Chap : Mouvement D'une particule chargée Dans un champ électrique uniforme

1) plaque parallèle

Caracteristique de $\vec{E}$ à l'interieur des deux plaques

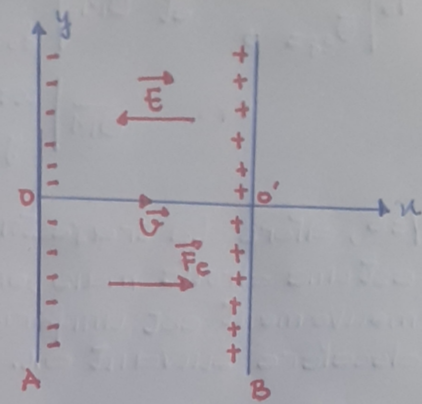
- Direction : perpendiculaire aux plaques
- Sens : celui de potentiel decroissant de la plaque ⊕ vers la plaque ⊖
- Intensité : $\|\vec{E}\| = \frac{U_{AB} \rightarrow (V)}{d \rightarrow (m)}$

Le sens de $\vec{E}$ et $\vec{F}$ dépend de la ~~charge~~ q.

- Si $q > 0$, $\vec{F}$ et $\vec{E}$ sont de même sens
- si $q < 0$, $\vec{F}$ et $\vec{E}$ sont de sens opposés.

Généralité

Considerons les particules d'Helium $^4H^{2+}$ de masse m et de charge q, animee d'une vitesse V_0



1. Nature du mouvement sur la plaque A et B

La particule d'helium est soumis à la force $\vec{F_e} = q\vec{E}$

D'après TCI

$$\boxed{\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}}$$

$\vec{F_e} = m\vec{a}$

$q\vec{E} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$

avec $q = +2e$

projection sur le plan (x, y) :

$\vec{E} \begin{vmatrix} E_x = -E \\ E_y = 0 \end{vmatrix}$ $\quad \vec{a} \begin{vmatrix} a_x = -\frac{qE}{m} \text{ (MRUV)} \\ a_y = 0 \end{vmatrix}$

Le Mouvement de la particule $^4H^{2+}$ entre les plaques A et B est rectiligne uniformement varié suivant (ox) et rectiligne suivant (oy)

Nature de la trajectoire

Condition initiale : à $t = 0$

$\vec{V_0}\begin{cases} v_{0x} = v_0 \\ v_{0y} = 0 \end{cases}$ et $\vec{OM_0}\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases} \Rightarrow$

$t \neq 0$ $\quad \vec{OM}\begin{cases} x = \frac{eE}{2m}t^2 + v_0 t \\ y = 0 \end{cases}$

$Y = 0$, alors La trajectoire est une droite mais son mouvement est uniformement decelere suivant ox.

2- Vitesse des particules en B

D'apres TEC

$$\boxed{\Delta E_c = \Sigma W\vec{F}_{ext}}$$

$$E_{c_B} - E_{c_A} = W(\vec{F_e})$$

or $W(\vec{F_e}) = F\,\cancel{d}$

$$W(\vec{F_e}) = qEd$$

$d = \quad E = \frac{U}{d}$

$$W(\vec{F_e}) = q\frac{U}{\cancel{d}} \times \cancel{d}$$

$$\overline{W(\vec{F_e}) = qU}$$

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = qU$$

$$\frac{1}{2}m(v^2 - v_0^2) = qU$$

$$v^2 - v_0^2 = \frac{2qU}{m}$$

$$v^2 = v_0^2 + \frac{2qU}{m}$$

$$\boxed{v = \sqrt{v_0^2 + \frac{2qU}{m}}}$$

pour nous Les particules utilisees sont ${}^4He^{2+}$

où $u = 1,67.10^{-27}$ kg

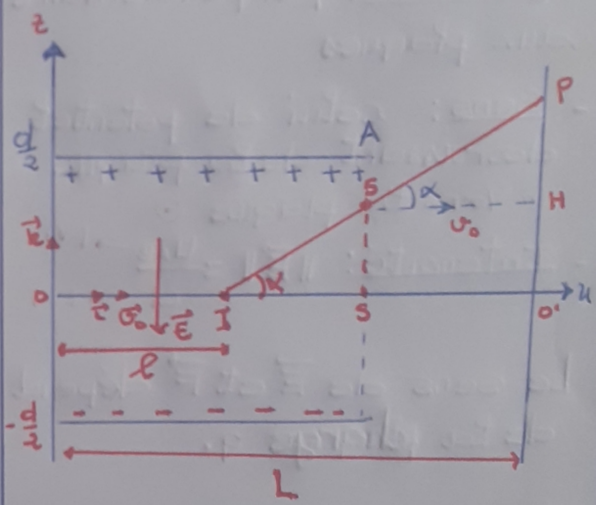
et $e = 1,6.10^{-19}$

3. Temps mis par Les particules pour atteindre B

Comme Le mouvement suivant ox est RUV, alors

$$a = \frac{\Delta v}{t} \Rightarrow t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{v - v_0}{a}$$

II 1- plaque plane



Système étudié : un électron de masse m de charge $q = -e$

Referentiel : SG lie au repere $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$

Bilan des Forces

$\vec{F}$: La force électrostatique

En Appliquant TCI

$$\boxed{\Sigma \vec{F}_{ext} = m\vec{a}}$$

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$-e\vec{E} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = -\frac{e\vec{E}}{m}$$

