



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 784

DATA: 09/12/2013

A P P U N T I

STUDENTE: Albezzano

MATERIA: Fisica II + Eserc.

Prof.

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

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

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

RIASSUNTO

FISICA II - MAZZOLDI

CAP. 2

FORZA ELETTROMOTRICE DEL CAMPO ELETTRICO:

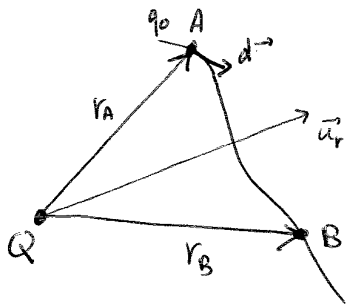
$$\mathcal{E} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

Il campo elettrostatico (ma non elettrico in generale) è conservativo \Rightarrow l'integrale si può esprimere come differenza dei valori di una funzione delle coordinate:

POTENZIALE ELETTROSTATICO:

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

ENERGIA POTENZIALE:



q_0 si sposta da A a B

$$\vec{F} = k \frac{Q q_0}{r^2} \vec{u}_r$$

$$d\vec{r} = dr \vec{u}_r + r d\theta \vec{u}_\theta + r \sin\theta d\phi \vec{u}_\phi \quad [\text{COORDINATE POLARI}]$$

$$\begin{aligned} W_{A \rightarrow B} &= \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_A^B k \frac{Q q_0}{r^2} \vec{u}_r (dr \vec{u}_r + r d\theta \vec{u}_\theta + r \sin\theta d\phi \vec{u}_\phi) = \\ &= \int_A^B k Q q_0 \frac{dr}{r^2} = -k Q q_0 \left[\frac{1}{r} \right]_{r_A}^{r_B} = k Q q_0 \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right) \end{aligned}$$

\Rightarrow Abbiamo anche dimostrato che il campo \vec{E} è conservativo perché il lavoro ($W_{A \rightarrow B}$) dipende solo dai punti iniziale e finale

LEGAME TRA FORZA EL. E ENERGIA POTENZIALE :

$$\underline{\vec{F} = -\vec{\nabla} V}$$

LEGAME TRA CAMPO EL. E POTENZIALE :

$$\vec{F} = -\vec{\nabla} V$$

$$\rightarrow q_0 \vec{E} = -\vec{\nabla} (q_0 V) \rightarrow \underline{\vec{E} = -\vec{\nabla} V}$$

CAMPO IN COORDINATE POLARI :

$$\vec{E}(r, \theta) = -\frac{\partial V}{\partial r} \vec{u}_r - \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} \vec{u}_\theta$$

TEO. DI STOKES PER IL CAMPO ELETTROSTATICO

= la circuitazione del campo \vec{E} lungo una qualsiasi linea chiusa c è uguale al flusso del rotore del campo attraverso una qualunque surf. S avente c come contorno.

$$\oint_c \vec{E} \cdot d\vec{s} = \int_S \vec{\nabla} \times \vec{E} \cdot \vec{u}_n dS$$

$$\Rightarrow \underline{\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0}$$

perché il campo è conservativo e quindi la sua circuitazione è nulla

-0. uscente
x entrante

CAP. 4

Conduttore in EQUILIBRIO ELETTROSTATICO: $E=0$ all'interno \Rightarrow

- eccesso di carica solo sulle superficie
- potenziale costante
- campo vicino alla superficie $\vec{E} \perp$ ad esse (se questa è equipotenziale) $\vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \vec{u}_n$

TEO. DI COULOMB

CONDUTTORE CAVO \rightarrow sulle pareti della cavità le carica è nulla (x Gauss)
 \rightarrow e neppure c'è separazione carica in $+q$ e $-q$ (x conservatività)

CONDENSATORI: sistema di 2 conduttori tra i quali c'è induzione completa

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



- COND. SFERICO:

$$C = 4\pi\epsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} \quad / \quad \text{Se } R_2 \rightarrow \infty \Rightarrow C = 4\pi\epsilon_0 R_1 \quad \text{CAPACITÀ DI COND. SFERICO ISOLATO}$$

Se $R_2 \approx R_1$ e h è la distanza tra le armature: $h = R_2 - R_1$, $C = 4\pi\epsilon_0 \frac{R^2}{h} = \frac{\epsilon \epsilon_0}{h}$

- COND. CILINDRICO:

campo (e potenziale) li ottengo applicando Gauss \rightarrow vedi pag. 56

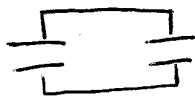
$$C = \frac{2\pi\epsilon_0 d}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$

Se $h = R_2 - R_1$ è molto < di raggi $\Rightarrow C = \frac{\epsilon \epsilon_0}{h}$ Come prima! ovviamente cambia ϵ

- COND. PIANO:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon}{h}$$

in PARALLELO



$$C_{eq} = C_1 + C_2 \quad \text{---}$$

stesse diff di potenziale

in SERIE



$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad \text{---}$$

stessa carica

LA STRA

DI DIELETTRICO IN CONDENSATORE PIANO:

diff. di potenziale:
$$V_k = \int_c^R E \cdot dh = E_0(h-s) + E_k s$$

- capacità equivalente: il sistema è come 2 condensatori in serie,

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{nel vuoto} &\Rightarrow C = \frac{\epsilon_0 \epsilon}{h-s} \\ \rightarrow \text{con dielettr.} &\Rightarrow C = \frac{\epsilon_0 k \epsilon}{s} \end{aligned} \Rightarrow \frac{1}{C} = \frac{h-s}{\epsilon_0 \epsilon} + \frac{s}{\epsilon_0 k \epsilon}$$

(Se invece c'è lastra di conduttore si crea esattamente un sistema di condens. in serie
VEDI ES. 7 pag. 84, Sparavigna)

POLARIZZAZIONE

condiz. normali, senza \vec{E} $\left\{ \begin{array}{l} \rightarrow \text{distribuzione di elettroni simmetrica rispetto al nucleo} \\ \rightarrow \text{centro di massa carica negativa} \equiv \text{nucleo positivo} \end{array} \right.$

1) **INDOTTA**

con campo \vec{E} \rightarrow centro di massa carica negativa si sposta in verso contrario a \vec{E}
 \rightarrow nucleo in senso concorde a \vec{E}
 e si raggiunge equilibrio

\Downarrow
 l'atomo acquista un MOMENTO DI DIPOLO ELETTRICO MICROSCOPICO

\rightarrow INDOTTO DAL CAMPO \vec{E}
 \rightarrow a questo PARALLELO E CONCORDE

$$\vec{P}_a = z e \vec{x}$$
 \times vettore che va dal centro della carica negativa al nucleo.

2) **PER ORIENTAMENTO**

Nelle molecole che hanno già un momento di dipolo intrinseco

\rightarrow anche qui, con campo \vec{E} , ogni molecola acquista un momento di dipolo medio

MOMENTO DI DIPOLO \times UNITÀ DI VOLUME:

$$\vec{P} = n \langle \vec{p} \rangle$$
 VETTORE POLARIZZAZIONE

$n = \text{num. atomi} \times \text{unità di volume}$
molecole

Sulla superficie del dielettrico c'è una CARICA DI POLARIZZAZIONE q_p

$$q_p = \frac{k-1}{k} q$$
 q carica presente sulle armature

CAP. 5

CORRENTE ELETTRICA: generata ad es. tra 2 conduttori a potenziali diversi posti a contatto: gli el. passano da quello a pot < all'altro. (CONDUZIONE) \hookrightarrow ma si assume come verso della corrente quello delle cariche positive, che quindi è opposto.

