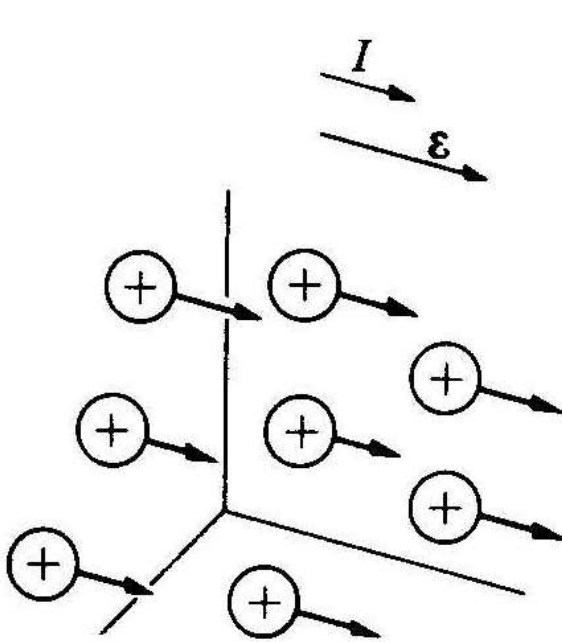


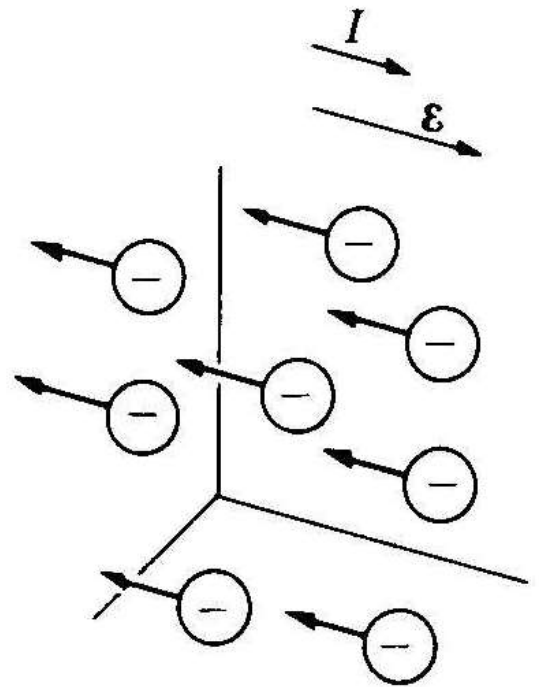
CORRENTE ELETTRICA

- **Definizione di corrente elettrica;**
- **La corrente elettrica e la densità di corrente elettrica in un conduttore;**
- **Legge di Ohm e conducibilità elettrica;**
- **Potenza elettrica, effetto Joule**

