

# Lezione 16 - Corrente e resistenza

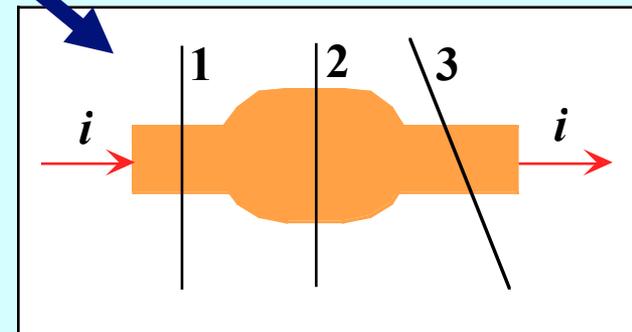
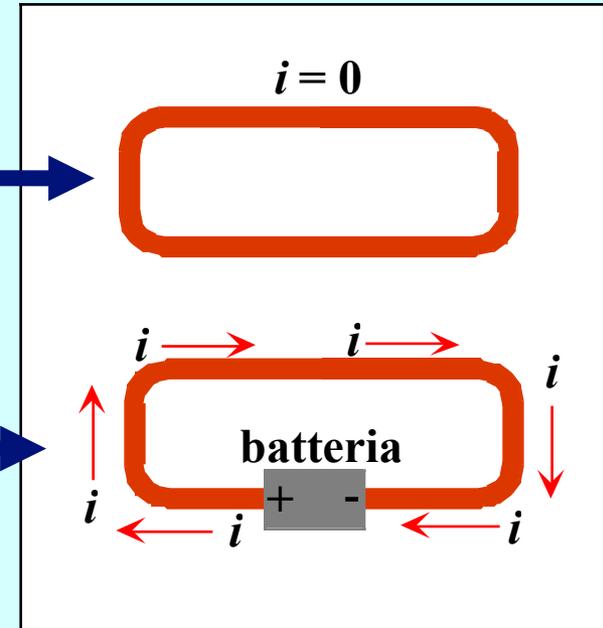
- Iniziamo ora lo studio degli effetti delle *cariche in movimento*
- In presenza di cariche in movimento si parla di **corrente elettrica** quando esiste un *trasporto netto* di carica elettrica
- Esempi di fenomeni con correnti elettriche
  - fulmini
  - segnali nervosi
  - monitor a tubi catodici
  - dispositivi elettronici ...

# Corrente elettrica

- Una spira conduttrice isolata è tutta allo stesso potenziale e non esiste un campo elettrico in grado di accelerare le cariche
- In presenza di una batteria, che mantiene una ddp, il campo elettrico all'interno del conduttore accelera le cariche fino allo stabilirsi di un *regime stazionario* in cui la *corrente è costante nel tempo*
- Se attraverso una sezione (1, 2 o 3 nella figura) di un conduttore passa una carica  $dq$  in un certo intervallo di tempo  $dt$  la corrente è data da

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

in condizioni stazionarie la corrente  $i$  è la stessa attraverso qualsiasi sezione del conduttore



# Corrente elettrica II

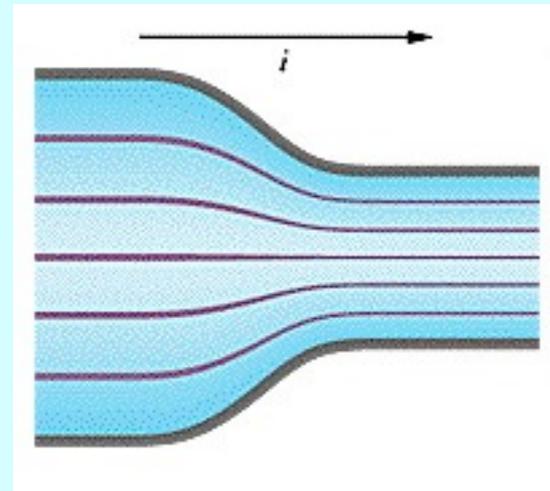
- L'unità di misura della corrente nel sistema SI è l'*ampere* (A):  $1 \text{ A} = 1 \text{ C/1s}$
- La corrente appena definita è una quantità scalare: le frecce che si usano per rappresentare graficamente le correnti indicano solo il verso del flusso in un dato conduttore e non godono delle proprietà di somma dei vettori
- Verso della corrente:

Il verso convenzionale della corrente è quello in cui si muoverebbero le cariche positive (anche se gli effettivi portatori sono cariche negative)

# Densità di corrente

- Per definire localmente la corrente all'interno di un conduttore bisogna usare la densità di corrente  $\mathbf{J}$
- $\mathbf{J}$  ha la direzione ed il verso del campo elettrico che in quel punto accelera le cariche ed ha intensità pari alla corrente per unità di area attraversata:

$$i = \int_{\text{sup}} \mathbf{J} \cdot d\mathbf{A}$$



# Resistenza elettrica

- La *resistenza*  $R$  di un conduttore tra due punti si determina applicando una ddp  $V$  e misurando la corrente  $i$  che ne risulta:

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

- L'unità SI di misura della resistenza è:

$$[resistenza] = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ampere}} = 1 \text{ Ohm} = 1 \ \Omega$$

- La resistenza di un particolare conduttore dipende in generale dalla sua forma geometrica, dal materiale di cui è fatto ed anche da come è applicato il potenziale

# Resistività

- In un punto particolare del conduttore dotato di resistenza (si dice anche *resistore*) avremo un campo elettrico  $\mathbf{E}$  che fa muovere le cariche ed una certa densità di corrente  $\mathbf{J}$
- La relazione tra  $\mathbf{E}$  e  $\mathbf{J}$  definisce la *resistività*  $\rho$

$$\mathbf{E} = \rho \mathbf{J}$$

- Unità SI della resistività:

$$\frac{[E]}{[J]} = \frac{\text{V/m}}{\text{A/m}^2} = \frac{\text{V}}{\text{A}} \text{m} = \Omega \cdot \text{m}$$

- La resistività, al contrario della resistenza, *dipende solamente dalla natura del materiale* di cui è composto il resistore

# Conducibilità

- Si può anche parlare di conducibilità elettrica  $\sigma$  di un materiale:

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

- Di conseguenza

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}$$

L'unità di misura SI per  $\sigma$  è il Siemens/m: S/m

# Resistività di vari materiali

Sostanza	Resistività $\rho$ [ $\Omega/\text{m}$ ]	Coefficiente termico di $\rho$ ( $\text{K}^{-1}$ )
Argento	$1.62 \times 10^{-8}$	$4.1 \times 10^{-3}$
Rame	$1.69 \times 10^{-8}$	$4.1 \times 10^{-3}$
Ferro	$9.68 \times 10^{-8}$	$6.5 \times 10^{-3}$
Silicio puro	$2.5 \times 10^3$	$-70 \times 10^{-3}$
Vetro	$10^{10} - 10^{14}$	

# Temperatura e resistività

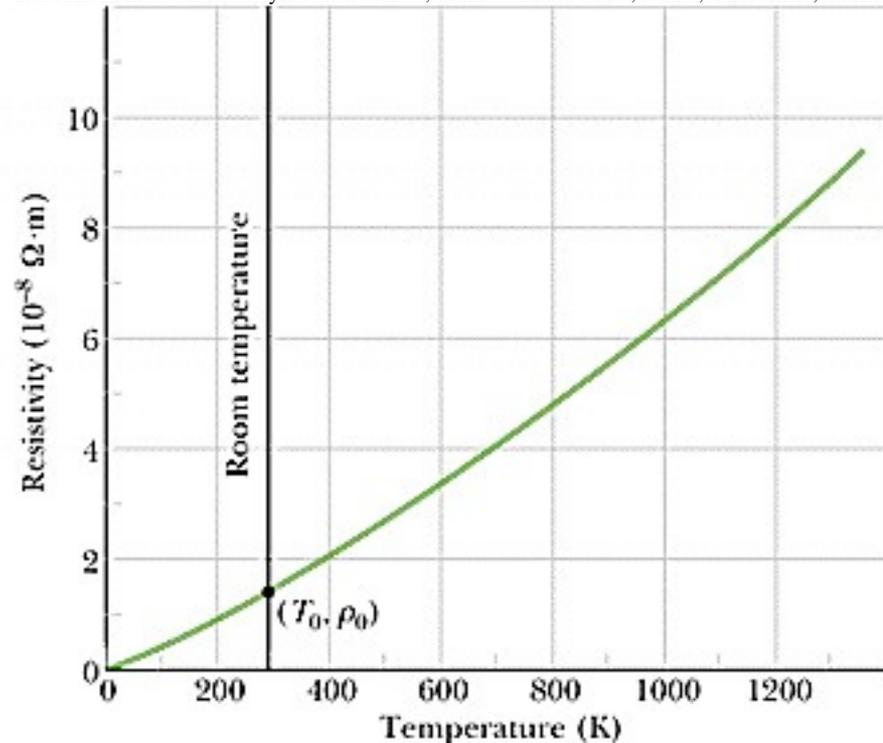
- Come la maggior parte delle proprietà fisiche, anche la resistività dei materiali varia con la temperatura  $T$
- Per i metalli, la relazione tra  $\rho$  e  $T$  è praticamente lineare per un largo intervallo di temperature

resistività del rame in funzione della temperatura

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

coefficiente termico di resistività

illustrazione tratta da: Halliday-Resnick-Walker, "Fondamenti di Fisica", IV Ed., Ambrosiana, Milano



