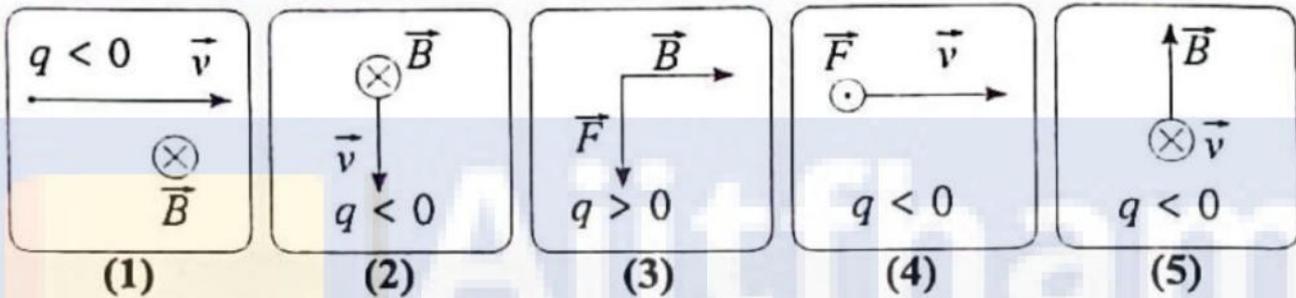


Série d'exercices : Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme

Exercice 1

Sur chacun des schémas suivants doivent figurer les trois vecteurs orthogonaux : vitesse \vec{v} , champ magnétique \vec{B} et force de Lorentz \vec{F} .

Représenter, dans chaque cas, le vecteur manquant.



Exercice 2

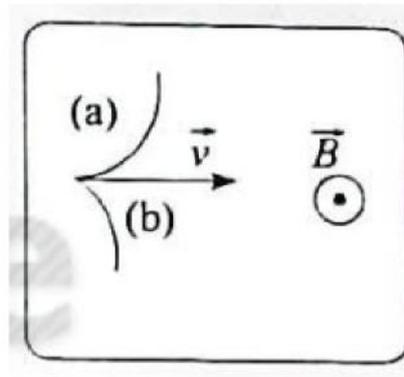
Dans un accélérateur de particules, des ions hélium He^{2+} , de masse $m_{He} = 6,68 \times 10^{-27}$ kg, sont accélérés jusqu'à une vitesse $v_0 = 1,25 \times 10^7$ m/s. Ils pénètrent dans une région où règne un champ magnétique \vec{B} uniforme de valeur $B = 1,307$ T. Leur vecteur vitesse \vec{v}_0 est perpendiculaire au vecteur champ magnétique \vec{B} .

Données : Charge électrique élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C ; $g = 10$ N/kg.

1. Calculer la valeur de la force magnétique F_m . La comparer au poids de la particule α .
2. Donner la nature du mouvement d'une particule α .
3. Calculer :
 - a. le rayon de la trajectoire ;
 - b. la durée d'un demi-tour.

Exercice 3

Deux ions X_1^{2+} et X_2^{2-} de masses respectives m_1 et m_2 entrent dans une zone où règne un champ magnétique uniforme de vecteur \vec{B} , à la même vitesse V_0 (voir figure).



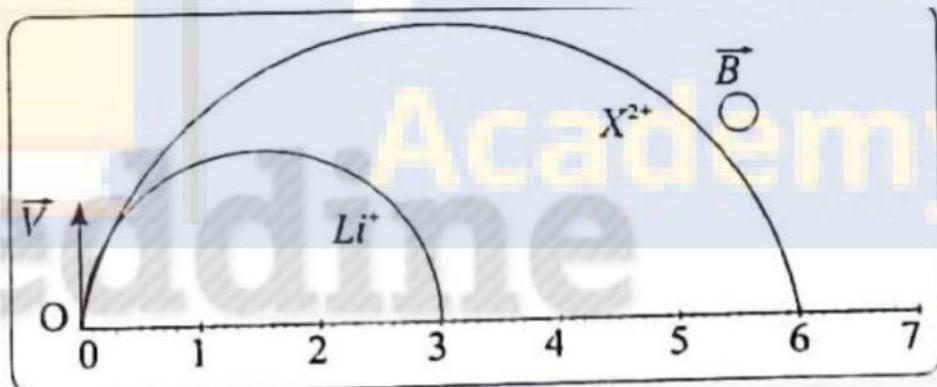
1. Donner l'expression du rayon de la trajectoire R_1 de l'ion X_1^{2+} et R_2 de l'ion X_2^{2-} .
2. La figure donne le trajet de chacun de ces ions dans le champ \vec{B} . Faire correspondre à chacun des ions le trajet qui lui convient.
3. À quoi est due la différence entre R_1 et R_2 ?
4. Sachant que les deux rayons R_a et R_b sont tels que $R_b = 0,85 R_a$, calculer le rapport $\frac{m_1}{m_2}$.

Exercice 4

Deux particules chargées Li^+ et X^{2+} arrivent au point O , à la même vitesse \vec{v} dans une région de l'espace où règne un champ magnétique uniforme de vecteur \vec{B} perpendiculaire à \vec{v} (figure).

