

The background features a series of overlapping, wavy lines in various shades of green and white, creating a sense of motion and depth. The lines are smooth and fluid, curving across the frame.

PRINCIPI DI FISICA



PRINCIPI DI FISICA

1 Le grandezze fisiche

La fisica ha come scopo quello di stabilire una relazione tra le grandezze (grandezze fisiche) che definiscono un fenomeno; il linguaggio utilizzato è quello matematico, poiché il risultato delle **osservazioni sperimentali** e le previsioni di **teorie** deve essere sempre riconducibile a numeri.

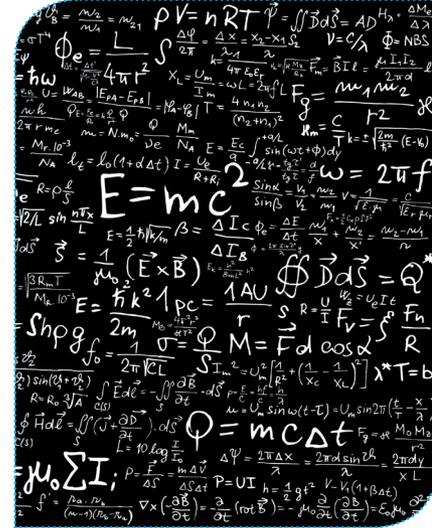
Una grandezza fisica è tutto ciò che può essere determinato quantitativamente, in altre parole, tutto ciò che può essere misurato. Per esempio, sono grandezze fisiche:

- il tempo;
- la lunghezza;
- la massa;
- la velocità;
- l'energia;
- il campo elettrico;
- il campo magnetico.

Per definire le grandezze, è necessario stabilire come si misurano e con quali dispositivi: ogni misura è effettuata per confronto fra due grandezze omogenee, una delle quali rappresenta la grandezza di riferimento campione ed è chiamata **unità di misura**.

L'unità di misura del tempo è il secondo (s), della lunghezza è il metro (m), della massa è il chilogrammo (kg), ecc.

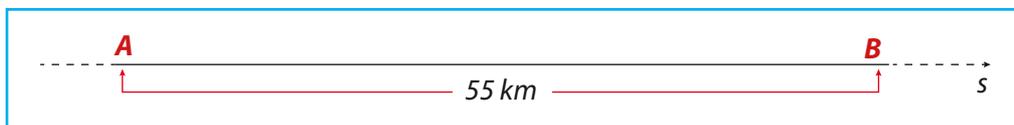
Alcune grandezze sono utilizzate come grandezze fondamentali, da cui se ne deducono altre chiamate grandezze derivate; così facendo si è stabilito un **sistema di misura** universalmente riconosciuto, denominato Sistema Internazionale di unità di misura (SI).



GRANDEZZE FISICHE		UNITÀ DI MISURA		STRUMENTO DI MISURA
Nome	Simbolo	Nome	Simbolo	
lunghezza	l	metro	m	metro
massa	m	chilogrammo	kg	bilancia
tempo	t	secondo	s	cronometro
corrente elettrica	i	ampere	A	amperometro
temperatura assoluta	T	kelvin	K	termometro
intensità luminosa	I	candela	cd	fotometro
quantità di sostanza	n	mole	mol	

Grandezze scalari e grandezze vettoriali

Le **grandezze scalari** sono definite mediante un semplice numero che ne dà la misura del valore rispetto una certa scala di riferimento. Sono grandezze scalari, per esempio, la distanza, il volume, la massa, la temperatura, il tempo e l'energia.

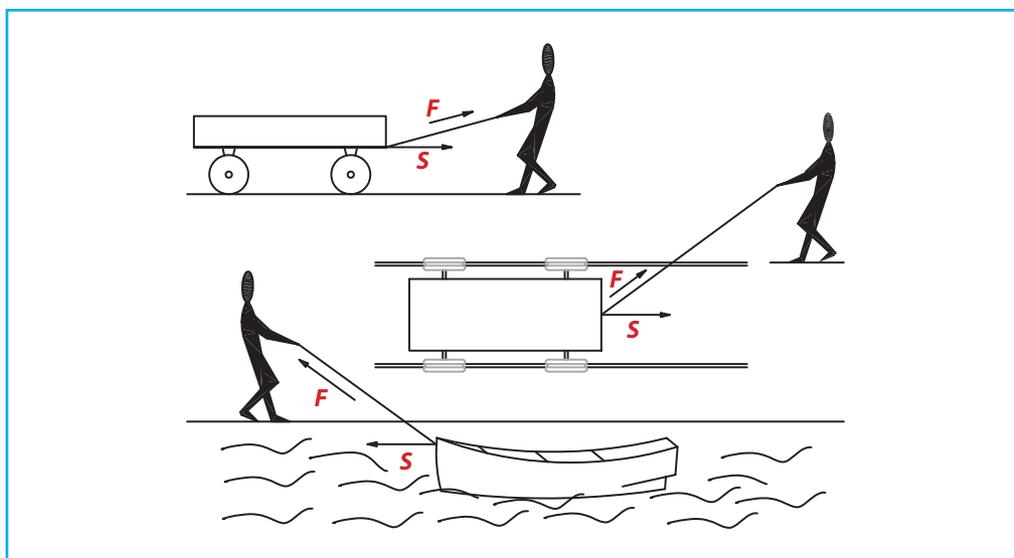


Esempio di grandezza scalare: la distanza tra il punto **A** e il punto **B**.

Per descrivere le **grandezze vettoriali**, invece, non sono sufficienti i numeri che ne indichino l'intensità, ma sono necessari anche simboli di **direzione** e di **verso**. Sono grandezze vettoriali, per esempio, lo spostamento di un corpo, la sua velocità, l'accelerazione e la forza.

Le grandezze vettoriali sono rappresentate da **vettori**, cioè segmenti orientati da una freccia che ne determina la direzione e il verso; la lunghezza del vettore è detta **modulo**.

Due vettori sono uguali solo se hanno moduli identici, direzione e verso uguali.



Esempi di grandezze vettoriali: la forza **F** utilizzata dall'uomo e lo spostamento **S**. La direzione delle due grandezze vettoriali in questo caso non coincide.

La cinematica **2**

La cinematica è il ramo della fisica che studia il **movimento** o **moto dei corpi**, senza tenere conto delle cause che lo provocano.

Per semplificarne lo studio, si considera il corpo come un **punto** e si parla di **moto di un corpo** quando la sua posizione, rispetto a un altro preso come riferimento, varia nel tempo.

Per comprendere la cinematica è importante conoscere alcune grandezze fisiche, quali traiettoria, posizione, istante e intervallo di tempo, distanza e spostamento, velocità e accelerazione media.

La **traiettoria** è la linea che unisce tutte le posizioni occupate dal punto al trascorrere del tempo.

La **posizione** è una grandezza fisica spaziale che nel SI è misurata in metri (m).

L'**istante** (t) è un preciso valore di tempo misurato con uno strumento detto cronometro, mentre l'**intervallo di tempo** (Δt) è la differenza (indicata, in fisica, dalla lettera greca delta Δ) tra due istanti, cioè $\Delta t = t_2 - t_1$. Istante e intervallo di tempo sono grandezze fisiche temporali e nel SI sono misurate in secondi (s).

