



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO : 285

DATA : 08/05/2012

# A P P U N T I

STUDENTE : Pecoriello

MATERIA : Fisica II, teoria + esercizi

Prof. Mussino

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.  
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

Corpi elettrostatici: furono definiti da Gilbert, con riferimento **AMBRA** e **VETRO**, come corpi che esercitano forze reciproche:

- + attrazione
- - repulsione

Dalla fisica I sappiamo che la somma algebrica di un corpo o a mani in relazione, è nulla.

Con lo sfregamento lo si ottiene una separazione di cariche del tutto di massa, ma con l'elettrostatica non c'è variazione permanente

**CORPI** → lungo tempo = **ISOLANTI** o **PIELETTRICI** (caratt. elettriche)  
 → breve tempo = **CONDUTTORI**

Nei solidi: non sono cariche libere, presenti nei conduttori (Particolarmente: Fe, Co, Ni) = elettroni liberi possono muoversi elettricamente.

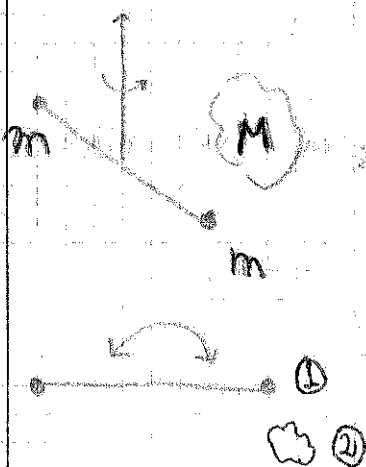
**AUMENTO ENERGIA INTERNA**

isolanti: effetto così notabile (no cariche libere no elettricità solo polarizzazione)

**COULOMB**

• Cavendish: con lo strumento per l'interazione ha fatto stabilire una relazione diretta tra angolo e distanza

d'ora esente una pressione maggiore = funziona nel vuoto



Se avviene una rotazione, avviene attrazione  
 Maggiore è l'attrazione maggiore è l'angolo di rotazione

$$F_c \propto \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot K$$

$\uparrow$  costante fisico chimica dell'ambiente  
 $\uparrow$  n° di vuoto  
 $\downarrow$  r° da definire

costante fisico chimica dell'ambiente n° di vuoto

ATOMO:

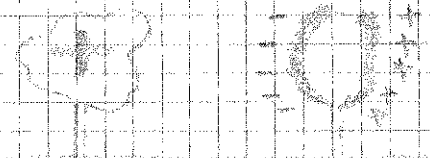
$R = R_0 \cdot A^{1/3}$   
 $Z \rightarrow N$   
 $1,5 \cdot 10^{-15} \text{ m} = 1 \text{ fermi}$

p	$\sim 10^{-15} \text{ m}$
n	
e	$\sim 10^{-17} \text{ m}$

n° delle cariche elettriche è sempre costante ed esiste un valore minimo di carica elettrica ( $= 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ )  
 cariche elettriche quantizzate  
 $q = \pm n e$

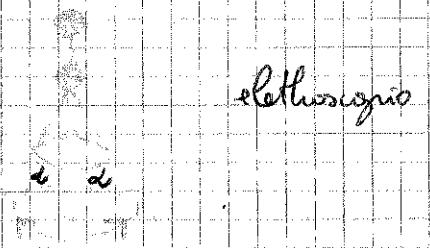
FORZA NUCLEARE:

La forza che tiene uniti i protoni è nettamente maggiore di quella elettrostatica che tende a separarli.  
 Quando si squaglia il nucleo si ipetta e si formano due elementi più piccoli, oppure il nucleo resta ed emette raggi  $\gamma$ .  
 Attraverso una rapida vicinanza fra tra le due cariche. Se esse si avvicinano l'interazione aumenta di  $\frac{1}{r^2}$   
 obvio con meno di  $\oplus =$  carica negativa  
 " " " " " "  $\ominus =$  carica positiva



OGGI AL RAPPRESENTAZIONE IONI PRECISE

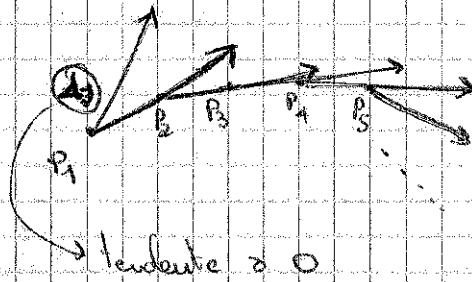
Induzione elettrostatica: fenomeni statici e dinamici  
 processo reversibile



Schema immaginato da Coulomb: particella da:

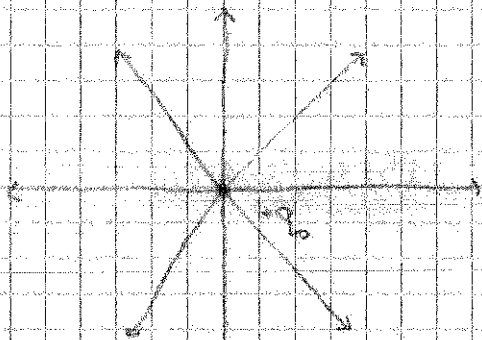
$$\vec{E}_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_0}{r^2} \cdot \vec{u}_r$$

SCHEMA:

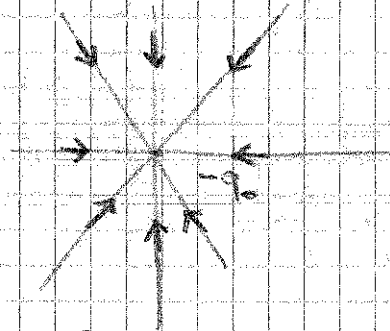


$$0 \leftarrow \Delta s = P_2 - P_1 = P_3 - P_2 = \dots = P_n - P_{n-1}$$

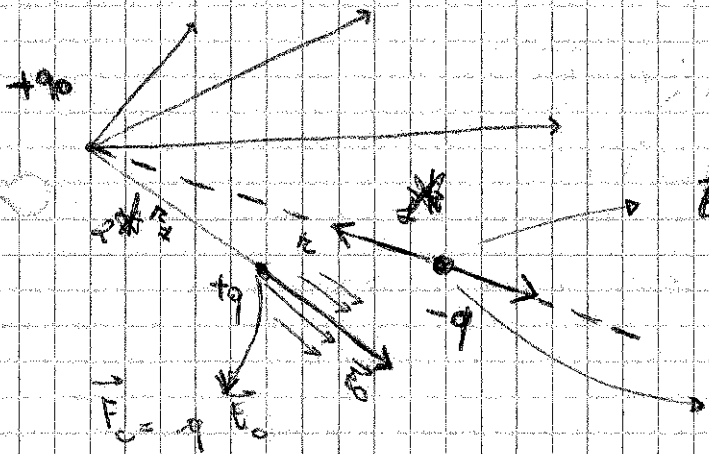
Linee di campo  $\vec{E}_0$ : hanno sempre simmetria radiale ma hanno orientamento e verso variabili in dentro o in fuori



oppure



costruiamo una linea descrittiva, quanto vale il campo E.S. in un P



$$\vec{E}_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_0}{r^2}$$

$$\vec{F}_c = -q\vec{E}_0$$

• DIMOSTRAZIONE

DELLE CARICHE

CHE SI ATTRAGGONO e

RESPINGONO

RESPINGONO

\* : caso di polo negativo, e obliquo con lo stesso risultato, sfruttando la simmetria  
 e non pensare che cariche obliqui si attraggono  
 \* se ho più cariche il campo totale è il risultato di tutti i campi  
 Principio di sovrapposizione degli effetti

$$dE_o = \frac{1}{4\pi\epsilon_o} \frac{dq}{r^2}$$

$$dE_{op} = 2dE_o \cos\theta = \frac{1}{2} \frac{1}{4\pi\epsilon_o} \frac{d\lambda}{r^2} \cos\theta =$$

$$= \frac{1}{2\pi\epsilon_o} \frac{\lambda dl \cos\theta}{r^3}$$

$$E_{op} = \frac{1}{2\pi\epsilon_o} \frac{\lambda}{r^3} \int dl$$

i matematici hanno chiamato  
INTEGRALE DI CIRCUITAZIONE:

$$\oint = 2\pi R$$

$$E_{op} = \frac{1}{2\pi\epsilon_o} \frac{\lambda x}{r^3} \cdot 2\pi R$$

$$E_{op} = \frac{1}{2\pi\epsilon_o} \frac{\lambda x}{(x^2 + R^2)^{3/2}} R$$

nella pratica mi sono posto ad una  
distanza molto precedente rispetto  
ad R ( $x \gg R$ )

$$E_{op} \sim \frac{\lambda}{\epsilon_o} R \frac{x}{x^3} = \frac{\lambda R}{\epsilon_o} \frac{1}{x^2} \quad (x \gg R)$$

la distribuzione complessiva è  
lungo le X

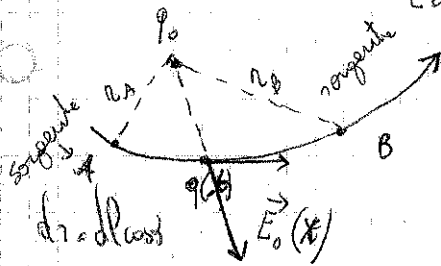
Il campo complessivo è dato dalla sovrapposizione lineare di tutti gli elementi  
che lo compongono (PRINCIPIO DI SOVRAPP. EFFETTI).

$$\vec{F}_c = q \vec{E}_o$$

una sorgente non può influenzare se stessa

ESERCIZIO

quanto vale il campo generato da q?



$$E_o(x) = \frac{1}{4\pi\epsilon_o} \frac{q_o}{r^2} \vec{u}_{r0}$$

$$L_{AB} = \vec{F}_c \cdot d\vec{l} \rightarrow L_{AB} = \int_A^B \vec{F}_c \cdot d\vec{l}$$

integrale di linee: non però non è una linea chiusa

la definizione di integrale di linee rimane o quella di lavoro

$$L_{AB} = q \int_A^B \vec{E}_o \cdot d\vec{l} = q \int_A^B |\vec{E}_o| \cdot |dl| \cos\theta = q \int_A^B E_o \cdot dl \cos\theta$$

integrale di linee

$$L_{AB} = u_A - u_B = q(V_A - V_B)$$

$\{L\} \leftrightarrow \{Joule\}$

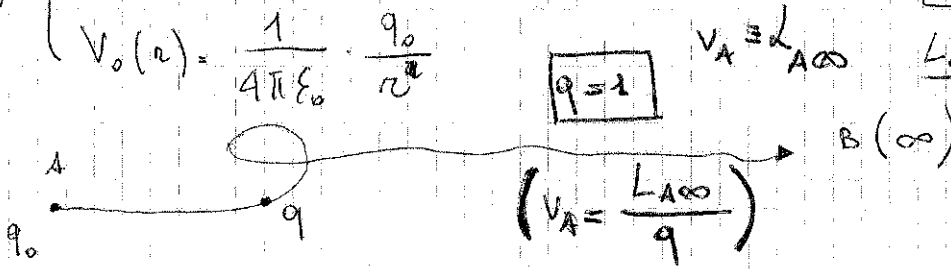
$$\{V_A - V_B\} = \frac{\{L\}}{\{q\}} = \frac{1J}{1C} = 1 \text{ volt} = 1 V$$

Spragione Operativa del potenziale:

$$q_0 \begin{cases} \vec{E}_0(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_0}{r^2} \vec{u}_r \\ V_0(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_0}{r} \end{cases}$$

Potenziale elettstatico  
Potenziale da p. to a  $\infty$

Lavoro necessario a trasferire  
la carica da un  
punto all'infinito



$$L_{A\infty} = q(V_A - V_\infty) = qV_A$$

$$L_{AB} = q(V_A - V_B)$$

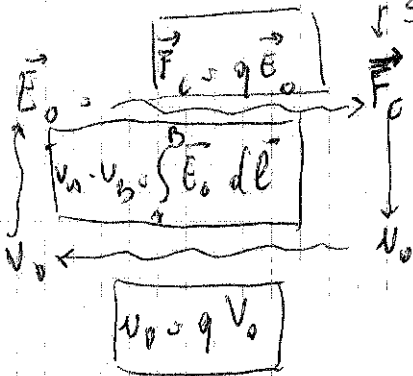
$$V_A - V_B = \int_A^B \vec{E}_0 \cdot d\vec{\ell}$$

$$u_A - u_B = q \int_A^B \vec{E}_0 \cdot d\vec{\ell}$$

$$u = qV$$

$$\vec{F}_C = q\vec{E}_0$$

Schema



$$u_A - u_B = \int_A^B \vec{F}_C \cdot d\vec{\ell}$$

ANELLO CHIUSO

18/10/2020

### Dipolo Elettrico

elemento fisico dotato di 2 cariche  $q$  e  $-q$

Momento di dipolo elettrico: grandezza vettoriale  $\vec{p}$ , che ha come modulo  $p = qd$  direzione la congiungente le 2 cariche, verso l'andamento da  $-q$  a  $+q$

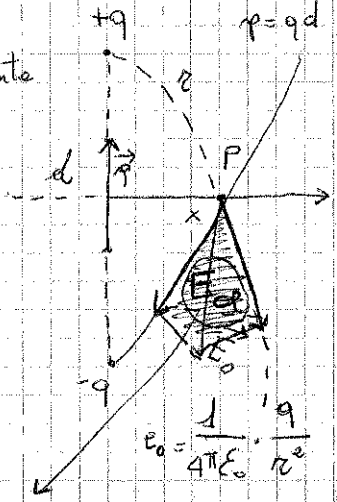
Il dipolo può essere un campo elettrostatico  
 Principio di sovrapposizione degli effetti: il campo finale è la risultante

Richiede:



geometricamente lo

$$r^2 = x^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2$$



il campo  $E_{op}$  risulta essere antiparallelo al momento elettrico

$$E_{op} = 2E_0 \cos \theta = 2 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \cdot \frac{x}{r}$$

$$E_{op} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qx}{r^3}$$

$$\cos \theta = \left(\frac{d}{2r}\right)$$

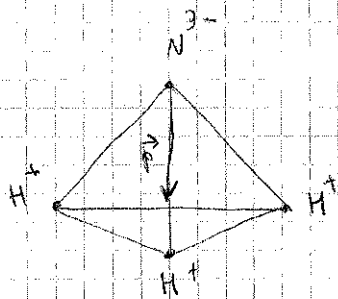
$$E_{op} = \frac{1}{\epsilon_0 \pi} \cdot \frac{p}{r^3}$$

$$\vec{E}_{op} = -\frac{1}{\epsilon_0 \pi} \cdot \frac{\vec{p}}{r^3} \left[ x^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right]^{-3/2}$$

$x \gg d$

$$\vec{E}_{op}(x) \approx -\frac{1}{\pi\epsilon_0} \frac{\vec{p}}{x^3}$$

ESEMPIO:  $NH_3$





Le due forze risultano essere parallele ed opposte, applicate in due punti a distanza  $l$ , definendo un momento meccanico (forza) rispetto ad un punto fisso dello polo

$$\vec{M}_{(0)} = \vec{M}_{(+)} + \vec{M}_{(-)}$$

$$\vec{M}_0 = \frac{d}{2} \wedge \begin{matrix} \vec{F}_+ \\ \vec{F}_- \end{matrix}$$

sono le microrotazioni del momento meccanico sull'asse di rotazione.

