Moto di cariche in campo elettrico uniforme

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j}$$

$$\vec{v} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j}$$

$$\vec{r}_0 = x_0\vec{i} + y_0\vec{j}$$

$$\vec{v}_0 = v_{x,0}\vec{i} + v_{y,0}\vec{j}$$

$$\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j}$$

$$\longrightarrow$$

$$x = x_0 + v_{0,x}t + \frac{1}{2}a_x t^2$$

$$v_x = v_{0,x} + a_x t$$

$$y = y_0 + v_{0,y}t + \frac{1}{2}a_y t^2$$

$$v_y = v_{0,y} + a_y t$$

Per un corpo con carica *q* e massa *m* in un campo elettrico $\vec{E}$:

$$m\vec{a} = \vec{F} = q\vec{E} \rightarrow \vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m} = \frac{q}{m}\left(E_x\vec{i} + E_y\vec{j}\right)$$

Se il campo elettrico è uniforme, il moto è uniformemente accelerato

Un elettrone che viaggia lungo l'asse x con una velocità $v_0 = 5{\times}10^6$ m/s entra in una regione dello spazio dove è presente un campo elettrico del valore di 10^3 N/C, parallelo e concorde alla velocità dell'elettrone.

- Dopo quanto tempo l'elettrone inverte il suo moto?
- Quale è lo spazio percorso dall'elettrone prima di invertire il moto?
- Quale potenza bisognerebbe fornire dall'esterno all'elettrone per far sì che continui a muoversi in linea retta con la stessa velocità v_0?
- Rispondere alla domanda precedente nel caso in cui la velocità iniziale formi un angolo di 30° con il campo elettrico.

$\left|\vec{v}_0\right| \equiv v_0 \qquad \vec{v}_0 = v_0 \vec{i}$

$\left|\vec{E}\right| \equiv E \qquad \vec{E} = E\vec{i}$

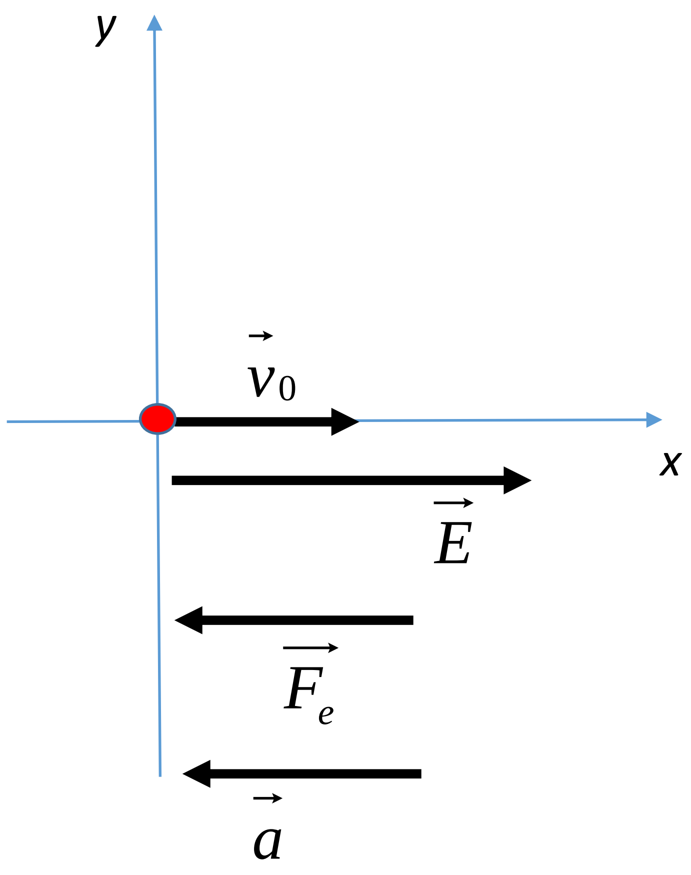
$$\vec{F}_e = q_e \vec{E} = -e\vec{E} = -eE\vec{i}$$

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_e}{m_e} = \frac{-eE}{m_e}\vec{i}$$

$$q_e = -1.6\cdot 10^{-19} C \equiv -e$$

$$m_e = 9.11\cdot 10^{-31} kg$$

- Velocità iniziale e accelerazione hanno la stessa direzione
  → problema unidimensionale
- Accelerazione costante
  → moto uniformemente accelerato



$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2 = v_0 t - \frac{1}{2}\frac{eE}{m_e}t^2$$ (possiamo porre $x_0 \equiv 0$)

$$v = v_0 + at = v_0 - \frac{eE}{m_e}t$$

- Dopo quanto tempo l'elettrone inverte il suo moto?

Cerco t_1 tale che $v = 0$

$$\rightarrow v_0 - \frac{eE}{m_e}t_1 = 0$$

$$\rightarrow t_1 = \frac{v_0 m_e}{eE} = 2.8\cdot 10^{-8}s \boxed{= 28ns}$$

- Quale è lo spazio percorso dall'elettrone prima di invertire il moto?

