

MOUVEMENT DANS UN CHAMP ELECTRIQUE

Exercice 1.

On étudie le mouvement d'une goutte d'encre G, supposée ponctuelle, de masse m et de charge q négative.

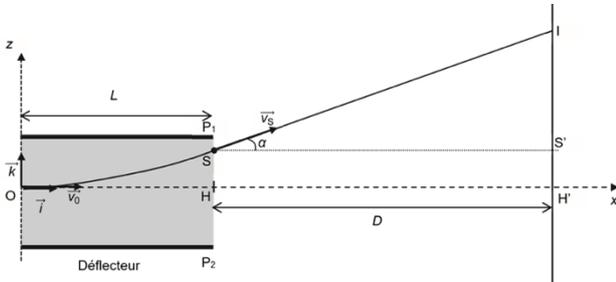


Figure 2. Schéma de la trajectoire de la goutte G

À la date $t_0 = 0$ s, la goutte d'encre G pénètre dans la zone de champ électrique uniforme au niveau du point O avec une vitesse initiale notée $\vec{v}_0 = v_0 \cdot \vec{i}$.

On suppose que l'action mécanique de l'air est négligeable devant les autres actions.

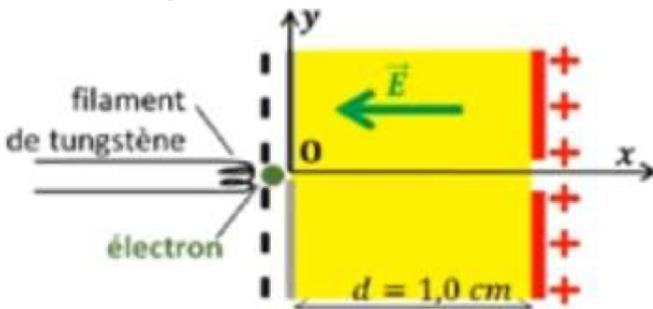
On suppose que la valeur du poids de la goutte d'encre G est négligeable par rapport à celle de la force électrique subie dans le déflecteur.

- Établir l'expression du vecteur accélération \vec{a}_G de la goutte d'encre en fonction de la masse m , de la charge q et du vecteur champ électrique \vec{E} entre les plaques du déflecteur.
- Montrer que les équations horaires $x_G(t)$ et $z_G(t)$ du mouvement de la position de la goutte d'encre G dans le déflecteur sont données par les relations :

$$\begin{cases} x_G(t) = v_0 \cdot t \\ z_G(t) = -\frac{1}{2} \cdot \frac{q \cdot E}{m} \cdot t^2 \end{cases}$$

Exercice 2.

Le synchrotron SOLEIL est un accélérateur de particules dont le 1^{er} maillon de la chaîne est la rampe de lancement des électrons: un accélérateur linéaire ("LINEAC") situé au centre de l'accélérateur, d'une longueur de 16 m dont le rôle est de fabriquer un faisceau d'électrons. Le LINEAC début par un canon à électrons.



Le canon à électrons (schéma ci-dessous) est constitué d'un filament de tungstène qui, chauffé, produit des électrons qu'un champ électrique \vec{E} uniforme, créée par un condensateur plan, accélère. La valeur du champ

électrique, exprimée en $V \cdot m^{-1}$, est $E = \frac{U}{d}$ avec U la tension électrique

entre les deux plaques.

On s'intéresse ici au mouvement d'un électron lorsqu'il pénètre dans le condensateur. L'étude est réalisée dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen et muni du repère (Oxy). On suppose que l'électron pénètre dans le condensateur en O avec une vitesse nulle.

Données:

- masse de l'électron $m = 9,1 \times 10^{-31}$ kg
- charge électrique élémentaire $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C
- intensité de la pesanteur $g = 9,81$ m.s⁻²
- $U = 90$ kV

- Montrer par un calcul que la valeur du poids de l'électron est négligeable devant celle de la force électrique subie par un électron.
- Exprimer le vecteur accélération \vec{a} de l'électron en fonction du champ électrique \vec{E} .
- Exprimer les coordonnées de \vec{E} en fonction des données de l'énoncé et en déduire celles de \vec{a} .
- Etablir les équations horaires de position et de vitesse de l'électron.
- Montrer que le mouvement de l'électron dans le condensateur est rectiligne.
- Calculer le temps que met l'électron pour sortir du condensateur.
- Calculer la vitesse de l'électron à la sortie du condensateur. Comparer avec la vitesse de la lumière.

