



CAPITOLO
14

LA TEMPERATURA

Davran Livignoni/SciencePhotoLibrary

1 IL TERMOMETRO



Maurizio Trevisan

La sensazione di caldo e di freddo è soggettiva: toccando un pezzo di ferro si ha una sensazione di freddo, mentre un pezzo di legno nello stesso ambiente ci sembra più caldo. Per rendere precisa e misurabile questa impressione costruiamo uno strumento, il termoscopio, sui cui risultati tutti saremo d'accordo.

Il **termoscopio** è un recipiente chiuso da un tappo forato in cui è infilato un tubicino trasparente. Il recipiente e parte del tubo sono riempiti con un liquido, per esempio un olio lubrificante.

Riempiamo due vaschette con acqua scaldata in modo diverso. In quale delle due l'acqua è più calda?

► Immergiamo il termoscopio in una vaschetta; dopo un po' di tempo segniamo sul tubo il livello dell'olio.



A

► Poi immergiamo il termoscopio nella seconda vaschetta e aspettiamo fino a quando il livello dell'olio si stabilizza.



B

Taratura di uno strumento
Concettualmente, la taratura del termoscopio è analoga a quella del dinamometro. Prima si fa un confronto, poi si introduce una scala.

Se il nuovo livello dell'olio è maggiore di quello precedente, diciamo che la *temperatura* della seconda vaschetta è maggiore della temperatura della prima. Per sapere

di quanto una temperatura è maggiore dell'altra, dobbiamo introdurre una scala graduata, cioè tarare il termometro.

La misura della temperatura

Scegliamo due temperature come punti fissi di riferimento: quella del ghiaccio che fonde e quella dei vapori di acqua bollente. Entrambi questi fenomeni devono avvenire a pressione atmosferica normale, pari a $1,01 \times 10^5$ Pa.

► Mettiamo il termoscopio in acqua e ghiaccio. Mentre il ghiaccio si scioglie, il livello dell'olio diminuisce fino a stabilizzarsi su un valore minimo.



A

► Poniamo il termoscopio tra i vapori dell'acqua che bolle. Il liquido sale nel tubo fino a un certo livello e poi non aumenta più.



B

Per convenzione stabiliamo la corrispondenza

0 °C (0 gradi Celsius)	→	temperatura del ghiaccio fondente.
100 °C (100 gradi Celsius)	→	temperatura dell'acqua bollente.

La *scala Celsius* è ottenuta dividendo in cento parti uguali il segmento delimitato dai due livelli che abbiamo segnato in precedenza.

Fatto ciò, la scala termometrica può essere estesa anche alle temperature negative e a quelle maggiori di 100 °C.

Utilizzando il termoscopio tarato, che si chiama *termometro*, siamo in grado di misurare la temperatura, cioè di assegnare a ogni temperatura un numero su cui siamo tutti d'accordo.

La definizione operativa della temperatura

Che cos'è la temperatura?

La **temperatura** è, per definizione, la grandezza fisica che si misura con il termometro.

Per arrivare a questa *definizione operativa* abbiamo sfruttato:

1. il fenomeno della *dilatazione termica*, che incontriamo spesso in natura: per esempio, un palloncino di gomma gonfio d'aria, lasciato al sole, diventa più grande; messo in frigorifero, invece, diviene più piccolo;

IN LABORATORIO

Taratura di un termoscopio

- Video (2 minuti)
- Test (3 domande)



ANIMAZIONE

Temperatura di equilibrio termico (1 minuto)



2. *l'equilibrio termico*, cioè la condizione in cui due sistemi fisici, messi in contatto, raggiungono una stessa temperatura, che poi non si modifica nel tempo: il termometro misura sempre la *propria* temperatura che, all'equilibrio termico, è anche quella del corpo (acqua ghiacciata, vapore, ...) con cui è in contatto.

Il kelvin

Nel Sistema Internazionale l'unità di misura per la temperatura è il *kelvin* (simbolo K). In questa scala, detta *scala assoluta*, la variazione di 1 K è identica a quella di 1 °C. Però la temperatura del ghiaccio fondente è pari a 273 K, cosicché quella dei vapori d'acqua bollente vale 373 K (figura 1).



