

Esperimentazione fisica II A

2005-2006

Prof. Ettore Focardi

3 Ottobre – 2 Dicembre 2005

Programma:

Richiami di elettrostatica: Carica elettrica, Forza di Coulomb, Campo Elettrico, Potenziale elettrico.

Corrente elettrica, legge di Ohm, leggi dei circuiti in corrente continua, Componenti circuitali; circuiti in corrente alternata, Potenza nei circuiti in continua e alternata.

Strumenti di misura: Galvanometro, amperometro, Voltmetro, Ohmetro, multimetro, oscillografo

Misure di resistenza: Ponte di Wheatstone

Metodo potenziometrico, Divisore di tensione.

Ponti in corrente alternata.

Testi:

Qualunque testo di “Fisica II”

G.Poggi “Esperimenti di Elettrocità e Magnetismo” Dispense

Ettore Focardi

Organizzazione

Lezioni teoriche per ~30 ore (3 Ottobre -2 Dicembre)

Lezioni disponibili su <http://hep.fi.infn.it/FOC/lezespfisIIA.htm>

4 esperienze di laboratorio (7-9/11, 14-16/11, 21-23/11, 28-30/11)

- 1) Multimetri e Ponte di Wheatstone 
- 2) Misure con oscillografo 
- 3) Metodo potenziometrico 
- 4) Ponti in alternata 

Le esperienze sono svolte in **gruppi** di 2-3 persone.

Per ogni esperienza e' prevista la consegna di una relazione scritta la settimana successiva allo svolgimento dell'esperienza.

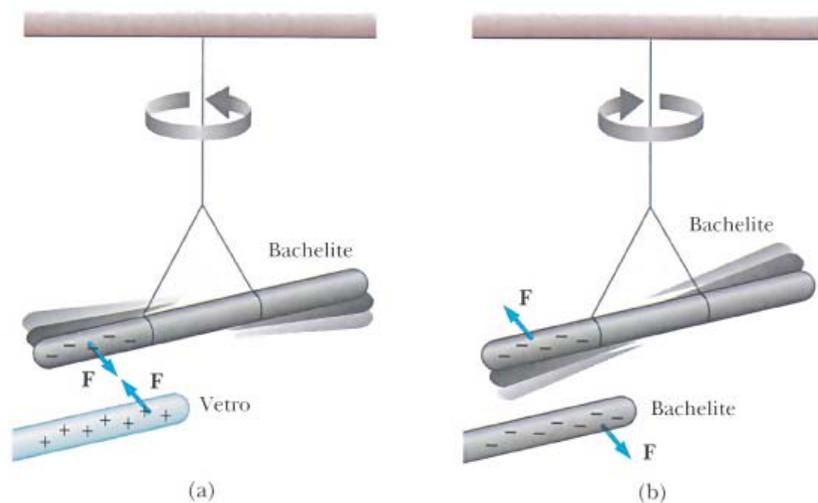
A fine corso chi ha consegnato **3 relazioni** sufficienti puo' partecipare ad una **verifica scritta** che permette di ottenere l'accreditamento.

