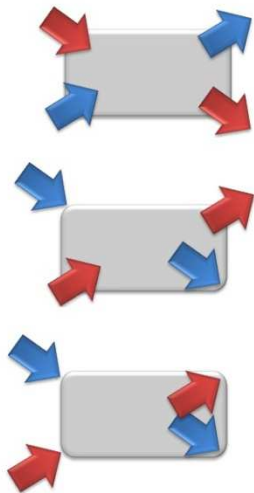


# TERMODINAMICA

La **termodinamica** si occupa dei fenomeni nei quali gli scambi di energia avvengono sotto forma di lavoro e di calore.

## SISTEMA E AMBIENTE

Un **sistema** è un insieme ben definito di elementi materiali, non necessariamente accomunati da qualche proprietà; tutto ciò che è estraneo al sistema, ma ha la possibilità di agire con esso, viene detto **ambiente**. A seconda dei possibili rapporti con l'ambiente, si hanno tre tipi di sistema:



**Sistema aperto** – Sono possibili scambi sia di materia che di energia con l'ambiente.

**Sistema chiuso** – Sono possibili scambi di energia con l'ambiente, ma non di materia.

**Sistema isolato** – Non sono possibili scambi né di materia né di energia con l'ambiente.

## EQUILIBRI

Un sistema si dice:

- in **equilibrio termico**, quando tutti i suoi punti hanno la stessa temperatura;
- in **equilibrio meccanico**, quando la pressione esterna è uguale alla pressione interna;
- in **equilibrio termodinamico**, quando il sistema è contemporaneamente in equilibrio termico e meccanico.

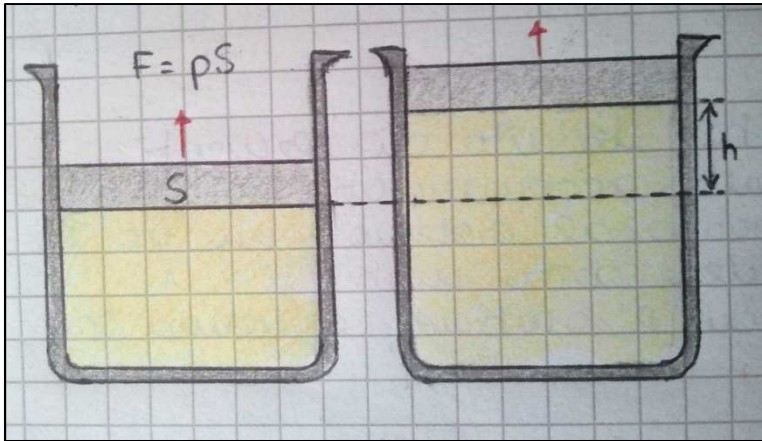
Lo **stato termodinamico di un sistema** è caratterizzato dalla *temperatura*, dal *volume* e dalla *pressione*. Se si cambia una di queste grandezze il sistema subisce una trasformazione. Le trasformazioni possono essere:

- **reversibili**, quando il sistema passa da uno stato fisico A ad uno stato fisico B e, mediante un processo inverso, dallo stato B può tornare allo stato A;
- **irreversibile**, quando il sistema passa da uno stato fisico A ad uno stato fisico b, ma non viceversa;
- **ciclica**, se lo stato finale del sistema coincide con quello iniziale.

## LAVORO IN UNA TRASFORMAZIONE

Consideriamo un aeriforme in un recipiente cilindrico, rigido, chiuso ermeticamente da un pistone. Indichiamo con  $p$  la pressione esercitata in condizioni di equilibrio dall'aeriforme sul pistone di area  $S$ . La forza  $F$  agente sul pistone è espressa dall'equazione:

$$F = p \cdot S$$



Essendo  $p$  costante (in quanto stiamo esaminando una trasformazione isobara) anche la forza sarà costante. Il lavoro sarà dato da:

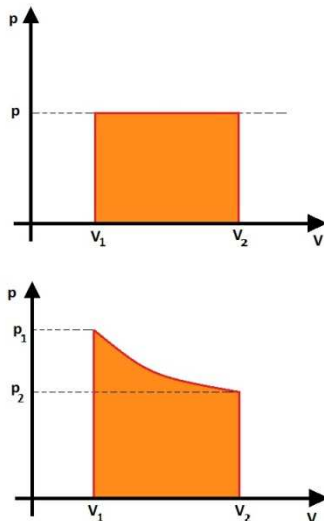
$$L = F \cdot s$$

Essendo  $F = p \cdot S$  e lo spostamento  $s$  uguale ad  $h$ , possiamo scrivere:  $L = p \cdot S \cdot h$ , dove  $S \cdot h$  rappresentano il volume del cilindro,

quindi:

$$L = p \cdot \Delta V \quad \rightarrow \quad L = p(V_2 - V_1)$$

dove  $V_1$  e  $V_2$  indicano, rispettivamente, il volume iniziale e quello finale.



Tale lavoro è rappresentato graficamente da un rettangolo. Essendo  $V_2 > V_1$ , il lavoro è di **espansione** e quindi è positivo. Se il pistone si muove verso il basso in modo che il gas venga compresso ( $V_2 < V_1$ ) il lavoro fatto nella trasformazione è di **compressione** ed è negativo. Nel caso in cui durante l'espansione o la compressione la pressione non si mantenga costante, il lavoro è rappresentato da un *trapezoide mistilineo*. Tale lavoro è positivo se la curva è percorsa da sinistra a destra, è negativo nel caso contrario.

