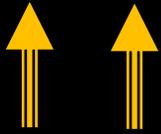


1) ELETTROSTATICA NEL VUOTO

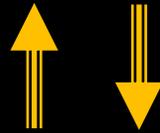
esercizio

$$\mathbf{U} = -\vec{p} \cdot \vec{E}$$

ordinare le seguenti configurazioni in ordine decrescente di energia



A



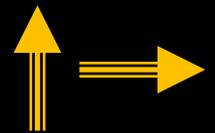
B



C



D

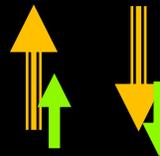


E



$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0 r^3} \begin{matrix} p^2 & p^2 \end{matrix}$$

A



$$\begin{matrix} -p^2 & -p^2 \end{matrix}$$

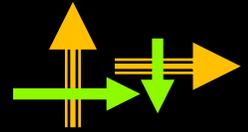


$$\begin{matrix} -2p^2 & -2p^2 \end{matrix}$$



$$\begin{matrix} 2p^2 & 2p^2 \end{matrix}$$

D



$$\begin{matrix} 0 & 0 \end{matrix}$$

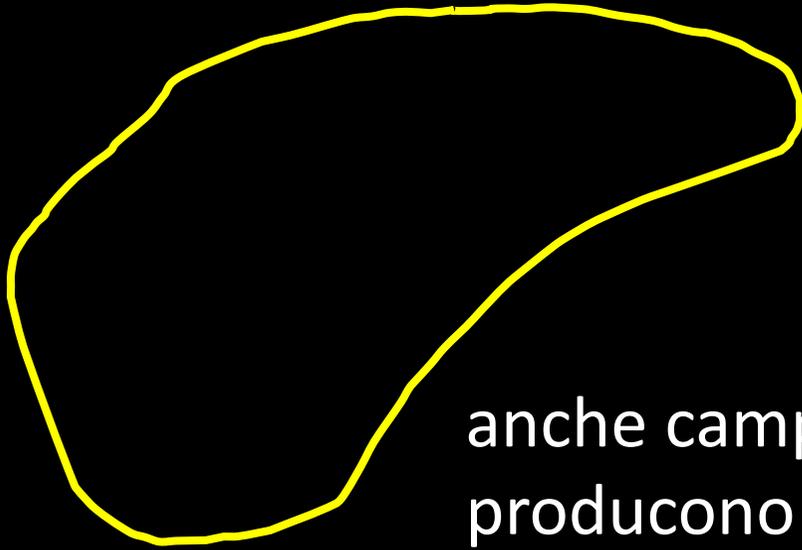
E

$$E_r(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2p \cos\theta}{r^3} \quad C$$

$$E_n(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p \sin\theta}{r^3} \quad E$$

2) ELETTROSTATICA NELLA MATERIA

conduttori



gli elettroni (e la loro mancanza) sono liberi di muoversi all'interno del conduttore come fossero un gas

anche campi elettrici poco intensi ($\mu\text{V}/\text{m}$) producono accelerazioni enormi:

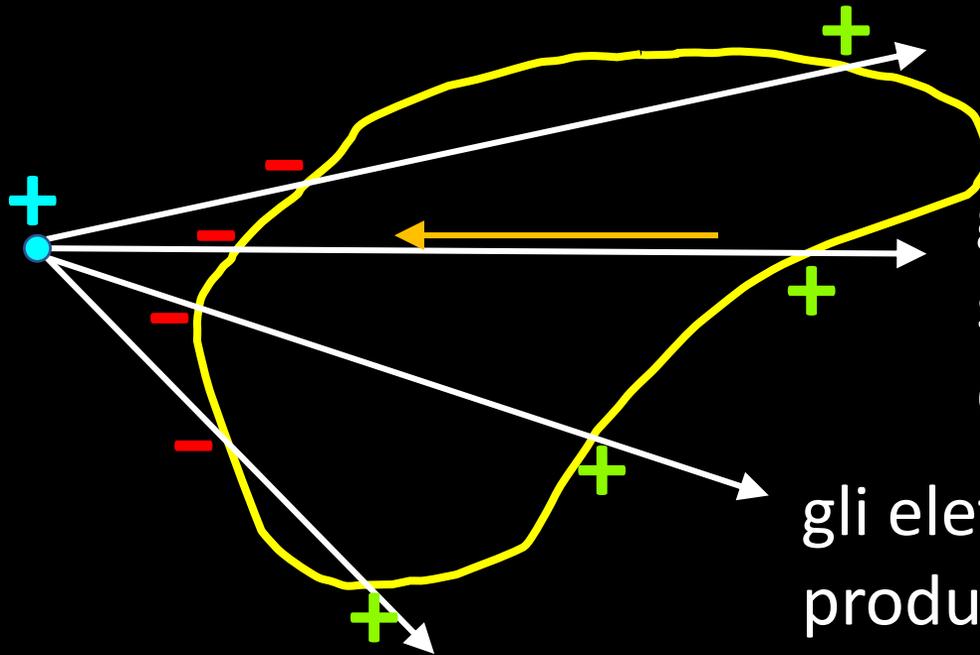
$$a = F/m = qE/m = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-6} / 9 \cdot 10^{-31} = 2 \cdot 10^{15} \text{m/s}^2$$

gli elettroni arrivano istantaneamente alla velocità della luce c e quindi percorrono spazi decimetrici in nanosecondi (10^{-9}s)

2) ELETTROSTATICA NELLA MATERIA

campo

conduttori



gli elettroni (e la loro mancanza) sono liberi di muoversi all'interno del conduttore come fossero un gas

gli elettroni (e la loro mancanza) producono un campo che si oppone a quello generato dalla carica esterna

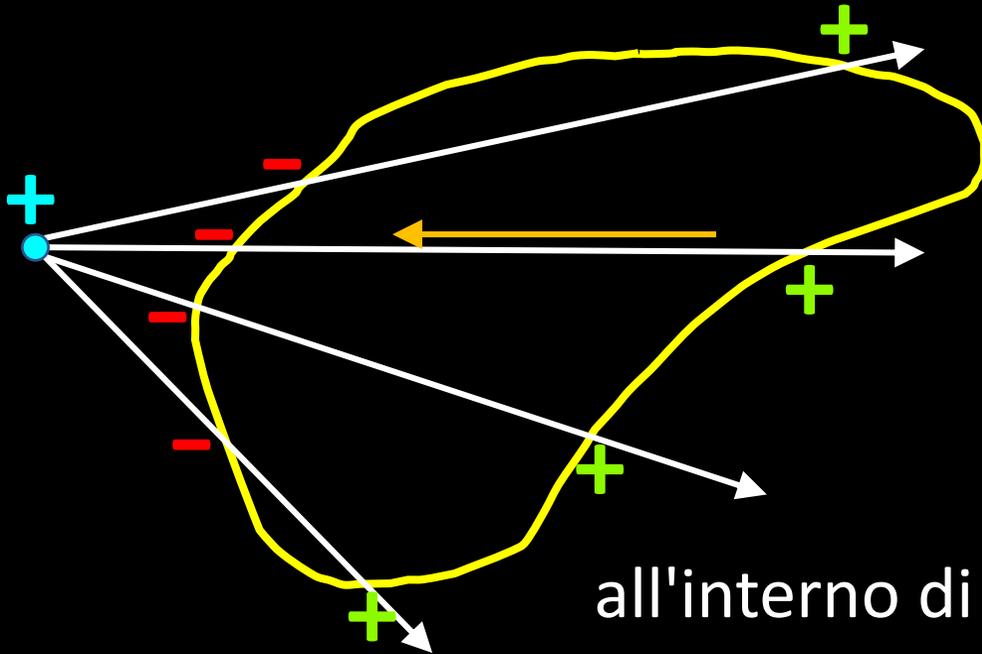
finché il campo generato dalle cariche che si sono spostate non annulla quello generato dall'esterno, gli elettroni continuano a spostarsi

all'equilibrio il campo all'interno è annullato (10^{-12} - 10^{-9} s)

