

IL PRIMO E IL SECONDO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

In questa lezione esamineremo:

- il primo principio della termodinamica
- il secondo principio della termodinamica

Il primo principio della termodinamica

Il primo principio della termodinamica, come vedremo, non è altro che una forma più generale del principio di conservazione dell'energia.

Tale principio analizza ciò che accade a un corpo o, più in generale, a un sistema termodinamico quando quest'ultimo scambia calore o lavoro con l'ambiente esterno.

Che cos'è un sistema

Per **sistema** intendiamo un insieme di corpi ben definito, nel senso che esiste un criterio in base al quale è sempre possibile stabilire l'appartenenza o meno di un corpo a tale insieme.

Stato termodinamico

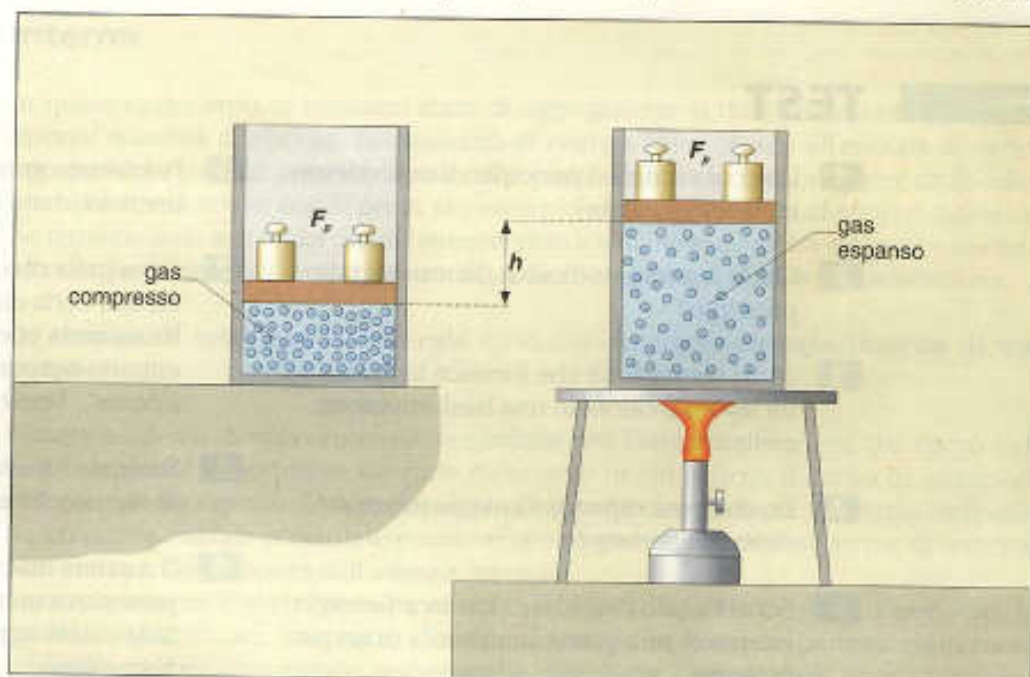
Lo stato termodinamico di un sistema è caratterizzato dai valori della massa, volume, pressione e temperatura del sistema.

Prendiamo in considerazione un cilindro che contenga del gas. Il cilindro è chiuso da un pistone, che può scorrere senza attrito lungo le sue pareti. Sul pistone sono posti dei pesi F_p per tenere compresso il gas (fig. 1).

Riscaldando la massa gassosa, cioè fornendo a essa una certa quantità di calore Q , la massa di gas si espande e spinge il pistone verso l'alto.

Compie, dunque, il lavoro L , espresso dalla relazione:

$$L = F_p \cdot h = p \cdot s \cdot h = p \cdot \Delta V \quad [36.1.]$$



1. Non tutta la quantità di calore fornita alla massa gassosa si trasforma in lavoro.

Durante tale processo, in definitiva, una certa quantità di calore Q si è trasformata in lavoro.

Se misurassimo, però, il lavoro e il calore in gioco, in generale troveremo che:

$$J \cdot Q > L \quad [36.2.]$$

il che significa che *non tutto il calore si è trasformato in lavoro*.

Ovviamente, per il principio di conservazione dell'energia, la parte di calore che non si è trasformata in lavoro non è andata persa. Essa è andata ad aumentare l'energia interna della massa gassosa.

Tale fenomeno si verifica sempre, per cui possiamo affermare il seguente principio generale:

*il calore fornito a un sistema termodinamico è uguale alla **somma del lavoro compiuto dal sistema sull'ambiente e della variazione della sua energia interna.***

Esprimendo Q in joule, possiamo scrivere:

$$Q = L + \Delta U$$

dove ΔU indica la variazione dell'energia interna.