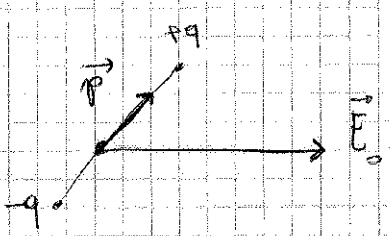
$$M_0 = M_+ + M_-$$

$$q E_0 \frac{d}{2} \sin \theta$$

$$M_0 = 2 q E_0 \frac{d}{2} \sin \theta$$

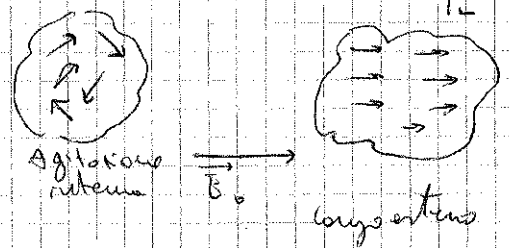
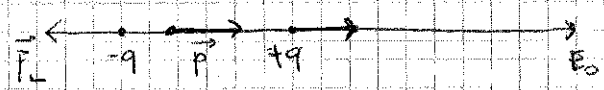
$$m_0 = p E_0 \sin \theta$$

Azione rappresentata da un momento meccanico



$$\vec{M}_0 = \vec{p} \wedge \vec{E}_0$$

EQUILIBRIO STABILE:



- se raffreddato il corpo si vede l'uso bene definito polarizzazione termica: o meno di considerare lo 0 dinamico

DEVO PIU' MODIFICARE ALDREZZO AD UN CORPO PUNTIFORME O ALGIDO, QUINDI ANDAO A MODIFICARE IL 2° PAINI DELLA DINAMICA

$$L = \int_{\theta_1}^{\theta_2} m_0 d\theta = p E_0 \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{m_0 d\theta}{-d \cos \theta}$$

$$L = -p_0 E_0 \left[ \cos \theta \right]_{\theta_1}^{\theta_2}$$

$$L = -p_0 E_0 (\cos \theta_2 - \cos \theta_1)$$



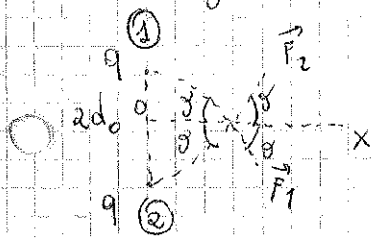
$$\theta_2 \rightarrow \theta_0$$

$$\theta_1 \rightarrow \frac{\pi}{2}$$

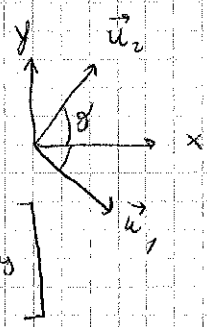
$$L = -p E_0 \cos \theta = -\vec{p} \cdot \vec{E}_0$$

Luigi. gottelino @ politec.it

Esercitazione 18/10/2020



Trovare:  $\vec{F}_{tot}$ ?  
 $x(\vec{F}_{tot} = F_{tot,max}) = ?$



$$\vec{F}_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q \cdot q_0}{r^2} \cdot \vec{u}_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q \cdot q_0}{r^2} [\cos\delta \vec{u}_x - \sin\delta \vec{u}_y]$$

$$\vec{F}_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q \cdot q_0}{r^2} \cdot \vec{u}_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q \cdot q_0}{r^2} [\cos\delta \vec{u}_x + \sin\delta \vec{u}_y]$$

$$\vec{F}_{tot} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2 \cdot q \cdot q_0}{r^2} \cos\delta \vec{u}_x$$

$$r = \sqrt{x^2 + d_0^2}$$

$$\cos\delta = \frac{x}{\sqrt{x^2 + d_0^2}}$$

$$\vec{F}_{tot} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q \cdot q_0}{x^2 + d_0^2} \cdot \frac{x}{\sqrt{x^2 + d_0^2}} \cdot \vec{u}_x = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q \cdot q_0 \cdot x}{(x^2 + d_0^2)^{3/2}} \cdot \vec{u}_x$$

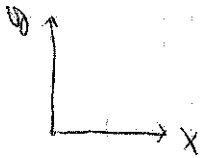
$$\frac{\partial F_{tot}}{\partial x} = 0 = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot q \cdot q_0 \cdot \left[ \frac{1}{(x^2 + d_0^2)^{3/2}} - \frac{x}{(x^2 + d_0^2)^{5/2}} \right]$$

$$\left( -\frac{3}{2} \cdot x \right) = 0$$

$$\frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot q \cdot q_0 \cdot \frac{1}{(x^2 + d_0^2)^{3/2}} \left[ 1 - \frac{3x^2}{x^2 + d_0^2} \right] = 0$$

$$\frac{x^2 + d_0^2 - 3x^2}{x^2 + d_0^2} = 0$$

$$-2x^2 + d_0^2 = 0 \rightarrow x = \pm \sqrt{\frac{d_0^2}{2}} = \frac{\pm \sqrt{2} d_0}{2}$$



trovare in un punto del triangolo <sup>equilatero</sup> ~~isocelo~~ trovato in tutte: Potenziali uguali nel 1°.

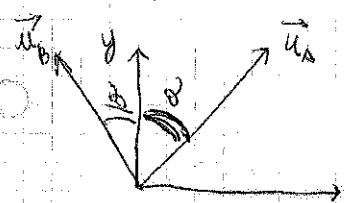
$$V_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{l_0}$$

$$V_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{l_0}$$

potenziale in C dovuto alle cariche che si trovano nei 3 vertici quindi in una eguagliano le 2 altre, che in questo caso sono uguali quindi si sommano

$$\vec{F}_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{l_0^2} \cdot \vec{u}_A$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{l_0^2} \left[ \sin\delta \vec{u}_x + \cos\delta \vec{u}_y \right]$$



$$\vec{F}_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{l_0^2} \vec{u}_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{l_0^2} \left[ \sin\delta \vec{u}_x + \cos\delta \vec{u}_y \right]$$

$$\vec{F}_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{l_0^2} \cdot \vec{u}_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{l_0^2} \left[ -\sin\delta \vec{u}_x + \cos\delta \vec{u}_y \right]$$

$$\vec{F}_A + \vec{F}_B = \vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{l_0^2} \cdot \cancel{2\cos\delta} \vec{u}_y = \frac{\sqrt{3} q^2}{4\pi\epsilon_0 l_0^2} \vec{u}_y$$

Supponiamo che  $E_{TOT}$  delle cariche =  $E_{cin} + E_{pot} =$  somma costante

$$(T + U) = \text{cost}$$

$$(T + U)_{init} = (T + U)_{fin}$$

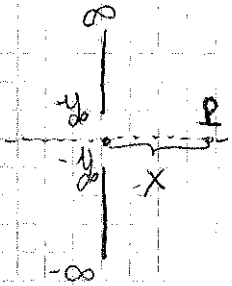
$$\frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{l_0} = T$$

$$E_{cin} = 0 \text{ all'inizio}$$

↓ distanza infinita rimane costante  
la 20 mm

ESERCIZIO PPA LNS4 costante

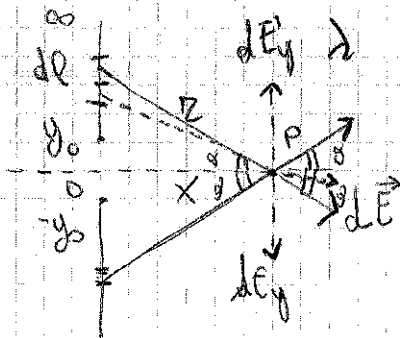
Due fili giacciono sullo stesso raso e uno è esteso da  $y_0 \rightarrow \infty$ , l'altro da  $-y_0 \rightarrow -\infty$ . Definita  $\lambda$  la densità di carica, per unità di lunghezza, si chiede di calcolare il valore di campo  $\vec{E}$  in una rete congruente rispetto all'asse  $x$  distanza  $x$  dall'intersezione delle rette.



$$\lambda = \frac{dq}{dy}$$

$$E(x) = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\lambda}{x} \left[ 1 - \frac{y_0}{\sqrt{x^2 + y_0^2}} \right]$$

Su ogni parte infinitesima  $dy$  deposita un'infinitesima carica



$$dq = \lambda dy$$

$$d\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \vec{u}_r$$

Prendiamo il tutto  $d\vec{E}$  che è l'uno simmetrico rispetto all'asse

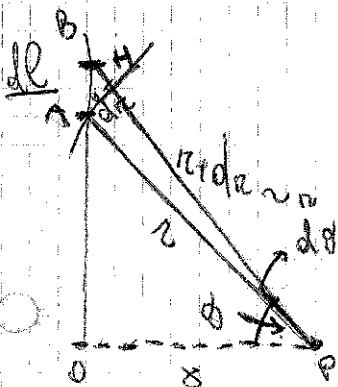
$$\left. \begin{aligned} d\vec{E} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{dq}{r^2} \vec{u}_r \\ d\vec{E}' &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{dq}{r^2} \vec{u}_r' \end{aligned} \right\}$$

$$\vec{E} \text{ somma} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{dq}{r^2} \cdot \cos\theta \cdot \vec{u}_x \quad (2)$$

sopprimiamo solo la componente sull'asse  $x$

Triangolo congruente

campo elettrostatico totale:  $\vec{E} = \int dE_x \cdot \vec{u}_x = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \left( \int \frac{\lambda dy}{r^2} \cos\theta \right) \vec{u}_x$



$$dl = dr$$

$$dr = r d\theta$$

$$r = \frac{x}{\cos\theta}$$

22/10/2010

Superficie:  $dS$

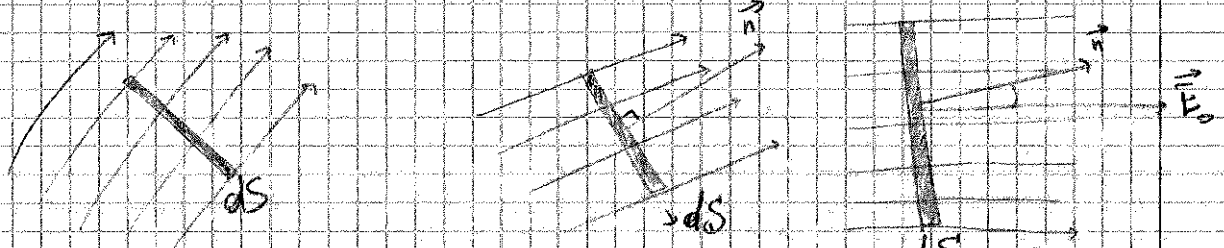
Definire il numero di linee di campo che allo stato stazionario attraversano il campo: devo trovare un elemento per il campo, della superficie, che mi definisca il campo come uniforme (anche in un intervallo)

→ infinitesimo

$$\rightarrow d\Phi(\vec{E}_0) = \vec{E}_0 \cdot \vec{n} \cdot dS$$

flusso

vettore normale alla superficie

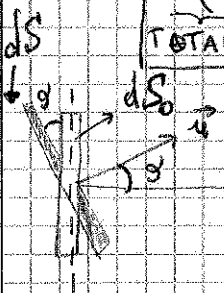


Il numero di linee di campo è un scalare, quindi anche  $dS$  il flusso è una grandezza scalare.

$$d\Phi(\vec{E}_0) = \vec{E}_0 \cdot \vec{n} \cdot dS = E_0 dS \cos\theta$$

$$\Phi(\vec{E}_0) = \int_S E_0 dS_0 \rightarrow \text{numero}$$

TOTALE



$$dS_0 = dS \cos\theta$$

$$d\Phi(\vec{E}_0) = E_0 dS_0$$

considerazioni geometriche:

$$\theta = 0$$

$$0 \leq \theta < \frac{\pi}{2}$$

$$d\Phi(\vec{E}_0) > 0$$

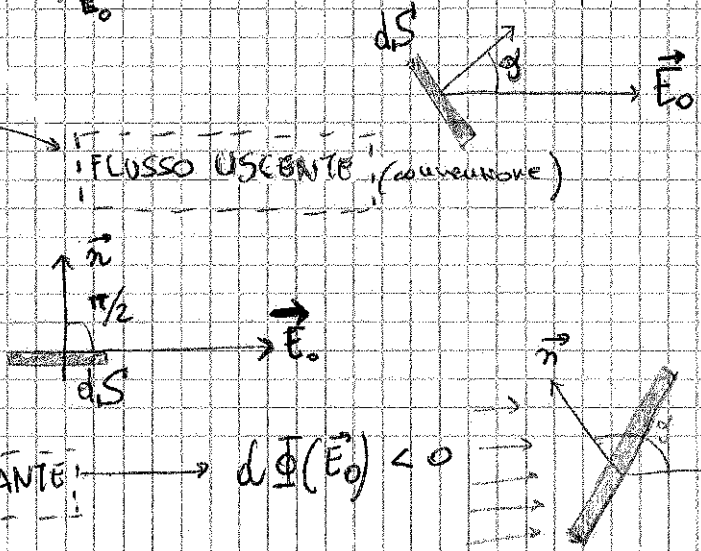
$$\theta = \frac{\pi}{2}$$

$$d\Phi(\vec{E}_0) = 0$$

$$\frac{\pi}{2} < \theta \leq \pi$$

FLUSSO ENTRANTE

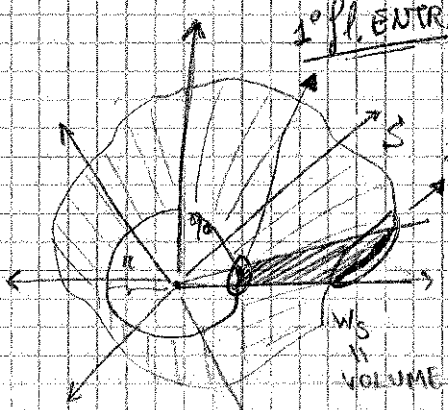
$$d\Phi(\vec{E}_0) < 0$$



$$d\Phi(\vec{E}_0) = d\Phi_1(E_0) + d\Phi_2(E_0)$$

TOTALE                      ENTRANTE < 0                      USCENTE > 0

flusso complessivo = 0      flusso complessivo è la somma di due numeri di segno opposto



$$d\Phi(\vec{E}_0) = \vec{E}_0 \cdot \vec{n} \cdot dS$$

$$\Phi_{tot}(\vec{E}_0) = \int_S E_0 d\cos\theta$$

in teoria vale per tutti, ma è complesso

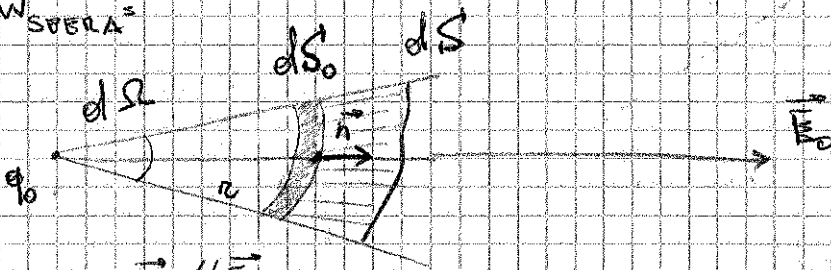
defendo la sfera dentro

la superficie:

$$W_{SPERA} = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$W_S = W_{SPERA}$$

