

## LA DILATAZIONE TERMICA E LE SUE LEGGI

In questa lezione esamineremo:

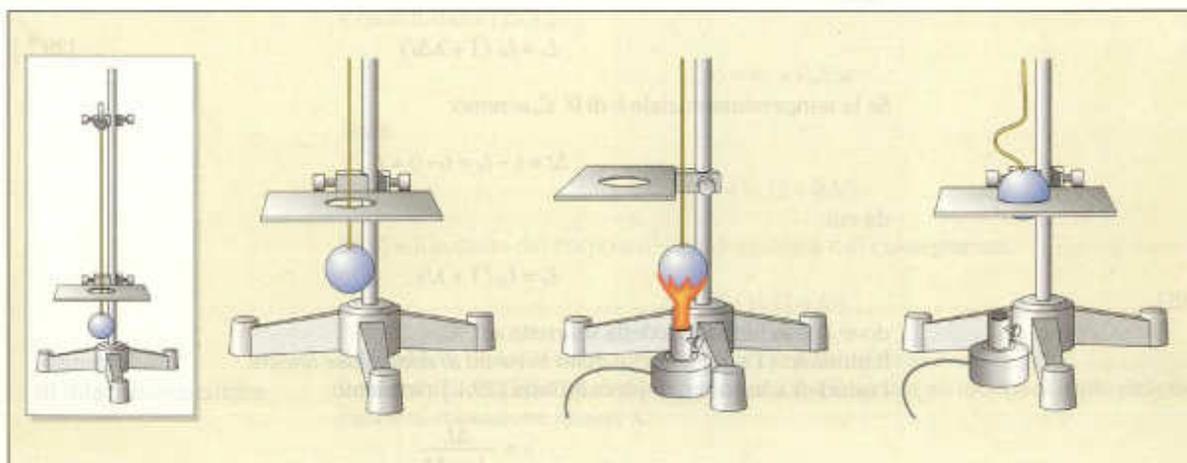
- le leggi della dilatazione termica
- la dilatazione volumetrica
- le relazioni tra dilatazione termica e legame chimico

### Le leggi della dilatazione termica

1. Sotto a sinistra. Lo strumento utilizzato per l'esperienza della dilatazione termica, noto come *anello di Gravesande*. A destra: l'esperienza della dilatazione di un corpo.

Un corpo sottoposto a un aumento di temperatura subisce una dilatazione consistente in un aumento del suo volume.

Ad esempio, la sferetta della *fig. 1*, prima di essere scaldata, può passare attraverso l'anello. Dopo essere stata scaldata non passa più attraverso l'anello, a causa dell'aumento di volume subito.



#### La dilatazione lineare

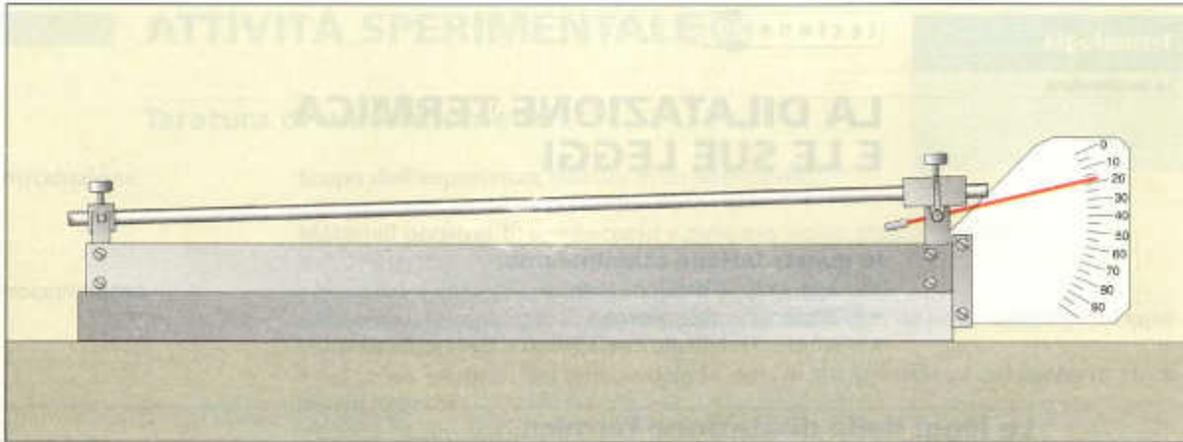
Se il volume di un corpo si sviluppa prevalentemente in direzione lineare, come, per esempio, nel caso di una sbarretta lunga e sottile che subisce un aumento di temperatura, per tale corpo parleremo di *dilatazione lineare*.

