Complementi di fisica generale

adalberto.sciubba@uniroma1.it

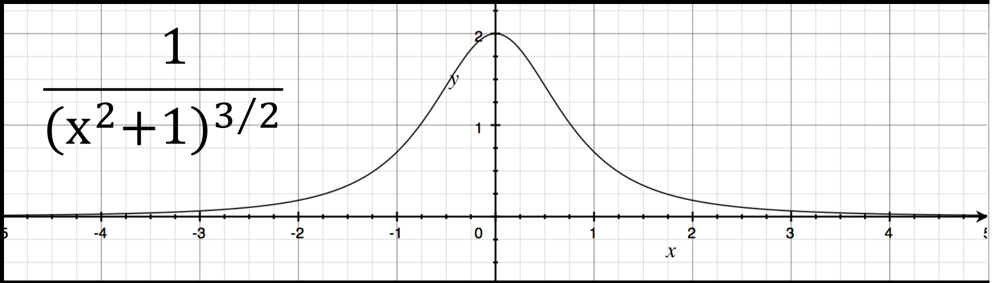
sorgenti, campi e loro interazioni

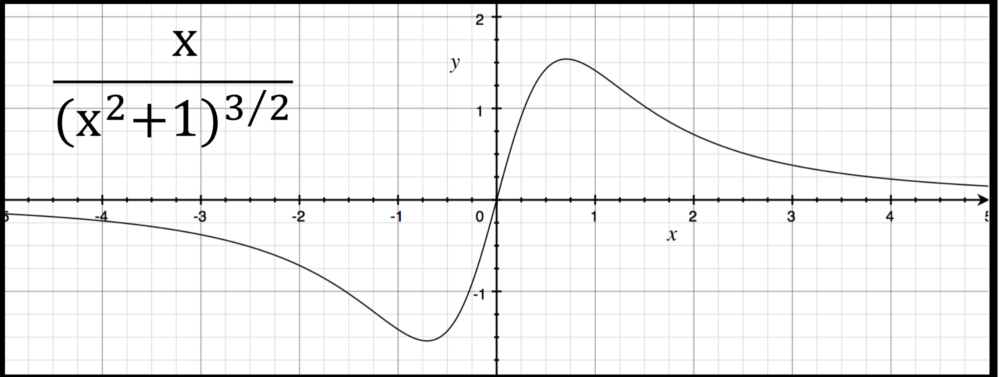
forze su cariche
correnti in campo magnetico
forze fra correnti

un paio di integrali...

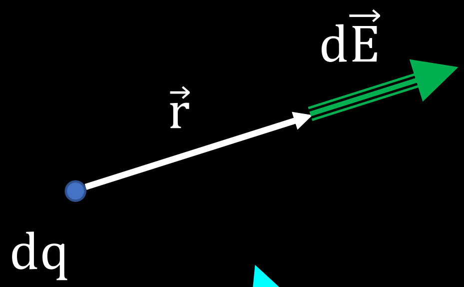
$$\int \frac{dx}{(x^2+a^2)^{3/2}} = \frac{1}{a^2}\frac{x}{\sqrt{x^2+a^2}} + c$$

$$\int \frac{x\ dx}{(x^2+a^2)^{3/2}} = -\frac{1}{\sqrt{x^2+a^2}} + c$$



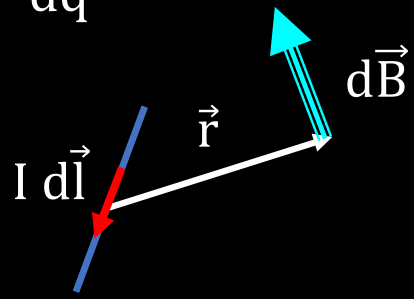


$$\overrightarrow{dE(\vec{r})} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\, dq\, \frac{\hat{r}}{r^2}$$



$$\vec{F} = q\,\vec{E}$$

$$\overrightarrow{dB(\vec{r})} = \frac{\mu_0}{4\pi}\, I d\vec{l} \times \frac{\hat{r}}{r^2}$$