- ① superficie sferica
- ② // " " come
- ③ // " " prolate lo prosta

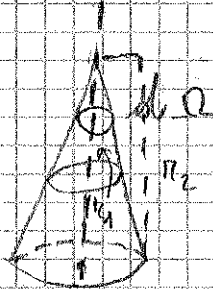


solito:  $\vec{n} // \vec{E}_0$   
 $\theta = 0$

$$\frac{d\Phi(\vec{E}_0)}{dS_0} = E_0 \cdot dS$$

$$\downarrow$$

$$\pi^2 d\Omega$$



$$d\Phi(\vec{E}_0) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_0}{r^2} \cdot \pi r^2 d\Omega$$

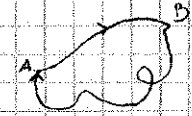
$$\Phi(E_0) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} q_0 \int d\Omega = \frac{q_0}{\epsilon_0}$$

flusso di campo di una carica puntiforme  
con almeno una curva

LEGGE DI GAUSS      da provare all'esame con dimostrazione

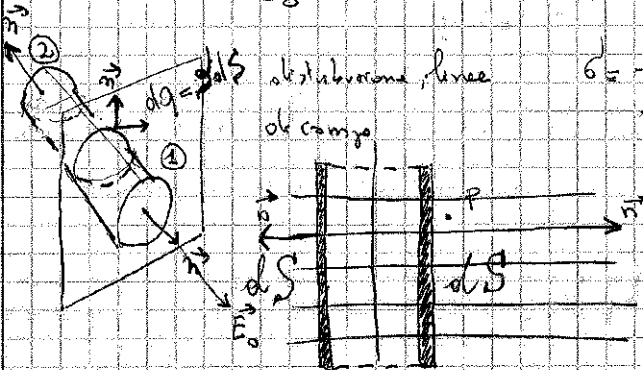
Lezione 22/10/2010

RI PASSO:

$$\int_A^B \vec{E}_0 \cdot d\vec{l} = \vec{V}_A - \vec{V}_B \quad \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$


$$\vec{E}_C = \nabla \Phi$$

$$\Phi_{Tot}(\vec{E}) = \frac{1}{\epsilon_0} \sum q_i$$



$$\sigma = \frac{dq}{dS} = \text{cost}$$

valore numerico colto la superficie gaussiana

flusso è una grandezza scalare: uso la formula di Gauss per approssimare la superficie

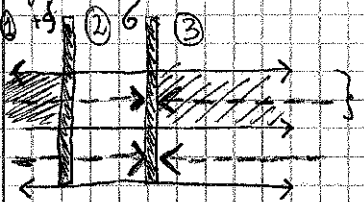
$$d\Phi(\vec{E}_0) = d\Phi_1 + d\Phi_2 + d\Phi_{tot}$$

$$\vec{E} \cdot \vec{n} dS$$

$$d\Phi_{Tot}(\vec{E}_0) = E_0 dS + E_0 dS + 0 = \frac{1}{\epsilon_0} \sigma dS \rightarrow E_0 = \frac{1}{2\epsilon_0} \sigma$$

in notazione vettoriale:  $\vec{E}_0 = \frac{1}{2\epsilon_0} \sigma \vec{n}$   $\sigma = \text{densità superficiale}$

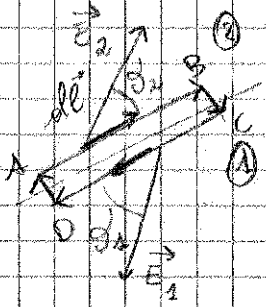
modulo del campo elettrostatico è costante: per una distribuzione piana è LA RELAZIONE DI COULOMB



Linee di campo con conica +  
linee di campo con conica -

nella regione (2)  $E_0 = 0$  perché il numero di linee di campo + e - è equivalente anche nella B  $E_0 = 0$

Nella regione (2)  $E_0$  è determinata dalla distribuzione di cariche



$$\overline{AB} = \overline{CD}$$

$$\overline{BC} = \overline{DA}$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_A^B (\cdot) + \int_B^C (\cdot) + \int_C^D (\cdot) + \int_D^A (\cdot)$$

Il risultato complessivo deve essere 0

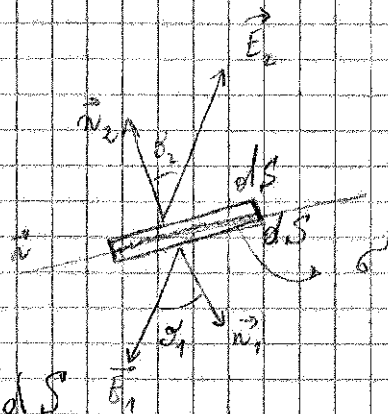
$$\oint \vec{E}_0 \cdot d\vec{l} = \int_B^A \vec{E}_2 \cdot d\vec{l} + \int_C^D \vec{E}_1 \cdot d\vec{l}$$

$$E_2 dl \cos \alpha_2 \quad E_1 dl \cos \alpha_1$$

$$\int \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_A^B \vec{E}_2 \cdot d\vec{l} + \int_C^D \vec{E}_1 \cdot d\vec{l}$$

Conservativa

$$= \int_A^B (E_{2t} - E_{1t}) dl = 0$$



$$\vec{E}_1 \cdot \vec{n}_1 dS + \vec{E}_2 \cdot \vec{n}_2 dS = \frac{1}{\epsilon_0} dq = \frac{1}{\epsilon_0} \rho dS$$

$$\vec{E}_1 \cdot \vec{n} - \vec{E}_2 \cdot \vec{n} = \frac{1}{\epsilon_0} \rho$$

$$E_1 \cos \alpha_1 - E_2 \cos \alpha_2 = \frac{1}{\epsilon_0} \rho$$

$$E_{1n} - E_{2n} = \frac{1}{\epsilon_0} \rho$$

$$E_{1n} - E_{2n} = \frac{1}{\epsilon_0} \rho$$

Altrimenti una distribuzione di carica, le componenti normali presentano una discontinuità

$$= \frac{1}{\epsilon_0} \rho$$



Lezione 24/10/2020

Conduttori

per la configurazione elettronica possiedono delle cariche libere di muoversi nel reticolo del conduttore

$\left. \begin{matrix} Fe \\ Cu \\ Ni \\ Au \end{matrix} \right\} \text{metallo}$

Il corpo possiede un'energia interna (microscopica) alla quale corrisponde una velocità termica  $\vec{v}_i$ ; dato che esiste l'agitazione termica ma senza direzioni preferenziali per la velocità termica il corpo risulta essere isotropo rispetto alle velocità termiche

$$\langle \vec{v}_i \rangle = 0$$

$\rightarrow$  isotropia  
casuale

$$\vec{F} = -e \vec{E}_0 = m \vec{a}$$

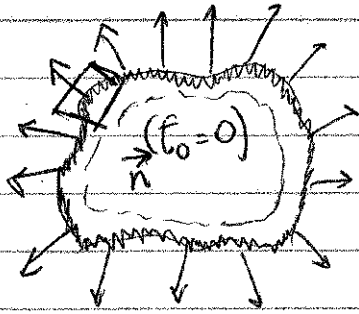
$\downarrow$   
 carica  
 elettronica

$$\vec{a} = -\frac{e}{m} \vec{E}_0$$

ogni carica libera acquista una dovuta velocità (dovuta al campo elettrostatico), che si somma però a quella termica

$\rightarrow$  velocità di deriva è la velocità dovuta al campo elettrostatico

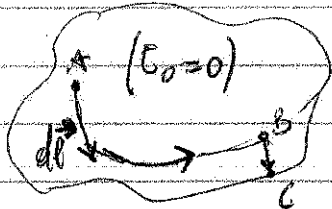
• corrente elettrica (si propaga, perché non è in stato statico)



In ogni punto alla superficie di un corpo elettrizzato il campo è sempre ortogonale alla superficie

$$E_0 = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{dq}{dS} = \frac{1}{\epsilon_0} \sigma$$

$$\vec{E}_0 = \frac{1}{\epsilon_0} \cdot \sigma \cdot \vec{n}$$



$$\bullet V_A - V_B = \int_A^B \vec{E}_0 \cdot d\vec{l} = 0 \quad \boxed{V_A = V_B}$$

Il potenziale interno delle cariche è uguale in tutti i punti interni

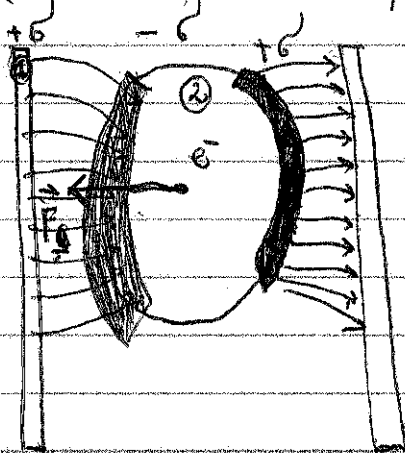
$$\bullet V_B - V_C = \int_B^C \vec{E}_0 \cdot d\vec{l} = 0 \quad \boxed{V_B = V_C}$$

• valore di un qualsiasi punto superficie

Il potenziale è uguale su tutto il corpo non può essere nullo anche se il campo è nullo

→ SUPERFICIE EQUIPOTENZIALE :

Tutti i punti interni al conduttore hanno lo stesso potenziale, ma non può mai essere nullo, perché è uguale a quello della superficie



$$\vec{F}_e = -e \vec{E}_0$$

$$F = \frac{d}{c} \rightarrow \text{dimensione tipica del campo}$$

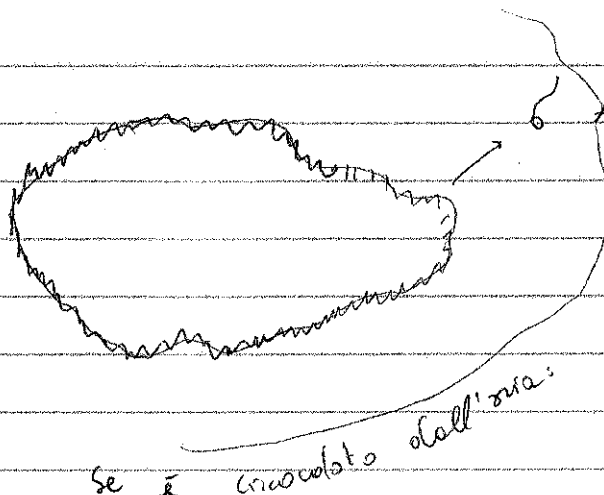
$$\downarrow c \rightarrow \text{velocità luce}$$

lungo di accelerazione (+/-)

$$E_i \gg \sim \text{molto grande } \vec{E}_0$$

due campi = e opposti in direzione

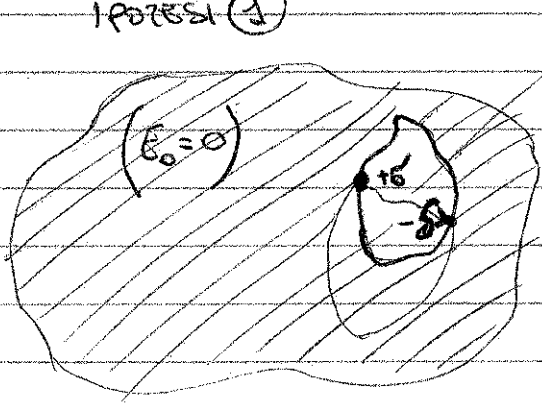
Campo totalmente indotto o soddisfa l'equazione completa



ALTISSIMA: le cariche elettriche negative sparse  
EFFLUVIO ELETTRONICO

se è cavo dall'aria:  
gli elettroni entrano gli elettroni le molecole dell'aria  
ionizzazione  
(es.  $O_2 \rightarrow O_3$  ozono)

l'effluvio elettronico può anche essere dall'interno verso l'esterno del corpo (perforazione)  
oppure può essere controllato da "solle" gli autenti (s'indica)  
IPOTESI (1)



$E_0$  è conservativa: la circuitazione del prodotto scalare  $E_0 \cdot d\vec{l}$  è sempre nulla

$$= \int_A^B \vec{E}_0 \cdot d\vec{l} + \int_B^A \vec{E}_0 \cdot d\vec{l} = 0$$

dato che il campo è nullo

$$V_A = V_B = 0$$

Per questo l'over ipotizzato la presenza di quelle 2 cariche è fuori ente  
Anche se all'interno la cavità è vuota, perché possono esistere potenziali  
FISICAMENTE IMPOSSIBILE

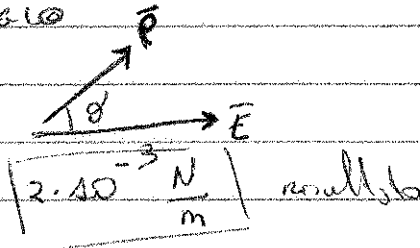
Esercitazione 25/10/2006

1)  $q = 10^{-6} \text{ C}$   
 $d = 2 \text{ cm}$   
 $E = 10^5 \text{ V/m}$   
 $M_{\text{max}} = ?$

$d = \pi \cdot r$      $d = ?$

$\vec{M} = \vec{p} \times \vec{E}$   
 $|M| = p E \sin \theta$

PRIMO PASSAGGIO



$\theta = \frac{\pi}{2}$

$M_{\text{max}} = p E = q d E$

SECONDO PASSAGGIO

momento meccanico nullo; minimo di energia potenziale

$U = -\vec{p} \cdot \vec{E} = -p \cdot E \cdot \cos \theta$

$\theta = 0 \quad U = -pE$

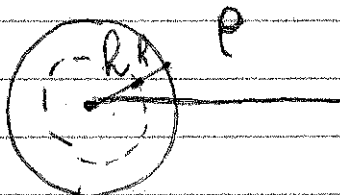
$\theta = \pi \quad U = pE$

variazione  $\Delta U = U_{\text{max}} - U_{\text{min}} =$

$= -pE - pE = -2pE = -2q d E = -4 \cdot 10^{-3} \text{ J}$

lavoro negativo = lavoro compiuto sul sistema

2) APPLICAZIONE DI GAUSS



distribuzione sferica di carica: e ul. di calcolo con Gauss

$\Phi(\vec{E}) = \frac{Q}{\epsilon_0}$

$E(r) = ?$

$V(r) = ?$

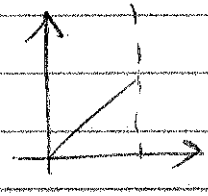
$r < R$



$\Phi(\vec{E}) = \int \vec{E} \cdot \vec{n} \, dS = \int E \, dS = E \int dS = E 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0}$

$Q = \rho V = \rho \frac{4}{3} \pi R^3$   
 $E 4\pi r^2 = \frac{4}{3} \pi r^2 \frac{\rho}{\epsilon_0}$

$E = \frac{\rho r}{3\epsilon_0}$



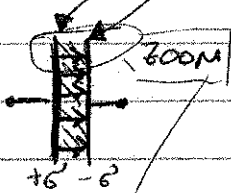
Lezione 28 / 10 / 2010

condizione di evoluzione completa

Condutture affiancate e post-adiacenti

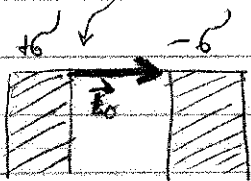
stesso numero di cariche opposte

ABM ATVAA ≠ capacità di carico complessiva



$$C = \frac{\text{quantità di cariche}}{\Delta V \text{ (tra armature)}} = \frac{+q \text{ and } -q}{(V_+ - V_-)} = \frac{1C}{1V}$$

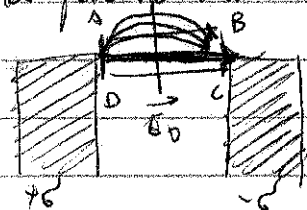
Il campo è uniforme da punto a punto ed ha valore  $E_0 = \frac{1}{\epsilon_0} \cdot q \cdot n$



In natura non sono soliti, quindi il limite sinistro deve coincidere col limite destro.

parall. con cariche col campo

Compo E elettost:  $\epsilon_0$  è un campo conservativo, quindi qualsiasi obliquazione di percorso chiuso ed non interno, il suo lavoro è 0.



