
Energia associata ad una corrente





Energia associata ad una corrente

Una corrente che percorre un circuito dà luogo a diversi fenomeni che dipendono dalla natura del conduttore:

- **effetti termici** (il conduttore si riscalda),
- **effetti chimici** (nel conduttore hanno luogo reazioni chimiche)
- **effetti luminosi** (il conduttore emette luce).

In ciascuno di questi fenomeni vi sono scambi di energia che si verificano all'interno dei conduttori e tra essi e l'ambiente esterno.

Si hanno variazioni di energia interna, emissioni di energia luminosa e di calore.

La causa di tutte queste trasformazioni è l'**energia elettrica** che il generatore fornisce ai portatori di carica attraverso il campo elettrico che esso genera nei conduttori.

L'energia elettrica è uguale al lavoro che il campo elettrico compie per spingere i portatori di carica dal potenziale V_A al potenziale V_B .



Energia associata ad una corrente

In un circuito attraversato da una corrente i il campo elettrico compie, a spese del generatore, in un tempo Δt un lavoro:

$$L = q \cdot (V_A - V_B) = i \cdot \Delta t \cdot (V_A - V_B) = i \cdot \Delta t \cdot i \cdot R = i^2 \cdot R \cdot \Delta t$$

L'energia elettrica sarà:

$$i^2 \cdot R \cdot \Delta t$$

La corrispondente **potenza elettrica** (cioè *l'energia sviluppata dalla corrente nell'unità di tempo*) si ottiene dividendo entrambi i membri di questa formula per Δt :

$$P = \frac{L}{\Delta t} = \frac{i \cdot \Delta t \cdot (V_A - V_B)}{\Delta t} = i \cdot (V_A - V_B) = i^2 \cdot R$$

Nel S.I. l'unità di misura della potenza è il **watt**, pari a 1J/s.



Energia associata ad una corrente

Quindi:

Un conduttore di resistenza R percorso dalla corrente i sviluppa una potenza data da

$$P = i^2 R$$

Questa potenza si ritrova sotto forma di effetti termici, chimici o luminosi.

Anche per i fenomeni elettrici vale il **principio di conservazione dell'energia** (*la somma dell'energia termica, dell'energia luminosa e dell'energia chimica, che si osservano in un conduttore percorso da corrente, è sempre eguale all'energia sviluppata dalla corrente*).



Energia associata ad una corrente

ESEMPIO

In un'automobile tutte le lampadine funzionano con una differenza di potenziale di 12 V. Considerando una lampadina che ha la potenza di 20 W e che rimane accesa per un'ora, vogliamo calcolare:

- l'intensità di corrente che circola
- la sua resistenza elettrica
- l'energia elettrica che si trasforma in energia termica

a) Ricaviamo il valore di I dalla seguente relazione:

$$I = \frac{P}{\Delta V} = \frac{20 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 1,7 \text{ A}$$

b) Per determinare la resistenza elettrica della lampadina applichiamo la legge di Ohm:

$$R = \frac{\Delta V}{I} = 7,1 \Omega$$

c) Infine, calcoliamo l'energia elettrica consumata in un'ora, tenendo conto che l'intervallo di tempo Δt va espresso in secondi:

$$E = P \cdot t = 20 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 72\,000 \text{ J} = 72 \text{ kJ}$$



Effetto Joule

I conduttori al passaggio della corrente elettrica si riscaldano.

La **corrente** che passa in un conduttore **cede energia elettrica** al conduttore stesso che **viene trasformata in energia di altro tipo**

ESEMPI

stufetta



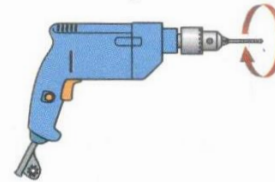
energia elettrica
si trasforma in
calore

lampadina



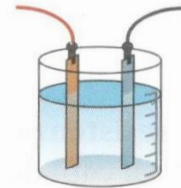
energia elettrica
si trasforma in
luce + calore

trapano



energia elettrica
si trasforma in **energia**
meccanica + calore

cella elettrolitica



energia elettrica
si trasforma in **energia**
chimica + calore

L'effetto
Joule

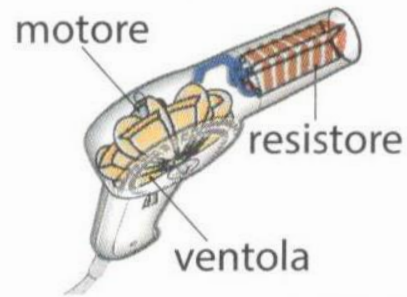
Si parla di **effetto Joule** quando l'**energia elettrica** viene **trasformata in energia termica**



