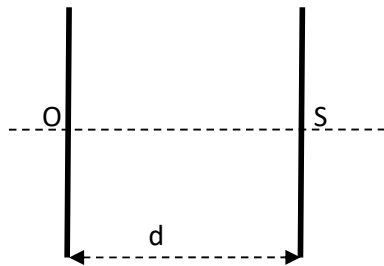


EXERCICE 1 : Canon à électrons

Un électron, initialement immobile au point O est accéléré par un champ électrique $\vec{E}$ uniforme créée entre deux plaques verticales, parallèles entre elles. La tension électrique existant entre les deux plaques métalliques est égale à $U = 100 \text{ V}$. La distance d séparant les deux plaques a pour valeur $d = 5 \text{ cm}$.

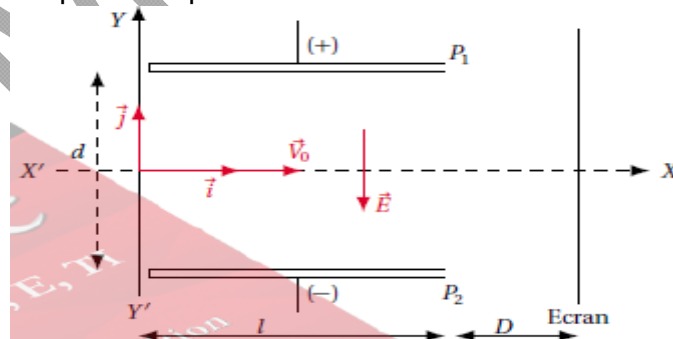


Données : masse de l'électron $m = 9,10 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, charge de l'électron $q = -e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, intensité du champ de pesanteur $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

- 1) Indiquer sur un schéma comment le générateur de tension doit être relié aux plaques (polarité des plaques). Indiquer le sens du champ électrique $\vec{E}$. Calculer son intensité.
- 2) Comparer l'intensité de la force électrostatique à l'intensité du poids de l'électron. Conclure.
- 3) Calculer la vitesse V_S de l'électron au point S. En déduire la durée du trajet OS.
- 4) Comment évolue la vitesse V_S lorsque la tension augmente ?

EXERCICE 2 Appareil à déviation électrique

Une tension U est maintenue entre deux plaques métalliques horizontales P_1 et P_2 et distantes de d . Un faisceau d'électron pénètre dans le champ électrique avec un vecteur vitesse horizontal $\vec{V}_0$. La longueur des plaques est notée l . Un écran vertical permet de repérer le point d'impact des électrons.



- 1) Calculer l'intensité du champ électrique $\vec{E}$
- 2) Déterminer la position du point de sortie S. Quelle est la vitesse V_S des électrons en S ?
- 3) Calculer la valeur de l'angle de déviation α du faisceau d'électrons.
- 4) Déterminer la position du point d'impact I du faisceau sur l'écran. En déduire la vitesse du faisceau en ce point I.

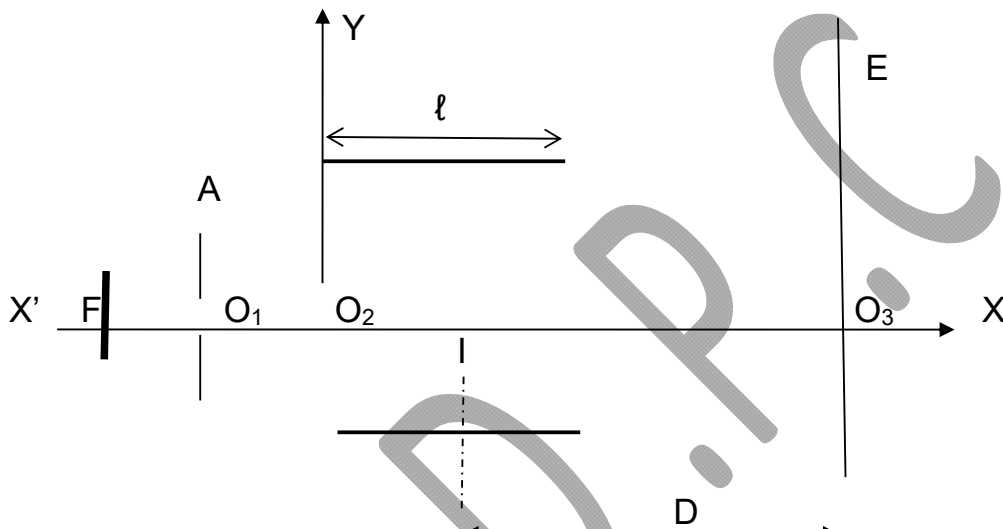
Données : $\ell = 2,5 \text{ cm}$, $d = 1,5 \text{ cm}$, $D = 50 \text{ cm}$, $U = 100 \text{ V}$, $V_0 = 8,10 \cdot 10^6 \text{ m/s}$, $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$, $q = -e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

