

Lezione 23: Un approccio macroscopico alla temperatura

23.1. Che cos'è la temperatura?

Il titolo di questo paragrafo dovrebbe già insospettirvi: ci eravamo posti la stessa domanda a proposito di tempo e di massa, e non avevamo saputo rispondere. Non ci siamo invece posti la domanda quando abbiamo parlato di lunghezza, soltanto perché tutti noi siamo abituati a misurare lunghezze, quindi crediamo di sapere che cosa sono. In ogni caso, quando parliamo di grandezze fondamentali, è più semplice procedere così: partiamo da una definizione intuitiva, poi descriviamo in che modo si misurano, infine cerchiamo di capire il vero significato della grandezza che stiamo misurando. La temperatura è una grandezza fondamentale, perciò useremo la stessa strategia. Vedremo in questa lezione come si misura la temperatura, poi, nella lezione 25, capiremo il vero significato della grandezza temperatura. Comunque abbiamo già cominciato ad intuire il significato di questa grandezza: la temperatura è strettamente collegata all'energia cinetica delle molecole. Più grande è la temperatura di un corpo, maggiore è l'energia di movimento delle molecole di cui è composto.

23.2. Una definizione provvisoria

In modo qualitativo, possiamo intuire che la temperatura di un oggetto legata alla sua caratteristica che è responsabile delle sensazioni di caldo e di freddo che proviamo quando tocchiamo l'oggetto. È facile osservare che due oggetti, uno caldo e uno freddo, cambiano la loro caratteristica quando vengono messi in contatto: quello caldo si raffredda, viceversa fa l'altro.

Il cambiamento prosegue fino a quando i due oggetti raggiungono una situazione in cui non si verifica più alcuna variazione: questa situazione si chiama equilibrio termico.

Possiamo allora definire la temperatura in questo modo: è la grandezza che accomuna i due oggetti quando essi hanno raggiunto l'equilibrio termico.

23.3. La dilatazione termica

Le nostre sensazioni per quanto riguarda la temperatura sono, come sai, molto soggettive e poco affidabili. Per fortuna esistono strumenti, i termometri, che misurano la temperatura in modo oggettivo.

Esistono termometri di tipo assai diverso, tutti però si basano sullo stesso principio: trasformare le variazioni di temperatura in variazioni di un'altra grandezza ad essa collegata.

Una grandezza semplice da misurare, che cambia quando cambia la temperatura, è il volume dei corpi. Una sbarra di metallo si allunga quando la sua temperatura cresce, e si accorcia quando la temperatura diminuisce (► fig.23.1).



Fig.23.1 Un ponte metallico viene costruito lasciando uno spazio tra una sezione e l'altra: nelle giornate estive ogni sezione si allunga un po', e lo spazio vuoto serve ad evitare che il ponte si deformi.

Quasi tutte le sostanze hanno lo stesso comportamento: si espandono quando la temperatura aumenta. A questo fenomeno si dà il nome di dilatazione termica.

I termometri che usiamo più spesso si basano proprio su questo fenomeno: l'esempio più tipico è quello del termometro clinico con cui misuriamo la temperatura del corpo. Un bulbo che contiene una piccola quantità di mercurio è collegato ad un tubo molto sottile. Se la temperatura cresce, il mercurio che è nel bulbo aumenta di volume, quindi si espande nel tubo. Data l'estrema sottigliezza di quest'ultimo, variazioni di volume anche piccole producono apprezzabili spostamenti del livello di mercurio nel tubo, la cui entità viene misurata tramite una scala incisa sul vetro.

23.4. Altri tipi di termometri

I termometri del tipo appena descritto sono fatti da un liquido contenuto in un recipiente di vetro. Non possono essere usati per misurare temperature troppo basse, perché altrimenti il liquido diventerebbe solido e non potrebbe più scorrere liberamente dentro al tubo. Non si possono nemmeno usare per misurare temperature troppo alte, perché il contenitore di vetro fonderebbe. Per questo sono stati sviluppati altri tipi di termometro.

Per esempio, esistono termometri in cui la grandezza che varia è la pressione di un gas contenuto in un recipiente di volume costante: quando la temperatura cresce anche la pressione aumenta.

