

ÉNONCÉS

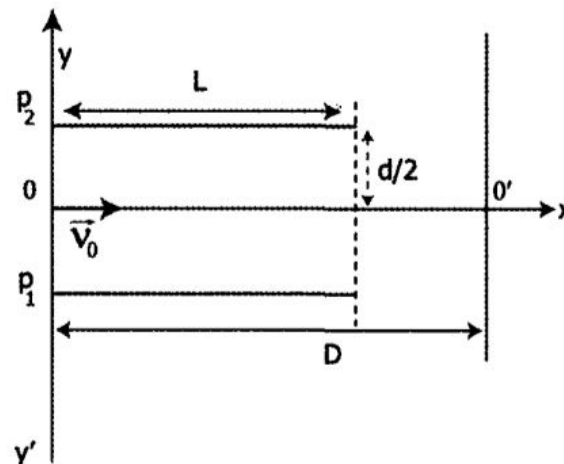


Dans tout l'exercice on néglige l'effet de la pesanteur.

Une particule de masse $m = 1,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ et de charge électrique $q = e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, pénètre avec une vitesse horizontale $\vec{V}_0$ et de

valeur $\|\vec{V}_0\| = 10^6 \text{ m.s}^{-1}$ entre deux plaques métalliques P_1 et P_2 horizontales de longueur

$L = 10 \text{ cm}$, distantes de $d = 4 \text{ cm}$ et soumise à une tension $U = V_{p1} - V_{p2} > 0$ (voir figure).



1) a- Etablir dans un repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$, les équations horaires du mouvement de la particule.

b- Dédire l'équation de la trajectoire de la particule.

c- Déterminer la valeur maximale du champ $\|\vec{E}_{\max}\|$ pour que la particule quitte le champ sans qu'elle rencontre l'une des plaques.

2) Soit $\|\vec{E}\| < \|\vec{E}_{\max}\|$ la déviation verticale de la particule à la sortie du champ en un point S est $y_S = 1 \text{ cm}$.

a- Déterminer les coordonnées (x_M, y_M) du point d'impact M de la particule sur un écran perpendiculaire à (Ox) et situé à la distance $D = 2L$ du point O.

b- Déterminer la valeur de la vitesse $\|\vec{V}_M\|$ avec laquelle la particule atteint de l'impact M de l'écran E.

c- Montrer que y_M est proportionnelle à la valeur de la tension U appliquée entre les plaque P_1 et P_2 .

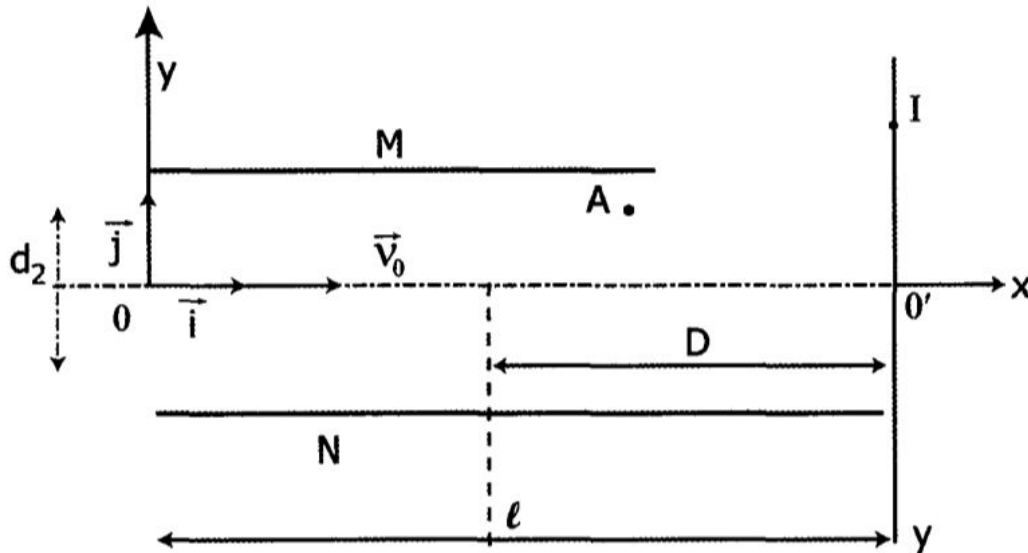
d- Calculer la constante de proportionnalité.



On donne pour tous l'exercice : $d = 1 \text{ cm}$; $\ell = 5,5 \text{ cm}$; $D = 30 \text{ cm}$;

$U = 20 \text{ V}$; $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $q = -e = -1,5 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $V_0 = 2,7 \cdot 10^7 \text{ m.s}^{-1}$

On travaille dans le vide et on négligera le poids de l'électron devant la force électrique qu'il subit. Soient M et N deux plaques métalliques horizontales, chargées, de longueur ℓ est distantes de d .



A l'instant $t = 0$, un électron de masse m , animé d'une vitesse V_0 , pénètre en O dans l'espace champ électrique uniforme E créée par ces deux plaques (O est égale à la distance de M et N). Une tension positive $U = U_{MN}$ est appliquée entre M et N.

- 1) a- Reproduire la figure et représenter le champ $\vec{E}$ ainsi la force $\vec{F}$ appliquée sur l'électron.
b- Etablir l'équation cartésienne de sa trajectoire. Représenter son allure.
- 2) L'électron quitte le champ électrique au point A avec une vitesse V_A
a- Déterminer les coordonnées du point A.
b- En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, calculer la valeur de la vitesse V_A
- 3) a- quelle est la nature de mouvement de l'électron à la sortie des plaques? Justifier la réponse.
b- En un point I, l'électron percute un écran fluorescent perpendiculaire en O à l'axe (Ox) . La distance séparant l'écran au milieu H des deux plaques est $D = O'H$. Etablir l'expression puis calculer la valeur de la déflection électrique $Y = O'I$ ainsi que celles de la déviation α



Principe de fonctionnement de l'oscilloscope.