EXERCICE 3

Le problème traite de l'étude théorique de l'oscilloscope électronique et de quelques applications possibles. Le poids de l'électron sera négligé

I - Étude du tube électronique (voir figure)

Dans un tube électronique, un filament incandescent F émet des électrons avec une vitesse initiale négligeable. Les électrons sont accélérés par une anode A plane présentant par rapport au filament une différence de potentielle constante et positive $U_0 = 1125 \text{ V}$,leur communiquant ainsi une vitesse de direction horizontale $X'O_3$. On appellera $\vec{E}_0$ le champ el électrique crée suivant $X'O_3$



1 - Quelle est la nature du mouvement d'un électron entre F et A ? Ecrire l'équation horaire de ce mouvement.

2 – Déterminer la vitesse d'un électron à son arrivée sur l'anode.

On donne la masse d'un électron $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$; charge de l'électron : $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

3 – Un trou ponctuel, percé dans l'anode en O_1 laisse passer un pinceau d'électron homocinétique, qui pénètre par la suite au point O_2 , dans un champ électrique uniforme crée par un condensateur plan dont les plaques sont horizontales et disposées symétriquement par rapport à l'axe $X'O_2X$. Le pinceau est ensuite reçu sur un écran fluorescent E perpendiculaire à l'axe $X'O_3$ distant du centre I du condensateur de $D = 30 \text{ cm}$. La distance entre les armatures est $d = 2 \text{ cm}$ leur longueur est $l = 5 \text{ cm}$

On applique à l'armature supérieure une tension $U_1 = 45 \text{ V}$ par rapport à l'armature inférieure

a) Étudier le mouvement d'un électron pendant la traversée du condensateur. Écrire l'équation de sa trajectoire en fonction de U_0 , U_1 et d

Quelle condition doit remplir la tension U_1 , pour que l'électron puisse sortir du condensateur sans rencontrer les armatures ?

b) Déterminer la déviation Y sur l'écran comptée à partir de O_3 point d'intersection de l'axe $X'O_3$ avec l'écran E

On appelle sensibilité le facteur $K_1 = \frac{U_1}{Y}$ exprimer K_1 en fonction de D , l et U_0 .
Donner sa valeur en V/Cm. .

XERCICE 4

Les deux armatures A et B d'un condensateur plan sont disposées dans le vide parallèlement à l'axe OX . Leur distance est $d = 4$ cm et leur longueur est $l = 10$ cm
Un faisceau d'électrons homocinétique (dont la masse est $m = 9,1.10^{-31}$ Kg la charge $-e = -1,6.10^{-19}$ C) pénètre en O à égale distance des deux armatures avec la vitesse $\vec{V}_0$ parallèle à O x et de valeur $V_0 = 25000$ km/s

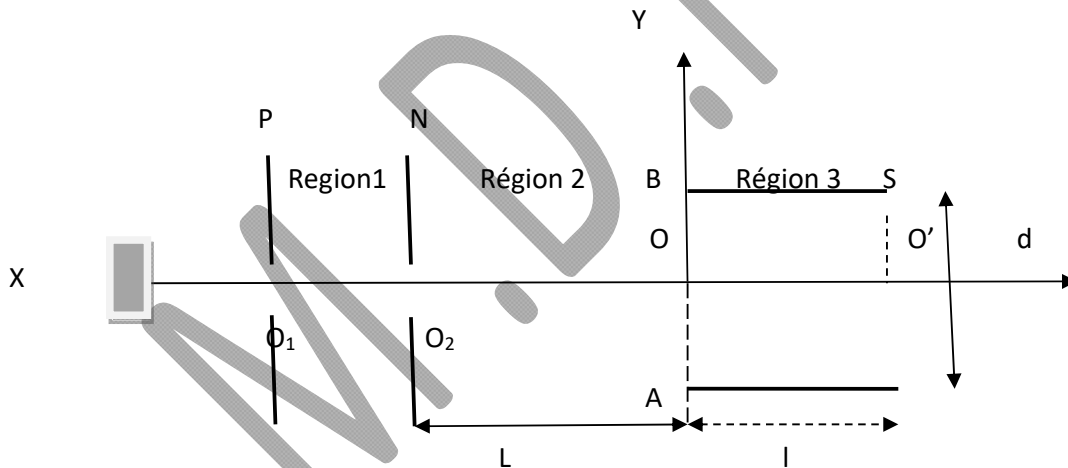
- 1) Quel doit être le signe de U_{AB} (ou la d .d .p.= $V_A - V_B$) pour que les Électrons soient déviés vers l'armature A ?
2. On établit entre les armatures une tension $U_{AB} = 400$ V. . Déterminer l'ordonnée du point M où les électrons sortent du champ, et la déviation électrique

EXERCICE 5

Des hélions, ou particules α (${}^4_2\text{He}^{2+}$) de masse m sont émis sans vitesse initiale a travers l'ouverture O_1 d'une plaque métallique P .

