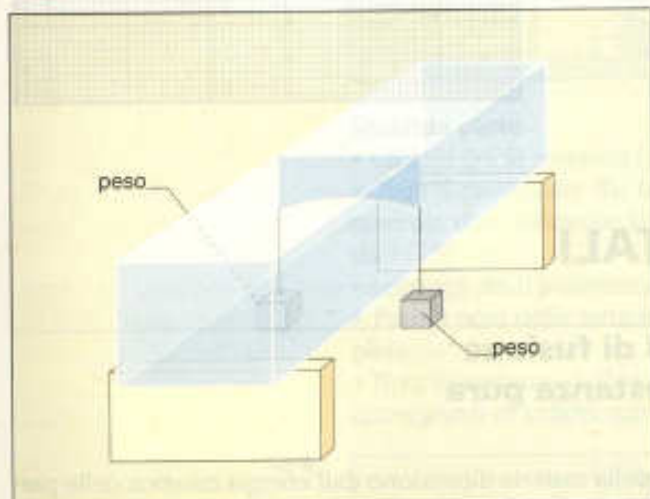
### Sostanze amorfe

Vi sono alcune **sostanze** dette **amorfe** che, pur presentandosi allo stato solido, non hanno la struttura cristallina tipica dei solidi.

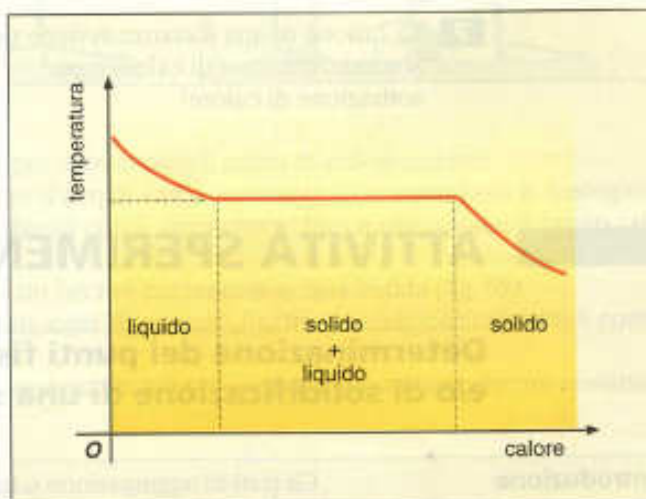
Esempi di tali sostanze sono il vetro, la paraffina, il catrame ecc., per le quali non è possibile definire un punto preciso di inizio della fusione e, di conseguenza, neppure la corrispondente temperatura di fusione.

Infatti, se somministriamo a una sostanza amorfa calore in continuità, si ha un conti-

2. Sotto a sinistra. Al passaggio del filo il ghiaccio fonde per poi immediatamente solidificare. Infatti, in corrispondenza della linea d'appoggio del filo, l'aumento della pressione fa abbassare la temperatura di fusione del ghiaccio. Quest'ultimo, pertanto, fonde. Ma l'acqua originatasi dalla fusione, trovandosi a una temperatura inferiore a  $0^{\circ}\text{C}$  ed essendo di nuovo soggetta alla sola pressione atmosferica, ritorna allo stato solido.



3. Sopra a destra. La solidificazione è il passaggio inverso della fusione e avviene secondo le stesse modalità di quest'ultima.



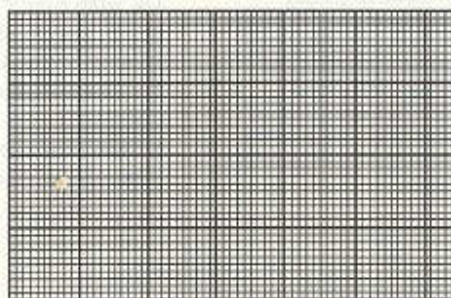
La solidificazione si determina per sottrazione di calore. Di conseguenza, nella rappresentazione della fig. 3 le quantità di calore  $Q$  crescenti riportate sull'asse delle ascisse devono essere intese come progressive sottrazioni di calore.

4. La fusione, in seguito alla pressione degli strati sovrastanti, del ghiaccio posto in profondità, provoca lo scivolamento a valle del ghiacciaio.



