NUMERO : 188

DATA : 24/09/2012

A P P U N T I

STUDENTE : Goso

MATERIA : Fisica II

Prof. Mussino

FISICA II

Prof. MUSSINO

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 3 di 207

interessano le variazioni di gravità (anche se lento 2000 u è cost).

Rivoluzione Coulomb: cercò di determinare realtà di fen. fis tra cariche elettriche
qll di = segno → si respingono
" ≠ " → si attraggono

Si verifica può è ≠ dalla stabilità.

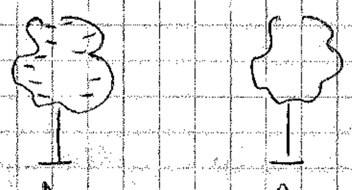
Uso pendolo di Torsione di Cavendish (x vedere F di interazione tra 2 masse ma non riuscì per il campo gravit. terr. troppo grande di qll piccole, dunque tra opp. piccoli non si vede, i microeff. sn mascherati da qll grande della Terra) Fuori dalla Terra il mio campo esercita una forza).

Ho luce solare se una è meno forte non riesco a rilevarla = uso led = su sup. piccola riesco a rilevarla).
Uso della bilancia di Coulomb ha effetti positivi.
Intensità Fg è bassa ma è su spazio dell'universo = campo range rispetto a forze interaz. dovute cariche elettriche
su piccola dist. carico mot. e riesco a vedere fenomeno
2 masse = unite da asta ke non risente della carica appesa a 1 filo
↓ una volta elettrizzata la Felettr è >> di Fg che x ciò non si risente
la elettrizzo avvicino a l'altra, piano di rotaz. è verticale il filo si torce
misuro angolo di torsione → la F elastica viene equilibrata da quella Felettrica
~~ed è proporzionale all'angolo di torsione~~
X elettrizzare = strofinamento: corpo ha atomi strofinamento → L = calore → > en. in.
= en. cin. media > = si muovono + veloci (prot. >> elettroni = elettr. è + veloce, poi prot. sono nel nucl. che ha > massa = nucleo è fisso elettr. > en da orbitale a altro

E.R. frequ. rotazione dopo lp decadono xchè + basso è en > è la stabilità).

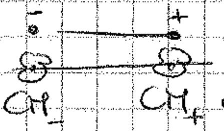
Do en qll ke ricavo è qll fornito + en sottoforma di calore = aumento entropia).

Strofinam. meccanico x produrre elettriz.: non trasferisce materia ma rilocalizza le cariche elettriche = fenom. statico = NO TRASFERIMENTO.
Elettriz. x induzione elettrostatica è = a qll sopra
es ho corpo su supporto isolato (= neutro), II corpo elettrizzato x strofinam. (è negativo x rilocalizz. delle cariche)
↓
eccesso di cariche negative
e + se ho carenza di cariche negative
xchè elettr. si muovono + facilmente dei protoni.



Sperimentalmente bisogna determin. fenom. senza perturbare l'ambiente se no non posso quantificare il fenomeno. Non devo xturb. i corpi vicini se no non verifico se il fen. è dovuto ad A.
Modalità di comunicazione deve essere biunivoca.
x stud. eff. prod. su altri = lo avvicino fisicamente a B. = a mano a mano A → B sulla sup. di B bisognerebbe che siano generate cariche elettriche
↙ da misurare ↙ No xchè sn rilocalizzate
A perturba spazio intorno = rilocalizzazione cariche + a sx e − a dx
gli elettr. sn i più veloci = gli elettr. sn + spostati a dx e dalla sx = n° di +.
Se A si allontana il fen. ke ha indotto sparisce = il corpo ritorna neutro abito di nuovo CIRCOLARI.

Se le cariche fossero puntiformi qll di C è sulla retta, se sn diffuse come posso dire ke l'azione è su una retta precisa?



Qnd ho sist di masse posso def il centro di massa punto immateriale che non ha realtà fisica, punto geometrico a cui associo una massa equivalente al sist. → se sist è chiuso, il moto è qll di qll geometrico. (che ~~non~~ può non appart. al corpo)

X un sist di masse il punto è il BARICENTRO (punto di applicazione risultante forze peso) forze peso sono // allora so come applicarle → BARIC. è FISICO.

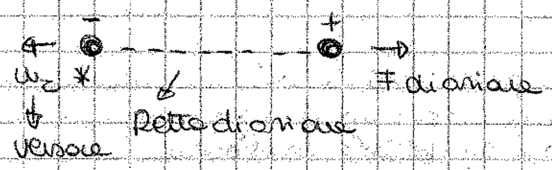
Nel campo gravitaz. coincidono

Calcolo il centro di massa delle cariche retta passante x i 2 centri è 1 sl xche sn puntiformi. la retta di azione è qst.

Proced. analitico, verifico → il dopo posso def.

FORZA È DI TIPO VETTORIALE x ~~omo~~ PRINC. OMOGENEITÀ delle GRAND. anche ~~il~~ II termine deve avere grand. vettoriale.

d è vettoriale ma d^2 è numero = devo def un vettore di MODULO 1 = VERSORE



$$\vec F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{q_1 q_2}{d^2}\,\vec u_r$$

Coulomb

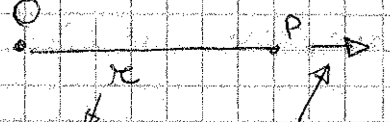
FORMULA ANALITICA COERENTE

*può essere centro di massa delle cariche.

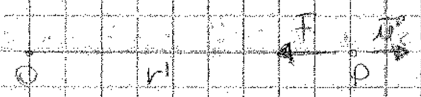
Se q_1 e q_2 sn omologhe F è + e repulsiva
Se q_1 e q_2 sn eteronome F è − e attrattiva

FORZA CENTRALE: forza con DIREZ. COST DIRETTA A PUNTO FISSO detto CENTRO
modulo ∝ a centro e punto di applicazione

" repulsiva qnd verso è verso esterno
attrattiva " " " centro



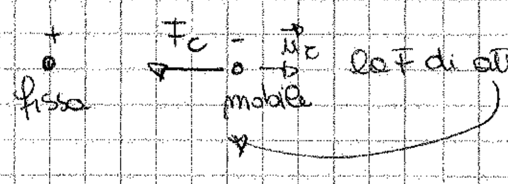
$F = F_r \vec u_r$



ho F centr. repuls. con versore $\vec u_r$

In P_1 distanza r' ho forza ~~a~~ centrale attrattiva qnd ho $F = -F_r \vec u_r$

Forze centrali = F_g, $F_{elastica}$, F coulombiana perché è proporzionale a 1 distanza



la F di attraz. coulomb.

$$\boxed{\vec F = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{q_1 q_2}{d^2}\,\vec u_r}$$

FORZA ATTRATTIVA

xchè modulo F deve essere < 0

19/09/'06

FORZA ELETTR. = CENTRALE perché $\propto$ alla $\underline{d^2}$

ε riferita al vuoto

$$F_c = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$ (si spiega con la legge di Gauss)

si esplica lungo una retta

Se le cariche son puntif. (da stabilire geom) è verificata, se no devo def la F rispetto una certa densità di carica si possono avere 1/2/3 coordinate.

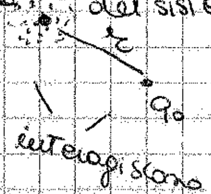
Le cariche son multipli interi di e^-

Una carica con dimens. di 1 ottavo è x noi puntiforme anche se ha tante cariche.

Anche 10^5 cariche è puntif. perché e^- è molto piccola.

X la fisica che descrive l'universo dice che $\exists$ una massa è associata l'inerzia (= propr. intrinseca della massa) $\to$ $\exists$ carica elettr. $\to$ è associata una caratteristica

$\sum q_i$ (DISTRIBUZIONE di cariche) calcola il pto geom. a cui associo l'equivalente somma algebrica del sistema (con + e −)



$$F_c = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\sum q_i q_0}{r^2}$$

distanza centro di massa cariche q_i e q_0

Riscrivo algebr. com. l'eq.ne

$$F_c = \left[\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\sum q_i \vec{u}_r}{r^2}\right] q_0$$ vale x cariche puntiformi e per distribuzioni di cariche.

$\sum q_i$ perturba lo spazio circost. se xché $\exists$ ed esercita azione su q_0 = qst azione è una FORZA. (PERTURBAZ. CHE ESERCITA UN'AZIONE)

F_c

$$\boxed{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\sum q_i \vec{u}_r}{r^2}} = \frac{F_c}{q_0}$$ Azione di q_i su q_0 è F_c elettrostatica (xché NO MOTO DI CARICHE)

PROPR. INTRINSECA, ANALITICAMENTE def con la formula, che la sua FISICITÀ è CAMPO ELETTROSTATICO

Ha una realtà fisica cariche elettr. statiche perciò E modifica lo spazio se vi viene introdotta una carica ne risente, ma non è necessario è propr. intrinseca - $\exists$ anche se non c'è qlc che ne riveli l'$\exists$. Se qlc lo rivelo posso xò decodificarlo e misurarlo.

Vettore azione lungo una retta d'azione

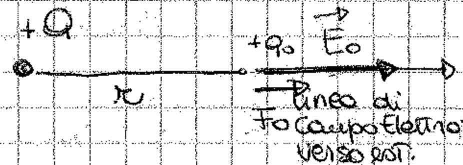
Faraday ha cercato di visualizzare graficamente un campo elettrostatico.

Q è in O in P a dist = r E è def da $\vec{E}_0(P) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{r^2} \vec{u}_r$

= è sperimentale, misurabile. se faccio un errore ovvio che me lo porto dietro.

$\vec{F}_C = -q_0 \vec{E}_0$ (per l'es sopra)

uguale retta di azione ma
anti paralleli = F centrale
attrattiva



$E_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{+Q}{r^2}\vec{u}_r$

$\vec{F}_c = +q_0 \vec{E}_0$

vettori // e concordi = F_c // a E_0
centrale
repulsiva

UNITÀ DI MISURA

Il valore di una carica elettrica si riferisce a intris. U di misura (xché carica è primaria)

C = COULOMB

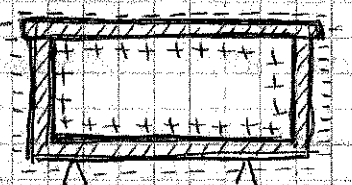
$F = [1N]$ $E_0 = \frac{1N}{1C}$
$q = [1C]$

E elettrost. ∃ sia che esistono cariche intrinseche o indotte

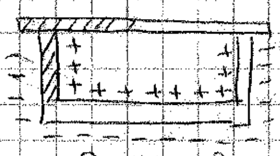
contenitore
pareti in legno di cedro (resist. poca umid. subita = buon isolante)

Dall'int e est è rivestito con lamine d'oro
mai a contatto xché c'è legno = elettricam. neutro

Lo pongo su sostegno isolante e nel deserto (secco bassa umidità), con porta sabbia che fanno abrasione sulle superfici
x sfregamento sono rilocalizzate le cariche elettriche →
x induzione ci sn ≠ n° di cariche + rilocalizzate
Se sollevo coperchio strutture metalliche non + a contatto
= resta



CONDENSATORE

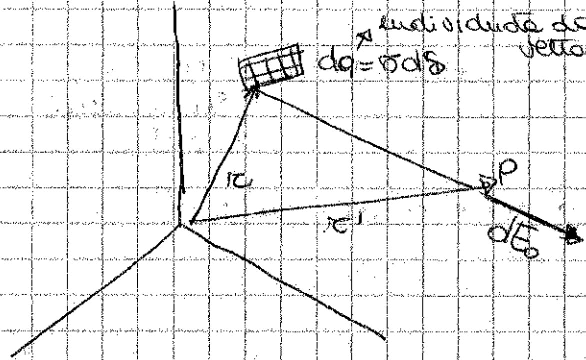


Se tolgo coperchio
~~[illegible]~~ lo sn collegato a terra
= ho uguale carica dell'esterno = scarica
= di qualche ~~[illegible]~~ di volt.

Allora sul coperchio metto cedro isolante sul coperchio e io mi appoggio su isolante (rivesto tutto)

$$d\vec{E}_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{r^2}\vec{u}_r \begin{cases} \lambda\, d\ell \\ \sigma\, dS \\ \rho\, dW \end{cases}$$

logicamente cambia xchè devo fare $\int$ semplice / doppio / triplo.

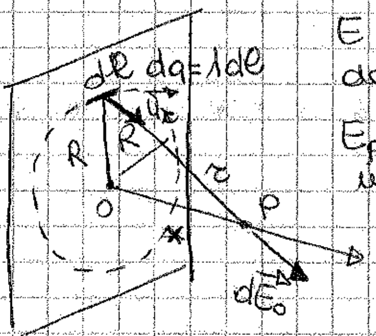


In P quì vale E generato da dq?

$$d\vec{E}_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\sigma\, dS}{|\vec{r}' - \vec{r}|^2} \quad dS = dx\,dy \rightarrow \int \text{doppio}$$

DISTRIBUZIONE ANULARE di CARICA

Esempio:



su qst distribuzione di cariche ad anello (rag = R)

E in tutti i punti dell'asse di qst distrib? ES distribuzione da 0 a ∞

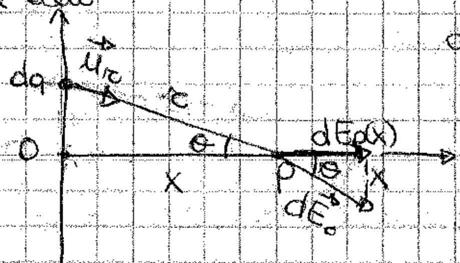
$E_P(x)$?
in P fuori della dist x dal centro

Distrib. unif, simm rispetto ad O.

r linea di campo di dq

$$dE_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(\lambda d\ell)}{r^2}\vec{u}_r$$

PROIEZIONE dall'alto

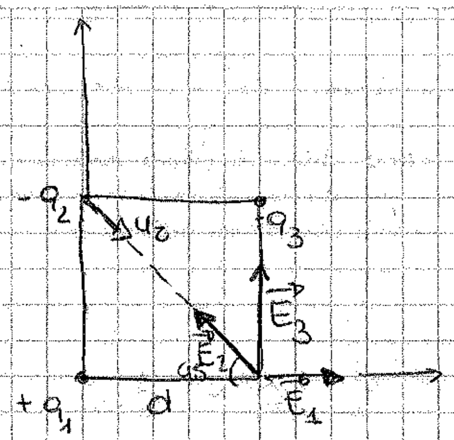


dE_0 calcolato sull'asse

$$r^2 = R^2 + x^2$$

$$dE_x(P) = dE_0 \cos\theta \qquad \cos\theta = \frac{x}{r} = \frac{x}{\sqrt{R^2+x^2}}$$

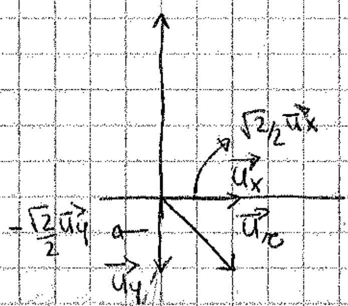
$$dE_x(P) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda d\ell}{R^2+x^2}\cdot\frac{x}{\sqrt{R^2+x^2}} \Rightarrow dE_x(P) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda x}{(R^2+x^2)^{3/2}}\,d\ell$$



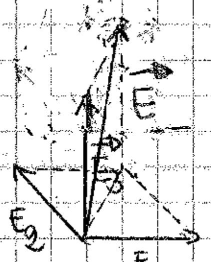
$$E_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(+q_1)}{d^2}\vec{u}_x$$

$$E_3 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(+q_3)}{d^2}\vec{u}_y$$

E_2 obliquo = scelgo $\vec{u}_r$ $\quad E_2 = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_2}{2d^2}\vec{u}_r = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_2}{2d^2}\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\vec{u}_x - \frac{\sqrt{2}}{2}\vec{u}_y\right)$



$$u_r = \frac{\sqrt{2}}{2}\vec{u}_x - \frac{\sqrt{2}}{2}\vec{u}_y$$

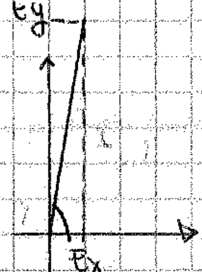


$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$

$$\vec{E} = \underbrace{\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{d^2} - \frac{\sqrt{2}}{2}\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_2}{2d^2}\right)}_{\vec{E}_x}\vec{u}_x + \left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_3}{d^2} + \frac{\sqrt{2}}{2}\frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0\, 2d^2}\right)\vec{u}_y$$

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0 d^2}\left(q_1 - \frac{\sqrt{2}}{4}q_2\right)\vec{u}_x + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 d^2}\left(q_3 + \frac{\sqrt{2}}{4}q_2\right)\vec{u}_y$$

$$|E| = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$



$\operatorname{tg}\alpha = \frac{E_y}{E_x}$ $\quad \alpha$ = coeff. angolare della retta d'azione lungo la quale si esplica il campo complessivo.

