NUMERO: 1560A -

ANNO: 2015

A P P U N T I

STUDENTE: Bobba

MATERIA: Fisica II. Prof.Kaniadakis

ELETTROSTATICA

LEGGE DI COULOMB

$$F_c = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

(sperimentale)

r = distanza tra q_1 e q_2

- F_c conservativa
- (+),(+) o (−),(−) repulsiva
  (+),(−) attrattiva
- cariche ferme

CAMPO ELETTRICO

- generato da 1 carica

$$\overline{E} = \frac{\overline{F_c}}{q} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}$$

r = distanza da q in cui calcolo $\overline{E}$ — che genera $\overline{E}$

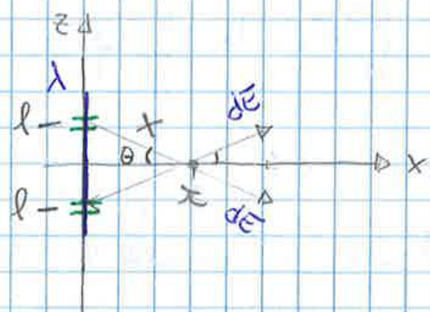
- linee di campo ←(+)→ →(−)←
- $\overline{E}$ e $\overline{F_c}$ stessa direzione

- generato da 1 filo retto indefinito

$$\overline{E} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{r}$$

- $\overline{E}$ diretto ⊥ filo

r = distanza tra filo e punto



dim $dE_{tot} = 2dE_x = 2\,dE\cos\theta =$

$$= \cancel{2}\frac{1}{\cancel{4}_2\pi\varepsilon_0}\frac{dq}{x^2}\cos\theta =$$

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

$$= \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda\,dl}{x^2}\cos\theta$$

$$l = r\tan\theta \Rightarrow dl = r(\tan\theta)' = r\frac{1}{\cos^2\theta}$$

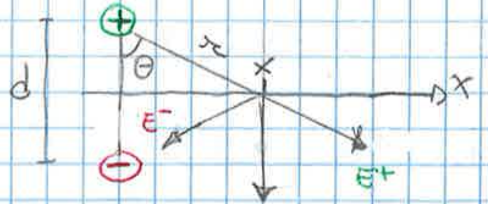
$$r = x\cos\theta \;;\; \frac{1}{x} = \frac{\cos\theta}{r}$$

$$dE_{tot} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda r}{\cos^2\theta}\frac{\cos^2\theta}{r^2}\cdot\cos\theta = \frac{\lambda\cos\theta}{2\pi\varepsilon_0 r}$$

$$E_{tot} = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}\int_0^{\frac{\pi}{2}}\cos\theta\,d\theta = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}\left|\sin\theta\right|_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{r}$$

CAMPO GENERATO DAL DIPOLO

$$E = 2|\bar{E}|\cos\theta = 2 \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{|q|}{r^2} \cos\theta$$



$$\frac{d}{2} = r\cos\theta \rightarrow \cos\theta = \frac{d}{2r}$$

$$E = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \frac{|q|}{r^2} \frac{d}{2r} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{p}{r^3}$$

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

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{p}{\left(x^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}}$$

• $\bar{E}_{dip}$ ha verso opposto a $\bar{p}$

$$\bar{E} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\bar{p}}{r^3}$$

POTENZIALE ELETTRICO GENERATO DAL DIPOLO

$$V(\bar{r}) = V(+) + V(-) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q^+}{r^+} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q^-}{r^-} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \left(\frac{q}{r^+} - \frac{q}{r^-}\right) =$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} q\left(\frac{r^- - r^+}{r^- r^+}\right) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \left(\frac{d}{2}\cos\theta - \frac{d}{2}\cos(-\theta)\right) \frac{1}{r^- r^+} =$$