\downarrow i necessari

dispositivo in grado di mantenere una diff di potenziale (GENERATORE DI FEM)

INTENSITÀ DI CORRENTE ISTANTANEA:
$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt}$$

DENSITÀ DI CORRENTE:
$$\underline{j = \rho \mathbf{v}}$$

$$\Rightarrow i = \int_{\Sigma} \mathbf{j} \cdot \mathbf{u}_n d\varepsilon \Rightarrow \mathbf{j} = \frac{i}{\Sigma}$$

\hookrightarrow SEMPRE PARALLELA E CONCORDE AL CAMPO

CONDIZIONE DI STAZIONARIETÀ: i costante attraverso ogni sezione del conduttore

LEGGI DI OHM:

-) DELLA CONDUITIVITÀ ELETTRICA:

$$\underline{j = \sigma E} \quad \text{oppure} \quad \underline{E = \rho j}$$

\downarrow
CONDUITIVITÀ
 \downarrow
RESISTIVITÀ ($= \frac{1}{\sigma}$)

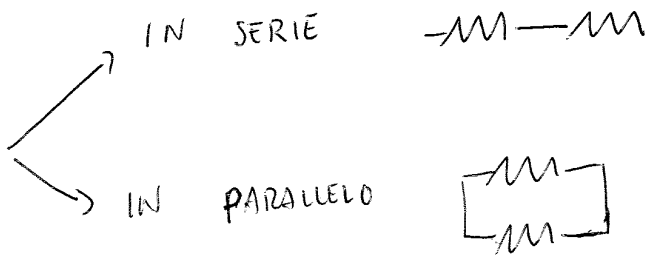
-) PER I CONDUTTORI METALLICI:

$$\underline{V = R i}$$

\downarrow
RESISTENZA ($R = \rho \frac{l}{\Sigma}$) [R] = ohm

EFFETTO JOULE

RESISTORI: conduttori ohmici con determinato valore di Resistenza



CICLOTRONE

x accelerare particelle con ripetuta applicazione di differenza di potenziale

ENERGIA CINETICA MAX:

quando abbiamo la vel. max, ovvero quando la particella raggiunge il max raggio possibile R

$$R_H = \frac{m v_H}{qB} \Rightarrow v_H = \frac{qBR_H}{m} \quad E_{cmax} = \frac{1}{2} m v_H^2 = \frac{q^2 B^2 R_H^2}{2m}$$

CAP. 7

PRIMA LEGGE ELEMENTARE DI LAPLACE: campo magnetico di tratto infinitesimo ds di filo, percorso da corrente i, in un punto P distante r da ds.

$$dB = k_m i \frac{ds \times u_r}{r^2}, \quad k_m = \frac{\mu_0}{4\pi}$$

$\mu_0 = 4\pi k_m \rightarrow$ PERMEABILITÀ MAGNETICA DEL VUOTO: $1,26 \cdot 10^{-6} \frac{H}{m}$

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

Applicata a circuito chiuso: LEGGE DI AMPERE - LAPLACE: $B = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \oint \frac{ds \times u_r}{r^2}$
 ang. è ovvio che è pari al circuit. chiusi, altrimenti non c'è corrente da farla.

CAMPO MAGNETICO DI CARICA IN MOTO: $B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{qv \times u_r}{r^2}$

CAMPI MAGNETICI DI CIRCUITI PARTICOLARI:

1) FILO RETTILINEO

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{2\pi R} \cos\beta \cdot \vec{u}_\phi \quad \tan\beta = \frac{R}{a} \Rightarrow \cos\beta = \frac{1}{\sqrt{1 + (\frac{R}{a})^2}}$$

Se $a \rightarrow \infty$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{2\pi R} \vec{u}_\phi \quad \text{LEGGE DI BIOT-SAVART}$$

DA SAPERE:

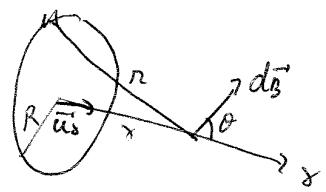
$\sin(\pi - \theta) = \sin\theta$

$\cos(\pi - \theta) = -\cos\theta$

$\tan(\pi - \theta) = -\tan\theta$

...

2) SPIRA CIRCOLARE (VEDI SUL LIBRO pag. 172)



$$\vec{B}(x) = \frac{\mu_0 i R^2}{2(x^2 + R^2)^{3/2}} \vec{u}_x$$

PROPRIETÀ MAGNETICHE

$B_0 = \mu_0 m_i \rightarrow$ campo magnetico in solenoide vuoto

$B (\mu B_0) \rightarrow$ campo in solenoide riempito con mezzo omogeneo $\rightarrow \mu$ costante

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

\hookrightarrow PERMEABILITÀ MAGNETICA RELATIVA DEL MEZZO

$$\Rightarrow B = k_m B_0 = \underbrace{\mu_0 k_m}_{\mu} m_i = \mu m_i$$

$= \mu = \mu_0 k_m \rightarrow$ PERMEABILITÀ MAGNETICA ASSOLUTA

[\int introduco $H = m_i \Rightarrow B = \mu H$]

dunque in un mezzo $\rightarrow B = \frac{\mu i}{4\pi} \oint \frac{ds \times ur}{r^2}$ AMPERE-LAPLACE

$\rightarrow \oint B \cdot ds = \mu i$ AMPERE

SUSCETTIVITÀ MAGNETICA $\chi_m =$ variazione relativa del campo magnetico

$$\chi_m = \frac{B - B_0}{B_0} = k_m - 1$$

MAGNETIZZAZIONE: $M = \chi_m H$

~~$B = \mu_0$~~ $B = \mu_0 (H + M)$

In materiale magnetico ci sono $\left\{ \begin{array}{l} \text{correnti reali e proprie (di conduzione)} \\ \text{correnti AMPERIANE: derivano da correnti di origine atomica favorite x effetto del campo magnetico dovuto alle correnti di conduzione.} \end{array} \right.$

$$\left\{ \begin{array}{l} k_m > 1 \left\{ \begin{array}{l} k_m \gtrsim 1 \rightarrow \text{PARAMAGNETICO} \\ k_m \gg 1 \rightarrow \text{FERROMAGNETICO} \end{array} \right. \\ k_m < 1 \rightarrow \text{DIAMAGNETICO (correnti amperiane opposte a quelle reali)} \end{array} \right.$$

Volume τ con N atomi.
 S' applica campo magnetico \rightarrow acquista momento magnetico, $\parallel B_0$ $m = N \langle m \rangle$

VEETTORE DI MAGNETIZZAZIONE: \vec{M} : momento magnetico medio x unito di volume

$$\vec{M} = \frac{d\vec{m}}{d\tau}$$

VEDI sottolineato di pag. 130

LEGGE DI GAUSS X CAMPO MAGNETICO

$\oint_{\Sigma} \vec{B} \cdot \vec{u}_n d\Sigma = 0$ flusso campo magnetico attraverso superficie chiusa è sempre nullo

forme locale: $\nabla \cdot \vec{B} = 0$

Vettore con flusso nullo attraverso qualsiasi surf. chiusa (dunque con $\text{div} = 0$) è detto SOLENOIDALE

Si può scrivere sempre nella forma $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 (i + \oint \vec{H} \cdot d\vec{s})$

AMPERE ESPRESSA CON H:

$\oint \vec{H} \cdot d\vec{s} = i \rightarrow \nabla \times \vec{H} = \vec{j}$

CAP. 8

In stira compare corrente (INDOTTA) ogni volta che c'è moto relativo tra le stire e un campo magnetico B.

Per avere corrente ci vuole fem \Rightarrow dal moto relativo ha origine una fem INDOTTA.

LEGGE DI FARADAY

Si può generare una fem in un circuito mediante campo magnetico VARIABILE nel tempo.

$\mathcal{E}_i = - \frac{d\phi(B)}{dt}$

Nel circuito circola una corrente $i = \frac{\mathcal{E}_i}{R}$

questa fem i come quella di un generatore: i uguale alla diff. di potenziale tra i poli del generatore quando non passa corrente.

