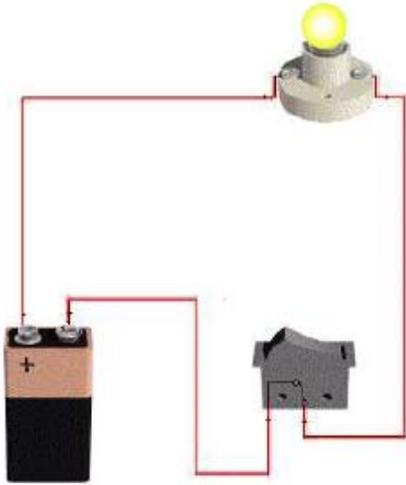


# Elettricità e circuiti

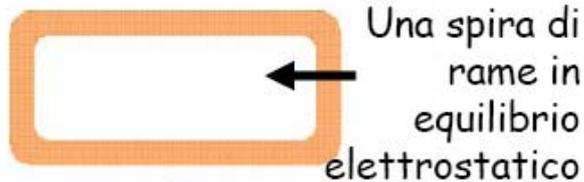
Generatori di forza elettromotrice  
Intensità di corrente  
Leggi di Ohm  
Resistenza e resistività  
Effetto termico della corrente  
Resistenze in serie e in parallelo  
Leggi di Kirchhoff

# Generatori di f.e.m.

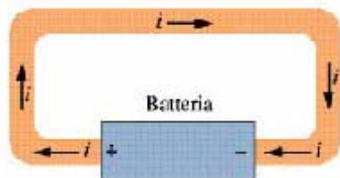


In un circuito semplice come questo chiudendo l'interruttore, fluisce della corrente elettrica, cioè gli elettroni di conduzione passano dal morsetto negativo a quello positivo, e noi ce ne possiamo accorgere perché a interruttore chiuso si accende la lampada

La batteria mantiene una differenza di potenziale tra gli estremi del filo. C'è un campo elettrico che mantiene gli elettroni in moto. Dopo un breve intervallo di tempo, il flusso di elettroni raggiunge una condizione stazionaria: si è instaurata una corrente  $i$ .



(a)

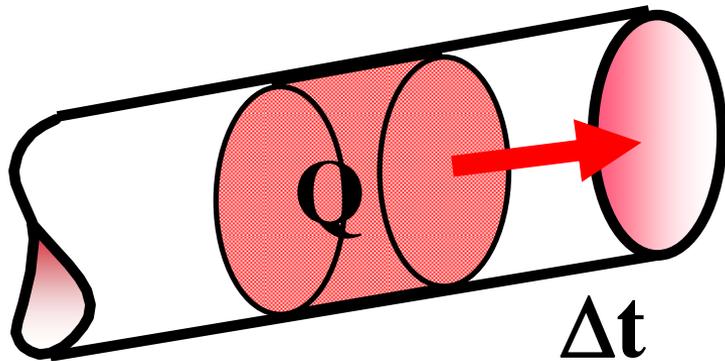


(b)

- pile, batterie, celle elettrochimiche trasformano energia chimica in energia elettrica
- generatori elettrici trasformano energia meccanica in energia elettrica
- celle a combustione trasformano energia termica di combustione in energia elettrica
- celle solari convertono direttamente l'energia della luce del sole in energia elettrica

# Corrente elettrica

intensità di corrente =  $\frac{\text{quantità di carica}}{\text{intervallo di tempo}}$



$$i = \Delta Q / \Delta t$$

$$A = C/s$$

ampère

Analogia tra il moto di:  
cariche elettriche → int.corrente  
fluidi → portata

L'**ampère** (=coulomb/sec) è la 5<sup>a</sup> **grandezza fondamentale** MKS.  
Il coulomb (=ampère·sec) diventa una grandezza derivata.