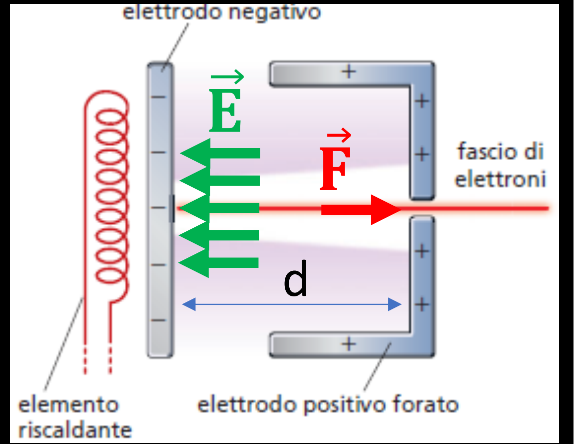


$$\phi_S(\vec{E}) = \int_S \vec{E}\,\hat{n}\, dS = \frac{q_{int}}{\varepsilon_0}$$

$$\oint_\gamma \vec{B}\, d\vec{l} = \mu_o I_{conc}$$

particelle cariche: forza elettrostatica

cannone elettronico



Un elettrone ($q = -e$ con $e = 1{,}6\ 10^{-19}$ C; $m = 9\ 10^{-31}$ kg) è fermo in una regione di spazio in cui viene poi applicato un campo elettrostatico uniforme e costante $E = 10^6$ N/C che lo accelera.
Determinare la velocità dell'elettrone dopo che ha percorso una distanza d = 10 cm.

$$\vec{F} = q\,\vec{E}$$

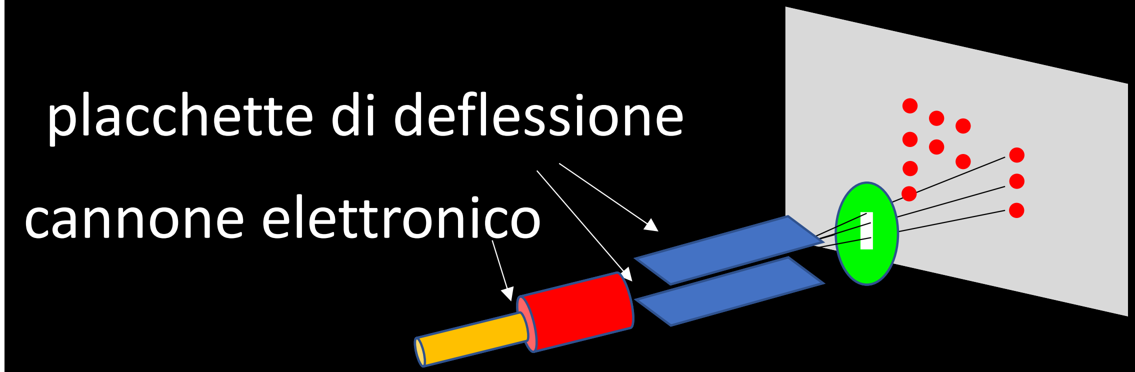
$$L = \int_\gamma \vec{F}\cdot\vec{dl} = \int_0^d F\,dl = \int_0^d eE\,dl = e\,E\,d = \frac{1}{2}m\,v_{fin}^{\ 2} - \frac{1}{2}m\,v_{in}^{\ 2} = \frac{1}{2}m\,v_{fin}^{\ 2}$$

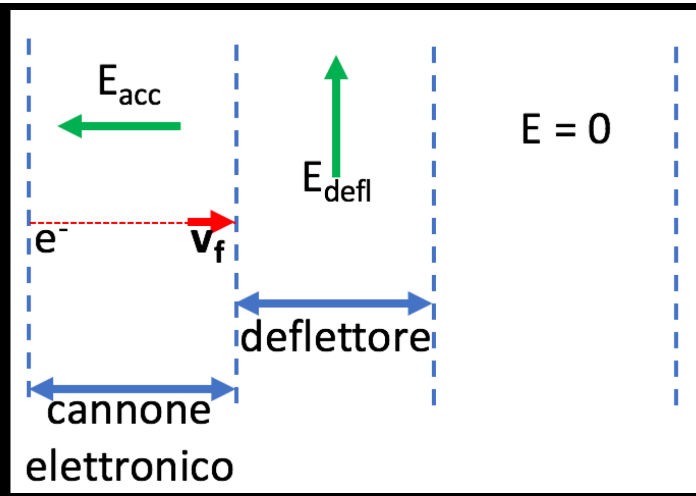
$$v_{fin} = \sqrt{\frac{2eEd}{m}} = 1{,}9\cdot 10^8\,\frac{m}{s} \cong \frac{2}{3}\,c$$