La **distanza** è la lunghezza del tragitto compiuto da un corpo in movimento, mentre lo **spostamento** indica il cambiamento di posizione, cioè la differenza tra la posizione iniziale e quella finale; al termine di un giro di circuito, un'automobile da corsa avrà percorso una distanza x , ma il suo spostamento y è uguale a 0 perché la posizione iniziale e quella finale coincidono.

La **velocità** è una grandezza fisica derivata vettoriale e si misura in metri al secondo (m/s) o in chilometri all'ora (km/h); si definisce **velocità media** (v_m) di un corpo il rapporto tra la distanza percorsa (Δs) e l'intervallo di tempo (Δt) impiegato a percorrerla.

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

L'**accelerazione media** (a_m) è il rapporto tra la variazione di velocità e l'intervallo di tempo nel quale essa avviene; misura la rapidità con cui la velocità cambia nel tempo.

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

È una grandezza fisica derivata e si misura in m/s^2 o in km/h^2 .

Moto rettilineo uniforme

Un movimento che avviene con **velocità costante**, seguendo una **linea retta**, è definito moto rettilineo uniforme.

Se si considera un'automobile in movimento e si cronometra in quanto tempo percorre 100 m, ottenendo come risultato 5 s, si può calcolare la velocità con cui ha percorso il tratto in esame, come rapporto tra lo spazio (\vec{s}) e il tempo (t):

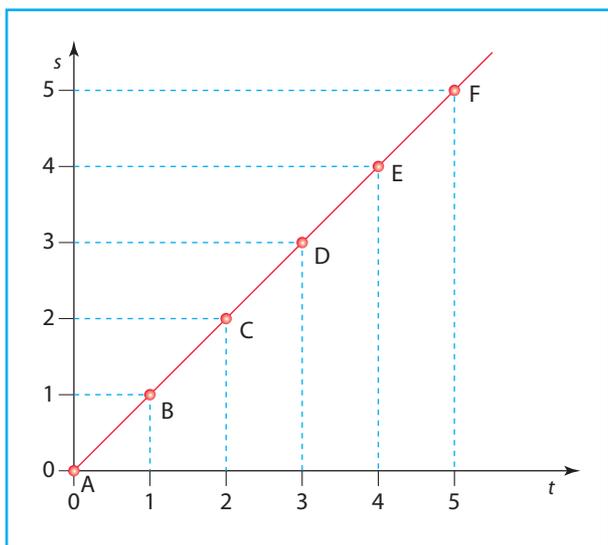
$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t} = \frac{100 \text{ m}}{5 \text{ s}} = 20 \text{ m/s}$$

Se dopo ripetute misurazioni l'auto mantiene costante la propria velocità, ossia la lancetta sul tachimetro segna sempre la stessa velocità, si può dire che il moto dell'auto è uniforme.

Rappresentata sugli assi cartesiani, la traiettoria di un moto rettilineo uniforme è una retta che descrive la velocità costante.

Considerando A come posizione iniziale e B, C, D, E e F come le successive posizioni occupate dal corpo dopo 1, 2, 3, 4 e 5 secondi, si nota come lo spazio percorso in ogni secondo sia costante: questa costante si chiama **velocità**.

Rappresentazione della traiettoria di un moto rettilineo uniforme.



Moto vario

In natura, generalmente, i moti che si manifestano sono vari, sono cioè moti in cui il rapporto tra spazio e tempo **non è costante**; il corpo soggetto a movimento percorre, quindi, spazi uguali in tempi diversi.

In un moto vario, la velocità non è costante, perché è sempre presente un'accelerazione o una decelerazione, che può variare da un istante all'altro.

Il moto è **accelerato** (aumento di velocità), se $a > 0$.

Il moto è, invece, **decelerato** o ritardato (diminuzione di velocità), se $a < 0$.

La variazione di velocità può derivare anche dal cambiamento di direzione del moto.

Rappresentazione della traiettoria di un moto rettilineo uniformemente accelerato. La variazione di velocità nell'unità di tempo, ovvero l'accelerazione, è sempre la stessa.

Moto uniformemente accelerato

Un moto con accelerazione costante si definisce uniformemente accelerato se l'accelerazione è positiva, uniformemente ritardato se l'accelerazione è negativa.

In generale, con \vec{v} la velocità, \vec{a} l'accelerazione e t il tempo impiegato, vale la relazione

$$\vec{v} = \vec{a} \cdot t$$

e, inversamente

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}}{t}$$

Per conoscere lo spazio percorso (\vec{s}) in funzione del tempo ($\vec{s} = v_m \cdot t$), poiché la velocità cambia in ogni istante, è necessario considerare la velocità media (v_m), ricavandola dalla seguente formula, una volta note la velocità iniziale (v_i) e la velocità finale (v_f):

$$v_m = v_i + \frac{v_f}{2}$$

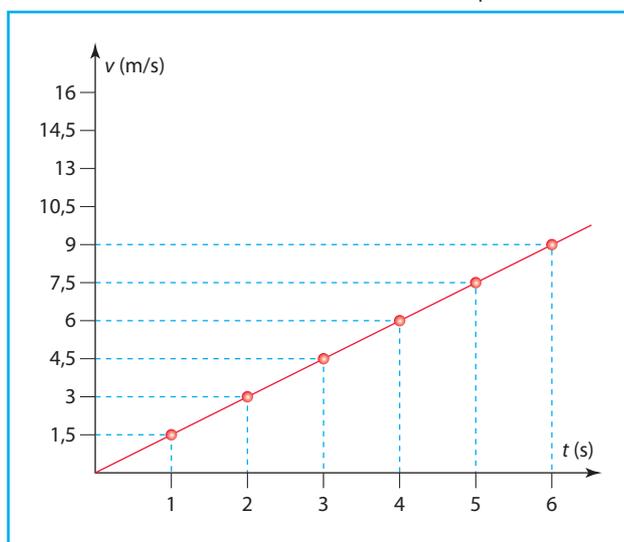
Se il corpo è inizialmente fermo, la sua velocità iniziale è uguale a 0, mentre la velocità finale (\vec{v}), dopo un tempo di movimento (t), è indicata dalla formula $\vec{v} = \vec{a} \cdot t$. Quindi lo spazio percorso, noti l'accelerazione (\vec{a}) e il tempo impiegato (t), si ricava applicando la formula che segue:

