FISICA 2 28/10/20

ELETTROST in presenza di dielettrici

DIELETTRICI LINEARI → quasi tutti i materiali si polarizzano solo per effetto del campo el

La polarizzaz è dovuta solo ai dipoli indotti

⇒ diretta proporzionalità $\vec{P} = \varepsilon_0 \overset{\rightarrow}{\chi} \cdot \vec{E}$

campo el TOTALE (anche dovuto alle cariche polari)

tensore di suscettività

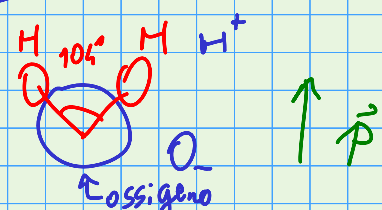
materiali isotropi e lineari ⇒ $\vec{P} = \varepsilon_0 \chi \vec{E}$

suscettività

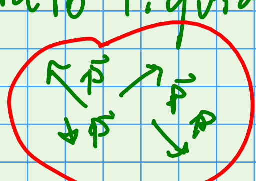
a livello microscopico

- il campo $\vec{E}$ deforma le molecole ⇒ crea un dipolo elettrico
- il campo $\vec{E}$ tende a orientare dipoli molecolari che in assenza di $\vec{E}$ sono orientati in modo casuale

→ acqua H_2O



allo stato liquido



$$\Rightarrow \vec{P} = \frac{\vec{p}}{V} \sim 0$$

somma vettoriale

$$\vec{D} \overset{def}{=} \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P} = \varepsilon_0 (1+\chi) \vec{E} \overset{def}{=} \varepsilon \vec{E}$$

permettività

costante di permettività del dielettrico

(ε_0 → costante di permettività del vuoto) → $\chi = 0$, $\varepsilon = \varepsilon_0$

costante dielettrica $\varepsilon_r \overset{def}{=} 1+\chi$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$$

EFFETTO SCHERMAGGIO

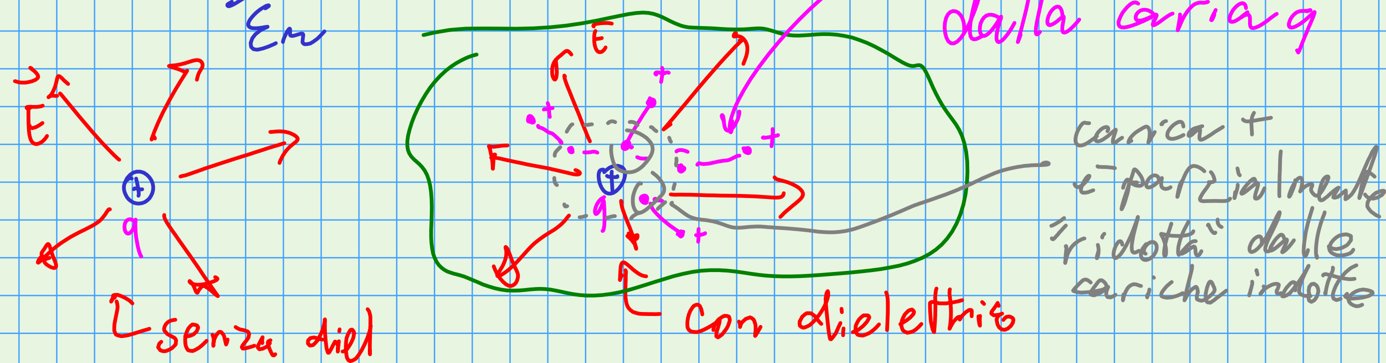
cariche libere

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{D} = \rho_F \Rightarrow \vec{\nabla}\cdot\vec{E} = \frac{\rho_F}{\varepsilon_0\varepsilon_r} \left[= \frac{\rho_{TOT}}{\varepsilon_0} \right]$$

$\vec{D} = \varepsilon\vec{E}$

l'effetto del dielettrico è di RIDURRE LA CARICA

$$\rho_F \longrightarrow \frac{\rho_F}{\varepsilon_r} \qquad \varepsilon_r > 1$$



MATERIALI: esempi

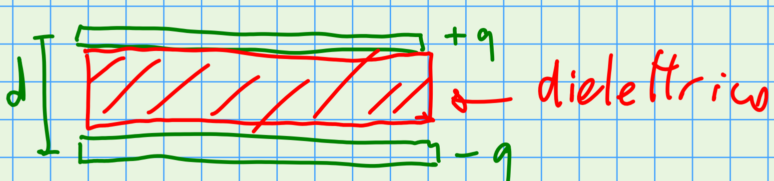
VUOTO $\varepsilon_r = 1 \sim$ ARIA

ACQUA $\varepsilon_r \simeq 80$

OLIO: non ha molecole polari $\longrightarrow$ non è solubile in H_2O

$\varepsilon_r \sim 2$

CONDENSATORE riempito di Dielettrico $\longrightarrow$ capacità aumentata



cond vuoto

$$\vec{E}_{DENTRO} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$ densità di carica

$$\Uparrow$$

$$E^{\perp}_{SOPRA} - E^{\perp}_{SOTTO} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

se c'è dielettrico $D^{\perp}_{SOPRA} - D^{\perp}_{SOTTO} = \sigma_F$ ← densità carica libera