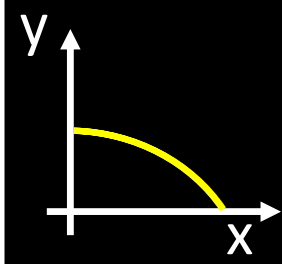
?

forza elettrostatica su particelle cariche

INK JET







INK JET – Uscito con velocità v_f dal cannone elettronico, l'elettrone incontra prima una zona di campo elettrostatico uniforme perpendicolare alla velocità raggiunta e poi una zona senza campo.
Disegnare, commentandola, la traiettoria dell'elettrone

nella sezione di deflessione

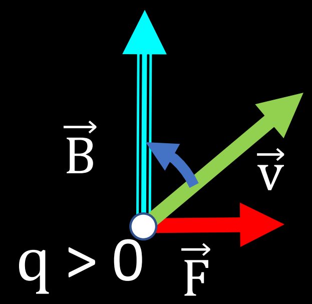
$$F_x = 0 \rightarrow a_x = 0 \rightarrow v_x = \text{costante}$$

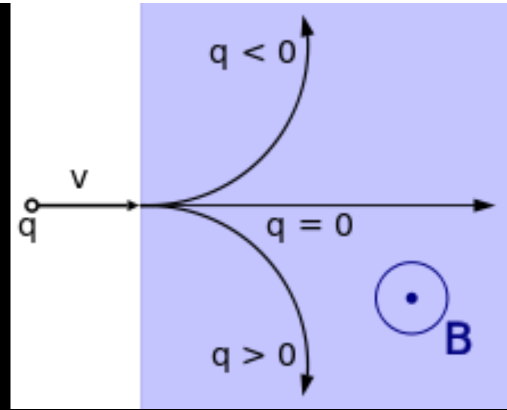
$$F_y = -eE \rightarrow a_y = -eE/m = \text{costante}$$

?

forza di Lorentz

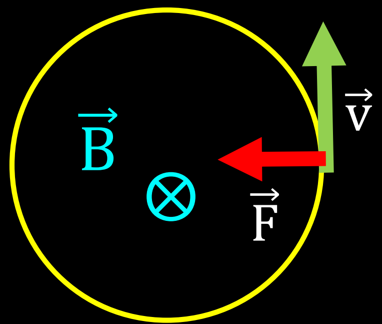
$$\vec{F} = q\,\vec{v} \times \vec{B}$$





$$L = \int_\gamma \vec{F}\cdot\vec{dl} = \int_\gamma \overset{\perp\,\vec{v}}{(q\,\vec{v}\times\vec{B})}\cdot\vec{v}dt = 0 \;\rightarrow |\vec{v}| = \text{costante}$$

se la forza non compie lavoro non c'è variazione di energia cinetica



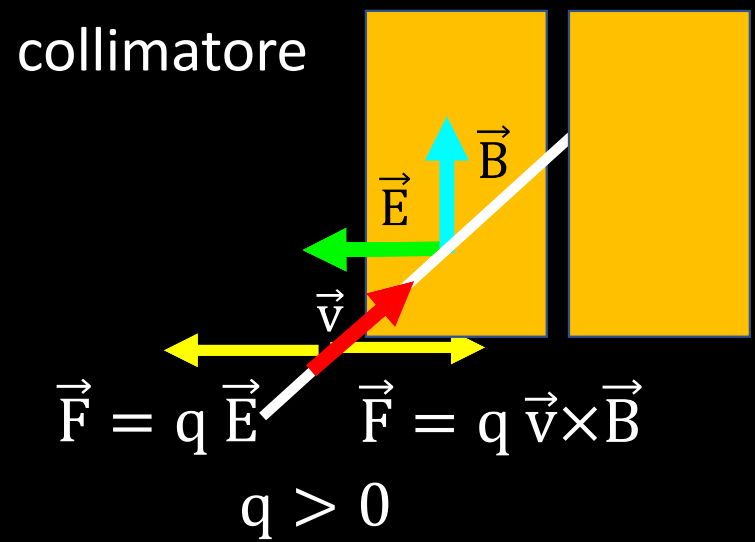
$F_L = m\,a_c = m\,v^2/R \quad F_L = q\,v\,B$