La charge électrique de l'ion X^{2+} est notée q , et sa masse est notée m_t . Les deux particules Li^+ et X^{2+} sont soumises uniquement à la force de Lorentz.

Données : $V = 10^5$ m/s; $B = 0,57$ T; $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C.



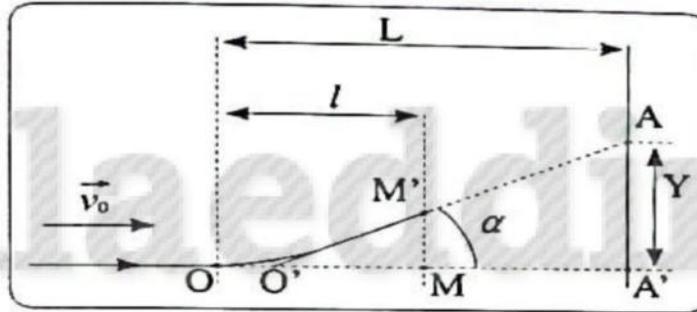
1. Déterminer la direction, le sens et l'intensité de la force de Lorentz appliquée à la particule Li^+ au point O .
2. Indiquer le sens de \vec{B} en utilisant l'un des deux symboles \odot ou \otimes .
Pour déterminer le sens du champ magnétique \vec{B} :
— \odot représente un champ sortant de la page
— \otimes représente un champ entrant dans la page
3. En appliquant la deuxième loi de Newton, dans un repère galiléen, montrer que le mouvement de l'ion Li^+ est uniforme et de trajectoire circulaire, de rayon $R_u = \frac{m_u v}{eB}$.
4. En exploitant la figure, déterminer le rapport $\frac{R_x}{R_u}$, où R_x est le rayon de X^{2+} .
5. Reconnaître la particule X^{2+} parmi les particules qui figurent dans le tableau suivant :

L'ion	$^{24}Mg^{2+}$	$^{26}Mg^{2+}$	$^{40}Ca^{2+}$
Masse (u)	23,985	25,983	39,952

Exercice 5

Un faisceau homocinétique d'électrons pénètre en O dans une région où règne un champ magnétique uniforme \vec{B} perpendiculaire à la vitesse \vec{v}_0 des électrons.

Données : largeur de la zone de champ \vec{B} : $l = 3 \times 10^{-3}$ m, $OA' = L = 0,3$ m, $AA' = Y = 3,5$ cm et $v_0 = 10^7$ m/s.

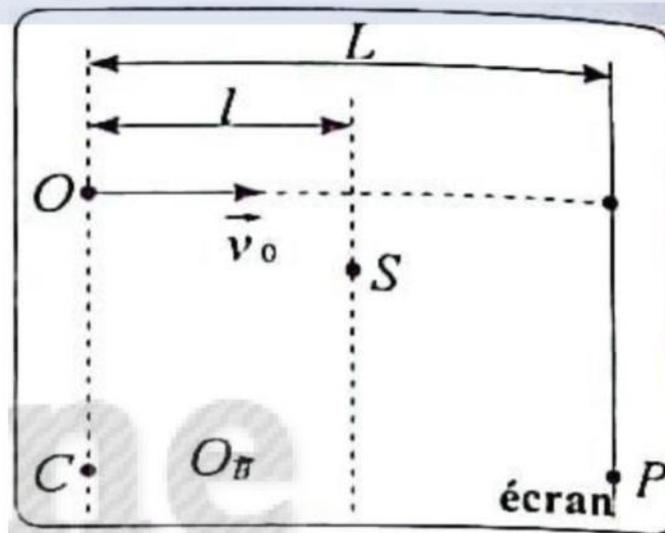


- Compte tenu de la déviation Y représentée sur le schéma, quel est le sens du champ magnétique \vec{B} ?
 - Représenter en un point quelconque de l'arc $\overline{OM'}$ la force magnétique s'exerçant sur un électron.
- Donner l'expression du rayon de courbure R de la trajectoire représentée par l'arc $\overline{OM'}$.
- En admettant que l est négligeable devant L et en supposant petit l'angle α , exprimer la déflexion magnétique Y en fonction de L, l, B, e, m et v_0 .
- Dans le cadre de ces approximations, calculer la valeur du champ magnétique \vec{B} . On prend : $m = 9,1 \times 10^{-31}$ kg, $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C et $\tan \alpha \approx \alpha$.

Exercice 6

Un faisceau homocinétique de protons pénètre à la vitesse V_0 en un point O d'une région où règne un champ magnétique uniforme de vecteur \vec{B} (cf. schéma).

Dans cette région, de largeur l , leur trajectoire est circulaire, de centre C et de rayon $R = \frac{mV_0}{eB}$. Les protons sortent de cette région en un point S .



- Préciser l'orientation du vecteur \vec{B} .
- On considère l'angle $\alpha = (\overline{CS}, \overline{CO})$. Montrer que $\sin \alpha = \frac{l}{R}$.
- Quelle est la nature du mouvement des protons après leur sortie du champ magnétique?