$$\vec{s} = \left[0 + \frac{(\vec{a} \cdot t)}{2} \right] \cdot t$$

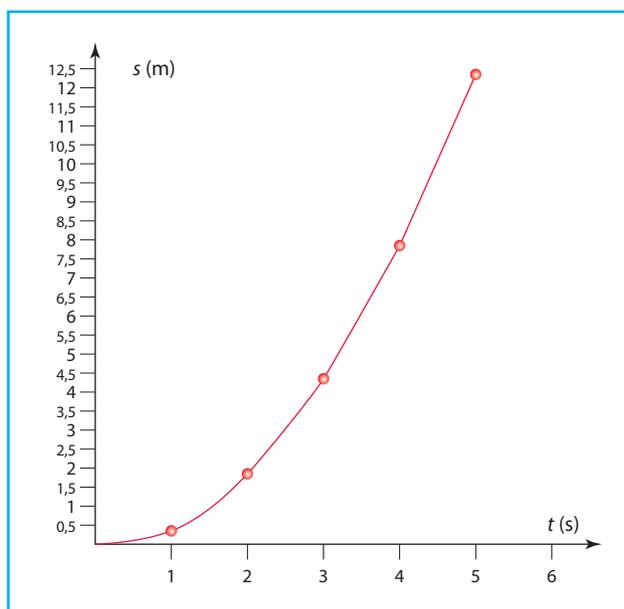
e, semplificando

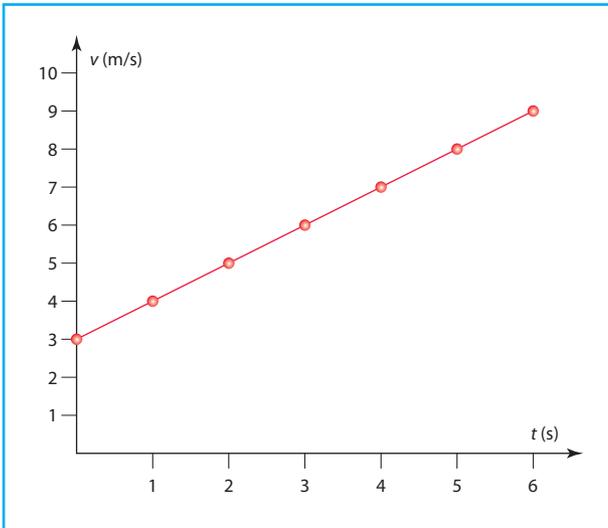
$$\vec{s} = \frac{1}{2} \cdot \vec{a} \cdot t^2$$

Pertanto, lo spazio è direttamente proporzionale al quadrato del tempo. Questo significa che in un tempo doppio lo spazio quadruplica e in un tempo triplo lo spazio aumenta di nove volte rispetto a quello iniziale, e così via.



Rappresentazione della variazione dello spazio al variare del tempo in un moto rettilineo uniformemente accelerato.





Rappresentazione della traiettoria di un moto rettilineo uniformemente accelerato con una velocità iniziale di 3 m/s.

Se, invece di essere inizialmente fermo, il corpo si muove con una velocità iniziale (v_0), dopo un certo tempo avrà una velocità ricavabile dalla seguente formula, nota la velocità istantanea (\vec{v}) posseduta dal corpo all'istante t e variabile in funzione del tempo:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} \cdot t$$

Dal punto di vista grafico, supponendo che la velocità iniziale sia uguale a 3 m/s e l'accelerazione a 1 m/s², si ottiene quanto illustrato nel grafico.

Accelerazione di gravità

L'accelerazione di gravità (g) esprime l'**accelerazione di un corpo in caduta libera** in prossimità della superficie terrestre ed è pari a 9,8 m/s².

Ciò significa che in caduta libera la velocità dei gravi aumenta di 9,8 m/s, mentre la loro accelerazione è **costante e indipendente dalla massa** del loro corpo.

Tale moto è definito **moto naturalmente accelerato**.

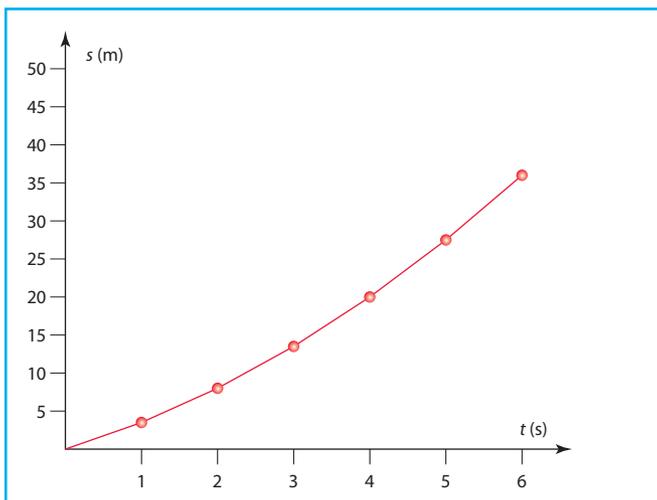
Quando la Terra è uno dei corpi in attrazione reciproca e l'altro è un corpo molto piccolo, a breve distanza da questa, la forza di gravitazione è detta **peso del corpo** (in newton, N) e l'attrazione che si genera è detta **gravità terrestre**: la velocità del corpo al momento iniziale è uguale a 0, pertanto la formula del moto naturalmente accelerato si riduce alla formula:

$$\vec{s} = \frac{1}{2} \cdot \vec{a} \cdot t^2$$

dove \vec{s} è lo spostamento, \vec{a} è l'accelerazione e t il tempo.

Usando la precedente formula e ricordando il valore dell'accelerazione di gravità (9,8 m/s), si ricavano la tabella e il grafico seguenti, in cui si nota che la velocità di un corpo in caduta libera aumenta istante per istante.

Rappresentazione della variazione dello spazio al variare del tempo in un moto rettilineo naturalmente accelerato.



Tempo (s)	Spazio (m)
0	0
1	4,9
2	19,6
3	44,1
4	78,4
5	122,5

Moto circolare uniforme

Il moto non avviene necessariamente in linea retta, ma può essere anche di tipo **curvilineo**.

Fra i moti curvilinei, il principale è il **moto circolare uniforme**, che vanta numerose applicazioni: ne sono esempi la valvola della ruota di una bicicletta rispetto al ciclista o l'estremità dell'elica di un elicottero rispetto al pilota.

Tale moto è definito come moto di un punto materiale (P) che descrive una **circonfenza** con una **velocità costante**. Per comprenderne appieno il funzionamento, è importante conoscere le grandezze che lo caratterizzano: il periodo e la frequenza.

Il **periodo** (T) è l'intervallo di tempo impiegato da un punto mobile per compiere un giro completo; si misura in secondi (s). Se, per esempio, si percorre in auto una rotonda in 30 secondi, allora T è uguale a 30 secondi.

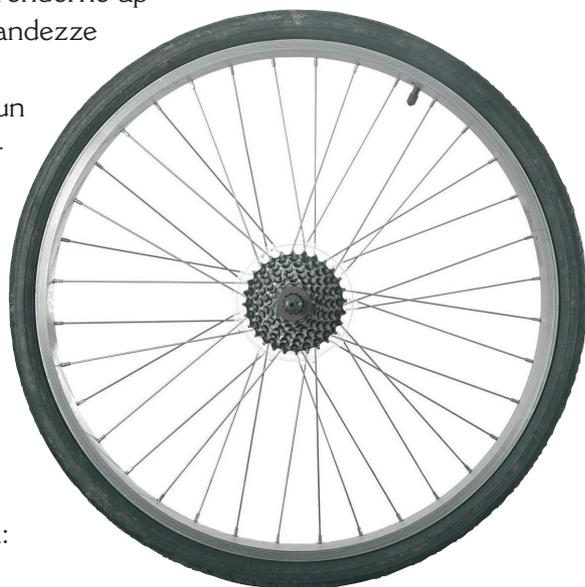
La **frequenza** (f) indica il numero di giri compiuti in un secondo e si misura in giri/s, unità di misura chiamata anche hertz (Hz).

