

## La densità

La **densità** di un corpo è data dal rapporto tra la sua massa e il suo volume e si misura in genere in **chilogrammi per decimetro cubo (kg/dm<sup>3</sup>)** oppure in **g/cm<sup>3</sup>**:

$$\text{densità} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}; d = \frac{m}{V}$$

La densità ci permette di confrontare volumi uguali di sostanze diverse e di stabilire quanto è “concentrata” in uno stesso spazio la rispettiva materia in essi contenuta. Per esempio, se consideriamo due cubetti uguali, uno di ferro (densità = 7,9 kg/dm<sup>3</sup>) e uno di alluminio (densità = 2,70 kg/dm<sup>3</sup>), possiamo concludere che il ferro contiene quasi tre volte più materia dell’alluminio, a parità di volume.

La densità è una proprietà caratteristica di ciascuna sostanza pura (*tabella 2*): poiché dipende dal volume, che varia con la temperatura e la pressione, va sempre riferita a *condizioni standard di temperatura e pressione* (20 °C e 1 atm). Nel caso di materiali costituiti da miscugli di sostanze, che hanno composizione variabile da campione a campione, la densità è variabile entro un intervallo di valori: i dati forniti nella *tabella 2* rappresentano quindi valori medi indicativi.

### RISPONDI

- La densità varia con la temperatura.  V  F
- La densità varia con la pressione.  V  F

## L'energia

L'**energia** è una proprietà della materia che si manifesta sempre e ovunque in natura si verificano cambiamenti o trasformazioni. Gli esempi sono molteplici: un sasso che rotola lungo un pendio, un uomo che cammina, un fiammifero che brucia, un magnete che attira un chiodo di ferro, un blocco di ghiaccio che fonde, una corda di violino che vibra. L'energia ha la caratteristica di presentarsi sotto *diverse forme che possono trasformarsi le une nelle altre*; perciò, per misurare l'energia occorre un'unità di misura in grado di rappresentare tutte le sue forme. Ciò è possibile se si associa al concetto di energia quello di *lavoro di una forza*.

Una **forza compie lavoro** quando, applicata a un corpo, ne provoca uno spostamento nella direzione in cui la forza stessa agisce.

$$\text{lavoro} = \text{forza} \times \text{spostamento} \quad \text{o} \quad L = F \times s$$

Nel SI l'**unità di misura del lavoro** è il **joule (J)**, pari al lavoro compiuto dalla forza di 1 newton (N) per provocare lo spostamento di 1 metro: 1J = 1N · 1m.

L'energia viene usualmente definita come la capacità di un corpo o di un sistema di compiere lavoro: l'energia di un corpo o di un sistema è quindi misurata dal **lavoro che esso è in grado di compiere**. L'unità di misura dell'energia nel SI è la medesima del lavoro, cioè il **joule**.

**Tabella 2. Densità di alcune sostanze e miscugli (a 20 °C e a 1 atm)**

SOSTANZA PURA	DENSITÀ (kg/dm <sup>3</sup> )
Platino	21,40
Oro	19,30
Piombo	11,40
Ferro	7,90
Alluminio	2,70
Acqua (a 4 °C)	1,00
Ghiaccio	0,92
Alcol etilico	0,79
MISCUGLIO	
Marmo	2,70
Vetro	2,60
Legno di ebano	1,20
Gomma naturale	0,95
Olio di oliva	0,92
Benzina	0,78
Legno di noce	0,70
Sughero	0,29

## Energia potenziale ed energia cinetica

Secondo un modello matematico di tipo fisico-meccanico si possono definire due forme fondamentali di energia:

- l'**energia cinetica** ( $E_{cin}$ ), associata al movimento di un corpo, che è legata alla massa ( $m$ ) e alla velocità ( $v$ ) del corpo dalla relazione:

$$E_{cin} = \frac{1}{2} \cdot mv^2$$

- l'**energia potenziale** ( $E_p$ ), associata alla posizione occupata, rispetto a un livello di riferimento, da un corpo sul quale agiscono forze dovute alla presenza di altri corpi. Il caso più comune è quello dell'energia potenziale gravitazionale posseduta da un corpo soggetto all'attrazione terrestre: se un corpo di massa  $m$  si trova a un'altezza  $h$  dal suolo (livello di riferimento), la sua energia potenziale è data da:

