

# Cariche in movimento e corrente elettrica

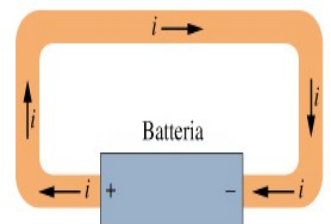
La **corrente elettrica** è un **flusso di cariche in movimento**.

*N.B. Non tutte le cariche in movimento danno origine a una corrente elettrica.*

- In un filo conduttore gli elettroni liberi si muovono in tutte le direzioni e non danno origine a corrente elettrica.
- Una corrente passa attraverso una data superficie quando esiste un **flusso netto di carica attraverso** quella **superficie**.
- Se si connettono i capi del filo ad una batteria si influenza il flusso in modo da avere un trasporto netto di cariche attraverso una superficie e quindi una corrente.

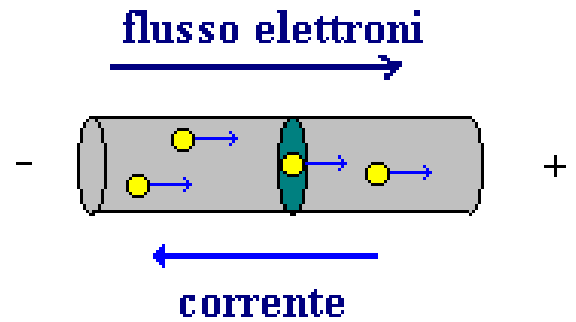
## Corrente elettrica

- Una spira conduttrice, carica o meno, si trova tutta allo stesso potenziale.
- Se si inserisce una batteria nella spira, non avrà più lo stesso potenziale in tutti i punti.
- I campi elettrici che si formano eserciteranno delle forze sugli elettroni creando un flusso netto di quest'ultimi lungo una direzione cioè una corrente.
- Dopo un breve tempo gli elettroni raggiungeranno una **condizione stazionaria** (non dipendente dal tempo).



# Corrente elettrica

Se attraverso un piano immaginario (verde in figura) passa una quantità di carica netta  $dq$  in un intervallo di tempo  $dt$ , la corrente che passa attraverso il piano è definita come



$$i = \frac{dq}{dt}$$

Unità in SI: **Ampere** (A) = C/s

**N.B.** Il verso della corrente è quello nel quale si muoverebbero le cariche positive, anche se gli effettivi portatori di carica sono gli elettroni.

**Corrente continua (DC)** – le cariche si muovono nella stessa direzione lungo il circuito.

**Corrente alternata (AC)** – le cariche si muovono in maniera periodica col tempo.

## NOTA BENE

Nel sistema SI l'Ampere è l'unità fondamentale e il Coulomb viene definito in funzione dell'Ampere:

*1 Coulomb è la quantità di carica che passa in un secondo attraverso la sezione di un filo percorso dalla corrente di 1 Ampere.*

*La corrente, essendo un rapporto tra grandezze scalari, è uno scalare !!*

Le frecce delle correnti non rappresentano vettori ma solo il senso del flusso lungo un conduttore, non una direzione dello spazio !!!

## Esempio:

Un lettore di CD-ROM usa correnti di 0.2A.

Durante la durata di un CD (50 minuti) quanta carica è passata attraverso il lettore ?

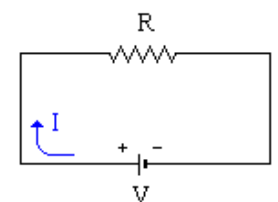
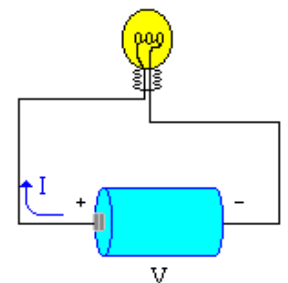
**Soluzione:**  $\Delta q = i \Delta t = (0.2\text{A})(3000\text{s}) = 600\text{C} = 6.0 \times 10^2 \text{ C}$

Se il CD opera a 12V qual'è l'energia consumata?

