# Legge di Ohm

Quando c'è moto di carica in un conduttore si instaura un campo E≠0.
In generale la densità di corrente è

$$\vec{J} = nq\vec{v}_d$$

In un conduttore si stabiliscono densità di corrente **J** e campo **E** quando ai suoi capi è mantenuta una d.d.p.

d.d.p. costante ---> I costante

In molti materiali

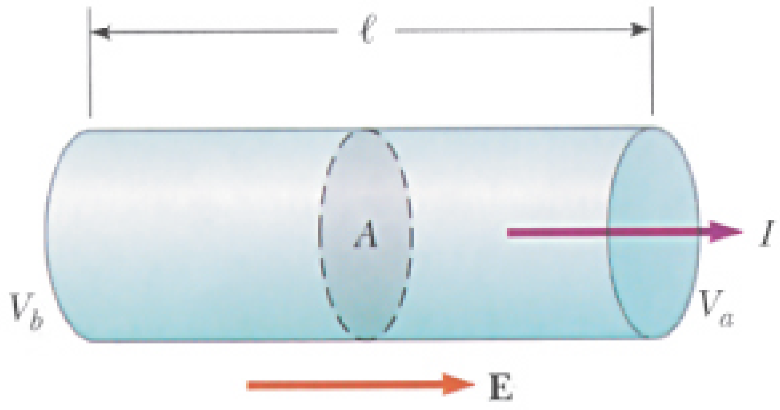
$$\boxed{\vec{J} = \sigma\vec{E}}$$

$\sigma$,conducibilità

Questi materiali si dicono *ohmici*

# Altra espressione legge di Ohm

Consideriamo filo rettilineo di sezione A e lunghezza l, si mantiene ΔV ai suoi capi, generando un campo **E** e una corrente; con campo uniforme $\Delta V = V_b - V_a$ è




$$\Delta V = El$$

e quindi

$$J = \sigma E = \sigma \frac{\Delta V}{l}$$

Ricavando ΔV

$$\Delta V = \frac{l}{\sigma} J = \left(\frac{l}{\sigma A}\right) I$$

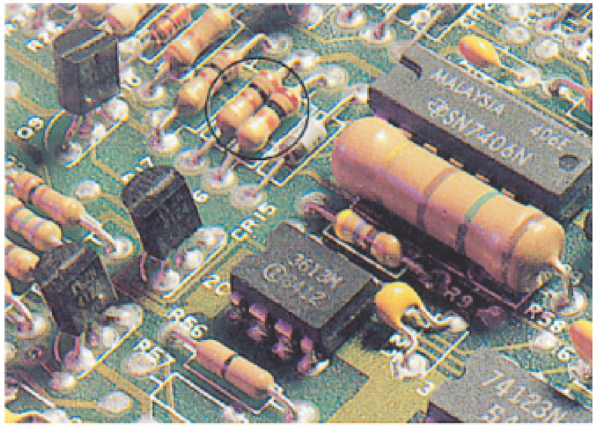
$$\boxed{R \equiv \frac{l}{\sigma A} \equiv \frac{\Delta V}{I}}$$