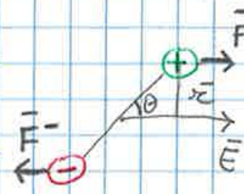
$$= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \frac{d\cos\theta}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{p\cos\theta}{r^2}$$

xk $r \gg d \Rightarrow r^- \simeq r^+$

$$V(r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{p\cos\theta}{r^2}$$

INTERAZIONE DIPOLO - C. ELETTRICO

$$M = \bar{p} \wedge \bar{E} \qquad L = -\bar{p} \cdot \bar{E}$$



dim dipolo in c. elettrico:
su q^+ agisce $\bar{F}_c^+ = +q\bar{E}$, su q^- agisce $\bar{F}_c = -q\bar{E}$
$\bar{F}_c^+$ ed $\bar{F}_c^-$ coppia di forze opposte $\Rightarrow$ genera momento

$$\bar{M}^+ = \bar{r}^+ \wedge \bar{F}_c^+ = r^+ qE \sin\frac{\pi}{2} = \frac{d}{2}\sin\theta\, qE \otimes$$

$$\bar{M}^- = \bar{r}^- \wedge \bar{E}_c^- = -r^- q\bar{E}\sin\frac{\pi}{2} = -\frac{d}{2}\sin\theta\, q\bar{E} \otimes$$

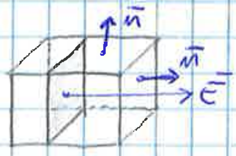
$$\bar{M}_{tot} = 2\frac{d}{2}\sin\theta\, q\bar{E} = qdE\sin\theta = pE\sin\theta = \bar{p}\wedge\bar{E} \quad \otimes$$

$$L = \int_{\theta_i}^{\theta_f} M\,d\theta = \int_{\theta_i}^{\theta_f} pE\sin\theta\,d\theta = pE(\cos\theta_f - \cos\theta_i) = \bar{p}\cdot\bar{E}$$

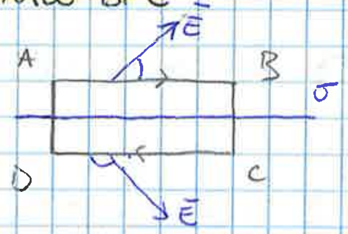
• $\bar{E}$ tende a far allineare $\bar{p}$ con lui

$\bar{E}$ GENERATO DAL PIANO INDEF.

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$



CONTINUITÀ TANGENZIALE e DISCONTINUITÀ NORMALE DI $\bar{E}$



dim

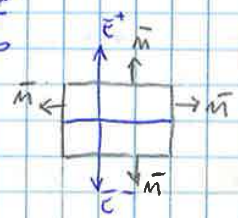
$$\oint_{ABCD} \bar{E}\cdot d\bar{l} = \int_A^B \bar{E}\cdot dl + \underbrace{\int_B^C \bar{E}\cdot dl}_{0 \text{ xk } BC \text{ infinitesimo}} + \int_C^D \bar{E}\cdot dl + \underbrace{\int_D^A \bar{E}\cdot dl}_{0 \text{ xk } DA \text{ infinitesimo}} =$$

$$= E \cos\theta + E \cos(\pi-\theta) = 0 \Rightarrow E_{AB}\cos\theta = E_{CD}\cos(\pi-\theta)$$

$$E_{tang\,AB} = E_{tang\,CD}$$

$$\phi_{tot} = 2\phi(\bar{E})_{base} + \underbrace{\phi(\bar{E})_{sup\,lat}}_{0} = E^+ S - E^- S = \frac{Q}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma S}{\varepsilon_0}$$

$$= E^+ - E^- = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$



CONDUTTORI

$\bar{E}$ INTERNO AL CONDUTTORE IN EQ. e SUPERF. EQUIPOTENZIALI

• conduzione elettrica = moto disordinato delle cariche e libere di muoversi nel conduttore metallico

$$\bar{E}_{int} = 0$$

dim $\phi(\bar{E}) = E\cdot S = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0} = \frac{0}{\varepsilon_0}$

xk Q int si annullano o si respingono

quindi

vale anche $\Delta V_{int} = V_A - V_B$ interni $= -\int_A^B \bar{E}\cdot dl = 0 \rightarrow V_B = V_A$

e $\Delta V = V_{A\,int} - V_{C\,superf} = -\int_A^C \bar{E}\, dl = 0 \rightarrow V_A = V_C$