Inoltre si può misurare la temperatura in base alla variazione che subisce una resistenza elettrica, oppure in base ai cambiamenti nel colore della luce emessa da un oggetto caldo. Pensate a come si fa a capire se il grill del forno di casa ha raggiunto la giusta temperatura: è del tutto sconsigliabile toccarlo con il bulbo di un termometro, viceversa possiamo osservare se sta emettendo luce di colore rosso. Se la luce emessa

tende verso il bianco, allora attenzione: la temperatura è molto più alta! Non succede con il grill del forno, ma succede, per esempio, nel filamento di una lampadina a incandescenza.

23.5. La taratura di un termometro a mercurio

Un termometro, di qualunque tipo esso sia, deve essere tarato. Nel caso dei termometri a liquido, la taratura consiste nel mettere in contatto il termometro con due oggetti la cui temperatura è scelta come riferimento, e nell'assegnare un valore numerico alle due corrispondenti posizioni raggiunte dal liquido.

Gabriel Fahrenheit, che per primo usò un termometro a mercurio nel 1724, propose come punti fissi la temperatura del ghiaccio che fonde e quella della bocca di un uomo in buone condizioni di salute. Fahrenheit propose di assegnare il valore 32 alla prima temperatura (ghiaccio che fonde) e il valore 96 alla seconda (temperatura del corpo). Usando il suo termometro, Fahrenheit misurò la temperatura dell'acqua bollente e trovò il valore 212.

Qualche anno dopo Anders Celsius propose di usare come punti fissi la temperatura di fusione del ghiaccio (a cui assegnò il valore 0) e quella di ebollizione dell'acqua (assegnandole il valore 100).

La scelta di Fahrenheit non si rivelò la migliore, perché la "temperatura della bocca di un uomo in buone condizioni di salute" non è riproducibile con precisione. Viceversa, la temperatura alla quale avviene un passaggio di stato, come per esempio l'ebollizione dell'acqua, è costante e riproducibile.

23.6. Una utile caratteristica dei passaggi di stato

Durante i passaggi di stato di una qualsiasi sostanza l'indicazione di un termometro a liquido, in contatto con essa, non cambia. Per esempio, la figura (► fig.23.3) mostra come varia nel tempo il livello di un termometro a liquido a contatto con acqua che viene via via raffreddata: all'inizio del processo l'acqua si trova allo stato di vapore, poi passa allo stato liquido, infine a quello solido.

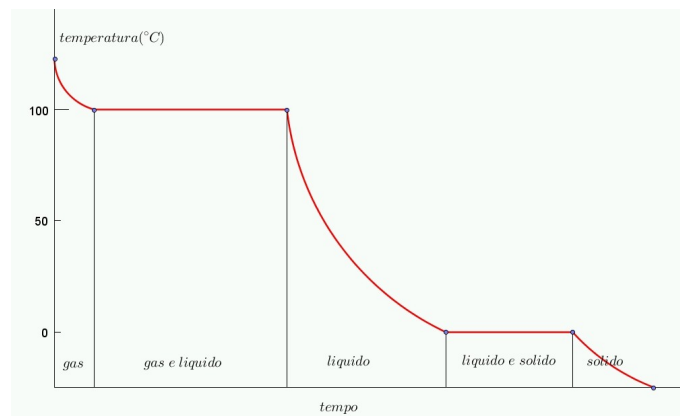


Fig.23.3 Una curva di raffreddamento per l'acqua

Come vedete, il grafico presenta dei caratteristici "pianerottoli", ovvero dei tratti a pendenza zero, in corrispondenza dei passaggi di stato. Questi pianerottoli, inoltre, sono riproducibili: se rifacciamo l'esperimento in un altro momento, o in un altro luogo (purché la pressione atmosferica sia la stessa!) li ritroviamo in corrispondenza degli stessi livelli del liquido termometrico.