La relazione tra frequenza e periodo è la seguente:

$$f = \frac{1}{T}$$

Il periodo equivale, quindi, all'inverso della frequenza:

$$T = \frac{1}{f}$$



La dinamica 3

La dinamica studia le **cause** che determinano i moti, ovvero le relazioni esistenti tra le forze e i movimenti. È fondamentale, dunque, il concetto di **forza**, intesa come una qualsiasi causa esterna che interviene modificando la condizione di un corpo in stato di quiete o di moto rispetto al sistema di riferimento prescelto.

Esempi tipici di forze sono la forza peso, la forza elastica, la forza magnetica, ecc. Due forze si dicono uguali se, applicate a un corpo, producono uguali risultati; si prendano ad esempio due persone che applicano due forze a molle identiche: se si allungano in egual modo, significa che le forze applicate sono uguali.

L'applicazione di uno sforzo muscolare inteso come forza, implica una **direzione** e un **verso**, oltre a una certa **intensità**: le forze sono perciò grandezze vettoriali.

Se a un corpo, inizialmente in stato di quiete, si applica una forza (\vec{F}), esso si mette in movimento nella direzione e nel verso della forza stessa, con **forza risultante** (\vec{R}) uguale alla forza applicata (\vec{F}); se, invece, vengono applicate due diverse forze, la forza risultante equivale alla loro **somma vettoriale**.

Se, infine, le due forze applicate sono uguali e contrarie, la forza risultante è nulla. L'unità di misura della forza è il **newton** (N), che corrisponde alla forza che, applicata a una massa di 1 kg, ne determina un'accelerazione di 1 m/s².

I principi della dinamica

I tre principi fondamentali della dinamica, espressi attraverso le **leggi di Newton**, forniscono, per quasi tutte le situazioni ordinarie, una descrizione corretta dei sistemi fisici in gioco.

Primo principio della dinamica

Il primo principio della dinamica, noto anche come **principio di inerzia**, stabilisce che un corpo rimane nel suo stato di quiete (o di moto rettilineo uniforme) fino a quando non viene sollecitato da forze esterne; se su un corpo non agisce alcuna forza, la sua velocità rimane costante e di conseguenza la sua accelerazione è nulla.

Il primo principio della dinamica si può quindi esprimere come segue:

se la forza $\vec{F} = 0$, allora la velocità $\vec{v} = \text{costante}$ e l'accelerazione $\vec{a} = \text{costante}$

Dal primo principio della dinamica si deduce una nuova grandezza fisica, l'**inerzia**, ovvero la tendenza di un corpo fermo a rimanere fermo o la tendenza di un corpo che si muove di moto rettilineo uniforme a continuare a muoversi in tal modo.

Se si prende, per esempio, un pallone da calcio fermo, affinché si muova dalla sua posizione inerziale è necessaria l'applicazione di una forza, mentre, se si prende un pallone in movimento, affinché il suo moto inerziale cessi, occorre opporgli una forza. La "resistenza" che un corpo oppone alla variazione del suo stato si definisce **massa inerziale**.

Secondo principio della dinamica

Il secondo principio della dinamica, detto anche **principio del moto o più comunemente legge fondamentale della dinamica**, stabilisce come le forze intervengono sul moto di un corpo.

In particolare, enuncia che ogni forza applicata a un corpo libero di muoversi determina in questo un'accelerazione, nella direzione e nel verso della forza, proporzionale all'intensità della forza stessa. Da ciò si deduce che, se la forza (\vec{F}) è costante, anche l'accelerazione (\vec{a}) è costante.

Sperimentalmente si può osservare che per qualsiasi forza applicata, il rapporto tra la forza stessa e l'accelerazione è costante. Si può, dunque, comprendere come tale rapporto, trattandosi di una forza proporzionale all'accelerazione che produce, dipenda solo dalla massa inerziale del corpo (m).

L'accelerazione (\vec{a}) acquistata da un corpo è infatti proporzionale alla sua massa (m):

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

La relazione di proporzionalità esistente tra la forza applicata (\vec{F}) e l'accelerazione acquisita dal corpo (\vec{a}) si può definire, quindi, con la seguente formula:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

In modo analogo, si può definire la massa inerziale (m) come il rapporto tra la forza (\vec{F}) e l'accelerazione (\vec{a}):

$$m = \frac{\vec{F}}{\vec{a}}$$

Terzo principio della dinamica

Il terzo principio della dinamica, noto anche come **principio di azione e reazione**, stabilisce che a ogni azione corrisponde sempre un'azione uguale e contraria.

In pratica, quando un oggetto A esercita una forza (\vec{F}_1) su un altro oggetto B, anche B esercita una forza (\vec{F}_2) su A; le due forze hanno la stessa direzione, ma verso opposto.

La formula che esprime il terzo principio della dinamica è, perciò, la seguente:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

Il segno meno indica che la forza \vec{F}_2 ha verso contrario alla forza \vec{F}_1 .

Forze fondamentali e apparenti 4

Le forze possono essere classificate secondo diversi criteri, in relazione agli aspetti che si vogliono considerare: rispetto alla loro origine, al campo di applicazione, alle modalità di interazione, ecc.

Considerando la loro origine, le forze esistenti in natura si possono classificare in base a quattro sorgenti diverse:

- 1) **forza gravitazionale**, la cui sorgente è la massa;
- 2) **forza elettromagnetica**, la cui sorgente è tutto ciò che contiene carica elettrica;
- 3) **forza nucleare debole**, di cui è sorgente ogni particella;
- 4) **forza nucleare forte**, di cui è sorgente ogni particella costituente il nucleo.

Queste quattro forze vengono definite **fondamentali**, e possono essere descritte da leggi precise.

Da esse si distinguono le forze **apparenti**, non inquadrabili in una sola delle quattro classi d'interazione presentate. Gli effetti di tali forze apparenti dipendono, infatti, in maniera non trascurabile dalle interazioni gravitazionali e da quelle elettromagnetiche; una complessità di interazioni tra oggetto e ambiente, che permette di esprimere tali forze solo attraverso leggi approssimate, la cui forma matematica deve essere determinata caso per caso.

Lavoro, energia e potenza 5

Lavoro, energia e potenza di una forza sono in generale concetti strettamente legati tra loro.

L'energia è, infatti, definibile come la capacità di compiere un lavoro con una certa potenza.

Il lavoro

Se si sposta un oggetto per una certa distanza, si applica una forza e si compie un lavoro.



La formula $L = F \cdot s$ è valida solo se la forza e lo spostamento hanno la stessa direzione e lo stesso verso.

