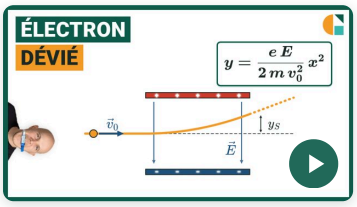
Établir les équations horaires et la trajectoire d'une particule chargée dans un champ électrique

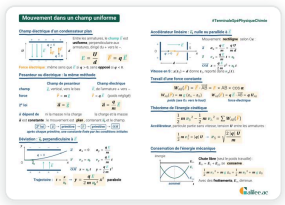
Mouvement dans un champ uniforme • Compétence 8 • Terminale spécialité physique-chimie



Vidéo du cours et trois exercices gratuits supplémentaires !

Exercices corrigés pas à pas, sur la page de la compétence.

galilee.ac/V/T11-8



La fiche de cours

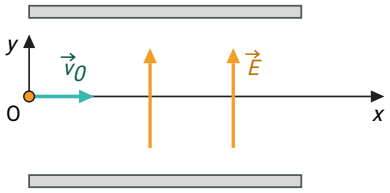
Tout le chapitre sur une page.

galilee.ac/F/mouvement-champ-uniforme

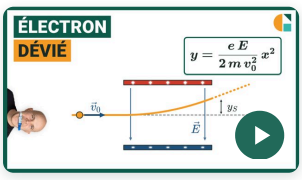
Exercice 1

Un électron dévié : en littéral

Un électron, de masse m et de charge $q = -e$, entre en O avec une vitesse horizontale de valeur v_0 dans une zone où le champ électrique est uniforme, de valeur E. Son poids est négligeable devant la force électrique. Le repère et le sens du champ sont ceux de la figure. Exprimer chaque résultat en fonction de e, E, m, v_0, t et x.



1) En appliquant la deuxième loi de Newton, établir les coordonnées a_x et a_y de l'accélération.
2) En déduire la coordonnée verticale $v_y(t)$ de la vitesse.
3) Établir l'équation horaire $x(t)$.
4) Établir l'équation horaire $y(t)$.
5) En déduire l'équation de la trajectoire. Quelle est sa nature ?



Vidéo du cours et trois exercices gratuits supplémentaires !

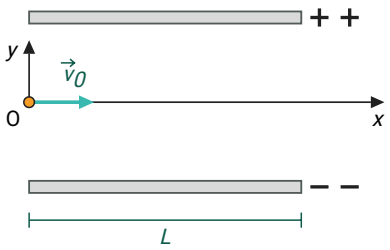
Exercices corrigés pas à pas, sur la page de la compétence.

galilee.ac/V/T11-8

Exercice 2

À la sortie des plaques

Un électron entre en O entre deux plaques de longueur $L = 8{,}0\ \text{cm}$, avec une vitesse horizontale $v_0 = 1{,}5 \times 10^{7}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. Le champ électrique est uniforme, de valeur $E = 10\ \text{kV} \cdot \text{m}^{-1}$. Le poids est négligé. Données : $e = 1{,}6 \times 10^{-19}\ \text{C}$; $m = 9{,}1 \times 10^{-31}\ \text{kg}$. Le repère et les signes des plaques sont ceux de la figure.

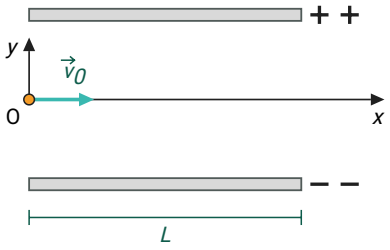


1) Que vaut la coordonnée v_x de la vitesse de l'électron à la sortie des plaques ? Justifier.
2) Calculer la coordonnée v_y de sa vitesse à la sortie des plaques.
3) Calculer l'angle entre sa vitesse à la sortie et l'axe (Ox).
4) Quel est le mouvement de l'électron après la sortie des plaques ? Justifier.