**Resistenza del conduttore**

$$\boxed{\Delta V = IR}$$

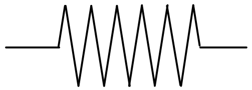
# Resistenza elettrica

resistenza dipendente da geometria, materiale e condizioni fisiche (T),



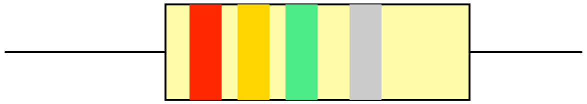
[R]= Ω    Ohm

$$\boxed{R = \rho \frac{l}{A}}$$



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

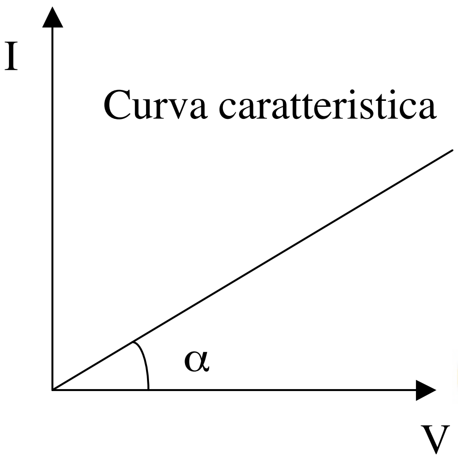
resistività    [ρ]=Ω m



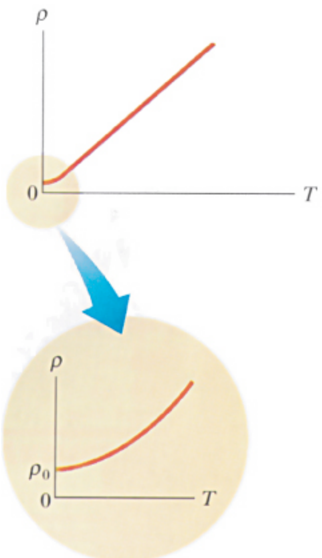
buon conduttore bassa ρ

2  3  5  10% $=23{*}10^{5}\ \Omega$
5% Au

Curva caratteristica    tgα=1/R=G conduttanza

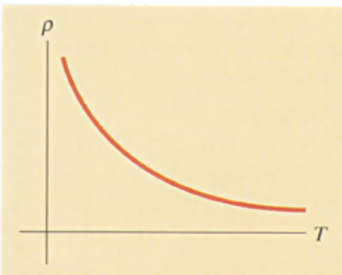



dipendenza da T: $\boxed{\rho(T) = \rho_0(1 + \alpha T)}$



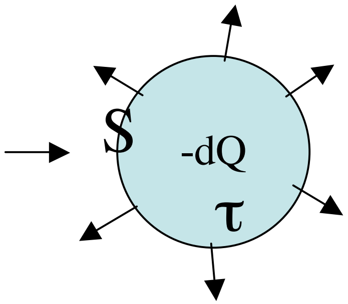

$\rho_0$ a 0 $^{0}$C , α>0 per metalli

| a 20 $^{0}$C | ρ(Ωcm) | α($^{0}C^{-1}$) |
|---|---|---|
| Argento | 1.6 10-6 | 3.8 10-3 |
| Rame | 1.7 10-6 | 4.0 10-3 |
| Alluminio | 2.8 10-6 | 3.9 10-3 |
| Silicio | 6.4 $10^{4}$ | -75. $10^{-3}$ |



# Equazione continuità corrente

In un sistema isolato la carica si conserva, si può correlare **J** e dρ/dt




Scelto un volume τ racchiuso dalla superficie S contenente la carica totale Q(t); se nel tempo dt Q(t) diminuisce di dQ allora dQ deve essere uscita da S

$$-dQ = \int_S \vec{J} \cdot d\vec{S} dt$$

ρ, densità di carica volumetrica

$$Q(t) = \int_\tau \rho(x,y,z,t) d\tau$$

S fissa $\quad \dfrac{dQ}{dt} = \displaystyle\int_\tau \frac{\partial \rho}{\partial t} d\tau$

Si può dimostrare che

$$\int_S \vec{J} \cdot d\vec{S} = \int_\tau \vec{\nabla} \cdot \vec{J} d\tau$$

con $\quad \vec{\nabla} = \dfrac{\partial}{\partial x}\vec{i} + \dfrac{\partial}{\partial y}\vec{j} + \dfrac{\partial}{\partial z}\vec{k}$ $\quad$ divergenza

$$-\int_\tau \underset{=}{\frac{\partial \rho}{\partial t}} d\tau = \int_\tau \underset{=}{\vec{\nabla} \cdot \vec{J}} d\tau \qquad \forall \tau$$

$$-\frac{\partial \rho}{\partial t} = \vec{\nabla} \cdot \vec{J} \equiv div\vec{J}$$

