

# LA CORRENTE ELETTRICA

Prof. Erasmo Modica

[erasmo@galois.it](mailto:erasmo@galois.it)

[www.galois.it](http://www.galois.it)

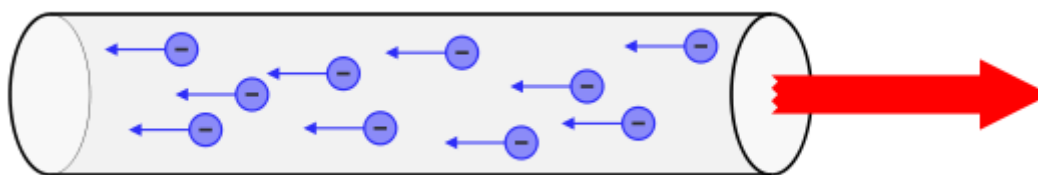
## L'INTENSITÀ DELLA CORRENTE ELETTRICA

Consideriamo una lampadina inserita in un circuito elettrico costituito da fili metallici ed un interruttore. Appena la colleghiamo ai poli di una pila e chiudiamo l'interruttore, essa si accende e l'energia elettrica si trasforma in energia luminosa.

Prima di collegare la pila nel circuito, alcuni elettroni dei conduttori metallici (circa uno o due per ogni atomo) sono liberi di muoversi all'interno di essi in maniera *caotica* con una velocità dell'ordine di  $10^5 m/s$ .

Quando viene collegata la pila, agli estremi del conduttore metallico si genera una differenza di potenziale  $e$ , di conseguenza, un campo elettrico che influenza gli elettroni di conduzione, facendoli muovere, in modo ordinato, nella stessa direzione del campo elettrico. Quindi, dal moto di caotico degli elettroni si passa ad un moto ordinato di essi con una velocità dell'ordine di  $10^{-2} m/s$  che prende il nome di **velocità di deriva**.

**Definizione:** Dicesi **corrente elettrica** un movimento ordinato di cariche elettriche. Tali cariche nel caso dei conduttori metallici sono gli elettroni.



Gli studi sulla corrente elettrica si svilupparono all'inizio del XIX secolo e in quel periodo non erano ancora stati scoperti gli elettroni. Per tale ragione è stato dato come verso convenzionale della corrente quello di spostamento di una carica positiva. Quindi, com'è possibile vedere nella figura di sopra, gli elettroni si spostano verso destra e la corrente elettrica percorre il conduttore verso destra.

**Definizione:** Dicesi **intensità di corrente elettrica**  $i$  il rapporto fra la quantità di carica che attraversa la sezione trasversale di un conduttore dell'intervallo di tempo  $\Delta t$  e l'intervallo di tempo stesso. In formule:

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

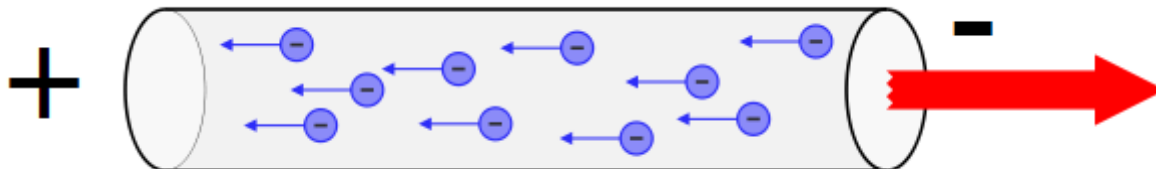
Nel SI si misura in **ampere (A)** e quindi

$$1A = \frac{1C}{1s}$$

**Definizione:** Dicesi **corrente continua** una corrente che scorre sempre nello stesso verso e con intensità  $i$  costante nel tempo.

## I GENERATORI ELETTRICI E LA FORZA ELETTROMOTRICE

Quando gli elettroni fluiscono all'interno del conduttore in figura, fanno abbassare il potenziale dell'estremo sinistro e alzare il potenziale dell'estremo destro.



In questo modo la differenza di potenziale agli estremi del conduttore tende ad annullarsi e quindi tende ad annullarsi l'intensità della corrente che lo attraversa.

Quindi, per mantenere costante la differenza di potenziale, è necessario inserire nel circuito una pila elettrica. La corrente scorre quindi dal polo positivo della pila a quello negativo, mentre all'interno della pila scorre dal polo negativo a quello positivo.