Effetto Joule

ESEMPI

asciugacapelli



la resistenza scalda l'aria
e la ventola la butta fuori

ferro da stiro



la resistenza scalda la
piastra del ferro

bollitore



la resistenza scalda
l'acqua

LA LEGGE DI JOULE

Il **calore** che si sviluppa in un conduttore è **direttamente proporzionale**:

- alla **resistenza**
- al quadrato dell'**intensità di corrente**
- al **tempo** impiegato

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

Q = calore sviluppato (J)
 R = resistenza (Ω)
 i = intensità di corrente (A)
 Δt = tempo impiegato (s)



Effetto Joule



← Il fatto che i conduttori percorsi dalla corrente elettrica si riscaldano viene sfruttato nei cosiddetti fusibili di protezione, componenti elettrici costituiti da un piccolo tratto di filo metallico a basso punto di fusione. Quando la corrente supera un certo valore, per esempio a causa di un cortocircuito, il fusibile fonde, interrompe il circuito e impedisce così danni maggiori.



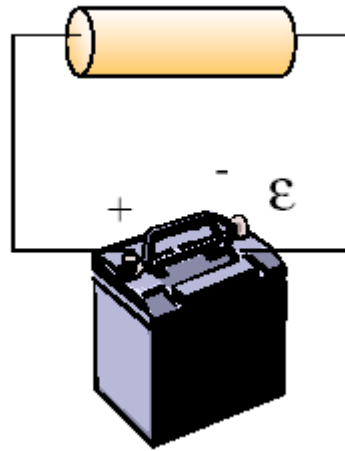
VIDEO



Generatore di corrente

Un **generatore di f.e.m.** è un dispositivo che aumenta l'energia potenziale delle cariche che circolano in un circuito.

Questa “pompa” fa muovere le cariche in verso opposto a quello in cui le cariche si muoverebbero sotto l'azione del campo elettrico all'interno della sorgente.



In un circuito, all'esterno di un generatore, le forze elettriche portano le cariche positive dal polo positivo a quello negativo e le negative nel verso opposto.



Generatore di corrente

Affinché nel circuito si stabilisca una corrente costante, cioè il flusso di cariche avvenga senza interruzione, è necessario che il generatore riporti le cariche positive verso il polo + e quindi, all'interno del generatore deve agire una forza (di natura non elettrostatica) che trasporti le cariche positive dal polo negativo a quello positivo.

Per fare ciò, la forza deve compiere un lavoro **W** a spese dell'energia interna del generatore. Questo lavoro viene immagazzinato dalle cariche sotto forma di **energia potenziale elettrostatica**.

Il rapporto tra il lavoro **W** compiuto dalla forza non elettrostatica per spostare la carica da un polo all'altro e la carica stessa, è una nuova grandezza definita **forza elettromotrice**.

$$f_{em} = \frac{W}{q}$$

forza elettromotrice (V) lavoro (J)
carica elettrica (C)

[→ VIDEO](#)



Generatore di corrente

La forza elettromotrice

Se il generatore **non è connesso** ad un conduttore, costituisce **un circuito aperto** e fra i suoi morsetti si stabilisce una d.d.p. superiore a quella che si avrebbe a circuito chiuso (perché la corrente, alla chiusura del circuito, tende a diminuire la d.d.p. ai poli del conduttore esterno e il generatore deve continuamente riportarla ai livelli iniziali).