# Legge di Ohm

- Legge di Ohm

La corrente che scorre attraverso un dispositivo è sempre direttamente proporzionale alla ddp applicata al dispositivo stesso

$$i = kV$$

Esistono due tipi di dispositivi elettrici:

- dispositivi che seguono la legge di Ohm
- dispositivi che **NON** seguono la legge di Ohm

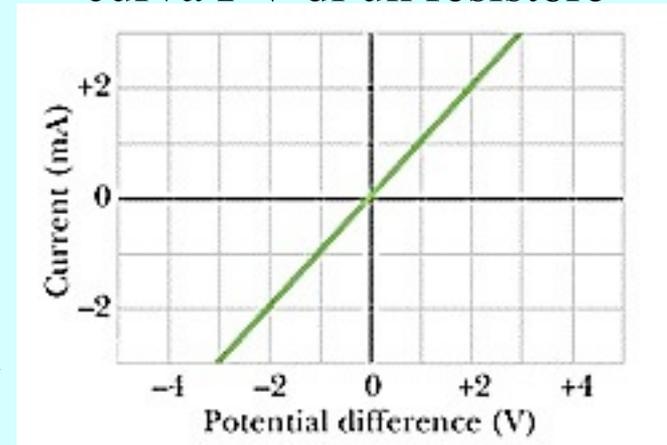
# Dispositivi ohmici e non

- In un *resistore*, che è un dispositivo *ohmico*, l'andamento della corrente è direttamente proporzionale alla ddp e la costante di proporzionalità è proprio il reciproco della resistenza

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

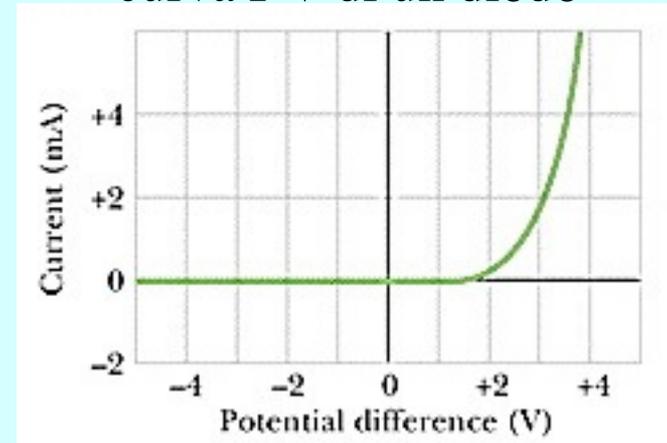


curva I-V di un resistore



- In un *diodo*, che non è ohmico, la corrente è nulla finché il potenziale non assume una certa polarità, dopodiché presenta un andamento fortemente non-lineare

curva I-V di un diodo



# Potenza nei circuiti elettrici

- Nel circuito di figura, una batteria stabilisce una ddp  $V$  tra i morsetti  $a$  e  $b$  di un generico dispositivo e fa passare una corrente  $i$
- In un intervallo di tempo  $dt$ , tra i due morsetti passa una carica  $dq = idt$ , la cui energia diminuisce di una quantità

$$dU = dqV = iVdt$$

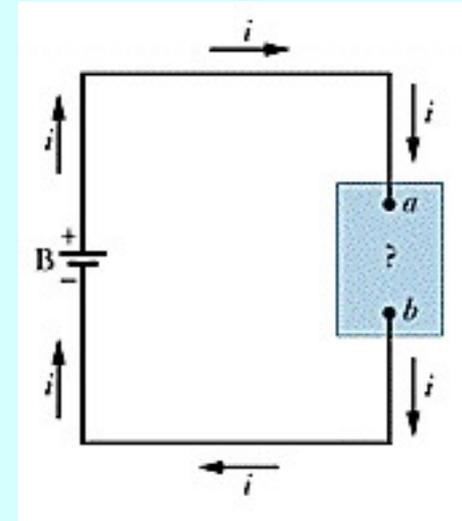


illustrazione tratta da: Halliday-Resnick-Walker, "Fondamenti di Fisica", IV Ed., Ambrosiana, Milano

- In base al principio di conservazione dell'energia, l'energia  $dU$  non può essere persa, ma deve essere trasformata da elettrica in altre forme
- La potenza  $P = \frac{dU}{dt} = iV$  associata a questa trasformazione di energia è proprio la *potenza trasferita dalla batteria al generico dispositivo*

# Potenza trasferita e dissipata

- La potenza sviluppata dalla batteria ha esiti diversi a seconda del dispositivo a cui essa viene trasferita:
  - motore elettrico: l'energia elettrica si trasforma in energia meccanica
  - accumulatore: l'energia elettrica si trasforma in energia chimica
  - resistore: l'energia elettrica viene dissipata in calore:

$$P = iV = i^2 R = \frac{V^2}{R}$$

potenza dissipata per dissipazione resistiva o “*effetto Joule*”