CORRENTI ELETTRICHE



(a) Cariche positive



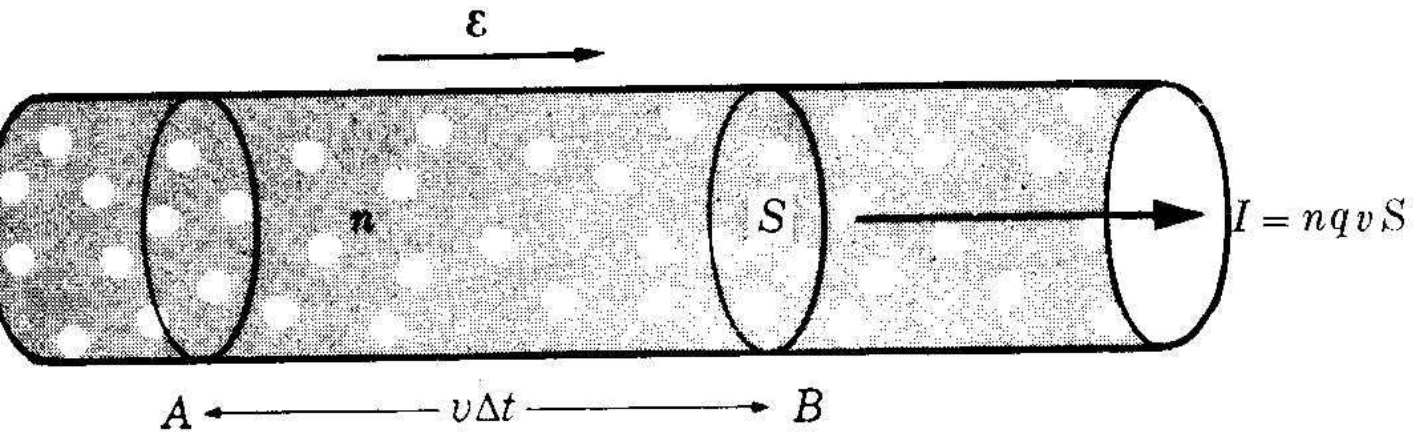
(b) Cariche negative

La corrente elettrica è un flusso di particelle cariche. L'intensità di una corrente è definita come la quantità di carica netta che attraversa nell'unità di tempo una superficie:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

L'unità di misura di I nel S.I. è **C/s** detta **Ampere (A)**

LA CORRENTE ELETTRICA IN UN CONDUTTORE



Prendiamo un filo conduttore di sezione S .

Nel conduttore ci sono n particelle cariche per unità di volume, ognuna di carica q , in moto con velocità v nella stessa direzione.

Attraverso la sezione in B passano nel tempo Δt le cariche contenute nel volume delimitato dalle sezioni A e B

$$\Delta Q = nqSv\Delta t$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = nqSv$$

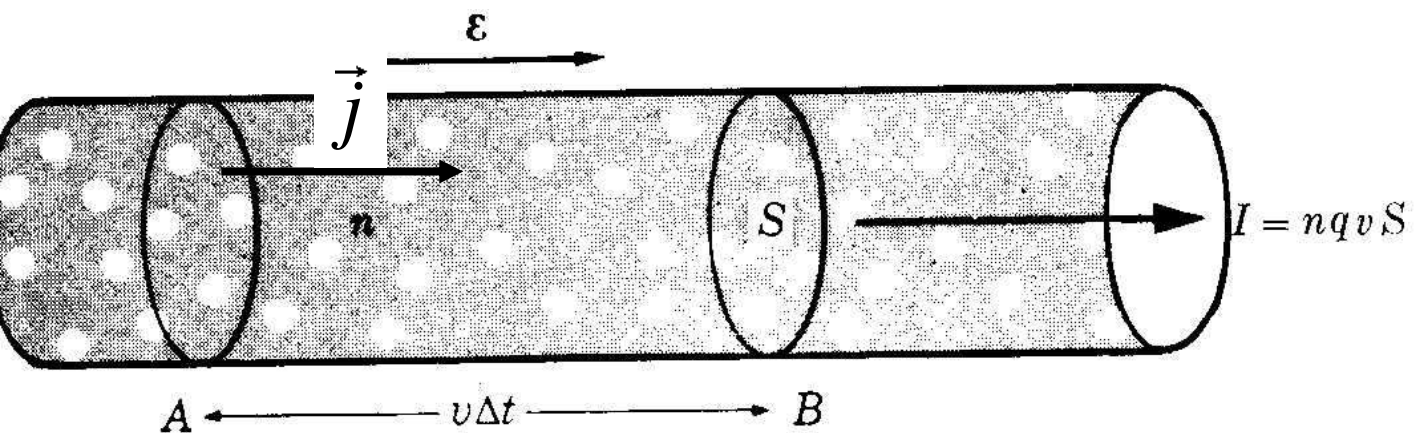
Definendo la densità di corrente come la corrente che passa per una superficie unitaria