Con l'apparecchio detto *dilatometro* (*fig. 2*) è possibile stabilire la **legge degli allungamenti lineari**. Misurazioni effettuate hanno consentito di determinare per l'allungamento  $\Delta L$  la relazione:

$$\Delta L = \lambda L_0 \Delta t \quad [29.1.]$$

dove  $\Delta L = L_t - L_0$  (lunghezza finale – lunghezza iniziale) è l'allungamento e  $\Delta t = t_t - t_0$  (temperatura finale – temperatura iniziale) è la variazione di temperatura.

Da essa si ricava che  $\Delta L$  è direttamente proporzionale alla variazione di temperatura  $\Delta t$ , alla lunghezza iniziale  $L_0$  e dipende da una costante  $\lambda$ , detta *coefficiente di dilatazione lineare*, il cui valore varia al variare della sostanza di cui è costituita la sbarretta del dilatometro. Ponendo nella [29.1.]  $L_0 = 1 \text{ m}$  e  $\Delta t = 1 \text{ }^\circ\text{C}$ , avremo  $\lambda = \Delta L$ , ossia il coefficiente di dilatazione lineare rappresenta l'allungamento di una sbarretta lunga 1 m



2. Un dilatometro: questo apparecchio consente di misurare la dilatazione lineare di un corpo.

sottoposta alla variazione di temperatura di  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Poiché:  $\Delta L = L_t - L_0$ , dalla [29.1.] ricaviamo:

$$L_t - L_0 = L_0 \lambda \Delta t$$

ossia:

$$L_t = L_0 (1 + \lambda \Delta t) \quad [29.2.]$$

Se la temperatura iniziale è di  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , avremo:

$$\Delta t = t_t - t_0 = t_t - 0 = t$$

da cui:

$$L_t = L_0 (1 + \lambda t)$$

dove  $L_0$  è la lunghezza della sbarretta a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .  
Il binomio  $(1 + \lambda t)$  è anche detto *binomio di dilatazione lineare*.  
I valori di  $\lambda$  sono molto piccoli. Dalla [29.1.] ricaviamo:

$$\lambda = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta t}$$

Nel SI le lunghezze si misurano in metri, per cui  $\lambda$  si misura in **gradi Celsius alla - 1** ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ). Infatti:

$$\lambda = \frac{m}{m \cdot ^{\circ}\text{C}} = ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

La *tab. 1* riporta i valori di  $\lambda$  per alcune sostanze.

Tab. 1. Coefficienti di dilatazione lineare.

sostanza	valori di $\lambda (^{\circ}\text{C}^{-1})$
alluminio	$24 \cdot 10^{-6}$
ferro	$12 \cdot 10^{-6}$
argento	$20 \cdot 10^{-6}$
bronzo	$18 \cdot 10^{-6}$
nichel	$13 \cdot 10^{-6}$
rame	$17 \cdot 10^{-6}$
piombo	$30 \cdot 10^{-6}$
invar	$6 \cdot 10^{-7}$

L'ultima sostanza riportata nella tabella, l'invar, una lega di acciaio e di nichel, essendo caratterizzata da un valore molto piccolo di  $\lambda$ , subisce variazioni trascurabili in seguito a variazioni non molto elevate della temperatura. Per questo motivo tale lega è molto usata, a preferenza di altre, nella costruzione di strumenti di precisione.

### La dilatazione volumetrica

Qualora le tre dimensioni di un corpo siano di un ordine di grandezza non molto dissimile fra loro, in caso di aumento di temperatura per tale corpo parleremo di *dilatazione cubica o volumetrica*. In tal caso, una variazione di temperatura comporta una variazione di volume  $\Delta V$ .

