FISICA 2 20/10/20

EN. in ELS $\rightarrow$ $W_{TOT} = \frac{\varepsilon_0}{2}\int_{\mathbb{R}^3} d^3r \, E^2 = \frac{1}{2}\int_{V} d^3r \, \rho V(\vec{r})$

V = vol dove $\rho \neq 0$

① DOVE È L'ENERGIA?

↳ l'en è dove il campo $\vec{E} \neq 0$

Lo vedremo → facendo onde elm: onda ha energia ma non ci sono cariche

② PRIN SOVRAPPOSIZ → non vale per l'energia perchè è fn quadratica del campo

en di due campi el non è somma dell'en di ciascuno

$\vec{E}_1 \, , \, \vec{E}_2 \qquad \vec{E}_{TOT} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

prin sovrap

$$W_{TOT} = \frac{\varepsilon_0}{2}\int d^3r \, (\vec{E}_{TOT})^2 = \frac{\varepsilon_0}{2}\int d^3r \, E_1^2 + E_2^2 + 2\vec{E}_1\cdot\vec{E}_2$$

$\vec{E}_{TOT} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

en di $\vec{E}_1$

en di $\vec{E}_2$

termine di interfer

UNICITÀ delle soluz di eq di Maxw

se di un campo vettor diamo div e rot + condiz contorno $\Rightarrow$ il campo è univocam def

eq M: $\vec{\nabla}\cdot\vec{E} = \rho/\varepsilon_0$ $\qquad \vec{E}(\vec{r}) \sim \frac{1}{r^2} \quad |\vec{r}| \rightarrow \infty$

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

$\vec{\nabla}\cdot\vec{v}(\vec{r}) = f(\vec{r})$

$\vec{\nabla}\times\vec{v}(\vec{r}) = \vec{w}(\vec{r})$ $\qquad \Rightarrow \vec{v}(\vec{r})$ è univocam determinato

$|\vec{v}(\vec{r})| \rightarrow 0 \qquad v(\vec{r}) \sim \frac{1}{r^2}$ per $|\vec{r}| \rightarrow \infty$

supponiamo che $\exists\ \vec{v}'$ $\quad \vec{\nabla}\cdot\vec{v}' = f$

$\vec{\nabla}\times\vec{v}' = w$

calcoliamo l'"en" $\quad \vec{u} = \vec{v} - \vec{v}'$

$$\boxed{\vec{\nabla}\cdot\vec{u} = \vec{\nabla}\cdot(\vec{v}-\vec{v}') = \underbrace{\vec{\nabla}\cdot\vec{v}}_{= f} - \underbrace{\vec{\nabla}\cdot\vec{v}'}_{= f} = 0} \quad \otimes$$

$$\vec{\nabla}\times\vec{u} = \underbrace{\vec{\nabla}\times\vec{v}}_{= w} - \underbrace{\vec{\nabla}\times\vec{v}'}_{= w} = 0 \Rightarrow \vec{u} \text{ è irrotaz} \Rightarrow$$

$\exists\ \varphi$ campo scalare t.c. $\vec{u} = -\vec{\nabla}\varphi$

$\varphi \to 0$ come $\frac{1}{r}$ visto che $|\vec{u}| \to 0$ come $\frac{1}{r^2}$

per $|\vec{r}| \to \infty$

$$0 = \vec{\nabla}\cdot\vec{u} = -\nabla^2\varphi$$

$$\int_V d^3r\ u^2 = \int_V d^3r\ (\vec{\nabla}\varphi)^2 =$$

$$\vec{\nabla}\cdot(\varphi\vec{\nabla}\varphi) = (\vec{\nabla}\varphi)\cdot(\vec{\nabla}\varphi) + \varphi\nabla^2\varphi$$

derivaz del prod

$$\int_V d^3r \left[\vec{\nabla}\cdot(\varphi\vec{\nabla}\varphi) - \varphi\nabla^2\varphi\right] = \underbrace{\int_{S=\partial V} d^2r\ \vec{n}\cdot\varphi\vec{\nabla}\varphi}_{\to 0} -$$

t. Gauss

$$-\int_V d^3r\ \varphi\nabla^2\varphi = 0$$

$V \to \mathbb{R}^3$ sfera $r\to\infty$

sup $S \to r^2$

$\varphi \sim \frac{1}{r}$ $\quad |-\vec{\nabla}\varphi| = |\vec{u}| \sim \frac{1}{r^2}$

$$\nabla^2\varphi = \nabla\cdot(\underbrace{\vec{\nabla}\varphi}_{= \vec{u}}) = 0$$