Il lavoro è, perciò, il prodotto di una forza, applicata da un agente esterno, per lo spostamento da essa provocato. Se la direzione dello spostamento coincide con la direzione della forza applicata, il lavoro (L) effettuato dalla forza \vec{F} per muovere la massa (m) per una certa distanza (s) è espresso dalla formula:

$$L = \vec{F} \cdot s$$

Sebbene normalmente si affermi che un facchino o un calciatore compiano un lavoro, in realtà il lavoro è compiuto attraverso l'applicazione di una forza: il calciatore, per esempio, compie un lavoro nel calciare il pallone perché applica a questo una forza muscolare che ne determina lo spostamento.

Più intensa è la forza e più grande è lo spostamento nella direzione della forza, maggiore è il lavoro compiuto.

Se la forza favorisce lo spostamento, il lavoro è positivo, o motore.

Se, invece, la forza contrasta lo spostamento, il lavoro è negativo, o resistente.

L'unità di misura del lavoro è il **joule** (J), cioè $1 \text{ N} \cdot \text{m}$, ossia un **newton metro**.

L'energia

L'energia è, come già anticipato, la capacità di un corpo di compiere un lavoro.

L'energia è una **grandezza fisica conservativa**, in quanto non è possibile crearla né distruggerla, ma soltanto trasformarla da una forma a un'altra.

Ciò potrebbe suonare strano, in quanto spesso si sente parlare di "consumo di energia"; in realtà è tale espressione ad essere scorretta, in quanto descrive in modo eccessivamente semplificato quello che è, più correttamente, il trasferimento di energia da una forma all'altra, una trasformazione, cioè, che non comporta alcun effettivo "consumo".

Tra le differenti tipologie di energia, si andranno qui ad analizzare l'energia potenziale e l'energia cinetica, la cui somma dà origine all'**energia meccanica**; tale energia, considerando le forze di attrito trascurabili, si mantiene costante durante il moto di un corpo.

Energia potenziale

L'energia potenziale rappresenta il lavoro che un corpo può compiere.

Un masso che si trova a una certa altezza, per esempio, possiede un'energia potenziale che può trasformarsi in lavoro nel caso in cui esso cada a terra. Maggiore è l'altezza a cui il masso si trova, più alta è l'energia potenziale che possiede; si può, quindi, affermare che l'energia potenziale è **direttamente proporzionale all'altezza**.

Se il masso, anziché pesare 1.000 kg, pesasse 2.000 kg, pur trovandosi alla stessa altezza, avrebbe un'energia potenziale doppia; si può, quindi, affermare che l'energia potenziale è **direttamente proporzionale al peso del corpo**.

L'energia potenziale (E_p) di un corpo è, quindi, direttamente proporzionale sia al suo peso (p), sia all'altezza (h) a cui si trova, secondo la formula:

$$E_p = p \cdot h$$

Energia cinetica

L'energia cinetica è l'energia posseduta da un **corpo in movimento** (un proiettile, un'automobile, un treno); un corpo fermo, invece, non possiede alcuna energia cinetica.

Tra due proiettili, aventi entrambi la stessa velocità, ma massa diversa, il proiettile con massa maggiore avrà un'energia cinetica maggiore; ipotizzando che il primo proiettile abbia massa pari a m e il secondo massa pari a $2m$, il secondo avrà anche energia cinetica doppia. Si può, quindi, dedurre che l'energia cinetica è **direttamente proporzionale alla massa** del corpo in moto.

Se si considerano, invece, tre proiettili con velocità rispettivamente v , $2v$ e $3v$ e massa uguale, si noterà che il più veloce ha energia cinetica maggiore; più precisamente, rispetto al primo proiettile, il secondo possiede un'energia cinetica 4 volte maggiore e il terzo 9 volte maggiore. Ciò significa che l'energia cinetica di un corpo è **direttamente proporzionale al quadrato della sua velocità**.

Si può, così, concludere che l'energia cinetica (E_c) è direttamente proporzionale al quadrato della sua velocità (\vec{v}) e al semiprodotto (conseguenza della legge del moto accelerato) della sua massa (m), come illustrato in formula:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Si consideri un corpo fermo, privo, quindi, di energia cinetica, a cui viene impressa una forza per metterlo in movimento (e compiere così uno spostamento), facendogli acquistare un'accelerazione: per farlo, è necessario compiere un lavoro.

Sapendo che:

il **lavoro** è uguale al prodotto della forza per lo spostamento

$$L = \vec{F} \cdot s$$

la **forza** è il prodotto della massa per l'accelerazione

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

lo **spostamento**, dal momento che il corpo si muoverà di moto accelerato partendo da fermo, è uguale a

$$s = \frac{1}{2} \cdot \vec{a} \cdot t^2$$

applicando delle semplici sostituzioni, si ottiene:

$$L = \vec{F} \cdot s = (m \cdot \vec{a}) \cdot \left(s = \frac{1}{2} \vec{a} \cdot t^2 \right) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot a^2 \cdot t^2$$

Ricordando, infine, che $v = \vec{a} \cdot t$, si può calcolare il lavoro svolto, con la seguente formula:

$$L = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Il lavoro speso, quindi, viene acquistato totalmente dal corpo sotto forma di energia cinetica.

La potenza

La potenza (P) è definibile come il lavoro (L) fornito nell'unità di tempo (t) ed è espressa dalla formula:

$$P = \frac{L}{t}$$

In pratica, la potenza è data dal rapporto tra il lavoro compiuto e il tempo impiegato per compierlo.

L'unità di misura della potenza è il **watt** (W), che corrisponde a un joule al secondo.

6 La legge di gravitazione universale

Secondo la **legge di gravitazione universale**, elaborata da Isaac Newton (1643-1727), due particelle esercitano l'una sull'altra una forza gravitazionale che è inversamente proporzionale al quadrato della distanza fra i loro centri e direttamente proporzionale al prodotto delle loro due masse.

È possibile rappresentare tale legge con la seguente formula:

$$\vec{F} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

dove:

\vec{F} = forza di attrazione gravitazionale;

G = costante di gravitazione universale, pari a $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ (identica per tutte le masse);

m_1 e m_2 = massa dei due corpi che si attraggono;

r = distanza che separa i due corpi.

Ogni corpo presente nel campo gravitazionale terrestre, possiede un'energia potenziale, che esprime il lavoro compiuto contro la forza gravitazionale.

7 L'elettricità

La proprietà dei corpi di attirare piccoli oggetti leggeri, come pezzi di carta o piume, è detta **elettricità**. È possibile verificarla, strofinando con un panno di lana una bacchetta di vetro o di ebanite: se si prendono due bacchette di vetro, una volta strofinate con il panno di lana, si respingono; lo stesso accade con due bacchette di ebanite. Se, invece, si prendono una bacchetta di vetro e una di ebanite, dopo averle strofinate con il panno di lana, si attraggono. Anche tutti gli altri corpi, se strofinati, si elettrizzano, attirandosi o respingendosi tra loro, proprio come le bacchette di vetro ed ebanite.