Ricevimento: Martedi' 15-17 Date esami: 14/12/05, 11/1/06

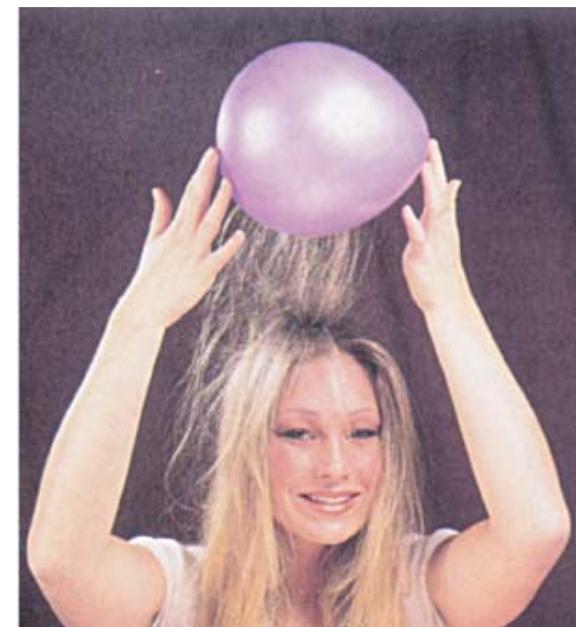
Elettricità

Scopo del corso è quello di entrare in contatto con i fenomeni e le grandezze elettriche in modo da imparare ad utilizzare la strumentazione che poi sarà utilizzata per la sperimentazione ed eventualmente nella vita quotidiana.

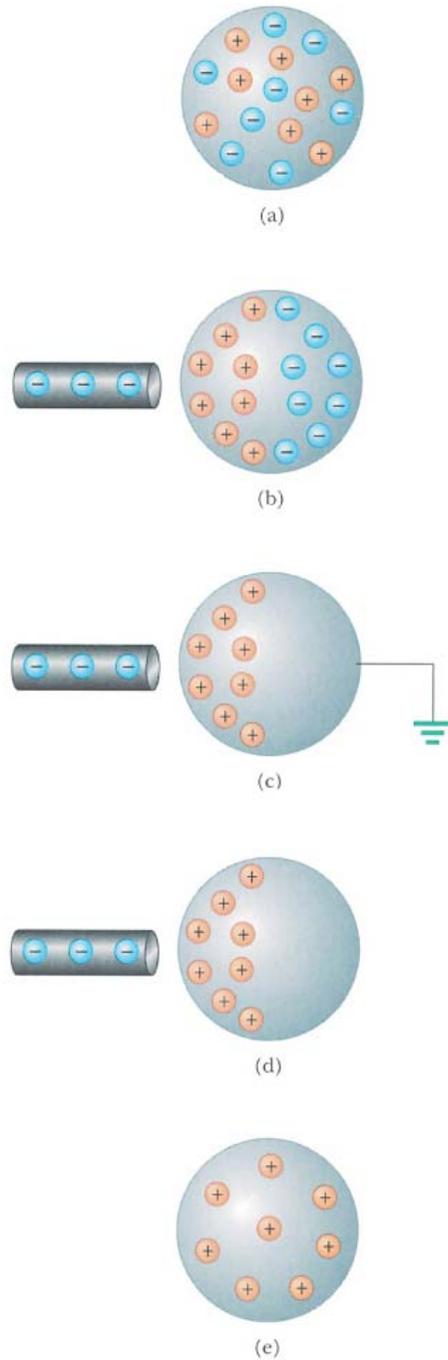
Fenomeni di elettrizzazione



⊕ carica elettrica ⊖



Induzione elettrostatica



← Carica per induzione di un oggetto metallico



Ettore Focardi



Bilancia di torsione

Legge di Coulomb

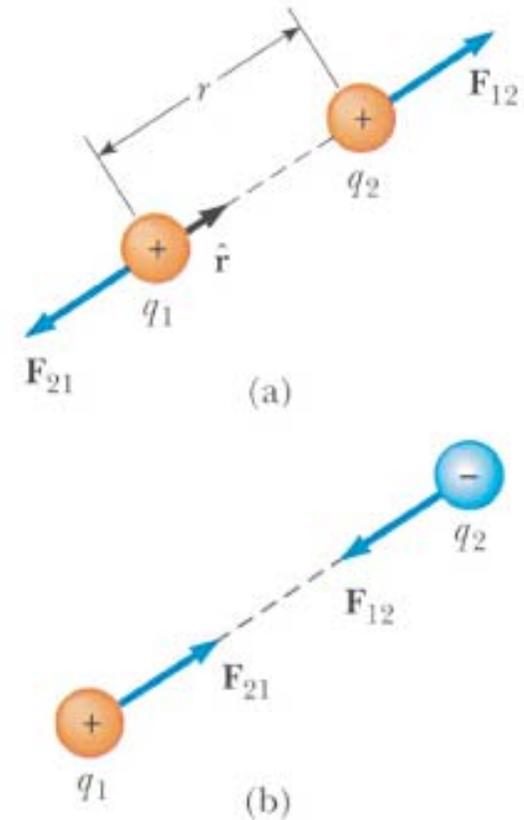
$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