CAMPO ELETTRICO GENERATO DAL CONDUTTORE

$$\bar{E}_{superf} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\bar{n}$$

CAPACITÀ DEL CONDUTTORE

• conduttore si carica con induzione con la stessa carica

• aumenta capacità del condensatore

$$C = \frac{Q}{V}$$

Q = carica nel conduttore

DIELETTRICI

COSTANTE DIELETTRICA RELATIVA ed ASSOLUTA

$\varepsilon_r = \frac{V_{\varepsilon_0}}{V_{\varepsilon_r}} > 1$ $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$

- dielettrici introdotti si polarizzano in un condensatore, con q minore
- modificano $\bar{E}_{tot}$, diminuisce C, aumenta

SUSCETTIVITÀ ELETTRICA

- predisposizione a polarizzarsi

$\psi = \varepsilon_r - 1$

VETTORE INDUZIONE ELETTRICA

$\bar{D} = \varepsilon_0 \bar{E}$

- legge di Gauss con $\bar{D}$ ed energia elettrostatica

$\varphi(\bar{D}) = \int \bar{D} \cdot d\bar{S} = Q_{int}$ $u_e = \frac{1}{2}\frac{D^2}{\varepsilon_0}$

- ε_0 o ε_r in base al materiale in cui si propaga

CORRENTE ELETTRICA

DENSITÀ DI CORRENTE

$\bar{J} = \rho d\bar{v}$

- = moto ordinato di e^- nel conduttore metallico

$\rho = Ne$ = densità di corrente

INTENSITÀ DI CORRENTE e INFINITESIMO DI

$i = \varphi_S(\bar{J}) = \int_S \bar{J} \cdot d\bar{S}$ $di = \frac{dQ}{dt}$

dim $dQ = \rho\, dV = Ne\, dV = Ne\, dS\, l = \underline{Ne}\, dS\, \bar{v}\, dt = J\, dS\, dt$

$J\, dS = \frac{dQ}{dt} = di$

$i = \int di = \int \bar{J} \cdot dS = \varphi(\bar{J})$

CONTINUITÀ DELLA CORRENTE

$\bar{\nabla}\bar{J} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$

dim $i = \int J\, d\bar{S} = -\frac{dQ}{dt}$

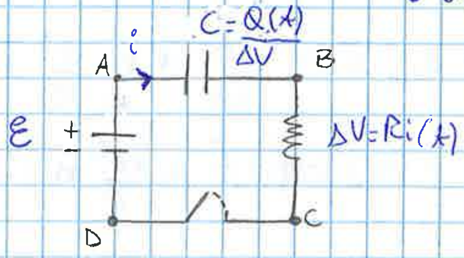
$dQ = \rho\, dV$ e con Th. Gauss, $\iiint div\, \bar{J}\, dV = -\frac{d}{dt}\iiint \rho\, dV$

$\int \bar{\nabla} \cdot \bar{J}\, dV - \left(-\int \frac{d\rho}{dt} dV\right) = \int \bar{\nabla}\bar{J} + \frac{\partial \rho}{\partial t} dV = 0 \Rightarrow \bar{\nabla}\bar{J} + \frac{d\rho}{dt} = 0 \Rightarrow Q$ cost

CARICA DEL CONDENSATORE

• $Q_{max} \to C\mathcal{E}$ 5

legge delle maglie di Kirchhoff:



$$+\mathcal{E} - \frac{Q(t)}{C} - Ri(t) = 0$$

$$\mathcal{E} - \frac{Q(t)}{C} - R\frac{dQ(t)}{dt} = 0$$

$$R\frac{dQ}{dt} = -\frac{Q}{C} + \mathcal{E} \; ; \quad dQ = \left(\mathcal{E} - \frac{Q}{C}\right)\frac{dt}{R} = \frac{\mathcal{E}C - Q}{RC}\,dt = -\frac{(-\mathcal{E}C + Q)\,dt}{RC}$$