Un l'oscilloscope comporte un tube cathodique qui se divise en quatre parties :

- Un canon à l'électron où le faisceau d'électron est créé et les électrons accélérés.

- Un condensateur plan C_1 d'armature (ou plaques) verticale, à l'intérieur duquel les électrons sont déviés horizontalement.
- Un condensateur plan C_2 d'armature (ou plaques) horizontale, à l'intérieur duquel les électrons sont déviés verticalement.
- Un écran fluorescent, sur lequel l'impact du faisceau laisse une trace lumineuse : le spot.

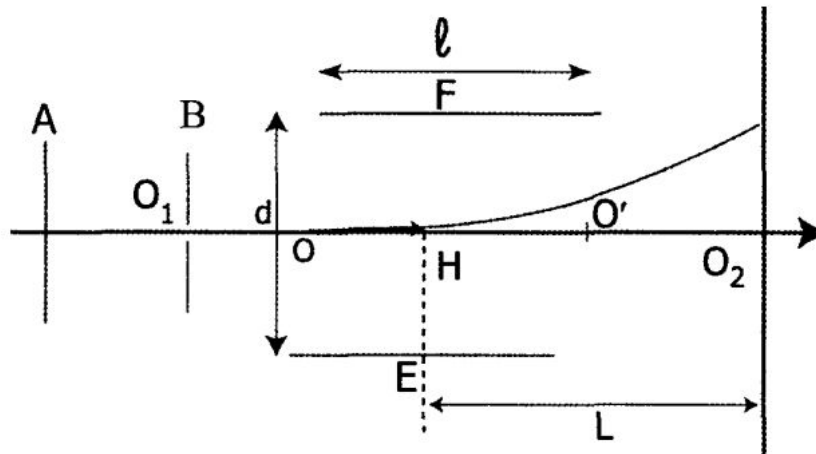


Figure 1

Dans l'exercice, on se propose d'analyser quelques éléments du fonctionnement d'un oscilloscope.

On étudie le système {*électron*}, dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen, la charge de l'électron est notée $q = -e$ avec $e = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. La masse d'un électron est notée m ($m = 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$). L'effet du poids de l'électron sera toujours négligé.

I) Etude du canon à électrons :

Le canon à électrons est constitué d'un filament qui, lorsqu'il est porté à haute température, émet des électrons de vitesse initiale négligeable. Ces électrons sont ensuite accélérés à l'intérieur d'un condensateur plan dont les armatures A et B sont verticales et distantes de d . la différence de potentiel entre les deux plaques est $U_{AB} = -1,8 \text{ kV}$. ($U_{AB} = V_A - V_B$)

- 1) Rappeler les trois caractéristiques du vecteur champ électrique à l'intérieur d'un condensateur plan.
- 2) Montrer à l'aide du théorème de l'énergie cinétique que la tension U_{AB} aux bornes du condensateur doit être négative pour permettre à un électron d'être accéléré.
- 3) Déterminer l'expression de la vitesse V_0 d'un électron lorsqu'il parvient à la plaque B du condensateur en fonction de e, m et U_{AB} .
- 4) Calculer la valeur de cette vitesse.

II) Étude de la déflexion due au condensateur C_2

Dans cette partie, on ne s'intéresse qu'à la déviation du faisceau dans le condensateur C_2 , celui-ci est soumis à une tension $U_{FE} = U$ positive.

On considère que le mouvement de l'électron est plan et s'effectue dans le plan (O, x, y) . Un électron arrive en O avec la vitesse V_0 de direction Ox à la date $t_0 = 0$. On appelle M la position de l'électron à la date t .

1) En utilisant le théorème du centre d'inertie, exprimer, en fonction de e, U, d et m les composantes du vecteur accélération de l'électron sur les deux axes Ox et Oy .

2) En déduire :

- Les expressions des coordonnées du vecteur vitesse v de l'électron.
- Les expressions des coordonnées du vecteur position à l'intérieur du condensateur C_2 .
- L'équation de la trajectoire.

3) L'électron sort du condensateur C_2 en un point S, avec une vitesse V_s faisant un angle α avec horizontale. Puis vient frapper l'écran en un point I. on appelle H la projection orthogonale du point S sur l'écran. On définit la distance $h = HI$. La distance du point J au centre P de l'écran est appelée déflection, on la note D. on note l longueur d'une plaque, d la distance entre les plaques, et la distance OP (Voir figure 2)