$$\vec{F}_{12} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r}$$

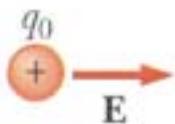
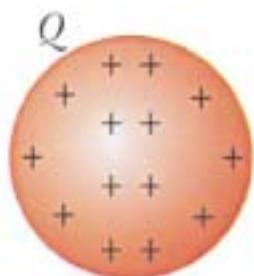
Forza che q_1 esercita su q_2

$$\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N m}^2)$$

$$e^- = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \rightarrow 1 \text{ C} = \text{carica di } 6.3 \cdot 10^{18} e^-$$



Campo Elettrico



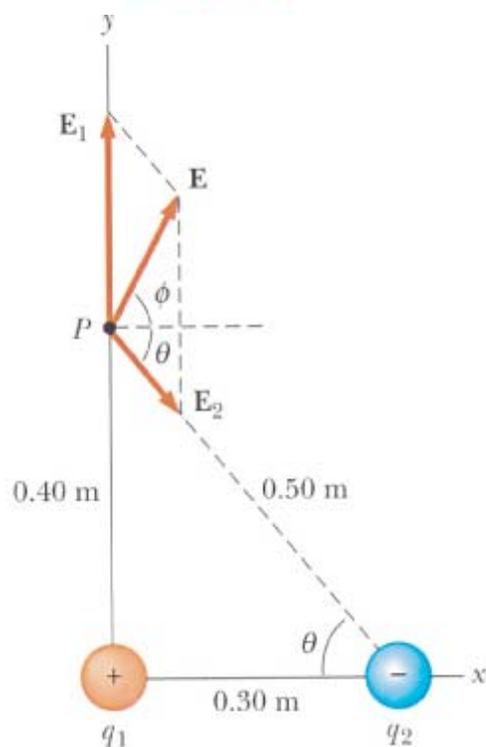
Carica Q fissa nello spazio; q_0 piccola, ferma in altra posizione, sente l'effetto di Q (Coulomb). Il rapporto \mathbf{F}/q_0 e' indipendente da q_0

Campo elettrico

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad \frac{[V]}{[m]}$$

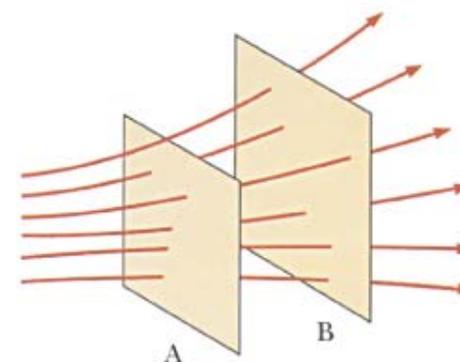
Q modifica le proprietà dello spazio circostante, è sorgente del campo \mathbf{E}

