

La dilatazione termica, lineare, volumica

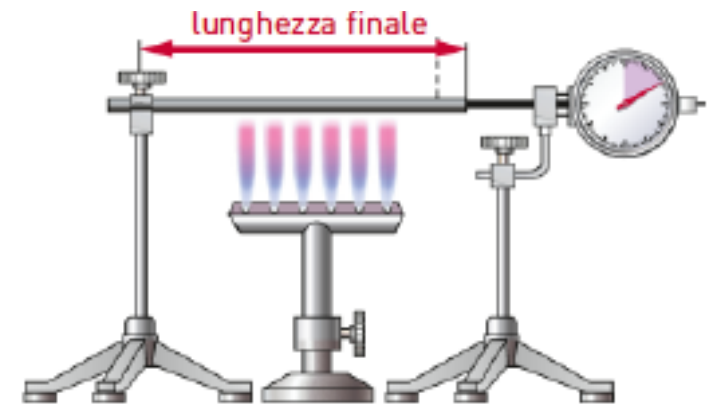
Professoressa CORONA PAOLA

La dilatazione termica

▪ La dilatazione lineare dei solidi

I solidi si dilatano o si contraggono a seconda che la temperatura aumenti o diminuisca.

Una barra di lunghezza iniziale l_i , al variare della temperatura, subisce una variazione di lunghezza Δl data dalla **legge sperimentale della dilatazione lineare**:



variazione di lunghezza (m)

coefficiente di dilatazione lineare ($^{\circ}\text{C}^{-1}$ o K^{-1})

$$\Delta l = l_i \lambda \Delta t$$

lunghezza iniziale (m)

variazione di temperatura ($^{\circ}\text{C}$ o K)

La dilatazione termica

▪ Il coefficiente di dilatazione lineare

Il simbolo λ che compare nella formula è il **coefficiente di dilatazione lineare** e dipende dal materiale.

In tabella sono riportati i coefficienti di alcuni materiali.

La formula della dilatazione lineare può essere riscritta evidenziando la lunghezza finale l :

$$\Delta l = l - l_i = l_i \lambda \Delta t \quad \Rightarrow \quad l = l_i (1 + \lambda \Delta t)$$

COEFFICIENTI DI DILATAZIONE LINEARE	
Materiale	λ ($^{\circ}\text{C}^{-1}$ o K^{-1})
Zinco	$3,02 \times 10^{-5}$
Piombo	$2,89 \times 10^{-5}$
Alluminio	$2,31 \times 10^{-5}$
Stagno	$2,20 \times 10^{-5}$
Argento	$1,89 \times 10^{-5}$
Rame	$1,65 \times 10^{-5}$
Cemento armato	$1,4 \times 10^{-5}$
Acciaio	$1,3 \times 10^{-5}$
Ferro	$1,18 \times 10^{-5}$
Vetro	$9,0 \times 10^{-6}$
Diamante	$1,3 \times 10^{-6}$

La dilatazione termica

▪ **Conseguenze della dilatazione lineare**

Le variazioni di temperatura tra estate e inverno o tra notte e giorno producono variazioni delle lunghezze delle costruzioni ingegneristiche (strade, ponti, ferrovie, ...) e devono essere tenute in considerazione durante la progettazione.

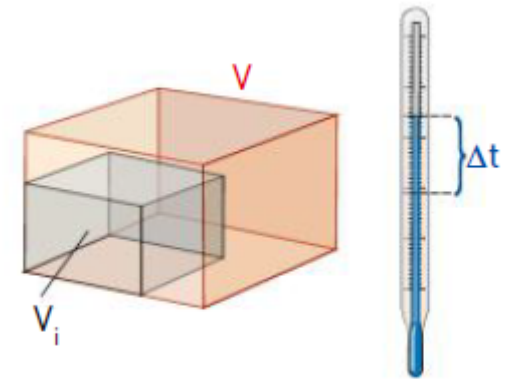


Per esempio, si usano giunti su ponti e cavalcavia per permettere loro di cambiare lunghezza senza danneggiare la struttura.

La dilatazione termica

▪ La dilatazione volumica dei solidi

All'aumentare della temperatura i solidi omogenei si dilatano in tutte le direzioni.