Se la sostanza che si raffredda non è acqua, l'andamento del grafico resta lo stesso, ma i due pianerottoli si troveranno ad altezze diverse, talmente diverse che, per la maggior parte delle sostanze, è impossibile fare un esperimento come quello descritto dalla figura 23.3. L'acqua è l'unica sostanza, tra quelle comuni ed abbondanti, che subisce i due passaggi di stato a temperature osservabili con un termometro a liquido. Questo è il motivo per cui la temperatura di ebollizione dell'acqua e quella di fusione del ghiaccio sono state scelte come riferimento per la definizione della scala termometrica.

23.7. La scala Celsius

La scala termometrica che utilizziamo abitualmente si chiama scala Celsius e la relativa unità di misura è il grado Celsius (il cui simbolo è °C):

il grado Celsius è la centesima parte dell'intervallo che separa la temperatura di fusione e quella di ebollizione della sostanza acqua alla pressione normale (quella che nell'esperimento di Torricelli corrisponde a 76 cm di altezza per la colonnina di mercurio).

Quindi i termometri a liquido che si usano in laboratorio vengono tarati in questo modo:

- si mettono in contatto con ghiaccio fondente, e si incide una tacca in corrispondenza del livello raggiunto dal liquido;
- a questa prima tacca si fa corrispondere il valore 0°C;
- si mettono in contatto con acqua bollente, incidendo così una seconda tacca;

- a questa seconda tacca si fa corrispondere il valore 100°C;
- l'intervallo tra le due tacche viene diviso in parti uguali;
- la gradazione viene estesa verso l'alto e verso il basso, tanto quanto lo permettono le caratteristiche del liquido termometrico e del recipiente che lo contiene.

23.8. Confronti tra scale termometriche differenti

La scala Celsius è stata adottata in quasi tutto il mondo, mentre la scala Fahrenheit è utilizzata soltanto nei paesi anglosassoni. Il Sistema Internazionale, tuttavia, ha scelto di adottarne una terza, che si chiama scala Kelvin, che usa come unità di misura il kelvin (simbolo K, senza il pallino che si usa per le unità °C e °F). Al ghiaccio che fonde viene assegnata una temperatura di 273 K, all'acqua che bolle di 373 K: il motivo di questa scelta sarà chiarito nella lezione 25.

Il confronto delle tre scale è quindi descritto dalla tabella (► tab.23.1):

	Scala Celsius	Scala Fahrenheit	Scala Kelvin
Temperatura del ghiaccio che fonde	0° C	32 °F	273 K
Temperatura qualsiasi	T_C	T_F	T_K
Temperatura dell'acqua che bolle	100° C	212 °F	373 K

Tab.23.1 Il confronto tra le scale termometriche

Come vedete, in tabella abbiamo anche indicato una terza temperatura qualsiasi (potrebbe essere ad esempio la temperatura di ebollizione dell'alcool etilico, ma qualunque altro esempio va bene lo stesso), chiamando T_C , T_F e T_K il suo valore espresso nelle tre scale.

La conversione da Kelvin a Celsius (e viceversa) è immediata:

$$T_C = T_K - 273 \quad e \quad T_K = T_C + 273$$

La conversione da Fahrenheit a Celsius (e viceversa) richiede un minimo di ragionamento, che è reso più chiaro dalla figura (► fig.23.4).

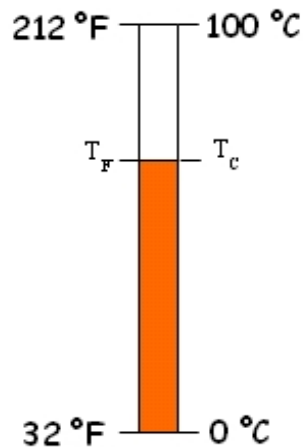


Fig.23.4 Uno stesso termometro tarato sia in °C, sia in °F

La colonnina in rosso nella figura ha sempre la stessa altezza, indipendentemente dalla scala che decidete di usare. Se la differenza tra T_C e 0 è una certa frazione della differenza tra 100 e 0, allora la differenza tra T_F e 32 è la stessa frazione della differenza tra 212 e 32. Quindi:

$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_F - 32}{212 - 32}$$

Se risolviamo rispetto a T_C otteniamo:

$$T_C = (T_F - 32) \cdot \frac{100}{180}$$

Se invece risolviamo rispetto a T_F :

$$T_F = T_C \cdot \frac{180}{100} + 32$$