

Posizione 1

ho due cariche date 2 cariche in uno spazio
tra loro si esercita una forza

q_1 q_2 LEGGE COULOMB

$$F = \frac{k \cdot q_1 q_2}{R^2}$$

costante $[k] = \frac{C^2}{N \cdot m^2}$

Forza diretta prop.
alle cariche e inversa
alla loro distanza

Forza tra due cariche $[C^2]$

$R^2 [m^2]$

diretta tra 2 cariche

$$[k] = \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

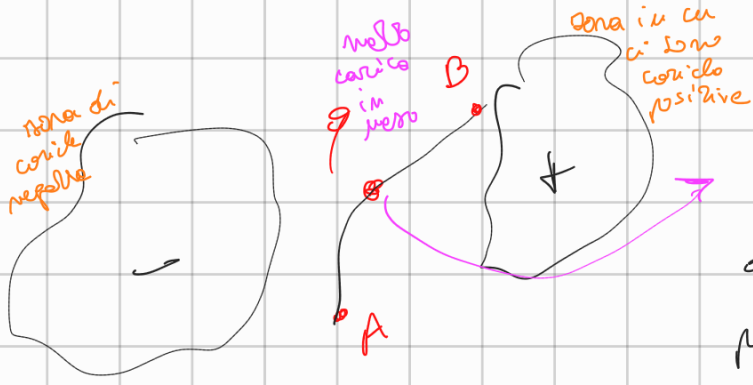
simile alla legge
di gravitazione
universale

Forze a cui sono soggette due cariche che si trovano nello spazio

Pot' capire che si creino nello spazio delle zone in cui c'è separazione di carica

accumulo di cariche di un
segno e l'opposto da un
polo e l'altro

2 zone
di carica,
molto una
carica q in
movimento



La carica tende a muoversi verso una delle due zone perché si forma una differenza di pot, e un campo elettrico

Se la carica q è positiva si muoverà verso il - formando energia cinetica. Se volerà riparerla nel punto di partenza torneri riformare a q una energia proporzionale a quella che avrebbe speso per spostarsi da punto iniziale ad A. la porta negativa

Quindi e per questo, l'energia (ceduta o da Formata) alla carica è indipendente dal tipo di spostamento, dipende solo da posizione di A e B. che impiego per arrivare da A a B

=> Nel mio sistema di riferimento l'energia che uso per descrivere il moto della carica dipende dai punti A e B

Energia da fornire a q per farlo passare da A a B $W_{AB} = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{l}$

In generale posso definire questa energia come **energia!**

$E = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{l}$

$\vec{F}$ la forza è dipendente dalla carica
 $d\vec{l}$ venire infinitesimo
 $\cdot$ prodotto scalare
 E **campo elettrico** QUI ENERGIA
 energia da dover fornire a q che lo sposteremo da A a B

Voglio avere un sistema che mi esprima questa Forza come funzione della posizione della mia carica in un punto rispetto a un sistema di Rif.

Divido l'energia per la carica ho una F che dipende solo dalle pos. nello spazio

=> Voglio qualcosa $\psi(x,y,z)$ che mi permette di esprimere questa Forza

una carica che genera il campo, e carica di prova da A a B

$\vec{F}(x,y,z) = -q \left(\frac{\partial \psi(x,y,z)}{\partial x}, \frac{\partial \psi(x,y,z)}{\partial y}, \frac{\partial \psi(x,y,z)}{\partial z} \right)$

$\frac{\partial \psi}{\partial x}$ $\frac{\partial \psi}{\partial y}$ $\frac{\partial \psi}{\partial z}$
 F_x F_y F_z
 Forza a cui è soggetta la particella q, è un vettore

Forza e potenziale sono legati

La Forza è $\vec{F} = -q \nabla \psi(x,y,z)$

$\psi = \frac{E}{q} = \frac{q}{C}$

dato una forza esercitata da una carica q

Campo Elettrico è $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$

$\vec{E} = -\nabla \psi(x,y,z)$

Forza normalizzata per la carica

Capo elettrico = Forza normalizzata rispetto alla carica

$\vec{E} = -\nabla \psi(x,y,z)$

vettore capo elettrico

indip. della carica di prova

gradiente della funzione potenziale, indep. della carica

in 1-dim $\vec{E}(x) = -\frac{d\psi(x)}{dx}$

$\psi(x) = \int -\vec{E}(x) dx$

-> Campo elettrico, - derivata del potenziale rispetto ad x

-> Campo elettrico e potenziale sono legati da una relaz. differenziale/integrale