Exercice 3.

L'étude suivante porte sur le mouvement d'un électron du faisceau qui pénètre entre deux plaques parallèles et horizontales P_1 et P_2 , dans une zone où règne un champ électrique \vec{E} supposé uniforme et perpendiculaire aux deux plaques.

A l'instant $t = 0$ s, l'électron arrive en un point O avec une vitesse horizontale v_0 .

La trajectoire de l'électron dans un repère (O, x, y) est fournie sur l'ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE.

L'électron de masse m_e et de charge $q = -e$, dont le mouvement étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen, est soumis à la seule force électrostatique \vec{F}_e .

1.1. Sur le document de L'ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE, représenter sans souci d'échelle et en justifiant les tracés:

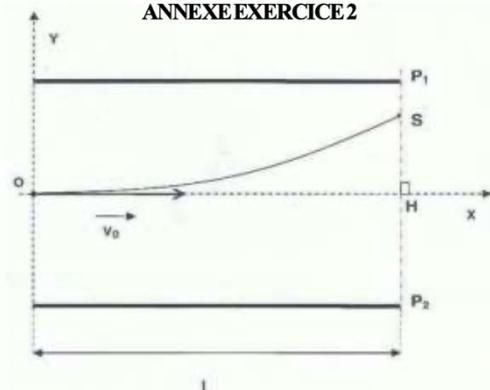
- le vecteur force \vec{F}_e en un point de la trajectoire de l'électron;
- le vecteur champ électrique \vec{E} en un point quelconque situé entre les plaques P_1 et P_2 .

1.2. En utilisant la deuxième loi de Newton, déterminer les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement de l'électron.

1.3. Vérifier que la trajectoire de l'électron a pour équation:

$$y = \frac{e \cdot E}{2 \cdot m_e \cdot v_0^2} \cdot x^2.$$

ANNEXE EXERCICE 2



Exercice 4.

Données de l'expérience.

Les électrons sortent du canon à électrons avec une vitesse $v_0 = 2,27 \times 10^7 \text{ m.s}^{-1}$.

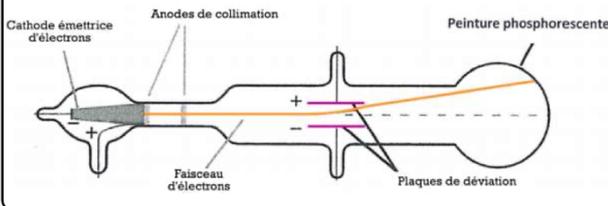
Le faisceau d'électrons passe entre les deux plaques chargées et est dévié d'une hauteur h quand il sort des plaques.

L'intensité du champs électrostatique entre les deux plaques est $E = 15,0 \text{ kV.m}^{-1}$.

La longueur des plaques est: $L = 8,50 \text{ cm}$.

On fait l'hypothèse que le poids des électrons est négligeable par rapport à la force électrostatique \vec{F} .

Tube utilisé par Thomson pour montrer la déviation de particules chargées par un champ électrostatique.



1. Détermination du caractère négatif de la charge de l'électron par J.J. Thomson.

1.1. A l'aide du document 2, représenter sur L'ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE le vecteur correspondant au champ électrostatique \vec{E} . On prendra l'échelle suivante: 1,0 cm pour 5,0 kV.m⁻¹.

1.2. J.J. Thomson a observé une déviation du faisceau d'électrons vers la plaque métallique chargée positivement (voir document 1). Expliquer comment J.J. Thomson en a déduit que les électrons sont chargés négativement.

1.3. A l'aide du document 3, donner la relation entre la force électrostatique \vec{F} subie par un électron, la charge élémentaire e et le champ électrostatique \vec{E} . Montrer que le sens de déviation du faisceau d'électrons est cohérent avec le sens de \vec{F} .