Per più cariche vale il principio di sovrapposizione

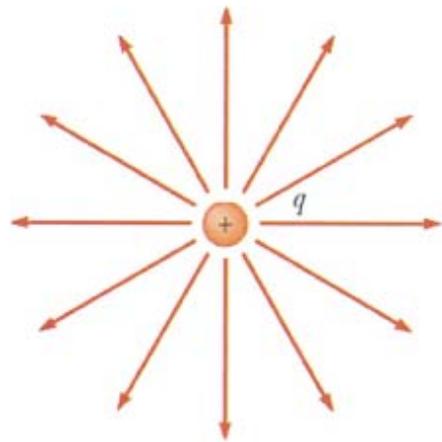


Linee di campo

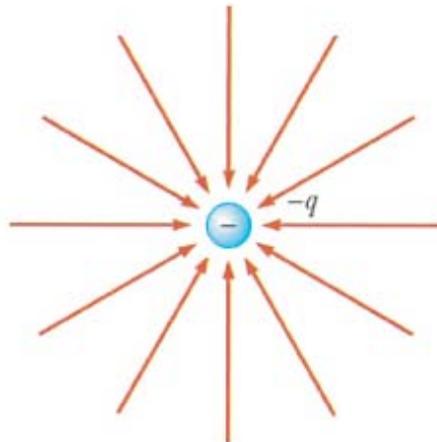
#linee $\propto E$



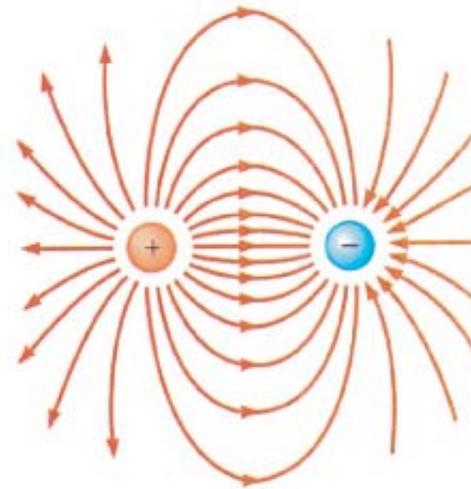
Campi elettrici di insiemi di cariche



(a)

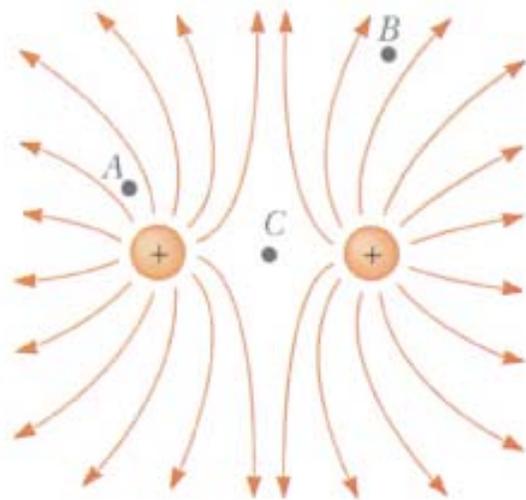


(b)

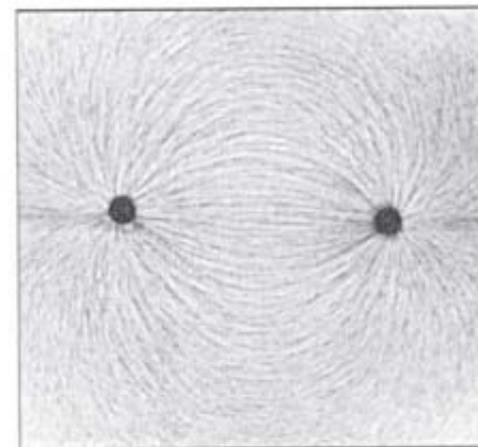


(a)

dipolo
elettrico



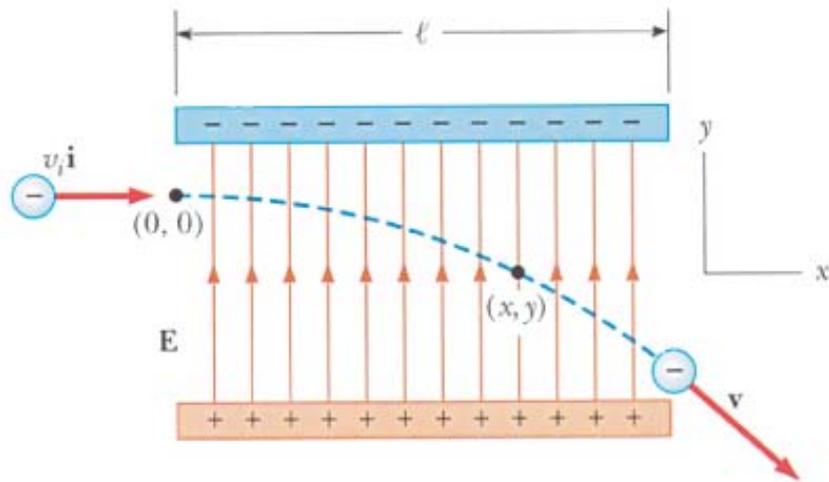
(a)