**Soluzione:**  $U = \Delta q V = (600\text{C})(12\text{V}) = 7200\text{J} = 7.2 \times 10^3 \text{ J}$

## Legge di Ohm

- Una lampadina offre una **resistenza R** al flusso di una corrente elettrica.
- Se tale resistenza cresce la corrente diminuisce (a differenza di potenziale costante).
- Se la differenza di potenziale aumenta, anche la corrente aumenta ( R costante)



Ciò si sintetizza nella **Legge di Ohm:**

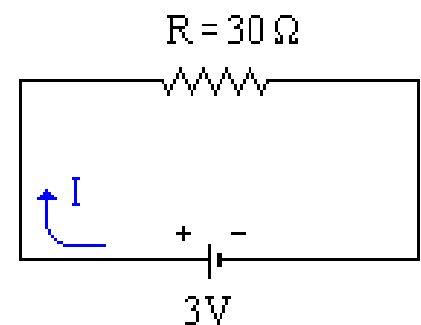
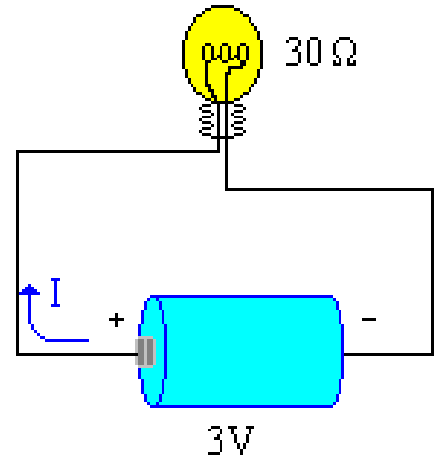
$$i = \frac{\Delta V}{R}$$

R è detta **resistenza** e si misura (SI) in (**Ohm:**  $\Omega$ )

## Esempio

Una batteria (3V) viene usata per accendere una lampadina con resistenza pari a  $30\Omega$ .

Quanta corrente fluisce nel circuito?

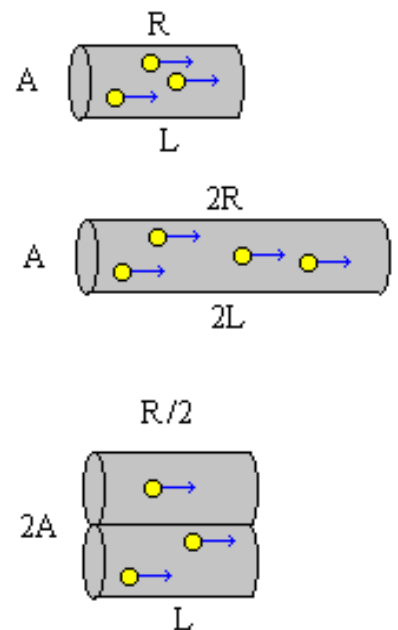


$$i = V/R = (3V)/(30\Omega) = 0.1A$$

## Resistenza e resistività

Quando la corrente fluisce in un filo si ha un flusso netto di elettroni lungo una direzione. Tale flusso è inversamente proporzionale alla resistenza. Si vede sperimentalmente che se dati  $L$  e  $A$  rispettivamente la lunghezza del filo e l'area della sua sezione trasversale:

$$R \propto L, \quad R \propto 1/A$$



$$\rightarrow R = \rho \frac{L}{A}$$

$\rho$  **resistività** ( $\Omega \text{ m}$ ).

Dipende dal materiale del filo

## La resistività dipende dalla Temperatura.

Su certi intervalli di temperatura la dipendenza della resistività da  $T$  è di tipo lineare:

$$\rho - \rho_0 = \rho_0 \alpha (T - T_0)$$

$\rho_0$ : resistività alla temperatura di riferimento  $T_0$  che in genere coincide con la temperatura ambiente:  $T_0 = 293 \text{ K}$

$\alpha$  è detto **coefficiente termico di resistività**.

Dipende dal tipo di materiale utilizzato.

Sostanza	Resistività $\rho$ ( $\Omega \cdot \text{m}$ )	Coefficiente termico di resistività $\alpha$ ( $\text{K}^{-1}$ )
<i>Metalli tipici</i>		
Argento	$1.62 \cdot 10^{-8}$	$4.1 \cdot 10^{-3}$
Rame	$1.69 \cdot 10^{-8}$	$4.3 \cdot 10^{-3}$
Alluminio	$2.75 \cdot 10^{-8}$	$4.4 \cdot 10^{-3}$
Tungsteno	$5.25 \cdot 10^{-8}$	$4.5 \cdot 10^{-3}$
Ferro	$9.68 \cdot 10^{-8}$	$6.5 \cdot 10^{-3}$
Platino	$10.6 \cdot 10^{-8}$	$3.9 \cdot 10^{-3}$
Manganina <sup>a</sup>	$48.2 \cdot 10^{-8}$	$0.002 \cdot 10^{-3}$
<i>Semiconduttori tipici</i>		
Silicio puro	$2.5 \cdot 10^3$	$-70 \cdot 10^{-3}$
Silicio di tipo n <sup>b</sup>	$8.7 \cdot 10^{-4}$	
Silicio di tipo p <sup>c</sup>	$2.8 \cdot 10^{-3}$	
<i>Isolanti tipici</i>		
Vetro	$10^{10} - 10^{14}$	
Quarzo da fusione	$\sim 10^{16}$	

<sup>a</sup> Lega specificamente progettata per avere un basso valore di  $\alpha$ .