$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 2 \int_a^b (1) + 2 \int_c^d (1)$$

$$\rightarrow \underbrace{(V_A - V_B)}_{=0} + \underbrace{(V_C - V_D)}_{\neq 0}$$

se sono due (quattro) infinitesimi, il contributo è tendente a 0 in quanto infinitesimi + grande oggetto all'altro c'è una contraddizione perché

un valore non può essere sia 0 che essere  $\neq 0$ , quindi non può non essere una zona di transizione  
 continuità della funzione = effetto l'entropia  
 INCURVAMENTO TRA I 70 E 80

$$U_e = \int_0^{q_0} \frac{1}{2} q dq = -\frac{1}{2} c q_0^2 = U_i - U_g = 0$$

$$U_e = \frac{1}{2} c q_0^2 = \boxed{\frac{1}{2} c (\Delta V_0)^2} \quad \text{efficienza convertita } > 90\%$$

$$c = \frac{q_0}{\Delta V_0}$$

$$U_e = \frac{1}{2} c (\Delta V_0)^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{S}{d} E_0^2 d^2$$

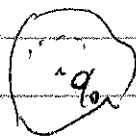
$$\epsilon_0 = \frac{S}{d}$$

$$\Delta V_0 = E_0 d$$

$$U_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 E_0^2 \underbrace{S d}_{\text{volume}}$$

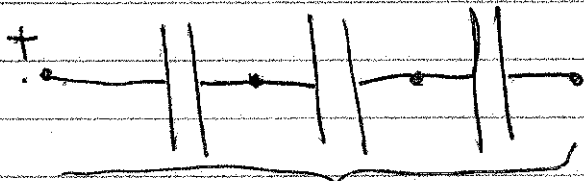
volume tra armature (se l'energia solo nel volume interno)

$$\frac{U_e}{W} = \eta_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 E_0^2$$



W

$\left. \begin{array}{l} E_0 \neq 0 \\ V_0 \neq 0 \end{array} \right\}$



SERIE

$$(V_A - V_B) + (V_B - V_C) + (V_C - V_D)$$

$$C_1 = \frac{q_0}{V_A - V_B}$$

$$C_2 = \frac{q_0}{V_C - V_B}$$

$$C_3 = \frac{q_0}{V_D - V_C}$$

però sostituibili con 1 solo condensatore



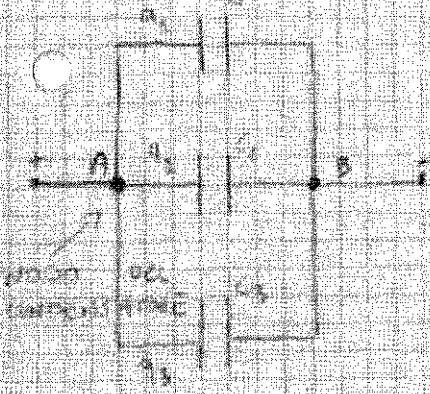
eq  
equivalente

29/10

$\Delta V \rightarrow$  STESSA

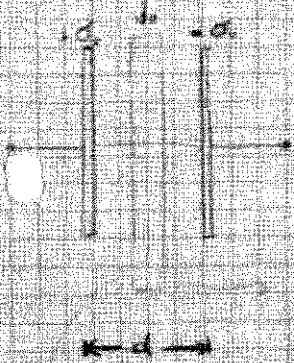
$$C_{eq} = \frac{q}{V_A - V_B} = \frac{q_1}{V_A - V_B} + \frac{q_2}{V_A - V_B} + \frac{q_3}{V_A - V_B}$$

$\underbrace{\hspace{1cm}}_{C_1} \quad \underbrace{\hspace{1cm}}_{C_2} \quad \underbrace{\hspace{1cm}}_{C_3}$



PROPRIETA' DEI MATERIALI

$\epsilon$  è costante spaziale forse vuoto

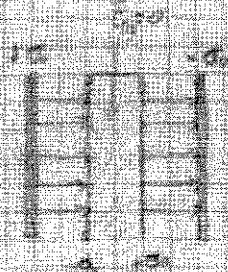
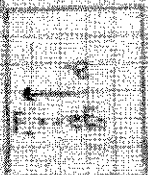


$$C_0 = \frac{q}{\Delta V_0}$$

$$\vec{E}_0$$

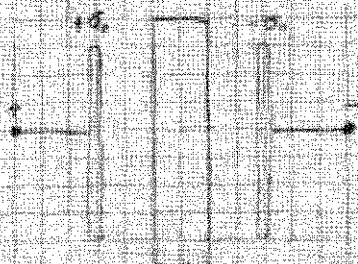
$$C = \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

La carica libera nel conduttore si moltiplica



$$V_A - V_B = E_0 (d - d_0)$$

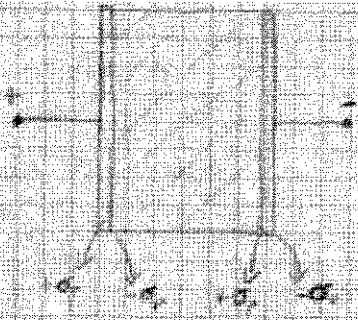
- Se invece avere una lamina isolante (DIELETTRICA)



$\Delta V_0$

Se la lamina occupare tutto lo spazio tra le armature avere una determinata diff. di potenziale  $\Delta V_0$

La dielettrica



$$\sigma_p = \pm \frac{k_e - 1}{k_e} \sigma_0$$

POLARIZZAZIONE DEL DIELETTRICO

$$C_0 = \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

$$C_k = \frac{q_0}{\Delta V_k}$$

$$\Delta V_k = \frac{1}{k_e} \Delta V_0$$

$$\frac{1}{\Delta V_k} = k_e \frac{1}{\Delta V_0}$$

$$C_k = q_0 k_e \frac{1}{\Delta V_0}$$

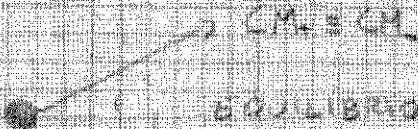
$k_e$  è costante assoluta

$$k_e \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

$\epsilon$  COSTANTE DIELETTRICA ASSOLUTA

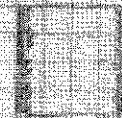
$$C_k = \epsilon \frac{S}{d}$$

POLARIZZAZIONE



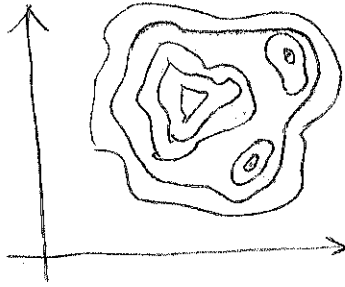
$$\vec{P}_+ = ze\vec{e}_0$$

$$\vec{P}_- = -ze\vec{e}_0$$

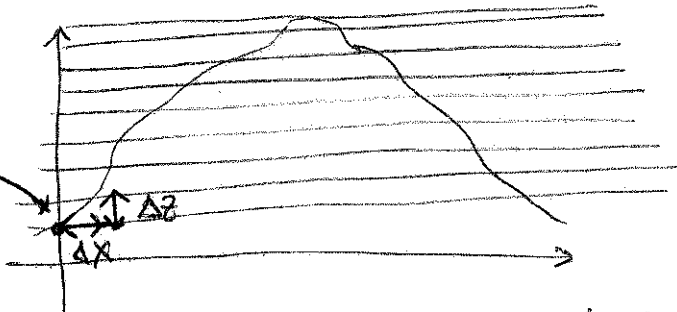


stelle di carica separate  
e come se avessimo un  
DIPOLO ELETTRICO





scuola  
del rapporto  
incrementale



• nascita della cartografia moderna, sul profilo altimetrico  
scuola dello studio del rapporto incrementale

$$dU(x, y, z) = dU_x + dU_y + dU_z = \frac{\partial U}{\partial x} dx + \frac{\partial U}{\partial y} dy + \frac{\partial U}{\partial z} dz$$

$\frac{\partial U}{\partial x}$  derivato di U rispetto a x  
 componenti di  $\vec{r}$

valore gradiente (o def. di operatore gradiente) = trasformazione da una grandezza scalare di U a una vettore di U.

$$\vec{\text{grad}} = \frac{\partial U}{\partial x} \vec{u}_x + \frac{\partial U}{\partial y} \vec{u}_y + \frac{\partial U}{\partial z} \vec{u}_z$$

$$dU(x, y, z) = \vec{\text{grad}} U \cdot d\vec{r}$$

{ modulo ①  
 { direzione e verso ②

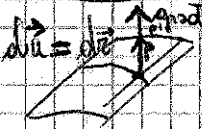
$\nabla U \rightarrow$  NABLA

considero la superficie di livello quindi rappresento la definizione, con un punto P che mi rappresenta.

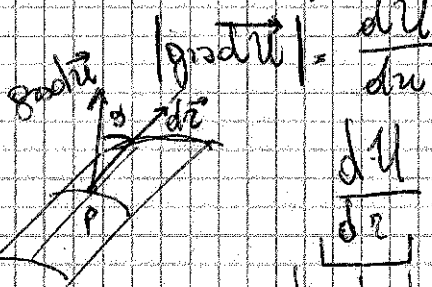


la variazione richiesta è nulla  $dU = 0$ , ma anche lo scalare  $\vec{\text{grad}} U \cdot d\vec{r} = 0$  sempre  $\perp$  alla sup di livello (risultato ②)

$$U(x, y, z) = \text{cost}$$



$$dU(x, y, z) = \vec{\text{grad}} U \cdot d\vec{r}; \quad dU = |\vec{\text{grad}} U| \cdot dr$$



$$\frac{dU}{dr} = \frac{dU}{du} \cos \theta \rightarrow \text{sono parallele } \cos(0^\circ) = 1$$

derivata direzionale  $\rightarrow$  derivata direzionale normale  
 vettore gradiente

**FARMIAT:**

Si vuole il campo vettoriale di campo scalare tramite gradiente

$\rightarrow$  campo conservativo

$$U(x, y, z) \xrightarrow{\vec{\text{grad}} U} \vec{V}(x, y, z)$$

Lezione 5/11/2010

Abbiamo visto un elemento che si pone da un riferimento vettoriale ad una scalare, che è il gradiente, mentre per passare da VETTORIALE a SCALARE che è la DIVERGENZA.

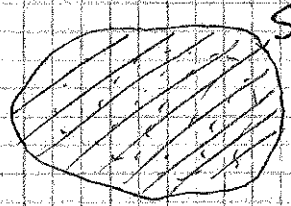
$$\vec{V} = \text{grad } U = \frac{\partial U}{\partial x} \vec{u}_x + \frac{\partial U}{\partial y} \vec{u}_y + \frac{\partial U}{\partial z} \vec{u}_z$$

$$\int_A^B \vec{V} \cdot d\vec{r} = U_B - U_A \Rightarrow \oint \vec{V} \cdot d\vec{r} = 0$$

$\vec{V} \rightarrow$  FISICA  
potenziale fisico, campo

$$\oint_S \vec{E}_0 \cdot \vec{n} dS = \frac{1}{\epsilon_0} \iiint_{V_S} \rho d\tau$$

SUPERFICIE                      VOLUME



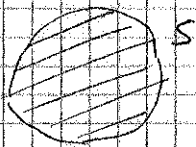
$$\frac{d}{c}$$

$$\text{div } \vec{V} = \frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z}$$

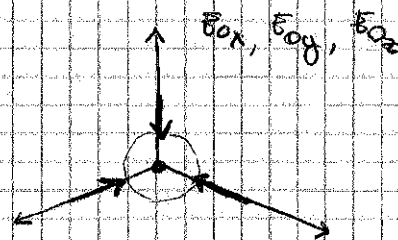
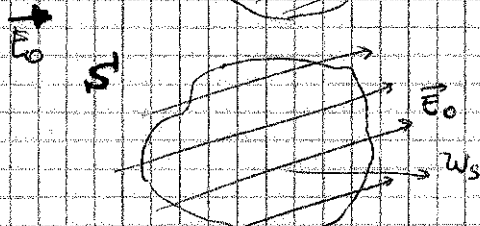
$$\boxed{\text{div } \vec{E}_0 = \frac{1}{\epsilon_0} \rho}$$

volume: un particolare tipo è il volume SOLENOIDALE

$$\vec{V}(x, y, z)$$



$$\oint_{S_0} \vec{V} \cdot \vec{n} dS = \iiint_{V_S} \text{div } \vec{V} d\tau$$



$$\Phi(\vec{E}_0) = \frac{1}{\epsilon_0} q$$

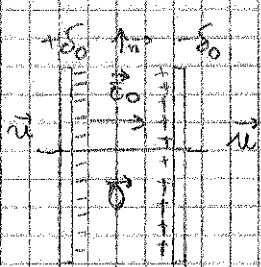
$$\text{rot } \vec{V} = \begin{vmatrix} \vec{u}_x & \vec{u}_y & \vec{u}_z \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ V_x & V_y & V_z \end{vmatrix}$$

quindi;

$$\text{rot}_x \vec{V} = \vec{u}_x \left( \frac{\partial V_z}{\partial y} - \frac{\partial V_y}{\partial z} \right)$$

$$\text{rot}_y \vec{V} = \vec{u}_y \left( \frac{\partial V_x}{\partial z} - \frac{\partial V_z}{\partial x} \right)$$

$$\text{rot}_z \vec{V} = \vec{u}_z \left( \frac{\partial V_y}{\partial x} - \frac{\partial V_x}{\partial y} \right)$$



$$\vec{E}_0 \epsilon_0 (k-1) = \vec{P}$$

$\sigma_s = 0; \quad \sigma_p \rightarrow +$   
 $\sigma_s = q; \quad \sigma_p \rightarrow -$

considero 2 rettili paralleli e caricati, sul dielettrico sono una distribuzione di cariche positive