$R = mv/qB$

Coulomb + Lorentz

selettore di velocità

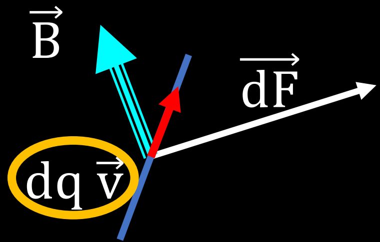
$$\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{v}\times\vec{B}\right)$$



passano solo le cariche con
qE = qvB → v = E/B

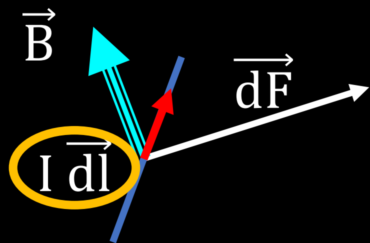
forze corrente-campo B (Lorentz →II Laplace)

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



$$\overrightarrow{dF} = dq\,\vec{v} \times \vec{B} \quad = dq\,\frac{\overrightarrow{dl}}{dt} \times \vec{B} \quad = \frac{dq}{dt}\,\overrightarrow{dl} \times \vec{B} = I\,\overrightarrow{dl} \times \vec{B}$$

$$\overrightarrow{dF} = I\,\overrightarrow{dl} \times \vec{B}$$



$\vec{F} = I\,\vec{L} \times \vec{B}$ se filo rettilineo

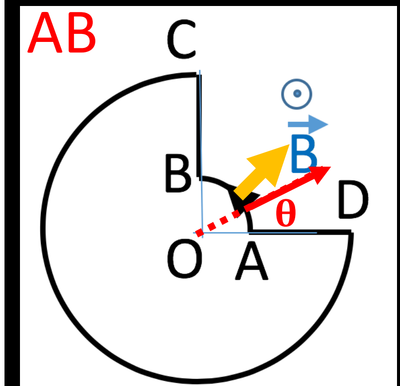
?

forze corrente-campo B (II Laplace)

La spira piana in figura è costituita da due archi di circonferenza concentrici di raggi R e 3R raccordati da due tratti radiali lunghi 2R fra loro perpendicolari. La spira è percorsa da una corrente di intensità I ed è immersa in un campo magnetico uniforme B = 0,1 T perpendicolare al piano. Calcolare la forza che agisce in ciascuno dei quattro tratti della spira e verificare che la forza totale agente sulla spira è nulla.

$$\vec{F} = I\,\vec{L} \times \vec{B}$$

$$d\vec{F} = I\,\vec{dl} \times \vec{B}$$



$$F_{ABx} = \int_0^{\frac{\pi}{2}} I\,Rd\theta\,B\cos\theta = IRB\sin\theta\,\Big|_0^{\frac{\pi}{2}} = IRB(1-0) = IRB$$

$$F_{ABy} = \int_0^{\frac{\pi}{2}} I\,Rd\theta\,B\sin\theta = -IRB\cos\theta\,\Big|_0^{\frac{\pi}{2}} = -IRB(0-1) = IRB$$

?

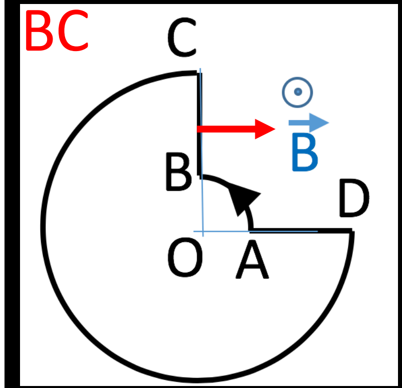
forze corrente-campo B (II Laplace)

La spira piana in figura è costituita da due archi di circonferenza concentrici di raggi R e 3R raccordati da due tratti radiali lunghi 2R fra loro perpendicolari. La spira è percorsa da una corrente di intensità I ed è immersa in un campo magnetico uniforme B = 0,1 T perpendicolare al piano. Calcolare la forza che agisce in ciascuno dei quattro tratti della spira e verificare che la forza totale agente sulla spira è nulla.

$$\vec{F} = I\,\vec{L} \times \vec{B}$$

$$F_{BCx} = I\,2R\,B$$

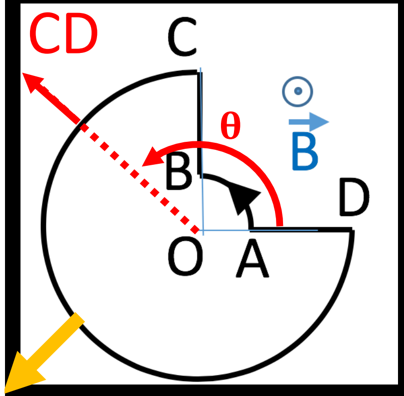
$$F_{BCy} = 0$$



forze corrente-campo B (II Laplace)