$\Rightarrow \mathcal{E}_i = \oint_{\gamma} \vec{E}_i \cdot d\vec{s} = - \frac{\partial}{\partial t} \int_{\Sigma(\gamma)} \vec{B} \cdot \vec{u}_n d\Sigma$

Da qui, applicando Stokes e scambiando derivata e integrale: $\nabla \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

Tutte le volte che ho campo magnetico variabile esiste un campo elettrico non conservativo il cui rotore è con definito

AUTOINDUZIONE

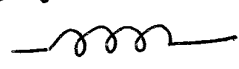
Un qualsiasi circuito percorso da corrente produce un campo magnetico
 AUTOFLUSSO: flusso di questo campo concatenato col circuito.

$$\phi = Li \quad L = \text{INDUTTANZA (o coeff. di autoinduzione)} \quad [L] = H$$

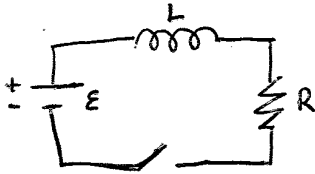
Se corrente non è costante $\rightarrow \phi$ varia
 e compare fem di AUTOINDUZIONE

$$\mathcal{E}_L = -\frac{d\phi}{dt} = -L \frac{di}{dt}$$

Se $L \neq 0 \rightarrow$ circuito INDUTTIVO

E se L si può pensare concentrata in un tratto del circuito, ad es. perché il filo conduttore è avvolto in modo da formare un solenoide, quel particolare conduttore è chiamato INDUTTORE 

CIRCUITO RL



$$\mathcal{E} + \mathcal{E}_L = Ri \Rightarrow \mathcal{E} = Ri + L \frac{di}{dt}$$

Separando le variabili e integrando: $\mathcal{E} - Ri = A e^{-\frac{Rt}{L}}$

potenza erogata dal generatore quando corrente ha valore i :

$$\mathcal{E}i = Ri^2 + Li \frac{di}{dt}$$

lavoro nel tempo dt :

$$\mathcal{E}i dt = Ri^2 dt + Li di \quad \text{BILANCIO ENERGETICO}$$

ENERGIA INTRINSECA DELLA CORRENTE: $U_L = \frac{1}{2} Li^2$

la sua derivat. indica il lavoro fatto dal generatore contro le fem di autoinduzione quando varia la corrente.

DENSITÀ DI EN. MAGNETICA (sempre presente, nel vuoto, in regione con campo B):

$$u_m = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{1}{2} \mu_0 H^2 = \frac{1}{2} HB \Rightarrow u_m = \int \frac{B^2}{2\mu_0} d\tau$$

ESERCIZI

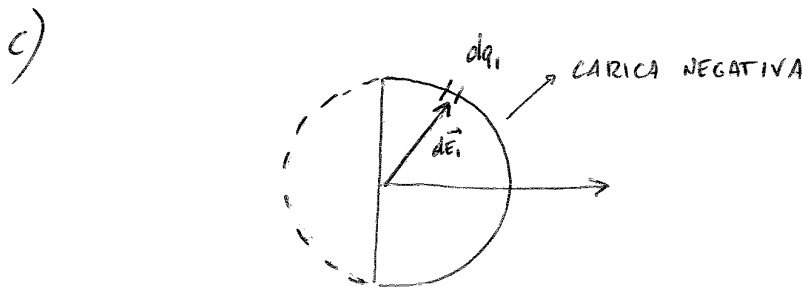
SVOLTI

- MAZZOLDI -

$$d) \quad d\vec{E} = 2k \frac{dq}{R^2} \sin\theta \vec{u}_x \quad \vec{E} = \int_0^{\frac{\pi}{2}} k \frac{R\lambda}{R^2} \sin\theta d\theta = 2 \frac{k\lambda}{R} \vec{u}_x$$

↳ considero solo $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$
perché avevo già moltiplicato per 2 il $d\vec{E}$.

$$b) \quad F = q_0 E = 3,15 \cdot 10^{-7} \text{ N}$$



$$d\vec{E} = 2k \frac{\lambda R d\theta}{R^2} \sin\theta \vec{u}_x$$

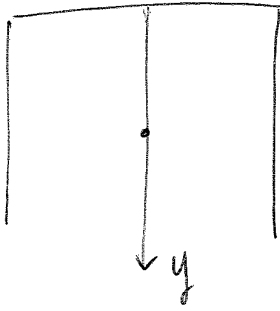
$$\vec{E} = \frac{2k\lambda}{R} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin\theta d\theta \vec{u}_x = \frac{2k\lambda}{R} \vec{u}_x$$

ATT: con carica negativa il campo ENTRA nell'anello (quindi \vec{E} sempre orientato come \vec{u}_x)

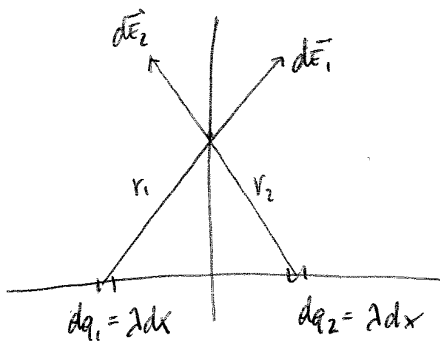
$$\Rightarrow E_2 = 2E_1$$

(scrivere nullo se tutto l'anello avesse la stessa carica)

1.17)

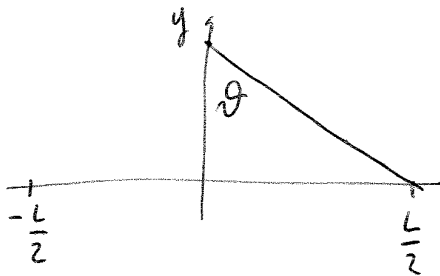


Calcolo il CAMPO DI UN FILO LUNGO L :



$$d\vec{E} = d\vec{E}_1 + d\vec{E}_2 = 2k \frac{\lambda dx}{r^2} \cos\theta \vec{u}_y$$

$$\begin{cases} r \cos\theta = y \rightarrow r = \frac{y}{\cos\theta} \\ x = y \tan\theta \rightarrow dx = d(y \tan\theta) = y d(\tan\theta) = y \frac{d\theta}{\cos^2\theta} \end{cases}$$



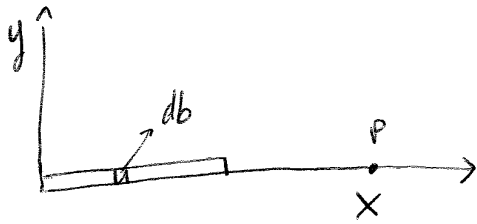
Usando θ come variabile indipendente, sostituisco le espressioni trovate e integro tra 0 e θ maiuscolo.

$$d\vec{E} = 2k\lambda \frac{\cos^2\theta}{y^2} \cdot y \cdot \frac{d\theta}{\cos^2\theta} \cdot \cos\theta \vec{u}_y = 2k\lambda \frac{\cos\theta d\theta}{y} \vec{u}_y$$

$$\vec{E} = \int_0^{\theta} 2k\lambda \frac{\cos\theta d\theta}{y} \vec{u}_y = 2k\lambda \frac{\sin\theta}{y} \vec{u}_y$$



ALTRO METODO : scriviamo il campo in funzione di x

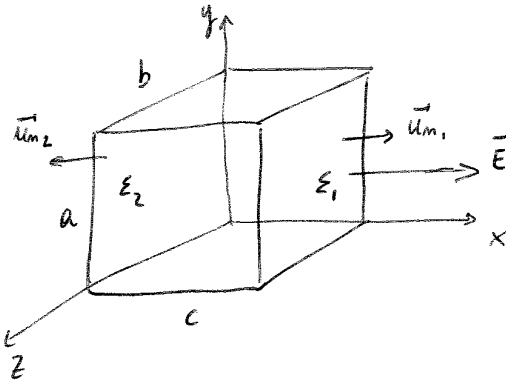


$$\vec{E} = \int_0^L k \frac{\lambda db}{(x-b)^2} \vec{u}_x = k\lambda \left(\frac{1}{x-L} - \frac{1}{x} \right) \vec{u}_x$$

$$x = L+a \Rightarrow E = 6 \cdot 10^4 \frac{N}{C}$$

CAP. 3

3.5)