Tale variazione è positiva nel caso di un aumento di energia interna, negativa in caso contrario.

Anche il calore e il lavoro possono essere convenzionalmente considerati in modo algebrico.

Ossia, consideriamo positivo il calore nel caso in cui esso sia fornito al sistema (negativo nel caso contrario); consideriamo invece positivo il lavoro nel caso in cui questo sia compiuto dal sistema (negativo nel caso contrario).

Stabilite tali convenzioni, possiamo formulare nel modo seguente il **primo principio della termodinamica**:

*la **variazione di energia interna** di un sistema è uguale alla **somma algebrica delle energie che esso scambia con l'ambiente esterno**, sia sotto forma di lavoro, sia sotto forma di calore.*

Misura del calore fornito

Primo principio della termodinamica

Il secondo principio della termodinamica

Il primo principio della termodinamica, come abbiamo detto, è essenzialmente un principio di conservazione dell'energia.

Questo fatto ha una conseguenza curiosa.

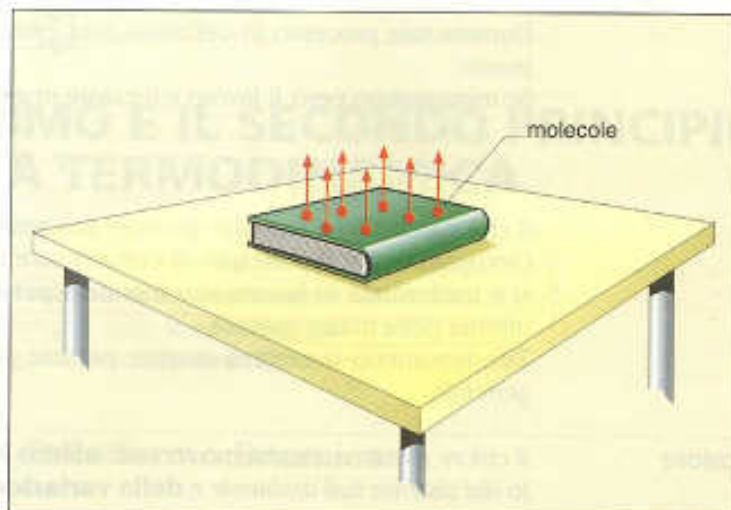
Il primo principio della termodinamica non escluderebbe l'eventualità che un corpo più freddo possa cedere spontaneamente calore a uno più caldo.

Infatti, tenendo conto solo del computo delle energie in gioco nelle trasformazioni e della loro costanza, esso non si preoccupa del verso in cui tali trasformazioni avvengono. I processi che accadono spontaneamente, invece, come l'esperienza quotidiana insegna, sono sempre caratterizzati dal fatto di avere un verso preferenziale.

Così, per esempio, l'acqua che bolle nella pentola evapora nell'ambiente esterno; ma il vapore acqueo ottenuto, una volta raffreddato, si condensa e non ritorna nella pentola, cioè non ripristina le condizioni iniziali.

Facciamo un altro esempio. Se il libro sul quale state leggendo in questo momento si sollevasse dal tavolo, questo fatto non sarebbe in contrasto con il principio di conservazione dell'energia.

2. Se tutte le molecole del libro si muovessero concordemente verso l'alto, il libro si solleverebbe dal tavolo.



Infatti basta pensare all'enorme valore dell'energia interna del libro e convenire che se tutte le molecole di tale corpo si mettessero, in un certo istante, a muoversi concordemente verso l'alto, esse potrebbero tranquillamente sollevare il libro (fig. 2).

Tale fenomeno, però, non accade o, quanto meno, nessuno ne è mai stato testimone: il libro, spontaneamente, può cadere, ma non sollevarsi verso l'alto.

La spiegazione di ciò sta nel fatto che l'evento che tutte le molecole del libro, in un certo istante, si muovano concordemente verso l'alto ha una probabilità di verificarsi praticamente nulla.

Si tratta più o meno della stessa probabilità di successo che abbiamo quando, allungando la mano in un pagliaio, cerchiamo di estrarne al primo colpo un ago che vi sia stato nascosto.

Il massimo disordine di un sistema

Per esprimere il fatto che un tale evento ha una probabilità di verificarsi praticamente nulla, si suole anche dire che un sistema, spontaneamente, evolve verso il massimo disordine.