La **legge della dilatazione volumetrica**, cui si perviene per via sperimentale, è:

$$\Delta V = kV_0\Delta t \quad [29.3]$$

Ciò significa che un corpo di volume  $V_0$ , sottoposto a una variazione di temperatura  $\Delta t$ , subisce una variazione di volume  $\Delta V$  che è direttamente proporzionale a  $V_0$  e a  $\Delta t$ . La variazione di volume  $\Delta V$ , inoltre, dipende dalla costante di proporzionalità  $k$ , detta *coefficiente di dilatazione cubica*, il cui valore varia al variare della sostanza presa in esame. Se indichiamo con  $V_t$  il volume finale e con  $V_0$  il volume iniziale, avremo:

$$\Delta V = V_t - V_0$$

e quindi, dalla [29.3.]:

$$V_t - V_0 = V_0 k \Delta t$$

ossia:

$$V_t = V_0 (1 + k \Delta t)$$

Se  $V_0$  è il volume del corpo a  $0^\circ \text{C}$ ,  $\Delta t$  è uguale a  $t$ ; di conseguenza:

$$V_t = V_0 (1 + kt) \quad [29.4]$$

Il binomio  $(1 + kt)$  è detto anche *binomio di dilatazione cubica*.

Il valore del coefficiente di dilatazione cubica  $k$  è uguale all'incirca al triplo del coefficiente di dilatazione lineare  $\lambda$ :

$$k = 3\lambda$$

Questo fatto può essere verificato sia attraverso misurazioni dirette di  $k$ , sia attraverso il seguente ragionamento. Consideriamo un cubo di spigolo  $L_0$  a  $0^\circ \text{C}$  di una determinata sostanza e aumentiamone la temperatura di  $t$  gradi.

Per quanto abbiamo detto in precedenza, ognuno degli spigoli del cubo assume un valore  $L_t$  dato da:

$$L_t = L_0 (1 + \lambda t)$$

Il volume  $V_t$  del cubo è dato allora da:

$$V_t = L_t^3 = L_0^3 (1 + \lambda t)^3 = V_0^3 (1 + 3\lambda t + 3\lambda^2 t^2 + \lambda^3 t^3) \quad [29.5.]$$

Data l'estrema piccolezza di  $\lambda$ , i termini  $3\lambda^2 t^2$  e  $\lambda^3 t^3$  possono essere trascurati e quindi la [29.5.] può essere riscritta come segue:

$$V_t = V_0 (1 + 3\lambda t) \quad [29.6]$$

### Coefficiente di dilatazione cubica

### Binomio di dilatazione cubica

Confrontando la [29.6.] con la [29.4.], si ottiene:

$$k \approx 3\lambda$$

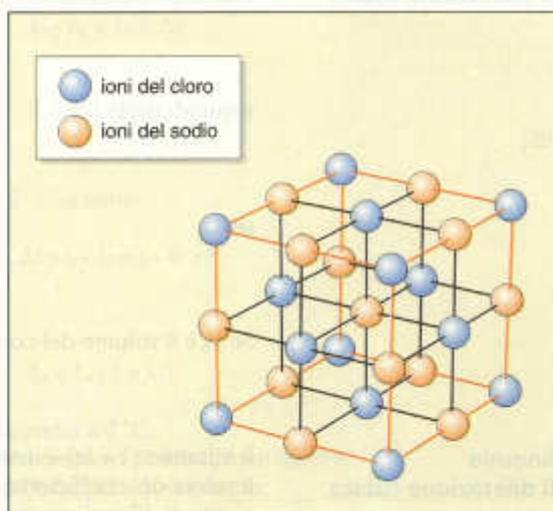
### Dilatazione termica e legame chimico

**La dilatazione termica è un fenomeno che riguarda sia i corpi solidi, sia i corpi liquidi, sia i corpi gassosi.**

Un confronto tra le dilatazioni a parità di variazione di temperatura mostra chiaramente che i liquidi si dilatano più dei solidi e che i gas, a loro volta, si dilatano più dei liquidi. I gas presentano addirittura tutti un'uguale dilatazione termica.