Figura 1 Scala Kelvin e scala Celsius a confronto.

Le temperature T della nuova scala si ottengono da quelle t in gradi Celsius sommando a queste ultime il numero 273:

273,15

Per la precisione, la temperatura assoluta del ghiaccio fondente è 273,15 K.

-273,15

Più precisamente, lo zero assoluto si trova a -273,15 °C.

$$T = t + 273 \text{ K} \quad (1)$$

temperatura (K) temperatura (°C)

Per passare dalla nuova alla vecchia scala si usa invece la formula inversa

$$t = T - 273 \text{ °C} \quad (2)$$

temperatura (°C) temperatura (K)

La temperatura assoluta è una scala naturale: infatti, gli esperimenti mostrano che non è possibile raffreddare un corpo alla temperatura 0 K o al di sotto di essa. Per questa ragione il valore di 0 K è detto *zero assoluto*.

L'oggetto più caldo che si può trovare normalmente in casa è il filamento incandescente (fatto di tungsteno) di una lampadina. La sua temperatura è circa 2800 K (o 2500 °C). Il luogo più freddo è l'interno del freezer che si trova nel frigorifero. Per esempio, in un congelatore «4 stelle» la temperatura deve essere inferiore a 255 K (-18 °C). Per fare un confronto, la *lava* diventa liquida a circa 2000 K (1700 °C), la carta brucia a circa 500 K (230 °C) e l'azoto diventa liquido a 77 K (-196 °C).


ANIMAZIONE

Dilatazione termica lineare (1 minuto)



2 LA DILATAZIONE LINEARE DEI SOLIDI

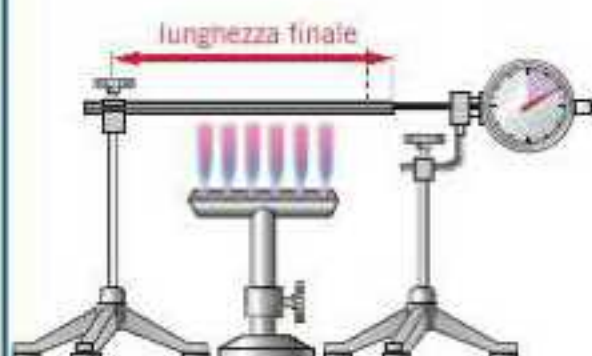
I corpi solidi, come i liquidi, tendono a dilatarsi quando sono riscaldati e a contrarsi quando sono raffreddati.

Una barra sottile, fatta del materiale che si vuole esaminare, è collegata a un indice mobile.



A

Riscaldando la barra, questa si allunga e spinge l'indice su una scala graduata.



B

Si vede che, per tutti i solidi, la variazione di lunghezza con la temperatura segue, con buona approssimazione, la legge sperimentale della **dilatazione lineare**:

$$\frac{\text{allungamento (m)}}{\text{lunghezza iniziale (m)}} = \lambda \Delta t \quad (3)$$

coefficiente di dilatazione lineare (°C⁻¹ o K⁻¹)
variazione di temperatura (°C o K)

L'allungamento della barra (figura 2), Δl , è dato dalla differenza tra la lunghezza finale l alla nuova temperatura e la lunghezza iniziale l_0 . Il *coefficiente di dilatazione lineare* λ (lettera greca *lambda*) dipende dal materiale di cui è composta la barra.

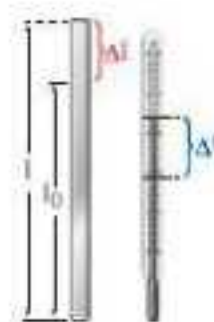


Figura 2 Variazione da l_0 a l della lunghezza in seguito all'aumento di temperatura Δt .

La costante λ è numericamente uguale all'allungamento di una barra lunga un metro riscaldata di 1 °C.

Il prodotto $l_0 \lambda \Delta t$, che è uguale a Δl , ha le dimensioni fisiche di una lunghezza. Così il prodotto $\lambda \Delta t$ deve essere un numero puro e, quindi, le dimensioni fisiche di λ sono il reciproco di quelle di Δt . Ecco perché λ si misura in °C⁻¹ o in K⁻¹.

