

Série d'exercices de Physique-Chimie

Introduction

Cette série d'exercices porte sur [Le mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme]. Elle est composée de plusieurs exercices pour vous entraîner.

Exercice 1 : Mouvement d'un électron dans un champ électrique

Un électron de masse $m = 9,1 \times 10^{-31}$ kg quitte la cathode d'un canon à électrons avec une vitesse de valeur négligeable. La tension entre l'anode et la cathode est $U_{AC} = 800$ V. La distance entre ces deux plaques parallèles est $d = 4$ cm. On donne : $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C.

1. Champ électrique

- Représenter le vecteur champ électrique \vec{E} .
- Calculer la valeur de ce champ.

2. Force et accélération

- Représenter le vecteur force \vec{F} agissant sur l'électron.
- Caractériser le vecteur accélération \vec{a} du mouvement.

3. Énergie cinétique et vitesse

Calculer, en joules puis en électronvolt, l'énergie cinétique de l'électron lorsqu'il arrive sur l'anode. En déduire la valeur de sa vitesse en ce moment.

4. Mouvement de l'électron

- Établir l'équation horaire du mouvement de l'électron entre la cathode et l'anode.
- Calculer la durée de son passage entre la cathode et l'anode.
- En déduire la valeur de sa vitesse à l'arrivée sur l'anode.

Indication : Faire le schéma du dispositif.

Exercice 2 : Mouvement d'un faisceau d'électrons dans un oscilloscope

1. Accélération des électrons

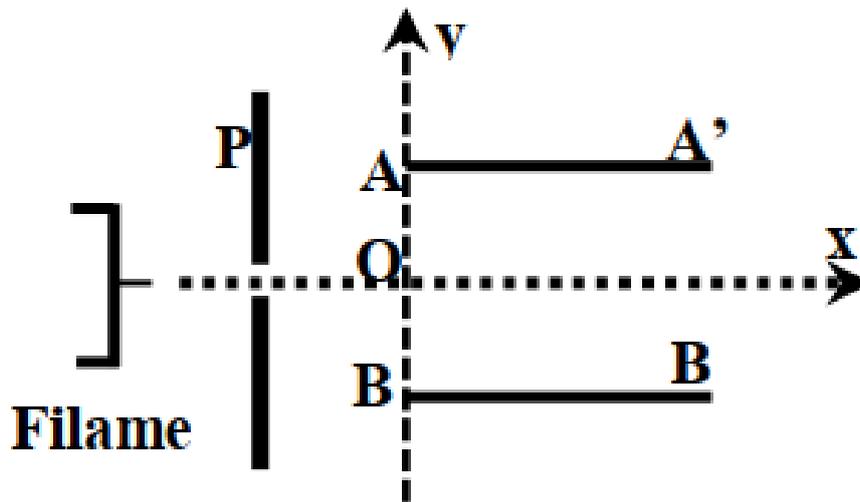
On considère un faisceau d'électrons émis à partir du filament d'un canon à électrons d'un oscilloscope. Ces électrons sont émis avec une vitesse initiale nulle et sont accélérés par une tension U réglable établie entre le filament et l'anode du canon à électrons. On règle la tension U pour que les électrons atteignent l'anode P avec une vitesse $v = 16000 \text{ km.s}^{-1}$.

Calculer la valeur correspondante de U .

2. Mouvement dans le condensateur

Le faisceau d'électrons obtenu pénètre entre les plaques horizontales AA' et BB' d'un condensateur à la vitesse de 16000 km.s^{-1} . La longueur des plaques vaut $l = 8 \text{ cm}$. La tension entre les armatures est $U_1 = V_A - V_B > 0$. La distance entre les armatures est d .

- Établir l'équation du mouvement d'un électron entre les armatures du condensateur.
- Quelle est la relation d'émergence du faisceau d'électrons ? (Relation entre v , U_1 , m , l et d pour que le faisceau ne rencontre pas l'une des armatures du condensateur).
- Un écran est disposé à une distance D du milieu du condensateur. Montrer que la déviation verticale du faisceau d'électrons sur l'écran est proportionnelle à la tension U_1 .
- La sensibilité verticale $s = \frac{U_1}{y}$ vaut 10 V.cm^{-1} . Quelle doit être la distance D , sachant que $d = 2 \text{ cm}$?