Tutti i generatori di tensione sono caratterizzati da una **forza elettromotrice** (*f.e.m.*), indicata con la lettera *f*.

**Definizione:** Dicesi **forza elettromotrice** di un generatore la differenza di potenziale fra i poli del generatore quando il circuito è aperto, ovvero è il rapporto fra il lavoro compiuto per portare al suo interno una carica positiva *q* dal polo negativo al polo positivo e la carica stessa, in formule:

$$f.e.m. = \frac{L}{q}$$

Quando il circuito viene chiuso, la differenza di potenziale è minore della f.e.m.

## LA RESISTENZA ELETTRICA

L'intensità della corrente elettrica che scorre all'interno di un filo elettrico dipende dalle proprietà strutturali del metallo considerato. Tale proprietà viene espressa da una nuova grandezza.

**Definizione:** Dicesi **resistenza elettrica** *R* di un conduttore a cui estremi è fissata una differenza di potenziale  $\Delta V$ , il rapporto fra  $\Delta V$  e l'intensità di corrente *i* che lo attraversa:

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

Dalla relazione è facile dedurre che maggiore è la resistenza di un conduttore, minore è l'intensità di corrente che lo attraversa. Quindi *R* fornisce una *misura della resistenza che un conduttore oppone al passaggio della corrente al suo interno*.

L'unità di misura della resistenza nel SI è l'**ohm** ( $\Omega$ ) e prende il nome dal fisico tedesco *Georg Simon Ohm* (1787-1854). Inoltre

$$1\Omega = \frac{1V}{1A}$$

## LA PRIMA LEGGE DI OHM

---

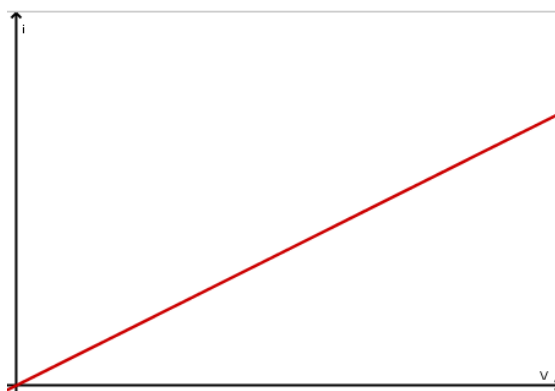
Dopo aver compiuto diversi esperimenti facendo variare la differenza di potenziale ai capi di un conduttore e misurando le corrispondenti intensità di corrente ottenute, Ohm formulò la sua prima legge.

### **Prima legge di Ohm**

*Fissata una certa temperatura, l'intensità di corrente  $i$  che attraversa un conduttore è direttamente proporzionale alla differenza di potenziale  $\Delta V$  applicata ai suoi estremi. In formule:*

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

Il coefficiente di proporzionalità diretta è proprio la resistenza  $R$  del conduttore metallico. Se si rappresenta in un piano cartesiano la legge, mettendo sull'asse delle ascisse  $\Delta V$  e su quello delle ordinate  $i$ , si ottiene una retta passante per l'origine degli assi coordinati in cui il coefficiente angolare è il reciproco della resistenza, ovvero  $\frac{1}{R}$ .



Tale rappresentazione prende il nome di **curva caratteristica** del conduttore e i conduttori aventi questa curva caratteristica prendono il nome di **conduttori ohmici**. I conduttori non ohmici, invece, non hanno una retta come curva caratteristica.

## LA SECONDA LEGGE DI OHM E LA RESISTIVITÀ

---

Spinto dall'idea che la resistenza elettrica dipenda dalla struttura del conduttore, Ohm effettuò molti esperimenti che lo portarono alle seguenti conclusioni:

- la resistenza è direttamente proporzionale alla lunghezza del conduttore,
- la resistenza è inversamente proporzionale alla sezione trasversale del conduttore.

### **Seconda legge di Ohm**

*Fissata una certa temperatura, la resistenza  $R$  di un conduttore è direttamente proporzionale alla sua lunghezza  $l$  e inversamente proporzionale alla sua sezione trasversale  $S$ . In formule:*

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

dove  $\rho$  è una costante che prende il nome di *resistività elettrica*.

Per determinare l'unità di misura di  $\rho$  basta ricavare la sua espressione dalla suddetta legge:

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l}$$

da cui segue che essa si misura in  $\frac{\Omega \cdot m^2}{m} = \Omega \cdot m$ , ovvero in **ohm per metro**.