La spira piana in figura è costituita da due archi di circonferenza concentrici di raggi R e 3R raccordati da due tratti radiali lunghi 2R fra loro perpendicolari. La spira è percorsa da una corrente di intensità I ed è immersa in un campo magnetico uniforme B = 0,1 T perpendicolare al piano. Calcolare la forza che agisce in ciascuno dei quattro tratti della spira e verificare che la forza totale agente sulla spira è nulla.

$$d\vec{F} = I\,\vec{dl} \times \vec{B}$$



$$F_{CDx} = \int_{\frac{\pi}{2}}^{2\pi} I\,3Rd\theta\,B\cos\theta = I3RB\sin\theta\Big|_{\frac{\pi}{2}}^{2\pi} = I3RB(0-1) = -3IRB$$

$$F_{CDy} = \int_{\frac{\pi}{2}}^{2\pi} I\,3Rd\theta\,B\sin\theta = -I3RB\cos\theta\Big|_{\frac{\pi}{2}}^{2\pi} = -I3RB(1-0) = -3IRB$$

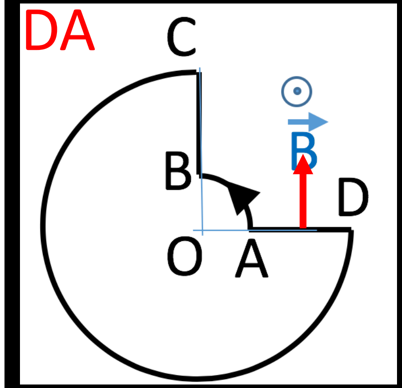
?

forze corrente-campo B (II Laplace)

La spira piana in figura è costituita da due archi di circonferenza concentrici di raggi R e 3R raccordati da due tratti radiali lunghi 2R fra loro perpendicolari. La spira è percorsa da una corrente di intensità I ed è immersa in un campo magnetico uniforme B = 0,1 T perpendicolare al piano. Calcolare la forza che agisce in ciascuno dei quattro tratti della spira e verificare che la forza totale agente sulla spira è nulla.

$$\vec{F} = I\,\vec{L} \times \vec{B}$$

$$F_{BCx} = 0$$



$$F_{DAx} = I\ 2R\ B$$

?

forze corrente-campo B (II Laplace)

La spira piana in figura è costituita da due archi di circonferenza concentrici di raggi R e 3R raccordati da due tratti radiali lunghi 2R fra loro perpendicolari. La spira è percorsa da una corrente di intensità I ed è immersa in un campo magnetico uniforme B = 0,1 T perpendicolare al piano. Calcolare la forza che agisce in ciascuno dei quattro tratti della spira e verificare che la forza totale agente sulla spira è nulla.

$F_{ABx} = IRB \qquad F_{ABy} = IRB$

$F_{BCx} = 2IRB \qquad F_{BCx} = 0$

$F_{CDx} = -3IRB \qquad F_{CDy} = -3IRB$

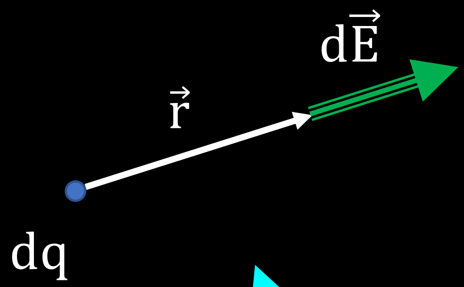
$F_{DAx} = 0 \qquad F_{DAy} = 2IRB$

____

$F_{TOTx} = 0 \qquad F_{TOTy} = 0$

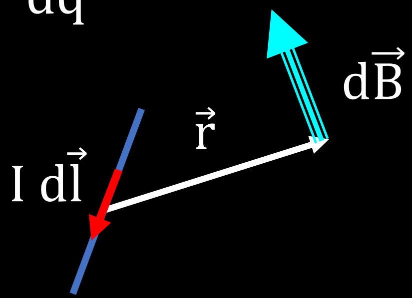
?