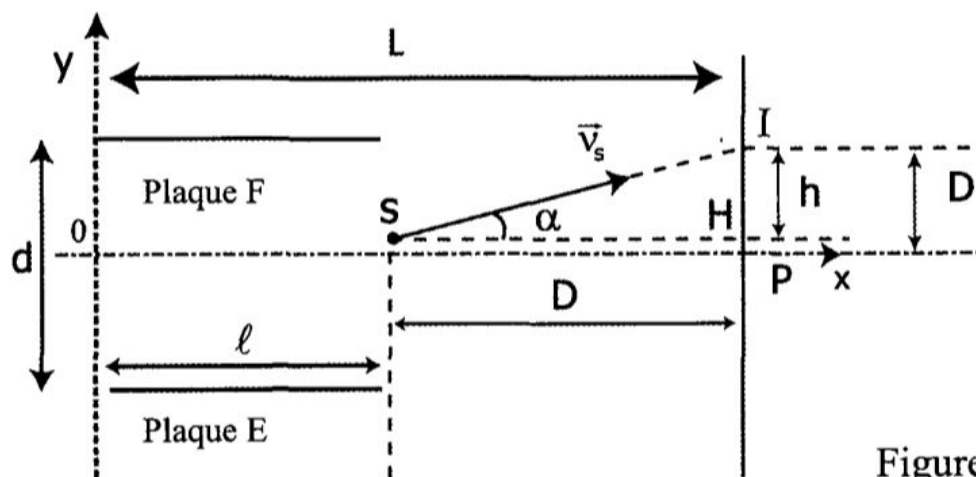


Figure 2

- a- Quelle est la nature de la trajectoire entre S et I ? Justifier.
- b- Exprimer les composantes du vecteur vitesse au point S. En déduire une expression de $\tan \alpha$ en fonction de e, U, I, m, d et V_0 .
- c- Exprimer $\tan \alpha$ en fonction de h, L , et I à l'aide de figure 2. Exprimer h .

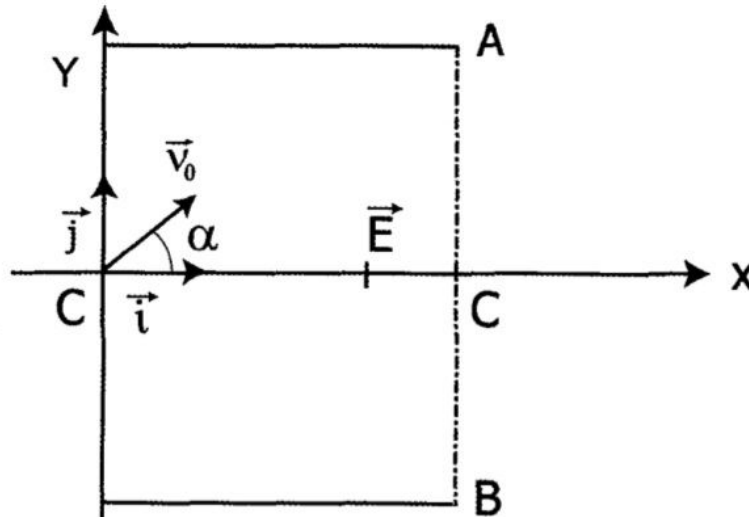
d- On peut démontrer que la déflection D a pour expression :
$$D = \frac{eUIL}{(2mV_0^2)}$$

cet appareil peut être utilisé comme Voltmètre. Justifier cet emploi à partir de l'expression donné ci-dessus.



Un condensateur est constitué de deux plaques parallèles métalliques rectangulaire horizontales A et B de longueur $L = 12 \text{ cm}$, séparées par une distance $d = 2 \text{ cm}$. Le point O est équidistant des deux plaques. Un faisceau homocinétique d'électron pénètre en O avec une vitesse V_0 formant un angle $\alpha = 14^\circ$ avec l'axe horizontale.

$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; masse électron $m = 9 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $E = 1000 \text{ V/m}$

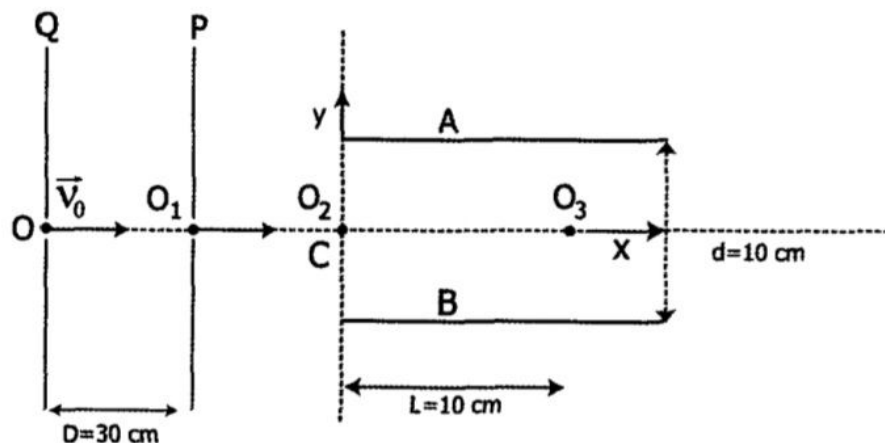


- 1) Préciser le signe et la valeur de la tension U_{AB} .
- 2) Etablir l'équation cartésienne de la trajectoire en fonction de V_0 , α , e , E et m
- 3) Déterminer la valeur de la vitesse initiale V_0 pour que le faisceau passe par le point C ($x_C = L$, $y_C = 0$).



On néglige dans tout l'exercice le poids de la particule.

Une particule α (ion He^{2+} de masse $m = 6,64 \times 10^{-27} \text{ kg}$ et de charge $q = 3,2 \times 10^{-19}$) pénètre en un point O, avec une vitesse $\vec{V}_0$ horizontale, d'intensité 10000 km/s dans un champ électrique uniforme $\vec{E}$, créé entre deux plaques verticales et parallèles p Q, distante de $D = 30 \text{ cm}$.