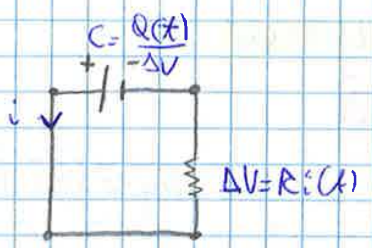
$$\int_0^Q \frac{dQ}{Q - \mathcal{E}C} = -\int_0^t \frac{dt}{RC} \; ; \quad \Big[\ln|Q - \mathcal{E}C|\Big]_0^Q = -\frac{t}{RC} \; ;$$

$$\ln\frac{Q - \mathcal{E}C}{-\mathcal{E}C} = -\frac{t}{RC} \; ; \quad \frac{Q - \mathcal{E}C}{-\mathcal{E}C} = e^{-\frac{t}{RC}} \; ,$$

$$-\frac{Q}{\mathcal{E}C} + 1 = e^{-\frac{t}{RC}} \; ; \quad -Q = \left(-1 + e^{-\frac{t}{RC}}\right)\mathcal{E}C \; ; \quad Q = \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)\mathcal{E}C$$

SCARICA DEL CONDENSATORE

legge delle maglie di Kirchhoff



$$-\frac{Q(t)}{C} - Ri(t) = 0 \; ; \quad -\frac{Q(t)}{C} - R\frac{dQ(t)}{dt} = 0$$

$$+R\frac{dQ(t)}{dt} = -\frac{Q(t)}{C} \; ; \quad \int_{Q_0}^{Q} \frac{dQ(t)}{Q} = -\int_0^t \frac{dt}{RC} \; ,$$

• $Q = 0$ $t \to +\infty$

$$\ln\frac{Q}{Q_0} = -\frac{t}{RC} \; ; \quad Q = Q_0\, e^{-\frac{t}{RC}}$$

CAMPO MAGNETICO

LEGGE DI GAUSS

$$\Phi_S(\bar{B}) = 0 \qquad \bar{\nabla}\cdot\bar{B} = 0$$

FORZA DI LORENTZ

$$\bar{F}_L = q\bar{v} \wedge \bar{B}$$

$\bar{v}$ = velocità della carica q

• 1 carica in moto in $\bar{B}$
• correla $\bar{B}$ e moto di q
• $\bar{F} = q\bar{E} + q\bar{v} \wedge \bar{B}$

$\bar{F}_L$ NON COMPIE LAVORO e NON MODIFICA $\bar{v}$

$$W = \int_A^B \bar{F}_L \cdot d\bar{l} = \int_A^B q(\bar{v} \wedge \bar{B}) \cdot d\bar{l}\,\frac{dt}{dt} = q\int_A^B \bar{v} \wedge \bar{B} = 0$$

$$\Delta W = \Delta k = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2) \Rightarrow v_f^2 - v_i^2 = 0 \Rightarrow v_f = v_i$$

I LEGGE DI LAPLACE

$$d\bar B = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{d\bar l \wedge \bar r}{r^3}$$

• $d\bar B$ generato da conduttore $d\bar l$ percorso da i

r = distanza dal conduttore $d\bar l$ del punto in cui misuro

dim per una carica in moto genera $\bar B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\bar v}{r^2} \wedge \hat u_r = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\bar v \wedge \bar r}{r^2\, r}$

N cariche in dV generano $d\bar B = N\, dV \frac{\mu_0}{4\pi} q \frac{\bar v \wedge}{r^2} \frac{\bar r}{r} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Nq\bar v}{r^2} S\, d\bar l \wedge \frac{\bar r}{r} =$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi} j S \frac{d\bar l}{r^2} \wedge \frac{\bar r}{r} = \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{d\bar l}{r^2} \wedge \frac{\bar r}{r}$$