$$\overrightarrow{dE(\vec{r})} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\, dq\, \frac{\hat{r}}{r^2}$$



$$\vec{F} = q\,\vec{E}$$

$$\overrightarrow{dB(\vec{r})} = \frac{\mu_0}{4\pi}\, I d\vec{l} \times \frac{\hat{r}}{r^2}$$



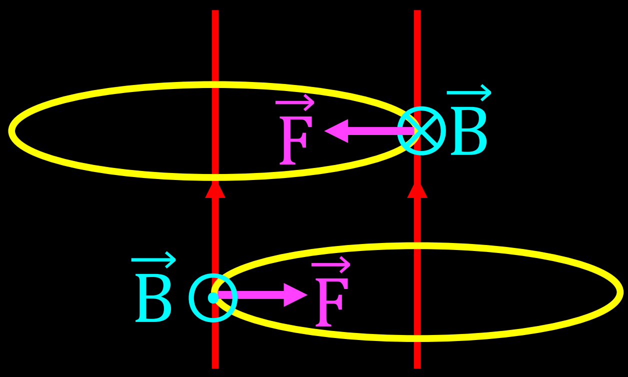
$$\vec{F} = q\,\vec{v} \times \vec{B}$$

$$\phi_S(\vec{E}) = \int_S \vec{E}\,\hat{n}\, dS = \frac{q_{int}}{\varepsilon_0}$$

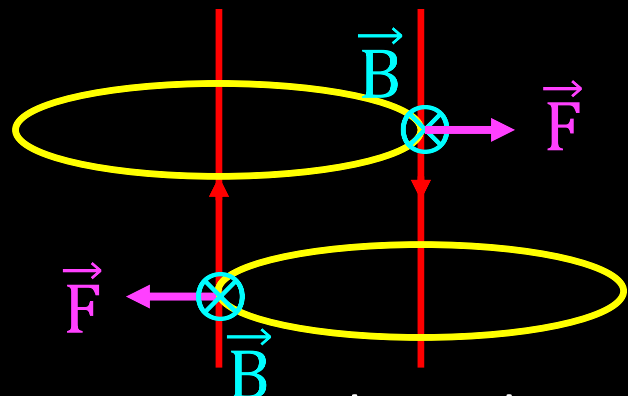
$$\overrightarrow{dF} = I\,\overrightarrow{dl} \times \vec{B}$$