I)

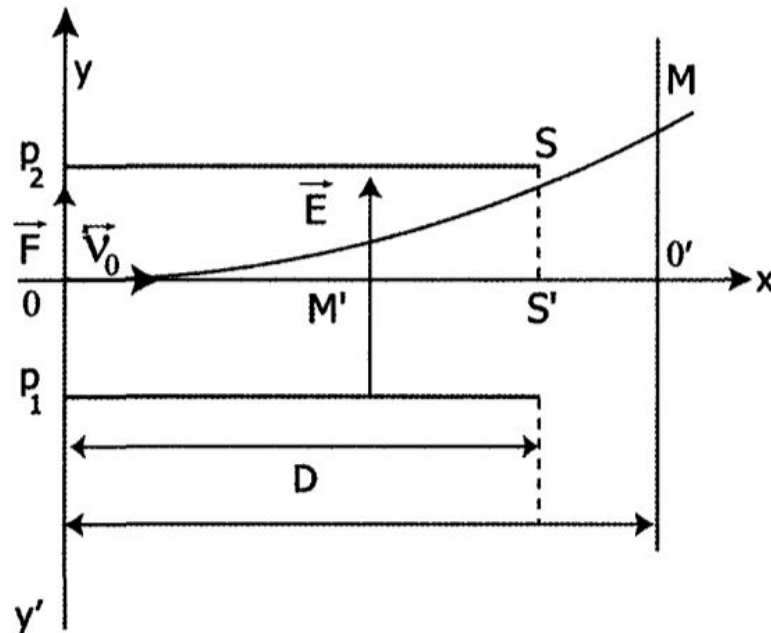
- 1) Justifier sans calcul ; le signe de U_{PQ} pour que la particule α soit ralentie entre O et O_1 .
- 2) Calculer U_{PQ} à fin qu'à l'arrivée en O_1 , la vitesse de la particule soit égale à $V_{O1} = 9000 \text{ km.s}^{-1}$.
- 3) Répondre par vrai ou faux. Justifier et calculer éventuellement les vraies valeurs.
 - a- Le mouvement entre les deux plaques Q et P est rectiligne uniforme.
 - b- L'accélération augmente entre Q et P.
 - c- La durée du trajet O_1O_2 est $t = 31,6.10^{-9} \text{ s}$.

II) La particule α pénètre dans un champ uniforme $\vec{E}$ crée entre des plaques horizontales A et B avec une vitesse $V_{02} = V_{01} = 9000 \text{ km.s}^{-1}$, la tension $U_{AB} = 2.10^4 \text{ V}$.

- 1) Etablir sans calcul que la particule α va dévier. Préciser dans quel sens et expliquer.
- 2) Etablir l'équation de la trajectoire des particules α entre A et B.
- 3) Calculer la déviation y_s subie par la particule à la sortie de ce champ électrique.

CORRIGÉS

1



1) a- Système {Particule}

Bilan des forces: $\vec{P}$: Poids de la particule

$\vec{F}$: Force électrique.

- La valeur du poids est négligeable devant la valeur de la force électrique. ($\|\vec{P}\| \ll \|\vec{F}\|$).
- Appliquons la relation fondamentale de la dynamique

$$\vec{F} = q \times \vec{E} = m \cdot \vec{a} \Leftrightarrow \vec{a} = \frac{q}{m} \cdot \vec{E} \quad \left\{ \begin{array}{l} \perp \text{ Plaques } P_1 \text{ et } P_2 \\ \text{Orienté de } P_1 \text{ vers } P_2 \\ \|\vec{E}\| = \frac{|V_{P_1} - V_{P_2}|}{d} = \frac{U}{d} \end{array} \right.$$

$$\vec{a} = \begin{pmatrix} a_x = 0 \\ a_y = \frac{q}{m} \|\vec{E}\| = \frac{qU}{md} \end{pmatrix}$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} \Leftrightarrow \vec{V} = \int \vec{a} dt; \vec{V} \text{ est la primitive de } \vec{a}$$

$$\vec{V} = \begin{pmatrix} V_x = V_{ox} = \|\vec{V}_0\| \\ V_y = \frac{qU}{md} \cdot t + V_{oy} = \frac{qU}{md} \cdot t \end{pmatrix} \quad (V_{oy} = 0)$$

$$\vec{V} = \frac{d\vec{OM}}{dt} \Leftrightarrow \vec{OM} = \int \vec{V} dt$$

$$\vec{OM} \begin{cases} x = \|\vec{V}_0\| \cdot t + x_0 \\ y = \frac{1}{2} \frac{qU}{md} \cdot t^2 + y_0 \end{cases} \quad \text{avec } x_0 = y_0 = 0 \text{ m}$$

Les équations horaires du mouvement :

$$\begin{cases} x = \|\vec{V}_0\| t + x_0 \\ y = \frac{1}{2} \frac{qU}{md} t^2 + y_0 \end{cases}$$

b- $t = \frac{x}{\|\vec{V}_0\|} \Rightarrow y = \frac{q \cdot U}{2mdV_0^2} x^2$ trajectoire parabolique

c- Pour que la particule puisse sortir du champ il faut que $y_s < \frac{d}{2}$ avec S : point de sortie.

Pour $x_s = L$; $y_s < \frac{d}{2}$

$$\Rightarrow \frac{q \cdot \|\vec{E}\| \cdot L^2}{2mV_0^2} < \frac{d}{2}$$

$$\Rightarrow \|\vec{E}\| < \frac{m \cdot d \cdot V_0^2}{q \cdot L^2}$$

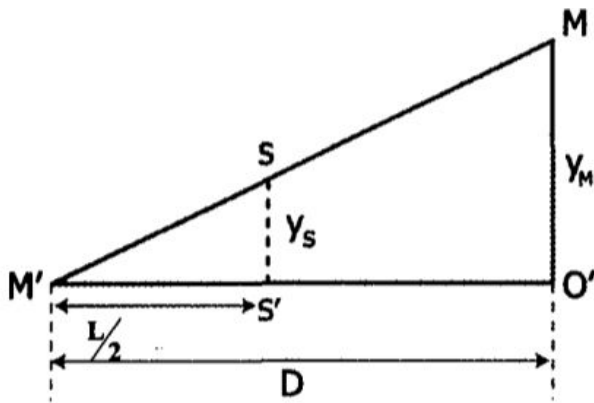
$$\Rightarrow \|\vec{E}_{\max}\| = \frac{m \cdot d \cdot V_0^2}{q \cdot L^2}$$

A.N $\|\vec{E}_{\max}\| = 4 \cdot 10^4 \cdot V \cdot m^{-1}$

2) a- Entre les points S et M ; l'effet du poids est négligeable → la particule peut être considérée comme isolée.