Exercice 3

Type bac : séparer protons et particules alpha

Un faisceau contient des protons (charge e, masse $m_p = 1{,}67 \times 10^{-27}\ \text{kg}$) et des particules alpha (charge $2\,e$, masse $m_\alpha = 6{,}64 \times 10^{-27}\ \text{kg}$). Toutes entrent en O à la vitesse horizontale $v_0 = 5{,}0 \times 10^{5}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ entre deux plaques de longueur $L = 10\ \text{cm}$, où $E = 8{,}0\ \text{kV} \cdot \text{m}^{-1}$. Le poids est négligé ; $e = 1{,}6 \times 10^{-19}\ \text{C}$. Le repère et les signes des plaques sont ceux de la figure.



1) Vers quelle plaque les protons sont-ils déviés ? Justifier.
2) Calculer la durée de la traversée des plaques.
3) Calculer l'ordonnée y_S d'un proton à la sortie des plaques.
4) Calculer l'ordonnée y_S d'une particule alpha à la sortie des plaques.
5) Expliquer pourquoi la particule alpha est moins déviée que le proton.

Établir les équations horaires et la trajectoire d'une particule chargée dans un champ électrique

Mouvement dans un champ uniforme • Compétence 8 • Terminale spécialité physique-chimie

Exercice 1 Un électron dévié : en littéral

1) Système : l'électron. Référentiel : terrestre, supposé galiléen. La seule force retenue est la force électrique $\vec{F} = q\,\vec{E}$. La deuxième loi de Newton donne $q\,\vec{E} = m\,\vec{a}$, donc $\vec{a} = \dfrac{q}{m}\,\vec{E}$ avec $q = -e$. La charge est négative : l'accélération est de sens opposé au champ. Sur la figure, le champ est dirigé vers le haut, comme l'axe (Oy) : sa coordonnée verticale vaut E.

$$\boxed{a_x = 0 \qquad a_y = -\frac{e\,E}{m}}$$

La particule est déviée vers le bas. La masse reste dans l'expression.

2) Une primitive de a_y, qui est constante, puis la condition initiale : la vitesse de départ est horizontale, donc $v_y(0) = 0$. La valeur v_0 ne concerne que l'axe (Ox).

$$\boxed{v_y(t) = -\frac{e\,E}{m}\,t}$$

3) Sur (Ox), l'accélération est nulle : $v_x = v_0$, puis, en partant de l'origine :

$$\boxed{x(t) = v_0\,t}$$

4) Une primitive de $v_y(t)$ fait apparaître le facteur $\dfrac{1}{2}$; la particule part de l'origine, donc la constante est nulle.

$$\boxed{y(t) = -\frac{e\,E}{2\,m}\,t^2}$$

5) On isole $t = \dfrac{x}{v_0}$ et on remplace dans $y(t)$; le carré porte aussi sur v_0.

$$\boxed{y = -\frac{e\,E}{2\,m\,v_0^2}\,x^2}$$

C'est l'équation d'une parabole : entre les plaques, la trajectoire est une portion de parabole.

Exercice 2 À la sortie des plaques

1) La force électrique est verticale : $a_x = 0$. La coordonnée horizontale de la vitesse ne change pas pendant toute la traversée.

$$\boxed{v_x = v_0 = 1{,}5 \times 10^{7}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}$$

2) L'électron, de charge négative, est attiré par la plaque positive : l'accélération est dans le sens de (Oy), $a_y = \dfrac{e\,E}{m} = \dfrac{1{,}6 \times 10^{-19} \times 1{,}0 \times 10^{4}}{9{,}1 \times 10^{-31}} \approx 1{,}8 \times 10^{15}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$. Il sort des plaques à $t_S = \dfrac{L}{v_0} = \dfrac{0{,}080}{1{,}5 \times 10^{7}} \approx 5{,}3 \times 10^{-9}\ \text{s}$. Sa vitesse verticale, nulle au départ, vaut alors $v_y = a_y\,t_S$:

$$\boxed{v_y = \frac{1{,}6 \times 10^{-19} \times 1{,}0 \times 10^{4} \times 0{,}080}{9{,}1 \times 10^{-31} \times 1{,}5 \times 10^{7}} \approx 9{,}4 \times 10^{6}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}$$

Elle est positive : l'électron monte, dans le sens de l'axe (Oy).