Al contrario, se le molecole di un dato sistema si muovessero concordemente, questo fatto starebbe a indicare che:

Il massimo ordine di un sistema

il sistema di cui fanno parte avrebbe avuto un'evoluzione verso il massimo ordine.

Ma tale fatto, per il calcolo delle probabilità, sappiamo che non è possibile.

Ritorniamo a considerare la possibilità che un corpo più freddo ceda spontaneamente calore a un corpo più caldo.

→ Bisogna notare che se ciò avvenisse si verificherebbe un allontanamento sempre maggiore dallo stato di equilibrio termico.

Quindi, a un certo istante, si verificherebbe la seguente situazione: tutte le particelle dotate di maggiore energia di agitazione termica sarebbero concentrate in un corpo e tutte quelle dotate di minore energia di agitazione termica sarebbero concentrate nell'altro.

È come se noi avessimo 1000 palline, 500 bianche e 500 nere, e un contenitore come quello illustrato nella fig. 3.

L'imboccatura centrale è in comunicazione con due contenitori laterali, ciascuno dei quali può contenere al massimo 500 palline.

Se versassimo le 1000 palline nell'imboccatura centrale e alla fine dell'operazione trovassimo 500 palline nere in uno dei due contenitori laterali e 500 palline bianche nell'altro, si sarebbe verificata una distribuzione di massimo ordine.

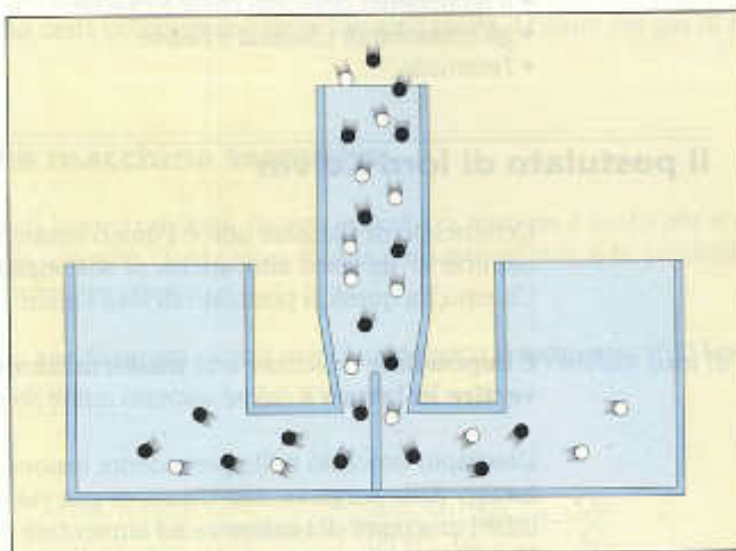
In realtà, ripetendo più volte l'operazione, ciò che si verifica è che le palline nere e quelle bianche si distribuiscono mescolate le une alle altre nei due contenitori; esse, cioè, si distribuiscono secondo il massimo disordine.

In definitiva:

il passaggio di calore da un corpo più freddo a uno più caldo può anche avvenire, ma non spontaneamente. Per verificarsi, ciò richiede un consumo di energia.

È quanto accade, per esempio, d'estate negli ambienti in cui funziona l'aria condizionata. Tali ambienti cedono calore all'ambiente esterno, pur trovandosi a una temperatura inferiore a esso. Questo fatto, però, si verifica a spese di un consumo di energia elettrica.

3. Le palline bianche e nere si equidistribuiscono nei due contenitori.



Questa conclusione è contenuta nell'enunciato (formulato da Rudolf Clausius nel 1880) del **secondo principio della termodinamica**:

è impossibile realizzare una trasformazione il cui unico risultato sia quello di trasferire calore da un corpo a una data temperatura a un altro a temperatura maggiore.

Il secondo principio della termodinamica

TEST

- 1 Da che cosa è caratterizzato lo stato termodinamico di un sistema?
- 2 Non tutto il lavoro fornito a un sistema termodinamico si trasforma in lavoro. La parte mancante a che cosa è servita?
- 3 Scrivi l'equazione che lega la variazione dell'energia interna con il calore e il lavoro.
- 4 Formula il primo principio della termodinamica.
- 5 "Il primo principio della termodinamica è essenzialmente un principio di conservazione dell'energia". Vero o falso?
- 6 "Il primo principio della termodinamica esclude ogni eventualità che un corpo più freddo possa cedere spontaneamente calore a uno più caldo". Vero o falso?
- 7 Un sistema, spontaneamente, evolve verso il massimo ordine o verso il massimo disordine?
- 8 Enuncia il secondo principio della termodinamica secondo l'enunciato di Clausius.