- correlazione tra $\bar B$ ed $\bar E$

carica in moto genera $\bar E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat u_r = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{r^2} \frac{\bar r}{r}$

ma genera anche $\bar B = \frac{\mu_0}{4\pi} q \frac{\bar v}{r^2} \wedge \hat u_r$

$$\bar B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_0} \bar v \wedge q \frac{\bar r}{r^3} = \mu_0 \varepsilon_0 \bar v \wedge \bar E$$

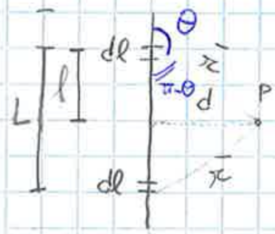
$\bar B = \mu_0 \varepsilon_0 \bar v \wedge \bar E$

$\frac{1}{c^2} = \mu_0 \varepsilon_0$

- legge di Biot-Savart

$\bar B = \frac{\mu_0 i}{2\pi d}$

• $\bar B$ generato da condutt. retto indefinito



dim per I legge di Laplace $d\bar B = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{d\bar l \wedge \bar r}{r^3}$

metto $d\bar B_1$ in dipendenza di θ $\quad d\bar B_1 = \frac{\mu_0 i}{4\pi} dl \cdot \frac{\cancel{r}}{r^{\cancel{3}2}} \sin\theta\, (-\hat u_z)$

$\frac{1}{r^2} \to d = r\sin(\pi-\theta) = r\sin\theta$

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

$dl \to l = r\cos(\pi-\theta) = -r\cos\theta = -\frac{d}{\sin\theta}\cos\theta = -d\cot\theta$

$$dl = -d \frac{\partial}{\partial\theta} \cot\theta = +\frac{d}{\sin^2\theta}$$

$$d\bar B_1 = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{d}{\sin^2\theta} \cdot \frac{\sin^2\theta}{d^2} \sin\theta\, (-\hat u_z) = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{\sin\theta}{d} (-\hat u_z)$$

$$\bar B_1 = \int_{\frac{\pi}{2}}^{\theta_i} \frac{\mu_0 i}{4\pi d} \sin\theta\, d\theta = \frac{\mu_0 i}{4\pi d} \left[-\cos\theta\right]_{\frac{\pi}{2}}^{\theta_i} (\hat u_z) = \frac{\mu_0 i}{4\pi d} \cos\theta_i\, \hat u_z$$

$\cos\theta = -\cos(\pi-\theta)$ e $l = \frac{L}{2} = r\cos(\pi-\theta) = \sqrt{\frac{L^2}{4} + d^2}\,(\cos\theta)$

LEGGE DI AMPERE IN F. INTEGRALE e IN F. DIFFERENZIALE STATICHE 7

$\oint_\Gamma \bar{B} \cdot d\bar{l} = \mu_0 i$ $\qquad$ $\text{rot } B = \mu_0 \bar{J}$

• $\bar{B}$ non conservativo

$d\bar{l}$ del conduttore percorso da i "concatenata"

dim $\oint_\Gamma \bar{B} \cdot d\bar{l} = \oint_\Gamma \bar{B} (dl_\perp + dl_\parallel) = \oint_\Gamma B \cdot dl_\parallel$

per Biot-Savart, per conduttore rettilineo indef $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$

$\oint_\Gamma \frac{\mu_0 i}{2\pi r} dl = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \int_0^{2\pi} r \, d\theta = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} 2\pi r$

per th Stokes $\int_\Gamma \bar{B} \cdot d\bar{l} = \int_S \text{rot } B$

S è attraversata da i concatenata,

$i = \int_S \vec{J} \, d\bar{\sigma}$

$\oint_\Gamma \bar{B} \cdot d\bar{l} = \int_S \text{rot } B = \mu_0 i = \mu_0 \int_S \bar{J} \, d\sigma$; $\int_S \text{rot } B = \mu_0 \int_S \bar{J} \, d\sigma$