Poiché il lavoro W aumenta l'energia potenziale della carica q si ha:

$$f = \frac{W}{q} = \frac{\Delta U}{q} = \Delta V \rightarrow f = \Delta V$$

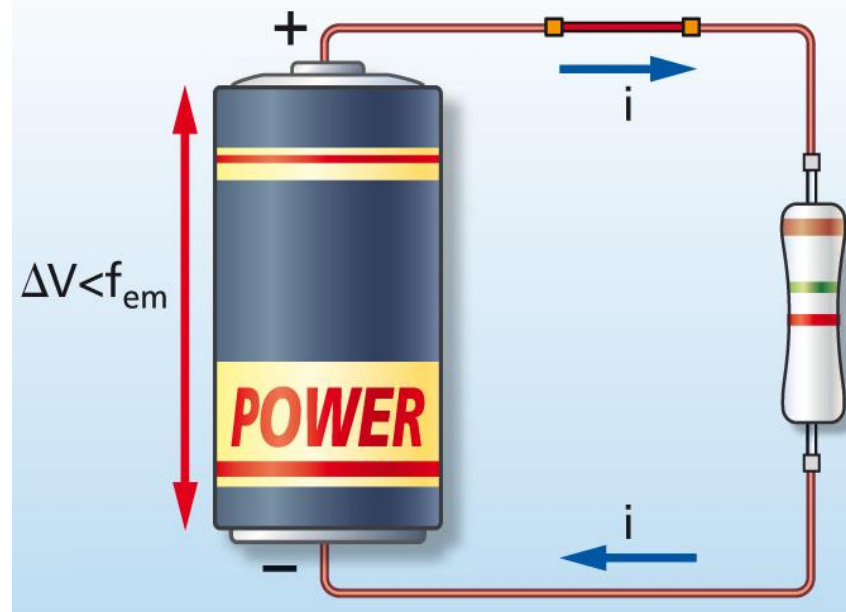
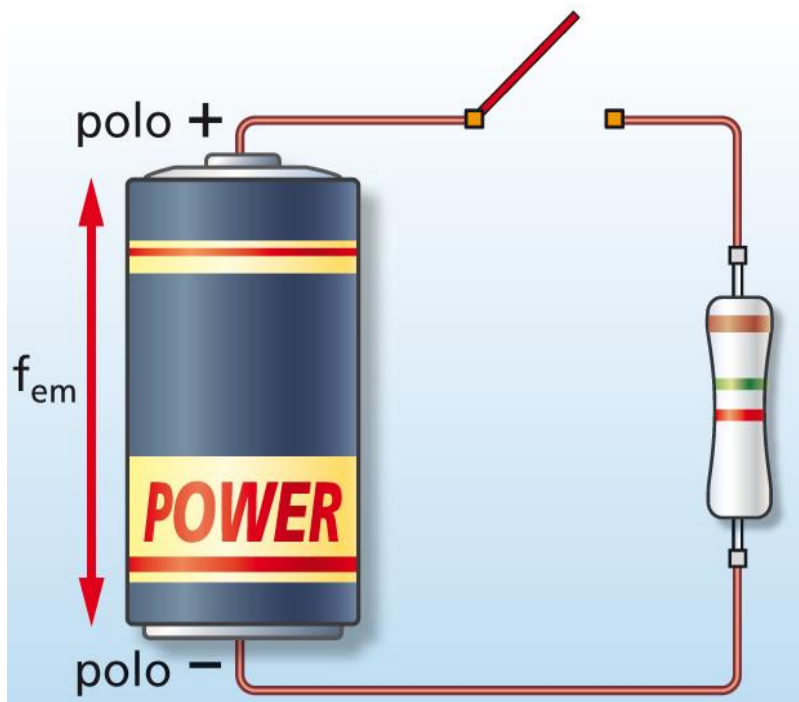
Quindi:

La forza elettromotrice di un generatore è la d.d.p. che esso è in grado di mantenere ai suoi poli.

La f.e.m., nel S.I., si misura in **volt** (V).