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = v_0 t - \frac{1}{2} \frac{eE}{m_e} t^2$$

Calcolo la posizione x_1 al tempo $t_1 = \frac{v_0 m_e}{eE}$

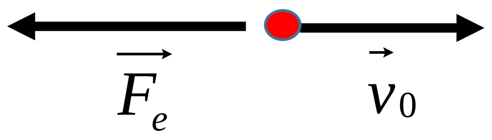
$$x_1 = v_0 t_1 - \frac{1}{2} \frac{eE}{m_e} t_1^{\,2} = \frac{v_0^2 m_e}{eE} - \frac{1}{2} \frac{eE}{m_e} \frac{v_0^2 m_e^2}{e^2 E^2} = \frac{m_e v_0^2}{2eE} = \boxed{7.1 cm}$$

Nota: a questa seconda domanda si poteva rispondere direttamente utilizzando la relazione tra lavoro (facile da calcolare in caso di forza costante) ed energia cinetica:

$$L_E = \left|\vec{F}\right| \left|\vec{s}\right| \cos\theta_{\vec{F},\vec{s}}$$

$$\left|\vec{F}\right| = \left|-e\vec{E}\right| = eE$$

$\left|\vec{s}\right| \equiv s$ (spazio percorso),



$$L_E = \Delta E_k$$

$$\Delta E_k = 0 - \frac{1}{2} m_e v_0^2 = -\frac{1}{2} m_e v_0^2$$

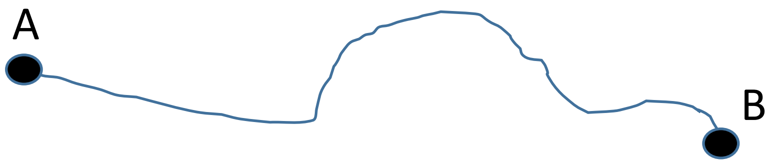
$\cos\theta_{\vec{F},\vec{s}} = \cos 180^\circ = -1$ (moto in verso contrario alla forza)

$$L_E = \left|\vec{F}\right| \left|\vec{s}\right| \cos\theta_{\vec{F},\vec{s}} = -\left|\vec{F}\right| s = -eEs$$

$$L_E = \Delta E_k \rightarrow -eEs = -\frac{1}{2} m_e v_0^2 \rightarrow s = \frac{m_e v_0^2}{2eE} = \boxed{7.1 cm}$$

Lavoro della forza elettrica:

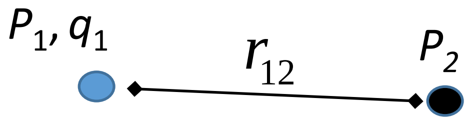
$$E_{k,B} - E_{k,A} = L_{AB} = U_A - U_B = q(V_A - V_B)$$



Potenziale coulombiano:

$$k_0 = 8.99 \cdot 10^9 \, \frac{Nm^2}{C^2}$$

$$V_{12} = k_0 \frac{q_1}{r_{12}} + K$$



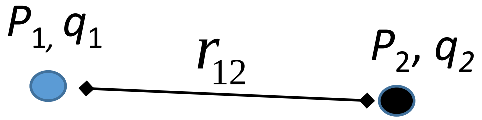
$$\vec{r}_{12} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = (x_2 - x_1)\vec{i} + (y_2 - y_1)\vec{j}$$

(vettore spostamento da P_1 a P_2)

$$r_{12} = \left|\vec{r}_{12}\right| = \left|\vec{r}_2 - \vec{r}_1\right| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

(distanza tra P_1 e P_2)