D'après le principe d'inertie le mouvement est rectiligne uniforme suivant la direction de $\vec{V}_s$ avec $\vec{V}_s$: vitesse de sortie au point de sortie S.

Rappel mathématique : la tangente à une parabole passant par O_2 au point d'abscisse x coupe l'axe d'abscisse $\frac{x}{2}$



D'après le théorème de Thalès :

$$\frac{SS'}{O'M'} = \frac{M'S'}{M'O'}$$

$$\Rightarrow O'M' = \frac{SS' \cdot M'O'}{M'S'}$$

$$Y_M = \frac{\left(D - \frac{L}{2}\right)}{\frac{L}{2}} \cdot Y_S \text{ avec } D = 2L$$

$$Y_M = 3Y_S \quad Y_M = 3\text{cm}$$

Donc $M(x_M = D = 2L = 20\text{cm}; Y_M = 3\text{cm})$

b- $\|\vec{V}_M\| = \|\vec{V}_S\|$ puisque le mouvement est rectiligne uniforme entre M et S.

1^{ère} Méthode :

t_s : L'instant d'arrivée de la particule en S :

$$x_s = L = \|\vec{V}_0\| \cdot t_s \Rightarrow t_s = \frac{L}{\|\vec{V}_0\|}$$

$$\vec{V}_S \begin{pmatrix} V_{sx} = \|\vec{V}_0\| \\ V_{sy} = \frac{q \cdot U}{m \cdot d} \cdot \frac{L}{\|\vec{V}_0\|} \end{pmatrix}$$

$$\|\vec{V}_S\| = \|\vec{V}_M\| = \sqrt{(V_{sx})^2 + (V_{sy})^2}$$

$$\text{A.N } \|\vec{V}_S\| \approx 10^6 \text{ m.s}^{-1}$$

2^{ème} Méthode :

En appliquant le théorème de l'énergie cinétique :

$$E_C(s) - E_C(0) = \omega_{\vec{F}_0 \rightarrow s}$$

$$\frac{1}{2} m \cdot V_s^2 - \frac{1}{2} m \cdot V_0^2 = \vec{F} \cdot \vec{OS}$$

$$\text{avec } \vec{F} \begin{pmatrix} F_x = 0 \\ F_y = \|\vec{F}\| \end{pmatrix} \text{ et } \vec{OS} \begin{pmatrix} X_s = L \\ Y_s = \frac{1}{2} \cdot \frac{q \cdot U}{m \cdot d} \cdot \frac{L^2}{\|\vec{V}_0\|^2} \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} m (V_s^2 - V_0^2) = \|\vec{F}\| \cdot (Y_s - Y_0) \text{ avec } Y_0 = 0 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \|V_s\| = \sqrt{\frac{2Y_s \cdot \|\vec{F}\|}{m}} + V_0^2$$

$$\boxed{\|\vec{V}_s\| = \sqrt{\frac{q \cdot U \cdot L^2 \cdot \|\vec{F}\|}{m \cdot d \cdot \|\vec{V}_0\|^2} + V_0^2}}$$

$$\text{A.N } \|\vec{V}_M\| = \|\vec{V}_s\| \approx 10^6 \text{ m.s}^{-1}$$

$$\text{c- } Y_M = \frac{D - \frac{L}{2}}{\frac{L}{2}} Y_s = 3Y_s \text{ (d'après 2) a-)}$$

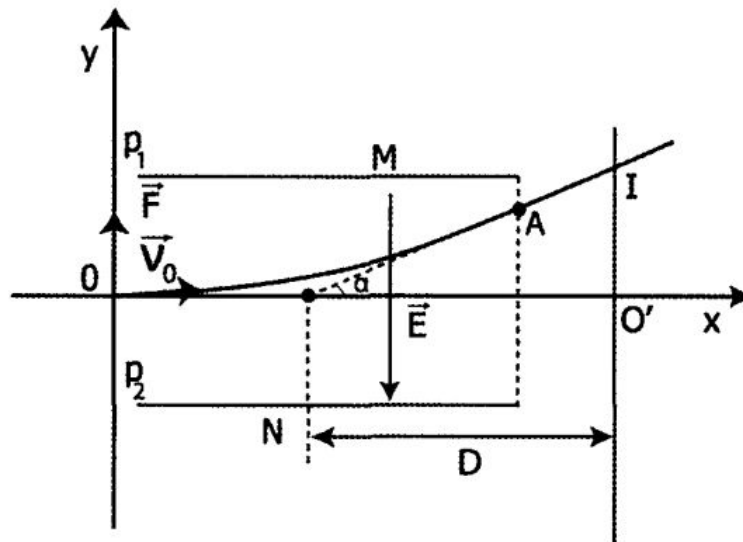
$$Y_M = \frac{3}{2} \frac{q \cdot L^2}{m \cdot V_0^2 \cdot d} \cdot U$$

$$\text{De la forme } Y_M = K \cdot U \text{ avec } K = \frac{3 \cdot q \cdot L^2}{2m \cdot V_0^2 \cdot d} \text{ constante de proportionnalité}$$