Generatore di corrente

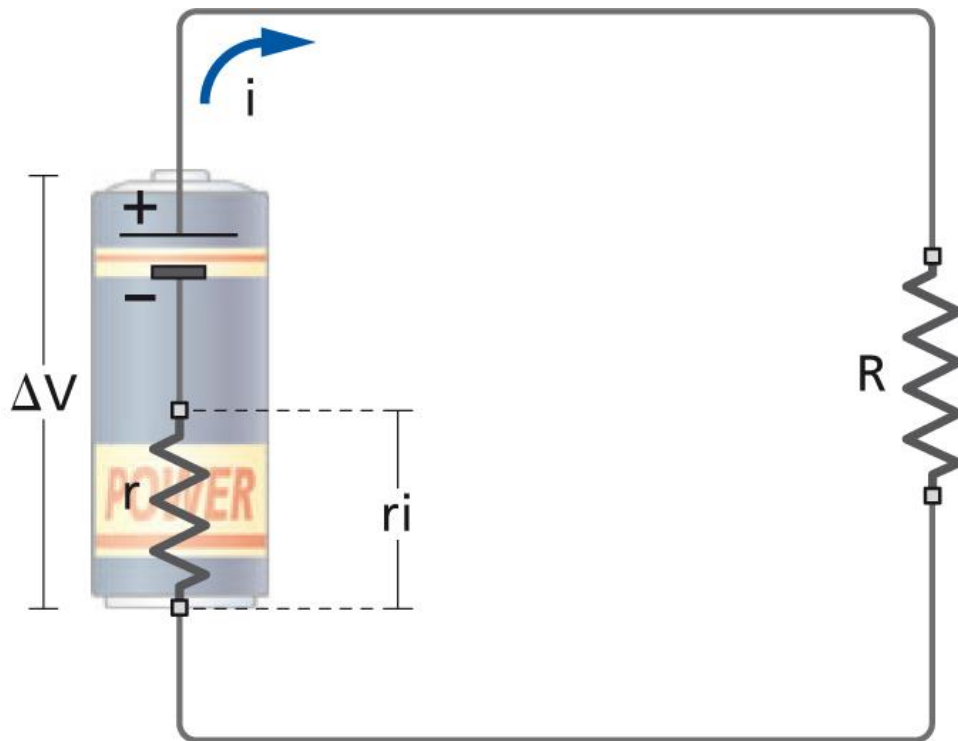


Quando circola corrente, una parte dell'energia fornita dal generatore serve per vincere la resistenza al moto delle cariche al suo interno.



La resistenza interna del generatore

La **resistenza interna** misura l'impedimento al moto delle cariche che si ha all'interno del generatore.



$$\Delta V = \mathcal{E} - ri$$



Generatore di corrente

Quindi:

- Ogni generatore di corrente continua possiede una **forza elettromotrice** e una **resistenza interna**.
 - La **forza elettromotrice** di un generatore è misurata dalla differenza di potenziale esistente tra i suoi poli quando non si eroga corrente (ossia a circuito aperto) e il generatore è in equilibrio.
 - La **resistenza interna** del generatore è la resistenza che la corrente incontra passando dentro il generatore.
-

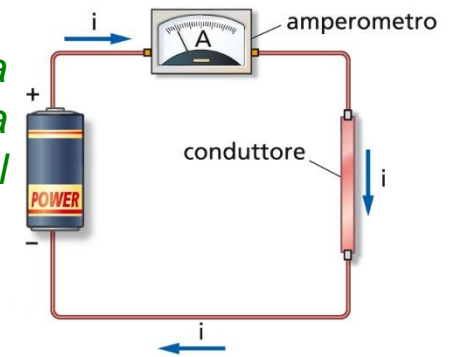


Strumenti di misura

■ AMPEROMETRO

Strumento per misurare l'intensità di corrente elettrica, va inserito nel circuito in serie con il resistore attraverso il quale passa la corrente di cui si deve misurare l'intensità.

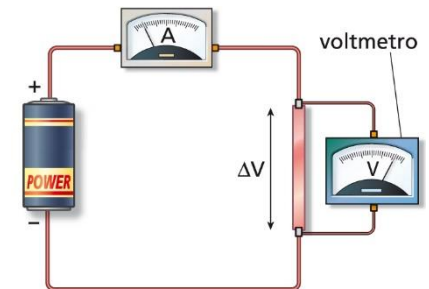
L'ampmetro possiede una resistenza interna che si somma a quella totale del circuito per cui è bene che l'ampmetro abbia una resistenza interna molto piccola rispetto a quella del resto del circuito.



■ VOLTMETRO

Strumento per misurare la d.d.p., va inserito nel circuito in parallelo con il conduttore agli estremi del quale è applicata la d.d.p. da misurare

Il voltmetro possiede una resistenza interna che, per non alterare l'intensità di corrente circolante nel circuito e la differenza di potenziale fra i due punti A e B, deve essere grande rispetto a ogni resistenza presente nel circuito.