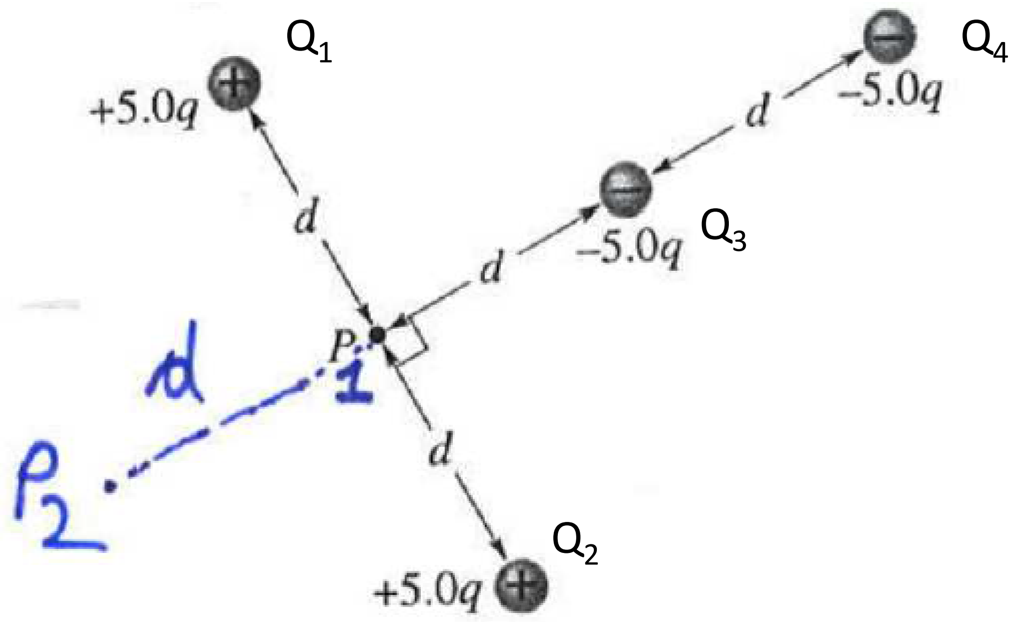
Energia potenziale coulombiana



$$U_{12} = q_2 V_{12} = k_0 \frac{q_1 q_2}{r_{12}} + C$$

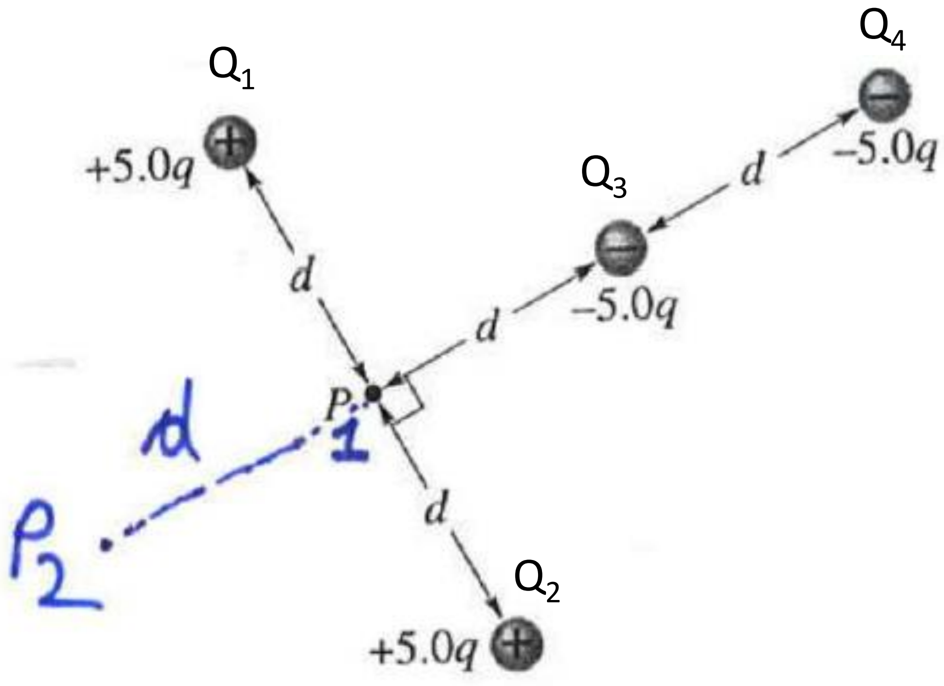
1. Quattro cariche $Q_1 = Q_2 = 5q$, $Q_3 = Q_4 = -5q$ sono disposte come in Fig. 1.

- Calcolare il potenziale elettrico nei punti P1 e P2, nell'ipotesi che questo valga 0 quando le quattro cariche si trovano a distanza infinita da P1 e P2.
- Calcolare il lavoro compiuto dal campo elettrico generato dalle quattro cariche su una carica q_0, mentre questa si sposta dal punto P_1 al punto P_2 e discutere il significato fisico del risultato ottenuto, al variare del segno del prodotto $q_0 q$.
- Calcolare il potenziale elettrico nei punti P1 e P2, nell'ipotesi che questo valga V_0 quando le quattro cariche si trovano a distanza infinita da P1 e P2.



- Calcolare il potenziale elettrico nel punto P_2, nell'ipotesi che questo valga 0 nel punto P_1

- Calcolare il potenziale elettrico nei punti P1 e P2, nell'ipotesi che questo valga 0 quando le quattro cariche si trovano a distanza infinita da P1 e P2.



Principio di sovrapposizione:

$$V(P_1) = \sum_{i=1}^{4} k_0 \frac{Q_i}{r_{i1}} + K$$

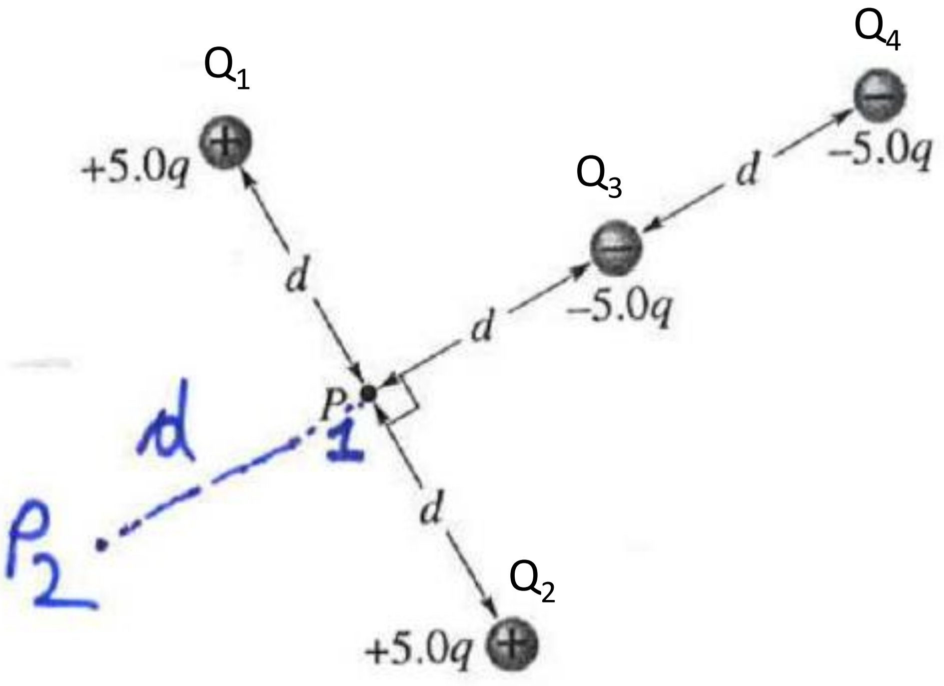
$$\lim_{r_{11},r_{21},r_{31},r_{41}\to\infty} V(P_1) = \lim_{r_{11},r_{21},r_{31},r_{41}\to\infty} \left(\sum_{i=1}^{4} k_0 \frac{Q_i}{r_{i1}} + K \right) = K$$