<sup>b</sup> Silicio puro «drogato» con impurità di fosforo fino ad avere una densità di portatori di carica pari a  $10^{23} \text{ m}^{-3}$

<sup>c</sup> Silicio puro «drogato» con impurità di alluminio fino ad avere una densità di portatori di carica pari a  $10^{23} \text{ m}^{-3}$

# Potenza elettrica

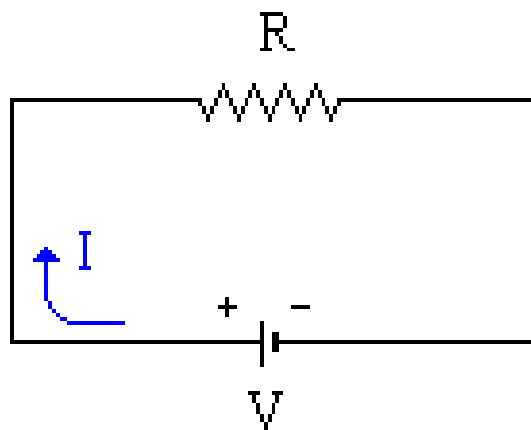
In presenza di una d.d.p.  $V$ , se una carica  $\Delta q$  è trasferita in un intervallo di tempo  $\Delta t$  l'energia trasferita sarà pari a

$$\Delta U = \Delta q V \quad \text{e poiché} \quad i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

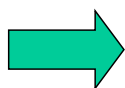
$$\rightarrow P = \frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{\Delta q}{\Delta t} V \rightarrow$$

$$P = i V$$

Unità di misura:  
**Watt**=Volt Ampere



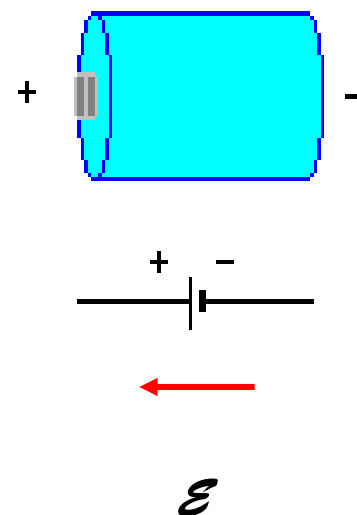
Dalla legge di Ohm:  $V = i R \rightarrow P = i V = i (iR)$



$$P = i^2 R$$

# Forza elettromotrice (fem)

Una sorgente non-elettrica di energia (generatore) è richiesta per far funzionare un dispositivo elettrico. Il generatore mantiene un potenziale maggiore sul polo + e un potenziale minore sul polo -. Nel generatore i portatori di carica positivi si muovono da regioni a basso potenziale (-) verso regioni a potenziale più alto (+)



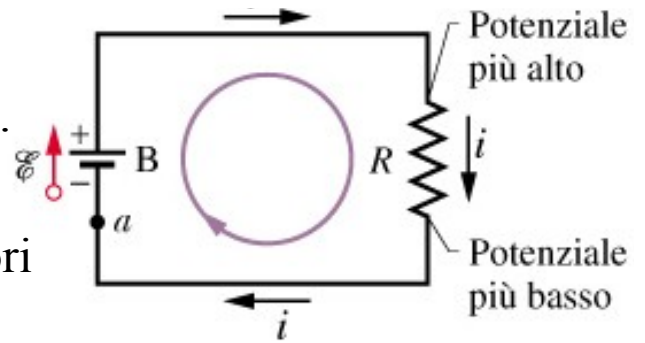
La differenza di potenziale massima che si stabilisce attraverso la batteria è detta **Forza elettromotrice (fem)  $E$** . (per esempio in una pila si ha **fem** = 1.5V)

$$\text{Energia prodotta dalla batteria } U = q V$$

# Calcolo del potenziale lungo il circuito elementare (singola maglia)

Partiamo dal punto **a** con potenziale  $V_a$  e giriamo (per esempio) in senso orario.