2. Détermination du rapport e/m pour l'électron.

2.1. En appliquant la deuxième loi de Newton à l'électron, montrer que les relations donnant les coordonnées de son vecteur accélération sont:

$$a_x = 0 \text{ et } a_y = \frac{eE}{m}$$

2.2. On montre que la courbe décrite par les électrons entre les plaques admet pour équation:

$$y = \frac{eE}{2mv_0^2} x^2$$

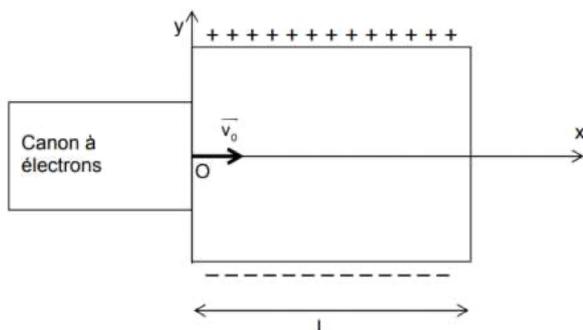
A la sortie des plaques, en $x = L$, la déviation verticale du faisceau d'électrons par rapport à l'axe (Ox) a une valeur $h = 1,85 \text{ cm}$.

2.2.1. En déduire l'expression du rapport $\frac{e}{m}$ en fonction de E , L , h et v_0 .

2.2.2. Donner la valeur du rapport $\frac{e}{m}$.

ANNEXE EXERCICE 3

L'intensité du champ électrostatique entre les deux plaques est $E = 15,0 \text{ kV.m}^{-1}$.



Exercice 5.

Des électrons sont accélérés par le champ électrostatique supposé uniforme qui règne entre deux plaques planes verticales A et B aux bornes desquelles on applique une tension électrique de l'ordre de 100V.

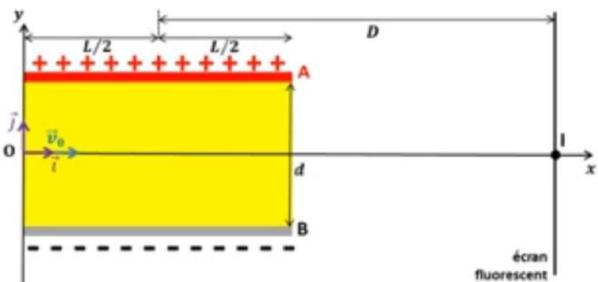
Données.

- masse de l'électron $m = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
- charge électrique élémentaire $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
- valeur de l'intensité de la pesanteur est supposée connue du candidat;
- distance d entre les plaques est inférieure à 1 m;
- deux plaques séparées d'une distance d et aux bornes desquelles on applique une tension U créent entre elles un champ électrostatique d'intensité

Montrer que le poids de l'électron peut être négligé devant la force électrique qu'il subit.

Exercice 6.

Un électron pénètre avec une vitesse horizontale \vec{v}_0 à l'intérieur d'un condensateur plan dans lequel règne le vide. Entre les deux plaques horizontales A et B de ce condensateur, séparées par la distance d , règne un champ électrique \vec{E} uniforme créée par la tension U appliquée entre les deux plaques. L'électron dévié par le champ électrique va ensuite frapper un écran fluorescent: un point lumineux apparaît alors au point d'impact. Le schéma du dispositif est donné ci-dessous:



Données.

- $v_0 = 3,00 \times 10^4 \text{ km/s}$; $U = 100 \text{ V}$; $L = 10 \text{ cm}$; $d = 5,0 \text{ m}$; $D = 20 \text{ cm}$
- masse de l'électron $m = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$
- charge électrique élémentaire $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- intensité de la pesanteur $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

L'électron dans le condensateur.

1. Représenter sur le schéma ci-dessus le champ électrique \vec{E} et calculer sa valeur $E = \frac{U}{d}$
2. Montrer que l'action du champ de pesanteur sur l'électron est négligeable devant celle du champ électrique \vec{E} .
3. Exprimer dans le repère (Oxy) les coordonnées du champ électrique \vec{E} en fonction de E .
4. Déterminer les coordonnées du vecteur accélération \vec{a} de l'électron en fonction de E , m et e .
5. En déduire les coordonnées de la vitesse \vec{v} et de la position \vec{OG} en fonction de E , m , e et v_0 .
6. Etablir l'équation de la trajectoire de l'électron et préciser sa nature.
7. Calculer les coordonnées du point de sortie S du condensateur de l'électron. Placer qualitativement sur le schéma ci-dessus, le point S et représenter l'allure de la trajectoire de l'électron dans le condensateur.

L'électron à la sortie du condensateur.

8. Quel est le mouvement de l'électron à la sortie du condensateur ? Représenter qualitativement, sur le schéma ci-dessus, le point d'impact E de l'électron sur l'écran.