Dist. valido x carica puntiforme.

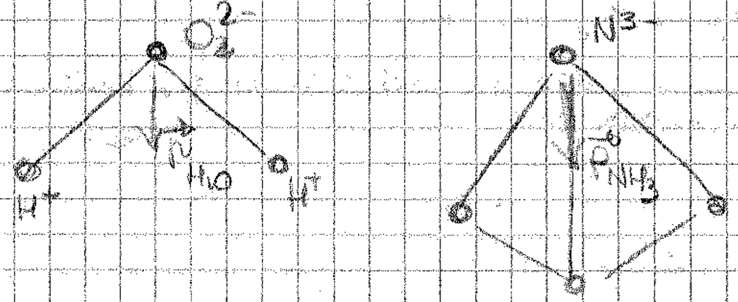
Dip. elettr.: prototipo descrittivo delle propr. elettr. dei materiali detti POLARI

Di qst dipolo si misura la caratteristica intrinseca (MOMENTO DI DIPOLO ELETTRICO)

def: VETTORE ($\vec{p}$) CHE HA COME MODULO IL PRODOTTO DEL VALOR ASSOLUTO DELLA CARICA q

· LA DIST TRA q^+ e q^-; DIREZ. LA CONGIUNGENTE LE DUE CARICHE, VERSO DA q^- A q^+.

≠ dal momento meccanico, perché Il Dip. Elett = cattiva traduz. di momentum che è la quantità di moto.



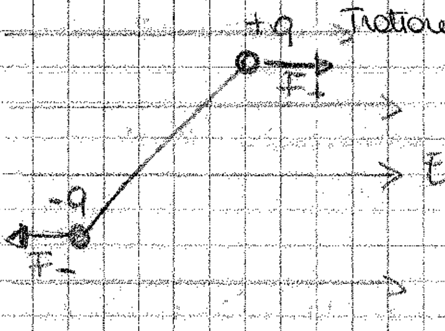
Il E generato da dipolo elettrico in tutti i punti del suo asse è anti parallelo al dipolo elettrico (E(x) Modulo del dip. elettrico).

$$E(x) = \frac{-1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{qd\,\vec{p}}{\left[\left(\frac{d}{2}\right)^2 + x^2\right]^{3/2}}$$

Procedimenti per MISURARE $\vec{p}$ viene misurato complessivamente: ma non so il contrib. associato alle cariche elettriche e qll alla distanza.
Nell'approssimazione qnd x è $\gg$ di d, allora determino che $\boxed{E(x) \simeq \frac{-1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{p}{x^3}}$

(d è trascurabile x sopra) - E dipende da dist al cubo → sono infinites. = infinit. di ordine superiore (princ. sovrapposizione).

ESEMPIO E generato da sorg., il dipolo è immerso in E. Calcolare tipo di azione esercitata e quanto vale.



Traslazione azione se E è costante = azione cost.
⇓
CAMPO ELETTROSTATICO UNIFORME COST def qnd tutte le linee di campo sono tt // tra loro non è def da cariche puntif. o simm. radiale dispositivo che su piccole porzioni di spazio è un CONDENSATORE A SUPF. PIANE e //.

Condens. ha volume cm^3 H_2O 10^{-8} = campo uniforme è definibile.

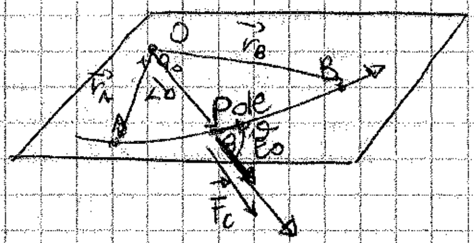
25/09/'06.

$\vec{F}_c = q\vec{E}_0$ q può muoversi; se si muove nel E_0 come determino l'opportuno causa spostam / spost.

LAVORO

1) q puntif rispetto all'ambiente (anche se è sono di + cariche nello stesso è puntif se sm ≠ tra atomi, no → distribuz volumica)

Ho una superf., sorg in O + q_0, l'altra si muove parte da A si muove lungo traiettoria fino a B. (rappresent. situazione)
In T è in P individuato da dist. r dalla sorg.
Cost è def la posiz. R_A iniziale del moto e il vettore r_B della " finale.
Se la carica è puntif. rispetto geometria = le r sm linee di campo generate da sorg. (↘ xché sm +)
= Trovo qe è $\vec{E}_0$
$\vec{F}_c$ e $\vec{E}_0$ sm // e concordi



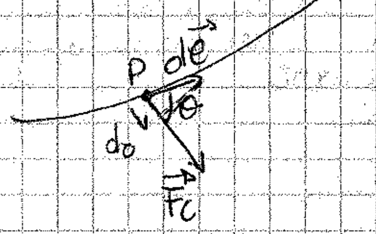
Def di Lavoro suddivido AB in elem. infinitesimi de tg ∀pto della traiettoria
Si def lav infinitesimo compiuto da F_c nello spost de (∀pto dello spost. considero F_c cost nel tempo e va bene xché de infinitesimo)

$$dL = \vec{F}_c \cdot d\vec{e}$$ NO REALTÀ FISICA (perché su de non misurabile ma utile x fare un calcolo)

$$dL = |\vec{F}_c| \cdot |d\vec{e}| \cos\theta$$

PROIEZIONE POLARE dall'alto

proietto de su direz. $\vec{F_c}$
dr proiezione spost in direz. radiale



$de \cos\theta = dr$

$dL = F_c \cdot dr$ Σ infiniti contributi infinitesimi = ∫ da A a B

$$L_{AB} = \int_A^B F_c \, dr$$

1) INTEGR. di LINEA (calcolato lungo una traiettoria)

le fattore differenz. è legato solo alla dir. radiale → per cui qualunque sia la traiettoria → ∫ ha = valore = indipend da lungh. traiettoria (= dal tipo della traiettoria)
②

def le propr analitiche devo associare una realtà fisica → L = En. valore) deve avere dimens di 1 En.

$[L^2 M T^{-2}]$

~~S.f. / deve essere differenz~~ Sz scalare con dimens di 1 En e dipendente se da pto iniziale e finale = EN POTENZIALE

A $\longrightarrow$ $B \cong \infty$ $\underbrace{V_A - V_\infty}_{0} = \frac{\mathcal{L}_{A\infty}}{q}$ $V_A = \frac{\mathcal{L}_{A\infty}}{q}$ → V = lavoro necessario per trasferire la generica q da un pto A generi all'∞ (o dall'∞ ad A = vale la reciproco cuto).

se $q = 1$ $\boxed{V_A = \mathcal{L}_{A\infty}}$ operazione usata per misurare questo fatto (associo propr. ~~fisiche ad~~ analitiche a fisiche).

U $\mathcal{L}$ = Joule

U q = Coulomb

U V $= \frac{1J}{1C}$ (V fondam. x descrivere proprietà elettriche della carica)
$= 1$Volt (1V)

F esercitata da $E_0 + E_0$

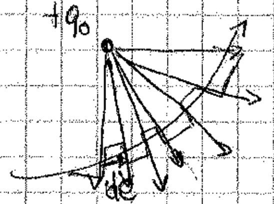
$\int_A^B F \cdot spost = \mathcal{L}$ $\int_A^B E \cdot spost = V$ relazione analitica intrinseca nella struttura elettrica (se 1 carica in E sente l'azione carica + azione = Eu).

Vale PRINC. SOVRAPPOSIZIONE.
Se ho + cariche il E_0 elettrost. complessivo $= \Sigma$ dei singoli E_0 elettrost. = vale per V.

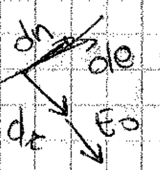
Fare attenzione ai segni

$\int_A^B \vec{E}_0 \cdot d\vec{e} = V_A - V_B = -(V_B - V_A) = -\Delta V$
(valore finale − iniziale $= \Delta V$
→ devo mettere $-\Delta V$)

Per propr. intrinseche è $V_A - V_B$ allora $-\Delta V$.
Processo: valore iniziale > di quello ~~iniziale~~ finale x la Termodinamica



$d\vec{e} = dr + dr_\perp$ de con connessione di più ma come uno spezzato dove
radiale $d\vec{e} = d\vec{r} + d\vec{n}$



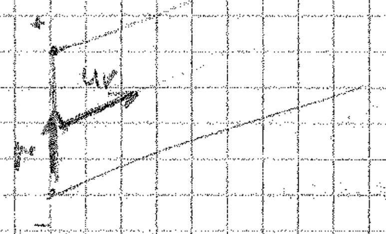
$\int_A^B \vec{E}_0 \cdot d\vec{e} = \int_A^B \vec{E}_0 (d\vec{r} + d\vec{n}) = \underbrace{\int_A^B E_0 \cdot d\vec{r}}_{\parallel,\ \vartheta = 0,\ \cos\vartheta = 1} + \underbrace{\cancel{\int_A^B E_0 \cdot d\vec{n}}}_{\perp,\ \vartheta = 90,\ \cos\vartheta = 0}$

È intrinseco nella simmetria radiale

$$V_P = \frac{|\vec{p}|}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{r^2} \sin\theta$$

oppure

$$V_P = \frac{|\vec{p}|}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{r^2} \cos\varphi$$



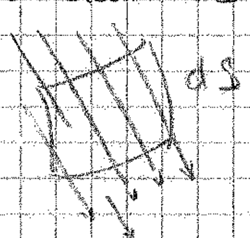
$\vec{u}_r$ versore della distanza $r_- - r_+$

$$V_P = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{p \cdot u_r \cos\varphi}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\vec{p} \cdot \vec{u}_r}{r^2}$$

espress. x trovare V_P dipolo elettrico

E_0 rappresentato da linee di campo. Ma con qst def in modo univoco l'intensità del campo?

Ho E_0 dentro d'ō dS attraversato da linee di campo



Numero di linee di campo che attraversano la sup.f è il FLUSSO

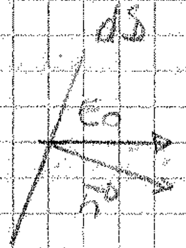
FLUSSO del CAMPO EL. = N° DI LINEE che ATTRAVERSANO LA SUPERFICIE

$\vec{E}_0$ = grand. vettoriale

Il n° di linee (supposto E = cost) varia in fun orientam. della sup.f.

se dir = n° è MAX se inclinaz. aumenta ∡ → fino a quando $\perp = 0$.

Devo orientare sup.f con vett. n unitario = orientam. sup.f secondo la normale $\vec{n}$ che varia nello spazio e formo θ → il n° di L.C. è correlato a E e a sup.f. (2 vettori) = correlo le grand. con un prodotto scalare essendo ϕ uno scalare



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

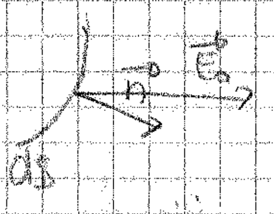
infinitesimo
per dS infinitesimo

Orientam. è verso l'esterno del raggio di curvatura.

ϕ compless. = integrale dell'espressione.

PROPR. ANALITICHE.

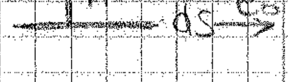
fun pari $\cos\theta = \cos(-\theta)$



$$d\phi(\vec{E}_0) = \vec{E}_0 \cdot \vec{n}\, dS = E_0 \cdot \underset{1}{n} \cos\theta\, dS$$

se $\theta \geq 0$ e $< \pi/2$ $\cos\theta > 0$ → $d\phi(\vec{E}_0) > 0$ FLUSSO USCENTE DA UNA SUPERFICIE

$\theta = \pi/2$ $\cos\theta = 0$ $d\phi(E_0) = 0$



$d\phi_{tot}(E_0) = d\phi_1(\vec{E}_0) + d\phi_2(\vec{E}_0) + d\phi_{lat.}(\vec{E}_0)$

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

1) $d\phi_1(\vec{E}_0) = E_1 \cdot |n_1| \cdot \underbrace{\cos\theta_1}_{>\pi/2} < 0$

2) $d\phi_2(\vec{E}_0) = E_2 \cdot |n_2| \cdot \underbrace{\cos\theta_2}_{<\pi/2} > 0$

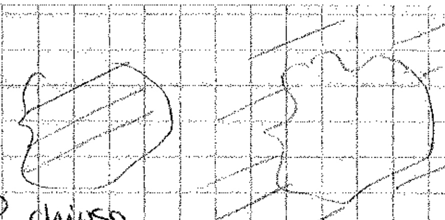
3) $d\phi_3(\vec{E}_0) = E_0 \cdot |n| \cdot \underbrace{\cos\theta}_{=\pi/2} = 0$

Relazione: struttura infinitesima E_0 a dist r_1 = E_0 a dist r_2 $E_1 = E_2$

ϕ = ma segno opposto $d\phi_1 = -d\phi_2$ $d\phi_3 = 0$ $\boxed{\Sigma\, \phi = 0}$

$d\phi(\vec{E}_0) = 0$ sempre che NON ci SIANO SORGENTI di CAMPO.

GAUSS calcola ϕ attraverso una surf. dove c'è una sorgente



suxf. chiusa

suxf. aperta

$\phi(E) \oiint_S \vec{E}\cdot\vec{n}\,dS$

$\phi(E) = \iint_S \vec{E}\cdot\vec{n}\,dS$

scritture $\neq$

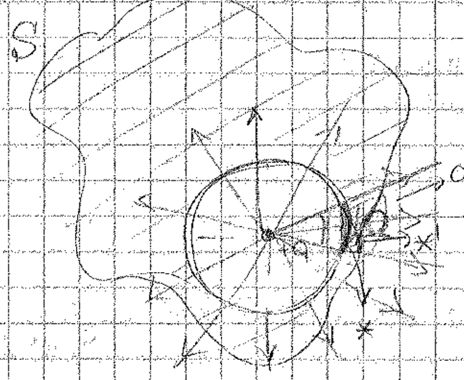
Deve esserci relazione tra $\int$ di suxf con $\int$ di volume (= di qlc all'interno della suxf).

C'è perturbazione in pto suxf e si propaga all'int? Come descrivo la perturb. da pti suxf all'interno? E come dall'int alla suxf? Teo della DIVERGENZA. (operatore vettor. specifico applico a grand. vett la trasforma in scalare correlo propr. suxf con qlle del volume).

diverg.

LEGGE di GAUSS

Deve $\exists$ sorg. di campo in suxf $\rightarrow$ $\vec{E} \neq 0$ Quanto vale ϕ?



Rappresento linee di F. Quant vale il ϕ?
Se conosco valore Suxf = facile

solido regolare (cilindro, sfera, parallelepipedo...)

Considero Dom sferico di raggio R con centro nella sorgente
Chiudo la sorg in sfera ho 2 Domini
1) qlc racchiuso da sfera raggio r
2) " " tra parte est. sfera R=r e la suxf.

Calcolo il $\phi(E)$

$\phi(E)$ è qlc attraverso S sfera $= 4\pi R^2$ (S_1)

$\phi(E)$ " oltre superf. S'

Considero cono di flusso 0 = sorg. e apertura $d\Omega$ il cono di ϕ intercetta la suxf sfera in * e più generale in *'
Tra le 2 suxf. volume con suxf chiusa.

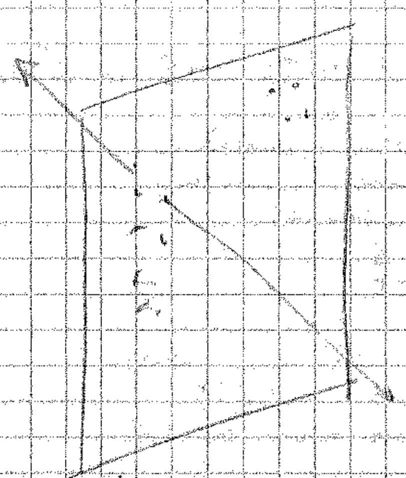
$d\phi_{TOT}(E) = d\phi_S(E_0) + d\phi_{chiusa}(E_0)$ ϕ attraverso il mantello è nullo

ϕ è sol qlc attraverso la calotta sferica.

$E_0 \cdot n \cdot dS$

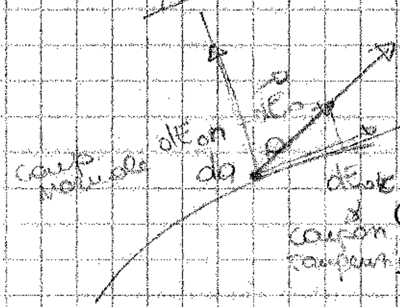
CAMPO GENERATO da una DISTRIBUZIONE UNIFORME PIANA INDEFINITA.