## TEST

- 1 Quali sono i cambiamenti di stato che un corpo può subire?
- 2 Definisci la fusione.
- 3 Somministrando calore a un corpo la sua temperatura aumenta. Ciò è sempre vero o no?
- 4 Definisci il calore latente di fusione.
- 5 In che cosa si caratterizzano le sostanze dette amorfe?
- 6 Da che cosa dipende lo stato di aggregazione in cui si trova un corpo oltre che dalla temperatura?
- 7 La fusione di una sostanza avviene per somministrazione di calore o per sottrazione di calore?
- 8 Definisci la solidificazione.
- 9 La solidificazione di una sostanza avviene per somministrazione o per sottrazione di calore?
- 10 Che cos'è la temperatura di fusione?
- 11 Disegna la curva rappresentativa del processo di fusione.



## ATTIVITÀ SPERIMENTALI

### Determinazione dei punti fissi di fusione e/o di solidificazione di una sostanza pura

#### Introduzione

Gli stati di aggregazione o fasi della materia dipendono dall'energia cinetica delle particelle; perciò la temperatura influisce sui passaggi di stato. In questo esperimento esamineremo per la stessa sostanza due passaggi di stato, dovuti a cambiamenti di temperatura. La temperatura alla quale un solido passa allo stato liquido si dice *punto di fusione*. La temperatura alla quale un liquido passa allo stato solido è detta *punto di solidificazione*. Punto di fusione e punto di solidificazione coincidono in una sostanza pura e sono detti *punti fissi*.

**Scopo dell'esperienza:** determinazione dei punti fissi di fusione e/o di solidificazione di una sostanza pura.

**Prerequisiti:** sapere che, al variare della temperatura durante i passaggi di stato, le particelle della materia acquistano o perdono energia.

**Materiali occorrenti:** provettone di vetro robusto, termometro, becher da 400 ml, sostegno e pinze per provettone, bunsen con treppiede a reticella, orologio contasecondi, carta millimetrata, paradichlorobenzene o tiosolfato sodico (sostanza).

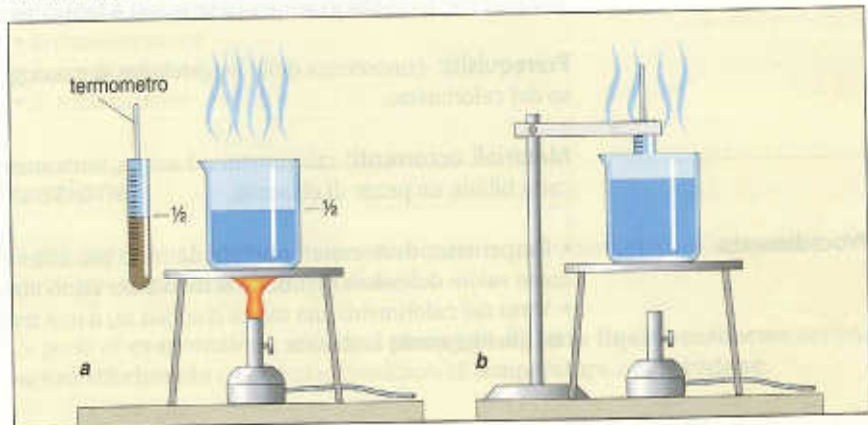
#### Procedimento

##### Prima parte

- Riempi il provettone a metà con la sostanza scelta.
- Introduci nel provettone il termometro, in modo che il bulbo di questo sia coperto dalla sostanza, ma non tocchi né le pareti, né il fondo della provetta.

- Fai bollire a parte il becher pieno a metà d'acqua (fig. 5a).
- Spegni il gas.
- Introduci il provettone, con sostanza e termometro, nell'acqua calda del becher e fissalo al sostegno con l'apposita pinza.
- Quando la sostanza inizia a fondere, prendi nota della temperatura ogni 30 secondi.
- Mescola lentamente con il termometro finché la fusione non è completa (fig. 5b).
- Nota la costanza della temperatura nel tempo e registra questa temperatura costante come *punto di fusione*.