$$\text{Soit } K = 3,75 \cdot 10^{-5} \text{ m.V}^{-1}.$$



1) a-



Système {électron}

$$\text{Bilan des forces : } \vec{F} = q \cdot \vec{E} = -e \vec{E}$$

$\vec{F}$ et $\vec{E}$ sont de sens opposée or $\vec{E}$ est orienté de M vers N ($U_{MN} = V_M - V_N > 0$)

$$\text{b- R.F.D : } \vec{F} = -e \cdot \vec{E} = m \vec{a} \Rightarrow \boxed{\vec{a} = -\frac{e}{m} \cdot \vec{E}}$$

$$\vec{a} = \begin{pmatrix} ax = 0 \\ ay = \frac{-e \cdot (-\|\vec{E}\|)}{m} = \frac{e \cdot \|\vec{E}\|}{m} \end{pmatrix}$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} \Rightarrow \vec{V} = \int \vec{a} dt \text{ soit } \vec{V} = \begin{pmatrix} V_x = \|\vec{V}_0\| \\ V_y = \frac{e \cdot (\|\vec{E}\|)}{m} \cdot t \end{pmatrix}$$

$$\vec{V} = \frac{d\vec{OM}}{dt} \Rightarrow \vec{OM} = \int \vec{V} dt \Rightarrow \vec{OM} = \begin{pmatrix} x = \|\vec{V}_0\| \cdot t \\ y = \frac{1}{2} \frac{e \cdot (\|\vec{E}\|)}{m} \cdot t^2 \end{pmatrix}$$

$$x = \|\vec{V}_0\| \cdot t \Rightarrow t = \frac{x}{\|\vec{V}_0\|}$$

$$y = \frac{1}{2} \frac{e \cdot (\|\vec{E}\|)}{m \|\vec{V}_0\|^2} x^2 \quad \text{A.N : } y = 0,24 \cdot x^2 \text{ trajectoire parabolique}$$

$$2) \text{ a- } \begin{cases} x_A = \ell = 5,5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ y_A = 0,24 \ell^2 = 7,26 \cdot 10^{-4} \text{ m} \end{cases}$$

$$\text{b- } \Delta E_C = E_C(A) - E_C(0) = \omega \vec{F}_{0 \rightarrow A}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} m V_A^2 - \frac{1}{2} m V_0^2 = \vec{F} \cdot \vec{OA} = \|\vec{F}\| \cdot (y_A - y_0)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} m V_A^2 = \frac{1}{2} m V_0^2 - |q| \cdot \frac{U}{d} \cdot y_A \Rightarrow \boxed{\|\vec{V}_A\| = \sqrt{V_0^2 + \frac{2e \cdot U}{d} \cdot y_A}}$$

$$\text{A.N } \|\vec{V}_A\| = 2,8 \cdot 10^7 \text{ m.s}^{-1}$$

3) a- A la sortie des plaques, l'effet du poids est négligeable, l'électron peut être supposé isolé donc d'après le principe d'inertie le mouvement est rectiligne uniforme.

$$\text{b- Thalès : } \frac{y_A}{y} = \frac{\ell}{2D} \Rightarrow y = \frac{2D \cdot y_A}{\ell} \quad \text{A.N } \boxed{y = 7,92 \cdot 10^{-3} \text{ m}}$$

$$\tan \alpha = \frac{y}{D} = 0,0264 \rightarrow \alpha \approx 1,5^\circ$$

3

I) 1) Le champ électrique est uniforme à l'intérieur d'un condensateur plan.

$$\vec{E} \begin{cases} \text{direction : perpendiculaire aux armatures (plaques)} \\ \text{sens : du potentiel le plus élevé vers le potentiel le moins élevé} \\ \text{Valeur : } \|\vec{E}\| \text{ est constante soit } \|\vec{E}\| = \frac{|U_{AB}|}{d_{AB}} \end{cases}$$

2) Système {électron}

$$\text{Bilan des forces : } \vec{F} = q \cdot \vec{E}$$

$$\text{Théorème de l'énergie cinétique : } E_{CO_1} - E_{C_A} = \omega \vec{F}_{O_1 \rightarrow A}$$

$$\text{avec } \omega \vec{F}_{O_1 \rightarrow A} = q(V_A - V_B) = -e(U_{AB})$$

$$\text{la vitesse en A étant négligeable } E_C(A) = 0$$

$$E_{CO_1} = \frac{1}{2} m V_0^2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} m V_0^2 - 0 = -e \cdot U_{AB}$$

$$\Rightarrow U_{AB} = \frac{-m V_0^2}{2e}$$

$$m > 0; e > 0; \text{ donc } U_{AB} = V_A - V_B < 0.$$

3) Déterminons V_0

$$\Rightarrow \frac{1}{2} m V_0^2 = -e \cdot U_{AB}$$

$$\Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{-2e \cdot U_{AB}}{m}}$$

$$4) \text{ A.N } V_0 = 2,53 \cdot 10^7 \text{ m.s}^{-1}$$

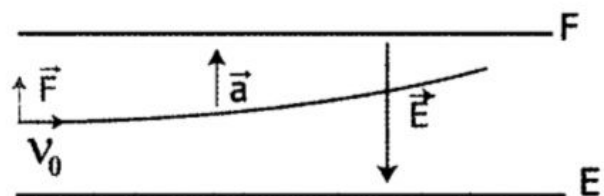
1) le champ électrique $\vec{E}$ est orienté de F vers E car $U_{FE} = V_F - V_E > 0$ ($\vec{E}$ orienté vers le potentiel le moins élevé)