$\vec{\nabla}\cdot\vec{u} = 0 \quad \otimes$

$$\int_{\mathbb{R}^3} d^3r\ u^2 = 0 \underset{u^2 \geq 0}{\Longleftrightarrow} u(\vec{r}) = 0\ \forall\vec{r} \Leftrightarrow \vec{u}(\vec{r}) = \vec{v} - \vec{v}' = 0$$

$$\vec{v} = \vec{v}'$$

- CONDUTTORI

def CONDUTTORE: è un materiale che permette la circolazione della carica elettrica

es: metalli, acqua

def isolanti (dielettrici) → materiali dove la carica non si muove

es plastica, gomma

differenza tra potenziale → uccello si posa su linea alta tensione

e differenza di potenziale → se toccate i due poli della spina elettrica

PROPRIETÀ CONDUTTORI:

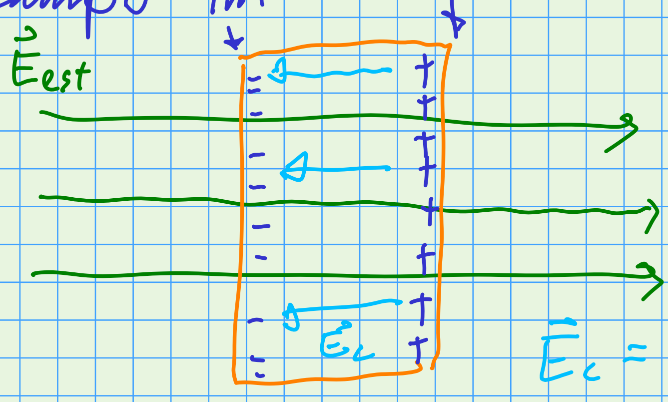
① $\vec{E}_{interno} = 0$ anche in presenza di un campo esterno

le cariche interne si muovono liberamente ⇒ continuano a muoversi per effetto forza Lorentz $\vec{F} = q\vec{E}$

finché $\vec{E}_{int} = 0 \Rightarrow \vec{F} = 0$

Non vuole dire che cariche interne sono uniformi

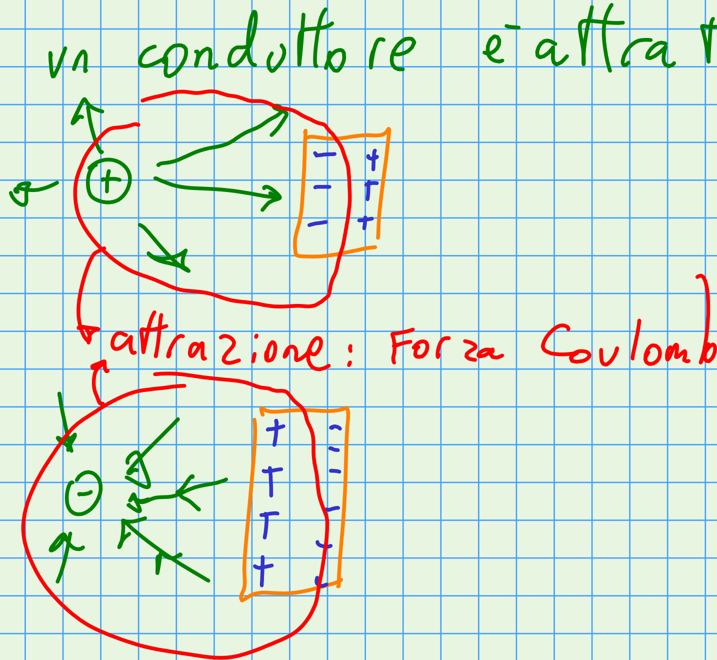
→ le cariche interne si dispongono in modo da cancellare campo int



$\vec{E}_c$ = campo creato dalle cariche t.c. $\vec{E}_{est} + \vec{E}_c = \vec{E}_{int} = 0$