Dalla tabella a destra vediamo che una barra lunga un metro di uno dei materiali elencati si allunga da un decimo di millimetro (diamante) a 3 mm (zinco e piombo) quando la sua temperatura aumenta di 100 °C.

ESEMPIO

Un filo di ottone di lunghezza iniziale $l_0 = 1,60$ m si allunga della quantità $\Delta l = 4,7$ mm quando viene riscaldata di $\Delta t = 140$ °C.

► Calcola il coefficiente di dilatazione lineare λ dell'ottone.

Isolando λ nella formula (3) si ottiene

$$\lambda = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta t} = \frac{4,7 \times 10^{-3} \text{ m}}{(1,60 \text{ m}) \cdot (140 \text{ °C})} = 2,1 \times 10^{-5} \frac{1}{\text{°C}}$$

La formula mostra che l'allungamento $\Delta l = l - l_0$ della barretta è direttamente

ESPERIMENTO VIRTUALE

Dilatazioni termiche lineari

- Gioca
- Misura
- Esercitati



Coefficienti di dilatazione lineare

Sostanza	λ (K ⁻¹)
Zinco	30×10^{-6}
Piombo	29×10^{-6}
Alluminio	23×10^{-6}
Rame	17×10^{-6}
Cemento armato	14×10^{-6}
Ferro	12×10^{-6}
Vetro (normale)	9×10^{-6}
Diamante	$1,3 \times 10^{-6}$

proporzionale all'aumento di temperatura Δt . In un grafico con la temperatura t in ascisse e l'allungamento $l - l_0$ in ordinate, questa relazione è rappresentata da una retta che passa per l'origine degli assi (figura 3).

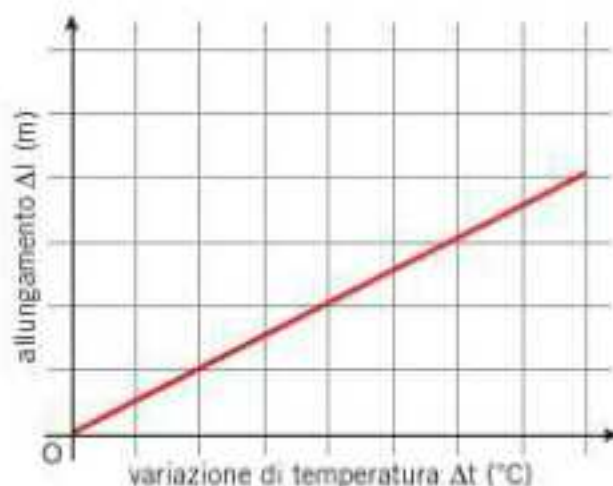


Figura 3 Grafico che mostra l'allungamento di una barretta in funzione della variazione di temperatura.

Portando il termine l_0 dal membro di sinistra a quello di destra e raccogliendo, possiamo scrivere la legge della dilatazione lineare nella forma:

$$l = l_0 + l_0 \lambda \Delta t = l_0 (1 + \lambda \Delta t). \quad (4)$$

La dilatazione termica ha importanti applicazioni pratiche: molte strutture (per esempio i ponti e gli oleodotti) cambiano lunghezza in modo significativo a causa delle differenze di temperatura tra estate e inverno o tra notte e giorno. Per questa ragione i progettisti adottano degli stratagemmi per evitare che le variazioni di lunghezza causino danni.

Esempi di questi accorgimenti sono la presenza di giunti in strade e ponti.

Un dispositivo che funziona in base alla dilatazione termica è la lamina bimetallica (figura 4), formata da due barrette di metalli diversi (per esempio zinco e acciaio) unite fianco a fianco.

I due metalli sono scelti in modo da avere coefficienti di dilatazione il più possibile diversi tra loro. Un aumento di temperatura allunga una delle barrette più dell'altra e, per permettere ciò, la lamina si deve piegare dalla parte del metallo che si allunga di meno.



Figura 4 Lamina bimetallica acciaio-zinco.

Ciò è sfruttato in molti termostati di apparecchi elettrici: quando la temperatura si alza troppo, la lamina si piega e stacca il collegamento elettrico.



Una volta raffreddata, la lamina bimetallica torna a fare contatto e l'apparecchio elettrico riprende a funzionare in tutta sicurezza.