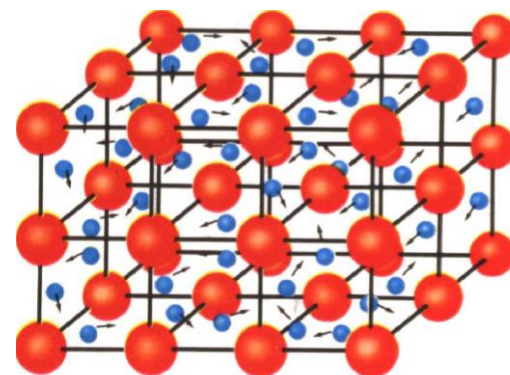
La conduzione nei metalli





La conduzione nei metalli

Un conduttore metallico ha una struttura cristallina costituita da ioni positivi, nei cui interstizi si muovono disordinatamente gli elettroni di conduzione.



1. La struttura di un metallo:
in rosso gli ioni positivi fissi; in blu,
gli elettroni liberi.

Cosa succede se colleghiamo il filo ad un generatore?

Si genera un campo elettrico all'interno del filo che spinge gli elettroni verso il polo positivo. Quindi ...

Quando si applica una differenza di potenziale tra due punti del metallo, al moto caotico degli elettroni, causato dall'agitazione termica, si sovrappone un lentissimo moto ordinato verso i punti a potenziale più alto.

Negli urti tra gli elettroni e gli ioni positivi, spesso gli elettroni perdono buona parte dell'energia acquistata per azione del campo elettrico e la cedono agli ioni. Questi ultimi aumentano la loro energia cinetica media e quindi la loro temperatura aumenta.

Conseguenza: un conduttore metallico si scalda perché gli ioni del reticolo cristallino, a causa degli urti, assorbono l'energia cinetica degli elettroni accelerati dal campo elettrico.



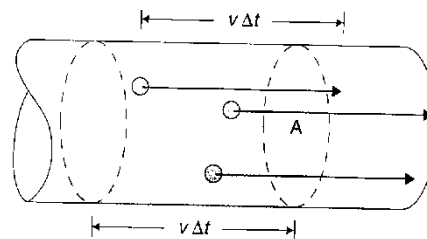
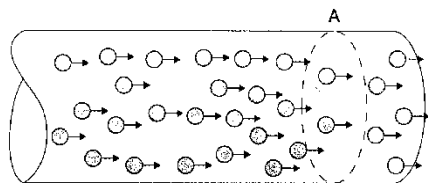


Velocità di deriva

Poiché il moto degli elettroni entro un filo conduttore è complicato, è preferibile utilizzare un *modello* più semplice in cui tutti gli elettroni si muovono verso i punti a potenziale maggiore con la stessa velocità v_d , detta **velocità di deriva** (o di migrazione), nella direzione $-E$, data da:

$$v_d = \frac{i}{q \cdot N \cdot A}$$

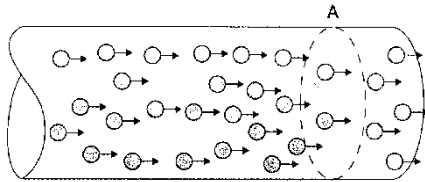
dove N indica il numero di particelle cariche (gli elettroni) che attraversano una sezione di area A del filo conduttore, q è la carica portata da ogni particella.



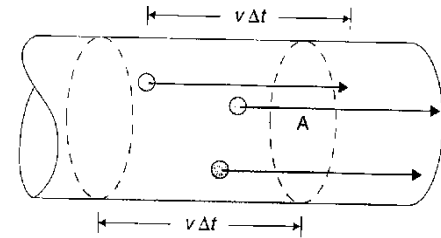


Velocità di deriva

Nell'intervallo di tempo Δt , le particelle cariche che attraversano la sezione A avranno percorso il tratto $\Delta s = v_d \cdot \Delta t \Rightarrow$ le particelle sono quelle contenute nel cilindro di sezione A e altezza $v_d \cdot \Delta t$, ovvero:



$$N = n \cdot A \cdot v_d \cdot \Delta t$$



dove n indica il numero di particelle cariche per unità di volume.