Es ho distribuzione piana di cariche.



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

Quant vale il campo elettrost. generato dalla distribuzione di carica?



elemento di sup. carica ha dens. $\sigma = \frac{dq}{dS}$ statica.

Cariche sn ferme. Attorno in P ho dq

Direzione e verso del E?

Faccio ip su dir/verso del $\vec{E}$?

Considero sist. assi tg alla S e normale alla S

$d\vec{F} = q_0 \cdot d\vec{E}_o$ azione esercitata dal E_o $= m\vec{a}$

carica qualsiasi

$d\vec{F}_n = q_0 \, d\vec{E}_{on}$

$d\vec{F}_t = q_0 \, d\vec{E}_{ot}$

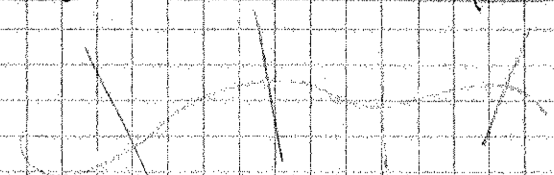
Ma carica è ferma. $\vec{E}_{ot}$ è la parte $\vec{F}_t$ che causa moto, ma q ferma $\Rightarrow F_t = 0$

la carica non lascia la sup. $\Rightarrow \vec{F}_n = 0$

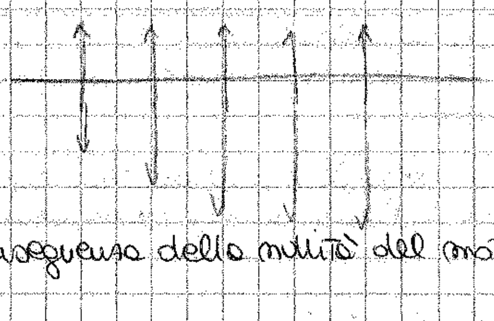
se non si muove sulla sup la direz è qll della normale

In condiz. elettrostatiche carica esercita la calmente

le E elettrost. generato da distrib. di carica su una sup deve essere essere normale alla sup. verso dipende da segno distribuz.



Direzioni del campo in dipendenza della distribuz. di carica



Distribuz. piana

Conseguenza della nullità del moto sulla comp. tangenz. (in condizioni di statica!!!)

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 29 di 207

Se incondo moto statistico lungo certa diz e con vel di deriva = $\emptyset$ ordinato di cariche in + con = velocità = CORRENTE → CONDUZIONE elettrica e CORRENTE elettrica

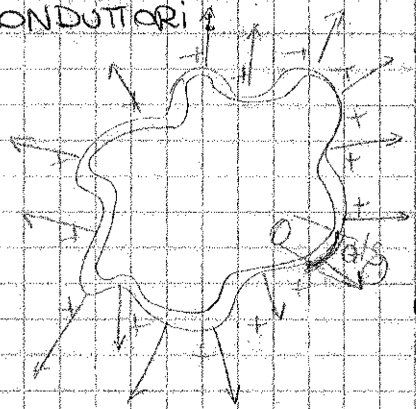
Elettriz. rilocazione cariche x presenza e^-
Gas nobili: atterto completo no e^- liberi sn legati → elettrizzazione e rilocalizzaz. è difficile

Ioni: Na^+ e Cl^- ho eccesso carica − su Cl e x difetto su Na = cariche elettriche complessive = conduce. se non ci fosse rilocaliz. cariche no processo.

Hall ha determinato che nei condutt. metallici le cariche libere sn e^- = elett. recip. in corpo elettric. o + neutri. Inoltre così + difficile determ. valore delle cariche.

CONDUTTORI hanno cariche libere
DIELETTRICI non presentano "

CONDUTTORI



Se il corpo elettrizzato le cariche si distrib. su suxf. hanno = segno = si allontano = sn sulla suxf. Corpo elettrizzato ha $\sigma = \frac{dq}{dS}$ di cariche suxf.

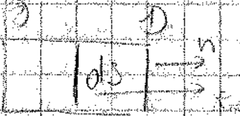
All'int. corpo = no cariche libere di elettrizzazione (ci sn prot/e^- legati)
→ in conduttore $E_{o\,interno} = 0$
perchè ci sn solo le cariche normali di atomi → $\Sigma = 0$.

Considero S gauss appena sotto S → $\phi E = 0$ sperimentalm. verificato.
All'est. corpo ∃. ho distribuz. di cariche → direz. E ⊥ alla suxf in ∀ pto. se ho eccesso cariche − linee di E verso la suxf. se ho cariche + (come qui) verso est.
Quant vale E_0? → legge di Gauss
Considero dS e tubo di ϕ con S int e est. $d\phi_{TOT}(\vec{E}_0) = \underset{S\,est}{d\phi_1} + \underset{S\,int}{d\phi_2} + d\phi_{lat}$

$d\phi_{lat} = 0$ (⊥ in ∀ pto ⊥ al E).

$d\phi_2 = 0$ ($E=0$)

$d\phi_1 = E_0\, dS$

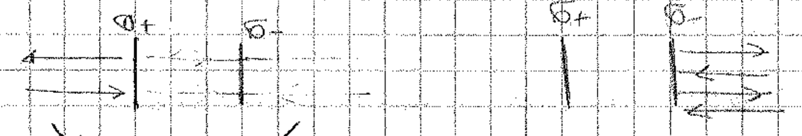


Per legge Gauss $d\phi_{TOT}(E_0) = \frac{dq}{\varepsilon_0}$ → $\frac{dq}{\varepsilon_0} = E_0\, dS$ $E_0 = \frac{dq}{dS}\cdot\frac{1}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

Dato un conduttore qualsiasi elettrizzato nei pti prossimi est alla S il E_0 elettrost. E_0 è SEMPRE $\frac{\sigma}{\varepsilon_0} = E_0$ $\vec{E}_0 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{n}$

All'INT. $\vec{E}_0 = 0$ (NON HO CARICHE DI ELETTRIZZAZIONE). Passando attraverso suxf. di elettrizzazione da 0 a valore ≠.

(1)
(3)



Numero di linee di E uscenti
= N° linee entranti → la risult. = 0.

Il E_0 è nullo all'ESTERNO in condiz. di EQUIL. ELETTROSTAT.

(2)

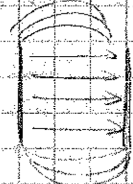
le linee di E delle 2 distribuzioni sono // e concordi da σ_+ a σ_-

E_0 = sovrappos. dei 2 campi

$$\boxed{\vec{E}_0 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{n}}$$

Se le distribuz. sono piane e unif. le linee di E_0 risult. sono // da σ^+ a σ^- → CAMPO ELETTROSTATICO UNIFORME. Nella regione tra le 2 distribuz. il $\vec{E}_0$ è uniforme.

Approssimaz.: mai distribuz. ∞. Se ho 2 distribuz. piane affiancate al limite E se mi sposto di un infinites. verso esterno ho E verso est = nullo → anomalie in fisica!! def da grand. continue il E diminuisca fatta di valore in breve spazio tanto che va a 0. In una certa distrib. tra le armat. E → 0.



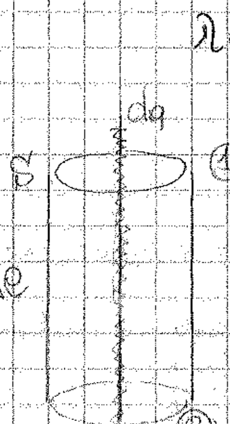
Al bordo le linee di E fanno una bolla → 1° utilizzo sfruttato come LENTE ELETTROSTATICA di FOCALIZZAZIONE e se associato a L magnetica = TUBO CATODICO.

Se le distrib. non sono piani virtuali ma lamine metalliche conduttrici → in un condutt. la distrib. di carica sta sulla surf = i condutt. sono TOTALMENTE INDOTTI = realtà fisica che replica una distrib. omogenea di carica di = valore ma segno opposto.
Se i condutt. sono metallici (cariche libere = e^-) questi cariche condutt. metallici = ARMATURE di un CONDENSATORE. Nel condens. a surf // e piane se trascuro l'effetto di bordo allora è disposit. tecnologico che def in volume piccolo un E_0 elettrost. uniforme.

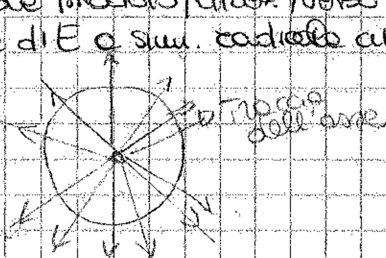
Suppongo DISTRIBUZ. LINEARE di CARICA.

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

Scelgo surf. gaussiana
semplicem. connessa = scegliere quella + semplice
→ surf. gauss. cilindrica con asse cilindro ≡ con asse distribuz.



Trovare modulo/direz./verso $\vec{E}_0$?
linee di E a simm. radiale cilindrica

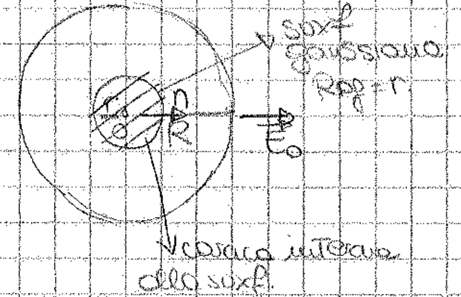


se lo distr sferica omogenea o no son nelle condiz di sistema pti con ρ posso trovare centro di massa delle cariche al quale virtualm associo Q del sist. se distr. fosse uniforme allora centro distrib ≡ centro (carica puntif).

2) $r \to R$

$$E_0^* = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{R^2}$$ Valore del E_0 sulla distrib.

3) $r < R$



$\phi_{TOT}(E_0) = \frac{1}{\varepsilon_0} Q_{interna}$

$\vec{n} // \vec{E_0}$

$\hookrightarrow E_0 4\pi r^2$

$\frac{1}{\varepsilon_0} Q_{int} = E_0 4\pi r^2 \quad E_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_{int}}{r^2}$

Trovo relazione che lega Q_{TOT} e Q_{INT} uso la densità → ρ è cost

$$\rho = \frac{q}{\frac{4}{3}\pi R^3} \qquad Q = \frac{3}{4}\pi R^3 \rho$$

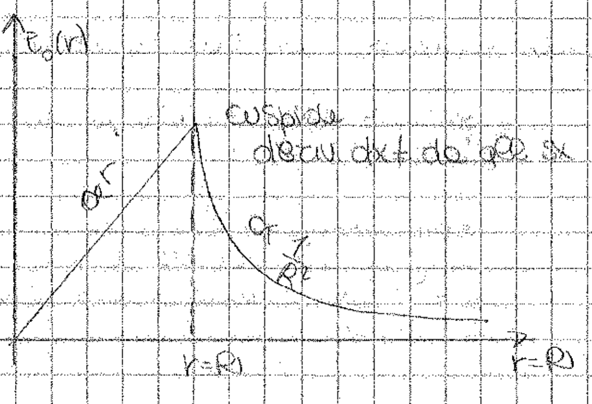
$$q_{int} = \frac{3}{4}\pi r^3 \rho$$

$$Q_{int} = \frac{\cancel{4}}{\cancel{3}}\pi r^3 \frac{Q}{\frac{4}{\cancel{3}}\pi R^3} = \frac{9}{16} Q \frac{r^3}{R^3}$$

$$E_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{9}{16}\frac{Q r^{\cancel{3}}}{\cancel{r^2} R^3} = KQ\frac{r}{R^3}$$

All'interno E cresce linearmente da 0 fino a r=R da lì in poi

$E_0 = K\frac{Q_1}{R^2}$ decade



Come calcolo dV? Procedimento generale: V è fne della dist fne di x, y, z.

→ V(x,y,z) POTENZIALE elettrostatico.

dV(x,y,z) = ? variaz. V rispetto a x, y, e z. per P. SOVRAPP. EFF. ⇒

$dV(x,y,z) = dV_x(x,y,z) + dV_y(x,y,z) + dV_z(x,y,z)$

dovuto a variaz. parziali

dovuto dV_x (y e z sono cost)

e uguale per dV_y / dV_z

Calcolare la variazione = derivata · variazione = variaz. è parziale in fne dello spost rispetto a gli variab.

$$\frac{\partial V(x,y,z)}{\partial x} dx + \frac{\partial V(x,y,z)}{\partial y} \cdot dy + \frac{\partial V(x,y,z)}{\partial z} \cdot dz$$

compon. x del vettore dx

$$dV = \frac{\partial V}{\partial x} dx + \frac{\partial V}{\partial y} dy + \frac{\partial V}{\partial z} dz$$ = prod scalare vettore $\vec{dr}$

componenti di $\vec{dr}$

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

$dV = \overrightarrow{\text{grad} V} \cdot \vec{dr}$

scalare — vettore

Se è possibile trovare corrisp. biunivoca tra grand. scalare (= V) e analoga grand associata tramite vett. gradiente a questi grand. vettor. si chiama GRAND. VETT. CONSERVATIVA

unica per V, punto dello

V associato a $\vec{E}_0$

scalare — vettoriale

$\oint_\ell$

$\int_a^b V$

$\vec{E}_0 = \overrightarrow{\text{grad} V}$

la Forza peso è conservativa? Sì $U = mgh$ (grad en. potenz. mi da F_p)

F elast conservativa $U = \frac{1}{2}kx^2$ grad U da F_e

I CORPI SPONTANEAMENTE da SITUAZ ENERG > a quella < (dissipazione) II princ. termod. per E_0, V_0, U_0, F_p, U, F_e ... per indicare questo fatto usando lo grad deve mettere − perchè eventi da sit. energ > a <.

$$\boxed{\vec{E}_0 = -\overrightarrow{\text{grad} V}}$$ I EQNE di MAXWELL

descrive tutte le proprietà dei campi

Grand con procedim. trasforma una grand. scalare in vettoriale.

Ho 2 ogg. cato di tensione e pantografo (ho vuoto condutt + isolante)-

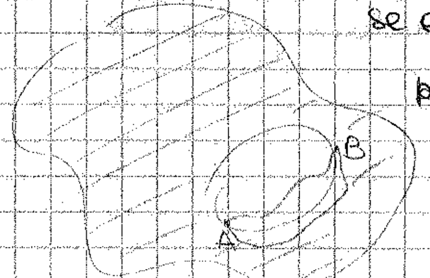
oscilla =▷ prima mantenendolo a contatto con la linea aerea xchè qnd ho distacco su i 2 ho molte cariche se aria è umida = cariche si innescano e forte intensità = scintilla = obbligazione prof. x avere il contatto e se il n° di cariche supera isolante = saldature della profite = saldatura linea ~~elettrica~~ aerea.

GABBIA di FARADAY

Ho un condutt. elettriz. con 1 cavità Ho cariche all'int della cavità ho?

In A ho elettriz. + e in B -

se calcolo $\int$ di linea da A|B lungo xcorso int. alla cavità poi BA lungo interno del condutt. = circuitazione del E



$$\oint E \cdot d\vec{e} = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{e} + \int_B^A \vec{E_0} \cdot d\vec{e} = 0$$

E = conservativo $\rightarrow \oint = 0$

All'interno condutt. non ho cariche libere $\underbrace{\int_B^A E_0 \cdot de}_{0}$

$\underbrace{\int_A^B \vec{E_0} \cdot d\vec{e}}_{V_A - V_B}$ $\quad V_A = V_B$ = Non posso avere cariche libere all'est il campo è elettrizzato all'int non ho carica elettrizz.

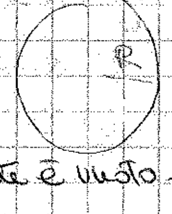
Tutto ciò che è dentro è isolato dai fenom. elettrost est al condutt.
Se vario l'entità dell'elettriz. all'int non si sente nulla la cavità è uno SCHERMO ELETTROSTATICO.
Far. ha capito che il condutt. non deve essere solido = uguale effetto se la gabbia è filiforme basta che dimens. geom delle celle piccola rispetto alla dim. geom del conduttore.

se ho 1 antenna interna negli angoli vicino a colonne portanti < ricezione xchè c'è la l'armatura -▷ le maglie dovrebbero essere confrontab.
se no armatura è schermo = l'armat. schermo il campo elettromagnetico così come non può uscire Problema = trasmiss. onde elettromagnetiche nelle strutture metalliche. Se voglio isolare da est bastano anche dei fili.
segnale va $\frac{1}{\alpha}$ alla distanza se ho isolato -▷ campo nullo.