Ils traversent successivement trois régions 1,2,3, d'une enceinte où on fait le vide . On néglige à priori leur poids devant la force électrique

Les mouvements des dans le plan de la figure seront reportes au repere (O X, Y) , l'origine O correspond au point de passage dans chacune des régions et l'axe (OY) désignant la verticale du lieu de l'expérience .



1) Accélération dans la région 1 où règne un champ électrique.

Les plaques P et N planes parallèles et perpendiculaires au plan de la figure, présentent entre elles une tension $U_0 = U_{NP} = V_N - V_P$.

On veut que les hélions arrivent au point O_2 avec une vitesse V_0 de direction (O_1, O_2) .

- a) Préciser et justifier le signe de U_0
- b) Déterminer l'expression littérale de V_0 en fonction de e , m , et de U_0 .
- c) Calculer la valeur numerique de V_0 avec les données suivantes : charge élémentaire $e = 1,6.10^{-19}$ C , masse d'un hélion $m = 6,68.10^{-27}$ Kg . valeur absolue de $U_0 = 2000$ V .

1) Déviation dans la région 3

Les hélions pénètrent en O avec la même vitesse V_0 entre les armatures A et B perpendiculaire au plan de la figure , distantes de d et de longueur l . Une tension U_{AB}

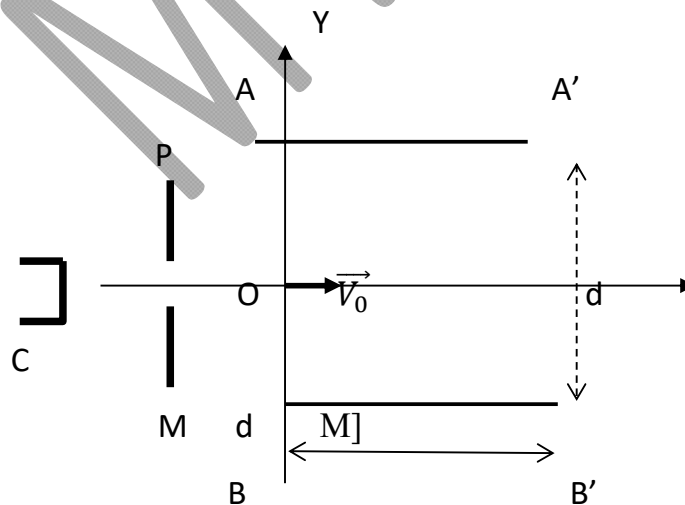
leur est appliquée . On veut que les particules traversent cette région pour sortir au point S tel que $O'S = 5 \text{ cm}$. On donne : $l = 20 \text{ cm}$, $d = 5 \text{ cm}$.

- Déterminer le sens du vecteur champ électrique supposé uniforme qui règne entre les armatures A et B . En deduire le signe de la tension $U_{AB} = V_A - V_B$.
- Etablir l'équation de la trajectoire des hélions dans le repere (O, X, Y) .
- En deduire l'expression de U_{AB} en fonction de d , U_0 , l , et $Y_S = O'S$, et calculer sa valeur pour $O'S = 5 \text{ cm}$

EXERCICE 6

Des électrons sont émis par une cathode C avec une vitesse initiale nulle. Ils sont alors accélérés sous une différence de potentielle U et ils arrivent en P avec une vitesse $\vec{V}_0$ parallèle à l'axe OX. Le poids des électrons a un effet négligeable.