Spiegazione dei centri di massa positivi e negativi

$\vec{P} = \frac{d\vec{P}}{dV}$  ; considero  $\vec{P}$  uniforme  $\sigma_p = \vec{P} \cdot \vec{u}$

Lezione 8/11/2010

Le cariche libere sono note a priori, quelle polari sono solo conseguenza dell'effetto

$E = E_0 + E_P$   $\rightarrow \iiint_{V_s} \rho_0 dV$

$\oint \vec{E} \cdot \vec{n} ds = \frac{1}{\epsilon_0} (\rho_0 + \rho_p)$

$\iiint_{V_s} \text{div} \vec{E} dV = \frac{1}{\epsilon_0} \iiint_{V_s} (\rho_0 + \rho_p) dV$

densità dielettrica costante o non

$\text{div}(\epsilon_0 \vec{E}) = \rho_0 - \text{div} \vec{P}$   
 $\text{div}[\epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}] = \rho_0 \rightarrow$  cariche libere

$\epsilon_0 \text{div} \vec{E} = \rho_0 + \rho_p$   
 $\text{div}(\epsilon_0 \vec{E}) = \rho_0 - \text{div} \vec{P}$   
 $\text{div}(\epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}) = \rho_0$

polari cariche libere

↓ polarizzazione

$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$   $\text{div} \vec{D} = \rho_0$

$\vec{P} = \epsilon_0 (k-1) \vec{E}$

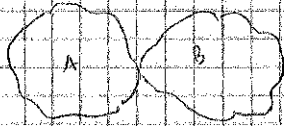
$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} - \epsilon_0 k \vec{E} - \epsilon_0 \vec{E} = \epsilon \vec{E}$

energia della cariche del  $\left\{ \begin{aligned} u_e &= \frac{w_e}{w} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \\ u'_e &= \frac{w'_e}{w} = \frac{1}{2} \epsilon E^2 \end{aligned} \right.$

con il vuoto come un dielettrico che riempie

$u'_e - u_e = \frac{1}{2} \epsilon E^2 - \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 (k-1) E^2$

$W'_e - W_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 (k-1) E^2 w$  per conoscere il costo del processo fisico



Spontaneamente, passando a contatto a se voluti  
 dei, per passaggio di elettroni da quello  
 con potenz. maggiore a quello minore.

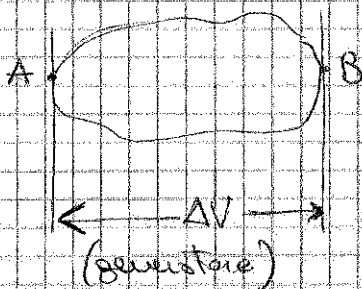
Zi. no. congloba gli elettroni acquisiti

MOVIMENTO SPONTANEO DI CARICHE = corrente elettrica  
 (libera)

al termine del passaggio la differenza di potenziale  $\Delta V$  si annulla

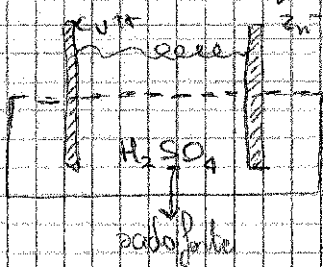
① MANOS REIAS, con un generatore, COSTANTE LA DIFFERENZA DI POT.  $\Delta V$ .  
 agente esterno

sono vive un solo conduttore metallico



$\vec{F}_e = e\vec{E}$  non opposto alla linea di  
 campo

il fenomeno si sviluppa con equilibrio dinamico  
 e non più statico

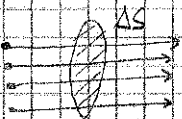


flusso di corrente nel collegamento esterno, verso la  
 pila.

$$E = N \Delta V$$

Da qui non è un conduttore, ma merca che non applichiamo nessuno di iocutionare  
 (trasportare un elettrone), generatore di cui:

Acqua pura: se ci scioglie un sale neutro ( $M^+ X^-$ )  $\rightarrow$  diventa conduttore  
 CORRENTE FORTIFICATA: insieme (flusso elettrico) di cariche che fluiscono  
 tutte con lo stesso vettore di senso da un punto a potenziale maggiore  
 e ad uno con potenziale minore.



Se riduciamo  $\Delta t$ , prendiamo l'ordine a 0:  $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} =$

$$= i \quad \text{valore}$$

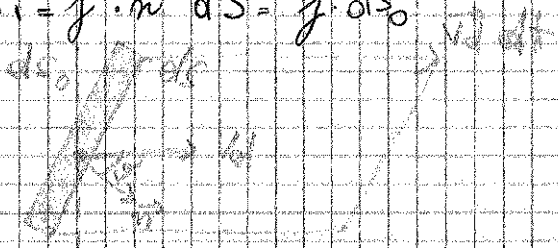
mi permette di vedere l'intensità  
 di flusso

$$\left\{ \frac{\Delta q}{\Delta t} \right\} = A$$

def. 2. N° DI CARICHE in un intervallo di tempo  $\Delta t$ .

Lezione 12 / 11 / 2010

$$di = \vec{j} \cdot \vec{n} dS = j dS_0$$



Tutte le cariche libere si muovono con una certa velocità di deriva  $v_d$  della velocità che possiedono lungo la misura del corpo che produce il campo elettrico;

$nq\vec{v}_d = \vec{j}$  (vettore densità di corrente)  
 $di = \vec{j} \cdot \vec{n} dS$   
 di = densità di intensità di corrente

rendendo di rendere  $t$  minimo n.h.a.  
 $i = \frac{dq}{dt}$  [1A]

$i = \frac{dq}{dt}$   $\vec{j} = nq\vec{v}_d$

conduttore metallico

$$\vec{j} = -ne\vec{v}_d$$

$$dS_0 = dS \cos \theta$$

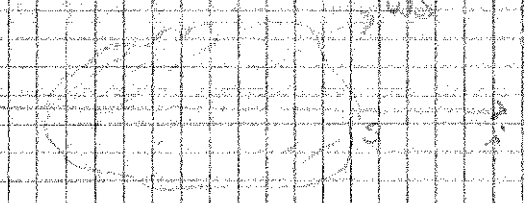
$$\frac{dQ}{dt} = \int \vec{j} \cdot d\vec{S}_0$$

$$di = \vec{j} \cdot d\vec{S}_0$$

$$i = \oint_S \vec{j} \cdot \vec{n} dS$$

$$i = \int_S j dS_0 = j S_0$$

$$\{j\} = \left\{ \frac{i}{S_0} \right\} = \left\{ \frac{1/t}{m^2} \right\}$$



$$i = \oint_S \vec{j} \cdot \vec{n} dS$$

DENSITA' DI CORRENTE  $j$  quella CORRENTE CHE ATTRAVERSA UNA QUALSIASI SEZIONE PURCHE  $\perp$  ALLA DIREZIONE DI MOTO ( $e \cdot \vec{v}_d$ )

$j \cdot n$   $\left\{ \begin{array}{l} q > 0 \text{ USCENTE} \\ q < 0 \text{ ENTRANTE} \end{array} \right.$

Supponiamo  $i_{USCENTE} > i_{ENTRANTE}$  in un certo numero di istanti del conduttore, variano nel tempo, risultando minori di quelle iniziali.

Supponiamo  $i_{ENTRANTE} > i_{USCENTE}$   $q$  aumenta

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

Per conoscere  $q$  e funzione  $q$  della coordinate  $r$  o del tempo:  $i \propto \frac{dq}{dt}$

$$q(x, y, z, t)$$

ottengo un'equazione differenziale risolvendo le equazioni di "i":

$$- \frac{dq}{dt} = \oint_S \vec{j} \cdot \vec{n} dS$$

$$\iiint_{W_3} \text{div} \vec{j} dW = - \frac{\partial}{\partial t} \left[ \iiint_{W_3} \rho dW \right]$$

$$\text{oppure} \iiint_{W_3} \text{div} \vec{j} dW = \iiint_{W_3} \left( - \frac{\partial \rho}{\partial t} \right) dW$$

$$\text{div} \vec{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$

$$\text{div} \vec{j} = - \frac{\partial \rho}{\partial t}$$

$$\boxed{\text{div } \vec{j} + \frac{d\rho}{dt} = 0}$$

equazione di continuità della corrente, esprimendo anche la conservazione di carica

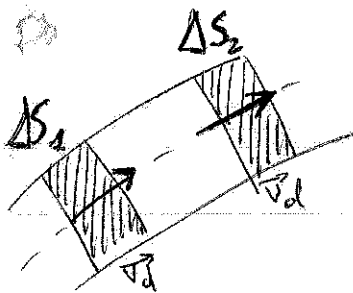
Mi permette di descrivere molte cose (es. distribuzione mis. ogni e sotto le ali di un aereo).

diff. tra 2 velocità = portanza;

Se  $\rho = \text{cost} \rightarrow \text{div } \vec{j} = 0$

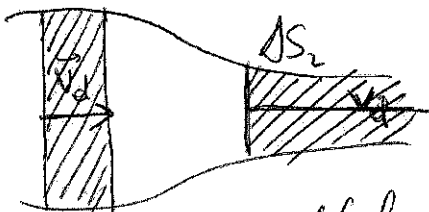
(Il campo della velocità sarebbe irrotazionale il campo elettrico sarebbe = a quello generato e aurei.)

CORRENTE STAZIONARIA  
 $i = \text{cost}$ )



$$\Delta S_1 = \Delta S_2 \Rightarrow v_{d1} = v_{d2}$$

I a volumi sono uguali;  $i = \text{cost}$



$$i = \text{cost}$$

$$v_{d1} \neq v_{d2}$$

È importante risolvere la c. di continuità

per questo è importante avere cori di sezione per evitare un riscaldamento

2° LEGGE DINAMICA PER UN CAMPO ELETTRICO (L. di OHM)

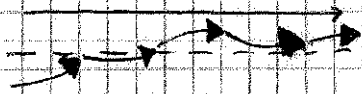
la velocità di deriva è proporzionale perché è un moto ordinato

-e  $\vec{j} = -ne\vec{v}_d$   
 $\vec{v}_d = -\frac{e}{m} \chi \vec{E}$

$m \vec{v}_d = -e \vec{E} \chi = -1 \chi = 1$

TRAIETTORIE: all'estate con  $\vec{E}$  (con l'agitazione term. o deriva su un po') Archi di parabola.

Dimostrazione del teorema dell'impulso che vale anche qui:  
 l'elettrone perde le sue caratteristiche, per il campo elettrico ordinato, fa acquisire all'elettrone ed impulso alle cricche



FORMULA 2<sup>a</sup> LEGGE DINAMICA  
 EFFETTO (j)  
 $\vec{j} = -ne \left( -\frac{e}{m} \chi \vec{E} \right) = \frac{ne^2}{m} \chi \vec{E}$

quest'equazione è indipendente dal segno delle cariche libere

$\vec{E} = \frac{m}{ne^2 \chi} \vec{j}$

proprietà microscopiche del corpo

resistività  $\rho$

$\vec{E} = \rho \cdot \vec{j}$  legge di Ohm

per convenire il verso della corrente è quello del p.c. verso il potenziale maggiore a potenziale minore.

Lezione 12/11/2020

Ogni volta che un sistema subisce una variazione di temperatura, il sistema reagisce, nel caso della Resistività essa reagisce secondo  $\rho(\theta) = \rho_0 (1 + \alpha \Delta\theta)$ , riferendo i gradi in gradi centesimali

$\alpha = \frac{\rho(\theta) - \rho_0}{\rho_0} \cdot \frac{1}{\Delta\theta}$

coefficiente che è la variazione di resistenza

Materiali metallici  $\rho_{0M}$  (se sono puri, elettrolitici o purificati), hanno sempre  $\alpha > 1$  per conduttori puri come Ge, C, Si...  $\alpha < 1$

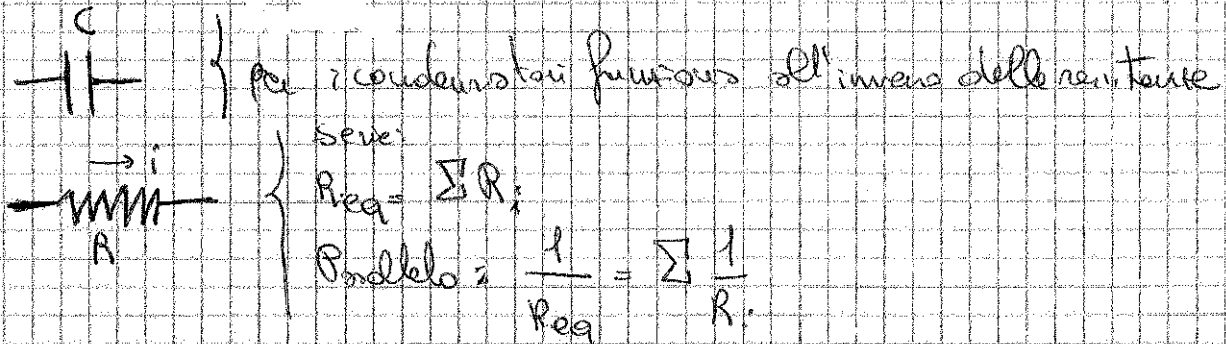
Transizioni: se abbiamo la temperatura meno gli o Kelvin, meno che la  $\rho$  tende ad essere costante (materiali n. 1 o polveri in una rete, che qualche volta hanno una minima lunghezza per. sono possibili foto o p. molto rari)

L'antimateria  $\alpha$  se  $\alpha$  (temp.) minore temp. critica (per  $\leftrightarrow$  altro) lo resistenza è così piccola da tendere a 0 = SUPERCONDUTTORI

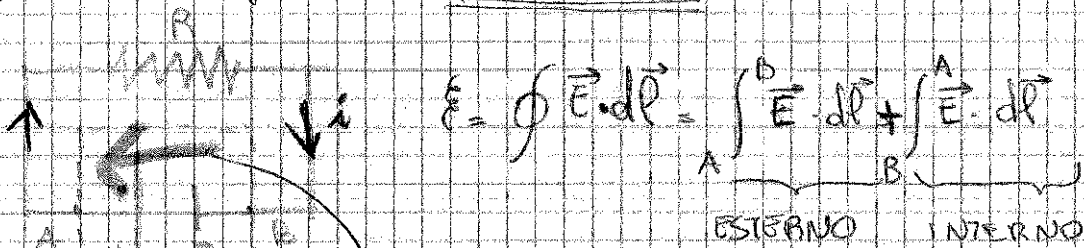


Resistenza: conduttore regolare che obbedisce alla legge di Ohm (è metallico) se risponde alla relazione:

$$\Delta V = r \cdot i$$



CIRCUITO: generatore + resistenza  
 Il generatore + resistenza è la pila di Volta.