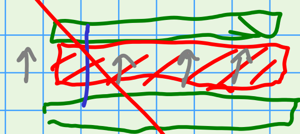
$\vec{E} = \dfrac{\vec{D}}{\varepsilon_0 \varepsilon_r}$ $\Rightarrow$ $E = \dfrac{\sigma_F}{\varepsilon_0 \varepsilon_r}$ ← campo E si è RIDOTTO

materiali lineari isotropi

condensatore con dielettrico

Capacità $C \overset{def}{=} \dfrac{q}{V}$ ← cariche sulle piastre → cariche LIBERE (piastre sono conduttori)

← ddp tra le piastre



$$V = \left| V_{Piastra\,1} - V_{Piastra\,2} \right| = \left| \int_0^d d\vec{r} \cdot \vec{E} \right| = E d = \frac{\sigma_F d}{\varepsilon_0 \varepsilon_r}$$

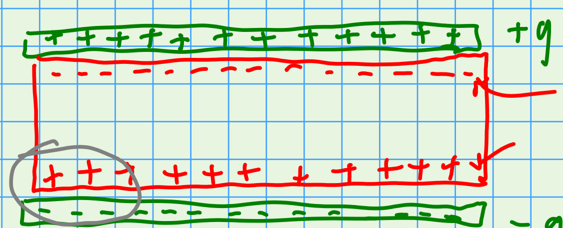
superficie del cond

$$q = \sigma_F a \Rightarrow \boxed{C = \frac{q}{V} = \frac{\sigma_F a}{d\,\sigma_F/\varepsilon_0\varepsilon_r} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{a}{d}}$$

$$C_{vuoto} = \varepsilon_0 \frac{a}{d}$$

capacità è aumentata di un fattore ε_r

Spiegaz intuitiva → effetto schermo



cariche polarizz negative

" " positive

le cariche polarizzaz riducono le cariche sulle piastre

⇒ il campo el interno si riduce ⇒

① a parità di ddp posso mettere più cariche

② " " " carica si riduce il campo $\vec{E}$ ⇒ " " la ddp

aumento della capacità

considerazioni conclusive

$$\boxed{\begin{aligned}\vec{\nabla}\cdot\vec{E} &= \rho/\varepsilon_0 \\ \vec{\nabla}\times\vec{E} &= \vec{0}\end{aligned}} \iff \boxed{\begin{aligned}\vec{\nabla}\cdot\vec{D} &= \rho_f \\ \vec{\nabla}\times\vec{D} &= \vec{\nabla}\times\vec{P}\end{aligned}}$$

valgono sempre

cariche libere

nella materia

R

sono più comode da usare in presenza di materia → non devo preoccuparmi delle cariche di polarizzaz. (→ e allora $\vec{P}$?)

Posso valutare $\vec{P}$ in maniera euristica (misura oppure facendo un modello semplice da trattare

↳ es $\vec{P} = \varepsilon_0 \chi \vec{E}$

MAGNETOSTATICA

↳ studio del campo MAGNETICO in condizioni "stazionarie"

(non cariche ferme, correnti stazionarie)

[ricordate → campo el e campo magnetico non sono oggetti distinti, ma li introduciamo in maniera indip perchè hanno fenomenologia diversa NEL CASO STAZIONARIO

vedremo (in relatività) campo el e mag sono due componenti dello stesso campo → campo tensoriale $\vec{\vec{F}}$ (campo elmag)]

- DATI SPERIMENTALI (→ principi fisici della magnetostatica)
  ⇕ assiomi: eq Maxw

① NON ∃ carica magnetica
(monopolo magnetico)

cioè ∀ magnete ha sempre 2 polarità < polo sud / " nord

② Vale il prin sovrapposiz: il campo magnetico totale prodotto da due magneti è la SOMMA del campo di ciascuno

③ Conservazione carica elettrica: non si possono creare o distruggere cariche elettriche

④ Forze di Lorentz (legge di Ampere) → più che un principio fisico è la definizione di campo magnetico