Exercice 3 : Mouvement d'un électron dans un champ électrique

On établit entre deux plaques parallèles verticales, anode A et cathode C , une différence de potentielle $U_1 = 800 \text{ V}$. Un électron animé d'une vitesse $V_e = 1,5 \times 10^5 \text{ m.s}^{-1}$ aux plaques, pénètre en C . A et C sont placés à une distance $d_1 = 4 \text{ cm}$. Un galvanomètre placé dans le circuit anode-cathode indique un courant d'intensité $I = 7 \text{ mA}$.

1. Mouvement entre les plaques A et C

- Déterminer l'équation de la trajectoire suivie par les électrons entre A et C , et préciser sa nature.
- Quelle est la vitesse v_A d'un électron lorsqu'il atteint l'anode A ?
- Quel est le nombre d'électrons captés par l'anode en 1 seconde?

2. Mouvement dans le condensateur P et Q

Les électrons traversent l'anode A et pénètrent en O entre les armatures horizontales P et Q de longueur $l = 10 \text{ cm}$ et équidistantes de 4 cm . La tension entre les deux plaques est $U_2 = V_P - V_Q = 100 \text{ V}$.

- Quelle est la valeur de la vitesse V_O en O ?
- Établir dans le repère $(Ox; Oy)$ l'équation cartésienne de la trajectoire suivie par les électrons à l'intérieur du condensateur et donner sa nature.

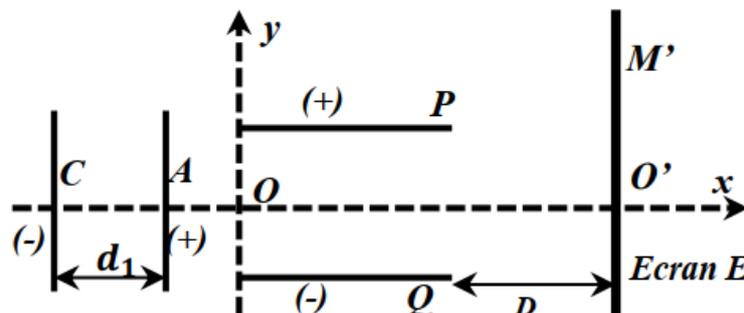
3. Mouvement sur l'écran fluorescent

On place sur l'écran fluorescent perpendiculaire à l'axe Ox à une distance $D = 50 \text{ cm}$ de la sortie des plaques. Soit M le point de réception des électrons sur l'écran E .

- Calculer l'ordonnée d'un électron lorsqu'il sort des plaques au point S .
- Donner l'équation et la nature de la trajectoire de ces particules au-delà de S .
- Montrer que cette trajectoire passe par un point $I(5 : 0)$ en cm et en déduire la valeur de la déviation verticale sur l'écran.

Données

$$m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg et } q = -e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C.}$$



Exercice 4 : Mouvement d'un faisceau de protons dans un condensateur plan

Un condensateur plan est constitué de deux plaques métalliques rectangulaires horizontales A et B de longueur L , séparées par une distance d .

Un faisceau homocinétique de protons, émis en C à vitesse nulle, est accéléré entre les points C et D , situés dans le plan (O, \vec{i}, \vec{j}) ; il pénètre en O , en formant l'angle α avec \vec{i} , dans le champ électrique \vec{E} , supposé uniforme, du condensateur.

1. Accélération des protons

1. Indiquer en le justifiant, le signe de $V_D - V_C$.
2. Calculer en fonction de $U = |V_D - V_C|$ la vitesse v_D de pénétration dans le champ électrique uniforme.

Données : $U = 10^3$ V ; $m_p = 1,6 \times 10^{-27}$ kg.

2. Signe de la tension $V_A - V_B$

Indiquer en le justifiant, le signe de $V_A - V_B$ tel que le faisceau de protons puisse passer par le point $O'(L, 0, 0)$.