Il valore della resistività cambia da materiale a materiale e, per ciascun materiale, dipende dalla temperatura secondo la relazione:

$$\rho = \rho_{20^\circ}(1 + \alpha \Delta T)$$

in cui  $\rho_{20^\circ}$  è la resistività del materiale ad una temperatura di  $20^\circ \text{C}$ , mentre  $\alpha$  è un coefficiente che dipende dalla natura del materiale.

TABELLA DELLE RESISTIVITÀ A $20^\circ \text{C}$	
MATERIALE	$\rho (\Omega \cdot m)$
<b>Argento</b>	$1,6 \cdot 10^{-8}$
<b>Rame</b>	$1,7 \cdot 10^{-8}$
<b>Alluminio</b>	$2,8 \cdot 10^{-8}$
<b>Tungsteno</b>	$5,5 \cdot 10^{-8}$
<b>Ferro</b>	$13,0 \cdot 10^{-8}$

### **“Perché quando aumenta la temperatura aumenta la resistività?”**

Quando cresce la temperatura di un conduttore, gli urti tra le sue molecole aumentano e, di conseguenza, gli elettroni di conduzione subiscono un maggiore rallentamento.

Nella seguente tabella riportiamo l'ordine di grandezza della resistività per isolanti, conduttori e semiconduttori.

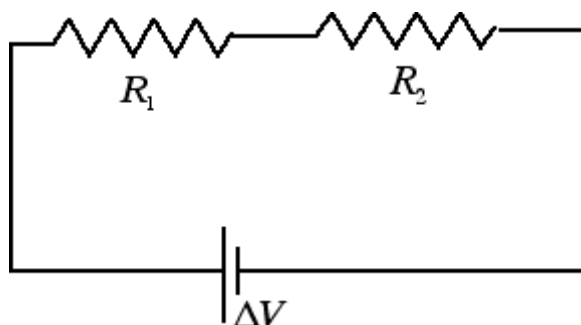
Materiali	Resistività ( $\Omega \text{cm}$ )
<b>Isolanti</b>	$10^{10}-10^{23}$
<b>Semiconduttori</b>	$10^3-10^8$
<b>Conduttori</b>	$10^{-8}-10^{-4}$

**Fisica nella vita quotidiana.** I filamenti delle lampadine sono di tungsteno in quanto esso ha una grande resistività e un'alta temperatura di fusione.

## SISTEMI DI RESISTENZE E LEGGI DI KIRCHHOFF

### RESISTENZE IN SERIE

Si consideri un circuito elettrico in cui sono inserite due **resistenze in serie**, ovvero in modo tale che siano attraversate dalla stessa intensità di corrente.



**Definizione:** Dicesi **nodo** di un circuito il punto di convergenza di tre o più conduttori.

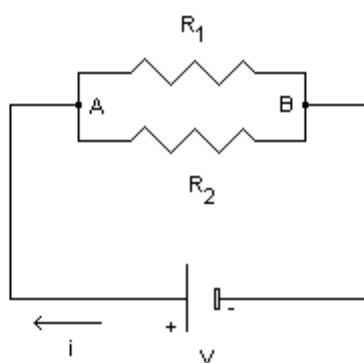
**Definizione:** Dicesi **maglia** un percorso chiuso di un circuito elettrico che partendo da un nodo torna allo stesso nodo senza attraversare due volte uno stesso ramo.

Utilizzando il **teorema della maglia**, detto **seconda legge di Kirchhoff** (1824-1887), secondo il quale *la somma algebrica delle tensioni lungo una maglia è uguale a zero*<sup>1</sup>, si può dimostrare che la resistenza equivalente ad un sistema in serie di resistenze è data da:

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

### RESISTENZE IN PARALLELO

Si consideri un circuito elettrico in cui sono inserite due **resistenze in parallelo**, ovvero in modo tale che ai loro capi vi sia applicata la stessa differenza di potenziale.