Unità misura del potenziale $\varphi = [V]$

M, G, k

$\Rightarrow k$ miliole, K sono Kelvin

avere potenziale, avere campo el = avere forza applicata alle cariche

CORRENTE

carica negativa

uso Tensione per definire corrente

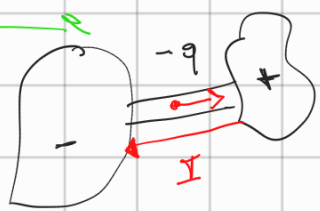
di carica positiva

Una collega le regioni con un conduttore, un mezzo

la carica ^{carica negativa} va verso il + e mi si genera una corrente nel suo giro a quello di movimento della carica

perché lo scostamento della carica da una linea d'equilibrio

carica solipsce una forza che la spinge ad andare verso la zona di carica opposta



I , [Ampere]

I , c
corrente

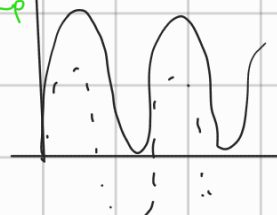
V , r
differenza

si può se siamo in DC, AC

$$V = 1V$$

$$v = A \sin(2\pi f_0 t)$$

2 generano differenza di tensione



si dipende dal riferimento, ma la diff tra due punti no

• Data una ddp, la corrente che scorre nel mezzo e'
 maggiore e' la resistenza offerta dal mezzo, minore e' la corrente che scorre

$$V = RI$$

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

$$R = \frac{V}{I} \text{ [}\Omega\text{]} \text{ I dipende dal fatto che, le cariche nel mezzo e' sottoposta ad una forza, per muoversi}$$

la carica si sposta perché e' soggetta ad una forza

(Forma non vettoriale, 1 dim)

ma so anche che

che forza e' proporzionale al campo elettrico
 per cui la carica si muove in questa direzione, perché e' soggetta alla forza F

$$F(x) = -q E(x)$$

elettrone

$$F = ma$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{-q E}{m}$$

Ma ho un campo, ho una forza, allora la carica si muove di moto uniformemente accelerato, la muovo costantemente

accelerazione a cui e' soggetta la carica nel campo, e' soggetta ad una forza perché

e' l'integrale

carica negativa

$$a = \frac{-q E}{m}$$

$$\text{velocità, } v = \frac{-q E t}{m}$$

dalla l'accelerazione

• Primo esempio di trasporto per deriva

corrente di deriva, le cariche si spostano perché soggette ad un campo el. o ad una ddp

applico F costante muovo carica

(una forza costante)

→ Elettroni si muovono per 2 modi.

1) DERIVA applico un potenziale (o campo elettrico), si muove carica, c'è una corrente (applico F costante)

(in un semiconduttore)

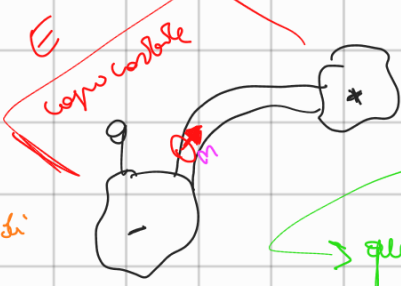
2) DIFFUSIONE: concentro tutti elettroni in un punto, queste cariche, vedono il disordine, tendono a occupare più spazio possibile per diffusione, energia del sistema per principio di minima energia dei corpi.

Se ho C. elettrico, ho una accelerazione cui e' soggetta carica q , e ho una velocità.

Corrente che si muove ma la immagino all'interno di un conduttore

- Prendo conduttore, collego $\rightarrow$ come con un conduttore di unisce le 2

Su ciascuna sezione del conduttore immagino che entra $\rightarrow$ sono di
una corrente ordg. alla superficie



IPOTESI: Prendo Corrente $\rightarrow$ ortogonale alla superficie
del conduttore

valoro un
trasporto di
Cariche da
una zona ad un'altra...
UNA CORRENTE!
Corrente che

questo modello funziona, la risultante o' un vettore
di carica

Se così non fosse, se pl.

elettrici si bloccano su un estremo
del conduttore, allora

ci sarebbe un accumulo di carica negativa
in cui altri elettroni
non tendono ad andare,
non ci sarebbe
proprio di elettr.

$$\Rightarrow \underline{I} = \int_S \underline{J} \cdot \underline{\vec{n}} dS = \underline{J} \cdot \underline{S}$$

altravies una sezione
del conduttore

prodotto scalare $|\underline{J}| |\underline{S}| \cos(\alpha) = \underline{J} \cdot \underline{S}$
 $\vec{n}$ ortogonale $\underline{J}$ costante