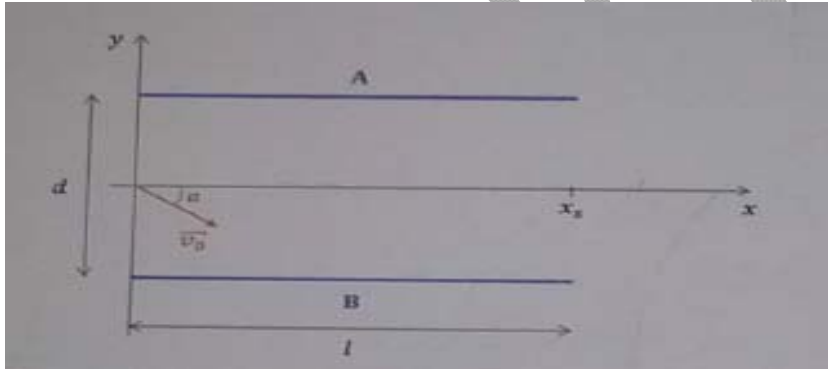
- Déterminer l'expression de la valeur de la vitesse $\vec{V}_0$ des électrons en P en fonction de U , de leur masse et de la charge élémentaire e . Les électrons venant de P pénètrent en O avec la vitesse $\vec{V}_0$ à l'intérieur d'un condensateur plan constitué de deux armatures planes AA' et BB' parallèle à OX et perpendiculaire à OY . On désigne par l la longueur des armatures et d leur écartement. On applique entre AA' et BB' une différence de potentielle U' et l'on suppose que les effets de bord sont négligeables si $x < 0$ ou $x > l$, le champ électrique est nul si $0 < x < l$, le champ électrique est uniforme . Soit F , la force électrostatique qui s'exerce sur un électron lorsqu'il se trouve à l'intérieure du condensateur .
- Exprimer le vecteur F dans la base orthonormée (i, j) en fonction de U' , d , et e . Le potentiel de AA' est supérieur à celui de BB' et $U' > 0$
- X et Y étant les coordonnées d'un électron dans le repère (XOY) , déterminer l'expression de Y en fonction de U' , e , d , x , m et V_0 pour $0 < x < l$
- Donner l'expression de Y en fonction de U , U' , d , et x .
Données : $U = 500 \text{ V}$, $U' = 1000 \text{ V}$, $l = 0,1 \text{ m}$, $d = 0,3 \text{ m}$
- Calculer la déviation angulaire des électrons à la sortie du condensateur.



EXERCICE 7 : mouvement dans un champ électrique

Des électrons entrent avec une vitesse initiale $\vec{V}_0$ de norme $2,5 \cdot 10^6$ m/s entre les plaques chargées d'un condensateur plan. Le vecteur vitesse fait un angle de 30° avec l'axe x comme indiqué sur la figure et l'expérience se fait dans le vide. Les plaques A et B ont une longueur de $l = 6$ cm et sont distantes de $d = 4$ cm. Le réglage de la tension U_{AB} permet de faire varier l'ordonnée du point S où les électrons sortent du champ électrique,

- 1) Quel doit être le signe de U_{AB} (respectivement la polarité des plaques) pour que les électrons ne s'écrasent pas contre plaque B ?
On règle la tension U telle que les électrons sortent du condensateur aux coordonnées (X, Y = 0).
- 2) Indiquer les vecteurs champ et force ainsi que la trajectoire des électrons sur un schéma.
Etablir les équations horaires du mouvement (vitesse et position) de l'électron
- 3) En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire des électrons.
- 4) On rappelle que les électrons sortent du condensateur à l'ordonnée Y = 0. Calculer U_{AB}
- 5) Pour le réglage $|U_{AB}| = 20,52$ V, détermine la vitesse de sortie des électrons
- 6) A combien de centimètre les électrons ne sont-ils rapprochés de la plaque B au point le plus près ?



EXERCICE 8 champ $\vec{E}$ et champ $\vec{g}$

Un condensateur plan constitué de deux armatures A et B métalliques planes et horizontales comme l'indique la figure ci-dessous

+

O
boule

Y

une boule chargée de masse $m = 10$ g est

Lancée du point O avec une vitesse $\vec{V}_0$

parallèle à OX et de même sens. La

Porte La charge $q = 3125 \cdot 10^9$ électrons.

Données : $g = 10$ N/kg et $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

- a) quelle doit être l'intensité E du champ électrique entre les armatures pour que la boule se déplace selon l'axe (OX)

b) En déduire la nature du mouvement de la boule.

2) dans une deuxième expérience, le champ électrique entre les armatures a maintenant une intensité $E = 1500 \text{ V/m}$. Un électron pénètre dans l'espace entre les armatures à partir du point O avec une vitesse V_0 telle que $(V_0, OX) = \alpha$ (angle en dessous de OX) et de valeur $V_0 = 12000 \text{ Km/s}$. L'électron passe par le point J situé sur OX. On donne $OJ = 11,4 \text{ cm}$, masse de l'électron $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$.

a) Quelle est la nature de la trajectoire de l'électron ? Reproduire le schéma et représente cette trajectoire approximativement.

b) calculer la valeur de l'angle α .

c) Calculer le temps t mis par l'électron entre les points O et J, ainsi que la valeur de la vitesse en J

EXERCICE 9 champ $\vec{E}$ et champ $\vec{g}$

Un solide S ponctuel de masse $m = 2 \text{ g}$ est lancé de l'origine O d'un repère galiléen d'axe (OXOY) à la date $t = 0$ avec une vitesse initiale faisant un angle β avec l'horizontale.

Dans toutes les expériences la valeur de $\vec{V}_0$ restera constante et égale à 2 m/s . L'angle β lui prenant lui les valeurs différentes.