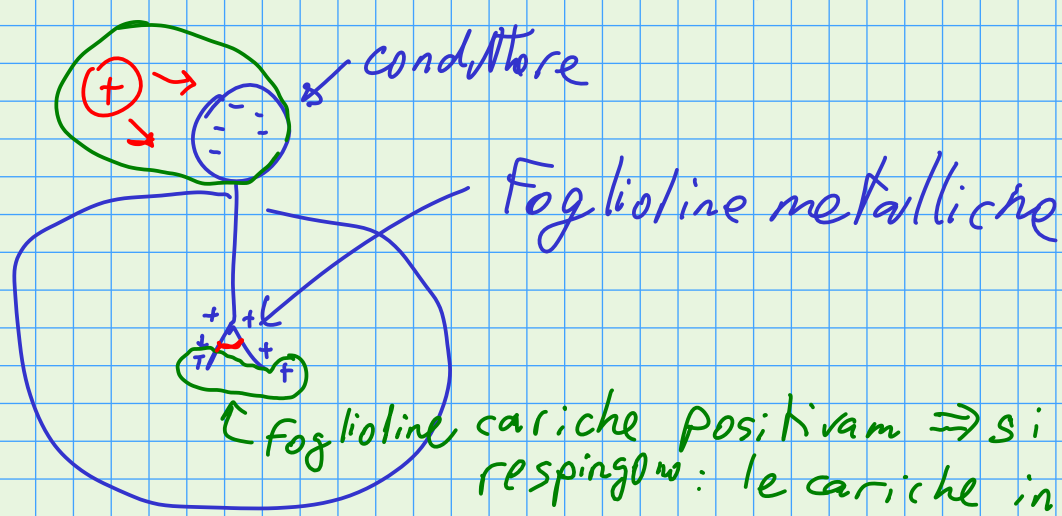
INDUZIONE ELS ~~a~~ effetto di un campo el su un conduttore

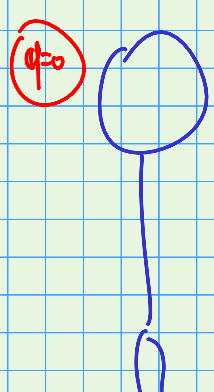
CONSEGUENZA: un conduttore è attratto da campo esterno



ELETTROSCOPIO inventato da Volta 1780

serve a misurare la carica elettrica di un oggetto





② $\rho_{int} = 0$ se $\vec{E}_{int} = 0$ $\rho = \varepsilon_0 \vec{\nabla} \cdot \vec{E} \Rightarrow \rho_{int} = 0$

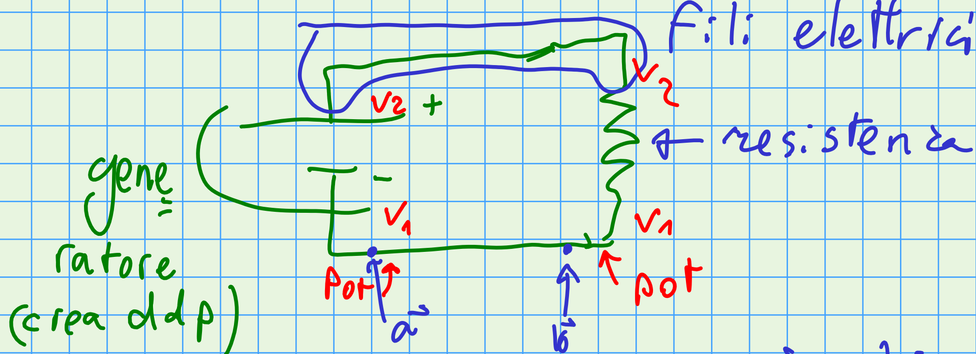
1° eq Max

$\rho = 0$ non vuol dire niente cariche, ma cariche neg = cariche pos

③ CONTRADDIZ ② e l'induz els ? → NO

le cariche si dispongono sulla sup del conduttore

④ i conduttori sono equipotenziali →
ciascun punto del conduttore ha stesso potenziale
↳ MOTIVO per cui i fili elettrici (servono a trasferire dif di potenziale) sono di materiale conduttore
nei circuiti elettrici → notazione



perchè? due punti $\vec{a}$ e $\vec{b}$ interni al condutt

$$V(\vec{b}) - V(\vec{a}) = -\int_{\vec{a}}^{\vec{b}} d\vec{r} \cdot \vec{E} = 0 \qquad V(\vec{b}) = V(\vec{a})$$