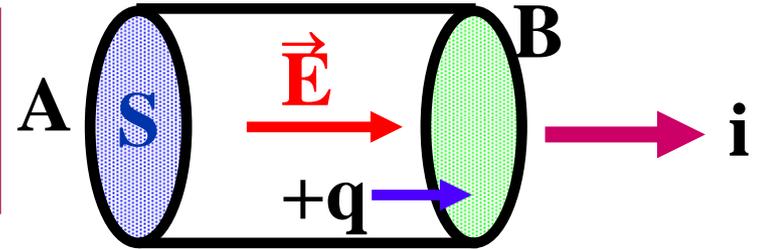
Quanti elettroni scorrono in 1 A di corrente?

$$1 \text{ A} = 1 \text{ C/s} = (Ne) \text{ C/s} = N \cdot (1.6 \cdot 10^{-19}) \text{ C/s} \rightarrow N = 1 / (1.6 \cdot 10^{-19}) = 6.25 \cdot 10^{18} \text{ elettroni.}$$

Es.

# Moto delle cariche elettriche

Normalmente la materia è elettricamente neutra: le cariche + (protoni) e - (elettroni) stanno legate dall'attrazione negli atomi.



Se c'è campo elettrico, si induce una separazione tra cariche + e -.  
Se gli elettroni sono liberi di muoversi nella struttura atomica/molecolare (es. metalli), si crea una corrente elettrica.

**Condizione necessaria al moto di cariche: differenza di potenziale**

Analogia fluidi: diff. pressione

**Direzione della corrente elettrica: moto cariche positive**  
(come campo elettrico: da potenziale maggiore a potenziale minore)  
**Moto reale della corrente: cariche negative (elettroni) in verso opposto**

$i(t)$  costante (moto stazionario)  
 $i(t)$  variabile (periodica)

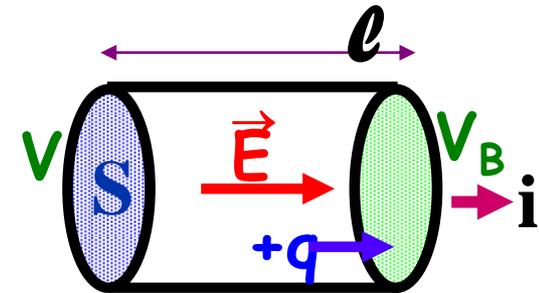
→ corrente continua  
→ corrente alternata

# Leggi di Ohm

In un circuito elettrico a cui e' applicata una d.d.p.:

1<sup>a</sup> legge di Ohm:  $\Delta V = V_A - V_B = Ri$

2<sup>a</sup> legge di Ohm:  $R = \rho \ell / S$



La corrente elettrica in un circuito è direttamente proporzionale alla d.d.p. applicata ai capi del circuito.

La "resistenza" a tale moto dipende dal tipo di sostanza, dalla geometria del circuito (lunghezza e sezione), dalla temperatura.

Analogia con i fluidi (→ legge di Poiseuille):

UGUALE!

La portata in un condotto è direttamente proporzionale alla differenza di pressione applicata ai capi del condotto.

La "resistenza" a tale moto dipende dal tipo di sostanza (viscosità), dalla geometria del circuito (lunghezza e sezione), dalla temperatura.

# Resistenza e resistività

resistenza elettrica =  $\frac{\text{differenza di potenziale}}{\text{intensità di corrente}}$



$$R = \Delta V / i$$

$$\Omega = V / A$$

ohm

Dipende da:

- geometria del circuito
- tipo di sostanza
- temperatura

$$R = \rho l / S$$

$$\rho = RS / l$$

$\rho$  = resistività elettrica

$$\Omega \cdot \text{m}^2 / \text{m} = \Omega \cdot \text{m}$$

dipende dalla temperatura  $\rho = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$

$\alpha \approx 5 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$   
per i conduttori

# Conduttori e isolanti

A parita' di d.d.p.,  
passa una corrente maggiore  
quando la resistenza e' minore.

$$\Delta V = Ri$$

$$R = \rho \ell / S$$

A parita' di circuito, la resistenza e'  
direttamente proporzionale alla resistivita'.