⑤ Legge di BIOT-SAVART → come si genera il campo mag dal movimento di cariche

Def di campo magnetico → a partire da forza Lorentz

la forza su una carica di prova q che si muove a velocità $\vec{v}$ è data da

$$\vec{F} \stackrel{def}{=} q\left(\vec{v} \times \vec{B}\right)$$

↑ def di $\vec{B}$

$\vec{B}$ "campo magnetico" ← colloquiale

vettore di induzione magnetica ← rigorosa

↑ nessun motivo per chiamarlo induzione
ragioni storiche

(in presenza di campo el $\vec{E}$: $\vec{F} \stackrel{def}{=} q\left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}\right)$

↑ def CONGIUNTA di campo el e campo magnetico

NOTARE: "fermo" o "in moto con vel $\vec{v}$" dipende dal riferimento!

⇓

la def di $\vec{E}$ e $\vec{B}$ DIPENDE dal riferimento!

prodotto vettore

$$\underbrace{\vec{F} = q\left(\vec{v} \times \vec{B}\right)}$$ ← espressione in MKS

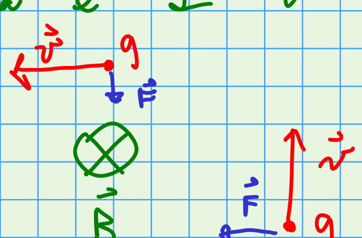
⇓

Forza è ⊥ al moto della partic

la def è diversa in cgs

$$\underbrace{\vec{F} = q\left(\frac{\vec{v}}{c} \times \vec{B}\right)}$$

↑ vel luce



verso: regola mano dx

(diversa dalla regola mano dx per verso del vettore ⊥ alla sup)

$\vec{a} = \vec{b} \times \vec{c}$

pollice indice medio

$\vec{A} \times \vec{B} = \vec{C}$

PARENTESI: vettori assiali o pseudovettori

$\vec{B}$ è def da prod vettore $\Rightarrow$ pseudovettore $\overset{def}{\Longleftrightarrow}$

- si trasforma come un vettore per rotazioni degli assi

$$\vec{B}' = \vec{\vec{R}} \cdot \vec{B}$$

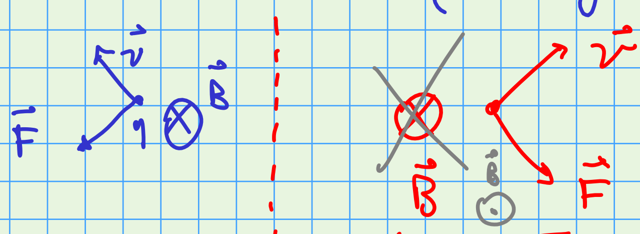
$\vec{B}'$: vettore (o pseudovettore) in sistema ruotato

$\vec{B}$: vett nel sistema iniz

$\vec{\vec{R}}$: matrice di rotazione

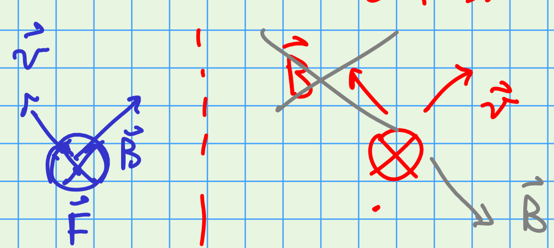
- per effetto della riflessione guadagna un segno −

$\vec{v} \longrightarrow -\vec{v}$ ($\nleftrightarrow$ regola della mano dx)



NO! no regola mano dx

se fossero tutti vettori



modo rigoroso di rappresentare gli pseudovettori è di usare una matrice

$$\vec{a} \times \vec{b} \overset{def}{=} \vec{\vec{A}} \cdot \vec{b} \qquad \text{con } \vec{\vec{A}} \overset{def}{=} \begin{pmatrix} 0 & -a_z & a_y \\ a_z & 0 & -a_x \\ -a_y & a_x & 0 \end{pmatrix}$$

$\vec{a} = (a_x, a_y, a_z)$

come fanno tutti useremo la notaz vettoriale $\vec{B} = (B_x, B_y, B_z)$

$$\vec{F} = q\,\vec{v} \times \vec{B} = -q\,\vec{B} \times \vec{v} = -q \underbrace{\begin{pmatrix} 0 & -B_z & B_y \\ B_z & 0 & -B_x \\ -B_y & B_x & 0 \end{pmatrix}}_{\text{notaz relativistica}} \cdot \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{pmatrix}$$

vett. × vett = pseudovett

vett × pseudot = vettore

$\vec{v}$ $\vec{B}$ $\vec{F}$