- Se $\underline{J}$ costante, $\underline{J}$ costante $\rightarrow$ al ortg. alla superficie e parallelo
al vettore della superficie $\underline{I} = \underline{J} \cdot \underline{S}$ con questa ipotesi

$\Rightarrow$ Se il campo è costante, cioè $\rightarrow$ la relazione tra Campo e Potenziale

$\rightarrow$ vale le due corrette c'è un
campo e il campo è costante

$$V = - \int_E \underline{E} \cdot d\underline{l} = - \underline{E} \cdot \underline{l}$$

diros.
lungo cui
mi muovo per andare
da A a B

$$\Rightarrow \underline{E} = - \frac{V}{\underline{l}}$$

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

costo costante carica
negativa

$$\underline{I} = \underline{J} \cdot \underline{S}$$

$$\underline{I} = \sigma \underline{E} \cdot \underline{S} = - \sigma \frac{V}{\underline{l}} \underline{S}$$

$$= - \frac{\sigma S}{\underline{l}} V \quad V = - \frac{\underline{l}}{\sigma S} \underline{I}$$

σ inverso della resistività

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

resistività

$$\underline{I} = \frac{-V}{R}$$

segno - dipende dal sys di rif.
perché con da uno che la corrente
scorre al positivo al negativo della Tensione

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

filati lunghi e stretti
conduttori meno
corrente rispetto
a quelli corti e larghi

importante la conducibilità e velocità media

$$\mu = \frac{1}{2} q \frac{\tau}{m}$$

mobilità

$$V_m \tau = - \mu \underline{E}$$

velocità media

legge di ohm del puro di vista della
conducibilità e resistività

- σ e ρ ci servono perché siano dei conduttori
non conduttori e isolanti
• σ proporzionale di un materiale o forse percorso da una corrente

$$\rho = [\Omega \cdot \text{cm}]$$

$$\sigma = [\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}] \rightarrow \begin{matrix} 10^{-20}, 10^{-8} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1} \\ 10^9, 10^8 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1} \end{matrix}$$

ISOLANTE per conducibilità
conduttori
conduttori

- In un isolante ci sono elettroni, ma sono vicini al nucleo e non liberi

Stabili, per portarlo via faccio molta fatica, ELETTRONI LIBERI (IONIZZATI)

liberi alla cond., ce ne sono pochi.

Conducibilità dei conduttori, $10^{-6} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$

EL. IONIZZATI = EL. LIBERI Per la conduzione, sono pochi in un isolante

in un materiale, ci sono delle bande

in un isolante i legami che escono from

molecole, sono COVALENTI, ci

mettano in competizione gli
elettroni per competere l'orbitale
degli atomi che costituiscono

in un isolante

banda di conduzione

elettrone solitamente ancorato

vicino al nucleo. Per strapparli dal
legame covalente, e renderlo disp alla banda, serve molta energia

elettroni liberi.

NEI METALLI, COMPARTIMENTAZIONE
di elettroni: NUDE ELETTRONICHE

NEI
CONDUTTORI, bande sovrapposte

Valori di σ variano in base alla Temperatura...
conduttività

Se scaldiamo un metallo, diminuisce la resistenza perché ho più elettroni liberi, battono di più
ho più urti, valori più bassi

=> ma quanto aumenta la conduttività
aumentano elettroni liberi

$$\mu \propto \frac{1}{T_{\text{temperatura}}}$$

nel silicio
elettroni
ionizzati in
una conduttione
disordinata

atomi in un cristallo di silicio

Ho 12 ordini di grandezza come # di
el. che posso iniettare nel silicio

in un metallo c'è una competizione di elettroni,
c'è una nube elettronica => elos

Sono livelli di energia

nei materiali ci sono delle bande, di Valenza e Conduzione

Valenza: banda più vicina al nucleo, nella quale ci
posizioniamo gli elettroni che sono più strettamente
ancorati al reticolo, è difficile muoverli

Conduzione: banda in cui troviamo gli elettroni che hanno
ricevuto abbastanza energia (es. fot. termica)
e sono svincolati dal reticolo, sono liberi
di conduzione

livelli di energia sono QUANTIZZATI: per passare da un livello ad un altro serve darli
energia superiore al Band-GAP

Nei Metalli, bande valenza e conduzione
sono sovrapposte

Se aumenta la temperatura, ho più elettroni liberi (agitatione termica aumenta)
• Ce ne sono di più ma sono più lenti (maggiore v_{dr})
• minore σ , maggiore ΔQ

Se so # el. liberi nell'ultimo fascio
so quanto c'è da dissipare di elettroni
per lo scambio con un altro fascio