Per avere $\lim_{r_{11},r_{21},r_{31},r_{41}\to\infty} V(P_1) = 0$ deve essere $K = 0$

$$V(P_1) = \sum_{i=1}^{4} k_0 \frac{Q_i}{r_{i1}} = k_0 \frac{Q_1}{d} + k_0 \frac{Q_2}{d} + k_0 \frac{Q_3}{d} + k_0 \frac{Q_4}{2d} = \frac{k_0}{d}\left(5q + 5q - 5q - \frac{5}{2}q\right)$$

$$= k_0 \frac{5q}{d}\left(1 - \frac{1}{2}\right) = \boxed{k_0 \frac{5q}{2d}}$$

- Calcolare il potenziale elettrico nei punti P1 e P2, nell'ipotesi che questo valga 0 quando le quattro cariche si trovano a distanza infinita da P1 e P2.



Principio di sovrapposizione:

$$V(P_2) = \sum_{i=1}^{4} k_0 \frac{Q_i}{r_{i2}} + K'$$

$$\lim_{r_{12},r_{22},r_{32},r_{42}\to\infty} V(P_2) = \lim_{r_{12},r_{22},r_{32},r_{42}\to\infty} \left(\sum_{i=1}^{4} k_0 \frac{Q_i}{r_{i2}} + K' \right) = K'$$

Per avere $\lim_{r_{12},r_{22},r_{32},r_{42}\to\infty} V(P_2) = 0$ deve essere $K' = 0$

$$V(P_2) = \sum_{i=1}^{4} k_0 \frac{Q_i}{r_{i2}} = k_0 \frac{Q_1}{\sqrt{d^2+d^2}} + k_0 \frac{Q_2}{\sqrt{d^2+d^2}} + k_0 \frac{Q_3}{2d} + k_0 \frac{Q_4}{3d} = k_0 \left(\frac{5q}{d\sqrt{2}} + \frac{5q}{d\sqrt{2}} - \frac{5q}{2d} - \frac{5q}{3d} \right)$$

$$= k_0 \frac{5q}{d} \left(\frac{2}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) = k_0 \frac{5q}{d} \left(\frac{12\sqrt{2} - 6 - 4}{12} \right) = \boxed{k_0 \frac{5q}{d} \left(\frac{6\sqrt{2} - 5}{6} \right)}$$

- Calcolare il lavoro compiuto dal campo elettrico generato dalle quattro cariche su una carica q_0, mentre questa si sposta dal punto P_1 al punto P_2 e discutere il significato fisico del risultato ottenuto, al variare del segno del prodotto $q_0 q$.

$$L_{12} = q_0[V(P_1) - V(P_2)] \qquad V(P_1) = k_0 \frac{5q}{2d} \qquad V(P_2) = k_0 \frac{5q}{d}\left(\frac{6\sqrt{2}-5}{6}\right)$$

$$L_{12} = 5k_0 \frac{q_0 q}{d}\left(\frac{1}{2} - \frac{6\sqrt{2}-5}{6}\right) = 5k_0 \frac{q_0 q}{d}\left(\frac{3-6\sqrt{2}+5}{6}\right) = \boxed{5k_0 \frac{q_0 q}{d}\left(\frac{4-3\sqrt{2}}{3}\right)}$$

$$L_{12} = E_{k,2} - E_{k,1} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$4 - 3\sqrt{2} \approx -0.24 < 0$$

Se $q_0 q > 0$ → $L_{12} < 0$, il campo elettrico si oppone al moto, $E_k(P_2) < E_k(P_1)$ e $v_2 < v_1$

Se $q_0 q < 0$ → $L_{12} > 0$, il campo elettrico agevola il moto, $E_k(P_2) > E_k(P_1)$ e $v_2 > v_1$

- Calcolare il potenziale elettrico nei punti P1 e P2, nell'ipotesi che questo valga V_0 quando le quattro cariche si trovano a distanza infinita da P1 e P2.

$$\lim_{r_{11},r_{21},r_{31},r_{41}\to\infty} V(P_1) = \lim_{r_{11},r_{21},r_{31},r_{41}\to\infty}\left(\sum_{i=1}^{4} k_0\frac{Q_i}{r_{i1}} + K\right) = K \qquad \lim_{r_{12},r_{22},r_{32},r_{42}\to\infty} V(P_2) = \lim_{r_{12},r_{22},r_{32},r_{42}\to\infty}\left(\sum_{i=1}^{4} k_0\frac{Q_i}{r_{i2}} + K'\right) = K'$$

Per avere $\lim_{r_{11},r_{21},r_{31},r_{41}\to\infty} V(P_1) = V_0$ deve essere $K = V_0$, e analogamente in P_2 deve essere $K' = V_0$

$$\boxed{V(P_1) = \sum_{i=1}^{4} k_0\frac{Q_i}{r_{i1}} + V_0 = k_0\frac{5q}{2d} + V_0} \qquad \boxed{V(P_2) = \sum_{i=1}^{4} k_0\frac{Q_i}{r_{i2}} + V_0 = k_0\frac{5q}{d}\left(\frac{6\sqrt{2}-5}{6}\right) + V_0}$$