**Conduttori: bassa  $\rho$**

**metalli:**

argento, rame, ...  $\rightarrow \rho \sim 10^{-8} \Omega \cdot m$

**conduttori elettrolitici:**

liq. interstiziale  $\rightarrow \rho \sim 1 \Omega \cdot m$

**Isolanti: alta  $\rho$**

acqua distillata  $\rightarrow \rho \sim 10^3 \Omega \cdot m$

membrana assone  $\rightarrow \rho \sim 10^7 \Omega \cdot m$

vetro  $\rightarrow \rho \sim 10^{11} \Omega \cdot m$

**Semiconduttori**

silicio  $\rightarrow \rho \sim 2500 \Omega \cdot m$

germanio  $\rightarrow \rho \sim 0.45 \Omega \cdot m$

# Effetto termico della corrente

## Effetto Joule:

gli elettroni in moto (corrente) cedono energia cinetica agli ioni del reticolo molecolare del conduttore.

La perdita di energia cinetica ( $\Delta T=L$ ) diventa calore.

## Potenza dissipata:

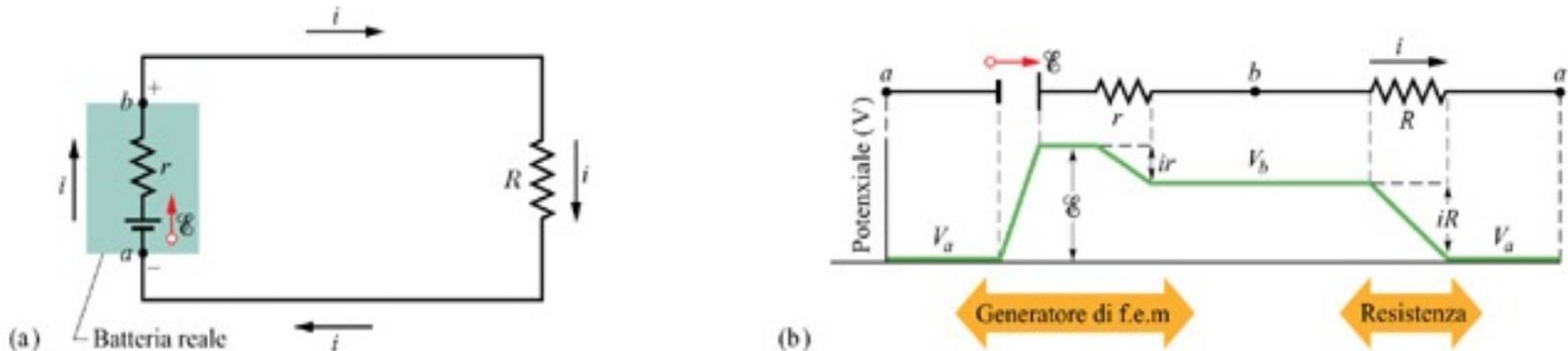
$$W = L/\Delta t = (q\Delta V)/\Delta t = \Delta V \cdot q/\Delta t = \Delta V \cdot i$$

Watt=  
Volt · Ampere

... o, sostituendo dalla 1ª legge di Ohm:  $W = \Delta V^2/R = i^2 R$

$$\begin{aligned} \text{Calore prodotto: } Q &= L = W \cdot \Delta t \text{ (joule)} \\ &= W \cdot \Delta t / 4.18 \text{ (kcal)} \end{aligned}$$

# Circuito elementare



$$V_a + \mathcal{E} - ir - iR = V_a$$

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

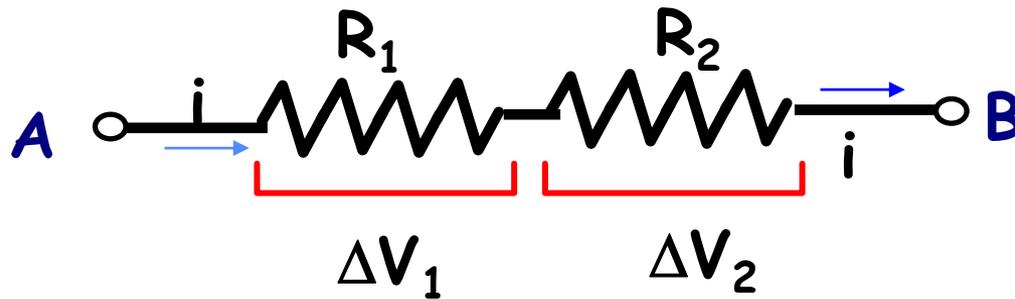
Un generatore di forza elettromotrice ( $\mathcal{E}$ ) compie lavoro sulle cariche per mantenere una differenza di potenziale ( $\Delta V_{ab}$ ) ai suoi terminali. Generatore ideale  $r=0$ ; reale  $r>0$ .