2) ELETTROSTATICA NELLA MATERIA

carica

conduttori



$$\operatorname{div}(\vec{E}) = \frac{\rho(\vec{r})}{\epsilon_0}$$

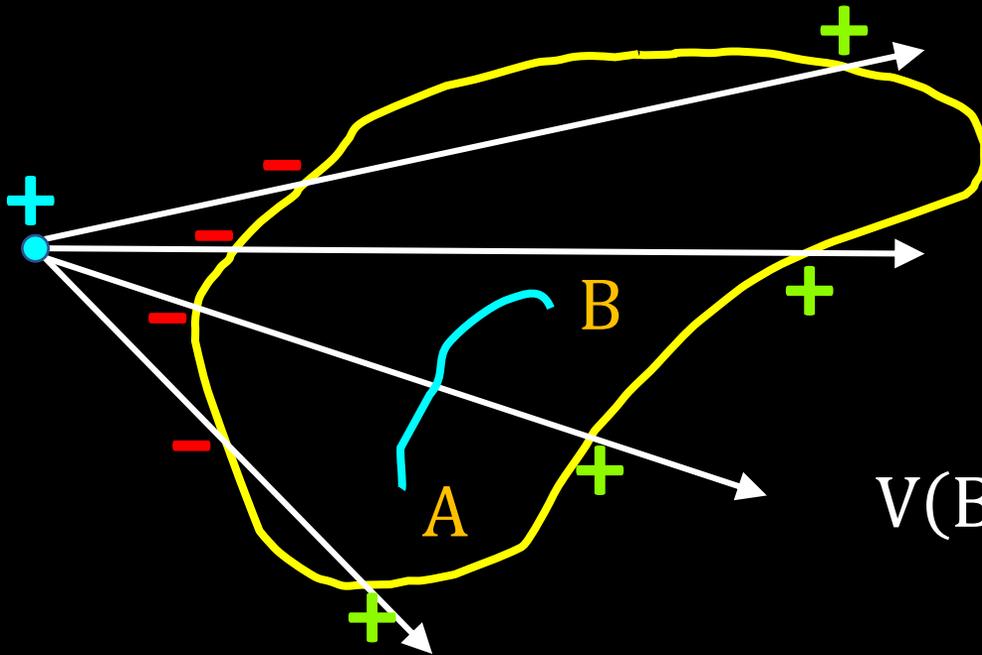
$$\vec{E}_{\text{int}} = 0 \rightarrow \rho = 0$$

e σ ?

all'interno di un conduttore non ci sono cariche
possono eventualmente essere sulla superficie

all'**equilibrio** il campo all'interno è annullato (10^{-12} - 10^{-9} s)

2) ELETTROSTATICA NELLA MATERIA potenziale conduttori



$$\vec{E}_{\text{int}} = 0$$

$$V(B) = V(A) + \int_A^B -\vec{E} \cdot d\vec{l} = V(A)$$

all'interno di un conduttore non c'è campo elettrostatico e quindi il suo interno è equipotenziale

all'**equilibrio** il campo all'interno di un conduttore è nullo

2) ELETTROSTATICA NELLA MATERIA superficie conduttori

e la superficie?

$$\vec{E}_{\text{int}} = 0$$

$$V(B) = V(A) + \int_A^B -\vec{E} \cdot d\vec{l} = V(A)$$

anche la superficie di un conduttore è equipotenziale
e quindi tutto il conduttore è equipotenziale

all'**equilibrio** il campo all'interno di un conduttore è nullo

2) ELETTROSTATICA NELLA MATERIA

campo conduttori

e sulla superficie?