- Calcolare il potenziale elettrico nel punto P_2, nell'ipotesi che questo valga 0 nel punto P_1

$$V(P_1) = \sum_{i=1}^{4} k_0\frac{Q_i}{r_{i1}} + K = k_0\frac{5q}{2d} + K \qquad V(P_2) = \sum_{i=1}^{4} k_0\frac{Q_i}{r_{i2}} + K' = k_0\frac{5q}{d}\left(\frac{6\sqrt{2}-5}{6}\right) + K'$$

$$V(P_1) = 0 \to K = -k_0\frac{5q}{2d}$$

Siccome non ci sono altre cariche i due potenziali devono essere uguali all'infinito, quindi $K' = K$

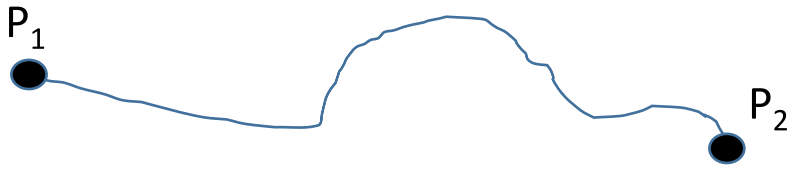
$$V(P_2) = \sum_{i=1}^{4} k_0\frac{Q_i}{r_{i2}} + K = k_0\frac{5q}{d}\left(\frac{6\sqrt{2}-5}{6}\right) - k_0\frac{5q}{2d} = \boxed{k_0\frac{5q}{d}\left(\frac{3\sqrt{2}-4}{3}\right)}$$

Nota: cambiano $V(P_1)$ e $V(P_2)$, ma si ha sempre:

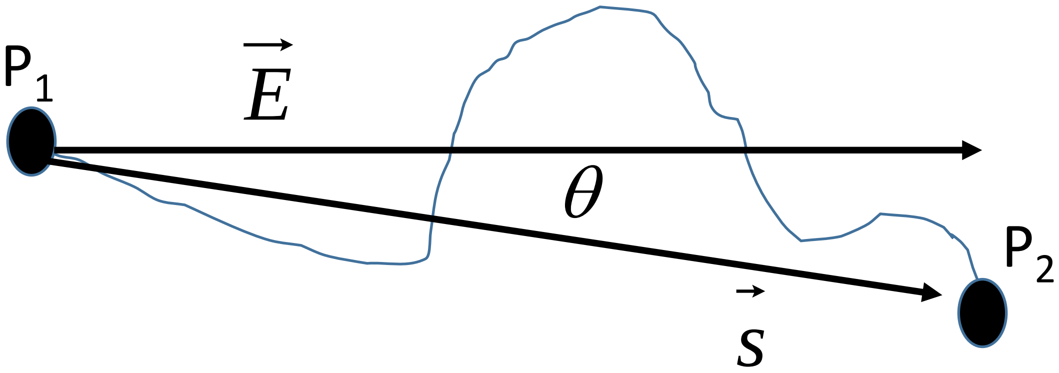
$$L_{12} = q_0[V(P_1) - V(P_2)] = q_0\left[0 - 5k_0\frac{q}{d}\left(\frac{3\sqrt{2}-4}{3}\right)\right] = 5k_0\frac{q_0 q}{d}\left(\frac{4-3\sqrt{2}}{3}\right)$$

Lavoro della forza elettrica:

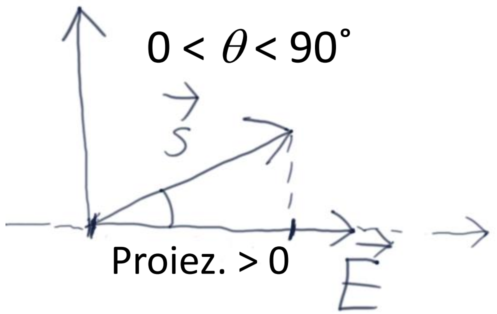
$$E_{k,2} - E_{k,1} = L_{12} = U_1 - U_2 = q(V_1 - V_2)$$

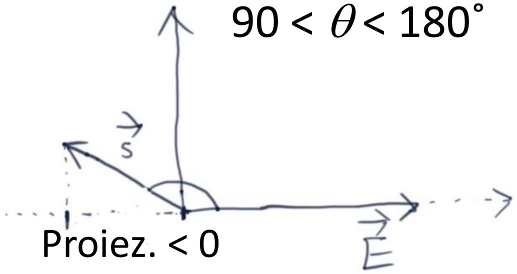


Campo elettrico uniforme (e.g. in un condensatore piano di superficie infinita o approssimabile a infinita)



$$V_1 - V_2 = \int_{P_1}^{P_2} \vec{E} \cdot d\vec{s} = \vec{E} \cdot \vec{s} = \left|\vec{E}\right|\left|\vec{s}\right| \cos\theta$$





$0 < \theta < 90^\circ \rightarrow V_1 - V_2 > 0$

$90 < \theta < 180^\circ \rightarrow V_1 - V_2 < 0$

$\longrightarrow$ Il potenziale decresce se per andare da P_1 a P_2 ci si muove nel verso del campo elettrico (cioè se la proiezione di ***s*** su ***E*** è positiva), e viceversa molto grandi

2. Due piastre conduttrici piane sono poste a distanza d = 10 cm una dall'altra. I punti B e C sono posti uno su una piastra, l'altro sull'altra. Calcolare modulo e direzione del campo elettrico tra le due piastre sapendo che la differenza di potenziale V_C-V_B vale 120 V.