Le cariche si distribuiscono su surf. inversam. proporz. al R di curvatura. Come posso contarle? Qual è il parametro? σ x contarle, x vedere distribuz. = capacità di 1 conduttore

CAPACITÀ (C) = capac. che ha 1 condutt. elettriz. con carica Q di mantenere un certo potenziale elettrost. complessivo delle cariche.

$$C = \frac{Q}{V} \qquad \frac{1C}{1Volt} = 1 \text{ Farad } (F)$$

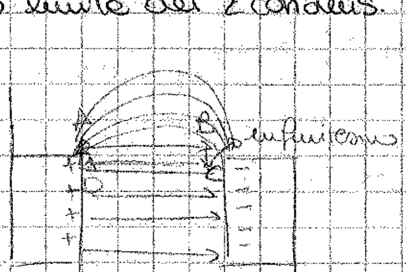


Condutt. surf. sferico $\quad C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r}} = 4\pi\varepsilon_0 r$

se il l'ambiente è vuoto.

Considero strato limite dei 2 condens. Un infinites. sopra $E=0$ infinites sopra $E\neq 0$

Considero x corso calcolo la circuitaz. di E elettrost.



$$E_0 \cdot dl = \underbrace{\int_A^B}_{0} + \underbrace{\int_B^C}_{dl \text{ infinitesimo contributo nullo}} + \int_C^D + \int_D^A$$

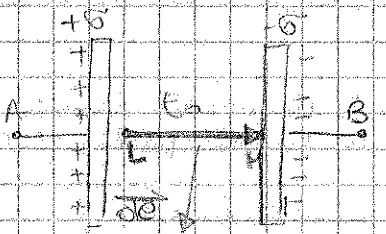
0 fuori non ho campo

$E_0 \cdot dl = 0 + V_C - V_D$ $\quad E_0$ è conservativo

$\oint = 0$ $\boxed{V_C = V_D}$ no senso xchè ho 2 valori di carica $\neq$ → x cui V non è =

→ $\int$ deve essere 0 asintoticamente x più vicini al limite deve compensare subito fuori all'esterno e poi sfumare a zero. Si pensa a linee di campo via via + incurvate = effetti di bordo → $\int$ deve <u>tendere a zero</u>

il E_0 elettrost. all'interno si rappresenta così:



trascurando effetti di bordo $\vec{E}_0 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \vec{n}$

ΔV tra M e L?

$$V_L - V_M = \int_L^M \vec{E}_0 \, d\vec{l} = \int_L^M |\vec{E}_0| \cdot |d\vec{l}| \cdot \underbrace{\cos\theta}_{1} \qquad d\vec{l} = d \qquad \int_0^d |E_0| \cdot |dl| = |\vec{E}_0| \int_0^d |d\vec{l}| = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} d$$

linee $\vec{E}$ //
→ E_0 è unif

Se il E_0 è uniforme la ΔV tra 2 pti qualsiasi del campo è $\propto$ alla distanza tra i 2 pti.

$\Delta V = E_0 \cdot d$ $\quad$ (E_0 uniforme)

Se $E_0 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$ → $\Delta V = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} d$

$$C = \frac{q}{\Delta V} = \frac{q}{E_0 d} = \frac{\sigma S}{E_0 d} = \frac{\cancel{\sigma} S}{\cancel{\sigma} \frac{d}{\varepsilon_0}} = \varepsilon_0 \frac{S}{d}$$

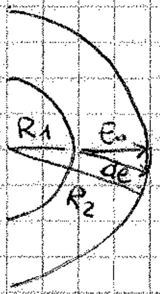
si vede C è sl geometrica

Relazione valida dove eff. di bordo è trascurabile = valida x la > parte della S

03/10/'08

$$\int_A^B \vec{E}_0 \cdot d\vec{e} = \int_{R_1}^{R_2} E_0 \cdot de = \int \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \frac{q}{rd} \cdot de$$

$E_0 \cdot de \cdot \cos\theta$



Spost. in direzione radiale $de \Rightarrow dr$

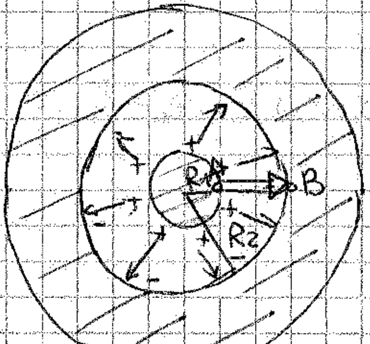
$$V_A - V_B = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0 d} \int_{R_1}^{R_2} \frac{\cancel{q}}{r} dr$$

$$V_A - V_B = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0 d} \left[\ln r\right]_{R_1}^{R_2} = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0 d} \cdot \ln\frac{R_2}{R_1}$$

Posso calcolare C del condens. cilindrico

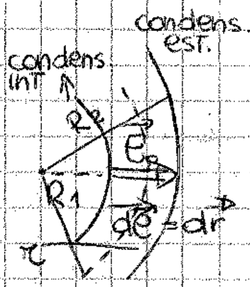
$$Q = \frac{C}{\Delta V} = \frac{\cancel{q}}{\frac{1}{2\pi\varepsilon_0 d}\cancel{q}\ln\frac{R_2}{R_1}} = 2\pi\varepsilon_0 d \cdot \frac{1}{\ln\frac{R_2}{R_1}}$$ Dipende sì dalla geometria.

Basta usare lo $\Delta V \Rightarrow$ calcolare E attrav. L. di Gauss usando 1 opportuna sup. gaussiana.



$$C = \frac{q}{\Delta V} = \frac{q}{V_A - V_B}$$ sulla sfera interna

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



$$\Phi \; \cancel{V_A - V_B} = \int_{R_1}^{R_2} |\vec{E}_0| \cdot |d\vec{r}| \cdot \underbrace{\cos\theta}_{1} = \int_{R_1}^{R_2} E_0 \, dr$$

$$= E_0 \cdot 4\pi r^2 = \frac{q}{\varepsilon_0} \qquad E_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

$C = \frac{q}{}$

Condens. sferico = del centro geom. a cui associo q del sistema le più è il centro dell' " " come se la carica fosse puntiforme.

$$\Delta V = \int \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{r^2} dr = V_A - V_B = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{r^2} dr = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

$$\hookrightarrow \left[-\frac{1}{r}\right]_{R_1}^{R_2}$$

$dL = -\frac{1}{C} q(t)\, dq$ la dipendenza da t indica che il fenomeno è transiente

Rilocalizzaz. può durare ~~10~~ 10^{-3} milliardesimo di sec. o di t.

$$L = -\frac{1}{C}\int_0^q q\, dq = -\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = -\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

Q = quantità finale di carica
q = " di carica che viene rilocalizzata

Lavoro da dare al condens. per avere da 0 n° di cariche precise sulle 2 armat. (sist. di cariche) = dipolo.

$L = -\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$ però non conosco Q ma ΔV $Q^2 = C^2 \Delta V^2$

⇓

$L = -\frac{1}{2}\frac{C^2 \Delta V^2}{C} = -\frac{1}{2} C \Delta V^2$ se ho condens. elettrolitico ho C e Q
x1 " variabile " C e ΔV

Ora ho E_0 che va da 0 a Max x cariche rilocalizzate.

Dal $L \to \vec{E}_0(t)$ si genera tra le armature.

E_0 è conservativo $\to L_{i-f} = U_i - U_f$

$L = -\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = U_i - U_f$ $\boxed{\frac{1}{2} C \Delta V^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = U_f}$ en potenz. elettrost. finale del sist vale x conserv. dell'en.

non ho rilocalizzazione = 0

il Lavoro viene accumulato sotto forma di $\vec{E}_0$ per rilocaliz. = caricare il condensatore.

Se è accumulato può essere restituito = scarica del condensatore.
Come qst en è distribuito pto a pto = la rapportiamo al Volume dove ∃ = dove ho il campo.

$U = \frac{1}{2} C \Delta V^2$ uso condens. a sup. piane e parallele $C = \varepsilon_0 \frac{S}{d}$

$U = \frac{1}{2}\varepsilon_0 \frac{S}{d} \Delta V^2$ E_0 è uniforme $\Delta V = Ed$

$U = \frac{1}{2}\varepsilon_0 \frac{S}{d}(E_0 d)^2 = \frac{1}{2}\varepsilon_0 S E_0^2 d = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_0^2 \underbrace{Sd}_{Volume} = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_0^2 W$ = conferma che la rilocalizz. di cariche determina un campo

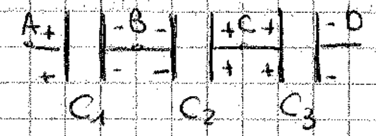
Sono RELAZIONI SPERIMENTALI.

$u_{elett} = \frac{U_{elettrost}}{W} = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E_0^2$ Una grand. riferita a un'altra è Densità riferita a qll

Densità di En elettrostatica per U di Volume.

non compaiono considerazioni geometriche.
Basta conoscere E_0 e il materiale tra le armature.

CONDENSATORE in SERIE



$$C = \frac{q}{\Delta V}$$

① Ai capi di $\forall$ condens. ho ΔV
- $V_A - V_B$ (1° cond.)
- $V_B - V_C$ (2° ")
- $V_C - V_D$ (3° ")

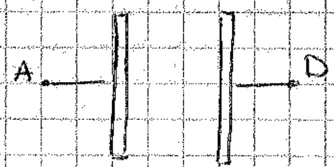
Ai capi del sist. $\to \Delta V = \Sigma$ dei V

$$\underline{\underline{V_A - V_D}} = (V_A - \cancel{V_B}) + (\cancel{V_B} - \cancel{V_C}) + (\cancel{V_C} - V_D)$$

$$C_1 = \frac{q}{\underbrace{\Delta V_1}_{V_A - V_B}} \qquad C_2 = \frac{q}{\underbrace{\Delta V_2}_{V_B - V_C}} \qquad C_3 = \frac{q}{\underbrace{\Delta V_3}_{V_C - V_D}}$$

② Condens. totalm. indotto = ho $\pm$ lo stesso n° di q si dispone sui condensatori $\to$ q è cost.

$\exists$ un condens. inserito tra A e D con C equivalente rispetto a C_1 C_2 C_3?
Deve avere carica q



$$C_{eq} = \frac{q}{\Delta V_A - \Delta V_D} = \frac{q}{(V_A - V_B) + (V_B - V_C) + (V_C - V_D)}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{(V_A - V_B)}{q} + \frac{(V_B - V_C)}{q} + \frac{(V_C - V_D)}{q}$$

$$\boxed{\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

<u>L'inverso della C_{eq} = Σ degli inversi delle singole C.</u>

<u>Permette di avere $\Delta V >$</u>, rispetto ai singoli, <u>ai capi del circuito</u>

$\vec{F}_e = K \frac{q \cdot q}{d^2} \vec{u}_x$

$\vec{p} = -mg\,\vec{u}_y$

$\vec{T} = -\underbrace{T\sin\theta}_{T_x}\vec{u}_x + \underbrace{T\cos\theta}_{T_y}\vec{u}_y$

Prodotto scalare degli assi Ho sist. di 2 equa riferite a u_x e u_y

1) $\left(\frac{Kq^2}{d^2} - T\sin\theta\right)\vec{u}_x = 0$

2) $\left(-mg + T\cos\theta\right)\vec{u}_y = 0$

u_x versore con modulo $\neq 0$ per soddisfare l'equa ( ) = 0 e uguale x $\vec{u}_y$

Da espress vettoriale a scalare

$\begin{cases} \frac{Kq^2}{d^2} - T\sin\theta = 0 \\ T\cos\theta - mg = 0 \end{cases}$

$\frac{Kq^2}{d^2} - \frac{d}{2l_0} \cdot \frac{mg}{l_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{(l_0)^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}}$

$T = \frac{mg}{\cos\theta} = \frac{mg}{} \cdot \frac{l_0}{\sqrt{l_0^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}}$

$q = \frac{dmg\,l_0}{2l_0^2\sqrt{(l_0)^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2}} \cdot \frac{d^2}{K}$ $\quad q^2 = \frac{1\,dgd^3}{2K l_0\sqrt{l_0^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2}} \rightarrow q = \pm\sqrt{}$

Metto +/ perché non so a distinguere il segno perché misuro solo la forza di repulsione

---

Relazione: teoria dell'errore Ho il valore delle masse, delle distanze quanto vale l'errore? PRINC. DELLA MASSIMA VESSAZIONE: qnd faccio misure indipendenti tra loro (uso metro, bilancia) e faccio errori = le risult. peggiore tra tutti i possibili errore a determinare q = risultante pesata nel/misurare massa e distanza.

SOVRAPPOSIZIONE effetti

Ci sn 2 tipi di errore
- dovuto allo strumento di misura → sensibilità (la + picc. misura) deve avere 1 certo SISTEMATICO (STATISTICO) valore. Se strum. costa di + dovrebbe essere + preciso
- legati alla persona da correggere con la teoria dell'errore.

es dai dati di progetto devo dare una valutaz. quantitativa → faccio anche = influenza qle x cui l'oggetto è fatto.

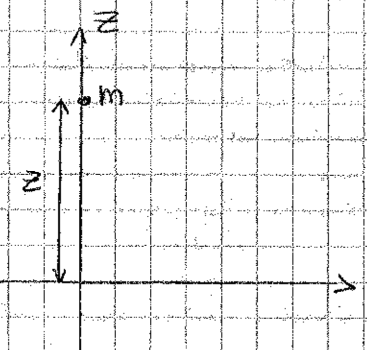
Tra d, l_0 e m quale è la misura + critica che influenza q? d perché al cubo. → ottengo a d (q e l sn lineari)

in termini di misurazione dell'errore.

Felettrost. conservativa = correlato c'è U
Se introduco operatore che commuta grand. scal. a vettor. = concetto di conservatività
~~Operatore~~ analitico x ∂.

$$\overrightarrow{grad}(\cdot) = \frac{\partial \cdot}{\partial x}(u_x) + \frac{\partial \cdot}{\partial y}(u_y) + \frac{\partial \cdot}{\partial z}(u_z)$$

Possibile se g. vettor. è conservativa



$U = mgz$ scalare correlato $\vec{F}_p$ conservativa

calcolo il gradiente

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

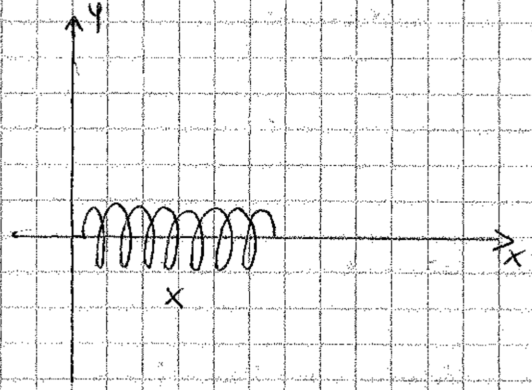
$$\overrightarrow{grad}(U) = mg\vec{u}_z = -mg\vec{u}_z = -p$$

F_p orientato in verso opposto all'asse

$$\vec{F}_p = -\overrightarrow{grad}(U)$$

↳ è conservativa

$E_p(U_e) = \frac{1}{2}kx^2$ (Lavoro di una F_e) F_e è conservativa



$$grad(\vec{U}_e) = \frac{\partial U_e}{\partial x}(\vec{u}_x) + \frac{\partial U_e}{\partial y}(\vec{u}_y) + \frac{\partial U_e}{\partial z}(\vec{u}_z)$$

$$grad(\vec{U}_e) = kx\vec{u}_x = -kx\vec{u}_x = -\vec{F}_e$$

$$\vec{F}_e = -\overrightarrow{grad}(U_e)$$

$V_{el} = k\frac{q}{r}$ E è conservativo

$r = y$ $V_{el} = \frac{kq}{y}$

$$grad(V_{el}) = +\frac{\partial(V_{el})}{\partial x}\vec{u}_x + \frac{\partial(V_{el})}{\partial y}u_y + \frac{\partial(V_{el})}{\partial z}u_z$$

$$grad(V_{el}) = -\frac{kq}{y^2} = -\vec{E}_0 = \frac{kq}{y^2}$$

$$\vec{E}_0 = -grad(V)$$

Processo per trovare variazione di V correlata a f. vettor., lungo una direz.
lungo la qle la variaz. è possibile

la variazione + rapida si ha per $\theta = 0$

Grad. barico: var. press. qnd mi sposto di 33,66 m e vale anche se sprofondo
($<p$ variaz. <0) ($>p$ variazione >0)

Vento frontale > scambio e_y di qnd lo scontro è laterale (conservaz. $\vec{p}$ rispetto alle 2 direz. $= <$)

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 53 di 207

COST DIELETTR RELATIVA (c. d. del materiale relativo al vuoto)

$K_e = \frac{\Delta V_0}{\Delta V_K}$ = MISURA della variazione

> 1 grand. adimensionata

(N/D = U misura)

indipend. da geom.