Gli esperimenti dimostrano che vale la **legge della dilatazione volumica**:

$$\Delta V = V_i \alpha \Delta t$$

variazione di volume (m³)

volume iniziale (m³)

coefficiente di dilatazione volumica (°C⁻¹ o K⁻¹)

variazione di temperatura (°C o K)

La costante α è il **coefficiente di dilatazione volumica** e, per i solidi, è uguale a 3λ .

La dilatazione termica

▪ La dilatazione volumica dei liquidi

La legge della dilatazione volumica vale anche per i liquidi.

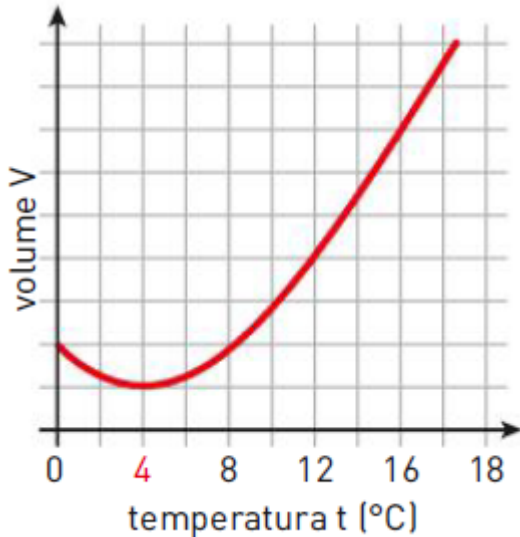
I liquidi si dilatano più dei solidi. A parità di aumento di temperatura, l'aumento di volume è molto maggiore per un liquido che per un solido.

COEFFICIENTI DI DILATAZIONE VOLUMICA	
Materiale	α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$ o K^{-1})
Etanolo	$1,12 \times 10^{-3}$
Benzina	$1,0 \times 10^{-3}$
Olio d'oliva	$7,2 \times 10^{-4}$
Glicerina	$5,3 \times 10^{-4}$
Mercurio	$1,8 \times 10^{-4}$

Come conseguenza, una damigiana d'olio o una tanica di benzina riempite troppo, possono traboccare se fa troppo caldo, perchè la dilatazione dei contenitori è inferiore a quella del liquido in essi contenuto.

La dilatazione termica

■ Il comportamento anomalo dell'acqua



L'acqua si comporta in modo diverso dagli altri liquidi: da 0 °C a 4 °C il suo volume, anzichè aumentare, diminuisce. Sopra i 4 °C, invece, aumenta regolarmente.

Alla temperatura di 4 °C, poichè il volume è minimo, la densità dell'acqua è massima.

Come conseguenza, durante l'inverno, le grandi masse d'acqua congelano solo in superficie e il ghiaccio, che ha densità minore dell'acqua, galleggia.

Sotto il ghiaccio la vita continua, perchè la temperatura dell'acqua resta superiore a 0 °C e negli strati più profondi non scende sotto i 4 °C.

Calore e lavoro

▪ Riscaldare con il calore



Quando un corpo si riscalda o si raffredda subisce un *passaggio di calore* con l'ambiente, cioè una trasmissione spontanea di energia dalla materia più calda a quella più fredda.

Il calore è una grandezza che misura un trasferimento di energia; perciò la sua unità di misura nel SI è il joule.

Invece la *caloria* (**cal**) non appartiene al SI, ma è usata spesso:

una **caloria** è la quantità di calore da fornire a 1g di acqua distillata per portare la sua temperatura da 14,5 °C a 15,5 °C alla pressione di 1 atm.

Calore e lavoro

■ Riscaldare con il lavoro

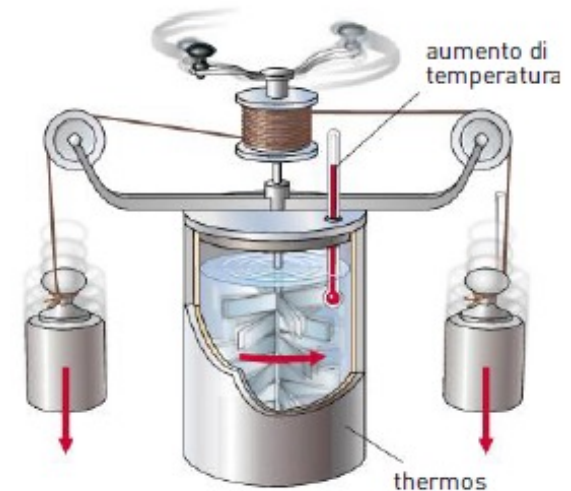
Anche il lavoro riscalda: dopo l'uso, la punta del trapano scotta a causa del lavoro della forza di attrito tra l'oggetto forato e la punta.