Se il campo è così contribuiscono al flusso solo le facce a-b

$$\phi(\vec{E}) = \int_{\epsilon_1} E(x) \vec{u}_r \cdot \vec{u}_1 d\epsilon_1 + \int_{\epsilon_2} E(x) \vec{u}_r \cdot \vec{u}_2 d\epsilon_2 =$$

ATT: E VARIA CON X

$$= E(x)ab - E(x)ab$$

$$= (5 + 4\epsilon^2) \cdot 10^5 ab - 5 \cdot 10^5 ab = 240 \text{ Vm}$$

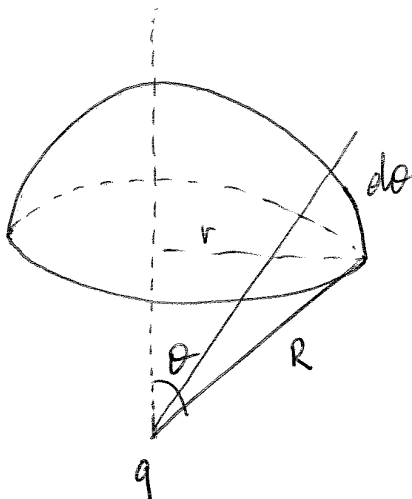
$$\phi_{E_{TOT}} = \frac{q}{\epsilon_0} \rightarrow q = \phi \epsilon_0 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

3.7)

FLUSSO ATTRAVERSO CALOTTA SFERICA

Guardare dimostrazione Gauss;

In particolare formule 3.8 e 3.14



$$\phi(E) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \Omega$$

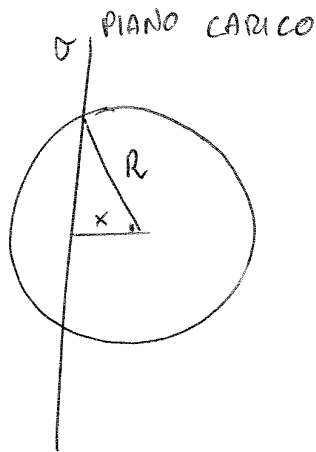
$$\Omega = 2\pi(1 - \cos\theta)$$

ANGOLE SOLIDO SOTTO CUI È VISTO IL CONTORNO DELLA SUP. E

$$\sin\theta = \frac{r}{R} = 0,866$$

$$\rightarrow \theta = 59,997^\circ$$

3.13)



$$q = S\sigma$$

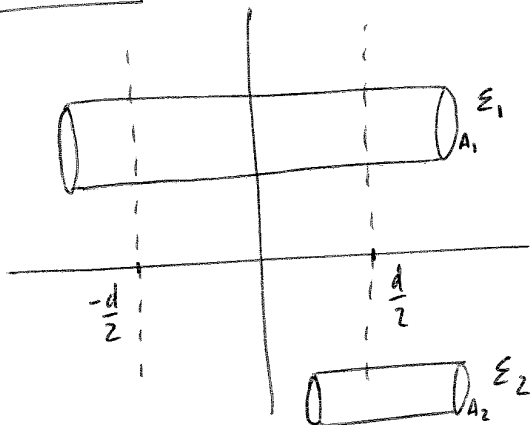
CIRCONFERENZA: $S = \pi(\sqrt{R^2 - x^2})^2$
 $= \pi(R^2 - x^2)$
 $= \pi R^2 \left[1 - \left(\frac{x}{R}\right)^2\right]$

$$q = \sigma \pi R^2 \left[1 - \left(\frac{x}{R}\right)^2\right]$$

$$\rightarrow \phi = \frac{\sigma \pi R^2}{\epsilon_0} \left[1 - \left(\frac{x}{R}\right)^2\right]$$

3.14)

IMPORTANTE



• Campo all'esterno dei 2 piani:

$$\phi_{\epsilon_1}(E) = 2EA_1 = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$q = \rho A d \rightarrow 2EA_1 = \frac{\rho A d}{\epsilon_0} \rightarrow \vec{E} = \frac{\rho d}{2\epsilon_0} \vec{u}_x$$

• Campo all'interno:

$$\phi_{\epsilon_2}(E) = \frac{\rho d A_2}{2\epsilon_0} - E(x) A_2 = \frac{q}{\epsilon_0} \rightarrow \dots \vec{E}(x) = \frac{\rho}{\epsilon_0} x \vec{u}_x$$

ATTENZIONE AL SEGNO

Potenziali:

- tra 0 e $\frac{d}{2}$

$$\int_0^{\frac{d}{2}} dV = - \int_0^{\frac{d}{2}} E dx$$

$$V\left(\frac{d}{2}\right) - V(0) = - \frac{\rho}{\epsilon_0} \left[\frac{1}{2} x^2 \right]_0^{\frac{d}{2}} = - \frac{\rho d^2}{8 \epsilon_0} = -0,056 \text{ V}$$

- tra $\frac{d}{2}$ e h

$$\int_{\frac{d}{2}}^{\frac{d}{2}+h} dV = - \int_{\frac{d}{2}}^{\frac{d}{2}+h} E dx$$

$$V\left(\frac{d}{2}+h\right) - V\left(\frac{d}{2}\right) = - \frac{\rho d}{2 \epsilon_0} h = -0,338 \text{ V}$$

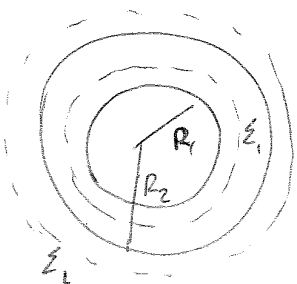
$$\Delta V_{\text{TOT}} \text{ (tra 0 e h)} = 0,056 + 0,338 = 0,4 \text{ V}$$

Analogo a questo:

$$\int_0^h dV = \int_0^{\frac{d}{2}} dV + \int_{\frac{d}{2}}^{\frac{d}{2}+h} dV = 0,056 + 0,338 = 0,4$$

$$W = q_0 \Delta V = 6 \cdot 10^{-9} \text{ J}$$

3.18)



$$0 < r < R_1 \quad E = 0$$

$$R_1 < r < R_2$$

$$\oint_{\Sigma_1} \vec{E} \cdot d\vec{s} = 4\pi r^2 E(r) = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$q = \frac{q}{r} \quad r = \frac{4}{3}\pi r^3 - \frac{4}{3}\pi R_1^3 = \frac{4}{3}\pi (r^3 - R_1^3) \Rightarrow q = \rho \frac{4}{3}\pi (r^3 - R_1^3)$$

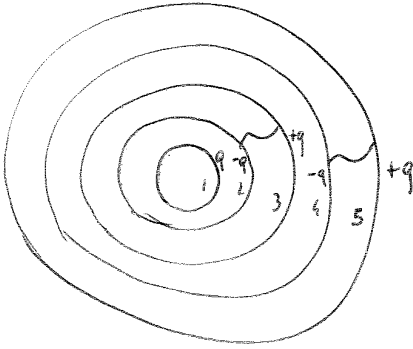
$$4\pi r^2 E(r) = \frac{\rho \frac{4}{3}\pi (r^3 - R_1^3)}{\epsilon_0} \rightarrow \vec{E}(r) = \frac{\rho (r^3 - R_1^3)}{3\epsilon_0 r^2} \vec{u}_r$$

o.k. $r > R_2$

$$\oint_{\Sigma_2} \vec{E} \cdot d\vec{s} = 4\pi r^2 E(r) = \frac{q}{\epsilon_0} = \frac{\rho \frac{4}{3}\pi (R_2^3 - R_1^3)}{3\epsilon_0} \rightarrow \vec{E}(r) = \frac{\rho (R_2^3 - R_1^3)}{3\epsilon_0 r^2} \vec{u}_r$$