3. Équation de la trajectoire

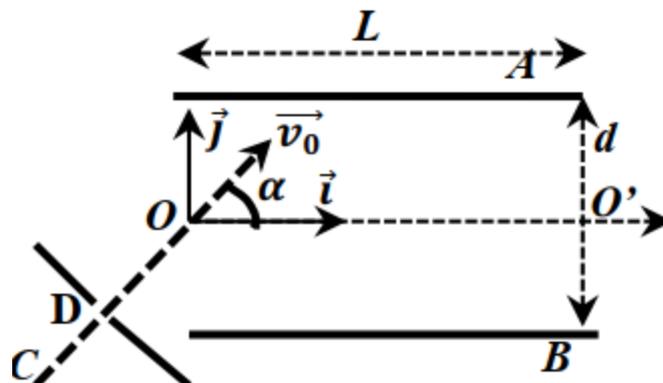
Établir l'équation de la trajectoire des protons dans le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) en fonction de U , $U' = |V_A - V_B|$, α et d . Quelle est la nature du mouvement des protons ?

4. Calcul de U'

Calculer la valeur numérique de U' qui permet de réaliser la sortie en O' pour $\alpha = 30^\circ$, $L = 20$ cm et $d = 7$ cm.

5. Distance minimale

Dans le cas où la tension U' a la valeur précédente calculée, déterminer la distance minimale du plateau supérieur que le faisceau de protons passe.



Exercice 5 : Déflexion électrique d'un faisceau d'électrons

Un dispositif de déflexion électrique est constitué par deux plaques P et P' d'un condensateur. Ces plaques ont une longueur $l = 8\text{ cm}$ et sont distantes de $d = 4\text{ cm}$. En O pénètre un faisceau homocinétique d'électrons de masse m ; leur vitesse en O est $\vec{v}_0 = v_0 \vec{i}$ avec $v_0 = 10^7\text{ m.s}^{-1}$. On applique une tension $U_{pp} = U > 0$ entre les deux plaques, avec $U = 500\text{ V}$.

1. Champ électrique

- Dessiner le champ électrique \vec{E} entre les deux plaques.
- Exprimer la valeur du champ électrique E . Donner les coordonnées de \vec{E} dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$.

2. Mouvement des électrons

Donner à la date t , les coordonnées :

- du vecteur accélération \vec{a} ;
- du vecteur vitesse \vec{v} et du vecteur position \vec{OM} . Déduire l'équation cartésienne de la trajectoire.

3. Sortie du condensateur en S

On s'intéresse aux caractéristiques de l'électron à la sortie du condensateur en S .

- Déterminer les coordonnées du point de sortie S ; vérifier que la déviation Y_S est proportionnelle à U .
- Déterminer les coordonnées du vecteur vitesse \vec{v}_S en S , l'angle α que fait ce vecteur vitesse avec l'axe Ox et sa vitesse v_S en fonction de Y_S, v_0, e, m, l, E .
- Calculer numériquement la durée t à l'intérieur du dispositif, ainsi que les valeurs de α, Y_S et v_S .

4. Réception sur l'écran en I

Le faisceau d'électrons est reçu en I sur un écran placé perpendiculairement à l'axe Ox .

- Quelle est la nature du mouvement des électrons entre S et I ?
- Établir l'expression littérale donnant la distance $h = IH$ en fonction de e, m, U, l, L, d et v_0 .
- Calculer numériquement h .

Données : $OH = L = 0,3\text{ m}$; $e = 1,6 \times 10^{-19}\text{ C}$; $m_e = 9,1 \times 10^{-31}\text{ kg}$.

Indication : La tangente en S à l'arc de parabole, décrit en O et S , coupe OO' en son milieu.

Exercice 6 : Mouvement d'une bille chargée dans un champ électrique

1. Chute libre

Une bille de masse $m = 50$ g, supposée ponctuelle, tombe en chute libre d'une hauteur h , sans vitesse initiale, sous la seule action du champ de pesanteur. Calculer sa vitesse après une chute de hauteur h .

2. Mouvement dans un champ électrique uniforme

La bille M porte une charge électrique q . On suppose au champ de pesanteur, un champ électrique uniforme \vec{E} horizontal, de même direction et même sens que l'axe \vec{Ox} (figure 1). La bille est abandonnée sans vitesse initiale en un point O de l'espace où règnent ces deux champs. Elle arrive en B , situé à une hauteur h par rapport à O .