1) Le solide S non chargé est soumis à la seule action de pesanteur caractérisée par $\vec{g}$ tel que $g = 10 \text{ m/s}^2$.

a) Etablir les équations horaires du mouvement de S

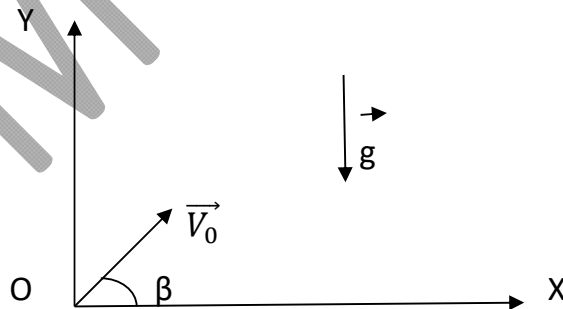
b) Lorsque $\beta = 90^\circ$ calculer l'ordonnée Y_M du sommet de la trajectoire.

c) Lorsque $\beta = 45^\circ$, montrer que l'ordonnée $Y_{M'} = \frac{1}{2} Y_M$ et donner les coordonnées de M'

2) On suppose que $\beta = 0$ et que S porte maintenant une charge électrique q . On superpose au champ de pesanteur un champ électrique E uniforme et constant.

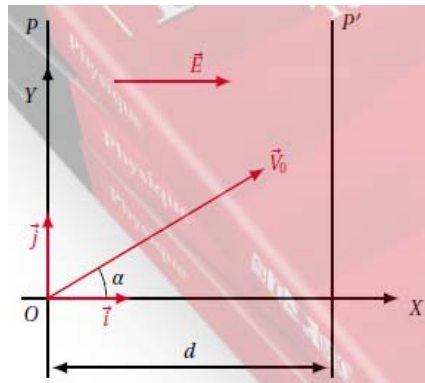
a) Lorsque $q = -2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ le mouvement du solide est rectiligne uniforme. En déduire les caractéristiques de E .

b) Lorsque $q = -6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$, établir l'équation de la trajectoire de S et montrer qu'elle passe par le point M' défini précédemment.

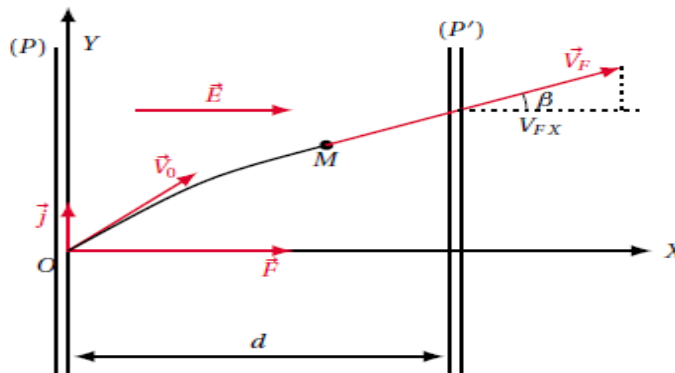


EXERCICE 10

Dans la région d'espace R comprise entre deux plans parallèles P et P' distant de d , il existe un champ électrique $\vec{E}$ créée par des électrodes constituées de fins grillages métalliques disposés suivant P et P'. $\vec{E}$ sera considéré comme nul à l'extérieur de R. Une particule ponctuelle de masse m et de charge positive, arrive en O à $t = 0$ et pénètre dans la région R. La vitesse la vitesse $\vec{V}_0$ et fait un angle α avec l'horizontale.



- 1) Représenter la force électrique s'exerçant sur la particule en O .
- 2) On néglige le poids de la particule devant la force électrique. Etablir l'équation de la trajectoire. Quelle est sa nature ?
- 3) Déterminer la composante V_x de la vitesse en fonction de X (On pourra utiliser le théorème de l'énergie cinétique) .
- 4) Calculer V_F de la vitesse de la particule et l'angle β qu'elle fait avec l'horizontale au moment où elle arrive dans le plan P' .
On donne $V_0 = 2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$, $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$, $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $E = 5 \cdot 10^4 \text{ Vm}^{-1}$, $d = 10^{-2} \text{ m}$, $\alpha = 10^\circ$.
- 5) Quelle sera la trajectoire de la particule après la traversée du plan P' ?
Montrer que le rapport $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$ est égal à une constante K qui sera exprimée en fonction de E , d , q , m , V_0



EXERCICE 11 superposition des champs $\vec{g}$ et $\vec{E}$

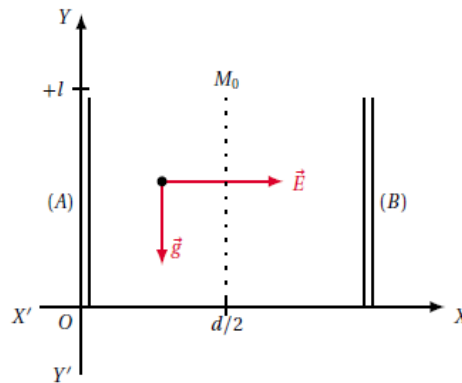
Deux plaques métalliques verticales A et B sont placées dans le vide à une distance d l'une de l'autre et sont soumises à une tension $V_A - V_B = U$ positive. La hauteur des plaques est l . Entre les plaques se superposent deux champs :

- Le champ de pesanteur supposé uniforme, caractérisé par le vecteur $\vec{g}$.
- Un champ électrique uniforme, caractérisé par le vecteur $\vec{E}$.