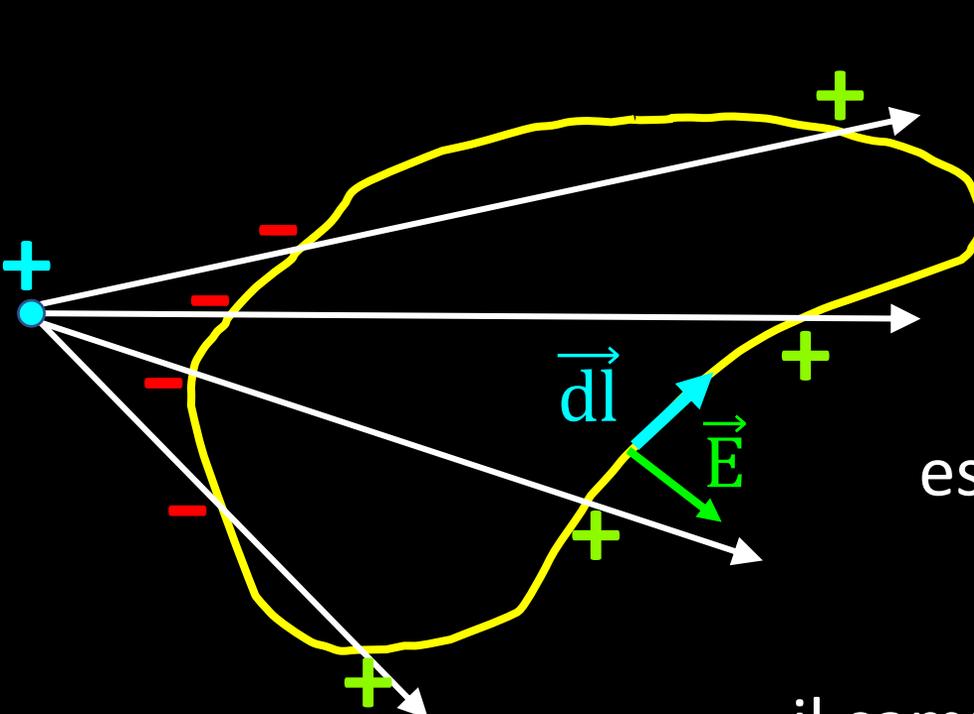
$$\vec{E}_{\text{int}} = 0$$

$$dV(\vec{r}) = -\vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$\text{essendo } dV(\vec{r}) = 0 \rightarrow \vec{E}_{\text{sup}} \perp d\vec{l}$$