Campo dell'induttore:

$$\vec{E}_i$$

Campo elettrostatico  $\vec{E}_0$

Il campo interno è dato dalla risultante di:  $\vec{E}_{em} + \vec{E}_0$

Il campo esterno è puramente  $\vec{E}_0$

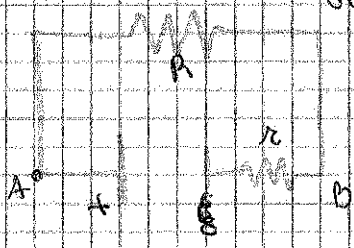
$$\vec{E} = \int_A^B \vec{E}_0 \cdot d\vec{l} + \int_B^A (\vec{E}_{em} + \vec{E}_0) \cdot d\vec{l} = \int_A^B \vec{E}_0 \cdot d\vec{l} + \int_B^A \vec{E}_{em} \cdot d\vec{l}$$

conservativo
non conservativo

=  $\left( \begin{matrix} + \\ - \end{matrix} \right)$  (Tensione calcolata su un punto qualsiasi purché interseca la pila; corso della f.e.m. di una pila).

Il moto delle cariche libere muove la resistenza. Il generatore reale non è ideale perché il generatore reale non è un generatore ideale se reale

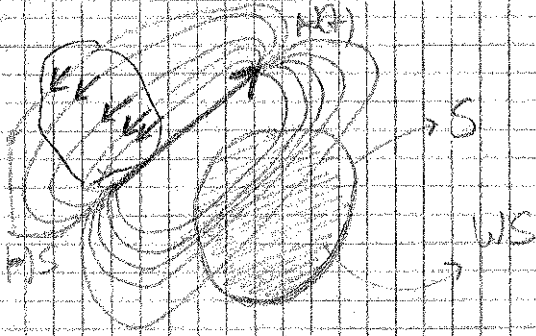
GENER. REALE



$$E = R_{tot} \cdot i = (R + r) i = R i + r i$$

$$E = \Delta V + r i$$

$$(V_A - V_B)$$



condotta una superficie chiusa che è attraversata da un campo magnetico, dimostrando che la magnetostatica

$$\oint \vec{B} \cdot \vec{m} \, dS = 0$$

$$\int \text{div} \vec{B} \cdot dV = 0$$

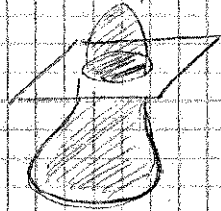
rotore di  $\vec{B} = 0$  quindi  $\text{div} \vec{B} = 0$  rot di  $\vec{B} \neq 0$  solenoidale

definisce il flusso concatenato

$$\iint \vec{B} \cdot \vec{n} \, dS =$$

$$= \iint_{S_1} \vec{B} \cdot \vec{n}_1 \, dS - \iint_{S_2} \vec{B} \cdot \vec{n}_2 \, dS = 0$$

almeno una serie di superfici che hanno un unico contorno, scelto in modo possibile superficie con ugual contorno,



sempre in ogni caso

perché esiste in modo esclusivo corrente  $\rightarrow$  c'è il vortice

due conduttori intersecanti con un campo magnetico: un campo magnetico variabile nel tempo ha un campo elettrico concatenato

Lezione 19 / 12/2010

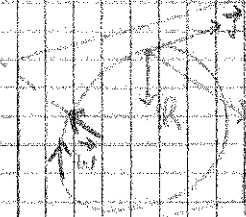
$$\vec{F}_2 = q \vec{v} \wedge \vec{B} = m \vec{a}_{\text{rot}} = m (\vec{\omega} \wedge \vec{v})$$

$$\vec{v} \cdot \nabla (q \vec{B}) = \vec{v} \cdot \nabla (-m \vec{\omega})$$

$$\vec{\omega} = -\frac{q}{m} \vec{B}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \frac{m}{q} \frac{1}{B}$$

$$q \vec{v} \wedge \vec{B} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m \frac{d}{dt} \left( \frac{v}{\rho} \right)$$

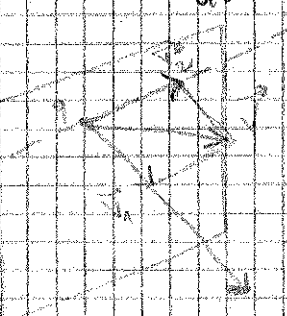


$$R = \frac{m}{q} \cdot \frac{v}{B}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$$

$$|\vec{v}_1| = v \cos \theta$$

$$|\vec{v}_2| = v \sin \theta$$



un moto più complesso come momento di moto (multilaterale) perché non è possibile ricondurlo ad un parametro che lo spieghi con chiarezza

MOTO TRIDIMENSIONALE

$\vec{v}_1 \rightarrow$  moto lineare

$\vec{v}_2 \rightarrow$  moto piano

$v \cos \theta$

nel tempo  $t$   
 ho un moto  
 $T = \frac{2\pi}{\omega}$   
 $d = \frac{1}{2} T$   
 velocità doppia  
 due componenti

Lettere 13/1/2020

Campi elettromagnetici

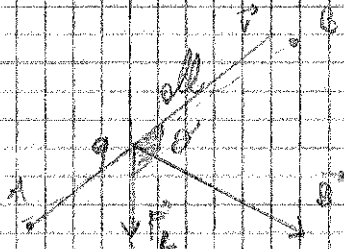
Il campo elettrico esercita una forza  $\vec{F}$  su una carica

$$\vec{F}_E = q \vec{V} \wedge \vec{B} \quad [EM] \quad [N]$$

Forza di Lorentz

campo magnetico  $\vec{B}$

$$\vec{F}_L = qvB \sin \theta$$



$\vec{F}$  è sempre ortogonale in ogni punto alla traiettoria; dato il lavoro compiuto da A a B:

$$L_{AB} = \int_A^B \vec{F}_L \cdot d\vec{p} = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 = 0$$

$$|v_A = v_B = \text{cost}|$$

NOTE VARIO:

$$qvB \sin \theta = m a = m a_t + m a_n$$

$a_t = a_{tangenziale}$

$a_n = a_{normale}$

non dà contributo

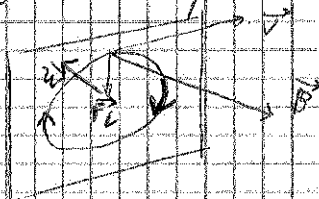
$$qvB \sin \theta = m \frac{dv}{dt}$$

$$\rho = \frac{m \cdot v}{q \cdot B} = \frac{1}{\sin \theta}$$

$$\vec{v} \perp \vec{B}$$

$$\rho = \frac{m \cdot v}{q \cdot B} = \text{cost} \rightarrow \text{unico possibile: CIRCONF.}$$

$F_L$  è una forza centripeta



$$R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$$

$$\vec{F}_L = q \vec{v} \wedge \vec{B} = m \vec{a}_n = m (\vec{w} \wedge \vec{v})$$

$$\vec{v} \wedge (q \vec{B}) = \vec{v} \wedge (-m \vec{w})$$

$$\vec{w} = -\frac{q}{m} \vec{B} \quad \text{moto periodico}$$

$$T = \frac{2\pi}{w} = 2\pi \frac{m \cdot 1}{q \cdot B}$$

$$B = \frac{m \cdot v}{q \cdot R}$$

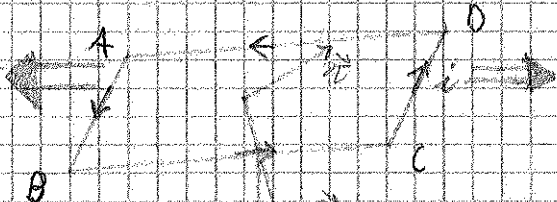
$$\left| \frac{\Delta B}{B} \right| \leq \left| \frac{\Delta m}{m} \right| + \left| \frac{\Delta q}{q} \right| + \left| \frac{\Delta v}{v} \right| + \left| \frac{\Delta R}{R} \right|$$

Lezione 22 / 11 / 2020

$$\vec{F}_c = q \vec{v} \wedge \vec{B}$$

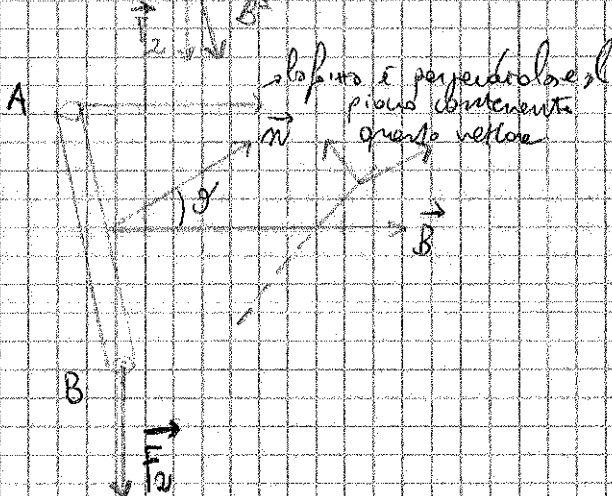
$$d\vec{F} = i d\vec{l} \wedge \vec{B}$$

Il suo generatore di corrente è una spira piana (con il detto il più semplice possibile, cioè una spira rettangolare)



$$\vec{AB} = \vec{CD} = a\vec{u}$$

$$\vec{BC} = \vec{DA} = b\vec{v}$$



$$AB \Rightarrow \vec{F}_1 = i (B-A) \wedge \vec{B}$$

$$BC \Rightarrow \vec{F}_2 = i (C-B) \wedge \vec{B}$$

$$CD \Rightarrow \vec{F}_3 = i (D-C) \wedge \vec{B}$$

$$DA \Rightarrow \vec{F}_4 = i (A-D) \wedge \vec{B}$$

$$\vec{F}_1 = i a B \sin \theta$$

$$\vec{F}_2 = i b B \sin 90^\circ$$

$$\vec{F}_3 = i a B \sin \theta$$

$$\vec{F}_4 = i b B \sin 90^\circ$$

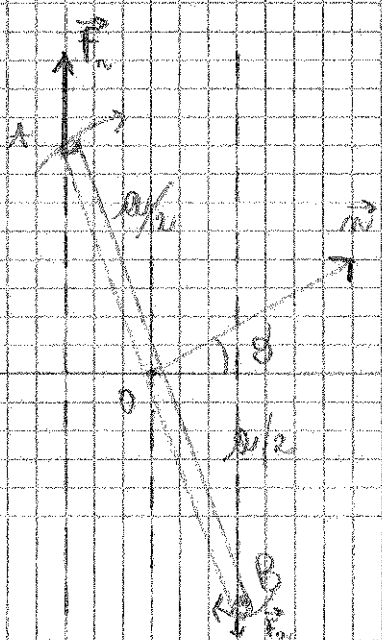


$F_1$  ed  $F_3$  il loro momento meccanico nullo.

Il momento meccanico è dato dalla somma:

$$\vec{M}_{TOT} = \vec{M}_2 + \vec{M}_4 = 2 i b B \frac{a}{2} \sin \theta$$

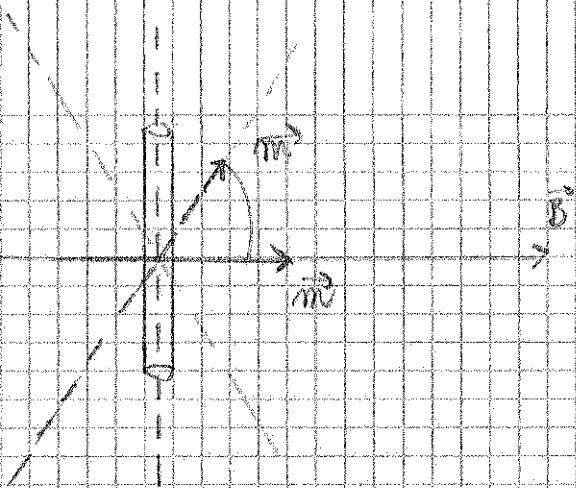
$$\vec{M}_{TOT} = i a b B \sin \theta = i S B \sin \theta$$



$$M_2 = F_2 \frac{a}{2} \sin \theta = i b B \frac{a}{2} \sin \theta$$

$$M_4 = F_4 \frac{a}{2} \sin \theta = i b B \frac{a}{2} \sin \theta$$

configurato condizione di equilibrio statico (senza 2 angoli  $\approx 90^\circ$ )



$$-m\dot{v} = Id = I \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

$$-iSB \sin\theta = I \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{iSB}{I} \sin\theta = 0$$

$$\left[ \frac{iSB}{I} \right] = \left[ \frac{1}{T} \right]^2 = \left[ \omega_0^2 \right] \text{ pulsazione}$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \omega_0^2 \sin\theta = 0 ; \frac{d^2\theta}{dt^2} + \omega_0^2 \theta = 0 \text{ (approssimazione l'angolo piccolo con la sua seno)}$$

funzione: seno  $\leftrightarrow$  non periodica

Lineare

$$\text{ordine: } \text{rag} = \delta - \frac{\delta^3}{3!} + \frac{\delta^5}{5!} - \dots$$

considero il solo coefficiente di 2° ordine per gli altri danno contributo nullo.

obteniamo una rotazione pari a  $\delta$ , ma non deve essere tutto grande così che possa approssimare il suo seno con il suo angolo: si ritrae con  $|\delta| \leq 6^\circ$

→ equazione differenziale di 2° grado lineare omogenea (senza deriv. 1°) a coefficienti costanti:

si esprime con una funzione di moto armonico:

→ dove

$$\theta(t) = \theta_0 \sin[\omega_0 t + \varphi]$$

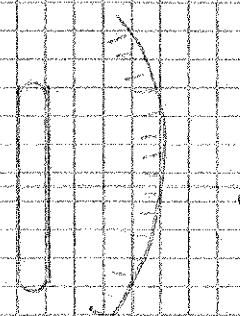
↓ FASE ↓

a costanti determinate dalle condizioni iniziali di moto

condizioni iniziali:

①  $\theta(0) = \dots$

②  $\frac{d\theta}{dt} = \dots$



$\vec{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q \vec{v} \times \vec{r}}{r^3}$  devo essere in grado di calcolare una spirale con un molo



$dr = \text{Soll}$   
 $i = jS$

$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{u}_r}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{jS \, d\vec{l} \times \vec{u}_r}{r^2}$

*m = lettera che indica la permeabilità magnetica*

$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{u}_r}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{u}_r}{r^2}$

$\vec{j} = nq\vec{v}_d$  rapporto tra la velocità di movimento e la velocità di deriva