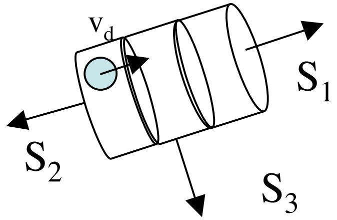
$$\boxed{\vec{\nabla} \cdot \vec{J} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0}$$

Equazione di continuità

# I legge di Kirchhoff

$$(1)\ \int_\tau div\vec{J}\,d\tau = \int_S \vec{J}\cdot d\vec{S} = 0$$

In condizioni stazionarie $\frac{\partial\rho}{\partial t} = 0 \rightarrow div\vec{J} = 0$ cioè $\Phi(\mathbf{J})=0$ **J** solenoidale




Stessa corrente in $S_1$,$S_2$ di un tubo di flusso di $v_d$

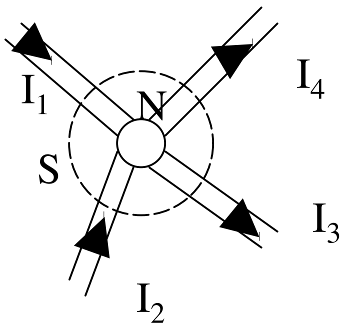
$$\int_{S_1} \vec{J}\cdot d\vec{S} + \int_{S2} \vec{J}\cdot d\vec{S} + \int_{S_3} \vec{J}\cdot d\vec{S} = 0$$

S chiusa

$v_d$ tangente a generatrici superficie laterale S3 --> $\int_{S3} \vec{J}\cdot d\vec{S} = 0$

$$\int_{S_1} \vec{J}\cdot d\vec{S} + \int_{S2} \vec{J}\cdot d\vec{S} = I_1 + I_2 = 0$$

$I_1$,$I_2$ uguali e opposte; se verso convenzionale di flusso delle correnti è assunto concorde per entrambe le sezioni, la corrente attraverso S1, S2, è la stessa.




Generalizzando a più fili conduttori che convergono in un NODO N dalla (1) si ha

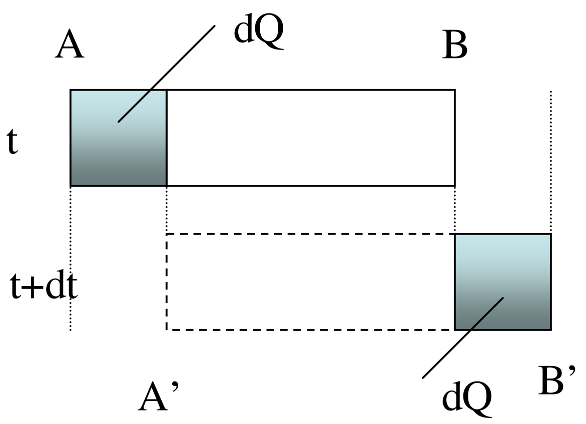
$I_1+I_2+I_3+I_4=0$

$$\boxed{\sum_i I_i = 0}$$

convenzione: I>0 uscente
I<0 entrante

# Legge di Joule

Effetto del passaggio di corrente in un conduttore è il riscaldamento del filo (lampade, stufe…)




Tratto di conduttore di estremi A,B con potenziale costante $V_A$,$V_B$ in cui scorre I stazionaria;
In dt cariche libere si spostano di $dl=v_d\,dt$, le cariche in t occupano AB
In t+dt occupano A’B’
Equivale a spostare dQ=Idt da $V_A$ a $V_B$
Campo elettrico compie lavoro

$$dL=dQ(V_A-V_B)= I\,\Delta V\,dt$$

La potenza sviluppata da campo elettrico

$$\boxed{W=\frac{dL}{dt}=\frac{dQ}{dt}(V_A-V_B)=I\Delta V=I(V_A-V_B)}$$ Legge di Joule

L’energia spesa si trasforma in energia termica; il conduttore si scalda e, a regime, la potenza dissipata si disperde verso l’ambiente
In un conduttore ohmico si ha:

$$W=I\Delta V=I^2R=\frac{(\Delta V)^2}{R}$$

# Trasporto energia

Nel trasportare energia elettrica sulle linee di potenza, le compagnie cercano di rendere minima
La potenza trasformata in energia interna e rendere massima quella fornita all'utilizzatore.