il campo elettrico è perpendicolare
alla superficie del conduttore

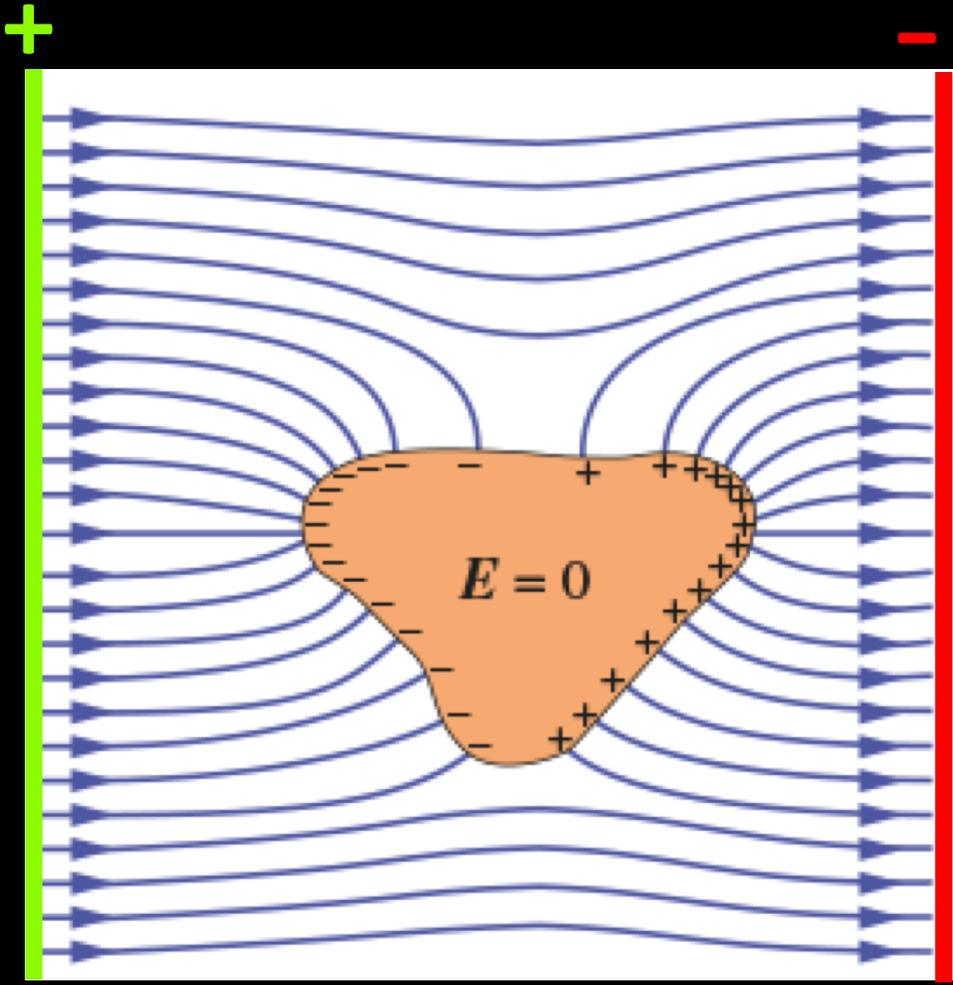
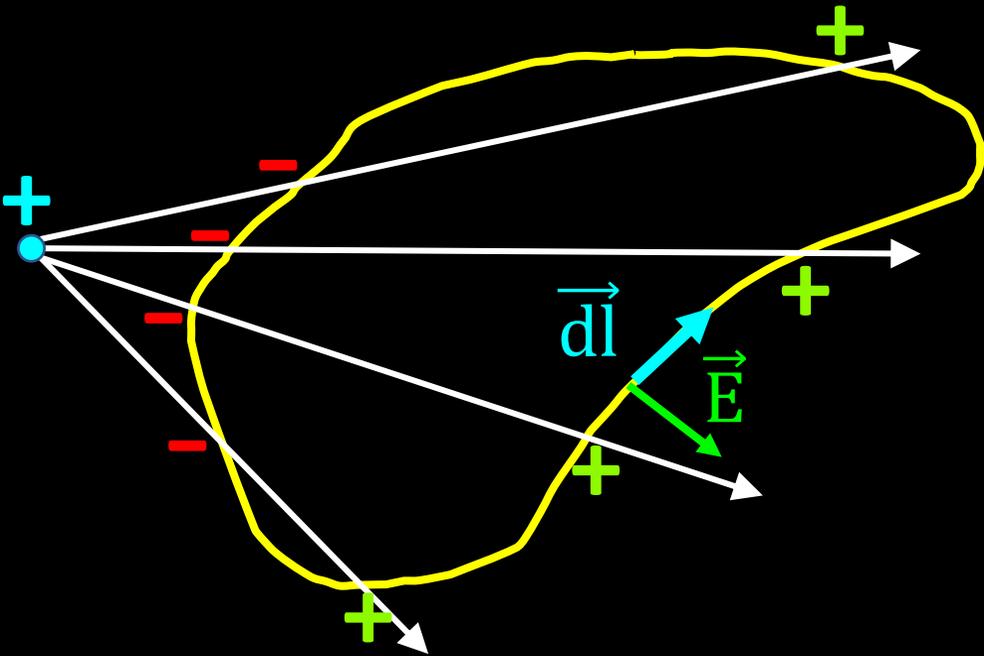
all'**equilibrio** la superficie di un conduttore è equipotenziale