dipende da struttura microscopica del dielettrico

$\Delta V_0 = K_e \Delta V_K$

Quanto vale E_K? $E_K = \frac{\Delta V_K}{d} = \frac{\Delta V_0}{K_e} \cdot \frac{1}{d} \rightarrow \frac{1}{K_e}\frac{\Delta V_0}{d}$ → E_0 nel vuoto

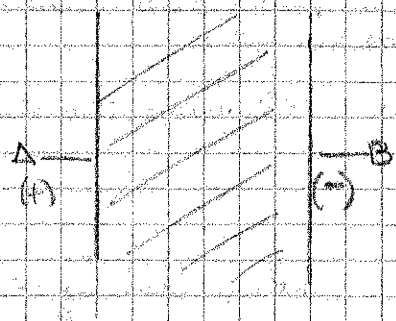
$$E_K = \frac{1}{K_e} E_0$$

Dielettr. esercita un'azione quando applico ΔV a armature condensatore.
Dato che $E_0 = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

↓

$$E_K = \frac{1}{K_e}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

Suppongo di avere condens. tra le cui armature ho un dielettrico



Scrittura vettoriale del campo

$\Delta E = E_0 - E_K = E_0\left(1 - \frac{1}{K_e}\right) = \frac{K_e - 1}{K_e} E_0$

$K_e - 1$ = SUSCETTIVITÀ ELETTRICA del DIELETTRICO

↓

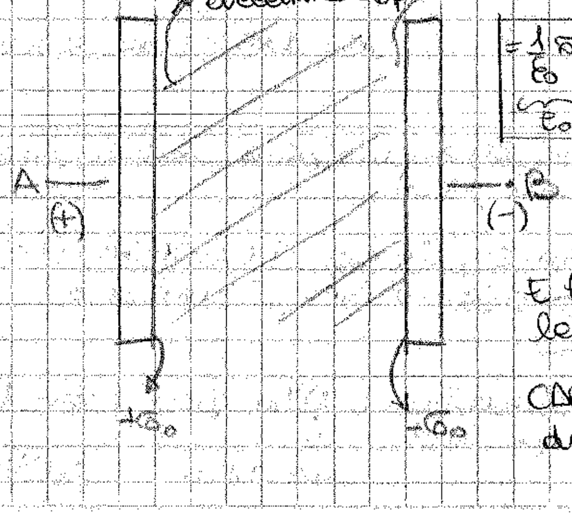
χ_s

DENS. DI POLARIZZAZIONE σ_P

$E_0 - E_K = \left(\frac{K_e-1}{K_e}\right)E_0$ $\quad \boxed{E_K = E_0 - \left(\frac{K_e-1}{K_e}\right)E_0 = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} - \left(\frac{K_e-1}{K_e}\right)\frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} = \underbrace{\frac{1}{\varepsilon_0}\sigma_0}_{\text{Densità superfic. di carica sulle armature}} - \frac{1}{\varepsilon_0}\left(\frac{K_e-1}{K_e}\right)\sigma_0 =}$

↓ sulle 2 superf del dielettr a contatto con armat. deve distrib. di cariche x polarizzazione

Sulle armature



$$\boxed{= \underbrace{\frac{1}{\varepsilon_0}\sigma_0}_{E_0} - \underbrace{\frac{1}{\varepsilon_0}\sigma_P}_{E_P}}$$ → campo complesso - sovrapp. dei 2 campi

1) esterno del ~~dielettrico~~ vuoto

2) x polarizz. del dielettr.

$\mp \sigma_P = \mp\left(\frac{K_e-1}{K_e}\right)\sigma_0 =$ ⊛

E ha ricollocato le cariche legate di un dielettrico.

CARICHE LIBERE: estratte e trasferite da un punto all'altro

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 55 di 207

• POLARIZZAZIONE del DIELETTRICO •

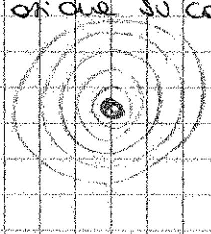
Perché DIELETTR. SI POLARIZZA? QUAL È IL PROCEDIM.?

POLARIZZAZIONE ELETTRONICA

le cariche sn legate fra loro negli atomi ho un nucleo centrale attorno al quale ruota una nuvola elettron.: ho cariche − e cariche + (10^{-15} m)

il centro di massa delle c. + e − coincide nello stato imperturbato (E_0 est = 0)

$CM_- = CM_+$ se dall'est. applico $E_0 \neq 0$ $\xrightarrow{E_0}$ esercita azione su car + e −



$F_+ = z_e E_0$ CM_+ spostato lungo direz. di E_0

$F_- = -z_e E_0$ CM_- " in direz. opposta a quella di E_0

$\delta = 10^{-15}$ m

$\neq$ dim. del nucleo

SI È CREATO DIPOLO ELETTRICO ATOMICO $\vec{p}_e = z_e \vec{\delta}$ QST PROCEDIMENTO POLARIZZAZ. ELETTRONICA

E_0 esercita azione micro/macroscopica

se $E_0 \to 0$ tutto torna come all'inizio

POLARIZZAZIONE PER ORIENTAMENTO.

Per costituz. intrinseche della mat. ci sono molecole con $\vec{p}$ intrinseco e grand E_0 est agisce su qste = Momento meccanico RIORIENTAZIONE.

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

Come misuro ziloculit.

1) Grand fisica che rappres. fenom.
2) Misurarla

Cn def grand fisica?

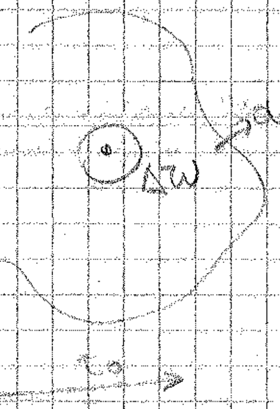
PO

Considero VOLUME di DIELETTRICO. Considero un pto e un volume ΔW attorno al punto (piccolino)

se c'è E_0 est = dielettr. polarizzato = anche molecole $\in \Delta W$ sn polarizzate.

Se molec hanno $\langle \vec{p} \rangle$ ho in ΔW ho ΔN molecole con mom. di dip elettr. medio $= \vec{p}$

valore medio



Molecole polari: ogni molecola ha $\vec{p}$ intrinseco e x l'agitazione termica ognuna ha la sua orientaz. DISTRIBUZ A RANDOM.

Per calcolare p_m quando E_0 est $= 0$ $\vec{p} = 0$ non c'è direz. preferenz. lungo la quale R_p ha un valore particolare

Se E_0 est $\neq 0$ $\forall$ molec subisce $\vec{M} = \vec{p} \times \vec{E}_0$ = si allineano lungo le linee di E_0 ma ho agitaz. termica che tende a opporsi però in media ho $\vec{p}_m \neq 0$

POLARIZZ. → ELETTRONICA
→ PER ORIENTAMENTO (*)

Relaz. qnd ho E_0 est o dielettr. polarizz. hanno cariche elettriche $= E_0$

Gradiente: Miss. velocità di una grand. lungo una direzione

GRADIENTE: def $\overrightarrow{grad(\cdot)} = \frac{\partial(\cdot)}{\partial x}\vec{u}_x + \frac{\partial(\cdot)}{\partial y}\vec{u}_y + \frac{\partial(\cdot)}{\partial z}\vec{u}_z$ correla grand. scalare e la fa diventare vettoriale.

vettore $\rightleftarrows$ scalare (corrispondenza biunivoca)
= grand. conservativa

Grand. vettor. ~~...~~ diventa scalare = DIVERGENZA

$$\vec{(\cdot)} = (\cdot)_x\vec{u}_x + (\cdot)_y\vec{u}_y + (\cdot)_z\vec{u}_z$$

DIVERGENZA $\boxed{div(\cdot) \downarrow \nabla\cdot\vec{(\cdot)}} = \frac{\partial(\cdot)_x}{\partial x} + \frac{\partial(\cdot)_y}{\partial y} + \frac{\partial(\cdot)_z}{\partial z}$

derivate di ogni compon. rispetto alla variab. stessa trasforma grand. vettor → scalare

~~Se riesco a fare qst trasform.~~
OPERATORE che TRASFORMA una
Grand. vettoriale → grand. vettoriale

⇓

$\boxed{\text{ROTORE}}$ → CURL

$\vec{(\cdot)} = (\cdot)_x\vec{u}_x + (\cdot)_y\vec{u}_y + (\cdot)_z\vec{u}_z$ Data una grand. vettor.

Si def ROTORE DI UNA GRAND. VETTORIALE un VETTORE si ricava con un determinante simbolico (3 righe / 3 colonne)

$$\underbrace{\overrightarrow{rot(\vec{\cdot})}}_{\nabla\wedge(\vec{\cdot})} = \begin{vmatrix} \vec{u}_x & \vec{u}_y & \vec{u}_z \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ (\cdot)_x & (\cdot)_y & (\cdot)_z \end{vmatrix} =$$

↳ componente x

$F_x\ F_y\ F_z$ = ROTORE di una FORZA
$E_{0x}\ E_{0y}\ E_{0z}$ " " E_0

$$= \vec{u}_x\left(\frac{\partial}{\partial y}(\cdot)_z - \frac{\partial}{\partial z}(\cdot)_y\right) - \vec{u}_y\left(\frac{\partial}{\partial x}(\cdot)_z - \frac{\partial}{\partial z}(\cdot)_x\right) + \vec{u}_z\left(\frac{\partial}{\partial x}(\cdot)_y - \frac{\partial}{\partial y}(\cdot)_x\right)$$

$$\overrightarrow{rot(\vec{\cdot})} = \underbrace{\left[\frac{\partial(\cdot)_z}{\partial y} - \frac{\partial(\cdot)_y}{\partial z}\right]}_{rot_x(\vec{\cdot})}\vec{u}_x + \underbrace{\left(\frac{\partial}{\partial z}(\cdot)_x - \frac{\partial}{\partial x}(\cdot)_z\right)}_{rot_y(\vec{\cdot})}\vec{u}_y + \underbrace{\left[\frac{\partial}{\partial x}(\cdot)_y - \frac{\partial}{\partial y}(\cdot)_x\right]}_{rot_z(\vec{\cdot})}\vec{u}_z$$

Scrittura giusta ma impropria

$$\rightarrow \oint\!\!\!\oint_{S'} \vec{E}_0 \cdot \vec{n}\, dS = \iiint_{W_S} \mathrm{div}(\vec{E}_0)\, dW$$

$$\mathrm{div}(E_0) = \frac{\partial (E)_{0x}}{\partial x} + \frac{\partial E_{0y}}{\partial y} + \frac{\partial E_{0z}}{\partial z}$$

Se ho una serie di cariche diffuse = uso il concetto di Densità

$$q_0 = \iiint_{W_S} \rho_0\, dW \qquad \rho_0 = \frac{dq_0}{dW}$$

$$\iiint_{W_S} \mathrm{div}(E_0)\, dW = \iiint_{W_S} \frac{\rho_0}{\varepsilon_0}\, dW$$

Variabile di calcolo =
Dominio =
Allora anche gli integrandi sono =

$$\boxed{\mathrm{div}(\vec{E}_0) = \frac{1}{\varepsilon_0}\rho_0}$$

la legge di Gauss da formulaz. complessa → a FORMULAZIONE PUNTO A PUNTO o LOCALE

I EQNE di MAXWELL.

$\Phi(E) = \frac{1}{\varepsilon_0} q_0$ è associato alla surf.

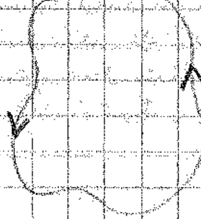
Quando calcolo q_0 è associato a dW se fenom. perturba q_0 se non riesco a determinare il disturbo non riesco a descrivere come varia la q.
VELOCITÀ di espansione del disturbo

Ma div def all'int del dW con ρ_0 → la II relazione mi permette di dire cosa succede pto a pto nello stesso momento senza dover calcolare il disturbo.
Relaz. locale correla tutti i pti int e est = non ho bisogno di sapere cosa provoca un cambiamento.
Descrive propr. locali pto a punto dv ∃ campo elettrost.

TEOREMA di STOKES

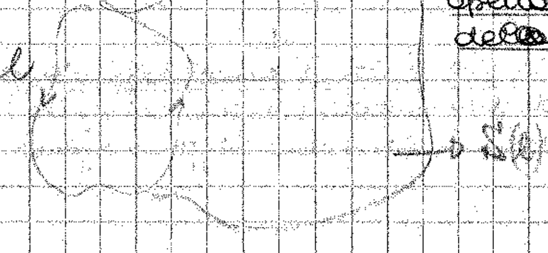
$$\mathrm{div}(E_0) = \frac{1}{\varepsilon_0}\rho_0$$

Se il Volume è aperto?



Linea chiusa orientata. Qnt sono le S che hanno come contorno linea chiusa? ∞ perchè sono ∞ quelle che si adattano. Considero qst S

Il Teo correla le propr. della surf. aperta con quelle del suo contorno



Qnd div(*) (* consew. o no) è = 0 lo * si dice SOLENOIDALE

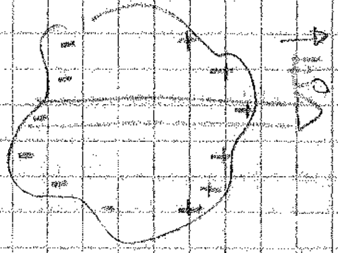
$(\mathrm{div}(*)=0)$

$\boxed{\text{* CONSERVATIVA}}$ quando rot (x) = 0

- $\oint_\ell (\vec{*}) \cdot d\vec{\ell} = 0$ (ℓ chiuso)
- $\int$ di linea è indipendente dal percorso ma dipende solo da diff tra valore iniz e finale.
- è grad. di uno.

Dielettr. non ho cariche libere = NO TRASFERIBILI

↳ immerso in $\vec{E}_0$ si polarizza su S e all'interno o secondo polarizz. sia unif. o qualsiasi le cariche sn correlate (int e est.)



$\vec{E}_0$ orientato da distrib. + a −

Grand. fisica che descrive la polarizzazione è il VETTORE di POLARIZ. $\vec{P}$

$\vec{P} = \frac{d\vec{p}}{dW}$ (variazione del mom. del dipolo elettr. rispetto a V di volume)

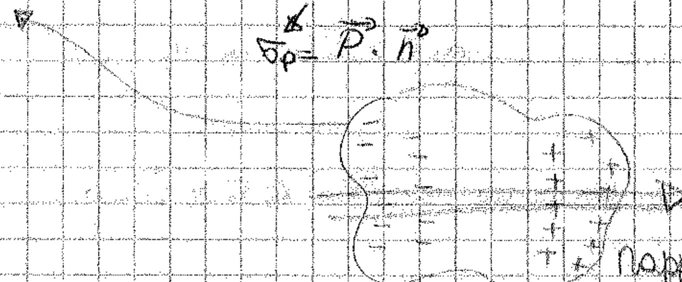
Si dim che se $\vec{P}$ è UNIFORME compaiono nel dielettr. SE CARICHE SUPERF. DI POLARIZZAZ.

e si ricava matematicamente che la distrib. di qste cariche è def da

$\boxed{\sigma_p = \vec{P} \cdot \vec{n}}$ ↳ ⊥ alla superf nel pto considerato

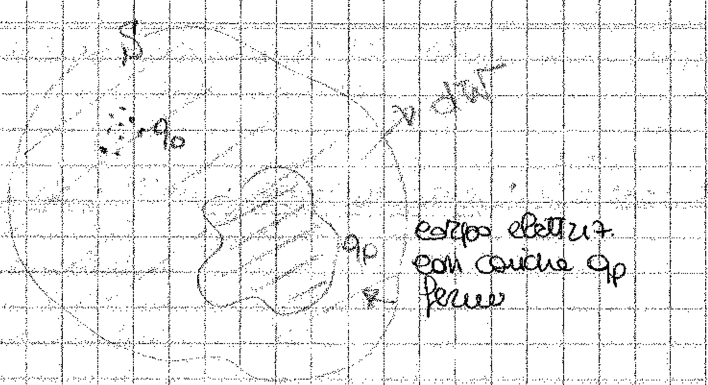
Se $\vec{P}$ è qualsiasi ho CARICHE SUPERFICIALI e VOLUMICHE di POLARIZZAZIONE

$\sigma_p = \vec{P} \cdot \vec{n}$ $\qquad$ $\rho_p = -\mathrm{div}(\vec{P})$



rappres. che ho cariche superf e volum.

Se ho cariche libere + polarizzazione → ho un E_0 Σ dei due contributi



le E_0 è conservativo (sempre qnd E_0 elettrost).