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E} = -e \cdot \vec{E} \Rightarrow \vec{F} \text{ et } \vec{E} \text{ sont colinéaires de sens contraire}$$

2^{ème} Loi de Newton :

$$\vec{F} = -e \cdot \vec{E} = m \vec{a}$$

$$\Rightarrow \vec{a} = \frac{-e}{m} \cdot \vec{E} \text{ avec } \|\vec{E}\| = \frac{U_{FE}}{d}$$



$$\Rightarrow \begin{pmatrix} a_X = 0 \\ a_Y = \frac{-e}{m} (\|\vec{E}\|) = \frac{e.U_{FE}}{m.d} \end{pmatrix}$$

$$2) \vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} \Rightarrow \vec{V} = \int \vec{a} dt$$

$$\Rightarrow \vec{V} \begin{pmatrix} V_X = \|\vec{V}_0\| \\ V_Y = \frac{e.U_{FE}}{m.d} . t \end{pmatrix}$$

$$\vec{V} = \frac{d\vec{OM}}{dt} \Rightarrow \vec{OM} = \int \vec{V} dt$$

$$\Rightarrow \vec{OM} \begin{pmatrix} x = \|\vec{V}_0\| . t \\ y = \frac{1}{2} \frac{e.U_{FE}}{m.d} . t^2 \end{pmatrix}$$

$$x = \|\vec{V}_0\| . t \rightarrow t = \frac{x}{\|\vec{V}_0\|} \quad \Rightarrow y = \frac{1}{2} \frac{e.U_{FE}}{m.d V_0^2} . x^2 \quad \text{équation d'une trajectoire parabolique}$$

3) a- l'effet de poids est négligeable, l'électron peut être considéré comme isolé, d'après le principe d'inertie le mouvement est rectiligne uniforme.

b- L'abscisse de s est $\ell \Rightarrow x_S = \ell = \|\vec{V}_0\| t_S$

$$\rightarrow t_S = \frac{\ell}{\|\vec{V}_0\|} \quad \text{avec tous } t_S : \text{l'instant d'arrivé au point S}$$

$$\Rightarrow \vec{V}_S \begin{pmatrix} V_X = \|\vec{V}_0\| \\ V_Y = \frac{e.U_{FE}}{m.d} . \frac{\ell}{\|\vec{V}_0\|} \end{pmatrix}$$

$$\text{tg} \alpha = \frac{V_Y}{V_X} = \frac{e.U_{FE} . \ell}{m.d.V_0^2}$$

c- $\text{tg} \alpha = \frac{h}{L - \ell}$

$$\Rightarrow h = (L - \ell) \text{tg} \alpha = (L - \ell) \frac{e.U_{FE} . \ell}{m.d.V_0^2}$$

d- La déflexion : $D = \frac{e . \ell . L}{2m.V_0^2} . U$

e, ℓ , L, m et V_0^2 sont des constantes d'où $D = K.U$ avec K constante $K = \frac{e . \ell . L}{2m.V_0^2}$

→ La déflexion D est proportionnelle à la tension appliquée entre les plaques. Donc cet appareil peut être utilisé en voltmètre.



1) le champ électrique entre les deux plaques est uniforme orienté du potentiel le plus élevé vers potentiel le moins élevé or $\vec{E}$ est orienté de la plaque B vers la plaque A donc $V_B > V_A$

$$U_{AB} = V_A - V_B < 0; U_{AB} = -\|\vec{E}\| \times d = -1000 \times 0,02 = -20V$$

2) Système {électron}

Bilan des forces: $\vec{P}$: Poids de l'électron

$\vec{F}$: Force électrique.

$$\text{Or } \|\vec{P}\| = m \cdot \|\vec{g}\| = 9.10^{-30} \text{ N}$$

$$\|\vec{F}\| = |q| \cdot \|\vec{E}\| = e \cdot \|\vec{E}\| = 1,6.10^{-16} \text{ N} \Rightarrow \frac{\|\vec{P}\|}{\|\vec{F}\|} = \frac{9.10^{-30}}{1,6.10^{-16}} = 5,6.10^{-14}$$

$$\|\vec{P}\| \text{ est négligeable devant } \|\vec{F}\| \quad \|\vec{P}\| \ll \|\vec{F}\|$$

$$\text{R.F.D : } \vec{F} = m \cdot \vec{a} = q \cdot \vec{E} = -e \vec{E}$$

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

$$\vec{a} \begin{pmatrix} a_x = 0 \\ a_y = \frac{-e}{m} \|\vec{E}\| \end{pmatrix}$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} = \vec{V} = \int \vec{a} dt$$

$$\vec{V} \begin{pmatrix} V_x = \|\vec{V}_0\| \cos \alpha \\ V_y = \frac{-e}{m} \|\vec{E}\| \cdot t + \|\vec{V}_0\| \sin \alpha \end{pmatrix}$$

$$\vec{V} = \frac{d\vec{OM}}{dt} \Rightarrow \vec{OM} \begin{pmatrix} x = \|\vec{V}_0\| \cos \alpha \cdot t \\ y = -\frac{1}{2} \frac{e}{m} \|\vec{E}\| \cdot t^2 + \|\vec{V}_0\| \sin \alpha \cdot t \end{pmatrix}$$

$$\text{On élimine le temps } t = \frac{x}{\|\vec{V}_0\| \cos \alpha}$$

$$y = -\frac{e \|\vec{E}\|}{2m \|\vec{V}_0\|^2 \cos^2 \alpha} \cdot x^2 + x \cdot \tan \alpha \text{ trajectoire parabolique}$$