$$E_p = m g h$$

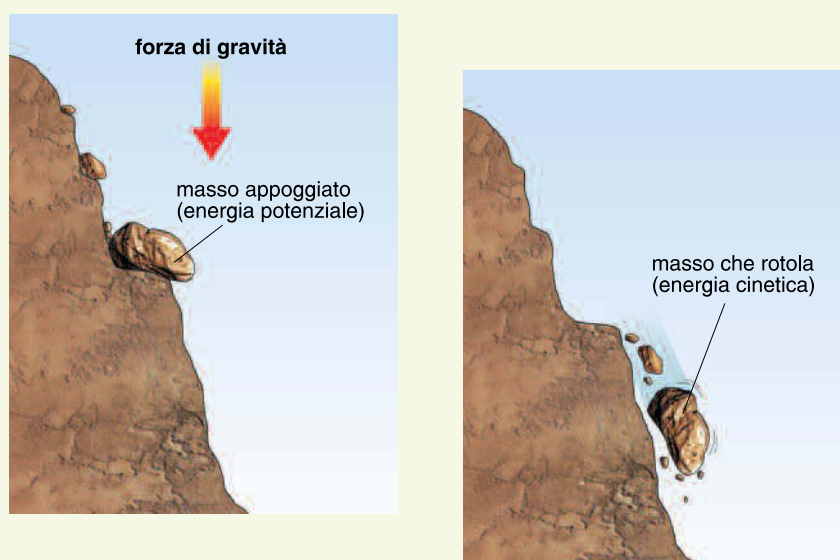
dove il prodotto  $m g$  rappresenta la forza peso,  $p$ .

La somma dell'energia cinetica e dell'energia potenziale ( $E_{cin} + E_p$ ) si chiama **energia meccanica** ( $E_{mec}$ ).

Nella *figura 3* osserviamo un masso appoggiato sulla parete di una montagna: possiede *energia potenziale* poiché potrebbe cadere giù per azione della *forza di gravità*. Se a un certo punto il masso, per cause accidentali, inizia veramente a precipitare a valle, la sua energia potenziale si trasforma in energia cinetica. Questa energia cinetica è in grado di svolgere un lavoro: per esempio se il masso nella sua caduta va a colpire un albero e lo abbatte.

Possiamo a questo punto fare un'analogia con la benzina nel serbatoio di un'automobile: la benzina possiede energia potenziale (come energia chimica) che si converte in energia cinetica quando brucia nei cilindri del motore e mette in moto i pistoni.

Come si può desumere dagli esempi fatti, il lavoro è un "tramite" che consente all'energia di passare da un corpo a un altro e da una forma all'altra: il *lavoro* stesso può essere pertanto considerato una *forma di energia*.



**Fig. 3.** La trasformazione dell'energia potenziale in energia cinetica di un masso che rotola da un pendio.

## Le principali forme di energia

L'energia meccanica è una forma di energia posseduta da un corpo "macroscopico", che può essere cioè descritto fisicamente per mezzo di grandezze "geometriche" (dimensione, posizione) e "dinamiche" (massa, forza, velocità) che non dipendono dalla natura del corpo stesso, cioè dalla sua intima costituzione.

Vi sono varie altre *forme di energia* che sono collegate a fattori "interni" dei corpi, cioè in ultima analisi alle particelle che li costituiscono; tra queste citiamo (*tabella 3*):

- l'**energia termica** che si trasferisce per esempio come **calore** da un corpo più caldo a un corpo più freddo e che deriva dal movimento delle particelle che costituiscono la materia o *moto di agitazione termica*;
- l'**energia elettrica**, associata al movimento di cariche elettriche;
- l'**energia chimica**, che si manifesta nel corso delle reazioni chimiche ed è associata alla rottura e alla formazione di legami chimici tra atomi e molecole;
- l'**energia radiante** o **elettromagnetica**, associata all'emissione di radiazioni da parte di particelle atomiche eccitate, come per esempio l'energia luminosa;
- l'**energia nucleare**, che si manifesta nel corso delle reazioni nucleari (di fusione e di fissione) ed è associata ai legami tra le particelle del nucleo atomico.

**Tabella 3. Alcune delle principali forme di energia**

<b>Energia meccanica</b>	È data dalla somma di energia cinetica (posseduta da un corpo in movimento) e di energia potenziale (posseduta da un corpo che si trova a una certa altezza dal suolo). L'energia associata al vento (energia eolica) e quella connessa all'acqua in movimento (energia idrica) sono due forme di energia meccanica.
<b>Energia termica</b>	È quella che può essere trasferita da un corpo più caldo a un corpo più freddo come calore; è anche l'energia liberata come calore quando si brucia una sostanza combustibile.
<b>Energia elettrica</b>	È associata a cariche elettriche in movimento, provocato, per esempio, da un generatore di corrente.
<b>Energia chimica</b>	È quella associata ai legami chimici delle sostanze e che si libera nelle reazioni chimiche.
<b>Energia radiante</b>	Detta anche energia elettromagnetica, è quella emessa dal Sole e che raggiunge la Terra sotto forma di radiazioni elettromagnetiche (è sfruttata dalle piante nella fotosintesi e dai pannelli solari).
<b>Energia nucleare</b>	È "racchiusa" nel nucleo degli atomi e si libera nel caso di reazioni di fusione termonucleare che avvengono nelle stelle (e quindi nel Sole) e di fissione nucleare sfruttate nelle centrali elettronucleari.