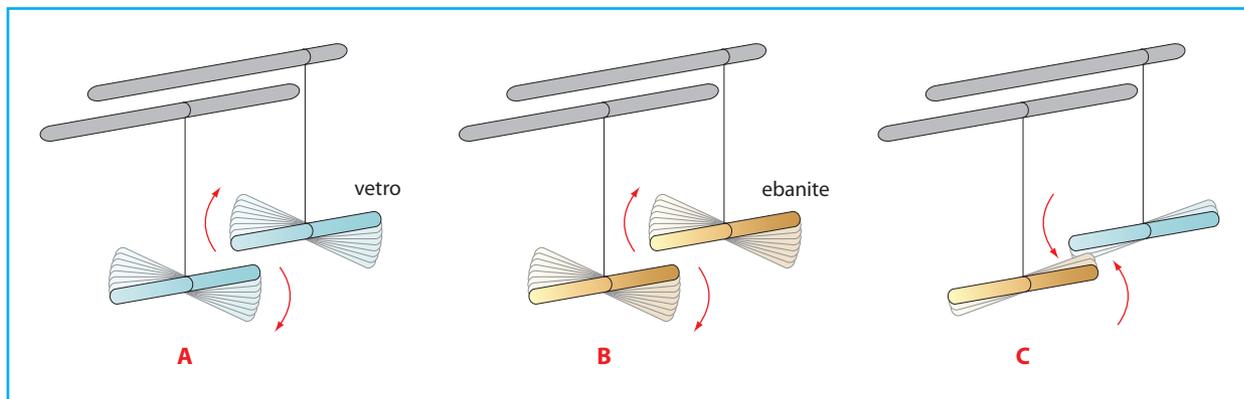
Carica elettrica

Elettrizzare significa acquistare una **carica elettrica**.

Per convenzione la carica elettrica positiva è quella acquistata dal vetro e dai corpi con comportamento simile, mentre la carica elettrica negativa è quella acquistata dall'ebanite.

Cariche elettriche uguali si respingono, mentre cariche elettriche di segno opposto si attraggono: da qui la constatazione dell'esistenza di due tipi di elettricità, una **positiva** e l'altra **negativa**.

Se la carica positiva di un corpo è uguale alla carica negativa, allora il corpo è in stato **neutro** e non produce alcun fenomeno elettrico.

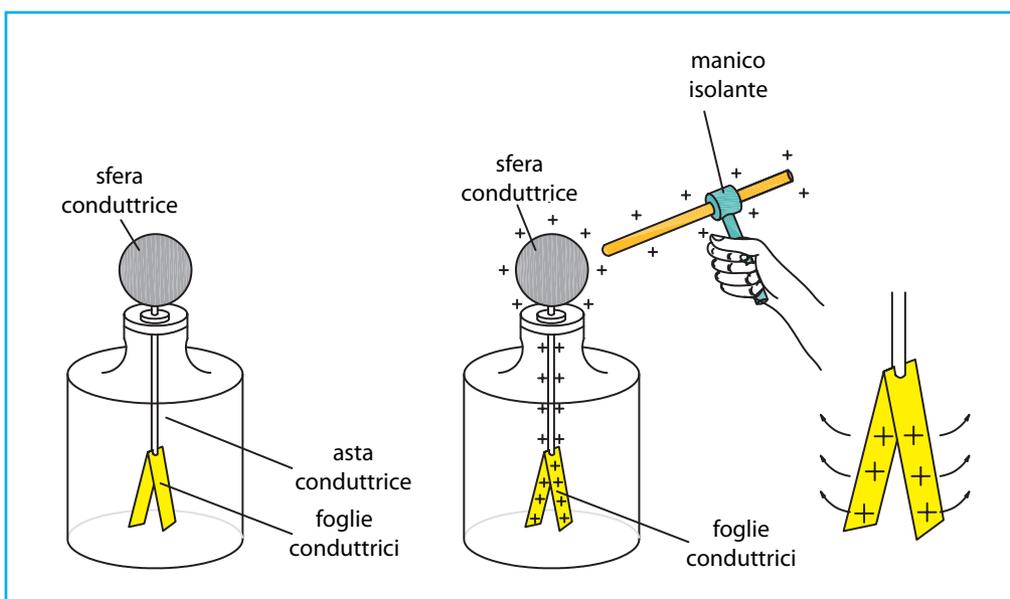


Elettrizzando un corpo, si altera la sua neutralità elettrica e strofinando due corpi tra loro si ha il passaggio di elettroni da un corpo, quello dove gli elettroni sono legati meno stabilmente, all'altro; nel caso del vetro strofinato con la lana, gli elettroni passano dal vetro alla lana.

Per rilevare la carica elettrica di un corpo si può usare un dispositivo chiamato **elettroscopio**. Esso è costituito da un contenitore di vetro che racchiude una bacchetta metallica; a un'estremità termina con una sferetta e all'altra termina con due sottili lamine metalliche dette foglie, in genere d'oro.

Portando a contatto della sferetta un corpo elettrizzato, la carica elettrica si trasferisce alle lamine metalliche che, a causa della forza repulsiva tra le cariche, si allontanano l'una dall'altra. La divergenza delle lamine aumenta se il corpo elettrizzato avvicinato alla sferetta è carico positivamente, diminuisce se la carica è negativa.

I corpi carichi dello stesso segno si respingono e i carichi di segno opposto si attraggono.



Effetto di cariche positive sulle foglie dell'elettroscopio.

La carica elettrica è la proprietà fondamentale della materia ed è la causa dell'esistenza delle forze elettriche; la sua unità di misura è il **coulomb** (C).

Tutte le cariche elettriche sono multipli interi di una **carica elementare**, la più piccola misurabile, corrispondente alla carica negativa di un elettrone o alla carica positiva di un protone: il suo valore è pari a $1,6021 \cdot 10^{-19}$ C.

Conduttori e isolanti

Alcuni corpi contengono delle cariche che si possono muovere liberamente al loro interno: tali corpi si chiamano **conduttori**. I migliori conduttori sono i metalli, in particolare l'alluminio, l'argento, il rame, ma anche il suolo e alcune soluzioni. Sulle orbite più esterne, gli atomi dei conduttori hanno degli elettroni liberi che si muovono in modo disordinato (a causa dell'agitazione termica), ma entrando in contatto con qualcosa che li spinga a muoversi in modo ordinato, tutti nello stesso verso, permettono il passaggio della corrente elettrica.

Gli **isolanti**, invece, sono corpi in cui lo stato elettrico generato in un punto si conserva a lungo; se viene strofinato, si elettrizza, ma la corrente non può passare. I corpi isolanti sono detti anche dielettrici o coibenti; i più noti sono: il vetro, la plastica, la porcellana, la gomma, il polistirolo, la seta e il cotone.

La capacità di un corpo di trasmettere lo stato elettrico si definisce con una grandezza caratteristica detta **conducibilità**. Un conduttore perfetto dovrebbe avere conducibilità infinita (∞), mentre un isolante conducibilità pari a zero.

Legge di Coulomb

La legge che esprime la forza elettrica tra due cariche, in funzione della loro distanza e grandezza è stata identificata, nel 1785, dal fisico francese Charles de Coulomb (1736-1806).

Secondo la legge di Coulomb, indicando con q_1 e q_2 le cariche puntiformi poste a una certa distanza (d), la forza (F) con cui queste interagiscono è data dalla formula:

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

dove k è la costante di proporzionalità che non varia né con le cariche né con la distanza.