Considero S che racchiude q_p e q_0

$\Rightarrow$ FLUSSO $\oint_{S'} \vec{E}_0 \vec{n} \, d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}(q_0 + q_p)$

Microscopicamente il vuoto si polarizza. Nelle descriz. campi devo scrivere * nelle propr. geometriche

$div(\vec{D}) = \rho_0$ Din con acceleratore di Chicago

(Invece di E_0 uso campo elastico uso le stesse eqni).
Fenom. aeroelastico. suxf rigida inclinata e soffio con ventilatore → ora vista come fili si distribuisce intorno = $\oint_e$ → la $\oint_e$ mi da la portanza (deve avere una certa inclin. che dipende dalla geom. dell'ala che deve essere progettata geom.)(prima).
Per avere portanza anche se vario la velocità devo fare qst studio.

12/10/'06 Esercizio

Cariche in moto. Si porta da 2 base sperimentali corpi condutt. cariche libere, dielettrici si possono elettrizzare (cariche suxf. o nel dielettr. → volumiche).
Leggi di Gauss e E_0 è conservativo
↓
usato x vuoto o dielettrico

inters. di E_0 — deve tener conto delle cariche di polarizz. (sepate ma cariche) = induz. elettrica D

CONDUTT. SOLIDI = Reticolo cristallino nei vertici ioni + che ha Massa > cariche libere = sm + leggeri → poi le car. libere si muovono con vel dovuta ad agitaz termica nel reticolo - Urtano reticolo = ≠ vel in mod. dir. verso.
Qst velocità carica libera = v_i = veloc. termica dovuta a agitaz termica della struttura.
Moto disordinato in scala microsc = distribuz velocità è casuale su scala micro a dimens. macro = No direz preferenziale lungo la quale q libera si muove
(10^{-8} m)
↳ grande rispetto dimens molec

$\langle v_{M} \rangle = \frac{1}{N} \sum v_i = 0$ ↑ v media — Ha struttura ISOTROPICA.
↳ cariche libere nel vol microsc.

Se condutt è metallo q libere = e^- = gas di e^- con = carica e caratt. precise.

Press = Risult. degli urti.
Volume medio = all'ing 2 Temper.

Se riorganizzo moto cariche libere con un campo elettrico: su q = azione qE concorde o discorde con E_0 → su V micro su scala macro → le q libere sm eccitate a muoversi con v_i + vel dovuta a azione di E_0
Sovrapposiz. velocità → V dovuta ad agitaz termica = vel non prevedibile
→ Vel dovuta a azione E_0
= x tutte le cariche libere x che valore q è uguale e E_0 analoghe
$\vec{E} = \vec{0}$.

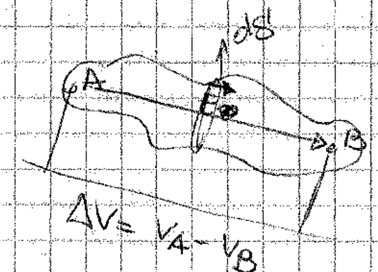
VELOCITÀ di DERIVA.

Condutt. liquido se metto 1 sale ~~$\cancel{B}$~~ NaCl si dissocia in Na^+ e Cl^- cariche libere = elettrolisi
Gas no ospiti mobili = no q libere a meno che ionizzazione x atomi radioatt. raggi cosmici (scarica) ionizzo = e^- periferici (pochi) liberi } e posso mantenerli in moto x avere ionizzaz. $\Delta V > 12000$ volt.
Es proiettori a scarica di gas corso il sistema x passare da batteria a 12 volt a innescare a 12000 volt. → così x che blindati se no se picchio si rompe reticolo cristallino = problemi di motivazioni meccaniche.

So ∃ interaz. massa/ambiente = interaz q libere con v_d/amb. = si esplica con F passive.

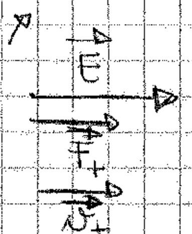
Azione F passive che ostacolano moto q libere = RESIST. ELETTRICA.

Ho un condutt. solido. Tra A e B applico ΔV = determino sorgere E_0 da $A \to B$
se avessi q libere.
Dell'interno ho q libere q_+, $\forall q_+$ E esercita una azione



$\vec{F}_+ = q_+ \vec{E}$

variazione stato di moto = $\vec{v}_+$ di deriva



tener conto delle direz.: sm prod. vettoriale

Come def n° delle q libere?
Numero di Avogadro 10^{28} q per U di volume.
Di co n° cariche o n° cariche riferito a qlc? Non so come le cariche sm distribuite x avere misura oggettiva devo riferire $\boxed{\dfrac{N^\circ \text{ Cariche}}{U \text{ di volume}}}$ xchè possono essere concentrate + da 1 parte (Non ~~…~~ per Volume) Scorrelo struttura da prop. condutt.

n_+ = n° q_+ libere riferito a U di volume

$\boxed{\dfrac{N}{W}}$

Posso correlare le q x quantificare la corrente
descrivere la condus. elettr.

Considero dS nell' U di tempo ~~interv.~~ ho q che passa attraverso dS deve essere correlato alla corrente elettrica. ← costrette a muoversi

q riferito a U vol x scorrelarlo da geom. sistema

Δq in Δt $\boxed{i = \dfrac{\Delta q}{\Delta t}}$ def qtà cariche in Δt attraversano dS

↓ INTENSITÀ di CORR. ELETTRICA.

Passaggio Δq non è uniforme allora $\Delta t \to 0$ nell'intervallo di tempo ho moto di q

= corrente = flusso di q attraverso dS

$\boxed{\vec{J}_+ = n_+ q_+ \vec{v}_+}$ = DENSITÀ di CORRENTE

vettore correlato in modulo $\frac{n\,q}{\Delta V}$ valore q e vel. ordinata

INTENSITÀ di CORRENTE $\vec{J} \cdot \vec{n}\, dS = di$

Non posso scrivere $i = \cancel{\frac{dq}{dt}}$

$i = \iint_S \underbrace{\vec{J}}_{n_0 q_0 \vec{v}_d} \cdot \vec{n}\, dS$ $\quad i = J S_0 \quad \boxed{J = \frac{i}{S_0}}$ def operativa sperimentale della densità di corr.

$\underbrace{n_0 q_0 \vec{v}_d}_{\text{vale } \forall q}$ ϕ = n° cariche libere che si muovono con vel. v_d

dens. di corr.

$|\vec{J}|$ corrente che nel U di tempo attraversa una sez unitaria (=1) ⊥ al moto delle cariche - (normale)

$\frac{1A}{1m^2} =$

se la sz fosse liquido: con + e con - scrivo che i di corrente è somma di tutti i fattori

n_+	n_-
q_+	q_-
$\vec{v}_+$	$\vec{v}_-$

$\vec{J} = \underbrace{n_+ q_+ \vec{v}_+}_{\vec{J}_+} + \underbrace{n_- q_- \vec{v}_-}_{\vec{J}_-}$

se ho conduttore metallico solido - le cariche libere $n = \frac{N}{dW}$ (cariche per U di volume; N° complessivo nel volume)

sotto azione E ost → veloc. $\vec{v}_d$

$\boxed{\vec{J} = -n e \vec{v}_d}$

Dall'analisi del moto corrente, def segno dei portatori di corrente? No

sono in un conduttore

$\vec{E}$

$+q$ $\vec{v}_+$ // concorde con F^+ xché q sono +

$\vec{F}_+ = +q\vec{E}$ $\quad \vec{F}^+$

$\vec{F}_-$ $\quad -q$

$\vec{F}_- = -q\vec{E}$

$\vec{v}_-$

v_- // concorde F_- = anti // a E

le q libere si muovono

$\Rightarrow \vec{J} = n_+ q_+ \vec{v}_+$

$\vec{J}_+$ concorde come direz del moto

$\vec{J}_- = n_- q \vec{v}_- = -n_- q \vec{v}_-$

$\vec{J}_-$

16/10/'06.

Cond. elettr. fenom. che si ha qnd ho ΔV tra 2 pti che genera E, E qst sulle cariche provoca moto che si sovrappone alla velocità termica

veloc. di deriva (= x tutte) le cariche

provoca la condut. in volume infinitesimo $\rightarrow$ valore medio vel. ist. è nullo = no direz. preferenziale del moto delle cariche

Passo dal n° cariche attraverso condutt.

intens. di corrente. le q libere con vel deriva provocano corrente.

$i = \frac{dq}{dt} \longleftrightarrow \vec{J} = n q \vec{v}_d$ $\quad$ $\forall$ valore q $\vec{J}$ // e concorde con dir. $\vec{E}$

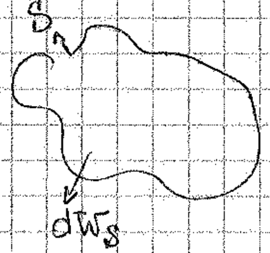
carica che si muove

$\vec{J} = -n e \vec{v}_d$ (x 1 conduttore)

si muovono opposto a $\vec{E}$ ma $\vec{J}$ ha dir. di $\vec{E}$

$\forall q$ si assume per CONVENZ. SI DICE che la corr. ha direz dal $V>$ al $V<$

Ho condutt. metallico solido di surf S e racchiude W_S

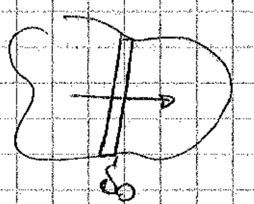


i correlo a J tramite flusso

$i = \oint_S \vec{J} \cdot \vec{n}\, dS \qquad J = \frac{i}{S_0}$

attraverso $\perp$ a $\vec{E}$

sez. unit. normale al $\vec{E}$



Entra > qllo che esce o < qllo che esce (= si accumulano cariche dentro)?

Corr. legata a n° di q $\rightarrow$ se corr. esce $\rightarrow$ $i>0 \rightarrow$ q all'interno diminuisce; $i<0 \rightarrow$ q " aumenta.

i = variaz. q all'interno rispetto al tempo

$\boxed{i = \frac{dq}{dt} \rightarrow -\frac{dq}{dt}}$ (spiego)

Cariche sn all'int. del condutt. individuate da x, y, z, ma variaz. è legata a t. = devo tener conto se varia rispetto t o posiz.

$\boxed{i = -\frac{dq}{dt}}$ (xchè la variab. di riferim. è tempo = le cariche sn indipend. dalla coord.).

misuro a percorsi'almente se la misura fosse 0 ⇒ $\Delta z = 0$ allora non farei fatica

DESCRIZ. FISICA — DESCRIZ. ANALITICA

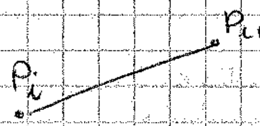
Ho CONDUTT. SOLIDO METALLICO
- Reticolo cristallino, nei vertici ho ioni + di massa > di quello e^- = q^+ sono considerate ferme

si muovono con v_i ISOTROPO ⇒ valore medio $\langle v_i \rangle = 0$ = cariche libere sono e^-

vel. termica

e^- incontrano vertici dove ho ioni = e^- urtano gli elementi fissi. Qual è la traiett.
= rettilinei (= ho vel. cost). Tra urto in P_i e P_{i+1} la traiett. x corso rettilin. x urto
è 1 segm. di retta che statisticam. ho lungh. predef. PERCORSO LIBERO MEDIO e il tempo è def. da $\boxed{\tau_i = \frac{l_0}{v_i}}$

$\vec{E} = 0$



Applico ΔV → determino E → E esercita azione su e^-
= FORZA su ∀ singola carica libera.

↓

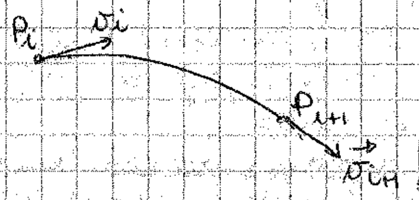
$\vec{E} \neq 0$ $\quad \vec{F} = -e\vec{E}$ Ammesso applico azione = variazione stato di moto

$\vec{F} = m_e \vec{a}$ $\quad \boxed{\vec{a} = -\frac{e}{m}\vec{E}}$

1) Se e^- subisce variaz. stato di moto è dovuto se a $\vec{E}$ = subisce Δv uguale ∀ e^- xchè hanno = m.

Se nello stato x turbato P_i è in quel punto dopo urto ho v_i (xchè en. dissipata)
Descrive una traiett. arriva a P_{i+1} e urto e con velocità ≠ v_i (la v_d è ristabilita dopo l'urto → $v_i + v_d$ = velocità di urto = v_{i+1}

e^- si muove con a = traiett. = arco di parabola = dipende da t



$\boxed{S = v_i t + \frac{1}{2} a t^2}$

lungh. parab. tra 2 urti successivi.

$\boxed{\vec{v}_{i+1} = \vec{v}_i + \vec{a} t}$

Ho bisogno di verifica sperimentale. Ande è urto ioni + perde v_d e la direz. preferenziale poi acquisto v_d e dir xchè è esercitato quell'azione – se verifico v_{i+1} = ho $\langle v_{i+1} \rangle$ su ∀ urto.

$v_{i+1} = \vec{v}_i + \frac{e}{m_e}\vec{E}\, t$

Con processo di fusione misuro v_d dovuto al fatto che $\vec{a} = -\frac{e}{m}\vec{E}$ ⇒ $v_d \ll v_i$ — calcolata dato temp. e energ. int. del conduttore, $\frac{1}{2}mv^2$, $\frac{3}{2}KT$

Ho bisogno della verifica così dico che se $v_{ist} = \vec{v}_i + \vec{v}_d$ — termica — v_d trascurabile

in $E \neq 0$ il tempo x andare tra 2 pti non cambia rispetto al caso imperturbato

Parliamo di ELETTRODINAMICA = MOTO DI CARICHE.

Inverso resistività = CONDUTTIVITÀ' $\Rightarrow \sigma = \frac{1}{\rho} \Rightarrow \sigma = \frac{ne^2\tau}{m_e}$

indipendente da $\vec{E}$

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

Si dim. sperimentalmente: corrente dipende dal moto q = dipende da $\vec{v}_d$

Propr. intrinseche del mater. sono fondamentali.

Se $\forall e^-$ è sottoposto a $\vec{F}$ dovuto a $\vec{E}$

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

qst F_e compie un lavoro

$$d\mathcal{L} = \vec{F}_e \cdot d\vec{e} \quad \forall e^-$$

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

de percorso in dt è compiuto a velocità $\vec{v}_d$ $\quad d\vec{e} = \vec{v}_d\, dt$

$\Rightarrow \quad d\mathcal{L} = -e\vec{E} \cdot \vec{v}_d\, dt = \vec{E} \cdot (-e\vec{v}_d)dt \quad$ ho n e^- per unità di volume

$d\mathcal{L}_T = \vec{E} \cdot (-ne\vec{v}_d)\, dt$ = energia se def qnt lavoro ho compiuto

$\frac{d\mathcal{L}_T}{dt} = \vec{E} \cdot (-ne\vec{v}_d)dt = \vec{E} \cdot \vec{J}$

Lavoro scambiato riferito a intervallo t da indice di rapidità con cui $\mathcal{L}$ è scambiato = POTENZA scambiata negli urti di e^- con il reticolo.

En dissipata è unt ($\mathcal{L}$ è nel reticolo) $\to$ calore, condutt. è in equil. termico con amb = deve scamb. calore con amb = EFFETTO JOULE (PRINCIPIO INTRINSECO non posso far niente)

Abbasso temp. condutt. $\to \tau >$ = < en dissipata

devo avere macch. criogenica = consumo ancora + en.

Se " " " sotto temp critica = cambiam. caratt. elettroniche

qualche grado sopra 0°K

= MATER. SUPERCONDUTT. Costo caro. Pochi labor.

Tecniche costose

Volumi ridotti.

Nuovi mat. di sintesi che acquisiscono qste caratter. a temp > a 0°K xò dimens. geom. non sn molto grandi.

Uso moto con la SUPERCONDUTTIVITÀ → sperimentali

- linea di trasporto che collega aeroporto/Shanghai (unica linea)
- è dedicata

Viaggia a veloc. notevoli, turbolenza xò è elevata

caro aerodinam. grande a meno che non va a 510 km/h.

Raggi di curvatura a ∞ = raggi ampi. Devo avere forza centripeta elevata.

Se la strutt. superconduttiva manca = elevata qntà calore emesso = lo rivolta e parte come un proiettile se fatto.

17/10/'06.

Relazione causa circolaz. corrente e l'effetto (intens. di q elettrica). Eque: eque di Ohm
Reazioni di campo magn. ... non sn conservative.

causa di $\vec{E}$ dipen de da $\vec{J}$ di corrente che ho è dipendente da S_0

$E = \rho J$

$\rho = \frac{m_e}{n e^2 \tau}$

POTENZA: per mantenere in circolaz. che la corrente

$\boxed{P = \vec{E} \cdot \vec{J}}$

$E_J \rightarrow \boxed{\rho J^2}$

Pot che è accumulata nel corpo $\Rightarrow$ En int $\Rightarrow$ temp conduttore è in equilibrio termico = scambio termico con l'ambiente.