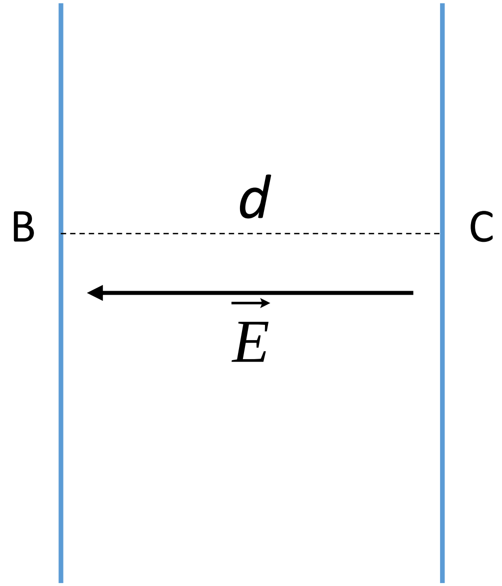
molto grandi

$$\underbrace{\text{piane}}$$

2. Due piastre conduttrici piane sono poste a distanza d = 10 cm una dall'altra. I punti B e C sono posti uno su una piastra, l'altro sull'altra. Calcolare modulo e direzione del campo elettrico tra le due piastre sapendo che la differenza di potenziale V_C-V_B vale 120 V.

$$V_1 - V_2 = \int_{P_1}^{P_2} \vec{E} \cdot d\vec{s} = \vec{E} \cdot \vec{s} = \left|\vec{E}\right|\left|\vec{s}\right| \cos\theta$$

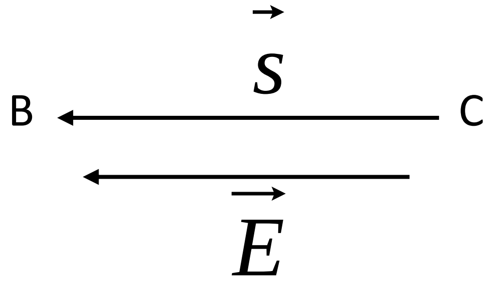
Tutti i punti di una piastra conduttrice si trovano allo stesso potenziale
→ possiamo scegliere arbitrariamente la posizione di B e C per il calcolo



$\boxed{\text{Direzione: perpendicolare alle piastre (per simmetria)}}$

$V_C - V_B > 0$ → $V_C > V_B$

$\boxed{\text{→ Il verso del campo è da C a B}}$

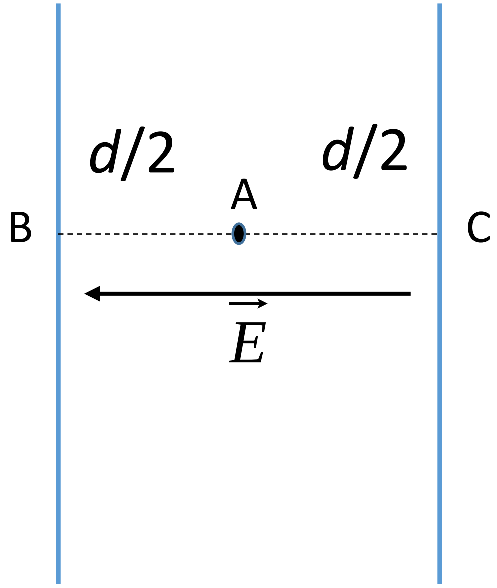


$$\left|\vec{s}\right| = d$$

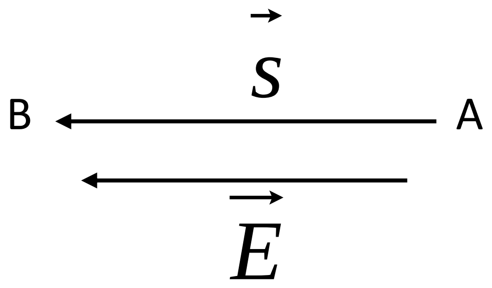
$$V_C - V_B = \vec{E} \cdot \vec{s} = \left|\vec{E}\right| d \cos 0^\circ = \left|\vec{E}\right| d$$

$$\rightarrow \boxed{\left|\vec{E}\right| = \frac{V_C - V_B}{d} = \frac{120V}{0.1m} = 1200\frac{V}{m}}$$

Sia A il punto intermedio tra B e C: calcolare le differenze di potenziale V_A-V_B e V_A-V_C.

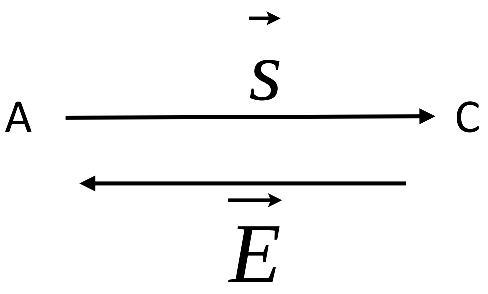


$$V_1 - V_2 = \int_{P_1}^{P_2} \vec{E} \cdot d\vec{s} = \vec{E} \cdot \vec{s} = |\vec{E}||\vec{s}| \cos\theta$$



$$|\vec{s}| = \frac{d}{2}$$

$$\boxed{V_A - V_B = \vec{E} \cdot \vec{s} = |\vec{E}| \frac{d}{2} \cos 0^\circ = |\vec{E}| \frac{d}{2} = 60V}$$



$$|\vec{s}| = \frac{d}{2}$$

$$\boxed{V_A - V_c = \vec{E} \cdot \vec{s} = |\vec{E}| \frac{d}{2} \cos 180^\circ = -|\vec{E}| \frac{d}{2} = -60V}$$

2. Un protone si trova immerso in un campo elettrico uniforme $\boldsymbol{E}$ = -2.4 N/C $\boldsymbol{j}$. La velocità iniziale del protone vale $\boldsymbol{v_0}$ = 4.9x10^5 m/s $\boldsymbol{i}$.