Se dalle equat (1.6) aggiungo carica q_3^* sulla sup. est,
 la variazione ΔV_e sarà $\frac{q_3^* + q_3}{8\pi\epsilon_0 R_3} - \frac{q_3}{8\pi\epsilon_0 R_3}$

4.10)

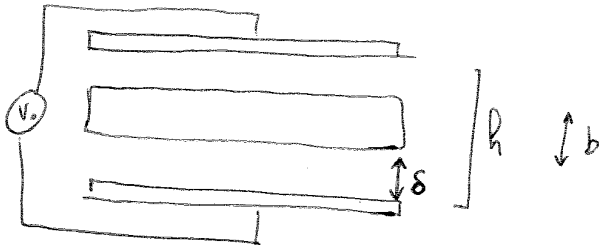


a) $q_1 = 10^{-10} C$ $q_2 = -10^{-10} C$
 $q_3 = q_5 = 10^{-10} C$ $q_4 = -10^{-10} C$

b) $R < R_1 : E = 0$
 $R_1 < R < R_2 : E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$
 $R_2 < R < R_3 : E = 0$
 $R_3 < R < R_4 : E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$
 $R_4 < R < R_5 : E = 0$
 $R > R_5 : E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$

c) $V_e = \frac{1}{2} \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) + \frac{1}{2} \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_3} - \frac{1}{R_4} \right) + \frac{1}{2} \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 R_5} = \dots J$

4.11) $C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon}{R-b}$ $C_0 = \frac{\epsilon_0 \epsilon}{R} \Rightarrow \epsilon = \frac{C_0 R}{\epsilon_0} = \frac{2,5 \cdot 10^{-7} F \cdot 56,5 \text{ m}}{8,85 \cdot 10^{-12} F/m} = 3,1 \cdot 10^6$
 $\Rightarrow C_2 = 2,5 \cdot 10^{-7} F = 250 \text{ nF}$



CALCOLO DEL CAMPO
 NEGLI SPAZI VUOTI TRA LE ARMATURE:
2 METODI:

a) Per Coulomb: $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$
 $C_2 = \frac{Q}{V_0} \rightarrow Q_2 = 3 \cdot 10^{-6} C \Rightarrow \sigma = \frac{Q_2}{S} = 5,3 \cdot 10^{-8} \frac{C}{m^2} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = 5,999 \frac{V}{m}$

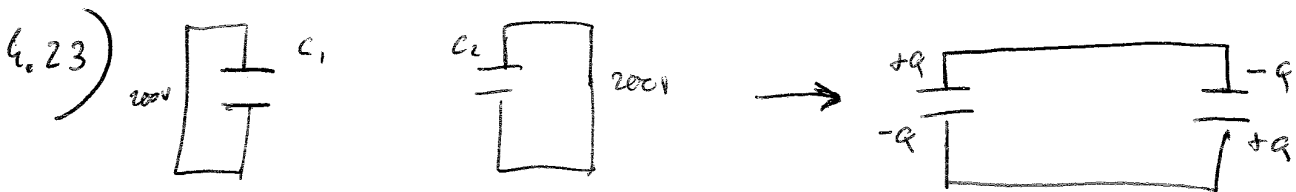
b) Calcolo POTENZIALE TRA LE ARMATURE (considerando le regioni vuote)
 E LO EGUAGLIO A V_0

$V_0 = E s + E(h-s-b)$
 $V_0 = E(h-b) \rightarrow E = \frac{V_0}{h-b} = 6000 \frac{V}{m}$

$Q_2 = 3 \cdot 10^{-6} C$ $Q_1 = C_1 V_0 = 1,2 \cdot 10^{-6} C$ $\Delta Q = 1,8 \cdot 10^{-6} C$

c) $V_1 = 100 \text{ V}$ $V_2 = \frac{q_2}{C_2} = 65 \text{ V}$

d) $V_e = \frac{1}{2} C_{eq} V^2$



$q_1 = C_1 V = 2,4 \cdot 10^{-8}$ $q_2 = 4,8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$

Le cariche totale, essendo i cond. collegati così (armature pos dell'uno con le negative dell'altro) è questa: $q'_{tot} = q_1 - q_2 = -2,4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$

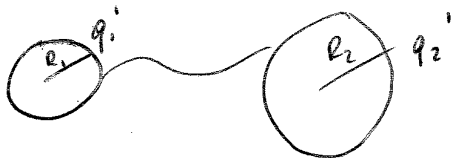
$C_{eq} = \frac{q'_{tot}}{V'} \rightarrow V' = \frac{q'_{tot}}{C_1 + C_2} = 66,67 \text{ V}$

Ragionando con conservaz. carica:

$q'_1 + q'_2 = q_1 - q_2$

$(C_1 + C_2)V' = (C_1 - C_2)V \rightarrow V' = \frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2} V = 66,67 \text{ V}$

4.24)



cons. carica: $2q = q'_1 + q'_2$
 pot. sono uguali: $\Rightarrow q'_2 = \frac{2qR_2}{R_1 + R_2} = 8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$
 $\frac{q'_1}{4\pi\epsilon_0 R_1} = \frac{q'_2}{4\pi\epsilon_0 R_2} \Rightarrow q'_1 = 4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$

R_2 ha pot. minore \rightarrow gli el si spostano da 2 a 1

$\Delta q = q - q'_2 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$ $N = \frac{2 \cdot 10^{-8}}{1,602 \cdot 10^{-19}} = 1,25 \cdot 10^{11}$

4.25) $F_1 = -\frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \rightarrow q_1 q_2 = -3 \cdot 10^{-12} \text{ C}$

att. al meno
 tutti forze attrattiva

$F_2 = \frac{(q_1 + q_2)^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \rightarrow q_1 + q_2 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

Alla fine ciascuna sfera ha una carica = $q_1 + q_2$

- - risolve il sistema - -

b) $E = \frac{\sigma}{k\epsilon_0}$

$C_2 = \frac{q}{V} \rightarrow q = C_2 V = 5,5 \cdot 10^{-8} \text{ C} \rightarrow \sigma = \frac{q}{S} = \frac{q}{\pi r^2} = 4,42 \cdot 10^{-2} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$

$E = 2 \cdot 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$

c) $P = \epsilon_0(k-1)E = 2,65 \cdot 10^{-7} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$

4.35) siamo nel caso 2 degli appunti $\rightarrow C_{eq} = C_1 // C_2$

a) $C_{eq} = C_1 + C_2 = \frac{k_1 \epsilon_0 (0,2 \cdot 0,1)}{d} + \frac{k_2 \epsilon_0 (0,2 \cdot 0,1)}{d} = 6,2 \cdot 10^{-10} \text{ F}$

b) $E = \frac{V}{d} = 10^6 \frac{\text{V}}{\text{m}}$

c) $C_{eq} = \frac{q}{V} \rightarrow q = C_{eq} V = 1,24 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

d) $U_e = \frac{1}{2} qV = 1,24 \cdot 10^{-3} \text{ J}$

4.36) a) caso 1 $\rightarrow C_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} = \frac{1}{\frac{d}{2k_1\epsilon_0} + \frac{d}{2k_2\epsilon_0}}$ ok ma meglio calcolare prima separatamente C_1 e C_2 per evitare errori di calcolo!!!!

$C_1 = \frac{k_1 \epsilon_0 E}{\frac{d}{2}} = 7,08 \cdot 10^{-10} \text{ F}$

$C_2 = \frac{k_2 \epsilon_0 E}{\frac{d}{2}} = 2,83 \cdot 10^{-10} \text{ F}$

$\Rightarrow C_{eq} = 2,02 \cdot 10^{-10} \text{ F}$

b) $q = CV = 4 \cdot 10^{-7} \text{ C}$

c) $U_e = \frac{1}{2} qV = 4 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

4.38) a) $\sigma_p = \epsilon_0(k-1)E$

$E = \frac{\sigma}{k\epsilon_0} \rightarrow \sigma_p = \epsilon_0(k-1) \frac{\sigma}{k\epsilon_0}$

$k(\sigma_p - \sigma) = -\sigma$

$k = \frac{-\sigma}{\sigma_p - \sigma} = 4$

(Oppure lo troviamo con la formula già pronta: $q_p = \frac{k-1}{k} q$...)