$\Delta V_{ab} = \mathcal{E}$  solo se non passa corrente nel generatore.

# Collegamenti di resistenze

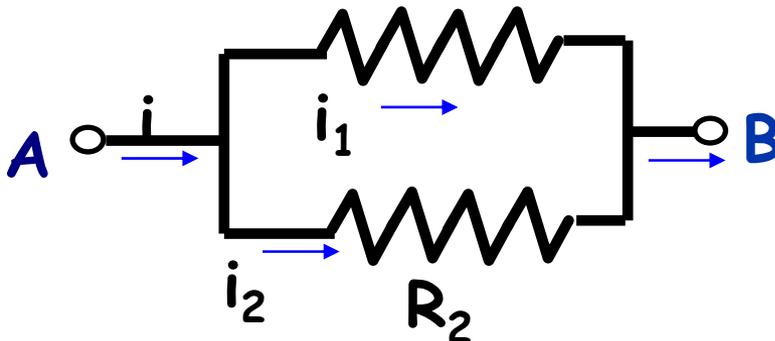
Nei circuiti elettrici:

resistenze in serie



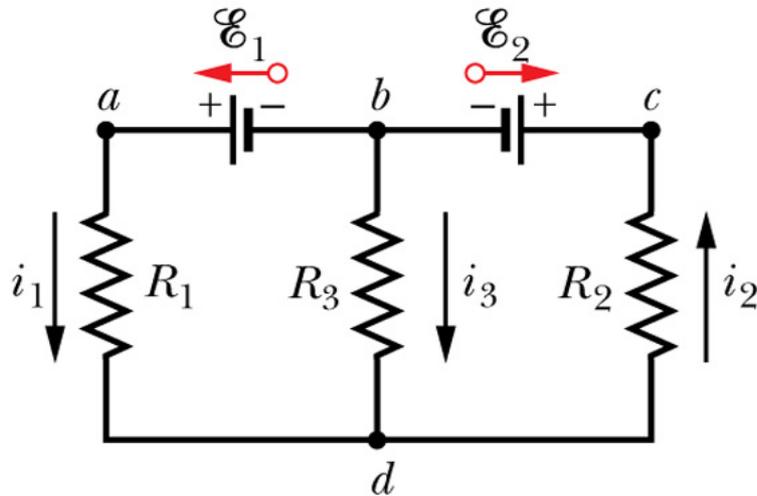
$$R = R_1 + R_2$$

resistenze in parallelo



$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

# Circuiti a più maglie

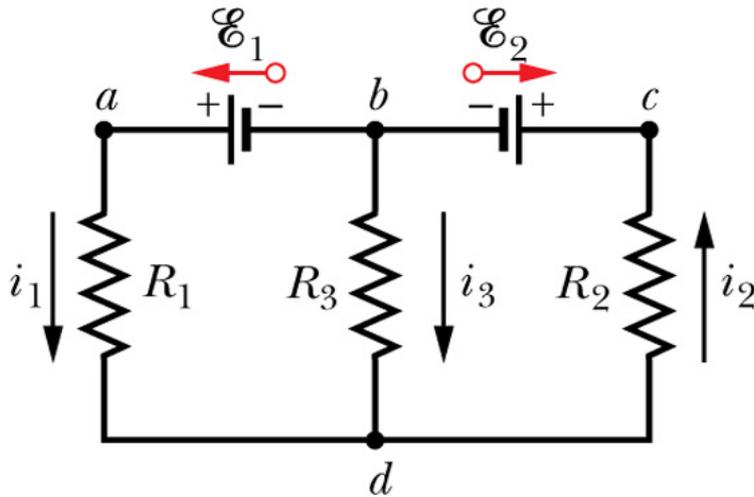


- Si assegna corrente a ogni ramo del circuito (bad: $i_1$ , bd: $i_3$ , bcd: $i_2$ )