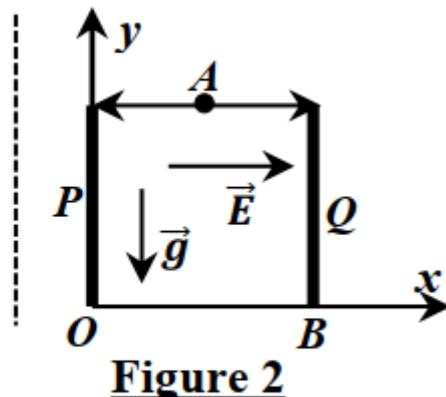
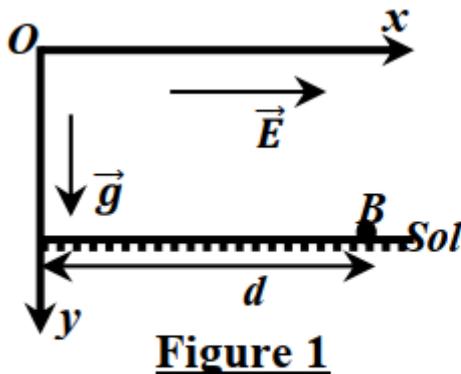
- Quel est le signe de la charge portée par la bille M ?
- Établir l'équation cartésienne de la trajectoire de M dans le repère (\vec{Ox}, \vec{Oy}) et donner sa nature.
- Calculer la distance d .

3. Mouvement entre deux plaques verticales

On suppose que la bille M porte une charge $q > 0$ et on l'abandonne ensuite sans vitesse initiale au point A , milieu de deux plaques verticales distantes de $d = 41$ cm et de longueur $l = h$ (figure 2).

- Établir l'équation cartésienne de la trajectoire de M dans le repère (\vec{Ox}, \vec{Oy}) .
- Calculer le temps mis par la bille pour passer sur l'axe Ox .
- Quelle doit être la valeur de la tension U appliquée entre les deux plaques pour que la bille arrive au point B ?

Données : $h = 0,5$ m ; $E = 10^5$ V.m⁻¹ ; $|q| = 4 \times 10^{-7}$ C ; $g = 9,8$ m.s⁻².



Exercice 7 : Mouvement d'une goutte d'huile dans un champ électrique

On dispose de deux plaques horizontales, l'une au-dessous de l'autre (la plaque positive en haut et la négative en bas). Elles sont distantes de 5 cm et la différence de potentiel entre les deux est de 10^5 V. On place une goutte d'huile d'une masse $m = 0.1$ mg et portant une charge électrique de $q = -10^{-12}$ C.

1. Déterminer l'intensité du champ électrique E qui règne entre les deux plaques et en déduire l'intensité de la force électrique F que subit la goutte d'huile.
2. Faire un schéma de l'ensemble et représenter le champ \vec{E} ainsi que les forces qui agissent sur la goutte d'huile.
3. Faire un schéma de l'ensemble et représenter le champ \vec{E} ainsi que les forces qui agissent sur la goutte d'huile.
4. D'après le bilan des forces, quel est le mouvement de la goutte ?

Exercice 8 (problème) : Mouvement d'une goutte d'huile dans un champ électrique

Le mouvement dans l'air d'une goutte d'huile obtenue par pulvérisation et introduite entre les plaques horizontales, équidistantes de d , d'un condensateur plan auxquelles on peut appliquer une différence de potentielle réglable $V_B - V_A = U_0 > 0$ donnant un champ électrique uniforme \vec{E} . La pulvérisation a pour effet de charger plus ou moins les gouttes par frottement. On appelle ρ la masse volumique de l'huile. On observe le mouvement d'une goutte d'abord en absence de champ électrique puis en présence du champ électrique. On constate qu'en absence du champ électrique, la goutte tombe verticalement et atteint très rapidement une vitesse constante v_1 . En présence du champ électrique, la goutte prend une vitesse v_2 constante de valeur supérieure à v_1 , son mouvement reste vertical et ascendant. L'action de l'air sur la goutte est assimilée à une force unique \vec{f} de même direction que le vecteur vitesse \vec{v} de la goutte et de sens opposé, telle que $\vec{f} = -6\pi\eta r\vec{v}$, avec η coefficient de viscosité de l'air et r le rayon de la goutte. On néglige la poussée d'Archimède.

