



I principi della termodinamica

È esperienza comune che i vari corpi possano essere ordinati secondo la loro “caldezza” valutata secondo il senso del tatto. Si può, infatti, dire che se A è più caldo di B e B è più caldo di C allora anche A è più caldo di C.

La stessa proprietà la possiedono anche i numeri reali: se a, b, c sono tre numeri reali tali che

$$a > b \text{ e } b > c \text{ allora anche } a > c.$$

I corpi possono, quindi, essere ordinati in base alla loro “caldezza” e a essi è possibile assegnare dei numeri in modo tale che a numero maggiore corrisponda un grado di “caldezza” maggiore. Il numero assegnato al corpo viene chiamato **temperatura**.

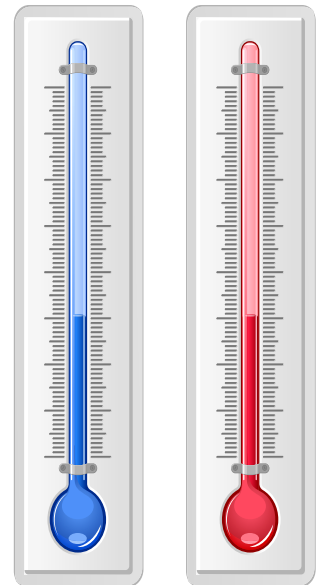
Due corpi a contatto termico sono in **equilibrio termico** quando tutte le variazioni delle grandezze che si possono osservare sono nulle.

È anche comune osservare, e l'esperienza lo conferma, che se un corpo A è in equilibrio termico con un corpo B e B è in equilibrio termico con un corpo C, allora A e C sono in equilibrio termico tra loro.

Questo fatto è così “naturale” da esser considerato verità indiscutibile.

Poiché non esiste nessuna ragione ovvia perché debba essere così questo risultato deve considerarsi come una legge di natura e costituire il **principio zero della termodinamica**.

Da ciò deriva che, misurando la temperatura di un sistema, si deve aspettare che il termometro e il sistema siano in equilibrio termico tra loro, cioè abbiano la stessa temperatura (il termometro infatti misura sempre la propria temperatura). Il principio zero permette di giustificare la procedura di **confronto tra temperature di due sistemi** che normalmente si attua e cioè: due sistemi che sono in equilibrio termico hanno la stessa temperatura perché entrambi risultano in equilibrio termico con lo stesso termometro.



Il primo principio della termodinamica

Seguendo l'esperienza di Joule, si è assistito alla trasformazione di lavoro meccanico in calore.

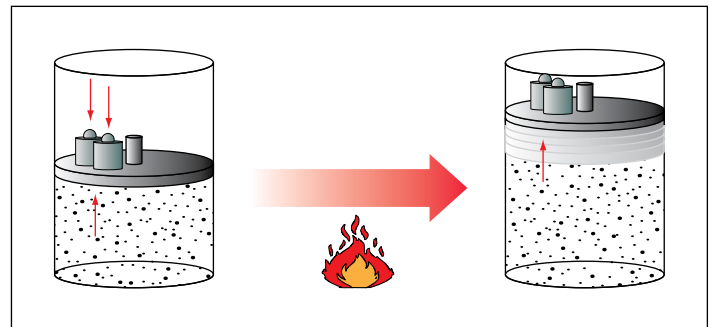
Si prova ora a prendere in esame il processo inverso, che permette di trasformare il calore (energia termica) in lavoro (energia meccanica).

Per fare ciò si può utilizzare un cilindro contenente del gas perfetto. Il cilindro è chiuso, nella parte superiore, da un pistone mobile su cui sono posti alcuni pesi che hanno lo scopo di equilibrare la forza di pressione esercitata dal gas. Riscaldando il cilindro con una sorgente di calore, come si è già visto, il gas aumenta di volume, sollevando il pistone.

Poiché il gas esercita una forza sul pistone, spostandolo, compie lavoro: ciò significa che il calore fornito al gas si è trasformato in lavoro meccanico.

Misurando i valori del calore e del lavoro si può notare, però, che il lavoro ottenuto con lo spostamento del pistone è minore del calore speso per far dilatare il gas. Ciò accade perché una parte del calore è stata trattenuta dal gas ed è servita ad aumentarne la sua energia interna (U).

Pertanto, si può enunciare il **primo principio della termodinamica**.



Primo principio della termodinamica

In ogni trasformazione, il calore fornito al sistema è uguale alla somma ottenuta dal lavoro compiuto dal sistema e dalla variazione della sua energia interna.

$$Q = L + \Delta U$$

Nella formula:

- Q è l'energia fornita dall'ambiente al sistema sotto forma di calore;
- L è il lavoro compiuto durante la trasformazione;



- U_1 è l'energia interna iniziale del gas;
- U_2 è l'energia interna finale del gas;
- $\Delta U = (U_2 - U_1)$ è la variazione di energia interna del gas, con U_1 energia interna iniziale del gas e U_2 la corrispondente energia finale.

Il primo principio della termodinamica afferma che è sempre possibile spendere calore e ottenere lavoro e viceversa. In tal senso è da intendersi come la formulazione del **principio di conservazione dell'energia**.

Esempio esplicativo

Si prova a calcolare quanto calore si deve fornire a un sistema per fargli compiere un lavoro di 10000 J, sapendo che durante tale trasformazione la sua energia interna aumenta di 1000 J. Come si è detto, il calore assorbito dal sistema serve ad aumentare la sua energia interna e a permettergli di compiere un lavoro. Applicando, quindi, la formula che descrive il primo principio della termodinamica e risolvendo rispetto a Q si ha:

$$Q = L + \Delta U = 10000 \text{ J} + 1000 \text{ J} = 11000 \text{ J}$$

Il secondo principio della termodinamica

Il secondo principio della termodinamica stabilisce alcune limitazioni alla trasformazione di calore in lavoro, sulla base del fatto che, mentre è sempre possibile trasformare completamente il lavoro in calore, il procedimento inverso, cioè la trasformazione completa di calore in lavoro, non lo è.

Per comprendere appieno questa affermazione, è sufficiente pensare a quando un treno frena: in questo caso, il lavoro meccanico è trasformato in calore, che viene poi ceduto per attrito ai ceppi frenanti. Non è possibile, invece, mettere in funzione il treno fornendo calore ai ceppi.

Come si può comprendere da questo semplice esempio, le **trasformazioni** di lavoro meccanico in calore sono **irreversibili**, cioè non possono dare origine alla situazione contraria (in altre parole, non hanno il "viceversa").

Il **secondo principio della termodinamica** regola dunque la conversione di calore in lavoro e può essere enunciato in due modi differenti: l'enunciato di Clausius (1822-1888) e l'enunciato di Kelvin. I due enunciati sono due diverse formulazioni di uno stesso principio.



Enunciato di Clausius. Afferma che è impossibile compiere una trasformazione il cui unico risultato sia il passaggio di calore da un corpo che si trova a una certa temperatura a un altro a temperatura più alta.

Enunciato di Kelvin. Afferma che è impossibile operare una trasformazione il cui unico risultato sia quello di trasformare in lavoro il calore tratto da una sorgente a temperatura uniforme.