Nel mulinello di Joule il lavoro è compiuto dalla forza-peso che, facendo scendere i pesi, fa ruotare le palette.

Questo lavoro scalda l'acqua. Joule verificò che:

4186 J di lavoro innalzano di 1 °C la temperatura di una massa d'acqua di 1 kg (oppure 4,186 J per una massa di grammo).

Confrontando questo risultato con la definizione di caloria risulta: $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$



Calore e lavoro

▪ **Energia in transito**

Sia il calore che il lavoro possono aumentare la temperatura di un corpo, quindi:

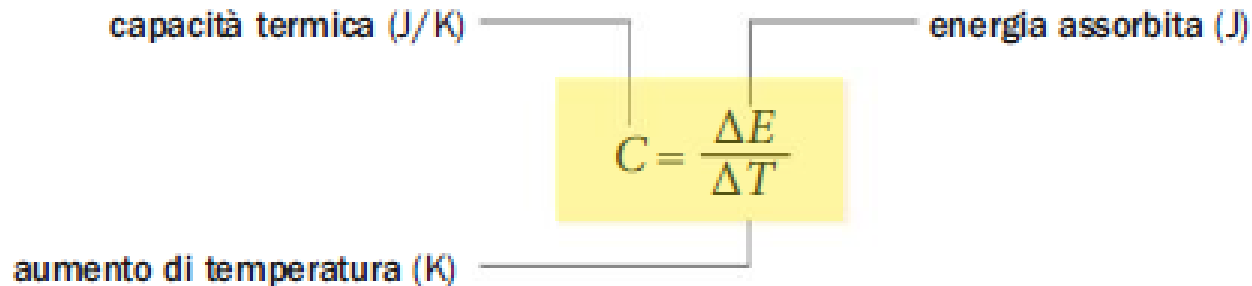
scambiare calore e compiere lavoro sono due modi equivalenti per trasferire energia da un sistema a un altro: sia il calore Q che il lavoro W sono *energia in transito*.



La capacità termica

L'assorbimento della stessa quantità di energia non provoca lo stesso aumento di temperatura in tutti i corpi.

Gli esperimenti mostrano che il rapporto tra la quantità di energia assorbita e l'aumento di temperatura è una caratteristica del corpo chiamata **capacità termica** (C):



capacità termica (J/K) energia assorbita (J)

$$C = \frac{\Delta E}{\Delta T}$$

aumento di temperatura (K)

La capacità termica di un corpo indica quanta energia è necessaria per aumentare di 1 K la temperatura del corpo.

Il calore specifico (1)

La capacità termica di un corpo dipende dalla massa del corpo e dalla sostanza di cui è fatto secondo la relazione:

The diagram illustrates the equation $C = c m$ in a central yellow box. Three lines connect the terms to their respective units: 'capacità termica (J/K)' is connected to 'C', 'calore specifico (J/(kg · K))' is connected to 'c', and 'massa (kg)' is connected to 'm'.

$$C = c m$$

capacità termica (J/K) massa (kg)
calore specifico (J/(kg · K))

dove c è una caratteristica della sostanza chiamata **calore specifico**:

Il calore specifico di una sostanza indica quanta energia è necessaria per aumentare di 1 K la temperatura di 1 kg di quella sostanza.

Il calore specifico (2)

La tabella riporta i calori specifici di alcune sostanze.

CALORI SPECIFICI ALLA TEMPERATURA DI 298 K E ALLA PRESSIONE DI $1,01 \times 10^5$ PA			
Sostanza (o miscuglio)	Calore specifico $\left(\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}\right)$	Sostanza (o miscuglio)	Calore specifico $\left(\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}\right)$
Acqua (288 K)	4186	Mercurio	140
Alluminio	897	Oro	129
Argento	235	Ossigeno	919
Aria secca	1005	Ottone	380
Carbonio (grafite)	709	Piombo	129
Diossido di carbonio	850	Rame	385
Elio	5193	Stagno	228
Ferro	449	Vapore d'acqua	1860
Ghiaccio (258 K)	2000	Vetro (in media)	800
Idrogeno	14300	Zinco	388