I. Étude préliminaire

1. Lors des mesures, la goutte admet un mouvement vertical de vecteur vitesse \vec{v} constante. Que peut-on dire de l'ensemble des forces qu'elle subit ? Justifier.
2. Exprimer la masse de la gouttelette supposée sphérique en fonction de ρ et r . En déduire l'expression de son poids.

II. Étude en l'absence du champ électrique

1. Dresser le bilan des forces subies par la goutte.
2. Sur un schéma soigné et légendé, placer ces forces.
3. Établir l'expression du rayon r en fonction de v_1 et des données utiles.

III. Étude en présence du champ électrique

1. Sur un schéma soigné et légendé, placer le champ électrique et les forces subies par la goutte. (On justifiera le sens de la force électrique et le sens du champ électrique).
2. En déduire le sens de la charge électrique q portée par la goutte.
3. Établir l'expression de la charge électrique q en fonction de r, v_1, v_2 et des données utiles.

Exercice 9 : Mouvement d'une gouttelette d'huile dans un champ électrique

Entre deux armatures, séparées d'une distance $d = 12$ cm, d'un condensateur plan et horizontal est établie une atmosphère gazeuse par pulvérisation de gouttelettes d'huile de rayon r . L'atmosphère gazeuse se traduit par une constante de viscosité η . À l'instant $t = 0$, la vitesse est supposée nulle. Le mouvement est supposé rectiligne et vertical.

1. Vitesse limite en absence de champ électrique

Calculer la vitesse limite atteinte par la gouttelette à 0,01 près, en absence du champ électrique.

2. Charge électrique de la gouttelette

En appliquant un champ électrique \vec{E} , vertical et dirigé vers le bas, avec une différence de potentiel U , une gouttelette s'immobilise. Calculer la charge électrique q portée par cette gouttelette.

3. Nouvelle charge électrique

Sous l'action d'un faisceau de R_x , la gouttelette remonte d'une distance $l = 1$ mm en un temps $t = 5,8$ s. Donner la nouvelle charge électrique de la gouttelette.

Données

$$r = 1,6 \times 10^{-6} \text{ m}; \quad \eta = 1,8 \times 10^{-5} \text{ Pa.s};$$
$$\rho_{\text{huile}} = 880 \text{ g.cm}^{-3}; \quad U = 3950 \text{ V}; \quad g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$$

Exercice 10 : Équilibre d'une sphère chargée dans un champ électrique

On dispose deux plaques métalliques verticalement, l'une en face de l'autre. Elles sont reliées à un générateur de manière à ce que le champ électrique entre les deux plaques ait une valeur de $E = 2 \times 10^5 \text{ V/m}$. Les deux plaques sont distantes de $d = 20 \text{ cm}$. Au bout d'un fil, une petite sphère de masse $m = 0,40 \text{ g}$ pend entre les deux plaques. Cette sphère est chargée électriquement, et le fil est incliné d'un angle de $\alpha = 20^\circ$ par rapport à la verticale lorsqu'il est soumis au champ entre les deux plaques. Le fil est incliné vers la plaque chargée négativement.

1. Tension électrique

Déterminer la tension électrique aux bornes des deux plaques métalliques.

2. Signe de la charge

Déterminer le signe de la charge de la sphère.

3. Intensité du poids

Déterminer l'intensité du poids P de la sphère.

4. Schéma des forces

La sphère étant en équilibre, représenter sur un schéma l'ensemble des forces qui agissent sur la sphère et en déduire la condition d'équilibre.

5. Tension du fil et force électrique

D'après le schéma, la condition ci-dessus et les projections sur les axes Ox et Oy , déduire la valeur de T (la tension du fil) puis celle de F , l'intensité de la force électrique.

6. Charge électrique

En déduire la charge électrique portée par la sphère.