$W=I\Delta V$ --> stessa potenza con alta I e bassa $\Delta V$ oppure bassa I e alta $\Delta V$
Si è scelto il trasporto a bassa I e alta $\Delta V$ (ragioni economiche, Cu)

Per un dato $\Delta V$, R fissato alto --> bassa I e alto $\Delta V$

Fuori città si hanno anche $\Delta V$=760 KV

In città si riduce a 4 KV per poi arrivare a 220 V

Es. Potenza di uno scaldabagno
Scaldabagno costituito da filo NiCr di $R=32\ \Omega$
Con $\Delta V$=220 V. Corrente nel filo e potenza?

$\Delta V=IR$ --> $I=\Delta V/R= 200V/32\Omega=6.9$ A

$W=I^2R=(6.9A)^2\ 32\ \Omega=1.5$ KW

Raddoppiando $\Delta V$ $\Delta V'=2\Delta V$ --> $I'=2I$ --> $W'=4W$

# Generatore di fem

Dispositivo capace di mantenere un d.d.p. costante ai capi di un conduttore percorso da corrente.

**Fem** come lavoro svolto sull'unità di carica   si misura in Volt

Lavoro può essere di diversa natura: meccanica(dinamo, alternatori..), chimica(pile, accumulatori) luminosa(celle voltaiche)

Passaggio di corrente ---> dissipazione per effetto Joule; il generatore fornisce questa energia

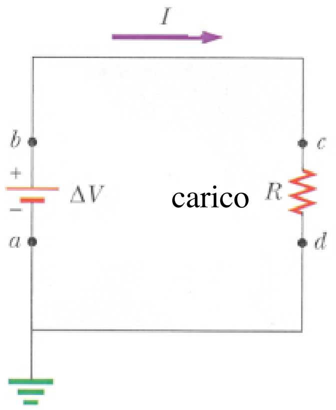
a,b  morsetti del generatore

Se I=0  ΔV= fem   tensione a circuito aperto

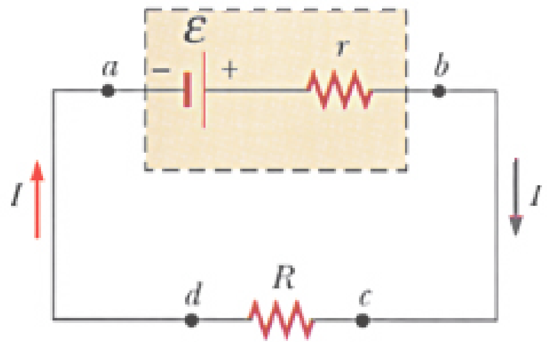
$V_b - V_a = \Delta V = \mathcal{E} - Ir \qquad I = \dfrac{\varepsilon}{r + R}$

$P = I\mathcal{E} = I^2R + I^2r$

pot batt   carico est   res int




Generatore reale r≠0




Adattamento carico

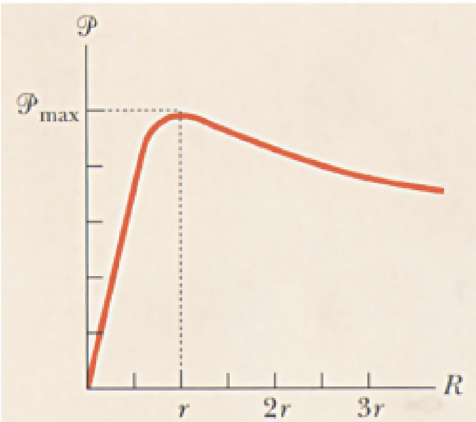
Max potenza trasferita a carico?

r=R

$$P = I^2R = \frac{\varepsilon^2}{(r + R)^2}R$$

dP/dR=0 --> r=R

$P(r=R) = e^2/4r$




Ettore Focardi