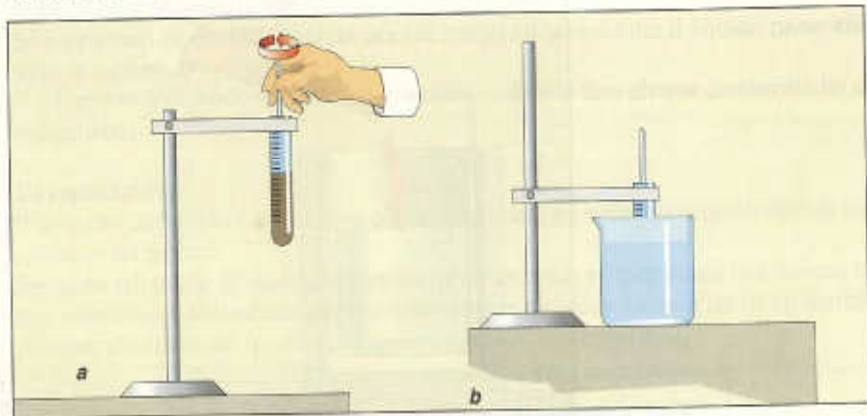
Fig. 5



### Seconda parte

- Utilizza ora la sostanza fusa per determinare il *punto di solidificazione*.
- Togli il provettone dal bagno d'acqua calda e, tenendolo sempre fisso al sostegno, mescola delicatamente la sostanza con il termometro fino a che appare il primo cristallo (fig. 6a).
- Immergi ora il provettone in un becher contenente acqua fredda (fig. 6b).
- Prendi nota della temperatura ogni 30 secondi, finché la solidificazione non è completa.
- Nota la costanza della temperatura nel tempo e registra questa temperatura costante come *punto di solidificazione*.

Fig. 6



## Calcolo del calore di fusione del ghiaccio

### Introduzione

Durante la fusione di una sostanza solida a struttura cristallina la temperatura (detta *temperatura di fusione*) rimane costante e il calore somministrato serve ad alimentare il processo di fusione, cioè a rompere i legami molecolari e non ad aumentare la temperatura. Il calore necessario per fondere 1 kg della sostanza di cui un corpo è compo-

sto è definito calore latente di fusione. Per calcolare il *calore latente*  $Q_U$  di fusione di una sostanza occorre fondere in un calorimetro quella sostanza di massa nota  $m$ , calcolare il calore  $Q$  fornito e quindi:

$$Q_U = \frac{Q}{m}$$

**Scopo dell'esperienza:** determinazione del calore latente di fusione del ghiaccio, sostanza che fonde facilmente e della quale è facile determinare la massa.

**Prerequisiti:** conoscenza delle leggi relative ai passaggi di stato e padronanza nell'uso del calorimetro.

**Materiali occorrenti:** calorimetro ad acqua, termometro, un paio di pinze di legno, carta bibula, un pezzo di ghiaccio.

**Procedimento**

- L'esperienza deve essere ripetuta da tre o più allievi: in conclusione, si assumerà come valore del calore di fusione la media dei valori trovati dai singoli allievi.
- Versa nel calorimetro una massa d'acqua  $m_a$  a una temperatura  $t_a$  superiore di qualche grado a quella ambiente:

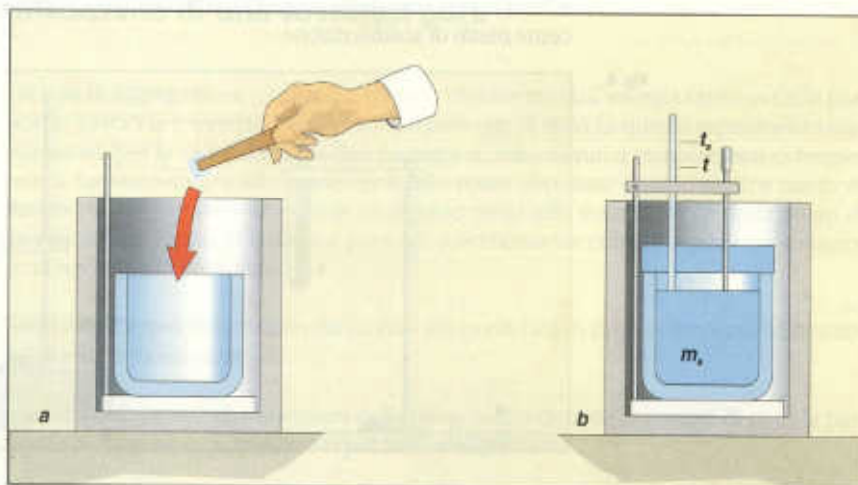
$$m_a = \dots$$

$$t_a = \dots$$

- Preleva con le pinze un pezzo di ghiaccio che abbia una massa pari a 6-7 centesimi di quella dell'acqua, asciugalo con la carta bibula, immergilo nel calorimetro e aspetta che si sciogla (fig. 7a).
- Misura la nuova temperatura  $t$  dell'acqua del calorimetro (fig. 7b):

$$t = \dots$$

Fig. 7



- Ora puoi calcolare il calore di fusione  $Q$  del ghiaccio con la formula:

$$Q_U = \frac{[m_a \cdot (t_a - t) - m \cdot t]}{m}$$

**Domande**

In conclusione, qual è il calore latente di fusione del ghiaccio risultante dalla media di tutte le rilevazioni effettuate?