### RISPONDI

- L'energia meccanica è il prodotto dell'energia cinetica per l'energia potenziale.
- L'energia potenziale è associata alla velocità di un corpo.
- L'energia elettrica è associata ai legami tra le particelle del nucleo atomico.

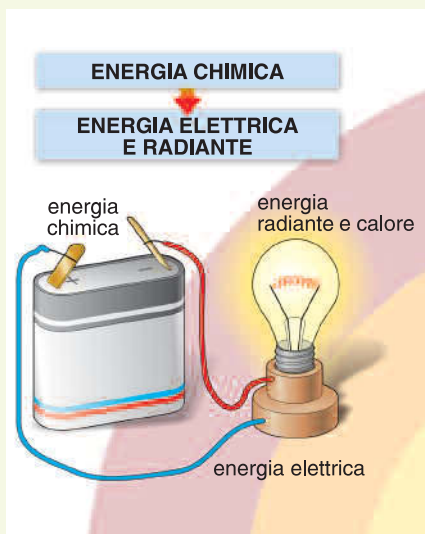
V  F

V  F

V  F

## Il principio di conservazione dell'energia

Tutte le varie forme di energia si possono convertire le une nelle altre spontaneamente o per mezzo di macchine o sistemi adatti. Per esempio, in una pila l'energia chimica contenuta in particolari sostanze si trasforma in energia elettrica che, passando attraverso il filamento di una lampadina, lo rende incandescente trasformandosi in energia radiante e in parte in calore (fig. 4).



**Fig. 4.** L'energia chimica contenuta nelle sostanze presenti nella pila si trasforma in energia elettrica in grado di accendere una lampadina, trasformandosi in energia radiante e calore.

In ogni caso, come venne dimostrato dallo scienziato inglese James Prescott Joule (1818-1889), la **somma totale dell'energia, prima e dopo qualunque trasformazione, è la stessa**; in altre parole, **l'energia totale rimane costante**: è questo il **principio di conservazione dell'energia** che può anche essere espresso nella forma "l'energia non si crea né si distrugge".

Tuttavia, a ogni passaggio da una forma di energia all'altra il lavoro che si può compiere diminuisce, perché una parte dell'energia si disperde irrimediabilmente come calore nell'ambiente a causa degli attriti e questo calore è in gran parte irrecuperabile per produrre lavoro.

Si può meglio comprendere questo fatto con una semplice prova per mezzo di una bicicletta: se, dopo avere acquistato una certa velocità, freniamo il mezzo fino ad arrestarlo e tocchiamo i freni, potremo sentire che sono caldi: l'energia cinetica del sistema "ciclista + bicicletta" è stata completamente trasformata in calore in seguito all'attrito tra le ruote e i freni; questo calore alla fine non va perduto, ma viene trasferito all'ambiente: tuttavia, è praticamente impossibile "riutilizzarlo" per fare ripartire la bicicletta, cioè per ottenere lavoro.

Fu proprio studiando il fenomeno dell'attrito, che lo stesso Joule contribuì a dimostrare che il **calore è una forma di energia**. Il calore, in quanto energia, è **in grado di produrre lavoro**: lo possiamo verificare riscaldando fino all'ebollizione l'acqua in una pentola chiusa con un coperchio e osservando la "forza" con cui il vapore che si forma tende a sollevare il coperchio.

Un aspetto interessante che accomuna il lavoro e il calore, che vale la pena di precisare, è il seguente: **l'energia può trasferirsi da un corpo all'altro e trasformarsi** in due modi, cioè attraverso lo **scambio di lavoro** e lo **scambio di calore**.

## Equivalenza tra massa ed energia

La teoria della relatività formulata nel 1905 dal fisico tedesco *Albert Einstein* (1879-1955) stabilisce una relazione fondamentale tra la massa e l'energia espressa dall'equazione:

$$E = m c^2$$

dove  $c$  è una costante che rappresenta la velocità della luce nel vuoto (pari a circa  $3 \cdot 10^8$  metri al secondo).

L'equazione di Einstein implica che la **massa e l'energia sono equivalenti**, nel senso che la materia può trasformarsi in energia e l'energia può trasformarsi in materia. Poiché il prodotto  $m c^2$  è un numero molto grande, anche una piccola diminuzione di massa, come si verifica nelle reazioni nucleari, determina la liberazione di una quantità enorme di energia.

### RISPONDI

- Il principio di conservazione dell'energia afferma che:
  - a. l'energia può trasferirsi da un corpo all'altro
  - b. il calore è una forma di energia
  - c. prima e dopo qualunque trasformazione, l'energia totale rimane costante
  - d. la massa e l'energia sono equivalenti