$\vec{a} = c^{te}$

Le mouvement est RUV

d. Etude cinematique

projection sur les systèmes d'axes

A L'instant initial t=0s

$$\vec{E} \begin{cases} \bar{E}_x = 0 \\ \bar{E}_y = 0 \\ \bar{E}_z = -E \end{cases} \qquad \vec{V_0} \begin{cases} \dot{x}_0 = V_0 \\ \dot{y}_0 = 0 \\ \dot{z}_0 = 0 \end{cases}$$

$$\vec{OM_0} \begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \\ z_0 = 0 \end{cases}$$

A L'instant t quel quelconque t≠0s

$$\vec{a} \begin{cases} \ddot{x} = 0 \\ \ddot{y} = 0 \\ \ddot{z} = \frac{eE}{m} \end{cases} \qquad \vec{V} \begin{cases} \dot{x} = V_0 \\ \dot{y} = 0 \\ \dot{z} = \frac{eEt}{m} \end{cases}$$

$$\vec{OM} \begin{cases} x = V_0 t & (1) \\ y = 0 \\ z = \frac{1}{2}\frac{eE}{m}t^2 & (2) \end{cases}$$

Il n'ya aucun mouvement sur l'axe (oy). Donc le mouvement est contenu dans le plan (xoz)

b. Equation de la trajectoire

En éléminant les paramètres entre les coordonnées du vecteur position on a

(1) $x = v_0 t \Rightarrow t = \frac{x}{v_0}$

remplaçant t dans (2)

$$z = \frac{1}{2}\frac{eE}{m}\left(\frac{x}{v_0}\right)^2$$

$$\boxed{z = \frac{eE}{2mv_0^2}x^2}$$

La trajectoire est une parabole.

Les plaques provoquent une deviation verticale

c. La déflexion électrostatique

Definition

La déflexion électrique ou déviation est égale à la distance entre le point d'impact P en l'absence du champ E et le point d'impact O' ou une tension accélératrice est appliqué entre les plaques.

d) La vitesse de sortie V_s

Les particules sortent des plaques au point S de

- Coordonnées

$$\vec{OS} \left| \begin{array}{l} x_S = \ell \\ y_S = 0 \\ z_S = \frac{eE}{2mv_0^2} x_S^2 \end{array} \right.$$

$$\boxed{\vec{OS} \left| \begin{array}{l} x_S = \ell \\ y_S = 0 \\ z_S = \frac{eE}{2mv_0^2} \ell^2 \end{array} \right.}$$ avec $E = \frac{U}{d}$

Le vecteur vitesse du point S a pour coordonnées

$$\vec{V_0} \left| \begin{array}{l} \dot{x}_S = V_0 \\ \dot{y}_S = 0 \\ \dot{z}_S = \frac{eE}{m} t_S \end{array} \right.$$

en ce point $t_S = \frac{x_S}{V_0} = \frac{\ell}{V_0}$

$t = \ell$

$$\boxed{\vec{V_S} \left| \begin{array}{l} \dot{x}_S = V_0 \\ \dot{y}_S = 0 \\ \dot{z}_S = \frac{eE\ell}{mv_0} \end{array} \right.}$$ en m.s

e) La déviation angulaire électrique

La deviation angulaire ou ~~devia~~ deflexion angulaire électrique est La mesure de L'angle entre La vitesse initiale V_0 et La vitesse de sortie V_S du points. on l'a défini par :

$\tan\alpha = \frac{\dot{z}_S}{\dot{x}_S}$ ou $\tan = \left(\frac{dz}{dx}\right)_{x=x_S}$

$$\tan\alpha = \frac{\frac{eE\ell}{mv_0}}{V_0} = \frac{eE\ell}{mv_0} \times \frac{1}{v_0}$$

$$\boxed{\tan\alpha = \frac{eE\ell}{mv_0^2}}$$ avec

$\alpha = \arctan\alpha$

f) Deflexion électrique $D = O'P$

1ère méthode : Trigonometrique (géometrique)

Soit Le triangle $IO'P$ rectangle en O'

$\tan\alpha = \frac{O'P}{IO'} = \frac{D}{IO'}$ or

$OO' = OI + IO' \Rightarrow IO' = OO' - IO$

$OO' = L$ $\quad IO = \frac{\ell}{2}$

$IO' = L - \frac{\ell}{2}$

$\tan\alpha = \frac{D}{(L - \frac{\ell}{2})} \Rightarrow D = O'P = \tan\alpha$

$(L - \frac{\ell}{2})$

$$\boxed{D = O'P = \tan\alpha\left(L - \frac{\ell}{2}\right)}$$

D'où $\boxed{D = \frac{eE\ell}{mV_0^2}\left(L - \frac{\ell}{2}\right)}$ en m

$E = \frac{U}{d}$

2ème méthode

$$\tan\alpha = \frac{HP}{SH} \text{ avec}$$

$$SH = OS' = OO' - OS' = L - \ell$$

$$\tan\alpha = \frac{HP}{(L-\ell)}$$

$$HP = \tan\alpha\,(L-\ell)$$

$$HP = \frac{eE\ell}{mv_0^2}(L-\ell)$$

$$D = O'P = O'H + HP$$

$$= \frac{eE\ell^2}{2mv_0^2} + \frac{eE\ell}{mv_0^2}(L-\ell)$$

$$= \frac{eE\ell}{mv_0^2}\left[\frac{\ell}{2}(L-\ell)\right]$$

$$\boxed{D = \frac{eE\ell}{mv_0^2}\left(L - \frac{\ell}{2}\right)} \text{ en m}$$

$$D = KU$$

Conclusion La déviation électrique ou deflexion électrique est proportionnelle à la tension appliquée entre les plaques.

Fin