**Legge dei nodi (1° legge di Kirchhoff):** la somma delle correnti entranti in un nodo deve essere uguale alla somma delle correnti uscenti (conservazione della carica elettrica).

$$i_1 + i_3 - i_2 = 0 \quad \text{Nodi: b, d}$$

# Circuiti a più maglie (2)



- Si sceglie arbitrariamente un verso di percorrenza della maglia;
- Regola della resistenza: caduta di potenziale  $-iR$  se si percorre maglia nel verso della corrente;
- Regola della f.e.m.: se si attraversa generatore da polo  $-$  a  $+$  la variazione di potenziale è  $+\varepsilon$  (viceversa se si va da  $+$  a  $-$ )

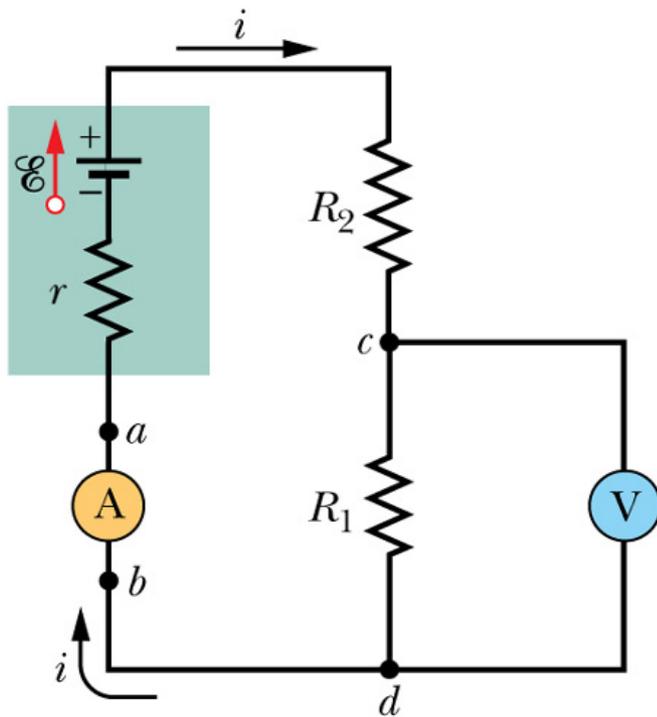
**Legge delle maglie (2° legge di Kirchhoff):** la somma algebrica delle differenze di potenziale su di un circuito chiuso è nulla (conservazione dell'energia).

$$\varepsilon_1 - i_1 R_1 + i_3 R_3 = 0 \quad \text{Maglia di sinistra}$$

$$\varepsilon_2 + i_2 R_2 + i_3 R_3 = 0 \quad \text{Maglia di destra}$$

*Sistema di 3 equazioni  
in 3 incognite (correnti)*

# Amperometri e voltmetri



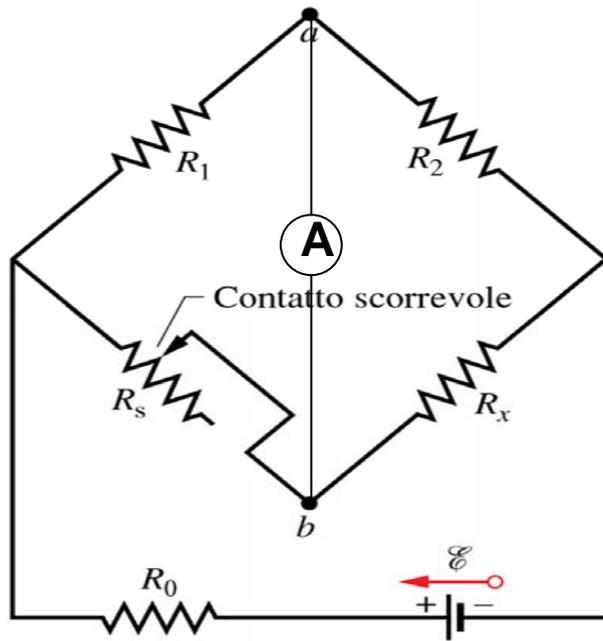
L'amperometro si inserisce in serie nel tratto di circuito di cui si vuole misurare la corrente.