2) ELETTROSTATICA NELLA MATERIA

campo

conduttori

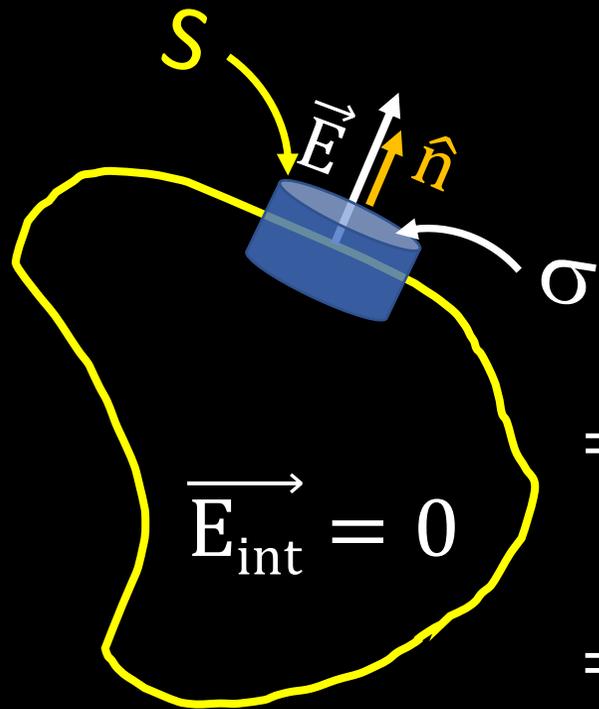


il campo elettrico è generato da tutte le cariche, anche quelle indotte sulla superficie del conduttore

2) ELETTROSTATICA NELLA MATERIA

campo

conduttori



il campo è perpendicolare alla superficie
ma quanto vale?

teorema di Coulomb

$$\begin{aligned}\phi(\vec{E})_S &= \int_S \vec{E} \cdot \hat{n} \, dS = \\ &= \int_{\text{base1}} \vec{E}_{\text{int}} \cdot \hat{n}_1 \, dS + \int_{\text{base2}} \vec{E} \cdot \hat{n} \, dS + \int_{\text{lat}} \vec{E} \cdot \hat{r} \, dS \\ &= \int_{\text{base1}} 0 \cdot \hat{n}_1 \, dS + \int_{\text{base2}} E_{\text{sup}} \, dS + \int_{\text{lat}} 0 \, dS \\ &= E_{\text{sup}} S = \frac{q_{\text{int}}}{\epsilon_0} = \frac{\sigma S}{\epsilon_0} \rightarrow E_{\text{sup}} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}\end{aligned}$$

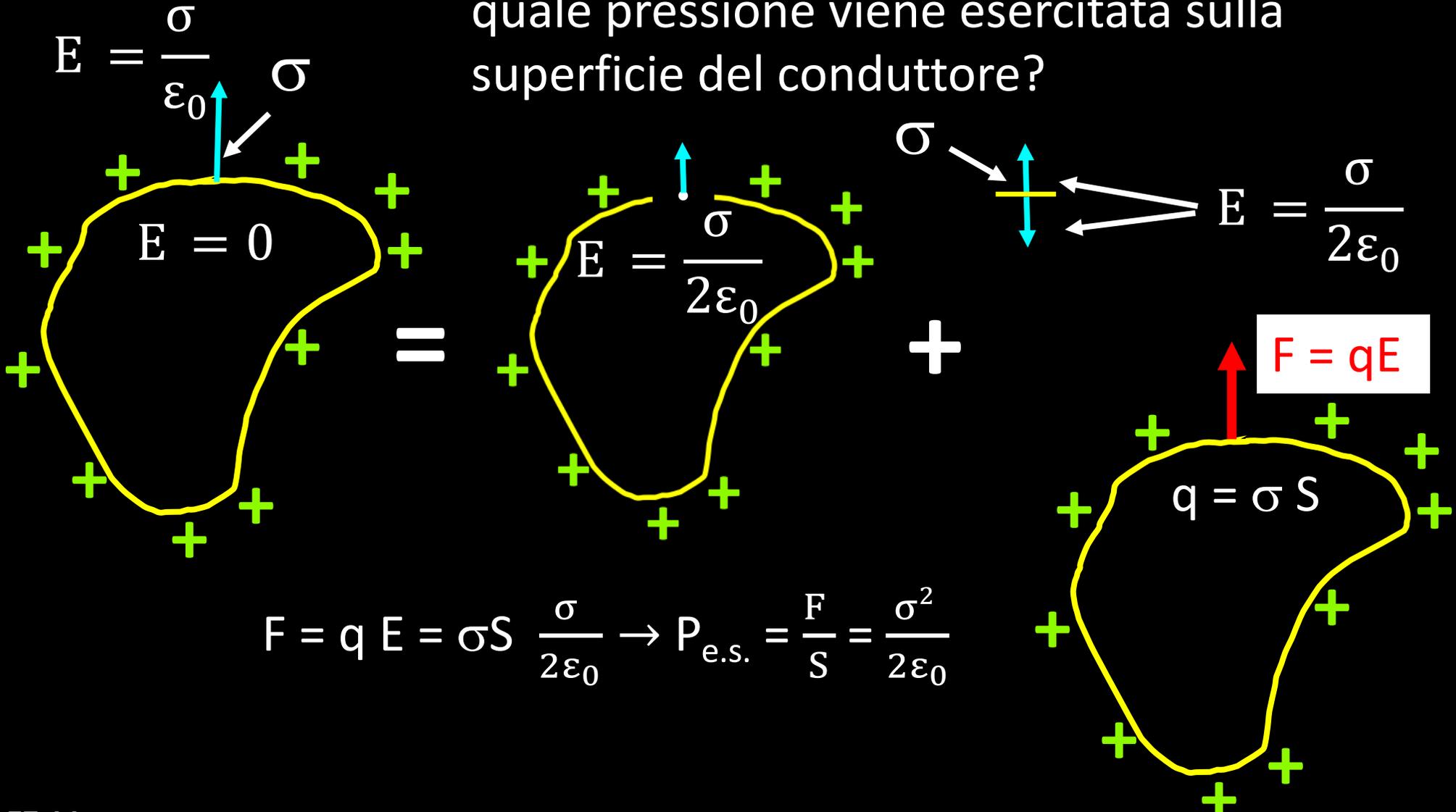
nei conduttori le cariche (elettroni o la loro mancanza) sono libere di muoversi:

- 1) il campo elettrostatico in un conduttore è nullo (\leftarrow equilibrio)
- 2) il conduttore è equipotenziale
- 3) non c'è carica libera interna: $\text{div}(\vec{E}) = \frac{\rho}{\epsilon_0}$
- 4) il campo elettrico sulla superficie è normale alla superficie
- 5) nelle vicinanze del conduttore il campo elettrico è $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

2) ELETTROSTATICA NELLA MATERIA

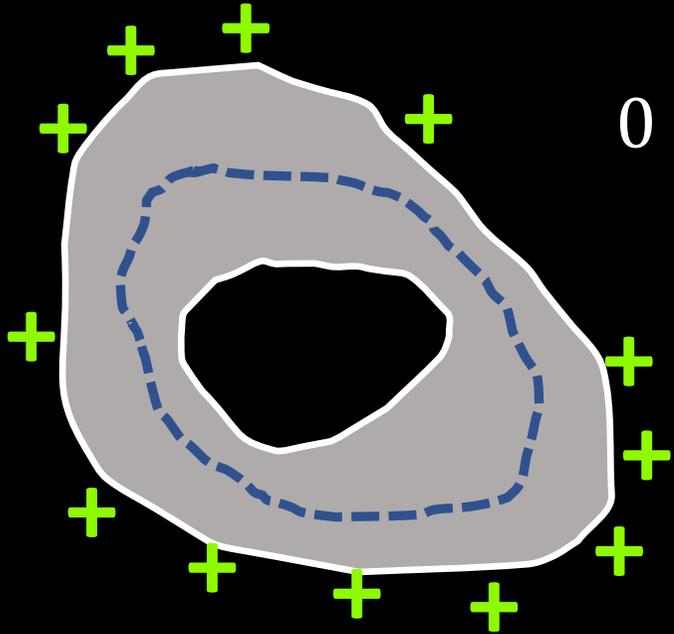
pressione e.s.

cariche dello stesso segno si respingono...
 quale pressione viene esercitata sulla
 superficie del conduttore?