Campo elettrico

Il campo elettrico è la regione dello spazio, che si genera attorno a una carica elettrica, nel quale, in presenza di un altro corpo carico, è possibile individuare **forze di tipo elettrico** (attrattive o repulsive).

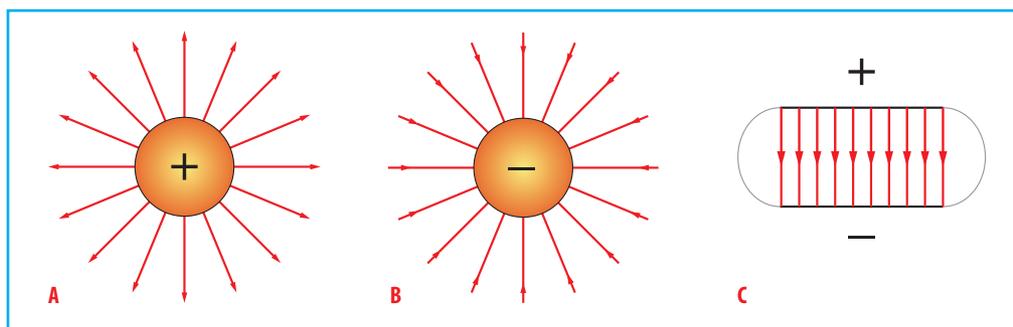
La carica che genera il campo elettrico è definita **carica sorgente**, mentre quella (generalmente molto più piccola) che risente del campo, è detta **carica di prova** ed è considerata, per convenzione, di **carica positiva**.

Il valore del **campo elettrico** (E) è dato dal rapporto fra l'intensità della forza elettrica (\vec{F}) che agisce sulla carica di prova e il valore della carica stessa (q):

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Trattandosi del rapporto tra una grandezza vettoriale (la forza) e una grandezza scalare (la carica), anche l'intensità del campo elettrico è una grandezza scalare. Nel SI, il campo elettrico si misura in **N/C** (newton/coulomb).

Rappresentazione del campo elettrico

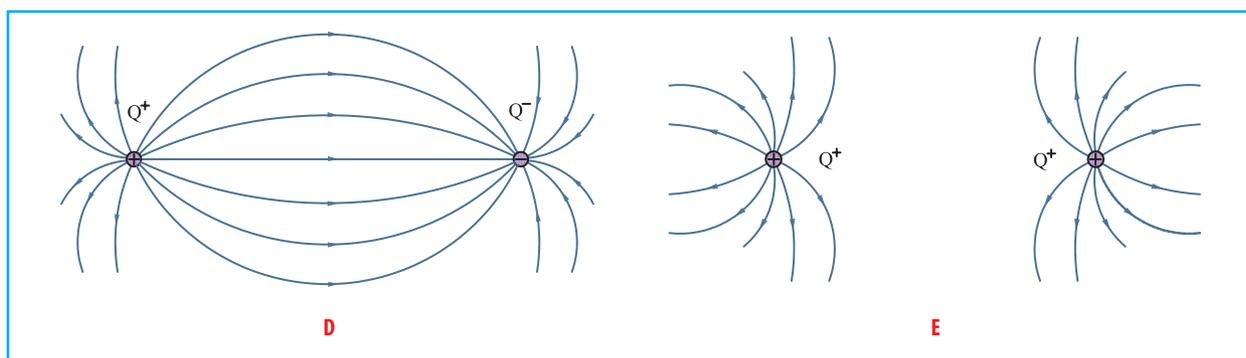


Due campi elettrici radiali, positivo (A) e negativo (B), e un campo elettrico uniforme (C).

Per rappresentare il campo elettrico, vengono utilizzate le **linee di forza**.

Le cariche elettriche generano un **campo elettrico radiale** le cui linee di forza sono dirette secondo il raggio di una sfera ideale che avvolge la carica stessa (A, B). Ponendo una di fronte all'altra due piastre metalliche di segno elettrico opposto, si crea invece un campo elettrico uniforme in cui le linee di forza vanno dal polo positivo a quello negativo (C).

Nelle figure D ed E, si possono osservare le linee di un campo elettrico generato da due cariche di segno opposto (D) e dello stesso segno (E).



Corrente elettrica

Un conduttore è percorso da corrente elettrica quando i portatori di carica in esso contenuti assumono un **moto d'insieme**, nella direzione che va da un estremo del conduttore all'altro, tale che i portatori di carica positiva vadano in un verso e i portatori di carica negativa nel verso opposto.

La **corrente elettrica** è, quindi, definibile come un flusso ordinato di cariche elettriche, tra due punti di un campo elettrico.

Condizione necessaria per tale movimento è che tra gli estremi del conduttore esista una **differenza di potenziale**, dovuta agli elettroni liberi che passano dal muoversi disordinatamente al dirigersi verso il punto a potenziale più basso. Il movimento delle cariche elettriche tende, però, ad annullare la differenza di potenziale che lo origina, cessando quando gli estremi del conduttore raggiungono lo stesso potenziale.

Per mantenere la corrente, è dunque necessario mantenere la differenza di potenziale fra i due poli, impiegando un apposito dispositivo: il **generatore**.

Campo elettrico generato da due cariche di segno opposto (D). Campo elettrico generato da due cariche dello stesso segno (E).

La corrente elettrica è misurabile attraverso una grandezza denominata **intensità di corrente** (i), corrispondente alla quantità di elettricità (q) che attraversa la sezione trasversale di un conduttore in un certo tempo (t):

$$i = \frac{q}{t}$$

L'unità di misura dell'intensità di corrente è l'**ampère** (A), equivalente a un coulomb al secondo (1 C/s) e misurabile attraverso uno strumento chiamato **amperometro**.

Si possono distinguere due principali tipi di corrente elettrica: la corrente continua e la corrente alternata.

Corrente continua

La corrente continua mantiene **costante** la sua intensità nel tempo.

Affinché un conduttore abbia passaggio di corrente continua, deve essere inserito in un circuito elettrico fornito di generatore (batteria), fra i cui morsetti è posta una successione ininterrotta di conduttori (uno o più) che collegano il polo positivo con il negativo del generatore.

La corrente continua passa nei conduttori nel verso che va dal polo positivo al negativo del generatore e all'interno del generatore dal polo negativo al polo positivo.

Corrente alternata

La corrente alternata è caratterizzata, invece, da un flusso di corrente variabile nel tempo, sia in intensità, sia in direzione, a intervalli più o meno regolari.

Legge di Ohm

Quando la corrente elettrica passa lungo un filo, incontra una certa **resistenza**, cioè una difficoltà al passaggio che dipende dal materiale con cui è realizzato il conduttore, dalle sue dimensioni e dalla sua temperatura.

La resistenza elettrica si misura in **ohm** (Ω) e si misura con uno strumento chiamato **ohmetro**.

La differenza di potenziale tra i due poli elettrici, invece, è detta **tensione** e si misura in **volt** (V) con uno strumento chiamato **voltmetro**.