Per non alterare significativamente il valore della corrente, la resistenza dell'amperometro  $R_A \ll R_1$  e  $R_2$

Il voltmetro si inserisce in parallelo tra due punti di cui si vuole misurare la d.d.p.

Per non modificare significativamente la d.d.p. a causa dell'inserimento dello strumento, deve essere  $R_V \gg R_1$  e  $R_2$

# Esercizio: il ponte di Wheatstone



Misura di  $R_x$ , variando  $R_s$  finché si ottiene  $V_a = V_b$  (cioè non passa corrente nell'amperometro A)

$$i_1 R_1 = i_s R_s$$

$$i_2 R_2 = i_x R_x$$

$$i_1 = i_2 \quad i_x = i_s$$

dividendo membro a membro le prime 2 equazioni

$$R_x = \frac{R_2 R_s}{R_1}$$

# Esercizio: soluzione di un circuito applicando le leggi di Kirchoff

Per esempio, si abbia il circuito a 2 maglie, con:

$$E_1 = 3 \text{ V}, \quad E_2 = 6 \text{ V}$$

$$R_1 = 2 \, \Omega, \quad R_2 = 4 \, \Omega$$

Per le leggi di Kirchoff:

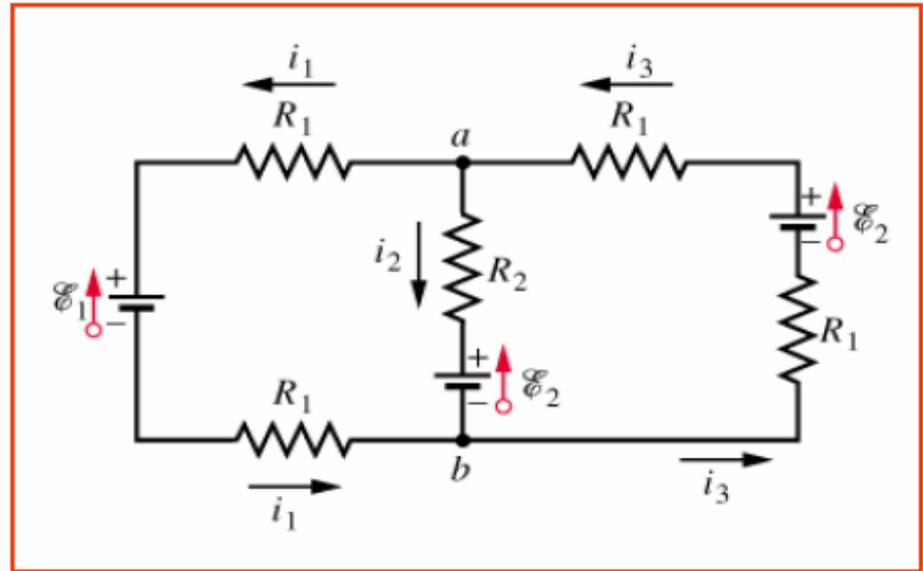
$$\text{nel nodo } a: i_3 = i_1 + i_2,$$

nella maglia di sinistra (scelto verso di percorrenza antiorario)

$$-i_1 R_1 - E_1 - i_1 R_1 + E_2 + i_2 R_2 = 0$$

nella maglia di destra (scelto verso di percorrenza orario da a):

$$+i_3 R_1 - E_2 + i_3 R_1 + E_2 + i_2 R_2 = 0$$



$$i_2 = -0.25 \text{ A}$$

$$i_1 = 0.50 \text{ A}$$

$$i_3 = 0.25 \text{ A}$$

La nostra scelta arbitraria del verso di  $i_2$  non ha individuato il verso giusto che è opposto a quello da noi scelto

I segni delle correnti e il verso di percorrenza delle maglie sono stati scelti in modo arbitrario. Risolvendo il sistema di equazioni si ricavano le correnti e il loro verso in ogni ramo del circuito.