$$j = \frac{I}{S} = nqv$$

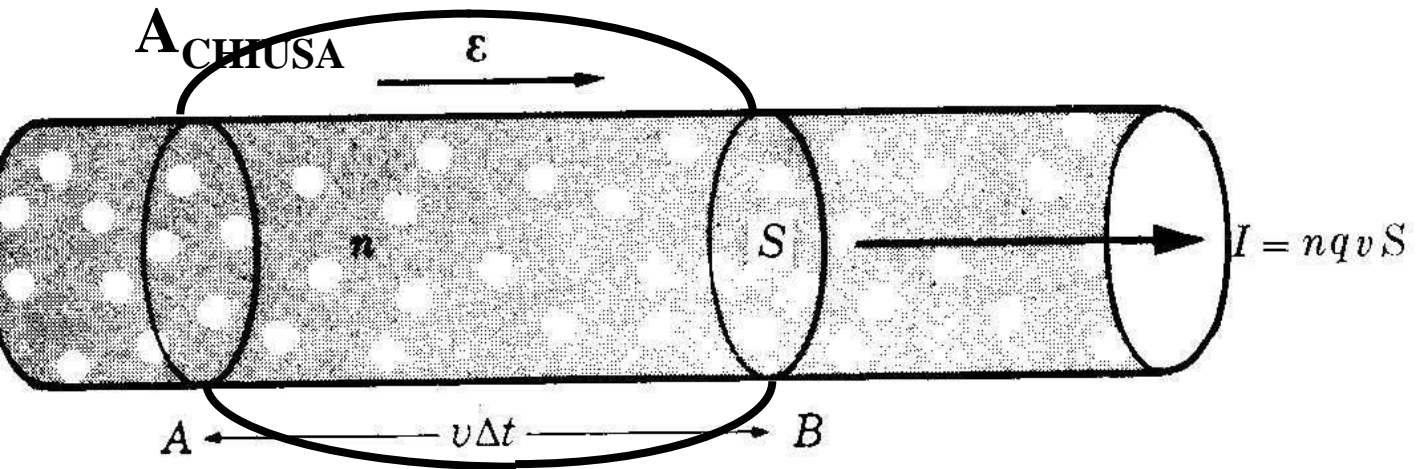
Tenendo conto che la velocità è un vettore

$$\vec{j} = nq\vec{v}$$

La densità di corrente nel S.I. si misura in A/m²



CONSERVAZIONE DELLA CARICA IN CORRENTE STAZIONARIA



Prendiamo un filo conduttore di sezione S in cui fluisce una corrente elettrica stazionaria I .
Calcoliamo il flusso del vettore densità di corrente attraverso la superficie chiusa A_{CHIUSA}

$$\oint_{A_{CHIUSA}} \vec{j} \cdot d\vec{S} = 0$$

Questa equazione rappresenta la conservazione della carica all'interno della superficie A_{CHIUSA}

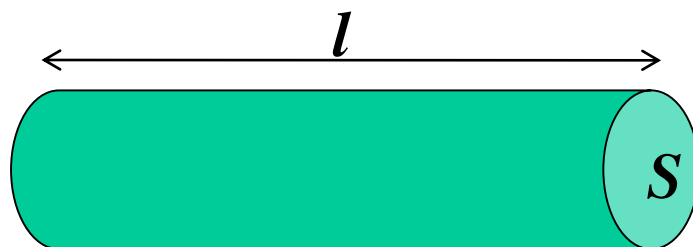
Legge di Ohm

In un materiale conduttore (con elettroni liberi) la presenza di un campo elettrico E dà origine ad un moto ordinato degli elettroni che si sovrappone al moto termico casuale.

A temperatura costante il rapporto tra la differenza di potenziale fra due punti e la corrente elettrica è una costante detta resistenza elettrica R (Legge di Ohm).

$$\Delta V = RI$$

Nel S.I. la unità di misura di R è l'**OHM Ω**



Legge di Ohm

In un materiale conduttore (con elettroni liberi) la presenza di un campo elettrico E dà origine ad un moto ordinato degli elettroni che si sovrappone al moto termico casuale. Il moto ordinato in direzione del campo E viene chiamato moto di deriva.

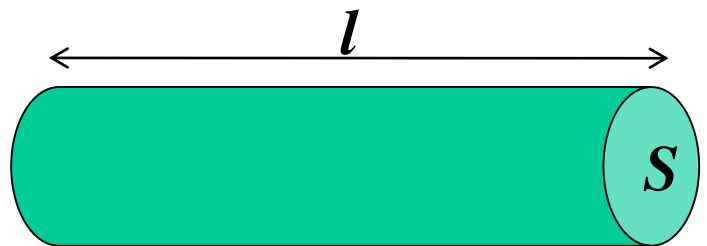
A temperatura costante il rapporto tra la differenza di potenziale fra due punti e la corrente elettrica è una costante detta resistenza elettrica R (Legge di Ohm).

$$\Delta V = RI$$

Nel S.I. la unità di misura di R è l'**OHM Ω**

Conducibilità elettrica

Consideriamo la densità di corrente in un conduttore cilindrico di sezione S e lunghezza l ai cui capi si pone una diff. di pot. ΔV abbiamo:



$$j = nqv_{Deriva}$$

La v_{DERIVA} è la velocità stazionaria che raggiungo le cariche in modo ordinato sotto l'effetto del campo elettrico E .