4.63) $F = \frac{\Delta U}{l}$ Come ricavato a pag. 91
 Ma lì il ΔU era stato calcolato partendo da una e
 in cui c'era un po' di dielettrico e un po' di vuoto.
 Qui c'è tutto dielettrico!

$$C_k = \frac{k \epsilon_0 \epsilon l}{d} = 1,84 \cdot 10^{-10} \text{ F} \quad C_0 = \frac{\epsilon_0 \epsilon l^2}{d} = 7 \cdot 10^{-11}$$

$$\Delta U = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C_k} - \frac{1}{2} \frac{q^2}{C_0} = \frac{1}{2} q^2 \left(\frac{1}{C_k} - \frac{1}{C_0} \right) = -1,77 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

$$F = 8,86 \cdot 10^{-6} \text{ N}$$

4.64) a) $C(x) = \frac{k \epsilon_0 l x}{d} + \frac{\epsilon_0 (l-x) l}{d} = \frac{\epsilon_0 l}{d} (kx + l-x) = \frac{\epsilon_0 l}{d} [l + (k-1)x]$

b) $V(x) = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C(x)} = \frac{1}{2} \frac{q^2 d}{\epsilon_0 l [l + (k-1)x]}$

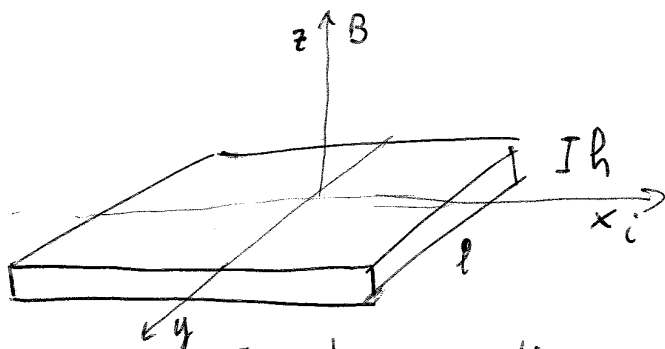
c) $F(x) = - \frac{dV}{dx} = \frac{q^2 d}{2 \epsilon_0 l} \frac{k-1}{[l + (k-1)x]^2}$

$F\left(\frac{l}{2}\right) = \underline{\hspace{2cm}}$

$$r = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$p = \frac{2\pi m v \cos \alpha}{qB}$$

6.14)



ATTENZIONE: è situazione diversa da quella della teoria a pag. 154 perché B è verticale, secondo \vec{z} .
Il campo di Hall E_H deve essere ortogonale alla corrente e a B dunque qui ha la direzione di y .
 e quindi le cariche si accumulano agli estremi di l ed è tra questi estremi che si instaura una diff. di potenziale

$$\mathcal{E} = E_H l$$

$$E_H = \frac{F}{q} = vB = \frac{j}{mq} B = \frac{i}{hmq} B \Rightarrow \mathcal{E} = \frac{iB}{hmq} \rightarrow n = \frac{iB}{Eq} = 7,37 \cdot 10^{28}$$

$j = \frac{i}{h}$

6.15) Disegno uguale a primo e situazione analoga

$$a) E_H = \frac{F}{q} = N_d \times B = N_d B$$

\downarrow
 $N \perp B$

$$j = m q N_d \rightarrow N_d = \frac{j}{mq} = \frac{i}{hmq} \rightarrow E_H = \frac{i}{hmq} B = 5,5 \cdot 10^{-6} \frac{V}{m}$$

$$E_H = N_d B \rightarrow N_d = \frac{E_H}{B} = 3,7 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

$$b) \mathcal{E} = E_H \cdot l = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ V}$$

$$6.16) \mathcal{E}_1 = E_H l \rightarrow E_H = \frac{\mathcal{E}_1}{l} = 5 \cdot 10^{-5} \frac{V}{m}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} j = \frac{i}{h} = 10^7 \\ j = m q N \end{array} \right. \Rightarrow N = 7,36 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$E_H = \frac{F}{q} = vB \rightarrow B_1 = \frac{E_H}{N} = 0,068 \text{ T}$$

6.23) ATT: forte su spire in campo \vec{B} è nulla solo se \vec{B} è uniforme (qui no!)

PR) $d\vec{F} = -i \times dx \vec{u}_y \rightarrow \vec{F} = - \int i x dx \vec{u}_y = -i \alpha \frac{1}{2} a^2 \vec{u}_y$

PS) $F = 0$ xk $\vec{B} = 0$ in $x=0$ ↳ ricordare di considerare i versi con regola della mano dx

RR) $F = i \alpha a^2 \vec{u}_x$

RS) $d\vec{F} = i \alpha dx \vec{u}_y \rightarrow \vec{F} = i \alpha \frac{1}{2} a^2 \vec{u}_y$

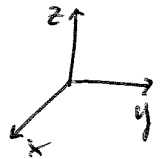
$\Rightarrow F_{tot} = i \alpha a^2 \vec{u}_x$

6.24) $\vec{m} = m_x \vec{u}_x + m_y \vec{u}_y$

a) $m = i \epsilon \rightarrow i = \frac{\sqrt{m_x^2 + m_y^2}}{a^2} = 0,4 \text{ A}$

b) $\vec{M} = \vec{m} \wedge \vec{B} = (m_x \vec{u}_x + m_y \vec{u}_y) \wedge (B_x \vec{u}_x + B_z \vec{u}_z) =$
 $= -m_x B_z \vec{u}_y - m_y B_z \vec{u}_z + m_y B_x \vec{u}_z$

ATTENZIONE ai segni del prodotto vettoriale:
 usare regola mano dx riferendo a \rightarrow
 e ricordare che prodotto vettoriale
 non è commutativo!



$M = \sqrt{(m_x B_z)^2 + (m_y B_x)^2 + (m_y B_z)^2} = 3,61 \cdot 10^{-4} \text{ N m}$

c) $\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B} \Rightarrow M = mB \sin \alpha$

$\sin \alpha = \frac{M}{mB}$

$m = \sqrt{\dots} = 0,001$

$B = \sqrt{\dots} = 0,33$

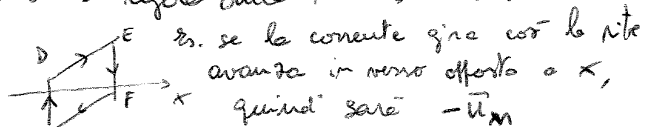
$\Rightarrow \sin \alpha = 0,3 \rightarrow \alpha = 67,76^\circ$

d) $u_m = -mB$

6.28) a) $\vec{m}_1 = i \vec{AB} \cdot \vec{BC} \cdot \vec{u}_z = 0,24 \vec{u}_z$
 $\vec{m}_2 = -i \vec{AB} \cdot \vec{CD} \cdot \vec{u}_y = -0,12 \vec{u}_y$
 $\Rightarrow \vec{m} = -0,12 \vec{u}_y + 0,24 \vec{u}_z \text{ A m}^2$

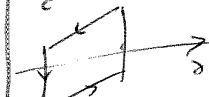
OSSERVAZIONE sul verso del vettore $\vec{u}_m \perp$ al piano del circuito:

\vec{u}_m va orientato in base a regola della vite destrorsa rispetto alla corrente



es. se la corrente gira con la vite avanza in verso opposto a \vec{u}_m , quindi sarà $-\vec{u}_m$

b) $M = m \times B$



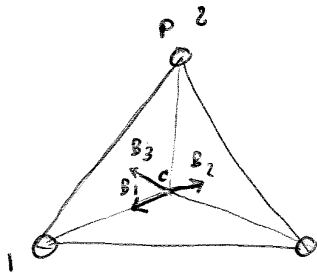
con invece si sinterrebbe e quindi avanza lungo \vec{u}_m

7.3)

Perché il filo sia in equilibrio occorre che le forze magnetiche su di esso si equilibrino. Cioè la forza dovuta a B_1 deve essere uguale a quella di B_2 . $\vec{F}_{31} = i_3 \int d\vec{s} \times \vec{B}_1$ $\vec{F}_{32} = i_3 \int d\vec{s} \times \vec{B}_2$
 $\rightarrow \vec{B}_1 = \vec{B}_2$

con Biot, Savart: $\frac{\mu_0 i_1}{2\pi x} = \frac{\mu_0 i_2}{2\pi(a-x)} \rightarrow x = \frac{a i_1}{i_1 + i_2} = 0,08 \text{ m}$
 (sono distanti "a" e non "2a" come nella figura del libro!)