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

LEGGE DI AMPERE IN F. INTEGRALE e IN F. DIFFERENZIALE DINAMICA

$\oint \bar{B} \cdot d\bar{l} = \mu_0 i + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \int_S \bar{E} \cdot d\bar{\sigma}$ $\qquad$ 3ª Maxwell $\text{rot } B = \mu_0 \bar{J} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$

dim applico div al 1° e 2° membro: $\nabla \text{rot } B = \nabla \mu_0 \bar{J}$; $0 = \nabla \mu_0 \bar{J} \Rightarrow \nabla \bar{J} = 0$

poiché $\nabla \bar{J} = 0 \Rightarrow \bar{J}$ costante $\rightarrow$ equaz. di continuità $\nabla \bar{J} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$

poiché per th Gauss $\bar{\nabla} \bar{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} \rho$; $\rho = \varepsilon_0 \bar{\nabla} \bar{E}$

l'equaz. di continuità: $\nabla \bar{J} + \frac{\partial}{\partial t} (\varepsilon_0 \bar{\nabla} \bar{E}) = 0$

$\nabla (\bar{J} + \varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \bar{E}) = 0 \equiv \nabla \text{rot } B = 0$

$\cancel{\nabla} (\bar{J} + \varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \bar{E}) = \cancel{\nabla} \text{rot } A$

in condiz. statiche $\text{rot } A = (\bar{J} + \varepsilon_0 \cancel{\frac{\partial E}{\partial t}}^{\,0})$; $\text{rot } A = \bar{J}$

se A è $\bar{B}$, $\text{rot } B = \mu_0 \bar{J} \Rightarrow \mu_0 (\bar{J} + \varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} E) = \text{rot } B$

quindi $\text{rot } \bar{B} = \mu_0 \bar{J} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$

$\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$ = densità corrente aggiunta

ENERGIA MAGNETICA

$U = \frac{1}{2} L i^2$

circuito percorso da i, i crea $\bar{B}$ → I Laplace $\bar{B} = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \oint \frac{d\bar{l} \wedge \bar{r}}{r^3}$

$\bar{B}$ investe il circuito, crea $\phi_C(\bar{B}) = \int_C \bar{B} \cdot d\bar{\sigma}$

$$\phi_C(\bar{B}) = \int_C \frac{\mu_0 i}{4\pi} \left(\oint \frac{d\bar{l} \wedge \bar{r}}{r^3} \right) d\bar{\sigma}$$

$\phi_C(\bar{B}) = i(t) \int_C \frac{\mu_0}{4\pi} \left(\oint d\bar{l} \wedge \frac{\bar{r}}{r} \right) d\sigma = i(t) L$ → $\phi_C(\bar{B}) = L i(t)$

induttore assorbe i del circuito e la trasforma in $\bar{B}$
deve perciò contrastare effetto Joule

voglio calcolare il lavoro fatto dall'induttore per contrastare:

$\phi(\bar{B}) = L i(t)$ → $\frac{\partial \phi(B)}{\partial t} = L \frac{\partial i(t)}{\partial t}$
$\mathcal{E} = -\frac{\partial \phi(\bar{B})}{\partial t}$
$\Big\}$ $\mathcal{E} = -L \frac{\partial i(t)}{\partial t}$

$dW = dt\, P_J = R i^2 = \Delta V i = \mathcal{E} i = -L \frac{\partial i}{\cancel{\partial t}} i \cancel{dt}$

$W = -\int_0^i L\, \partial i(t)\, i = -\frac{1}{2} L i^2$ → $U = -W$, $U = \frac{1}{2} L i^2$

ENERGIA MAGNETICA PER U. DI VOLUME

per il solenoide $\phi(B) = NSB = Li$; $L = \frac{NSB}{i} \cdot \frac{l}{l} = \frac{NS}{i} \mu_0 n i \frac{l}{l} =$