L'intensità della corrente sarà:

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{Nq}{\Delta t} = \frac{n \cdot A \cdot v_d \cdot \Delta t \cdot q}{\Delta t} = q \cdot n \cdot A \cdot v_d \Rightarrow i = q \cdot n \cdot A \cdot v_d$$

e quindi

$$v_d = \frac{i}{q \cdot n \cdot A}$$



La seconda legge di Ohm



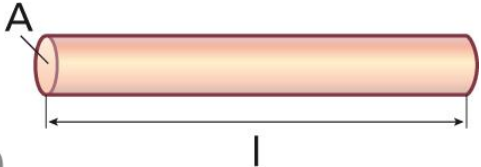
Georg Simon Alfred Ohm
1789 -1854



La seconda legge di Ohm

Nel caso di conduttori filiformi di sezione costante e omogenei è possibile individuare una precisa **relazione fra le caratteristiche fisiche del conduttore, la sua forma geometrica e la resistenza elettrica.**

Da risultati sperimentali si è ottenuto:



resistenza elettrica (Ω)

resistività ($\Omega \cdot m$)

lunghezza (m)

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (1)$$

area trasversale (m^2)

in cui l rappresenta la lunghezza del filo conduttore, A la sua sezione e ρ una costante di proporzionalità, detta **resistività**, dipendente dalle caratteristiche fisiche del materiale di cui è fatto il conduttore.

La relazione (1) prende il nome di **seconda legge di Ohm**:

In un filo conduttore la resistenza R è direttamente proporzionale alla lunghezza del filo ed inversamente proporzionale alla sua sezione.

[→VIDEO](#)



La resistività

La resistività $\rho = R \frac{A}{l}$ nel S.I. si misura in $\Omega \cdot m$.

Sostanza	Resistività ($\Omega \cdot m$)
alluminio	$2,8 \times 10^{-8}$
argento	$1,6 \times 10^{-8}$
ferro	10×10^{-8}
mercurio	96×10^{-8}
nichel	$7,9 \times 10^{-8}$
platino	10×10^{-8}
rame	$1,7 \times 10^{-8}$
carbonio	$3,5 \times 10^{-8}$
germanio	0,46
silicio	100 – 1000
neoprene	10^9
polietilene	$10^8 - 10^9$
polistirene (polistirolo)	$10^7 - 10^{11}$
porcellana	$10^{10} - 10^{12}$
vetro	$10^{10} - 10^{14}$
teflon	10^{14}

Da esperimenti eseguiti si è constatato che la resistività dei metalli aumenta al crescere della temperatura.

Si definisce **conduttività** la grandezza, reciproca della resistività,

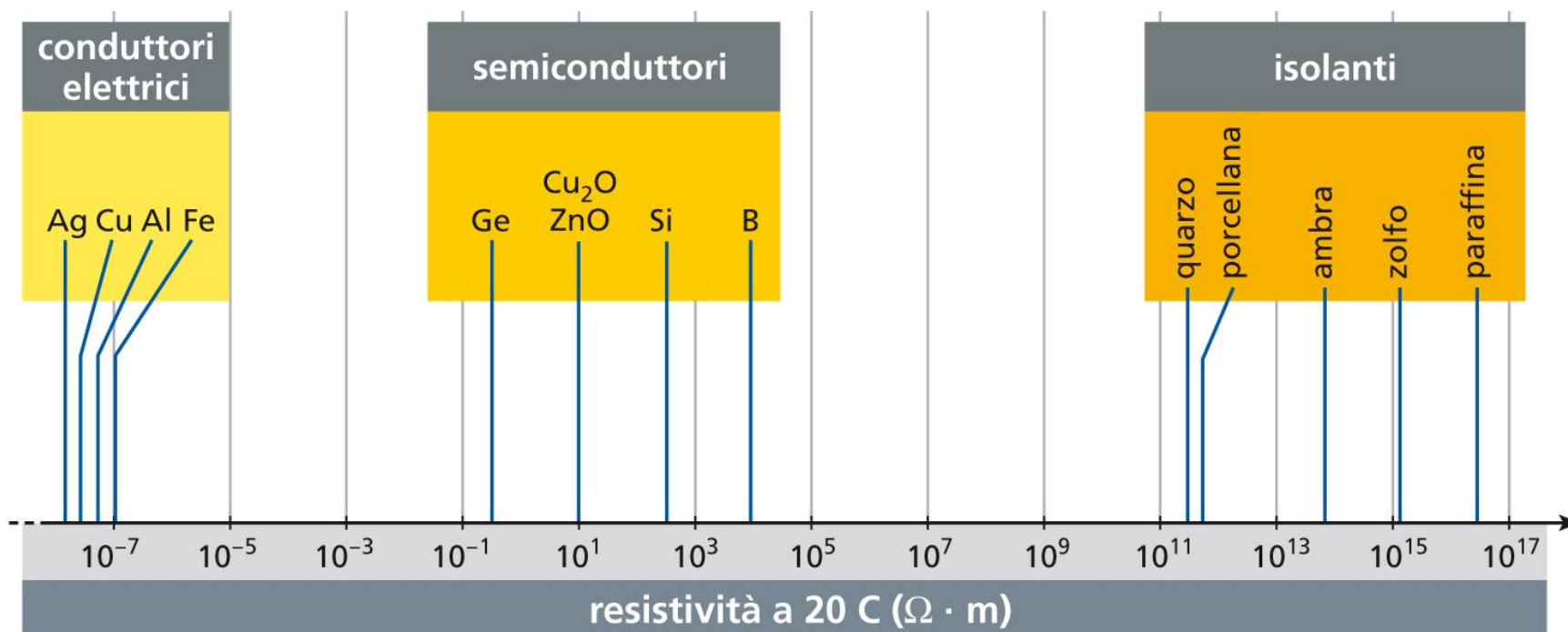
$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Nel S.I. si misura in $\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$.