Trascurando la forza peso, calcolare:
- il vettore forza che agisce sul protone
- la distanza dal punto di partenza una volta trascorsi 2.7 ms
- il lavoro compiuto dal campo elettrico sul protone durante questi 2.7 ms

Massa protone: m_p = 1.67x10^{-27} kg
Carica protone: q_p = 1.6x10^{-19} C

2. Un protone si trova immerso in un campo elettrico uniforme ***E*** = -2.4 N/C ***j***. La velocità iniziale del protone vale $\boldsymbol{v_0}$ = 4.9x10^5 m/s ***i***. Trascurando la forza peso, calcolare:

Massa protone: m_p = 1.67x10^{-27} kg
Carica protone: q_p = 1.6x10^{-19} C

- il vettore forza che agisce sul protone

$$\boxed{\vec{F} = q_p \vec{E} = -3.8 \cdot 10^{-19}\ \text{N}\ \vec{j}}$$

- la distanza dal punto di partenza una volta trascorso un tempo Δt = 2.7 ms

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m_p} = -2.3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \vec{j} \equiv a_y \vec{j}\,; \qquad \vec{v}_0 = v_{0x} \vec{i}$$

(v_{0x} = 4.9x10^5 m/s)

$$x = x_0 + v_{0x}\Delta t + \frac{1}{2} a_x \Delta t^2 = v_{0x}\Delta t = 1320\ \text{m}$$

$$y = y_0 + v_{0y}\Delta t + \frac{1}{2} a_y \Delta t^2 = \frac{1}{2} a_y \Delta t^2 = -840\ \text{m}$$

$$\boxed{d = \sqrt{x^2 + y^2} = 1570\ \text{m}}$$

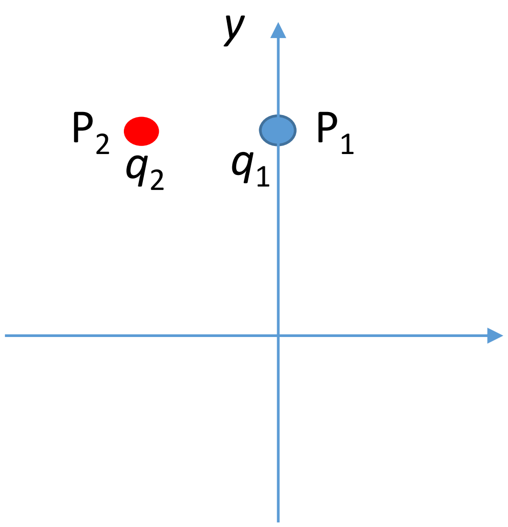
- il lavoro compiuto dal campo elettrico sul protone durante questi 2.7 ms

$$v_y = v_{0y} + a_y \Delta t = a_y \Delta t = -6.2 \cdot 10^5\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$L = E_K - E_{K,0} = \frac{1}{2} m_p \left(v_y^2 + v_{0x}^2\right) - \frac{1}{2} m_p v_{0x}^2 = \boxed{\frac{1}{2} m_\text{p} v_y^2 = 3.2 \cdot 10^{-16}\ \text{J}}$$

2. Una carica q_1 = 3 mC si trova nel punto P_1(0 m, 1.1 m). Una seconda carica q_2 = -4 mC si trova nel punto P_2(-0.2 m, 1.1 m). Calcolare:

- il vettore campo elettrico generato da q_2 nell'origine
- il potenziale elettrico generato da q_1 nell'origine (asssumendo che valga 0 all'infinito)
- modulo, direzione e verso della forza agente su q_1



Costante elettrica: $k_0 = 8.99 \times 10^9$ N m^2/C^2

2. Una carica q_1 = 3 mC si trova nel punto P_1(0 m, 1.1 m). Una seconda carica q_2 = -4 mC si trova nel punto P_2(-0.2 m, 1.1 m). Calcolare:

Costante elettrica: $k_0 = 8.99 \times 10^9$ N m^2/C^2

x_1 = 0 m
x_2 = -0.2 m
$y_1 = y_2$ = 1.1 m

- il vettore campo elettrico generato da q_2 nell'origine

$$\vec{r}_{20} = (0 - x_2)\vec{i} + (0 - y_2)\vec{j} = -x_2\vec{i} - y_2\vec{j}; \qquad \vec{u}_{20} = \frac{\vec{r}_{20}}{\left|\vec{r}_{20}\right|} = \frac{-x_2\vec{i} - y_2\vec{j}}{\sqrt{x_2^2 + y_2^2}}$$

$$\vec{E}_{20} = k_0 \frac{q_2}{r_{20}^2}\vec{u}_{20} = k_0 \frac{q_2}{x_2^2 + y_2^2}\left(\frac{-x_2\vec{i} - y_2\vec{j}}{\sqrt{x_2^2 + y_2^2}}\right) = \boxed{\left(-5.2\vec{i} + 28\vec{j}\right)\cdot 10^6 \ \frac{\text{N}}{\text{C}}}$$