Une petite sphère M ponctuelle de masse m pesante portant une charge électrique positive $q(+)$ est abandonnée sans vitesse initiale à l'instant $t=0$ en un point M_0 dont les coordonnées dans le système d'axes $X'OX$, $Y'OY$ sont $(X_0 = \frac{d}{2}, l)$

- 1) Trouver les deux forces qui agissent sur la petite sphère. Montrer que cette dernière reste dans le plan de figure (Oxy) .
- 2) En déduire les composantes sur les axes OX et OY du vecteur accélération $\vec{a}$ du mouvement de la sphère.
- 3) Déterminer en fonction du temps, les composantes du vecteur vitesse $\vec{V}$ ainsi que celles du vecteur position $\vec{OM}$: Ecrire l'équation de la trajectoire . Quelle est sa nature ?
- 4) Calculer la date d'arrivée de la sphère dans le plan horizontal passant par O ,
- 5) Quelle valeur doit -on donner à U_{AB} pour que la trajectoire de la sphère passe par le point P de coordonnée (d ,0) .

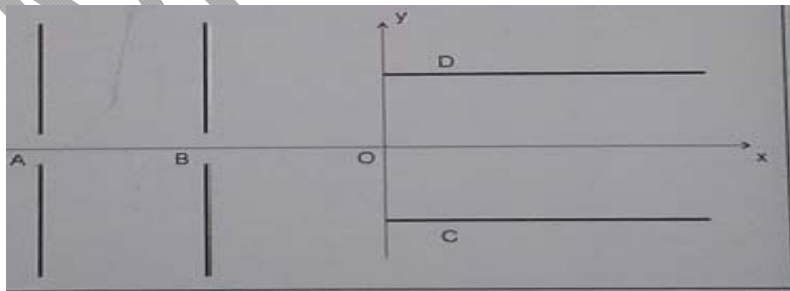
On donne : $d = 4 \text{ cm}$, $l = 1 \text{ m}$ charge massique $\frac{q}{m} = 10^{-6} \text{ C/Kg}$, $g = 10 \text{ m/s}^2$



EXERCICE 12

Un faisceau de particules α (noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$) de poids négligeable et de charge $+2e$ parcourt le trajet suivant :

- 1) En A ,les particules entrent avec une vitesse négligeable par un trou entre deux armatures verticales aux bornes des quelles règne une tension U_1 . Déterminer la polarité des plaques pour que les particules soient accélérées .Ajouter sur la figure le champ électrique $\vec{E}_1$ et la force électrique $\vec{F}_1$ que subit chaque particule.

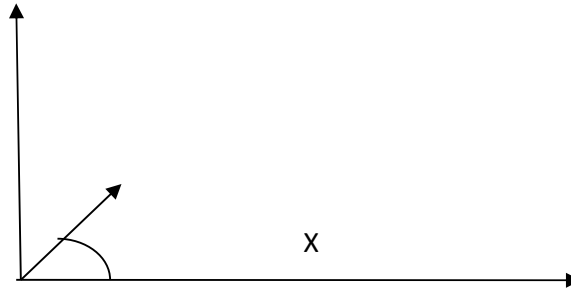


- 2) Déterminer U_1 pour que les particules sortent en B avec une vitesse de $5 \cdot 10^5 \text{ m/s}$.
- 3) Les particules se déplacent à vitesse constante de B jusqu'en O , origine d'un repere (Ox , Oy) , et se trouvant au milieu des deux armatures C et D . Indiquer en justifiant votre réponse, la polarité des plaques pour que les particules soient déviées vers le haut .
Ajouter sur la figure le champ électrique $\vec{E}$, et la force électrique $\vec{F}$ sur chaque particule
- 4) Etablir les équations horaires et l'équation cartésienne pour une particule.

- 5) Déterminer la tension U à établir entre C et D pour que les particules sortent au point S d'ordonnée $y_S = 1 \text{ cm}$, sachant que les armatures sont longues de 5 cm et distantes de 4 cm .

Exercice 13

Un électron est projeté sous un angle de $\alpha = 15^\circ$ par rapport à l'horizontale à la vitesse $V_0 = 8,2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ dans une région de l'espace où règne un champ électrique vertical d'intensité $E = 670 \text{ N/C}$.