La corrente  $i$  lungo il circuito rimane invariata e il suo verso è sempre da valori alti di potenziale verso valori bassi.

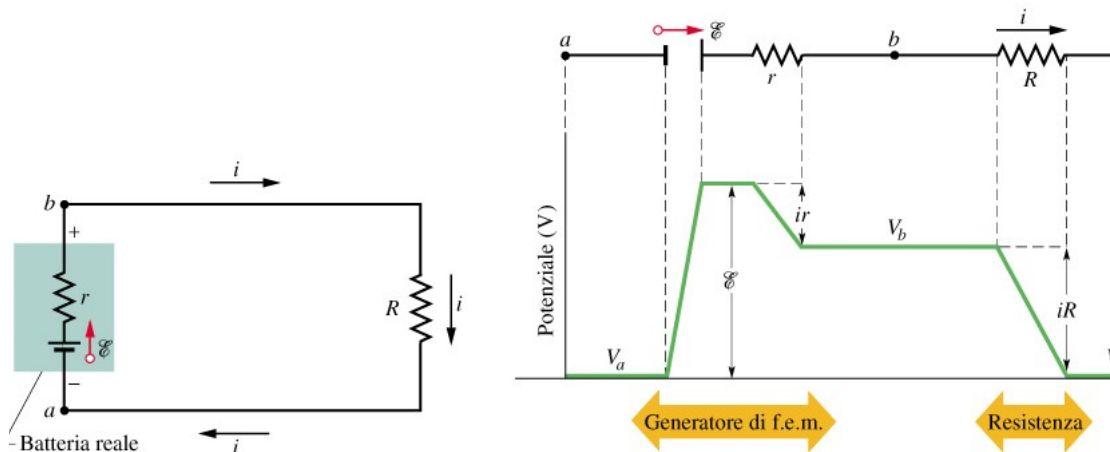


**Regola della resistenza:** Se si attraversa una resistenza nel verso della corrente, la variazione di potenziale (Ohm) è  $-i R$  (caduta di potenziale); nel verso opposto è  $+i R$  (salita di potenziale).

**Regola della f.e.m.:** Se si attraversa un generatore f.e.m. ideale nella direzione della freccia della f.e.m. la variazione di potenziale è  $+\mathcal{E}$ ; nella direzione opposta è  $-\mathcal{E}$ .

$$\Rightarrow V_a + \mathcal{E} - iR = V_a \quad \Rightarrow \mathcal{E} = iR \quad \Rightarrow \boxed{i = \mathcal{E} / R}$$

## Resistenza interna di un generatore reale



Calcolando come prima le V lungo il percorso chiuso si ha:

$$\mathcal{E} - i r - i R = 0$$

Legge di Kirckoff alle maglie applicata a una maglia singola con due resistenze.

$$\Rightarrow \boxed{i = \mathcal{E} / (r + R)}$$

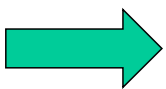
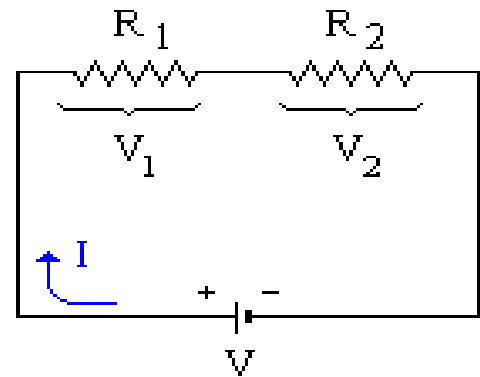
# Resistenze in serie

In un insieme di **resistenze in serie** la **corrente** che fluisce è **uguale attraverso ogni resistenza**, mentre la **differenza di potenziale** agli estremi della successione di resistenze è data dalla **somma delle singole differenze di potenziale**

Due resistenze:  $V = V_1 + V_2$

Applicando la legge di Ohm

$$V = iR_1 + iR_2 = i(R_1 + R_2) = iR_{eq}$$



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

La resistenza risultante di più resistenze in serie è data dalla somma delle resistenze singole.