2) ELETTROSTATICA NELLA MATERIA

conduttore cavo



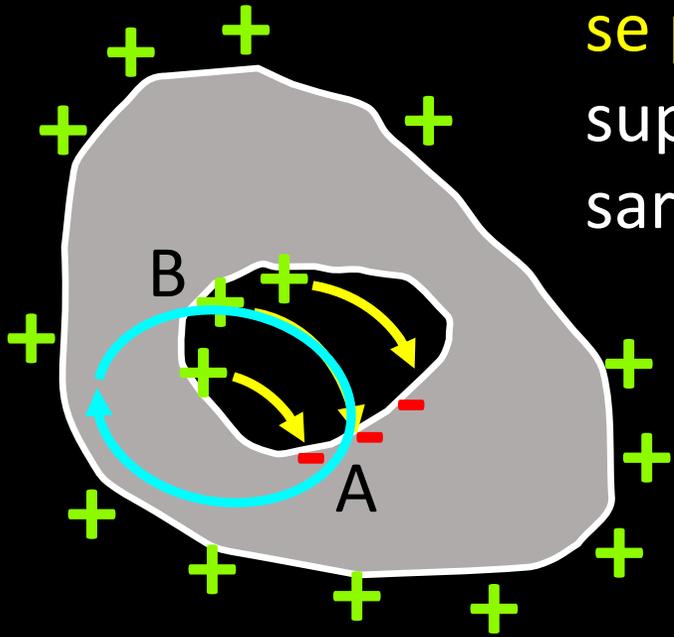
$$0 = \oint_S (\vec{E}) \cdot \hat{n} \, dS = \frac{q_{\text{int}}}{\epsilon_0}$$

se c'è una carica interna può essere solo sulla superficie della cavità:

$$\text{div}(\vec{E}) = \frac{\rho(\vec{r})}{\epsilon_0}$$

2) ELETTROSTATICA NELLA MATERIA

conduttore cavo



se per assurdo ci fossero delle cariche sulla superficie della cavità, le linee di campo sarebbero parzialmente nella cavità

quindi si potrebbe calcolare la circuitazione lungo una linea in parte nel conduttore dove $\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$

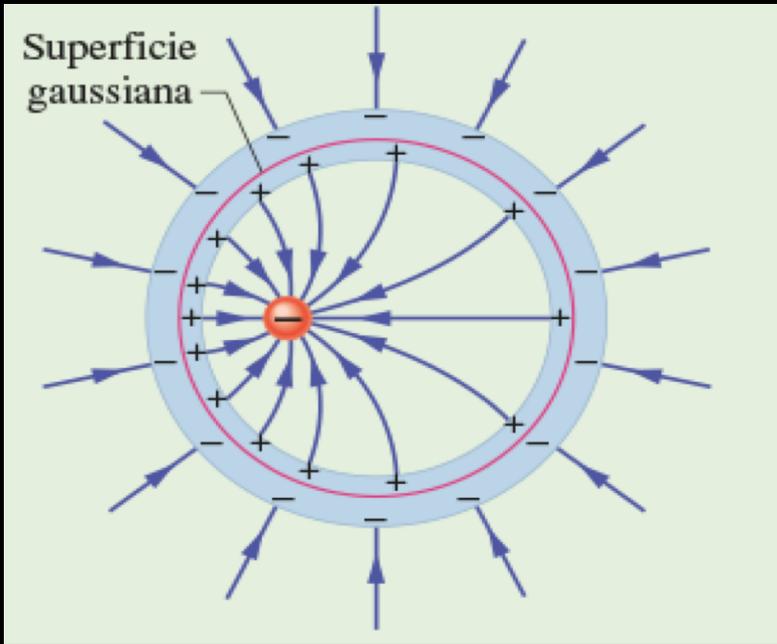
e in parte nella cavità dove, scegliendo direzione e verso coincidenti con le linee di campo si avrebbe $\int_B^A \vec{E} \cdot d\vec{l} > 0$

e quindi l'assurdo di una circuitazione non nulla

Il conduttore isola la cavità da ciò che succede sulla sua superficie: cariche esterne non generano né cariche, né campi all'interno (schermo elettrostatico, gabbia di Faraday)

2) ELETTROSTATICA NELLA MATERIA

conduttore cavo



una carica Q all'interno di una cavità induce sulla superficie interna una carica $-Q$: il flusso deve essere nullo ($E_{\text{int}}=0$)

$$\phi(\vec{E})_S = \int_S \vec{E} \hat{n} dS = \frac{q_{\text{int}}}{\epsilon_0}$$

Per mantenere la neutralità, sulla superficie esterna del conduttore compare la carica Q con una distribuzione indipendente da quanto accade nella cavità ($E_{\text{int}}=0$)

Lo schermo elettrostatico protegge l'esterno dai campi generati all'interno della cavità (compatibilità elettromagnetica)