Per calcolare tale velocità si usa la meccanica Newtoniana sulle singole cariche e si suppone che le cariche periodicamente (tempi medi τ) urtino gli atomi trasferendo l'energia cinetica acquisita nel moto di deriva e ripartendo.

$$qE = m_q \frac{\Delta v}{\Delta t} = m_q \frac{v_{Deriva}}{\tau}$$

$$v_{Deriva} = \frac{qE\tau}{m_q}$$

$$j = nqv_{Deriva} = nq \frac{qE\tau}{m_q} = \frac{nq^2\tau}{m_q} E = \sigma E$$

σ è detta conducibilità elettrica con unità di misura nel S.I. $(\Omega \text{ m})^{-1}$

$$j = \sigma E$$

$$jS = \frac{\sigma S}{l} El$$

$$I = \frac{1}{R} \Delta V$$

Questa relazione collega la conducibilità e la resistenza elettrica:

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

Si definisce anche la resistività elettrica $\rho = \frac{1}{\sigma}$
che nel S.I. si misura in $\Omega \cdot \mathbf{m}$

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

Tenendo poi conto delle due relazioni:

$$j = \sigma E$$

$$j = nq v_{Deriva}$$

si ottiene $v = \left(\frac{\sigma}{nq} \right) \cdot E$

← mobilità

Quindi i portatori di carica in un conduttore raggiungono una velocità di deriva costante anche se sono sottoposti alla forza del campo elettrico.

Si può quindi supporre l'esistenza di un meccanismo di perdita di energia cinetica ---> urto con gli atomi.

IL CONDUTTORE SI SCALDA (effetto Joule)

Potenza elettrica

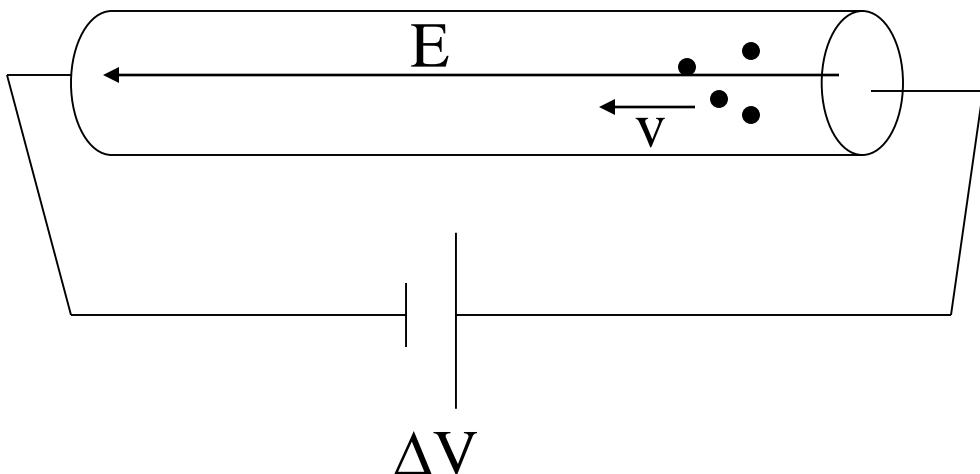
In un materiale conduttore l'energia fornita alle cariche per tenerle in moto è persa negli urti con gli atomi (sotto forma di calore, effetto Joule).