Pot. dissipata dice che ρ ha ruolo fondamentale, n° di q che attravers. S con $= i \rightarrow$ ... determina il riscaldam. occorre l'eque scalare equivalente a qll sopra

Condutt. si scalda => agitaz. termica legata a e e a ioni del reticolo $\rightarrow$
ρ fne temp. (θ) reticolo vibra di + $\rightarrow \tau < \rightarrow \rho >$
" " " $- \rightarrow \tau > \rightarrow \rho <$

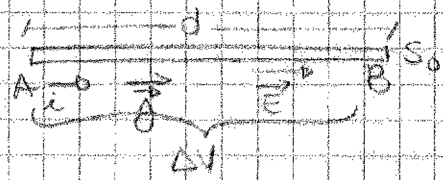
$\boxed{\rho(\theta) = \rho_0 (1 + \alpha\theta)}$ $\rightarrow$ per metalli puri $\alpha > 1$
conduttori (C, Si, Germanio ...) < 1

ρ_0 assunto a $T = 20°C$

descrive proprietà MICRO chimico/fisiche del corpo

Devono dire caratt. macro (RESISTENZA), micro (ρ) del conduttore

Es. sbarretta di sez. cost. (calibro) di 1 condutt.



Agli estremi applico V = mantengo ΔV con generatore = crea E ($\vec{E}$ non conservativo xchè non ho q statiche se no $\Delta V_i = 0$) $\rightarrow$ percorso da $\vec{J}$
S_0 piccolo = pti interni al volume hanno E uniforme

$\Delta V = E d$ vale legge di Ohm.

$\vec{E} = \rho \vec{J}$ ($\vec{E}$ e $\vec{J}$ sn // e concordi)

$\Delta V = \rho d J$ $\quad i =$ flusso di J attraverso $S_0 \rightarrow J = \frac{i}{S_0}$

$V_A - V_B = \boxed{\frac{\rho d}{S_0}} i$

causa (genera E) — effetto descritto da J

ρ legato a d e S_0 = tiene conto della GEOMETRIA correla geom. condutt. con la sua caratt.

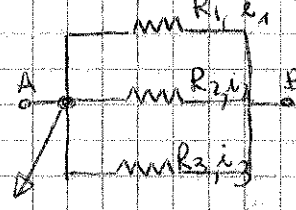
RESISTENZA

Per qst conduttore $\rightarrow$ legge di Ohm

dipende da eu fatto qst.

$\boxed{V_A - V_B = R i}$ $\quad \{R\} \left\{\frac{1V}{1A}\right\} = 1\,\text{ohm} = \{1\Omega\}$

→ RESISTORI in PARALLELO → per il PRIMO PRINCIPIO di KIRCHOFF: (LA SOMMA delle i che giungono in un NODO è = alla SOMMA delle i che se ne ALLONTANANO.



NODO i q_1 q_2 q q_3 ho q che attraversano una S dell conduttore → la q si conservano → si distribuiscono

$q = q_1 + q_2 + q_3$ conteggio riferito a dt (i tempi sono gli stessi)

$\frac{q}{dt} = \frac{q_1}{dt} + \frac{q_2}{dt} + \frac{q_3}{dt}$

$i = i_1 + i_2 + i_3$

Contin dinam della q che entra e deve ripartirsi quella entrante = i delle q uscenti.

i i_1 i_2 i_3

Σ algebrica delle i di corr. in un nodo = 0 sempre (princ. conserv. della q).

$V_A - V_B \begin{cases} R_1 i_1 \\ R_2 i_2 \\ R_3 i_3 \end{cases}$

sostituire sist. condutt. con 1 sol inserito tra A (con V_A) e B (con V_B) e $R = R_e$ (resistenza equivalente).

$V_A - V_B = R_e \underbrace{i}_{i_1 + i_2 + i_3}$

$\boxed{\frac{1}{R_e}} = \frac{i_1 + i_2 + i_3}{V_A - V_B} = \boxed{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$ se ho 1 sist di RESISTORI COLLEGATI in // L'INVERSO della R_e = Σ degli inversi delle SINGOLE RESISTENZE.

$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = R_1 i_1^2 + R_2 i_2^2 + R_3 i_3^2$

q statiche generano E_0 conservativo = posso esprimere la conservatività dicendo

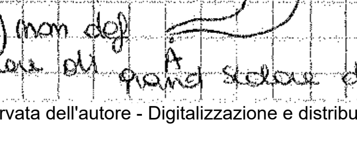
$V_A - V_B = \int_A^B E_0 \, dl$ oppure ← E_0 è conserv. che valore di linea è indipend. dal tipo di linea ma solo dal V def in A e B (grand. scalare).

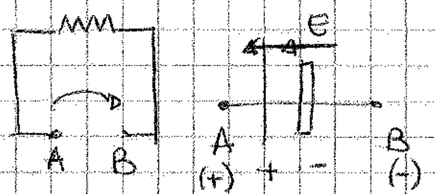
→ $\oint_l = 0$

se E generato con processo chimico / magnetico, piezoelettrico (deform. cristalli) = NO CONSERVATIVITÀ del E elettrico (generato da q non statiche).

$\int_A^B \vec{E}_0 \, d\vec{l}$ ho un certo valore x che dipende dalla linea.

valore) non def con valore di grand. scalare def. ma 2 estremi

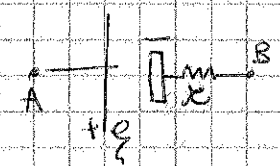


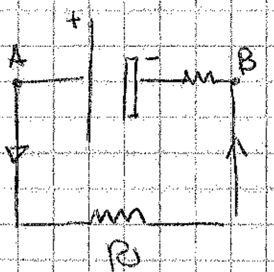


Nel ho spost reale di q attraverso reaz. chimiche mentre nel condens no spost. q si accumul.

forse ho gener. e ant = RESIST interno -

Gener ideale $R_{int} \simeq 0$, qlle Reali ho $R_{int} \neq 0$.





$\xi = Ri$ Ho 2 resistori in serie $R_e = R + r$

$\xi = (R+r)i = Ri + ri = V_A - V_B + ri$

$V_A - V_B = \xi - ri$ Nella realtà la ΔV ai capi di 1 pila inserito in circ. reale NON è MAI = allo ξ perché ho dissipaz en x resist interno.

$\underbrace{(V_A - V_B)i}_{P\ usata} = \underbrace{\xi i}_{P\ erog.\ (data\ dal\ generatore)} + \underbrace{ri^2}_{P\ dissipata}$ II princ. termodinamica

Batteria deve avere en suffic. per mantenere in circolaz la corr. e vincere la R_{int}

Qnd ΔV non va + butto via batt. con ξ

ΔV mantenuto tra sale forte e acido forte = equilib.

Come MISURO i di CORRENTE e ΔV?

AMPEROMETRO Misura i

VOLTMETRO.

} Strum. uguali

i: Strum. in serie con circuito (per i bassa MILLIAMPEROMETRO, $i = 10^{-5}$ GALVANOMETRO)
V: " in parallelo " "

19/10/'06

– MAGNETISMO –

1000 a.C. una pietra attraeva metallo (ferrosi) → 2500 anni dopo un mater. che chimicam.

è ~~Fe~~ $FeO\,Fe_2O_3$ MAGNETITE ha la caratt. di attrarre oggetti metallici, ovvero sue porzioni se frantumo il mater. la caratt. permane, se lo disgrego gli elementi hanno le stesse caratter. che dipendono solo da strutt. microscopica.
Il fenom. di attraz. è localizzato in aree precise:
→ limitate che esplicano effetto sono i poli magnetici

Gilbert (1500/1600) notò che se prendo 2 pezzi magnet. interagiscono:
_ se sono in certe posiz. si attraggono } = ha doppia polarità (+ e −)
" " " " respingono
Proprietà estesa a tutto il corpo   caratt. intrinseca.

Si scoprì che ∃ zone nei def dei mater. magn. che hanno qst caratt. in modo spiccato = in aree limitate → DOMINI DI WEISS.
Caratt. fondam. dei materiali che hanno fenom. confront. con qll magnetici devono avere domini dove ho la polarità = macros. = Poli
Doppia polarità è intrinseca → cariche di segno opposto a certa dist = dipolo = posseduto intrinsecam.

grand. vett. orientato da polo − a +

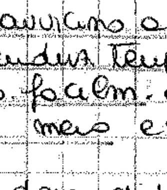
MOMENTO di DIPOLO MAGN. = $\vec{m}$. cause?
_ No cariche
_ Masse correlate ai domini come le determino? È comodo dire che $\vec{m}$ ∃ ma non lo misuro = posso definire di cariche che hanno valore nullo di massa (la postulo).

Prendo ogg di ferro e lo avvicino a mat con caratt. magnetiche → magnetizzo il corpo → dura × tempo lungo o × indurre temporanee = dipende elemento = scompare.
Mat dolci → magnetizzab. facilm. e lo mantengono a lungo
" duri → " meno e hanno caratt. ≠

Verificare la polarità dei dom. di Weiss. Non c'è evidenza sperimentale che ∃ monopolo magn.
Si postula nella Teoria dei campi che in certe condiz. finché 1 10^{-h} anni 1 possibilità prot. si trasformino in altre particelle → sparisce ma si trasforma in monopolo magn. × fatto (buco nero ∃ ma assorbe luce = NON SI VEDE). Non escludo ∃ monop. magnetico?
Per dire che ∃ sist inerziale esco e lo verifico con sist in quiete o in moto rett. unif. = non posso dire del mio universo → perché come esco? allora mi considero inerziale e considero il resto in fun dell'mostro universo
Mi porto fuori dal cono e mi allontano dal vertice.

CALAMITA = ogg. magnetizz. naturalm. o artificialm. (mantiene magnetizz. a lungo).

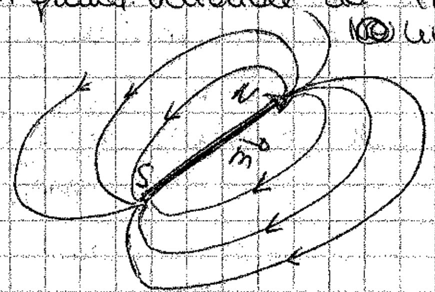
Ha $\vec{m}$ orientato da polarità − a +



Non so misurare masse magnetiche.
Evid. sperimentale prendo ogg magn con $\vec{m}$ (da misurare) sospeso a 1 filo
∀ posiz. iniziale dell'ogg dopo un periodo acquisisce 1 sol direzione nello spazio e nel tempo (verificato nei 2 emisf. della terra).
Se pol ≠ si attrag. e = si respingono (postulo ∃ masse) ogg è magnetizzato → la Terra ha polarizzazione.

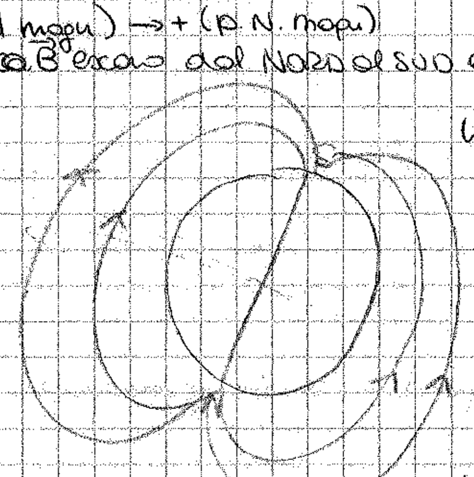
Vento interagisce con $\vec{m}$ delle cellule (del sangue) (abbiamo Fe) = alterazione = schizofrenia - squilibrio mentale → suicidi.
Δ 36000 km attorno a Terra satelliti × rilevare venti con tempo di anticipo di 48 h.

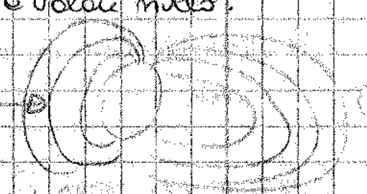
$\vec{m}$ grand. vettoriale da − (polo sud magn.) → + (p. N. magn.)
linee di campo $\vec{B}$ escono dal NORD al SUD e son continue



Le linee del campo geomagnetico son superf. delle linee

Terra investita dal vento solare urto elastico e pressione su linee del B terr. → magnetosfera compressa dove arriva il vento con elemento di trauma e valore nullo.





xchè assorbono B
Le q+ son trasferite e q⁻ da un'altra e 2 cuscinetti dentro le linee del campo +/- all'equatore → Fasce di Van Allen

Considero S chiusa immersa in B (ho W_S) se valuto il flusso attraverso S dove non ho sorg. ⇒ $\phi_{entr} = \phi_{uscente}$ $\underline{\phi_{tot} = 0}$

$$\oint vett = \iiint_{W_S} div(vett)\, dW \rightarrow div(\vec{vett}) = 0$$

Come rappresento campo magnetico? Conoscere intens. B e azione di B complesso.

Intensità B / Azione di B che esercita magnetism. effetto = misura campo magnet.

vettore induzione magn. = risultante effetto di magnetism. + studiato del vett. intensità del campo $\vec{H}$
$\vec{B}$
↳ si confonde con il campo magnetico.

Es isolare studio da radiazione ionizzante = da calbentare.

$$\oint_S \vec{B} \cdot \vec{n}\, dS = 0 \Rightarrow div(\vec{B}) = 0$$

$\vec{B}$ solo x il fatto ∄ la doppia polarità ~~d~~ che si esplica con $\vec{m}$
È CAMPO SOLENOIDALE.

$\vec{B}$ sempre correlato a q in moto, moto q = corrente → B correlato a condutt. percorso da corr. quindi ho qsi se ho 2 condutt. percorsi da q affiancati interagiscono un circuito chiuso percorso da corr. esplica eff. indistinguibile dal polo magn.
Δ B variabile associato E non conservativa e ~~[illegible]~~
Δ E non conserv. " B

$\vec{E}$ e $\vec{B}$ son connessi = son = cose da 2 pti ≠.

= SI DIM che UNICA TRAIETT. è CRF → B incurva la traiett. di q con v = cost.

$$R = \frac{mv}{qB} \qquad v = \omega R \qquad \omega = \frac{v}{R} = \frac{\cancel{v} \cdot qB}{m\cancel{v}} = \frac{q}{m} B$$

Moto circolare $T = \frac{2\pi}{\omega}$ $T = 2\pi \frac{m}{qB}$

impiegato a compiere la circ.

Sono tutte relazioni sperimentali.

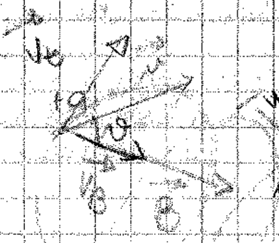
$B = \frac{mv}{qR}$ posso trovare il valore B con misure meccaniche del moto di q elettriche.
B è allora facile da trattare.

$\vec{F}_L = q\vec{v} \wedge \vec{B}$ (su q statiche non agisce)

ϑ qualsiasi

$F_L = qvB\sin\vartheta$

Scompongo v



$v_B = v \cdot \cos\vartheta$

$v_t = v \cdot \sin\vartheta$

tangente alla traiettoria

v_t determina traiett. circolare, v_B sposta del piano in avanti = MOTO PIANO + TRASLATORIO = MOTO A SPIRALE

TRAIETT. REGOLARE = Voluto d = passo tra 2 pti omologhi tenendo conto di T impiegato x compiere rotazione nel qe il piano si è spostato avanti

$$d = v_B T = \left(v\cos\vartheta \cdot \frac{2\pi m}{qB}\right) =$$

PASSO dell'ELICA.

Anche vento solare in vece B terr. che esercita azione su particelle e le devia se traiett. part. ⊥ a B = cuf ma non è così.
B non uniforme spirali con R variabili
Durante le traiett. particelle scambiano en come elettromagnetica = vediamo colori rosso/violetto x urti particelle / aria. Se proietto spirale su piano e strutture a fisarmonica = Aurora boreale. (Proiezione su piano visuale di traiett. spirale).
A 70° latitudine ΔTorino nel 50 = B devastato xché en vento colossale → no capisce misurarlo (dovrei mandare pallon sonda per c'erano satelliti ST). Se avevo microprocessori bruciati e cascata elettromagn. paragonabile a bomba nucleare.

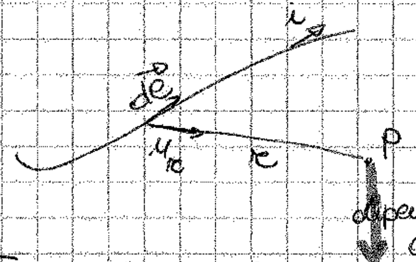
30/10/06

SORGENTI DI CAMPO MAGNETICO

• CONDUTTORE PERCORSO DA CORRENTE

Campo magn. esercita su q, su polo o conduttore, 1 forza. Cosa determina 1 $\vec{B}$ eccetto i magneti naturali?