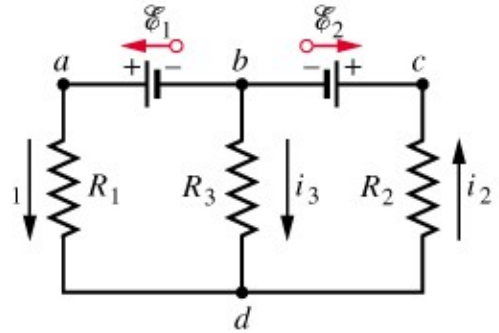
## N resistenze in serie

Dato un circuito con N resistenze **in serie** è possibile costruire un circuito equivalente avente una sola resistenza a sostituire la N resistenze. La resistenza equivalente  $R_{eq}$  sarà data da:

$$R_{eq} = \sum_{i=1}^N R_i$$

# Circuiti a più maglie

La figura mostra un circuito a due nodi (b e d) e tre rami (bad, bcd, bd).  
Quale corrente passa nei tre rami ?



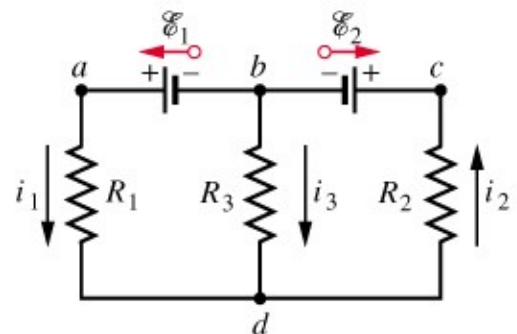
**Legge ai nodi (prima legge di Kirchhoff):** La somma delle correnti che entrano in un nodo deve essere uguale alla somma delle correnti che escono dal nodo stesso  
(La somma algebrica delle correnti ad un nodo e' nulla).

Al nodo b  $\rightarrow i_1 + i_3 = i_2$

Per poter calcolare tutte e tre le correnti servono altre due equazioni

**Legge alle maglie (seconda legge di Kirchhoff):** La somma algebrica delle differenze di potenziale rilevate su una maglia (circuito chiuso) in un giro completo è nulla.

Applichiamola al nostro caso ed in particolare alla maglia a sinistra (senso antiorario partendo da b):



$$E_1 - i_1 R_1 + i_3 R_3 = 0$$

e alla maglia destra (senso antiorario partendo da b)

$$-i_3 R_3 - i_2 R_2 - E_2 = 0$$

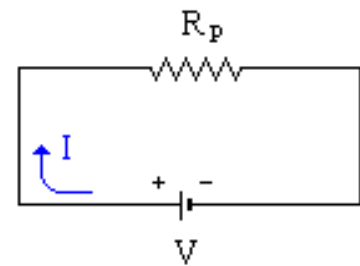
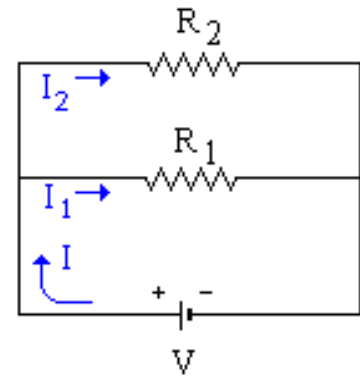
# Resistenze in parallelo

Hanno la **stessa differenza di potenziale** agli estremi e le **correnti si sommano**.

Legge di Ohm:  $i_1 = \frac{V}{R_1}$       $i_2 = \frac{V}{R_2}$

$$i = i_1 + i_2$$

$$i = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = V \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = V \left( \frac{1}{R_p} \right)$$



→  $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$  Il reciproco della resistenza risultante di più resistenze in parallelo è data dalla somma dei reciproci delle singole resistenze.

## n resistenze in parallelo

→  $\frac{1}{R_{eq}} = \sum_{j=1}^N \frac{1}{R_j}$  N resistenze in parallelo

Nel caso di due resistenze si ha:

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

## Esercizi Halliday

1E, 3P, 10E, 13E, 18P, 26E, 29E, 32P, 34P  
(quinta edizione capitolo 27)

1, 3, 9, 11, 20, 24, 25, 29, 30 (sesta edizione  
capitolo 26)

Esercizi svolti:

27.1, 27.4, 27.6 (quinta edizione)

26.1, 26.4, 26.6 (sesta edizione)

## Esercizi Halliday

1E, 6E, 12P, 14P, 18E, 22E, 24P,  
26P, 27P, 28P (quinta edizione capitolo  
28)

1, 4, 6, 8, 11, 12, 14, 20, 21, 22 (sesta  
edizione capitolo 27)

Esercizi svolti:

28.1, 28.2, 28.3, 28.4 (quinta edizione)

27.1, 27.2, 27.3, 27.4 (sesta edizione)