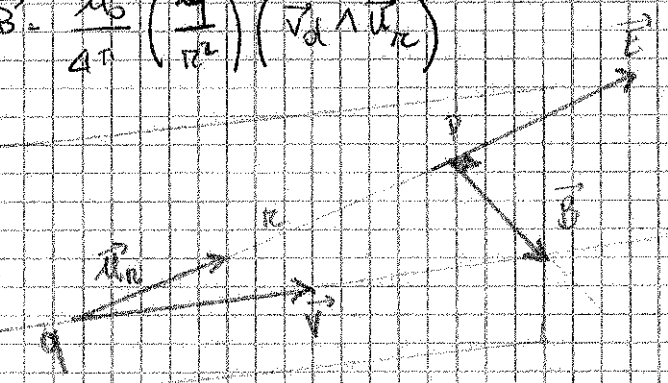
$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{u}_r}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{u}_r}{r^2}$

$\frac{\mu_0}{4\pi} \frac{1}{r^2} (nq\vec{v}_d \times \vec{u}_r) = \mu_0 \vec{B}$

ACQUA IN MOTO (esempio di un campo generato da una carica in moto)

$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \left( \frac{q}{r^2} \right) (\vec{v}_d \times \vec{u}_r)$

$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \left( \frac{q}{r^2} \right) (\vec{v}_d \times \vec{u}_r)$



$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \vec{u}_r$

$\vec{B} = \mu_0 \cdot \vec{v} \times \left( \frac{1}{4\pi} \frac{q}{r^2} \vec{u}_r \right) = \frac{1}{c^2} (\vec{v} \times \vec{E})$

$\vec{B} = \epsilon_0 \mu_0 (\vec{v} \times \vec{E})$

$\left[ \frac{\epsilon_0 \mu_0}{c^2} \right] = \left[ \frac{1}{v^2} \right]$

$\left[ \frac{\epsilon_0 \mu_0}{c^2} = \left( \frac{1}{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}} \right)^2 = \frac{1}{c^2} \right]$

Esempio che la velocità della luce dipende dalla velocità della carica in moto

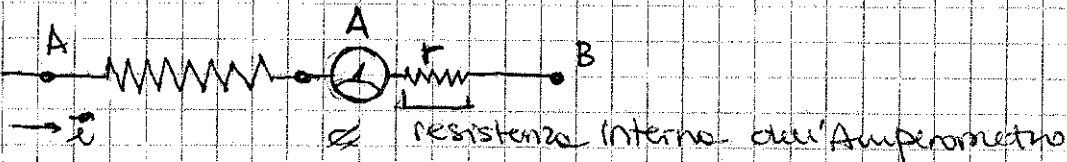
velocità nel vuoto

18.11.10

• Misura del

→ Galvanometro (Galvani)

ultima ~~era~~ versione 1930 dal fondatore del PoTo  
 usavano tele di ragno → oggi nanotubi



Come fare  $i_{reale} = i_{misurata}$

se non avessimo l'Amperometro:  $V_A - V_B = R \cdot i$

ma la misura e'  $V_A - V_B = R_{tot} i_m = (R+r) \cdot i_m$

$$(R+r) i_m = R i \rightarrow i_m = i \cdot \frac{R}{R+r}$$

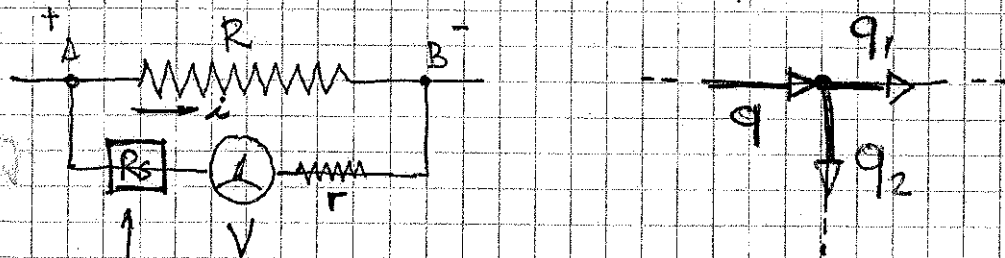
Amperometro: in serie

dare valore 1  
 →  $R \gg r$

• Misura della differenza di potenziale

→ Voltmetro

disposto in parallelo



Resistenza variabile

$$q = q_1 + q_2$$

$$\frac{q}{\Delta t} = \frac{q_1}{\Delta t} + \frac{q_2}{\Delta t}$$

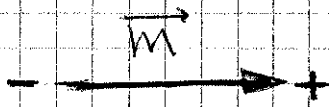
$$V_A - V_B = \Delta V$$

No Voltmetro →  $\Delta V = R \cdot i$

con " →  $(\Delta V)_m = R_{tot} \cdot i \rightarrow i = \frac{\Delta V}{R}$

$$\Delta V_m = \Delta V \frac{R_{tot}}{R}$$

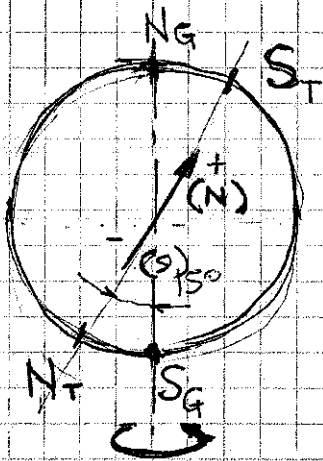
$\vec{m}$  momento di Dipolo Magnetico  
 vettore che va dalle polarità magnetiche (-) a quelle (+)



masse magnetiche (virtuali) nel DM hanno momento nullo

CALAMITA: oggetto tecnologico a base di Fe o Co che viene magnetizzato con un processo fisico (passaggio corrente) con due poli.

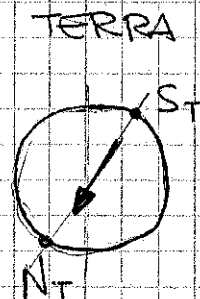
Cina → Europa → Amelfi ago magnetizzato posto su foglio galleggiante in H<sub>2</sub>O



→ si orienta sempre verso lo stesso punto

ago sospeso con un filo di seta, ferma SEMPRE un angolo di 15° col meridiano tangente al punto.

polarità magnetica Nord la polarità che è attratta dal polo Sud magnetico Terrestre, che è in prossimità (~) del polo Nord geografico



la Terra è un grosso magnete. Perché?

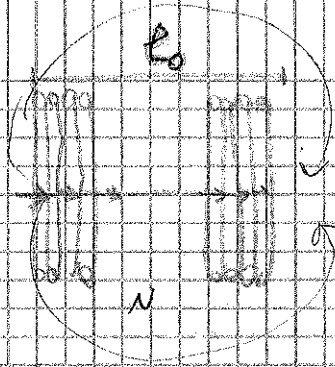
Ampère: so elementi organici fossili o antichi o da milioni di milioni a grandi profondità

i Poli magnetici terrestri

si sono spostati nel corso delle ere geologiche

→ E STA CAMBIANDO! (1%/anno)





Lezione 25/11/2020

Avendo  $l_0 \gg R \rightarrow N$  è grande allora il suo campo magnetico ha linee di campo sempre dirette da S  $\rightarrow$  N; sono linee di campo tutte parallele tra di loro, quindi il campo è uniforme.

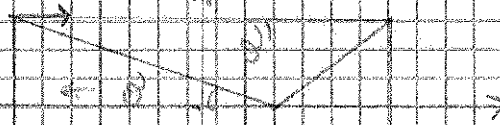
Il solenoide con un numero di spire genera un campo magnetico uniforme (come nell'elettromotore a superficie piane - parallele)

$$B = \frac{N}{l_0} \mu_0 i$$

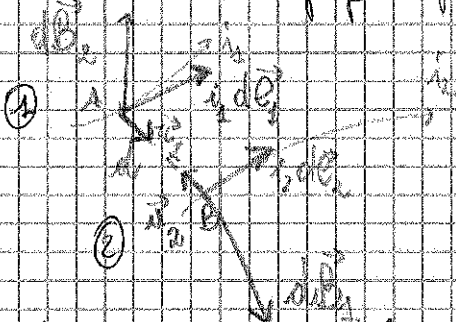
$n$  spire per unità di lunghezza  $\rightarrow B = n \mu_0 i$

$$B = n \mu_0 i$$

in un caso ho le spire in un cilindro e rispetto all'unità di misura



Considero conduttori filiformi percorsi da corrente (con indifferente)



$$d\vec{B}_1 = \frac{\mu_0}{4\pi} i_1 \frac{d\vec{l}_1 \wedge \vec{u}_2}{d^2}$$

$$d\vec{B}_2 = \frac{\mu_0}{4\pi} i_2 \frac{d\vec{l}_2 \wedge \vec{u}_1}{d^2}$$

$\vec{u}_2 = \vec{u}_1$   
 sempre che siano  
 2 vettori in uno //

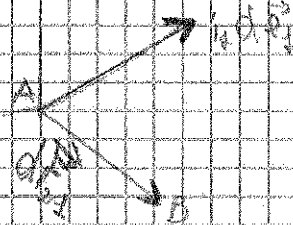
applicando la 2<sup>a</sup> di Laplace

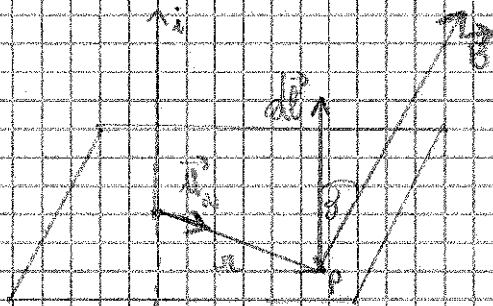
$$d\vec{F} = i_2 d\vec{l}_1 \wedge d\vec{B}_1$$

$$d\vec{F}_{12} = i_2 d\vec{l}_1 \wedge d\vec{B}_2$$

$$d\vec{F}_{12} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i_1 i_2}{d^2} [d\vec{l}_1 \wedge (d\vec{l}_2 \wedge \vec{u}_1)]$$

$$d\vec{F}_{21} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i_1 i_2}{d^2} [d\vec{l}_2 \wedge (d\vec{l}_1 \wedge \vec{u}_2)]$$

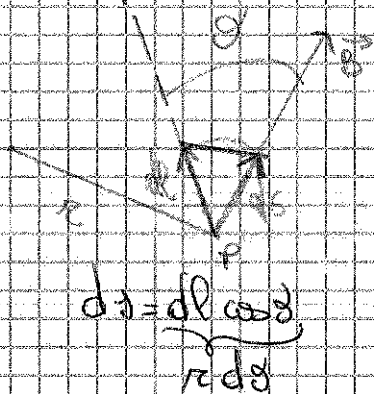




$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{r}$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l}$$

$$\oint B dl \cos \alpha$$



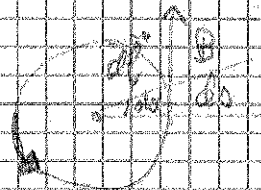
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint B ds$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \frac{\mu_0 i}{2\pi} \oint ds$$

$$ds = dl \cos \alpha$$

$$r ds$$



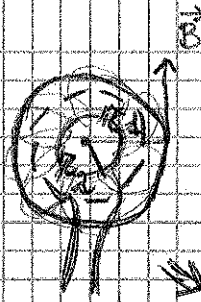
$$\oint ds = 2\pi r$$



LINEA CONCAVATA ad una  
 rispetto

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i$$

Ferromagnetici  
 Dia magnetici  
 Para magnetici



$$r_1 \leq r < r_2$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{r} = N \mu_0 i$$

$$\oint B dl \cos 0^\circ = N \mu_0 i$$

$$B \oint dl = N \mu_0 i$$

$$B \cdot 2\pi r = N \mu_0 i$$

$$B = \frac{N}{2\pi r} \mu_0 i \quad r_1 \leq r < r_2 \leq R$$

$$B = \frac{N}{2\pi R} \mu_0 i = n \mu_0 i$$

$$(E) \begin{cases} \mu_0 \\ B_0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}_n \\ \vec{B}_n \end{cases}$$

per il fenomeno di assorbimento:

- \*1 dia magnetico quasi nullo
- \*1 para magnetico poco maggiore
- \*1 ferromagnetico molto maggiore

$k_c$

$$k_m = \frac{B}{B_0}$$

Costante di Planck:  $L \rightarrow (n+1) \frac{h}{2\pi} = (n+1) \hbar$  Simbolo  $\hbar$

numero quantico principale

C'è un momento angolare intrinseco o spin  $= \hbar \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \hbar$

$$\vec{m} = \left(-\frac{e}{m}\right) \vec{S}$$

momento magnetico di spin per l'elettrone = MAGNETONE DI BOHR

$$m_B = \frac{1}{2} \frac{e}{m}$$

Stato di MAGN significa 2i Domini di Wigner su campo magnetico cubitabile l'energia

Supponiamo di aumentare l'intensità del campo elettrico o di abbassare la frequenza di magnetizzazione l'elemento

$$L = -\vec{m} \cdot \vec{B} = -mB \cos \theta$$

$$U_m \Rightarrow$$

$\theta = 0$  minimo  
 $\theta = \pi$  massimo

$$\Delta U_m = +mB - (-mB) = -2mB$$

MAGN. BOHR =  $2m_B$

ENERGIA  $\rightarrow$  TEMPERATURA

$$k_B T = 2m_B \Delta U_m$$

cioè sono necessari 2i. Boltzmann a far magnetizzare

magnetizzazione

DIAMAGNETICI non si magnetizzano come non hanno momento spin (risultato = 0)

Campo Elettrico Stazionario:

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

$$\vec{B} = \vec{B}(x, y, z)$$

4 equazioni di Maxwell possono essere scritte in notazione differenziale:

$$\text{div } \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\text{rot } \vec{E} = 0$$

$$\text{div } \vec{B} = 0$$

$$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$$

Linee chiuse (campo magnetico) sempre solenoide

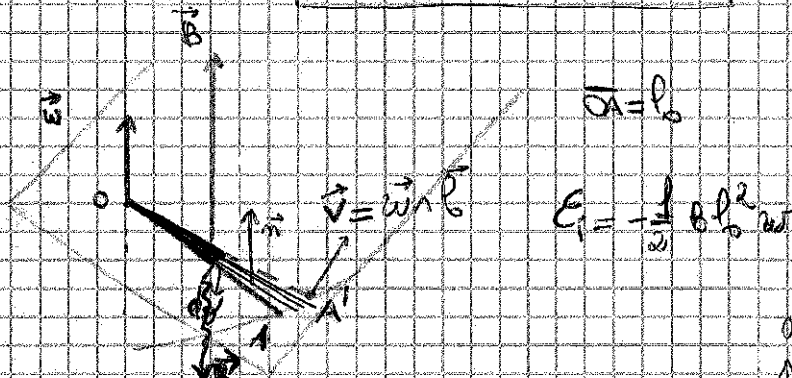
Legge di Ampere: campo elettrico stazionario da cariche stazionarie