Sperimentalmente verifico che 1 conduttore percorso da i un suo elem. del percorso da i lo scrivo $i\,\vec{dl}$



qst in un P qualsiasi a distanza r con direzione u_r genera effetto simile a qll di un $\vec{B}$

$$\boxed{d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\, i\, \frac{\vec{dl} \wedge \vec{u}_r}{r^2}}$$ II LEGGE DI LAPLACE

$d\vec{B}$ dipende da i, da dist, dal lungh e posizione

Δ punto di dl, i, r le caratt. dell'amb. dove misuro influenzano l'entità del campo = deve esserci k che rappres. le caratt. e sia scorrelato dalla geom = (dipende solo da U misura) microsc.

cost = PERMEABILITÀ MAGNETICA del VUOTO

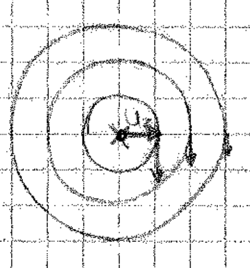
Per semplificare la relazione devo razionalizz. il coeff $\boxed{k = \frac{\mu_0}{4\pi}}$ attraverso la legge di Ampère

μ_0 rappr. propr. microsc. della materia che modula il $\vec{B}$

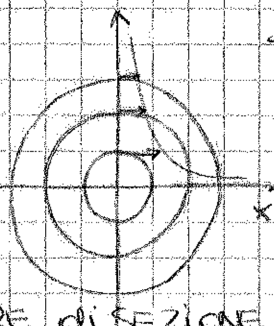
Qst relazione non rappres. la realtà fisica che è rappresentata da

$$\boxed{\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\, i \oint \frac{\vec{dl} \wedge \vec{u}_r}{r^2}}$$ → formula che def se conosco i

$\vec{B}$ è un vettore ⊥ al piano di dl e u_r e verso ↓ per r = cost tutti i punti della linea con = r hanno stesso $|B|$ → luogo dei pti cost = circf



circf concentriche linee del campo verso il basso con dl entrante nella lavagna.



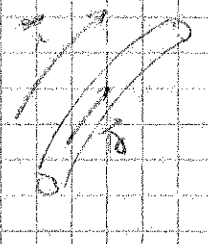
le linee vanno come $\frac{1}{r^2}$ (decrescono + mi allontano da sorg).

i corr. dipende da v_d - B generato da corr è imputabile al moto di cariche con v_d (cariche ferme non producono $\vec{B}$).

• CONDUTTORE DI SEZIONE S_0 PERCORSO DA CORRENTE

Considero dl di sezione S_0. Moto descritto da J e ~~[illegible]~~ $i = J S_0$

$$\boxed{dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\, J S_0 \frac{\vec{dl} \wedge \vec{u}_r}{r^2}}$$



i e misuro di dl sono nello stesso dir → dl // J e concordi

Nel prod. vettore lo sposto da dl su J

$$\frac{\mu_0}{4\pi} S_0\, dl \frac{\vec{J} \wedge \vec{u}_r}{r^2}$$ $S_0 dl = W$ del conduttore

Studi del corpo nero scaldato a temp fusione: come varia En termica radiante rispetto a qste leggi vale se per Temp basse. Per risolvere Planck dice se devo calcolare Area = ∫ = Σ da valori continui posso a discreti = En è emessa secondo pacchetti non in modo continuo → emesso come pacch multipli di 1 minimo e valori di En sn multipli interi.

Se v ho valore vicino a v della luce (nel vuoto) → eque da modificare se no lo spazio sarebbe accorciato e il tempo dilatato (relativ. ristretta) = devo modificare la geometria.

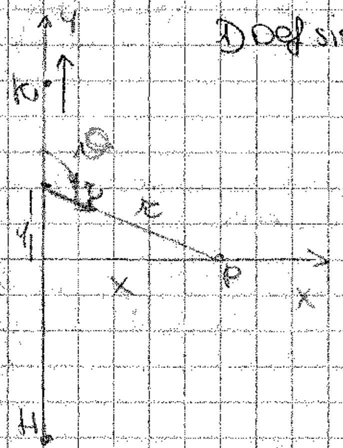
Nella mat. corpo può viaggiare a vel > v_c. (nei reattori ho luce verde azzurrina xchè particelle hanno $v > v_c$ = velocità supersonica che è codificata tra verde e azzurro. Ci sn mat. plasmici che se ho particelle a v > luce creano plasmi ed emettono cono di luce come aerei supersonici e sn colorati = TAC).

- B SONO CORRELATI A Q in MOTO (NO FERME o CON VELOC. AGITAZ. TERMICA).

- CARATT. INTRINSECA Q in MOTO → B, → E sn generati e SONO CORRELATI

- B e E durante moto q sn LA STESSA COSA VISTA DA PTI DI VISTA ≠.

APPLICAZIONE
- CALCOLO del CAMPO INTORNO AL CONDUTTORE
HK = ℓo (segm. conduttore) percorso da i, B intorno al condutt?



1) Def sist di riferimento

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{\vec{d\ell} \times \vec{u_r}}{r^2}$$

Δ dist y considero $\vec{d\ell}$

$$\vec{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{\vec{dy} \times u_r}{r^2}$$

$$\vec{dB} = \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{|dy|\,|u_r|\sin\theta}{r^2}$$

$$B = \int_H^K dB$$

$$x = r \underbrace{\sin(\pi-\theta)}_{\sin\theta} = r\sin\theta \Rightarrow r = \frac{x}{\sin\theta} \qquad x = y \underbrace{tg(\pi-\theta)}_{-tg\theta} = -y\,tg\theta$$

$$y = \frac{-x}{tg\theta} = -x\frac{\cos\theta}{\sin\theta}$$

$$\frac{1}{r^2} = \frac{\sin^2\theta}{x^2}$$

$$dy = -x\left(\frac{-\sin^2\theta - \cos^2\theta}{\sin^2\theta}\right)d\theta = \frac{x}{\sin^2\theta}\,d\theta$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{x}{\sin^2\theta} \sin\theta \cdot \frac{\sin^2\theta}{x^2}\,d\theta \qquad dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i}{x}\sin\theta\,d\theta$$

Se $l_0 >> S_0 \rightarrow$ ha lungh ∞ = calcolo il lim di dB quando $l_0 \rightarrow \infty$

$$\lim_{l_0 \to \infty} dB = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{i}{x} \frac{l_0}{\sqrt{l_0^2 + x^2}} = \boxed{\frac{\mu_0}{2\pi} \frac{i}{x} \vec{\mu_\theta}}$$

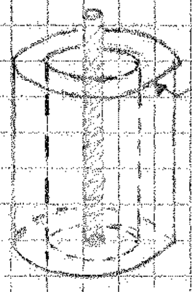
$$\sqrt{1 + \underbrace{\left(\frac{x}{l_0}\right)^2}_{\to 0}}$$

CAMPO GENERATO DA CONDUTT. FILIFORME ($\bar{e}$ $\frac{1}{\infty}$ ~~prop~~ alla dist)

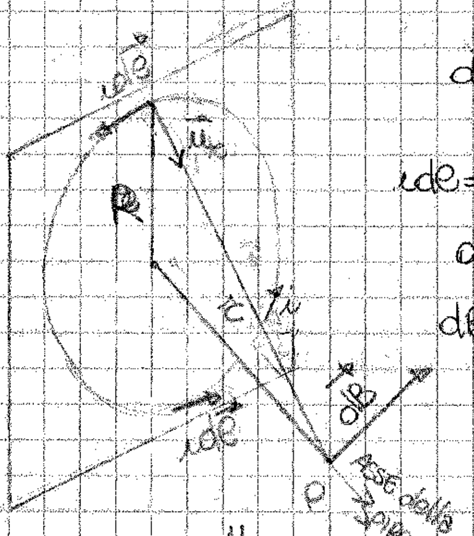
LEGGE di BIOT-SAVART

Se condutt. è un asse = linee di campo = sup. di campo ($\forall$ sup ho dist dal ~~ax~~ cost alla stessa dist ho lo stesso valore di B)

sup. di livello



CALCOLO di $\vec{B}$ sull'ASSE della SPIRA (circolare e poi estendo il risultato al caso generale).



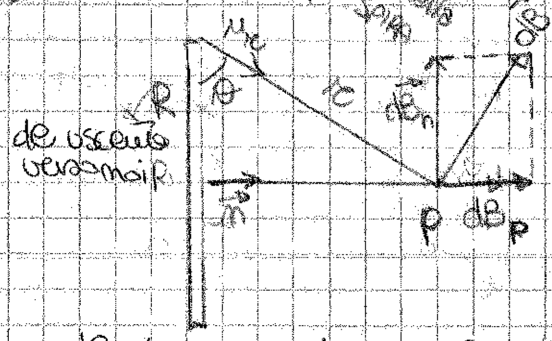
$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{d\vec{l} \wedge \vec{\mu}_r}{r^2}$$

$i\,dl$ = elemento tg alla traiettoria.

angolo tra $i\,dl$ e $\mu_r = \pi/2$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i\,dl \sin\pi/2}{r^2}$$

dB ortogonale al piano inclinato per μ_r



Sposto P $\rightarrow$ B dipende da x e quindi a θ.

$dB_p = dB \cos\theta$

$dB_n = dB \sin\theta$

Qnd considero $i\,dl$ devo considerare qll sotto che genera un campo = le 2 compo verticali si compensano qll orizz danno il contributo.

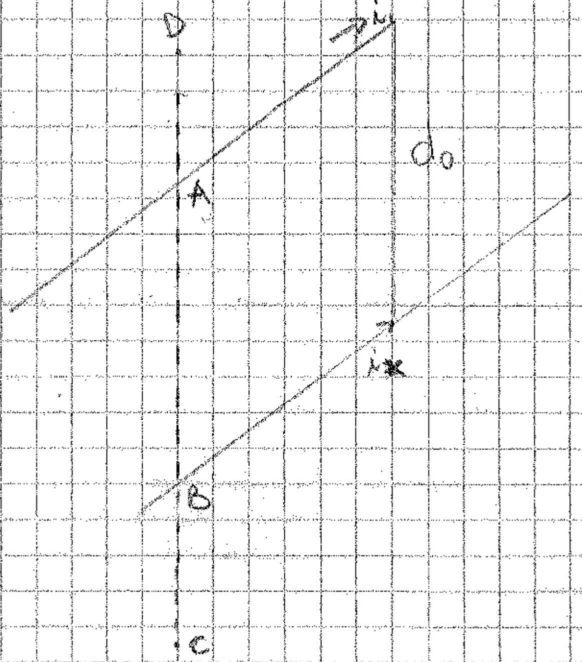
$$dB_p = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i\,dl}{x^2} \cos\theta \qquad \cos\theta = \frac{R}{r} \qquad r = \sqrt{x^2 + R^2} = (R^2 + x^2)^{1/2}$$

$$dB_p = \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{R}{r^3} dl = \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{R}{(R^2 + x^2)^{3/2}} dl \qquad B_p = \int dB_p$$

3/10/08

Il campo può esercitare delle azioni.

Es Rete elettrica: 2 fili rettilinei percorsi da corrente

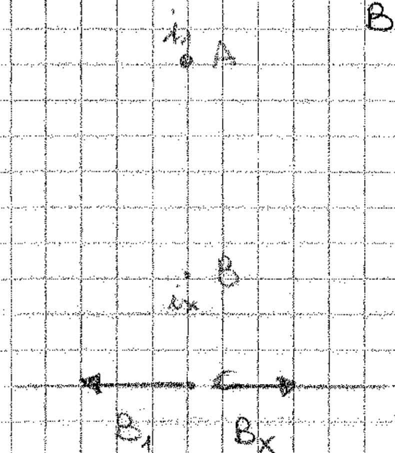


$AB = d_0$

$BC = \frac{d_0}{2} = AD$

$\vec{B}_C = 0$

Ho 2 $\vec{B}$ e $\vec{B} = 0$ quindi B prodotto da i_1 e i_x sono = in $|\,|$ ma di verso opposto.



B = dalla legge di Biot Savart il conduttore è lineare

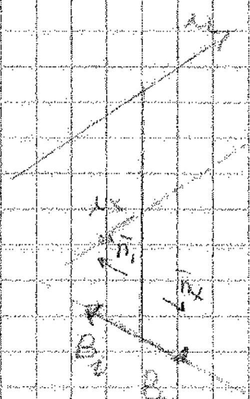
$B_1 = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{i_1}{AC}\,\vec{n}_1$

$AC = d_0 + \frac{d_0}{2} = \frac{3}{2} d_0$

$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{i_x}{BC}\,\vec{n}_x$

$BC = \frac{d_0}{2}$

$\vec{n}_x = -\vec{n}_1$



$B = \vec{B}_1 + \vec{B}_x = \frac{\mu_0}{2\pi}\left(|B_1| - |B_x|\right)\vec{n}_1 =$

$\Downarrow$

$B_1 = B_x$

$\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{i_1}{\frac{3}{2}d_0} = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{i_x}{\frac{d_0}{2}} \qquad \frac{i_1}{3} = i_x$

$$\begin{cases}\vec{B}_2(x) = \vec{B}_1 x \\ \vec{B}_2(y) = -\vec{B}_1(y)\end{cases}$$ → questi sono i valori numerici

$$\vec{B}_p(x) = 2\vec{B}_{1x} = 2\vec{B}_1\cos\theta$$

$$B_p(x) = \cancel{2}\frac{\mu_0}{\cancel{2}\pi}\frac{i}{r}\cos\theta \qquad r = \sqrt{x^2+\left(\frac{d_0}{2}\right)^2}$$

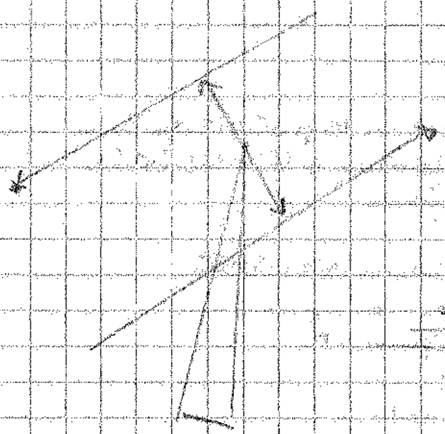
$$\cos\theta = \frac{d_0}{2\sqrt{x^2+\left(\frac{d_0}{2}\right)^2}}$$

$$B_p(x) = \frac{\mu_0}{\pi}\frac{i}{\sqrt{x^2+\left(\frac{d_0}{2}\right)^2}}\left(\frac{d_0}{2\sqrt{x^2+\left(\frac{d_0}{2}\right)^2}}\right) =$$

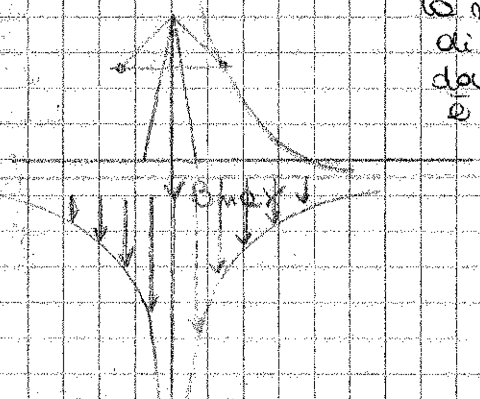
$$\vec{B}_p(x) = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{d_0}{\left(x^2+\left(\frac{d_0}{2}\right)^2\right)}\, i\, \vec{m}$$

se $x = 0$ $\vec{B}_p(x) = 2\frac{\mu_0}{\pi}\frac{i}{d_0}$ Rispetta la legge di Biot Savart.

se ~~distanza~~ $x >> d_0$ $B_p \simeq \frac{\mu_0}{2\pi}\, i\, \frac{d_0}{x^2}$ Approssimazione x cui la linea ~~dei~~ i 2 conduttori non può più essere scissa dagli altri



Posso calcolare B sulla linea BIFILARE



la normativa dice di costruire oltre dove il campo ~~...~~ è 10 volte < sull'asse.

es elettrodotto a 300.000 volt.

Se voglio interrarli: devo conoscere la geologia es sotto può esserci sedimentazione o materiali metallici o tubi del gas → B provoca un'induzione → B = B da generatore + B del campo generato → ho B > di quello che avevo progettato.

Se vicino posso posato i materiali sono parzialmente magnetizzabili poiché sono i calotta x mantenere la press. (soprattutto dove ho dislivello).

Per vedere quanto vale B_{TOT} = metto magnetometro su asse x ovvero le curve della isointensità del B (ma serve uno strumento che sia fine).