#### FATTORI DI CONVERSIONE CALORIA $\rightleftharpoons$ JOULE

Il lavoro e il calore, essendo utilizzate entrambe per misurare le quantità di energia trasferite, hanno la stessa unità di misura, il **joule**. Il calore può essere misurato anche in **calorie**, per cui vale la seguente equazione:

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J} \quad \Rightarrow \quad 1 \text{ J} = 0,24 \text{ cal}$$

L'esperimento con cui si determinano i suddetti fattori di conversione caloria  $\rightleftharpoons$  joule è stato eseguito per la prima volta dal fisico inglese Joule nel 1845. Joule arrivò alla seguente conclusione: «**In una trasformazione ciclica, il rapporto tra il lavoro compiuto e il calore prodotto è costante**», cioè:

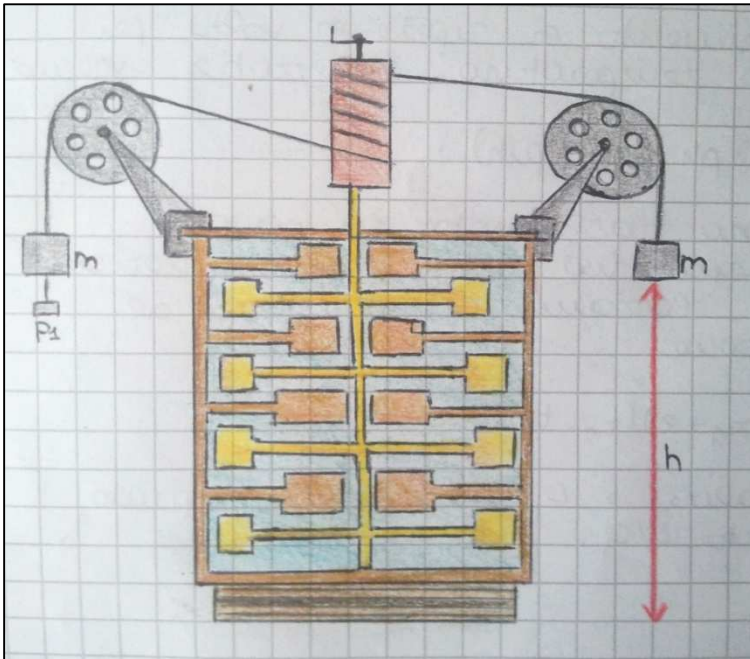
$$\frac{L}{Q} = J$$

La costante  $J$  è detta **equivalente meccanico del calore**. Per esso è stato calcolato il valore:

$$J = 4,186 \frac{\text{Joule}}{\text{cal}}$$

## ESPERIENZA DI JOULE

In un recipiente perfettamente isolato termicamente con l'ambiente esterno, è posta una certa massa d'acqua ( $m_a$ ) all'interno della quale possono ruotare, grazie ad un meccanismo, delle palette fissate ad un albero. La rotazione dell'albero è prodotta dalla caduta di due pesi.



All'interno del recipiente sono poste anche delle alette fisse per impedire all'acqua di ruotare solidamente con le palette e, di conseguenza, impedire che una parte di energia fornita all'acqua si trasformi in energia cinetica di quest'ultima.

Nell'esperimento si vuole infatti che tutta l'energia trasferita si trasformi per attrito in calore. Tale attrito è provocato dalla rotazione delle palette dentro l'acqua che, pertanto, si riscalda. Tale calore viene prodotto

a spesa dell'energia potenziale gravitazionale dei due pesi. Se i due pesi di massa  $m$  cadono da un'altezza  $h$ , la perdita di energia potenziale sarà data da:

$$\Delta E = 2ph$$

Tale perdita di energia si sarà trasformata, al termine della caduta, nel lavoro  $L$  fatto per far ruotare le pale che, per attrito, riscalda l'acqua e in energia cinetica della masse in caduta. Tale energia cinetica sarà data da:

$$E_c = 2 \left( \frac{1}{2} mv^2 \right) = mv^2$$

Dove  $v$  è la velocità di caduta resa costante dall'azione frenante delle pale. Avremo cioè:

$$L + E_c = 2ph \quad \rightarrow \quad L = 2ph - mv^2$$

Parte di questo lavoro però serve a combattere gli attriti. Per questo si aggiunge un ulteriore pesetto  $p_1$  che deve essere scelto in modo che i corpi scendano con la stessa velocità che avevano prima di aggiungere  $p_1$ . Il lavoro sarà quindi:

$$L = 2ph - mv^2 - p_1h$$

Essendo che tale esperimento si ripete  $n$  volte per avere un aumento della temperatura apprezzabile avremo:

$$nL = n(2ph - mv^2 - p_1h)$$

Che rappresenta il lavoro trasformatosi in calore. La temperatura dell'acqua ha subito una variazione passando da  $t_1$  a  $t_2$ . Possiamo risalire così al calore  $Q$  fornito all'acqua:

$$Q = (m_a + e)(t_2 - t_1)$$

Dal confronto tra tale valore e  $L$ , Joule giunse, appunto, a determinare il rapporto  $L/Q$ .

Notebook