7.4)



a) Come si vede graficamente $B(c) = 0$

b) La forza che agisce sul filo in P è dovuta al fatto che quel filo è immerso nel campo B dato dalla somma di quelli creati da 1 e 3. Uso il risultato dell'es. 7.2, ma con $i_1 = i_3 = i$

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0 i}{\pi r} \text{sen} \alpha \vec{u}_x$$

$$\text{sen} \alpha = \frac{z}{r} = \frac{2a \text{sen} 60^\circ}{2a} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

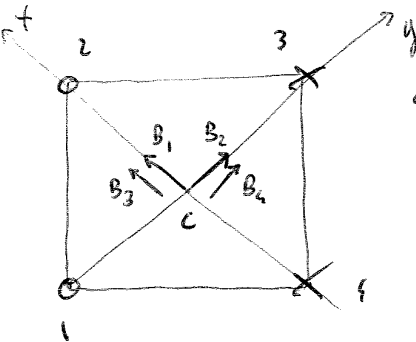
$$r = 2a$$



$$\Rightarrow \vec{B} = -\frac{\mu_0 i}{\pi \cdot 2a} \frac{\sqrt{3}}{2} \vec{u}_x = -2,3 \cdot 10^{-5} \vec{u}_x \text{ T}$$

$$\vec{F} = i \vec{u}_x \times \vec{B} = -i B \vec{u}_z = -2,3 \cdot 10^{-4} \vec{u}_z \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

7.5)

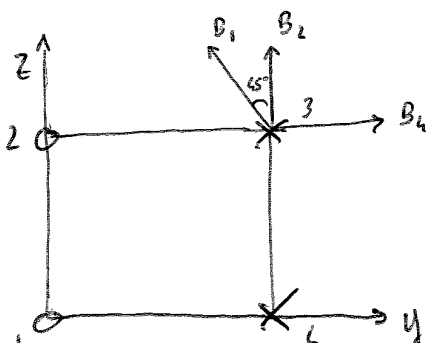


a) Direzioni e versi dei campi li trovo con "mano dx".

$$\vec{B} = \frac{2\mu_0 i}{2\pi r} \vec{u}_x + \frac{2\mu_0 i}{2\pi r} \vec{u}_y, \quad r = \frac{d}{2} = \frac{a\sqrt{2}}{2}$$

$$\vec{B} = 8,5 \cdot 10^{-5} \vec{u}_x + 8,5 \cdot 10^{-5} \vec{u}_y \rightarrow B = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

b)



$$\vec{B}_2 = \frac{\mu_0 i}{2\pi a} \vec{u}_z \quad \vec{B}_4 = \frac{\mu_0 i}{2\pi a} \vec{u}_y$$

$$\vec{B}_1 = \frac{\mu_0 i}{2\pi a\sqrt{2}} \frac{\sqrt{2}}{2} \vec{u}_z - \frac{\mu_0 i}{2\pi a\sqrt{2}} \frac{\sqrt{2}}{2} \vec{u}_y$$

$$\vec{B} = \left(\frac{\mu_0 i}{2\pi a} - \frac{\mu_0 i}{4\pi a} \right) \vec{u}_y + \left(\frac{\mu_0 i}{2\pi a} + \frac{\mu_0 i}{4\pi a} \right) \vec{u}_z$$

$$= \frac{\mu_0 i}{4\pi a} \vec{u}_y + \frac{3\mu_0 i}{4\pi a} \vec{u}_z = 15 \cdot 10^{-6} \vec{u}_y + 45 \cdot 10^{-6} \vec{u}_z \text{ T}$$

7.9) a) AB e DC non danno contributo $\times \vec{u}_1$ e \vec{u}_2

$$\vec{B}_{AD} = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \int \frac{d\vec{s}}{R_1^2} \vec{u}_2 = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{\theta R_1}{R_1^2} \vec{u}_2$$

l'arco di circonferenza è lungo $l = \theta R_1$

$$\vec{B}_{BC} = -\frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{\theta R_2}{R_2^2} \vec{u}_2 \quad \text{Questo è entrante nel foglio}$$

$$\vec{B} = \vec{B}_{AD} + \vec{B}_{BC} = \frac{\mu_0 i \theta}{4\pi} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \vec{u}_2$$

b) ~~Uz~~ $m = i \mathcal{E}$

\mathcal{E} = Area del settore circolare grande - quello piccolo:

$$= \frac{\widehat{BC} \cdot R_2^2}{2} - \frac{\widehat{AD} \cdot R_1^2}{2} = \frac{\theta R_2^2}{2} - \frac{\theta R_1^2}{2}$$

$$m = i \frac{\theta}{2} (R_2^2 - R_1^2)$$

7.10) a) caso 1:

tratti orizzontali non danno contributo

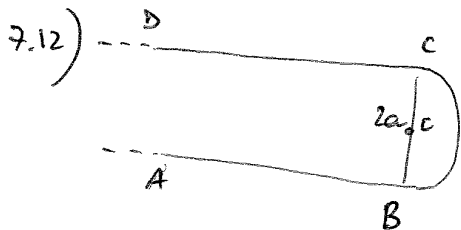
$$\vec{B}_{ext} = \frac{\mu_0 i}{4\pi b^2} \pi b \vec{u}_x = \frac{\mu_0 i}{4b} \vec{u}_x \quad \text{uscente}$$

$$\vec{B}_{int} = -\frac{\mu_0 i}{4a} \vec{u}_x \quad \text{entrante}$$

$$\Rightarrow B = \frac{\mu_0 i}{4} \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a} \right) \vec{u}_x = -2,1 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

b) $m = i \mathcal{E} \rightarrow$ trovo \mathcal{E} come diff. dei 2 semicerchi...

7.11) Applico Ampere: $B \pi d = \mu_0 i \rightarrow B = \underline{\hspace{2cm}}$
a linee circolari attorno al cilindro



$$\vec{B}_{BC} = \frac{\mu_0 i}{4\pi a^2} \pi a \vec{u}_x = \frac{\mu_0 i}{4a} \vec{u}_x \quad \text{uscente}$$

\vec{B}_{AB} se filo fosse lungo l , nel es. 7.6:

$$= \frac{\mu_0 i}{4\pi a} \frac{l}{\sqrt{a^2 + l^2}} \vec{u}_x \quad \text{uscente}$$

ipotisi che $l \rightarrow \infty$: $\vec{B}_{AB} = \frac{\mu_0 i}{4\pi a}$

$$\vec{B}_{tot} = \left(2 \frac{\mu_0 i}{4\pi a} + \frac{\mu_0 i}{4a} \right) \vec{u}_x$$

7.16) a) Ampere su circonf. di raggio r :

$$B 2\pi r = \mu_0 j \pi r^2 \rightarrow j = \frac{B \cdot 2}{\mu_0 r} = 6349 \frac{A}{m^2}$$

corrente racchiusa
da quella circonf.

$$j = \frac{i}{\pi R^2} \rightarrow i = j \pi R^2 = 8 \text{ A}$$

attenzione che la j è valutata su tutta la sezione, quindi nel moltip. il R grande.