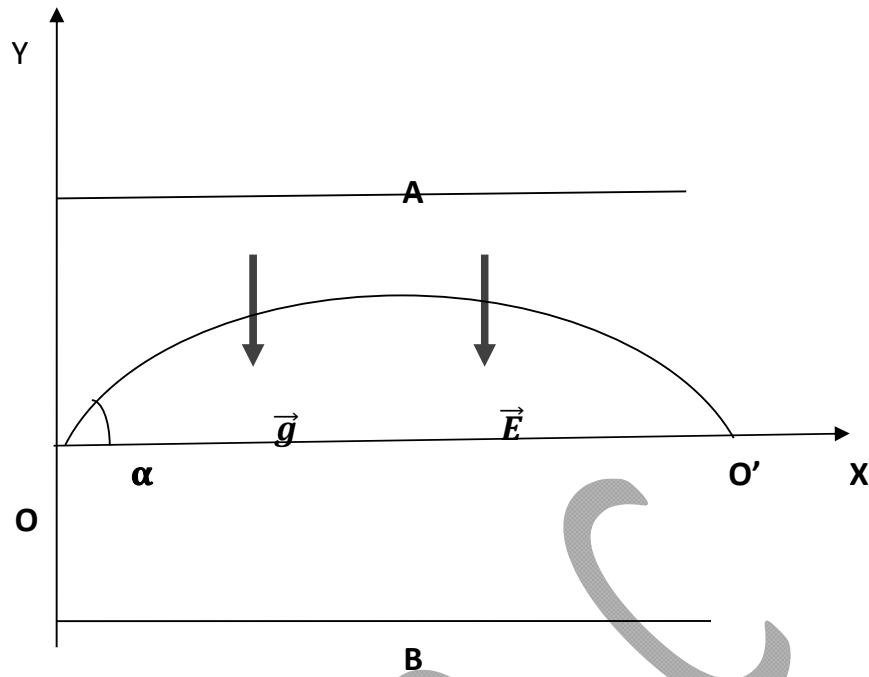
- 1) Quel temps faut-il à cet électron pour retourner à sa hauteur initiale ? On représentera qualitativement l'allure de la courbe de sa trajectoire.
- 2) Quelle hauteur maximale atteint-il ?
- 3) Que vaut son déplacement horizontal lorsqu'il atteint cette hauteur ?
- 4) Calculer la vitesse de l'électron à cette hauteur maximale ?

EXERCICE 14 superposition des champs $\vec{E}$ et $\vec{g}$

Un projectile de masse $m = 1 \text{ kg}$, portant une charge $q = + 10^{-6} \text{ C}$, est lancé d'un point O avec une vitesse $\vec{V}_0$ faisant un angle $\alpha = 30^\circ$ avec l'horizontal de module $V_0 = 2 \text{ m/s}$, dans une région de l'espace où règne simultanément un champ de pesanteur $\vec{g}$ vertical et dirige vers le bas et un champ électrique $\vec{E}$ de même direction et même sens que $\vec{g}$.

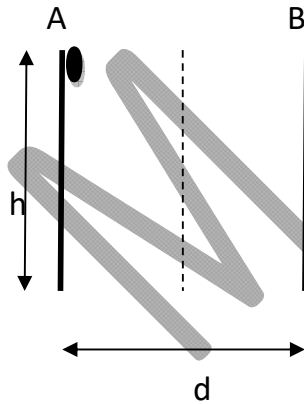
On ne négligera pas la force de pesanteur.

- 1) Etablir l'équation de la trajectoire du mouvement du projectile,
- 2) Pour quelle valeur du champ $\vec{E}$, le projectile sort par O', située sur l'axe des abscisses, On donne $OO' = l = 0,2 \text{ m}$ et $g = 10 \text{ N / Kg}$



EXERCICE 15 champ $\vec{E}$ et $\vec{g}$

Deux plaques métalliques parallèles A et B, verticales et placées dans le vide, sont distantes de d . Entre les deux plaques est imposée une tension U_{AB} . Une petite boule de masse m qui porte une charge q négative est lâchée de l'extrémité supérieure de la plaque A. On ne peut pas négliger la pesanteur. On donne $g = 10 \text{ m/s}^2$, $q = -10^{-7} \text{ C}$, $m = 100 \text{ g}$, $d = 7 \text{ cm}$, $h = 80 \text{ cm}$.



- Quel doit être le signe de la tension U_{AB} pour que la boule décolle de la plaque A ?
- Déterminer la nature de la trajectoire et donner son équation.
- Calculer la valeur de la tension pour que la boule passe par le centre du condensateur.

EXERCICE 16

L'exercice a pour but de comparer le mouvement d'une particule chargée traversant le champ électrique et le mouvement d'un projectile lancé horizontalement dans le champ de pesanteur terrestre.