$$3) y = -\frac{9,45 \cdot 10^{13}}{V_0^2} \cdot x^2 + 0,25x$$

Au point C : $x_C = L = 0,12\text{m}$; $y_C = 0\text{m}$

$$\frac{e\|\vec{E}\|}{2m\|\vec{V}_0\|^2 \cos^2 \alpha} \cdot L^2 = L \cdot \tan \alpha$$

$$\Rightarrow V_0^2 = \frac{e\|\vec{E}\| \cdot L}{2m \cdot \tan \alpha \cdot \cos^2 \alpha} = \frac{e\|\vec{E}\| \cdot L}{2m \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}$$

$$\boxed{\|\vec{V}_0\| = \sqrt{\frac{e\|\vec{E}\| \cdot L}{2m \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}}} \quad \text{A.N} \quad \|\vec{V}_0\| = 6,73 \cdot 10^6 \text{m.s}^{-1}$$

5

I) 1) pour ralentir la particule chargée positivement, la force électrique $\vec{F}$ doit être orienté de P vers Q.

En un point quelconque entre O et O₁, le vecteur vitesse $\vec{V}$ et la valeur $\vec{a}$ sont de sens contraires.

$$\left. \begin{array}{l} \vec{F} = m \cdot \vec{a} \\ m > 0 \end{array} \right\} \vec{F} \text{ et } \vec{a} \text{ de même sens de P vers Q}$$

et

$$\left. \begin{array}{l} \vec{F} = q \cdot \vec{E} \\ q > 0 \end{array} \right\} \vec{F} \text{ et } \vec{E} \text{ colinéaires de même sens}$$

et $\vec{E}$: du potentiel le plus élevé de P vers le moins élevé.

$$\Rightarrow V_P > V_Q \Rightarrow U_{PQ} = V_P - V_Q > 0$$

2) Appliquons le théorème de l'énergie cinétique :

$$\Delta E_C = E_C(O_1) - E_C(0) = W_{\vec{F}_{0 \rightarrow O_1}}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} m V_{O_1}^2 - \frac{1}{2} m V_O^2 = \vec{F} \cdot \overrightarrow{QP} = q \cdot \vec{E} \cdot \overrightarrow{QP}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} m (V_{O_1}^2 - V_O^2) = q \cdot U_{QP} = -q U_{PQ}$$

$$\Rightarrow \boxed{U_{PQ} = \frac{m(V_{O_1}^2 - V_O^2)}{2q}}$$

$$\text{A.N} \quad U_{PQ} \approx 1,97 \cdot 10^5 \text{V}$$

3) a- Faux : Le mouvement n'est pas rectiligne uniforme il s'agit d'un mouvement rectiligne uniformément retardé.

b- Faux : l'accélération est constante en appliquant la R.F.D

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

$$\Rightarrow \|\vec{a}\| = \frac{|q| \cdot \|\vec{E}\|}{m} = \text{cte}$$

c- On doit calculer la durée du mouvement entre O et O₁

$$\|\vec{a}\| = \frac{|q|}{m} \|\vec{E}\| = \frac{|q|}{m} \cdot \frac{U_{PQ}}{D} \approx 3,16 \cdot 10^{13} \text{ m.s}^{-2}$$

le mouvement étant rectiligne uniformément retardé $\vec{a} = -\|\vec{a}\| \cdot \vec{i}$

$$a = -3,16 \cdot 10^{13} \text{ ms}^{-2}$$

$$V = at + V_0 \Rightarrow t = \frac{V - V_0}{a}$$

$$t = 3,16 \cdot 10^{-8} \text{ s} \approx 31,6 \text{ ns} = 31,6 \cdot 10^{-9} \text{ s}$$

II) 1) entre les plaques A et B règne un champ électrique uniforme. Les particules α sont soumises à une force électrique $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$, $\vec{E}$ et $\vec{F}$ de même direction et de même sens et comme $\vec{E}$ est orienté du potentiel le plus élevé vers le potentiel moins élevé donc de A vers B. les particules vont être dérivées vers le bas.

2) Dans $R'(O_2, \vec{i}, \vec{j})$

Système {particule α }, théorème de centre d'inertie :

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} = q \cdot \vec{E}$$

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

$$\vec{a} \begin{pmatrix} a_x = 0 \\ a_y = \frac{-q}{m} \|\vec{E}\| = \frac{-q}{m} \frac{U_{AB}}{d} \end{pmatrix}$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} \Rightarrow \vec{V} \begin{vmatrix} V_x = \|\vec{V}_{O_2}\| \\ V_y = -\frac{q}{m} \cdot \frac{U_{AB}}{d} \cdot t \end{vmatrix} \Rightarrow \vec{V} = \frac{d\vec{OM}}{dt} \Rightarrow \vec{OM} \begin{vmatrix} x = \|\vec{V}_{O_2}\| \cdot t \\ y = -\frac{1}{2} \frac{q}{m} \cdot \frac{U_{AB}}{d} \cdot t^2 \end{vmatrix}$$

$$\text{On élimine le temps : } t = \frac{x}{\|\vec{V}_0\|}$$

$$\boxed{y = -\frac{1}{2} \frac{q \cdot U_{AB}}{m \cdot d \cdot V_0^2} \cdot x^2} \quad \text{trajectoire parabolique.}$$

3) En S, $x_S = L$

$$\Rightarrow y_S = -\frac{1}{2} \frac{q \cdot U_{AB}}{m \cdot d \cdot V_0^2} \cdot L^2$$

$$\text{A.N } y_S = -5,95 \cdot 10^{-4} \text{ m} \quad \text{Soit } y_S \approx -0,59 \text{ mm}$$