b) Ampere a circonf di $r = r_p$

$$B 2\pi r_p = \mu_0 (i_1 + i_2)$$

Trovo i_2 , sapendo che la circolazione lungo MNPR (che è μ_0 per la somma delle correnti concatenate) è nulla.

$$\left. \begin{aligned} i_{\text{conc } 1} &= j_1 \frac{\pi R^2}{2} - j_1 \frac{\pi r^2}{2} = j_1 \frac{\pi}{2} (R^2 - r^2) = 3,74 \text{ A} \\ i_{\text{conc } 2} &= \frac{i_2}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \mu_0 \left(3,74 + \frac{i_2}{2} \right) = 0$$

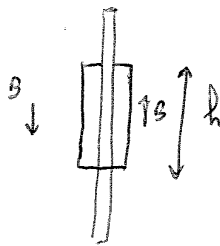
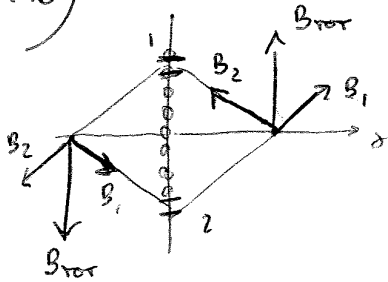
$$\Rightarrow i_2 = -7,48 \text{ A}$$

quindi ha verso opposto a i_1

$$B 2\pi r_p = \mu_0 (i_1 - i_2) \rightarrow B = 10^{-6} \text{ T}$$

↓ tenere conto del segno opposto!

7.18)



$$2Bh = \mu_0 m i h$$

$$\rightarrow B = \frac{\mu_0 m i}{2}$$

7.19) $0 < r < a$:

$$B = 0$$

$a < r < b$:

$$B 2\pi r = \mu_0 i_c$$

$$i_c = j \pi r^2 = j \pi (r^2 - a^2)$$

$$j = \frac{i}{\pi (b^2 - a^2)}$$

attenzione che la j è sempre calcolata su tutta la sezione.

$$\left. \begin{aligned} B 2\pi r &= \mu_0 \frac{i}{\pi (b^2 - a^2)} \pi (r^2 - a^2) \\ \rightarrow B &= \frac{\mu_0 i (r^2 - a^2)}{2\pi r (b^2 - a^2)} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$a < r < b$$

$$B = \mu_0 k_m H \quad (\text{Dove } k \text{ è materiale aggiunto il } k_m)$$

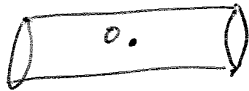
c) Per trovare H applico la definizione, non è necessaria circolazione...;

$$H = (k_m - 1) H, \text{ quindi:}$$

$$R < r < a \quad \text{o} \quad r > b : H = 0 \quad \text{Dove non c'è materiale, non c'è magnetizzazione}$$

$$a < r < b : H = (k_m - 1) H(r)$$

7.30)



DA SAPERE:

campo magnetico al centro o dell'asta:

$$B = \mu_0 H$$

$$i_m = nI$$

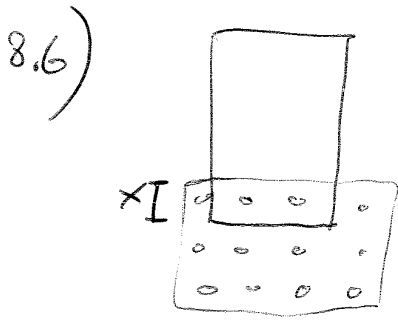
8.5) Si procede come nella teoria del generatore, ma qui avremo una forza con verso opposto (dunque positivo) perché il campo è entrante.

$$\phi(B) = Bb \times \quad \mathcal{E} = -Bb \dot{N}$$

$$\left. \begin{aligned} \vec{F} = i \vec{b} \times \vec{B} &\Rightarrow F = \frac{B^2 b^2 N}{R} \\ F &= mg \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{B^2 b^2 N}{R} = mg \rightarrow N_{lim} = 9,81 \text{ m/s}$$

$$\mathcal{E} = Ri \rightarrow i_{lim} = \frac{\mathcal{E}}{R} = 0,69 \text{ A}$$

~~W = Pt = Ri^2 t~~
 $W = Pt = Ri^2 t = Ri^2 \frac{x}{v}$



$$\phi(B) = Bax$$

$$\mathcal{E} = -\frac{d\phi}{dt} = -Ba \dot{N}$$

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{-Ba \dot{N}}{R}$$

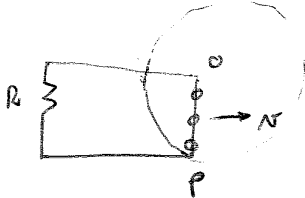
Forza sul lato a immerso nel campo:

$$\left. \begin{aligned} F = ai \times B &= \frac{-a^2 B^2 \dot{N}}{R} \\ F &= mg \end{aligned} \right\} \Rightarrow \dot{N} = \frac{-mgR}{a^2 B^2}$$

il meno è probabilmente dovuto al fatto che è decelerazione. Nel valore numerico non si mette.

8.8) RUOTA DI BARLOW.

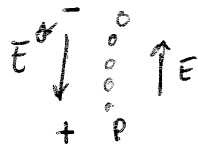
Meccanismo analogo a quello dell'es. 8.1



In ciascun punto di CP agisce forza magnetica

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$$

$$\Rightarrow \text{si crea campo elettromotore } \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = \vec{v} \times \vec{B} = -\omega r B \vec{u}_y$$



$$\omega = \frac{N}{2} \rightarrow N = \omega R$$

\Rightarrow A cause dell'accumulo di cariche si ha campo $\vec{E} = \omega r B \vec{u}_y$ e questo è responsabile di una fem:

$$\mathcal{E} = \int_0^a E dr = \frac{\omega B a^2}{2}$$

8.21) Il campo varia con x , quindi:

$$\phi(B) = \int_0^a N b 5(t^2 - 0,25) x^2 dx = \frac{5 N b a^3 (t^2 - 0,25)}{3}$$

a) $\mathcal{E}_i = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{2t \cdot 5 N b a^3}{3} = -1,6 \cdot 10^{-3} t \text{ V}$

b) $i = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = -8,3 \cdot 10^{-3} t$

c) $\phi_0 = -0,00208$
 $\phi_5 = 0 \quad \left\{ \Rightarrow q = \frac{\phi_0 - \phi_5}{R} = 106 \cdot 10^{-3} \text{ C}$

8.34) Ampere per trovare B :

$$B 2\pi r = \underbrace{\mu_0 j \pi r^2}_{\text{corrente concatenata con } 2\pi r} \rightarrow B = \frac{\mu_0 j r}{2}$$

$$u_m = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{\mu_0 j^2 r^2}{8}$$

$$U_p = \int_0^R \frac{\mu_0 j^2 r^2}{8} \cdot \underbrace{2\pi r dr}_{dr} = \frac{\mu_0 j^2 \pi R^4}{16} = \frac{\mu_0 i^2}{16\pi}$$

$j = \frac{i}{\pi r^2}$

(h) poi lo eliminavo se mi chiede "x unito di lunghezza".

8.35) $P = \mathcal{E} i \rightarrow i = \frac{P}{\mathcal{E}} = 5000 \text{ A}$

$B 2\pi r = \mu_0 i$

→ Per $r = a$: $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi a} = 0,05 \text{ T}$

→ Per $r = b$: _____

$$u_m = \frac{\mu_0^2 i^2}{8\pi^2 r^2} \quad U = \int_a^b \frac{\mu_0 i^2}{8\pi^2 r^2} 2\pi r dr = \frac{\mu_0 i^2 l}{4\pi} \ln \frac{b}{a}$$

8.36) $u_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \rightarrow U_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 a^3 = 0,0044 \text{ J}$

$$U_m = \frac{B^2}{2\mu_0} a^3 = \underline{\hspace{2cm}}$$