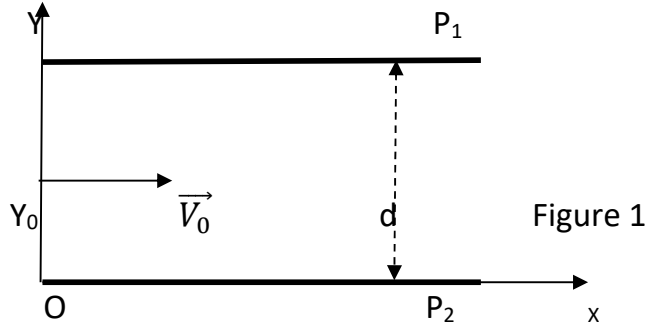
Données : masse de l'électron $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$

Charge de l'électron $q = -e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Champ de pesanteur $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Partie A : Déviation d'un faisceau d'électrons dans un champ électrique uniforme

Le champ électrique $\vec{E}$ est créée par un condensateur plan constitué de deux plaques parallèles et horizontales (P_1 et P_2) reliées à un générateur de tension continu $U = 205 \text{ V}$ et séparées d'une distance $d = 0,040 \text{ m}$ comme l'indique la figure .

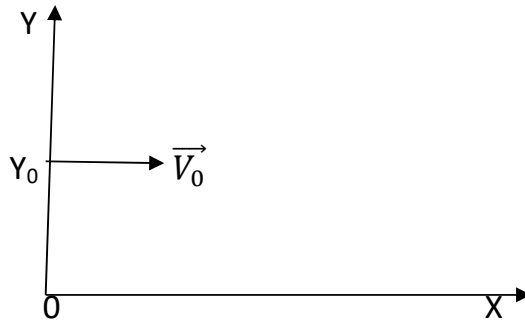


Tous les électrons pénètrent dans le champ $\vec{E}$,supposé uniforme à l'ordonnée Y_0 et sont animés de la même vitesse $\vec{V}_0$ parallèle aux plaques.

- 1) Montrer par un calcul ,qu'il est légitime de négliger la force de pesanteur par rapport à la force électrique pour l'électron .
- 2) Un électron pénètre dans le champ à l'instant initial ($t = 0$) . Etablir en citant le théorème utilisé, l'expression vectorielle de son accélération $\vec{a}_1$ en fonction de e, m et $\vec{E}$
- 3) On veut que le faisceau soit dévié vers le bas .
 - a) Reproduire la figure 1 et représenter(sans souci d'échelle) :
 - La force électrique qui s'exerce sur la particule à son entrée dans le champ,
 - Le champ électrique $\vec{E}$.
 - b) Quelle est la plaque de plus haut potentiel ? Justifier la réponse.
- 4) Equation cartésienne de la trajectoire.
 - a) Donner les composantes du vecteur accélération dans le repère ($O\vec{i}, \vec{j}$) indiqué sur la figure 1 et établir les équations horaires du mouvement de la particule dans ce repère .
 - b) Montrer que l'équation cartésienne de la trajectoire est de la forme $Y = A_1 X^2 + B_1$. Où A_1 et B_1 sont des constantes.
 - c) Vérifier que la constant A_1 est liée à la valeur de l'accélération a_1 par la relation suivante : $A_1 = \frac{a_1}{2V_0^2}$
 - d) Application numérique. Calculer A_1 pour $V_0 = 1,5 \cdot 10^7 \text{ m/s}$.

Partie B : mouvement d'une bille lancée horizontalement dans le champ de pesanteur terrestre.

Une bille homogène de masse M est lancée horizontalement avec une vitesse initiale $\vec{V}_0$ A l'instant initial, son altitude par rapport au sol est Y_0 comme l'indique la figure 2



- 1) Quelles sont les actions dues à l'air sur la bille au cours du mouvement ? Dans la suite du problème ces actions sont négligées.
 - 2) Donner les caractéristiques du vecteur accélération $\vec{a}_2$ du mouvement (direction, sens et valeur)
 - 3) L'équation cartésienne de la trajectoire est de la forme $Y = A_2 X^2 + B_2$ où A_2 et B_2 sont constantes avec $A_2 = \frac{a_2}{2V_0^2}$
 - a) $V_0 = 14$ m/s, Calculer A_2 .
 - b) Au moment du lancement, la bille est à la hauteur $Y_0 = 1,50$ m du sol. Elle touche le sol à l'abscisse $X_s = 7,75$ m. Retrouver avec ces données la valeur de la constante A_2
- Partie C : comparaison des mouvements de ces deux corps .
- 1) Comparer la trajectoire du centre d'inertie de chacun des deux corps.
 - 2) Dans chaque cas, quelle est l'influence de la masse du corps sur :
 - La force subie par ce corps .
 - L'accélération du mouvement.