(b)

Moto particella carica in campo E uniforme

Equivalenza con moto proiettile in campo gravitazionale



$$\vec{F} = q\vec{E} = m\vec{a} \rightarrow \vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m} = -\frac{eE}{m}\vec{j}$$

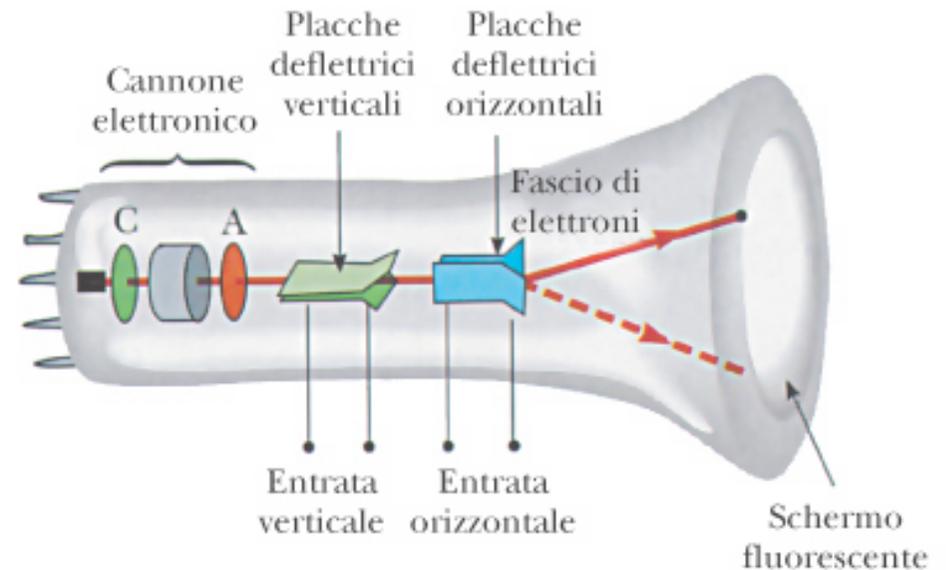
$$v_x = v_i \quad v_y = at = -\frac{eE}{m}t$$

$$v = \sqrt{v_i^2 + \frac{e^2 E^2}{m^2} t^2}$$

all'uscita di E la carica si muove con

$v > v_i$

Applicazione: Oscilloscopio

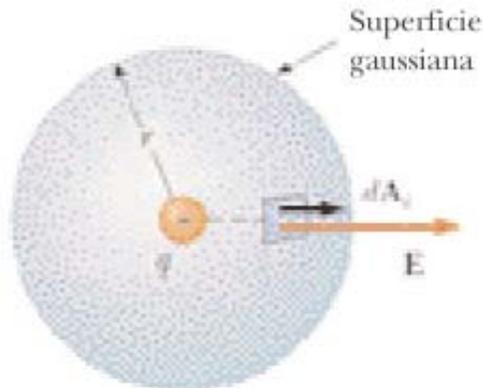


Conduttori

Un buon conduttore possiede cariche (e^-) non legate agli atomi e quindi sono libere di muoversi nel materiale.