$= \frac{NS}{\cancel{i}} \mu_0 \frac{N}{l} \cancel{i} \frac{l}{l} = \frac{N^2}{l^2} \mu_0 S l =$

$= n^2 V \mu_0$

$L = n^2 V \mu_0$ → $U = \frac{1}{2} n^2 V \mu_0 L i^2 \frac{\mu_0}{\mu_0} =$

$$= \frac{1}{2} (n \mu_0 i)^2 \frac{1}{\mu_0} V = \frac{1}{2} B^2 \frac{1}{\mu_0} V$$

U per unità di volume $= \frac{U}{V} = \frac{1}{2} B^2 \frac{1}{\mu_0}$ → $u = \frac{1}{2} \frac{1}{\mu_0} B^2$

CORRELAZIONE $\bar{E}$ e $\bar{B}$

• devo conoscere $\bar{B}$ o $\bar{E}$ a $t=0$

$F_y \Rightarrow \int \frac{\partial B_y}{\partial t} = \int \frac{\partial E_z}{\partial x} \rightarrow B_y = -\frac{1}{v} E_z$

$F_z \Rightarrow \int \frac{\partial B_z}{\partial t} = \int -\frac{\partial E_y}{\partial x} \rightarrow B_z = \frac{1}{v} E_y$

per scrivere $\bar{B}$ in funzione di E: $\begin{cases} \bar{E} = E_y(x-vt)\hat{u}_y + E_z(x-vt)\hat{u}_z \\ \bar{B} = -\frac{1}{v} E_z(x-vt)\hat{u}_y + \frac{1}{v} E_y(x-vt)\hat{u}_z \end{cases}$

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

$|B| = \sqrt{\frac{E_z^2}{v^2} + \frac{E_y^2}{v^2}} = \frac{1}{v}\sqrt{E_z^2 + E_y^2} = \frac{1}{v}|E|$; $B = \frac{E}{v}$

$\bar{E} \cdot \bar{B} = -E_y \frac{1}{v} E_z + E_z \frac{1}{v} E_y = 0 \Rightarrow E \perp B$

ONDE ARMONICHE

• = andamento sinusoidale

$\bar{E} = E_{0y} \sin(kx - \omega t)\hat{u}_y + E_{0z} \sin(kx - \omega t + \delta)$

E_{0y} e E_{0z} misurati a $t=0$

k = vettore d'onda, $\omega = kv$ = pulsazione

POLARIZZAZIONE LINEARE

• $\bar{E}$ cambia intensità, verso, no direzione

$\delta = 0$, $\delta = \pi \rightarrow \sin(\partial + \delta) = \sin\partial \overset{1}{\cancel{\cos\delta}} + \cos\partial \overset{0}{\cancel{\sin\delta}}$

$\bar{E} = E_{0y} \sin(kx - \omega t)\hat{u}_y + E_{0z} \sin(kx - \omega t)$

POLARIZZAZIONE ELLITTICA

• $\bar{E}$ cambia tutto non si annulla

$\delta = \frac{\pi}{2}$, $\delta = \frac{3}{2}\pi \rightarrow \sin(\partial + \delta) = \sin\partial \overset{0}{\cancel{\cos\delta}} + \cos\partial \overset{1}{\cancel{\sin\delta}}$

$\bar{E} = E_{0y} \sin(kx - \omega t)\hat{u}_y + E_{0z} \cos(kx - \omega t)$

DENSITÀ ENERGIA ELETTROMAGNETICA

$u = \frac{1}{2}\varepsilon E^2 + \frac{1}{2}\frac{1}{\mu}B^2 = \frac{1}{2}\varepsilon E^2 + \frac{1}{2}\frac{1}{\mu}\frac{E^2}{\frac{1}{\mu\varepsilon}} = \varepsilon E^2$; $u = \varepsilon E^2$