- Per quale ragione i fili elettrici delle nostre case sono di rame piuttosto che porcellana?



Conduttori e isolanti



Conduttori: argento Ag, rame Cu, alluminio Al, ferro Fe

Semiconduttori: germanio Ge, silicio Si, ossido di zinco ZnO, ossido di rame Cu_2O , boro B

Isolanti: quarzo, porcellana, vetro, ...



Superconduttori e semiconduttori

- Alcuni elementi chimici, come il germanio e il silicio, che presentano proprietà intermedie fra i conduttori e gli isolanti, sono chiamati **semiconduttori**.

I semiconduttori sono impiegati per fabbricare i transistor e i circuiti integrati usati in elettronica, fra cui i microchip dei calcolatori e dei telefoni cellulari.

- Certe sostanze, fra le quali alcuni metalli, quando sono portate a temperature molto basse diventano **superconduttori**, cioè conduttori perfetti.

La loro resistenza elettrica assume valori piccolissimi, tanto da non risultare nemmeno misurabile.

Si prevede di impiegare i superconduttori in varie applicazioni pratiche, per esempio per evitare le dispersioni di energia durante il trasporto della corrente elettrica.

La conduzione nei liquidi

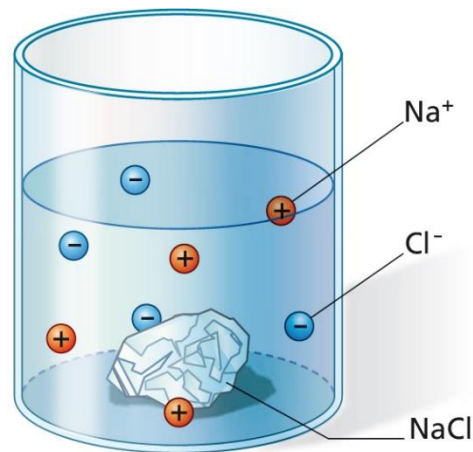




Conduzione nei liquidi

Mentre la conduzione elettrica nei solidi metallici è dovuta agli elettroni di conduzione, nei liquidi è dovuta a **ioni** sia **positivi** sia **negativi** che si muovono, per effetto del campo elettrico applicato, gli uni nello stesso verso del campo, gli altri in verso opposto.

L'acqua distillata è un pessimo conduttore ma se in essa si sciogliesse del sale da cucina (es. cloruro di sodio) diventerebbe un buon conduttore perché il sale in acqua si scinde in ioni positivi di sodio (Na^+) e negativi di cloro (Cl^-).