Legge di Gauss

Flusso totale attraverso una qualunque superficie chiusa che racchiude una carica q è uguale a q/ϵ_0



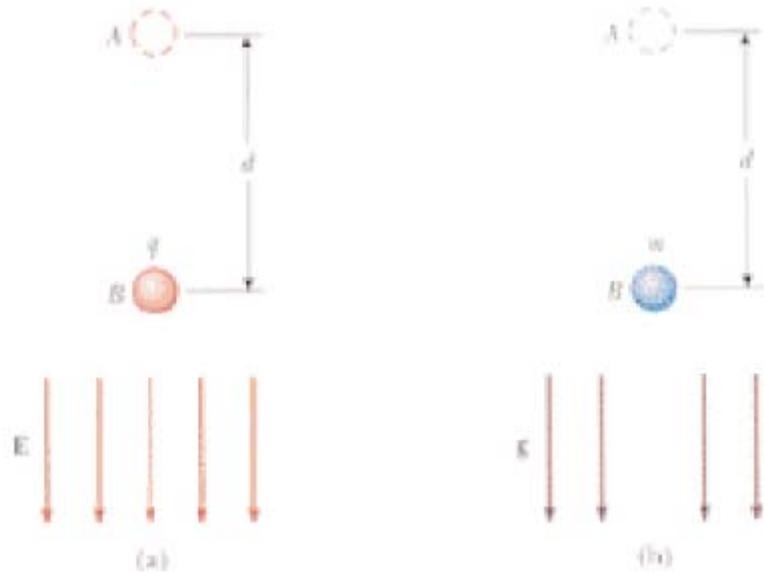
$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \oint E dS = E \oint dS = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} (4\pi r^2) = \frac{q}{\epsilon_0}$$

Se non c'è moto di cariche il conduttore ha:

- $\vec{E}_{\text{int}} = 0$
- su conduttore isolato eventuali **cariche** sono **sulla superficie**
- appena fuori del conduttore $\vec{E} \perp$ alla superficie e vale σ/ϵ_0
- su conduttore di forma irregolare la carica tende a concentrarsi nei punti a raggio di curvatura più piccolo

Potenziale Elettrico

Concetto di energia potenziale introdotto in connessione con forze conservative (gravitazione). La forza di Coulomb è conservativa, campo elettrostatico è conservativo. Integrale di linea indipendente dal cammino.



Punto B a potenziale più basso di A. Carica di prova + che va da A a B perde energia potenziale elettrica

Massa m che si muove verso il basso perde energia potenziale gravitazionale

Ettore Focardi

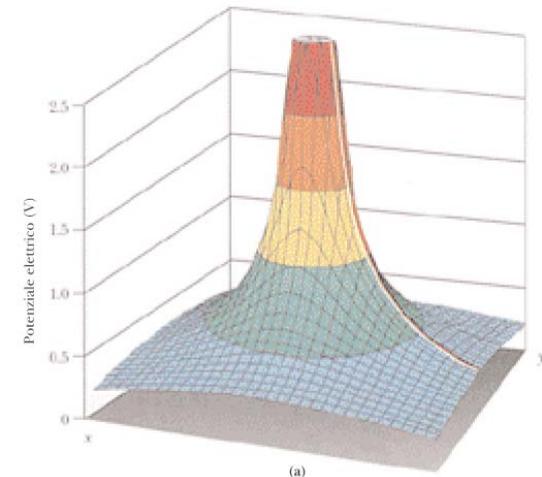
$$\int_A^B \vec{E}_0 \cdot d\vec{l} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right) = V_A - V_B$$