Campo elettrico stazionario da cariche libere staz.  $\rightarrow$  corrente a VARIUS

TEOREMA DI AMPERE

$$\boxed{\mathcal{E}_i = - \frac{d\Phi(\vec{B})}{dt}}$$

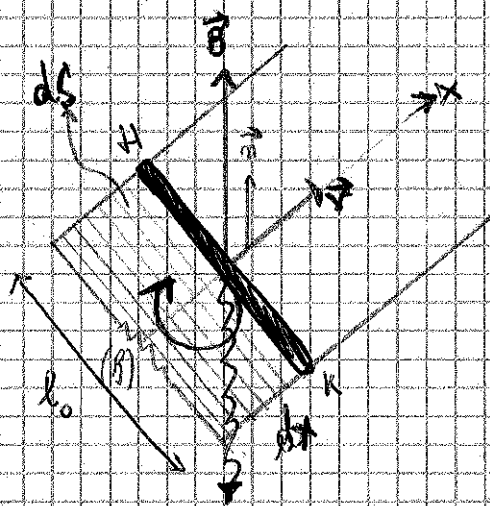
$$\boxed{i_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = - \frac{1}{R} \frac{d\Phi(\vec{B})}{dt}}$$



FLUSSO CONCENETRATO:  $d\Phi(\vec{B}) = \vec{B} \cdot \vec{n} dS = B \cos \theta dS = B \cos \theta \cdot \frac{1}{2} \omega l_0^2 d\alpha$

$\Rightarrow \frac{d\Phi(\vec{B})}{dt} = \frac{1}{2} \omega l_0^2 B$       *angolo  $\theta$  coincide angolo  $\alpha$*

$$i_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = - \frac{1}{R} \frac{B l_0^2 \omega}{2}$$



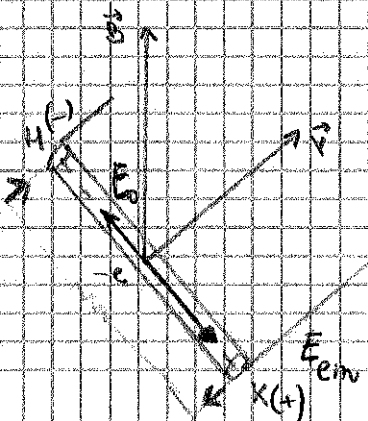
Sistema inerziale, nessuna campo B: CIRCUITO CHIUSO

$$dt \Rightarrow dx = v dt \Rightarrow dS = l_0 v dt$$

$$d\Phi(\vec{B}) = \vec{B} \cdot \vec{n} dS = B dS = B l_0 v dt$$

$$\frac{d\Phi(\vec{B})}{dt} = B l_0 v = -\mathcal{E}_i \Rightarrow \mathcal{E}_i = -B l_0 v$$

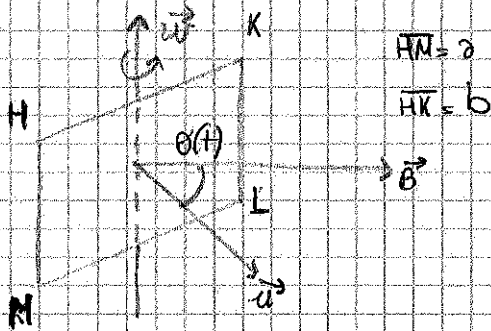
$$i_i = \frac{-B l_0 v}{R}$$



$$\vec{F}_L = -e \vec{v} \wedge \vec{B} = \frac{\vec{F}}{-e} = \vec{v} \wedge \vec{B} = \vec{E}_{em}$$

Sbarra  $\rightarrow \vec{E} = \vec{E}_{em} + \vec{E}_0$

$K \rightarrow H \quad \vec{E} = \vec{E}_0$



$HM = a$   
 $HK = b$

Lezione 6/12/2010

$\vartheta(t) = \omega t$

$\mathcal{E}_i(t) = \omega BS \sin(\omega t)$

$i_i(t) = \frac{\mathcal{E}_i(t)}{R} = \frac{\omega BS}{R} \sin \omega t$

La funzione dominante è il seno. Mi serve il valor medio della funzione che studio, poiché sto studiando funzioni periodiche

STUDIO DEL PERIODO

POTENZA DISSIPATA:

$T = \frac{2\pi}{\omega}$

$P_i(t) = R i_i^2(t) = \frac{(\omega BS)^2}{R} \sin^2(\omega t)$

$\langle \mathcal{E}_i(t) \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T \mathcal{E}_i(t) dt = 0$

$\langle P_i(t) \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T P_i(t) dt = \frac{(\omega BS)^2}{2R}$

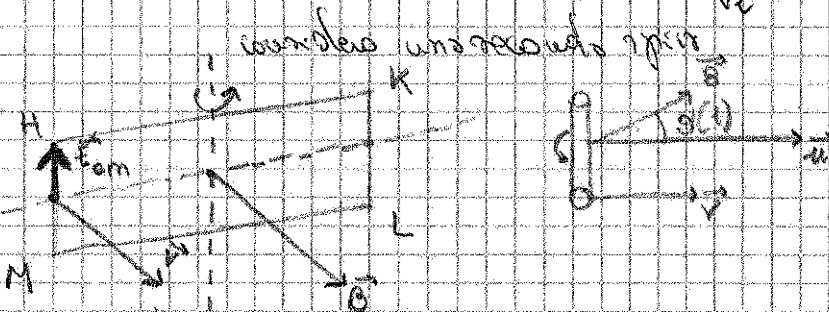
$\langle i_i(t) \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T i_i(t) dt = 0$

alla prima potenza abbiamo un generatore che genera una fem. pari a

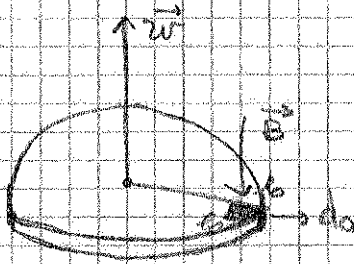
$\mathcal{E}(t) = \frac{[\mathcal{E}_i(t)]_M}{\sqrt{2}}$

$\frac{P_i(t)}{R} = \frac{[i_i(t)]_M^2}{2R}$

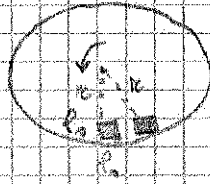
corrente che realmente noi sfruttiamo:  $i(t) = \frac{[i_i(t)]_M}{\sqrt{2}}$



Esercizio di Fisica I



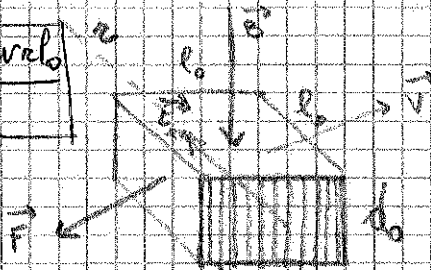
$$\begin{cases} \vec{E}_i = - \frac{d\Phi(\vec{B})}{dt} \\ i_i = \frac{E_i}{R} \end{cases}$$



$$\begin{aligned} dt &\rightarrow ds = v dt = \omega r dt \\ &\rightarrow dS = l_0 ds = \omega r l_0 dt \\ &\rightarrow d\Phi(\vec{B}) = \vec{B} \cdot \vec{n} \cdot dS = B \omega r l_0 dt \\ \frac{d\Phi(\vec{B})}{dt} &= B \omega r l_0 \end{aligned}$$

$$\vec{E}_i = - \int \omega r l_0 dt \quad i_i = - \frac{B \omega r l_0}{R}$$

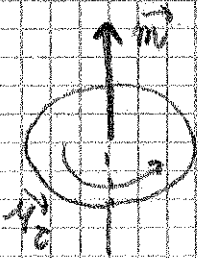
$$\vec{E}_{em} = \vec{v} \wedge \vec{B}$$



$$i_i = - \frac{B \omega r l_0}{e} \quad R = e \frac{l_0}{doh_1} = \frac{e}{do}$$

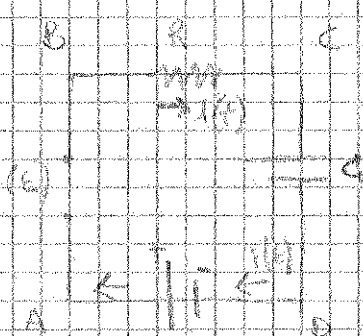
$$F = \frac{B^2 v \omega r l_0 do}{e} = - \frac{B^2 \omega^2 r^2 l_0 do}{e}$$

$$\vec{M}_T = \vec{r} \wedge \vec{F} = M_G = r F = - \frac{B^2 \omega^2 r^3 l_0 do}{e}$$



• T.G.V. di Sorveglianza

lezione 9/12/2010



condanno un'istituzione in cui la variabile dipende dalla sola variabile tempo (t), quindi avremo un'equazione differenziale

$$t=0 \rightarrow \begin{cases} q(0) = 0 \\ i(0) = \frac{dq(0)}{dt} = 0 \end{cases}$$

$$0 \leq q(t) \leq q_0 = c \Delta V_0$$

$i(t)$

$\Delta V_R(t)$

$\Delta V_C(t)$

$$\varepsilon - \Delta V_R(t) - \frac{1}{c} q(t) = 0$$

$$(V_A - V_B) + (V_B - V_C) + (V_C - V_D) + (V_D - V_A) = 0$$

$\downarrow$   $\downarrow$   $\downarrow$   $\downarrow$   
 $\Delta V_A(t)$   $\Delta V_C(t)$

perché il potenziale della sorgente dei St. del circuito (chiuso)  $\varepsilon = 0$

$$\varepsilon - R i(t) - \frac{1}{c} q(t) = 0$$

$$\varepsilon - R \frac{dq(t)}{dt} - \frac{1}{c} q(t) = 0$$

$$R \frac{dq}{dt} = \varepsilon - \frac{1}{c} q \quad ; \quad \frac{dq}{c\varepsilon - q} = \frac{1}{RC} dt \quad ; \quad - \int_0^q \ln(c\varepsilon - q) = \frac{1}{RC} \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{c\varepsilon - q}{c\varepsilon} = - \frac{1}{RC} t$$

$$q(t) = c\varepsilon \left( 1 - e^{-\frac{1}{RC} t} \right)$$

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = -c\varepsilon \left( -\frac{1}{RC} \right) e^{-\frac{1}{RC} t} = \frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{1}{RC} t}$$

$$\Delta V_R(t) = R i(t) = \varepsilon e^{-\frac{1}{RC} t}$$

$$\Delta V_C(t) = \frac{1}{c} q(t) = \varepsilon \left[ 1 - e^{-\frac{1}{RC} t} \right]$$



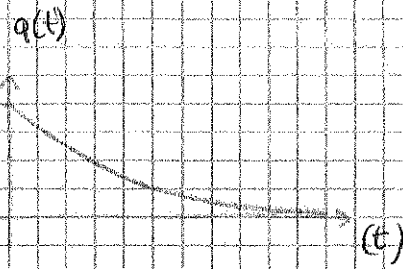
○  $t=0 \rightarrow q(0) = C \mathcal{E}$

$\Delta V_R(t) + \Delta V_C(t) = 0$

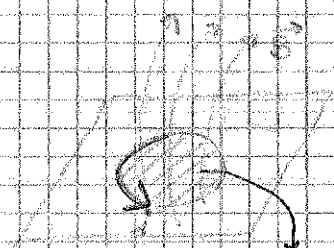
$-R \frac{dq(t)}{dt} - \frac{1}{C} q(t) = 0$

$\int_{C \mathcal{E}}^q \frac{dq}{q} = -\frac{1}{RC} \int_0^t dt$

$q(t) = C \mathcal{E} e^{-\frac{1}{RC} t}$



$\ln \frac{q(t)}{C \mathcal{E}} = -\frac{1}{RC} t$



definiamo l'AVVOLGIMENTO DI UN CIRCOLO MAGNETICO (costante)

multo proporzionale alla corrente che il circuito genera dipendente dalla geometria

$\Phi(B) = L i$

↓  
dipende dalla geometria

Se facciamo variare in una regione ben specifica del circuito, la regione di cui siamo induttore e <sup>specifica</sup> ~~regione~~ specifica INDUTTORIA (L)

$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi(B)}{dt} = -L \frac{di}{dt}$

$\mathcal{E} - R i = 0 \quad t=0 \quad i(0) = 0$

$\mathcal{E} - R i = R i(t)$

$\mathcal{E} - L \frac{di(t)}{dt} = R i(t)$

$L \frac{di}{dt} = \mathcal{E} - R i; \quad \frac{di}{\mathcal{E} - R i} = \frac{1}{L} dt; \quad -\frac{1}{R} d \ln(\mathcal{E} - R i) = \frac{1}{L} dt$

$\int_0^t d \ln(\mathcal{E} - R i) = -\frac{R}{L} \int_0^t dt, \quad \ln \frac{\mathcal{E} - R i}{\mathcal{E}} = -\frac{R}{L} t$

$$\frac{N^2}{l_0} \mu_0 S i = L i \quad L = \frac{N^2}{l_0} \mu_0 S \quad \text{formula di tipo geometrico}$$

$$U_m = \frac{1}{2} L i^2 = \frac{1}{2} \frac{N^2 \mu_0 S}{l_0} i^2 \quad (\text{Sottintende } \mu_m)$$

moltiplico e divido per  $\mu_0$  e  $l_0$

$$U_m = \frac{1}{2 \mu_0} \frac{N^2 \mu_0^2 S l_0}{l_0^2} i^2 = \frac{1}{2 \mu_0} \underbrace{\left( \frac{N}{l_0} \mu_0 i \right)^2}_{= B^2} \cdot w$$

$$\mu_m = \frac{B^2}{2 \mu_0} w$$

$$U_m = \frac{\mu_m}{w} = \frac{B^2}{2 \mu_0}$$

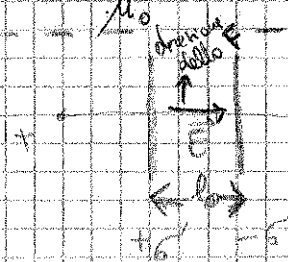
vedendo come punto = punto

$\frac{U_m}{w} =$  densità energia x unità volume

CAMPO:  $\left\{ \begin{array}{l} \vec{E} \Rightarrow u_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \\ \vec{B} \Rightarrow u_m = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0} \end{array} \right.$

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{B} \rightarrow u_e = \frac{1}{2} \vec{E} \cdot \vec{D}$$

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{m} \rightarrow u_m = \frac{1}{2} \vec{H} \cdot \vec{B}$$



$$\vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \vec{n}$$

$$\vec{F} = -\text{grad} u_e = -\frac{d}{dl_0} u_e = -\frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 S$$

$$\rightarrow \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 S l_0$$

pressione  
sul campo  
dell'aria

(vollo = perfetto tra 2 conduttori)

$$p_e = \frac{F}{S} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

pressione > data = energia spogliata nel follo due ma indipendente dall'area totale

$$p_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 S l_0$$