$$\oint_\gamma \vec{B}\,\overrightarrow{dl} = \mu_o I_{conc}$$

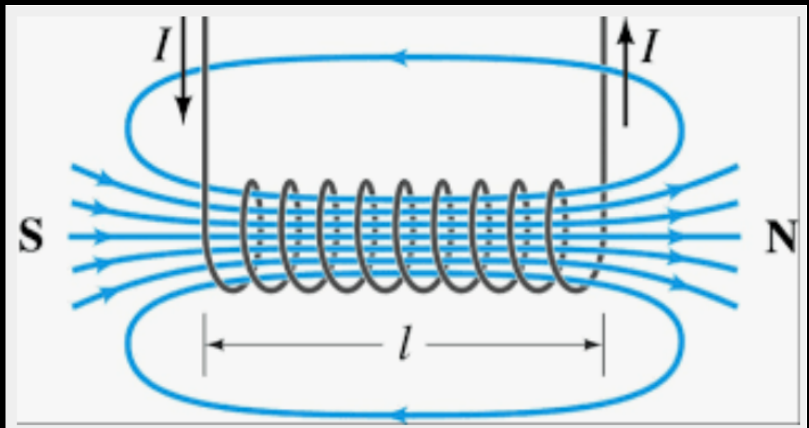
forze corrente-corrente



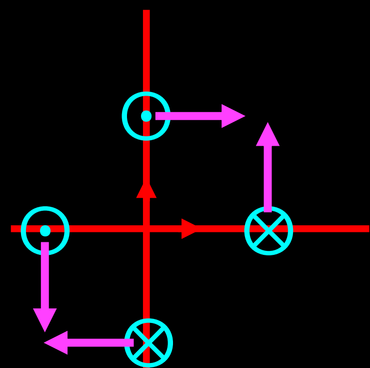
correnti concordi si attraggono



correnti discordi si respingono



quando c'è corrente le spire si attraggono

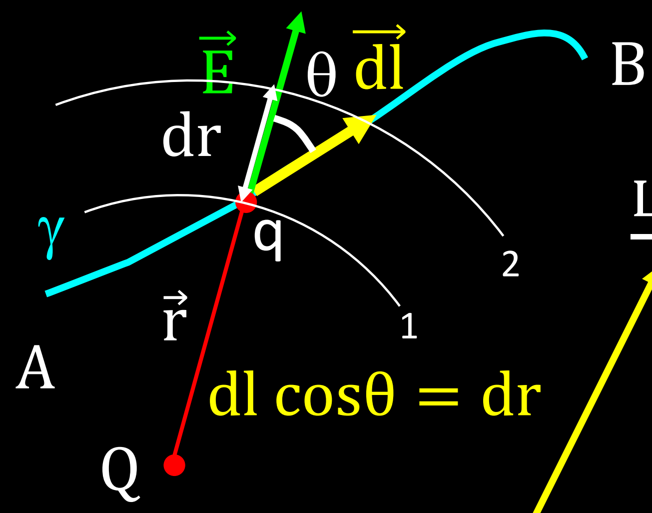


tendono a disporsi parallelamente

POTENZIALE ELETTROSTATICO

consideriamo il lavoro che una carica q deve compiere per muoversi lungo una linea γ da A a B sotto l'azione della forza coulombiana generata da una carica Q:

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\hat{r}}{r^2}$$



Il lavoro per unità di carica è dato da:

$$\frac{L_{AB}}{q} = \frac{1}{q}\int_{A\,\gamma}^{B} \vec{F}\,\vec{dl} = \int_{A\,\gamma}^{B} \vec{E}\,\vec{dl} = \int_{A\,\gamma}^{B} \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\hat{r}}{r^2}\vec{dl}$$

$$= \int_{A\,\gamma}^{B} \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{dl\cos\theta}{r^2} = \int_{A\,\gamma}^{B} \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{dr}{r^2} = -\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{r}\bigg|_{r_A}^{r_B}$$

$$= \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B}\right)$$

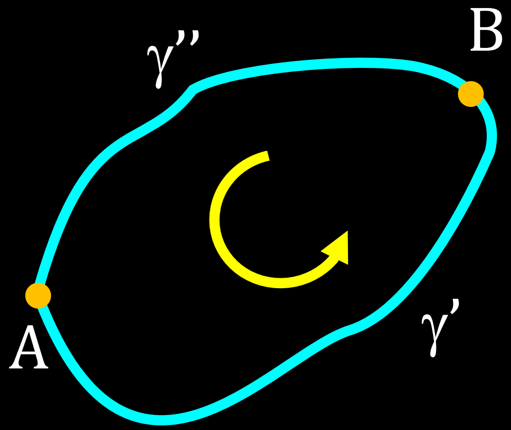
$$\boxed{\Delta V = \int_A^B \vec{E}\,\vec{dl}}$$

differenza di potenziale

$\forall\gamma$!!! Il campo elettrostatico è conservativo!

POTENZIALE ELETTROSTATICO

conservatività



calcoliamo la circuitazione di $\vec{E}$ lungo la linea chiusa γ

$$\gamma = \gamma' + \gamma''$$

$$\oint_\gamma \vec{E}\,\overrightarrow{dl} = \int_{A_{\gamma'}}^{B} \vec{E}\,\overrightarrow{dl} + \int_{B_{\gamma''}}^{A} \vec{E}\,\overrightarrow{dl} = \int_{A_{\gamma'}}^{B} \vec{E}\,\overrightarrow{dl} - \int_{A_{\gamma''}}^{B} \vec{E}\,\overrightarrow{dl} = \mathbf{0}$$

se il campo è elettrostatico è conservativo, l'integrale non dipende da γ

e la circuitazione è nulla

se in alcuni tratti il campo E non è conservativo $\oint_\gamma \vec{E}\,\overrightarrow{dl} = \mathrm{f.e.m.}$

forza elettromotrice (f.e.m. = f = $\mathcal{E}$): lavoro delle forze non conservative per unità di carica

f.e.m. = $L_{NON\ CONS}/q$ $\qquad\qquad$ $\Delta V = L_{CONS}/q$

unità di misura: il volt

1 volt = 1 joule/1 coulomb: 1 V = 1 J/1 C

Complementi di fisica generale

adalberto.sciubba@uniroma1.it

sorgenti, campi e loro interazioni

LUNEDI' 15 ORE 10-11

esercitazione su:

circuitazione di Ampère

interazioni fra cariche, campi e correnti