Exercice 2 (suite) À la sortie des plaques

3) Les deux coordonnées de la vitesse forment un triangle rectangle : le côté opposé à l'angle cherché est v_y, le côté adjacent est v_x.

$$\tan(\theta) = \frac{v_y}{v_x} = \frac{9{,}4 \times 10^{6}}{1{,}5 \times 10^{7}} \approx 0{,}63 \qquad \theta \approx 32^{\circ}$$

4) Hors des plaques, il n'y a plus de champ électrique, donc plus de force, le poids étant négligé. D'après le principe d'inertie, le mouvement est rectiligne et uniforme : l'électron poursuit en ligne droite, dans la direction de sa vitesse de sortie. La parabole n'existe qu'entre les plaques.

mouvement rectiligne uniforme

Exercice 3 Type bac : séparer protons et particules alpha

1) La force électrique vaut $\vec{F} = q\,\vec{E}$. La charge du proton est positive : la force a le sens du champ, qui va de la plaque positive vers la plaque négative. Les protons sont déviés vers la plaque négative, ici vers le bas.

déviés vers la plaque négative (vers le bas)

2) Sur (Ox) l'accélération est nulle : $x(t) = v_0\,t$, pour les deux types de particules. La sortie a lieu quand $x = L = 0{,}10\ \text{m}$.

$$t_S = \frac{L}{v_0} = \frac{0{,}10}{5{,}0 \times 10^{5}} = 2{,}0 \times 10^{-7}\ \text{s}$$

soit $200\ \text{ns}$.

3) Deuxième loi de Newton appliquée au proton dans le référentiel terrestre supposé galiléen : $e\,\vec{E} = m_p\,\vec{a}$. L'accélération a pour valeur $\frac{e\,E}{m_p} \approx 7{,}7 \times 10^{11}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$, avec $E = 8{,}0 \times 10^{3}\ \text{V}\cdot\text{m}^{-1}$. Avec une vitesse initiale horizontale et un départ à l'origine, $y(t) = \frac{1}{2}\,a_y\,t^2$.

$$|y_S| = \frac{e\,E}{2\,m_p}\,t_S^2 = \frac{1{,}6 \times 10^{-19} \times 8{,}0 \times 10^{3} \times (2{,}0 \times 10^{-7})^2}{2 \times 1{,}67 \times 10^{-27}} \approx 1{,}5 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

Le proton est dévié vers le bas alors que l'axe (Oy) est orienté vers le haut : y_S est négative.

$y_S \approx -15\ \text{mm}$

4) Même démarche avec la charge $2\,e$ et la masse m_α : l'accélération a pour valeur $\frac{2\,e\,E}{m_\alpha} \approx 3{,}9 \times 10^{11}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$. La durée de traversée est la même.

$$|y_S| = \frac{2\,e\,E}{2\,m_\alpha}\,t_S^2 = \frac{2 \times 1{,}6 \times 10^{-19} \times 8{,}0 \times 10^{3} \times (2{,}0 \times 10^{-7})^2}{2 \times 6{,}64 \times 10^{-27}} \approx 7{,}7 \times 10^{-3}\ \text{m}$$

Chargée positivement, la particule alpha est elle aussi déviée vers le bas, contre l'axe (Oy) : y_S est négative.

$y_S \approx -7{,}7\ \text{mm}$

5) L'accélération vaut $\frac{q\,E}{m}$: ce qui compte, c'est le rapport de la charge à la masse. La particule alpha porte une charge double, mais sa masse est environ quatre fois plus grande : son rapport $\frac{q}{m}$ est environ deux fois plus petit, sa déviation aussi. Dans un champ électrique, la masse ne se simplifie pas.

Particule chargée, champ électrique : exercices corrigés PDF (Terminale spécialité physique-chimie). Établir les équations horaires et l'équation de la trajectoire d'une particule chargée (électron, proton, particule alpha) déviée dans un champ électrique uniforme : deuxième loi de Newton avec F = qE, poids négligé, accélération qE/m, durée de traversée L/v0, déviation à la sortie des plaques, rôle du rapport q/m. Méthode en vidéo et exercices interactifs corrigés sur galilee.ac.