Per uno spostamento finito di q_0 da A a B la variazione di Energia potenziale è

$$\Delta U = -q_0 \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

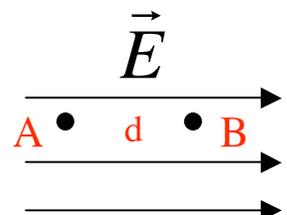
Potenziale elettrico carica puntiforme

$$V = \frac{U}{q_0} \quad [\text{Volt}]$$

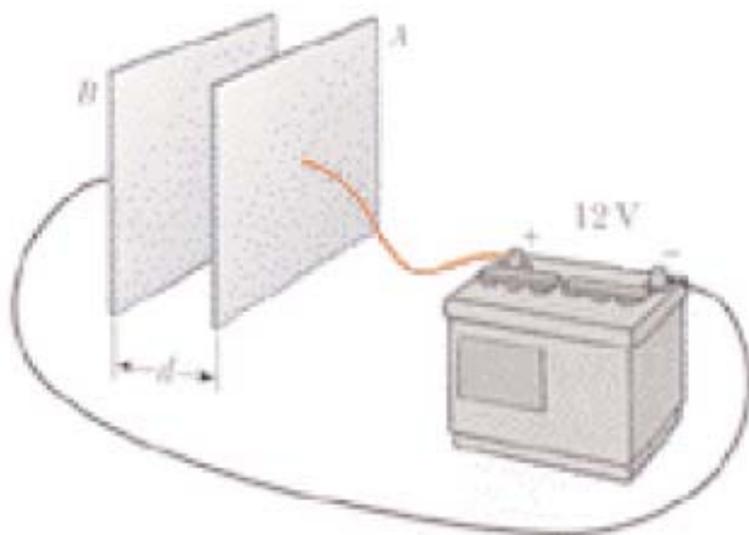


Differenza di Potenziale

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q_0}$$


$$V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\int_A^B E dl = -E \int_A^B dl = -Ed$$

Segno - poiché B è a potenziale minore di A



Campo elettrico tra le armature è:

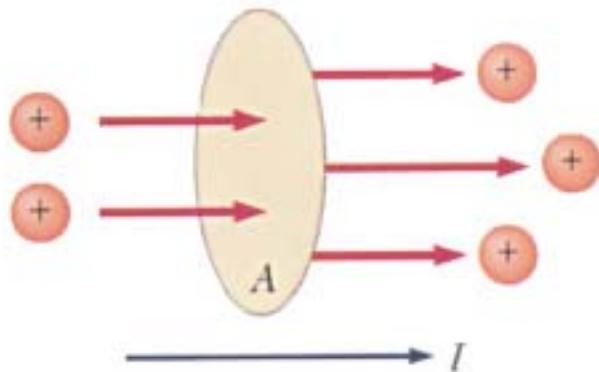
$$\frac{12V}{d}$$

Tutti i punti di un piano $\perp \vec{E}$ uniforme sono allo stesso potenziale

Superfici equipotenziali

Corrente elettrica

Corrente elettrica = flusso di carica attraverso una certa regione di spazio



La corrente è la quantità di carica che attraversa la superficie nell'unità di tempo

$$I \equiv \frac{dQ}{dt}$$

Ampere

$$1A = \frac{1C}{1s}$$

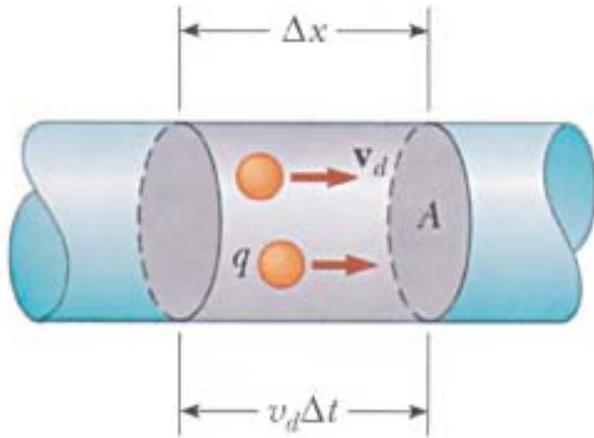
Per convenzione, verso positivo quello in cui fluisce la carica positiva

In un conduttore ordinario (rame) la corrente è dovuta al moto degli e^- quindi il verso della corrente è opposto al moto delle cariche

Si hanno anche correnti di cariche positive (p in acceleratori) e moto combinato di cariche positive e negative (gas, elettroliti)