- il potenziale elettrico generato da q_1 nell'origine (asssumendo che valga 0 all'infinito)

$$\vec{r}_{10} = (0 - x_1)\vec{i} + (0 - y_1)\vec{j} = -y_1\vec{j}; \qquad r_{10} = \left|\vec{r}_{10}\right| = \left|y_1\right| = y_1$$

$$V_{10} = k_0 \frac{q_1}{r_{10}} + c; \ \lim_{r_{10}\to\infty} V_{10} = c = 0 \ \rightarrow \boxed{V_{10} = k_0 \frac{q_1}{r_{10}} = k_0 \frac{q_1}{y_1} = 2.45 \cdot 10^7 \ \text{V}}$$

- modulo, direzione e verso della forza agente su q_1

$$\left|\vec{F}_{21}\right| = k_0 \frac{\left|q_2 q_1\right|}{r_{21}^2} = k_0 \frac{\left|q_2 q_1\right|}{\left(x_1 - x_2\right)^2 + \left(y_1 - y_2\right)^2} = \boxed{2.7 \cdot 10^6 \ \text{N}}$$

Direzione: congiungente tra q_1 e q_2 (asse x)
Verso: da q_1 a q_2 (x negative), poiché la forza è attrattiva

Backup

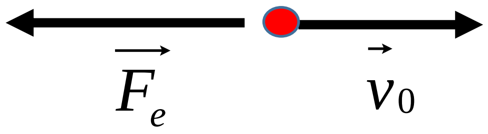
Un elettrone che viaggia lungo l'asse x con una velocità $v_0 = 5 \times 10^6$ m/s entra in una regione dello spazio dove è presente un campo elettrico del valore di 10^3 N/C, parallelo e concorde alla velocità dell'elettrone.

- Quale potenza bisognerebbe fornire dall'esterno all'elettrone per far sì che continui a muoversi in linea retta con la stessa velocità v_0?
- Rispondere alla domanda precedente nel caso in cui la velocità iniziale formi un angolo di $30°$ con il campo elettrico.

- Quale potenza bisognerebbe fornire dall'esterno all'elettrone per far sì che continui a muoversi in linea retta con la stessa velocità v_0?

Lavoro per uno spostamento *s* in verso opposto alla forza:

$$\cos\theta_{\vec{F},\vec{s}} = \cos 180^\circ = -1$$



$$L_E = |\vec{F}||\vec{s}|\cos\theta_{\vec{F},\vec{s}} = -|\vec{F}|s = -eEs$$

Per un moto a velocità costante v_0:

$$s = v_0 \Delta t$$

Potenza: $$P_E = \frac{L_E}{\Delta t} = -\frac{eEs}{\Delta t} = -\frac{eEv_0\Delta t}{\Delta t}$$

$$= -eEv_0 = -8.0 \cdot 10^{-10} W$$

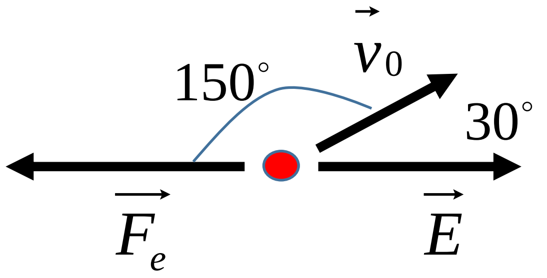
P_E è la potenza sviluppata dal campo elettrico, negativa perchè la forza elettrica si oppone al moto tendendo a rallentare l'elettrone. Per far sì che l'elettrone si muova a velocità costante v_0, occorre fornire dall'esterno una potenza uguale ma opposta a quella del campo elettrico

$$P_{ext} = -P_E = eEv_0 = \boxed{8.0 \cdot 10^{-10} W}$$

- Rispondere alla domanda precedente nel caso in cui la velocità iniziale formi un angolo di 30° con il campo elettrico.

Lavoro per uno spostamento s a un angolo θ rispetto alla forza:

$$L_E = \left|\vec{F}\right|\left|\vec{s}\right| \cos\theta_{\vec{F},\vec{s}} = \left|\vec{F}\right| s \cos 150^\circ = -\frac{\sqrt{3}}{2} eEs$$



$$\cos\theta_{\vec{F},\vec{s}} = \cos(180^\circ - 30^\circ) = \cos 150^\circ = -\frac{\sqrt{3}}{2}$$

Per un moto a velocità costante v_0:

$$s = v_0 \Delta t$$

Potenza: $$P_E = \frac{L_E}{\Delta t} = -\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{eEs}{\Delta t} = -\frac{\sqrt{3}}{2}\frac{eEv_0\Delta t}{\Delta t}$$

$$= -\frac{\sqrt{3}}{2} eEv_0 = -6.9 \cdot 10^{-10} W$$

P_E è la potenza sviluppata dal campo elettrico, negativa perchè la forza elettrica si oppone al moto tendendo a rallentare l'elettrone. Per far sì che l'elettrone si muova a velocità costante v_0, occorre fornire dall'esterno una potenza uguale ma opposta a quella del campo elettrico

$$\rightarrow \quad P_{ext} = -P_E = eEv_0 = \boxed{6.9 \cdot 10^{-10} W}$$