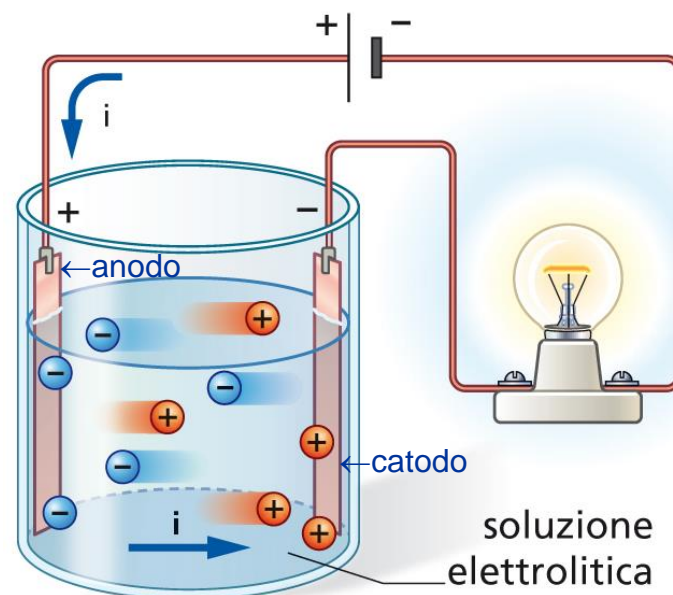
Conduzione nei liquidi

Si chiama **elettrolita** qualsiasi *sostanza* che disciolta in acqua la rende conduttrice. Sono elettroliti i sali, gli acidi e le basi.

I portatori di carica sono gli **ioni** in cui si decompongono le molecole dell'elettrolita non appena si sciolgono nell'acqua.

Quando poi in una soluzione si pongono due elettrodi mantenuti a potenziale diverso, si ha il fenomeno dell'**elettrolisi**, cioè **il passaggio della corrente dovuto al movimento degli ioni positivi, che si spostano verso il polo $-$, e degli ioni negativi, che migrano verso il polo $+$.**

Gli ioni che vengono neutralizzati a contatto con gli elettrodi possono a seconda dei casi, fuoriuscire allo stato gassoso, reagire con il liquido o depositarsi sugli elettrodi.



[VIDEO 1](#)

[VIDEO 2](#)

La conduzione nei gas





Conduzione nei gas

Un gas è un isolante perfetto.

Se però qualche causa esterna (radiazioni elettromagnetiche di alta frequenza o particelle subatomiche molto veloci) produce la ionizzazione di alcune sue molecole, esso diventa conduttore.

Una differenza di potenziale può creare nel gas una **scarica elettrica**.



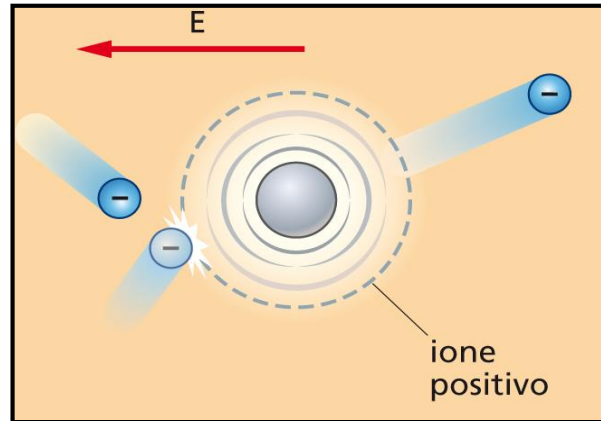
[→VIDEO](#)

I fulmini si generano quando tra le nuvole e la terra si stabiliscono tensioni di molti milioni di volt. Sono correnti elettriche (chiamate correnti di scarica) che attraversano l'aria.



Conduzione nei gas

Nelle correnti di scarica si ha la *ionizzazione* degli atomi contro cui urtano gli elettroni: gli atomi perdono un elettrone e diventano ioni positivi.



Queste cariche, appena formate, sono accelerate dal campo elettrico e urtano altri atomi, ionizzandoli a loro volta.

Così il numero di cariche nel gas (positive o negative) aumenta continuamente, con un effetto a *valanga*.

La corrente elettrica di scarica è dovuta sia a cariche negative, sia a cariche positive.



Conduzione nei gas

Se il gas è a pressione atmosferica, una differenza di potenziale elevata fa scoccare una **scintilla**, dovuta a una produzione a valanga di ioni.

A pressioni molto minori (circa un centesimo di atmosfera) la scintilla diventa silenziosa e si ha la cosiddetta **scarica a bagliore**, che viene utilizzata nelle insegne luminose.

L'**arco elettrico** è una scarica che avviene a pressione atmosferica. Essa si stabilisce tra due elettrodi di carbone, collegati ai poli di un generatore, dopo che sono stati leggermente distanziati.

I **raggi catodici** sono elettroni che vengono emessi dal catodo in un tubo a vuoto, ai cui elettrodi è applicata una forte differenza di potenziale e possono raggiungere velocità molto prossime a quella della luce.