La **legge di Ohm** misura l'intensità della corrente elettrica, mettendo in relazione **resistenza** e **tensione**; stabilisce in particolare che l'intensità di corrente (i) in un circuito è direttamente proporzionale alla tensione (V) a esso applicata e inversamente proporzionale alla resistenza (R) del circuito stesso. La sua espressione matematica è la seguente:

$$i = \frac{V}{R}$$

Da essa, si possono ricavare anche R e V :

$$R = \frac{V}{i}$$

$$V = R \cdot i$$

Effetto Joule

L'**effetto Joule** consiste nel riscaldamento di un conduttore metallico ohmico attraversato da corrente elettrica. Questo fenomeno è dovuto al fatto che una carica che si muove attraverso il conduttore trasferisce energia (aumento di temperatura causata dagli urti coi singoli atomi) al metallo, trasformando in calore una parte del lavoro.

In pratica, in un qualsiasi conduttore percorso da corrente si **sviluppa calore**, la cui misura si ricava dalla seguente formula:

$$Q = R \cdot i^2 \cdot t$$

dove:

Q = quantità di calore sviluppato in un filo conduttore;

R = resistenza del filo conduttore;

i = intensità della corrente che percorre il filo;

t = tempo.

Nel SI, il calore Q si misura in joule; ogni joule è uguale a $0,24 \cdot 10^{-3}$ kcal.

L'effetto Joule è usato per l'**illuminazione** (lampadine a incandescenza) o per il **riscaldamento** (fornelli elettrici, ferro da stiro).

L'energia elettrica

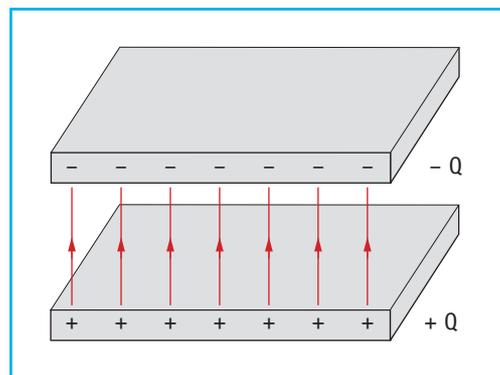
Tutte le volte che un conduttore è percorso da corrente elettrica, le forze dovute al campo elettrico compiono un lavoro. Il passaggio di corrente elettrica in un conduttore, infatti, è dovuto al moto dei portatori di carica in esso presenti, determinato dalla forza che il campo elettrico (dovuto alla differenza di potenziale) esercita su ciascuno di essi.

L'energia elettrica è, dunque, il **lavoro compiuto dalle forze elettriche** quando in un conduttore, ai cui estremi c'è una differenza di potenziale, passa una corrente di intensità i per un certo tempo t .

I condensatori

Un condensatore è costituito da due conduttori posti vicini e caricati con cariche uguali e opposte, tali da creare delle linee di forza che vanno dal conduttore positivo a quello negativo (armature del condensatore).

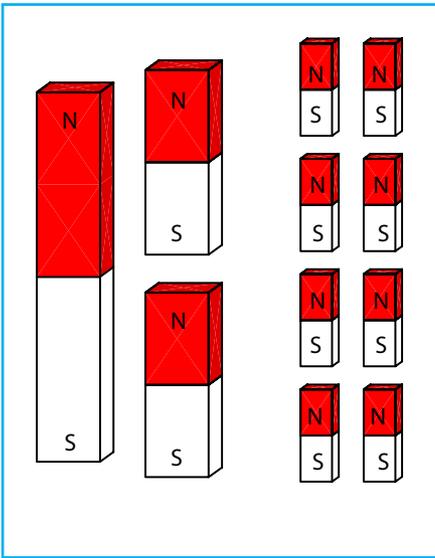
I condensatori sono in pratica **serbatoi di energia**, essenziali nei circuiti percorsi da correnti variabili nel tempo per ridurre le fluttuazioni della tensione degli alimentatori e per generare o rivelare onde elettromagnetiche a radiofrequenza (radio, televisione).



Magnetismo ed elettromagnetismo

8

In natura esistono pietre, come le magnetiti, in grado di attrarsi a vicenda e di esercitare attrazione anche su piccoli pezzi di metallo (ferro, cobalto, nichel). Tali pietre



Nei magneti e nelle calamite i due poli non possono mai essere separati, nemmeno frammentandoli. Ogni frammento manterrà sempre un polo positivo e uno negativo.

sono dette **magneti** e la loro proprietà di attrarre è detta **magnetismo**.

È possibile rendere magnetico un pezzo di acciaio temperato, avvicinandolo semplicemente a un magnete: si origina così una **calamita** permanente, che mantiene il magnetismo anche allontanandola dal magnete.

Per fare un esempio, la bussola è un ago calamitato che può girare intorno all'asse centrale verticale, e che si dispone in modo tale che una delle estremità (sempre la stessa) si orienta verso il nord terrestre e l'altra verso il sud: queste estremità sono chiamate **polo nord** e **polo sud**.

Il polo sud di una bussola e il polo sud di una calamita si respingono fortemente se avvicinati l'uno all'altro; il polo nord di una bussola e il polo sud di una calamita si attraggono, invece, fortemente.

Le proprietà magnetiche della calamita non si limitano, però, solo ai poli, ma sono distribuite su tutta la materia; tagliando una calamita, infatti, si creano frammenti, ognuno dei quali ha un proprio polo nord e un proprio polo sud. Le caratteristiche magnetiche descritte derivano dalle **cariche elettriche** della materia; l'interazione tra due magneti è, quindi, da interpretare come l'azione di un **campo magnetico** generato da un magnete sull'altro. Lo studio delle relazioni esistenti tra fenomeni elettrici e fenomeni magnetici è definito **elettromagnetismo**.

L'induzione elettromagnetica

Fenomeni elettrici e magnetici presentano diverse analogie tra loro.

Si è osservato, in particolare, che un filo percorso da corrente elettrica genera un campo magnetico, ma anche i campi magnetici, in certe condizioni, possono creare una corrente elettrica in un circuito: si parla in questo caso di **induzione elettromagnetica**.

Se si considera un circuito chiuso, formato da una bobina, cioè un filo conduttore avvolto su se stesso in diverse spire, collegata a un misuratore di corrente, e si avvicina alla bobina un magnete, si osserverà un passaggio di corrente nel circuito; se, dopo averlo avvicinato, si tiene fermo il magnete, si noterà che nel circuito non passa più elettricità; se, infine, si allontana il magnete, si osserverà che nel circuito passa nuovamente corrente, ma in un verso opposto a quello precedentemente sperimentato. La corrente che si genera avvicinando o allontanando il magnete dalla bobina è detta **corrente indotta**. L'intensità della corrente indotta dipende da fattori quali la velocità del movimento del magnete, il numero di spire della bobina (ovvero l'ampiezza del circuito interessato dal fenomeno magnetico) e l'orientamento delle linee di forza del campo magnetico rispetto al circuito.

In pratica, ogni volta che il campo magnetico esterno al circuito varia, si ha produzione di corrente indotta, poiché la variazione del flusso magnetico determina all'interno del circuito una differenza di potenziale che genera corrente elettrica.