Tralasciando per il momento lo studio del comportamento dei gas, cerchiamo di dare una spiegazione del fatto che i liquidi si dilatino molto più dei solidi.

Per questo scopo è necessario premettere alcune nozioni sulla struttura dei solidi e dei liquidi. La struttura cristallina di molti solidi è costituita da una disposizione degli atomi secondo configurazioni geometriche ben definite. Il sale da cucina, per esempio, cioè il cloruro di sodio (NaCl), ha una struttura come quella di fig. 3.



3. Cristalli di cloruro di sodio (a fianco) e struttura cristallina del cloruro di sodio (estrema destra).

Tale schematizzazione mette in luce la regolarità della disposizione degli atomi di cloro e di sodio. Gli atomi di cloro e di sodio, a causa delle forze elettriche che si manifestano tra gli ioni sodio positivi ( $\text{Na}^+$ ) e gli ioni cloro negativi ( $\text{Cl}^-$ ), sono disposti a scacchiera su una struttura cubica.

Come abbiamo visto in precedenza, cariche elettriche dello stesso segno si respingono, mentre cariche elettriche di segno contrario si attraggono.

Così, ciò che assicura la coesione nei cristalli è la forza elettrica attrattiva che si esercita tra gli ioni di segno opposto.

### Il legame ionico

**Nelle strutture cristalline dei solidi la forza attrattiva è più intensa di quella repulsiva, perché gli ioni dello stesso segno sono disposti a maggiore distanza rispetto a quelli di segno opposto.**

Il tipo di legame che abbiamo descritto è detto **legame ionico**. In generale, qualunque sia il tipo di legame, le forze che lo costituiscono sono sempre di natura elettrica.

### Forze di coesione e forze di adesione

Sono di **natura elettrica** anche le forze che tengono unite le molecole, classificate in **forze di coesione**, se agiscono tra molecole della **stessa specie**, e **forze di adesione**, se agiscono tra molecole di **specie diverse**.

Tali forze molecolari agiscono sia tra le molecole dei solidi, sia tra le molecole dei liquidi. Il fatto che sia i solidi, sia i liquidi abbiano un volume proprio è spiegato dal fatto che ogni variazione di volume, comportando un mutamento della distanza tra le singole molecole, determina una reazione delle forze elettrostatiche, che si oppongono a tale variazione. Se si cerca di comprimere un liquido, per esempio, la distanza tra cariche dello stesso segno diminuisce e quindi aumenta notevolmente la forza repulsiva. Inoltre il fatto che i solidi abbiano una forma propria, mentre tale fatto non vale per i liquidi, è spiegabile ammettendo che le molecole dei liquidi compiono oscillazioni cicliche intorno a posizioni che non sono immutabili, al contrario di quanto avviene nei solidi. Ritorniamo, ora, al problema che ci eravamo posti all'inizio. Come abbiamo già detto, la dilatazione di un corpo è determinata dall'agitazione termica delle sue molecole. Ma a ogni variazione del grado di agitazione termica si oppongono le forze molecolari. Bisogna dunque concludere che:

### Rapporto tra dilatazione e forze molecolari

*l solidi si dilatano meno dei liquidi, e ancor meno dei gas, perché le forze molecolari sono elevate nei solidi, deboli nei liquidi e quasi nulle nei gas.*

## TEST

- 1 Scrivi l'equazione relativa alla legge degli allungamenti lineari.
- 2 Che cosa rappresenta il coefficiente di dilatazione lineare?
- 3 Da che cosa dipende il valore del coefficiente di dilatazione lineare?
- 4 Calcola l'allungamento che subisce una sbarra di ferro, di lunghezza iniziale 20 m, che viene sottoposta a una variazione di temperatura di 50 °C.
- 5 Una sbarretta subisce una variazione di lunghezza di 2,4 mm in seguito a uno sbalzo di temperatura di 100 °C: se la lunghezza iniziale della sbarretta era di 1 m, determina il coefficiente di dilatazione lineare della sostanza in esame.
- 6 Determina l'incremento di temperatura necessario per fare allungare di 3 mm un filo d'argento lungo 70 cm.
- 7 Scrivi l'equazione che ci fornisce la legge di dilatazione volumetrica.
- 8 "I solidi si dilatano più dei liquidi". Vero o falso?
- 9 Che cos'è il legame ionico?
- 10 Come sono classificate le forze che tengono unite le molecole?