Utilizzando il **teorema dei nodi**, detto **prima legge di Kirchhoff** (1824-1887), secondo il quale *la somma algebrica delle correnti entranti in un nodo è uguale alla somma algebrica delle correnti uscenti*<sup>2</sup>, si può dimostrare che la resistenza equivalente ad un sistema in parallelo di resistenze è data da:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

## STRUMENTI DI MISURA

STRUMENTO	DESCRIZIONE	IMMAGINE
<b>Amperometro</b>	È utilizzato per misurare l'intensità della corrente che attraversa un circuito. Esso va collegato in serie nel circuito e deve avere una resistenza interna piccola.	
<b>Voltmetro</b>	È utilizzato per misurare la differenza di potenziale agli estremi di una resistenza. Esso va collegato in parallelo e deve avere una resistenza interna molto grande.	

<sup>1</sup> Tale legge è una conseguenza del *principio di conservazione dell'energia* in quanto il lavoro compiuto dalle forze del campo elettrico per far compiere ad una carica un percorso chiuso deve essere pari a zero.

<sup>2</sup> Tale legge è una conseguenza del *principio di conservazione della carica elettrica* in quanto la carica elettrica che arriva in un nodo deve essere uguale alla carica elettrica che si allontana da esso.

## POTENZA ELETTRICA ED EFFETTO JOULE

---

Un generatore di tensione deve compiere un lavoro contro la forza del campo elettrico per portare una carica  $q$  da un polo all'altro. Se  $\Delta V$  è la differenza di potenziale tra i due poli, il lavoro del generatore è:

$$L = q \cdot \Delta V$$

Se il trasporto di carica avviene in un intervallo di tempo  $\Delta t$  per mezzo di una corrente continua d'intensità  $i$ , si ha che la carica è data da  $q = i \cdot \Delta t$  e sostituendo nella relazione di sopra otteniamo:

$$L = i \cdot \Delta t \cdot \Delta V$$

La potenza  $P$  fornita dal generatore è quindi:

$$P = \frac{L}{\Delta t} = i \cdot \Delta V$$

Il lavoro speso dal generatore, inizialmente immagazzinato sotto forma di energia potenziale delle cariche, viene poi convertito in energia cinetica delle cariche stesse, che si mettono in movimento dando luogo alla corrente elettrica. Se il circuito esterno è costituito da una semplice resistenza ohmica, tutta l'energia si trasforma infine in energia interna del conduttore.

Si produce in tal modo un *riscaldamento* del conduttore, noto come **effetto Joule**<sup>3</sup>.

**LEGGE DI JOULE:** *Un conduttore ohmico di resistenza  $R$ , percorso per un tempo  $\Delta t$  da una corrente di intensità costante  $i$ , acquista per effetto Joule un'energia interna  $E_j$ , espressa da:*

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

*Tale energia è fornita al conduttore con una potenza costante  $P_j$  data da:*

$$P_j = R \cdot i^2$$

Comunemente si dice che queste relazioni esprimono l'energia elettrica e la potenza *dissipate* nel conduttore.

**Interpretazione microscopica dell'effetto Joule.** L'effetto è dovuto agli urti degli elettroni di conduzione contro gli atomi del conduttore che attraversano. In seguito a tali urti, gli elettroni cedono agli atomi parte della loro energia cinetica, la quale fa aumentare il moto di agitazione termica degli atomi. Di conseguenza, la temperatura del materiale aumenta e l'energia elettrica si trasforma in energia termica.

---

<sup>3</sup> Dal nome del fisico inglese James P. Joule (1818-1889) che ne determinò le leggi nel 1848.

**Esercizio:** Una sera decidiamo di leggere un libro e accendiamo la luce della lampada poggiata sulla scrivania. Su tale lampada è montata una lampadina avente una potenza di 60 W, che è sottoposta ad una tensione di 220 V.

- Qual è l'energia elettrica che si trasforma in luce e calore in un minuto di funzionamento?
- Da quale intensità di corrente è attraversato il filamento di tungsteno della lampadina?
- Qual è la resistenza del filamento?

*Risoluzione*

1) Poiché la potenza è data da  $P = \frac{E}{\Delta t}$ , ne segue che  $E = P \cdot \Delta t = 60W \cdot 60s = 3600J$

2) Poiché la potenza è data da  $P = i \cdot \Delta V$ , ne segue che  $i = \frac{\Delta V}{P} = \frac{60W}{220V} = 0,27A$

3) Dalla prima legge di Ohm segue che  $R = \frac{\Delta V}{i} = \frac{220V}{0,27A} = 815\Omega$

L'energia consumata si trasforma quasi tutta in calore e solo una piccola percentuale diventa luce. Quindi la lampadina spreca molta energia!