Modello microscopico della corrente

Collegamento corrente con moto portatori di carica



Volume dell'elemento Δx è $A\Delta x$

n , densità portatori carica

la carica in questo elemento è $\Delta Q = (nA\Delta x)q$

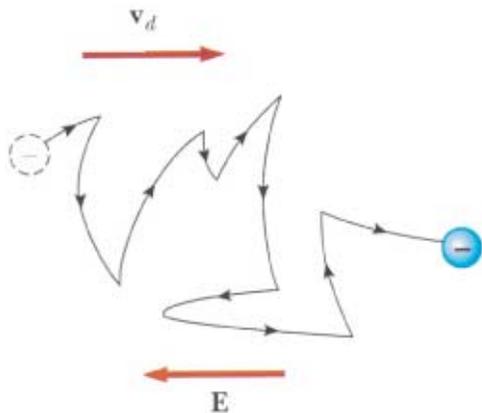
Se le cariche si muovono con v_d , nel tempo Δt percorrono $\Delta x = v_d \Delta t$

$$\Delta Q = (nAv_d \Delta t)q$$

v_d , velocità di deriva

Dividendo per Δt si ha la corrente media

$$I_{med} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = nqv_d A$$



Rappresentazione schematica del moto a zig-zag di un e^- in un conduttore

Densità di corrente

$$J \equiv \frac{I}{A} = nqv_d$$

Legge di Ohm

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

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

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

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

In molti materiali

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

σ , conducibilità

Questi materiali si dicono *ohmici*

Esperienza A



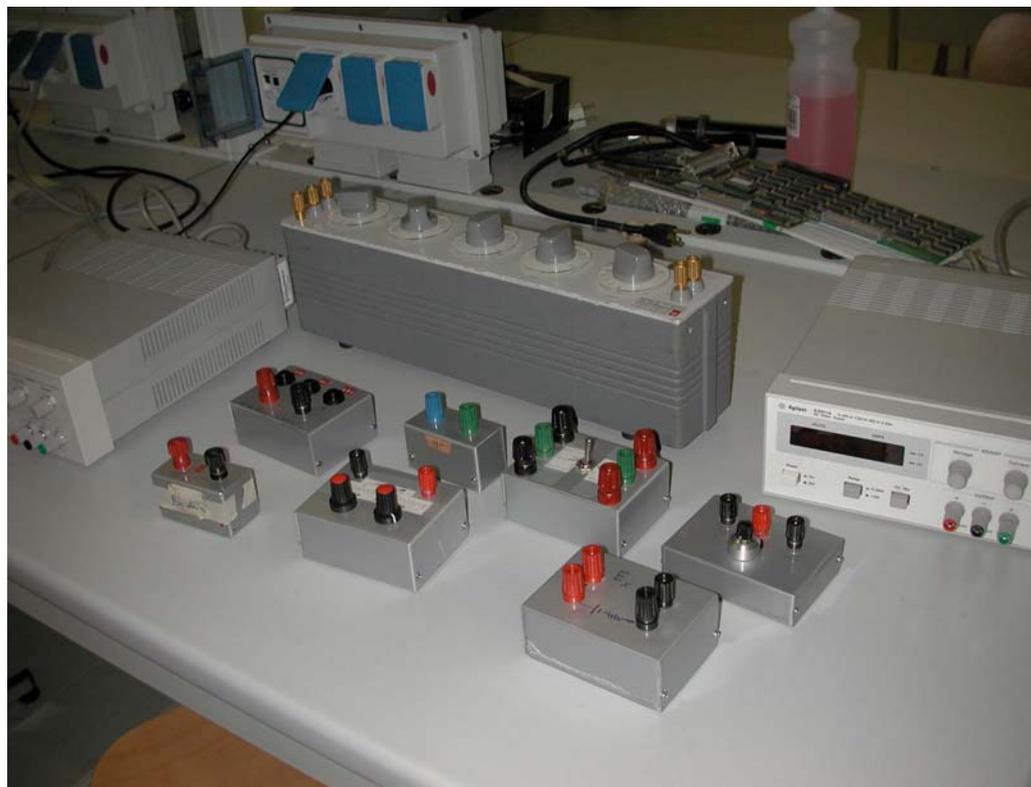
Ettore Focardi

Esperienza B



Ettore Focardi

Esperienza C



Ettore Focardi

Esperienza D



Ettore Focardi