## ATTIVITÀ SPERIMENTALE

### Calcolo del coefficiente di dilatazione di un liquido

#### Introduzione

I liquidi, riscaldandosi, si dilatano e la variazione di volume  $\Delta V$  è direttamente proporzionale al volume iniziale  $V_0$  e alla variazione di temperatura  $\Delta t$ :

$$\Delta V = \alpha V_0 \cdot \Delta t$$

dove  $\alpha$  è il coefficiente di dilatazione di un liquido.

**Scopo dell'esperienza:** determinare il coefficiente di dilatazione di un liquido.

**Prerequisiti:** conoscenza dei fenomeni di dilatazione termica.

**Materiali occorrenti:** palloncino di vetro con tappo di gomma forato, tubetto di vetro di circa 5 mm di diametro, ghiaccio tritato, contenitore, bruciatore a gas, cilindro graduato.

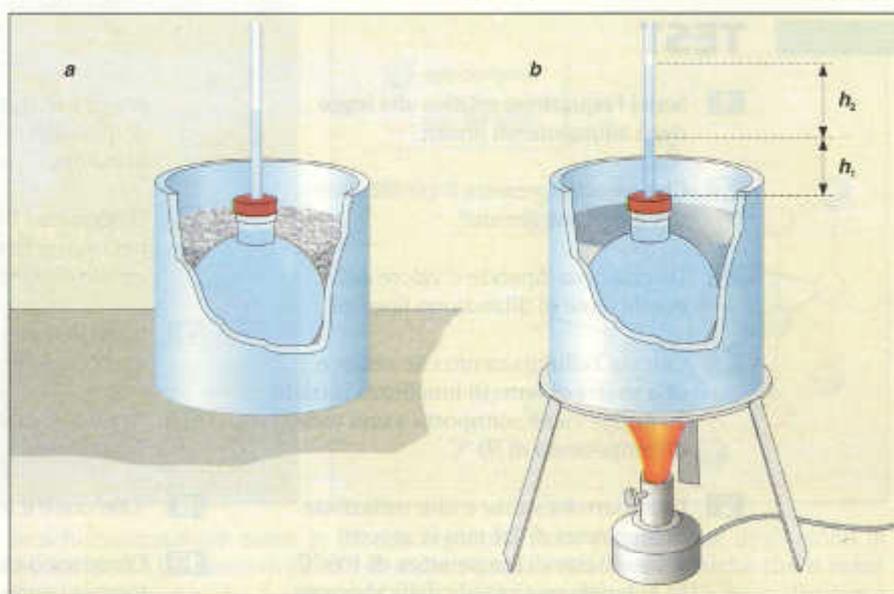
**Procedimento**

- Infila il tubicino di vetro nel tappo di gomma.
  - Versa nel palloncino il liquido in esame fino all'orlo e poi introduci il tappo: una parte di liquido risale nel tubicino.
- Il volume di liquido è allora quello del palloncino:

$$V_0 = \dots$$

- Versa nel contenitore del ghiaccio finemente tritato e metti in esso il palloncino con il liquido (fig. 4a).
- Aspetta circa 15 minuti.
- Togli il ghiaccio, riempi il contenitore d'acqua e poni il tutto sul bruciatore (fig. 4b).

Fig. 4



- Durante il riscaldamento, il palloncino si riscalda prima del liquido in esame e quindi si dilata aumentando di capacità. Per questo il liquido nel tubicino si abbassa. Quando l'acqua raggiunge la temperatura di ebollizione, misura questo livello  $h_1$ , minimo raggiunto dal liquido:

$$h_1 = \dots$$

- Con il passare del tempo il liquido si riscalda, si dilata e quindi sale nel tubicino fino al livello  $h_2$ , di cui prenderai nota. Calcola la variazione di volume  $\Delta V$ :

$$\Delta V = \pi \cdot \left(\frac{5}{2}\right)^2 \cdot (h_2 - h_1)$$

- Calcola il coefficiente di dilatazione  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot 100} = \dots$$