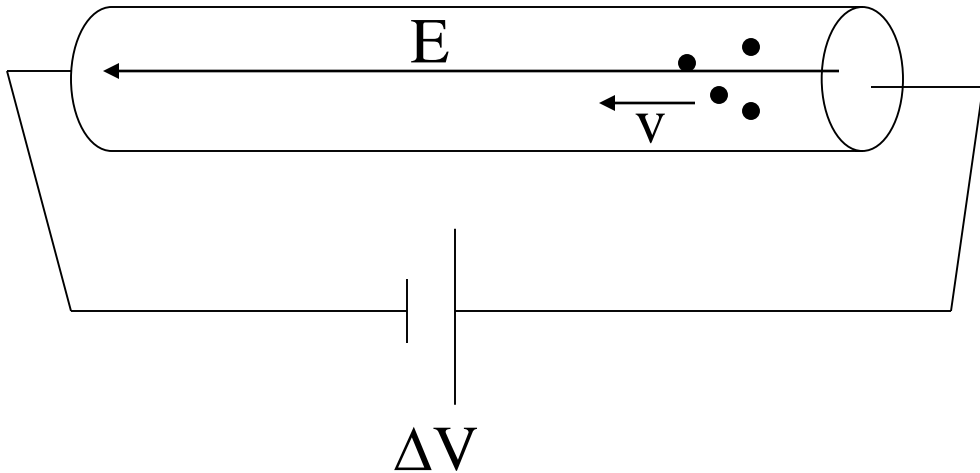
Supponiamo di voler spostare N cariche q nel tempo Δt attraverso la diff. di pot. ΔV . L'energia per unità di tempo (potenza, P) vale:

$$P = \frac{\text{energia}}{\Delta t} = \frac{(Nq)\Delta V}{\Delta t} = \frac{\Delta Q \Delta V}{\Delta t}$$

$$P = I \Delta V = RI^2$$

\nwarrow
 $\Delta V = RI$





$$P = I\Delta V = RI^2$$

$$Energia = P\Delta t = I\Delta t\Delta V = I\Delta t \cdot RI$$

Se le cariche che costituiscono una corrente devono percorrere un cammino chiuso (circuito), esse hanno bisogno di energia per rimanere in moto nonostante gli urti con il reticolo.

$$\textbf{ENERGIA FORNITA = ENERGIA PERSA IN URTI}$$

$$\Delta Q \Delta V = \Delta Q RI$$

da cui in un circuito deve essere fornita dall'esterno una energia ΔV (*detta forza elettro motrice fem*) per vincere la resistenza elettrica totale R

Esercizio IV A

Vediamo di calcolare la resistività e la velocità di deriva degli elettroni di un conduttore di rame cilindrico in cui circola una corrente **$I=100\text{ A}$** .

densità elettronica **$8.49 \cdot 10^{28}\text{ elettroni/m}^3$**

diametro **$d=5\text{ mm}$** , lunghezza **$l=1\text{ m}$**

diff. di pot. applicata ai capi del filo **$V=86\text{ mV}$**

velocità termica degli elettroni supposti

un gas ideale $v_t=(3kT/m_e)^{1/2}=1.17 \cdot 10^5\text{ ms}^{-1}$

velocità di deriva $v=3.7 \cdot 10^{-4}\text{ m/s}$, $t\text{ transito} = 45\text{ min}!!!$

resistività rame $\rho=1.69 \cdot 10^{-8}\text{ ohm m}$

Esercizio IV B

In un materiale isolante si ricava una semisfera di raggio

$r_1 = 1\text{ m}$, sulla cui superficie si deposita uno strato

conduttore, che viene riempita di un liquido con

$\rho=5 \times 10^{10}\text{ }\Omega\text{m}$.

Nel liquido si immerge un elettrodo emisferico di raggio

$r_2 = 0.5\text{ m}$ e concentrico con l'altra emisfera. Determinare la

corrente che circola nel liquido quando è applicata una

tensione tra i due elettrodi **$V = 50\text{ V}$** .

*resistenza totale **$R=8\text{ G}\Omega$***

*corrente **$I=6.3\text{ nA}$***

Vediamo di calcolare la resistività e la velocità di deriva degli elettroni di un conduttore di rame cilindrico in cui circola una corrente **$I=100\text{ A}$** .

densità elettronica **$8.49 \cdot 10^{28}$ elettroni/m³**

diametro **$d=5\text{ mm}$** , lunghezza **$l=1\text{ m}$**

diff. di pot. applicata ai capi del filo **$V=86\text{ mV}$**

velocità termica degli elettroni supposti

un gas ideale $v_t=(3kT/m_e)^{1/2}=1.17 \cdot 10^5\text{ ms}^{-1}$