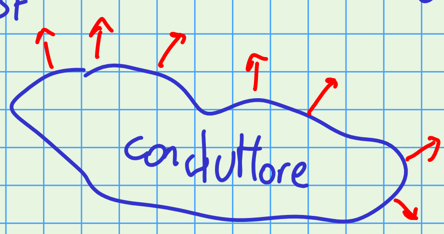
$\vec{E} = 0$ campo nullo nel condutt

$\vec{\nabla} \times \vec{E} = 0$ (in elstatica)

in eld i conduttori sono equipot con BUONA approssimaz
(a meno di considerare conduttori enormi o freq elevate)

$\lambda \nu = c \qquad L \sim \frac{c}{\nu}$

⑤ $\vec{E}_{est}$ è $\perp$ al conduttore appena fuori dalla sup



Se così non fosse ⇒ le cariche si muoverebbero tangenzialm lungo la sup finchè la compon tangenziale non è nulla $\vec{F} = q\vec{E}$

APPLICAZ → schermo elettrostatico (gabbia di Faraday) : dato che all'interno del condutt $\rho = 0$
$\vec{E} = 0$

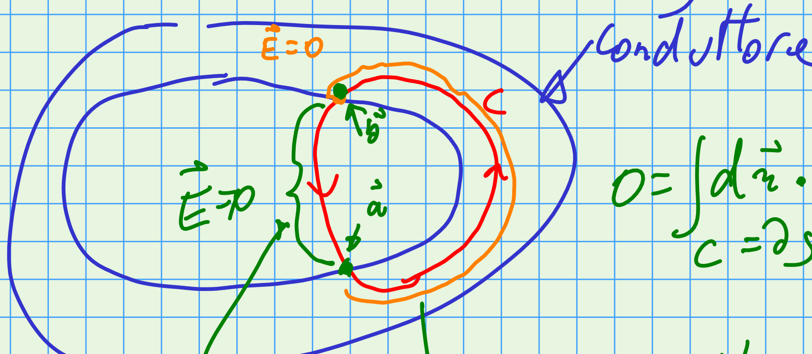
ci aspettiamo che se il conduttore è cavo $\vec{E} = 0$:

l'unica parte di conduttore responsabile $\vec{E}_{int} = 0$ è la sup

[fulmine → isolante (aria) può condurre elettricità se ddp è sufficientemente alta

auto, aereoplani → gabbia di faraday

perché lo schermo ha campo el interno nullo (in assenza di cariche interne)

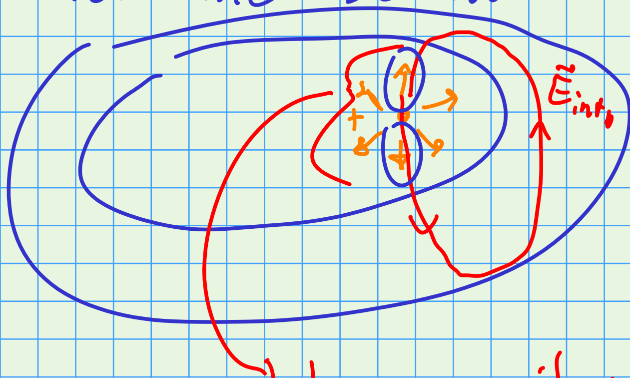


$$0 = \int_{C = \partial S} d\vec{r} \cdot \vec{E} \overset{\text{t. stokes}}{=} \int_S d^2 r \, \vec{n} \cdot \underbrace{\vec{\nabla} \times \vec{E}}_{=0} = 0$$

la circuitaz è nulla tra $\vec{a}$, $\vec{b}$ perché $\vec{E}_{int} = 0$

⇒ la circuitaz deve essere nulla anche nel tratto tra $\vec{b}$ ed $\vec{a}$.

Se non ci sono cariche interne ⇒ il campo non può cambiare segno ⇒ circuitaz nulla vuol dire campo nullo questo non vale se ho cariche interne



ho circuitaz nulla ma il campo è $\neq 0$

Le cariche sono le <u>uniche</u> sorgenti del campo (1° eq Maxw)

$\Rightarrow$ in assenza di cariche interne $\vec{E}_{int} = 0$ sia nel conduttore che nella zona cava.