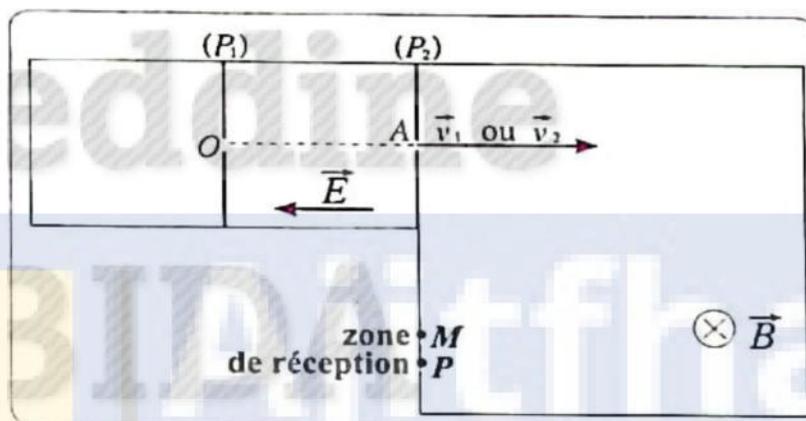
- Les protons heurtent en un point P un écran situé à la distance $L = OO'$ du point O . En supposant L nettement supérieure à l , donner une valeur approchée de $\tan \alpha$ en fonction de la déviation $D = O'P$ et de L .
- On suppose que l'angle α est petit ; par conséquent $\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \alpha$. Exprimer alors la déviation D en fonction du rapport $\frac{e}{m}$, de la vitesse v_0 , B , L et l .

Exercice 7

À l'aide d'un spectromètre de masse schématisé ci-contre, on se propose de séparer des ions $^{79}\text{Br}^-$ et $^{81}\text{Br}^-$ de masses respectives :

$$m_1 = 1,3104 \times 10^{-25} \text{ kg} \quad \text{et} \quad m_2 = 1,3436 \times 10^{-25} \text{ kg}.$$

Les ions Br^- pénètrent en O dans un champ électrique uniforme et constant, créé par une tension U appliquée entre les deux plaques verticales P_1 et P_2 , pour y être accélérés jusqu'en A .



- Les ions $^{79}\text{Br}^-$ et $^{81}\text{Br}^-$ sortent en A avec les vitesses respectives \bar{v}_1 et \bar{v}_2 . Leurs vitesses sont négligeables en O . Exprimer littéralement les valeurs de v_1 et v_2 .
- Les ions Br^- pénètrent en A dans un champ magnétique \vec{B} , orthogonal aux vecteurs vitesse \bar{v}_1 et \bar{v}_2 , et parviennent dans la zone de réception indiquée. Calculer la distance MP séparant les points d'impact des deux types d'ions.

Données : $U = 4,00 \times 10^3 \text{ V}$ et $B = 1,00 \times 10^{-1} \text{ T}$.

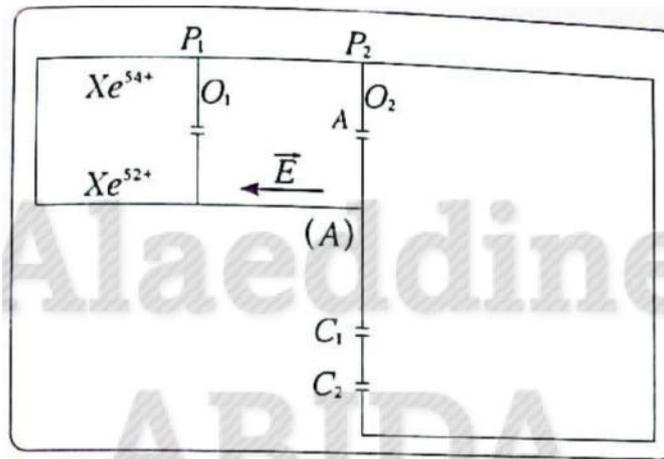
Exercice 8

Les ions lourds sont produits par le GANIL situé à Caen. Un générateur produit des ions faiblement chargés ($q < 5e$). Ces ions sont accélérés et passent par des « épilucheurs » en général constitués d'une fine membrane de carbone où ils perdent la totalité ou la quasi-totalité de leurs électrons. On obtient des ions extrêmement chargés, par exemple $^{129}_{54}\text{Xe}^{52+}$ et $^{129}_{54}\text{Xe}^{54+}$.

Données :

- Charge élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$; $1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$.
- Constante d'Avogadro : $N = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.
- Masse atomique molaire du xénon : $M(^{129}_{54}\text{Xe}) = 128,9 \text{ g/mol}$.

Dans tout l'exercice, on suppose que le mouvement des ions, dont on néglige le poids, se fait dans le vide. Bien que les ions très chargés soient obtenus par « épiluchage » d'atomes $^{129}_{54}\text{Xe}$, on suppose que la source émet de tels ions animés d'une vitesse très faible. On admettra que la masse d'un ion est pratiquement égale à celle de l'atome.



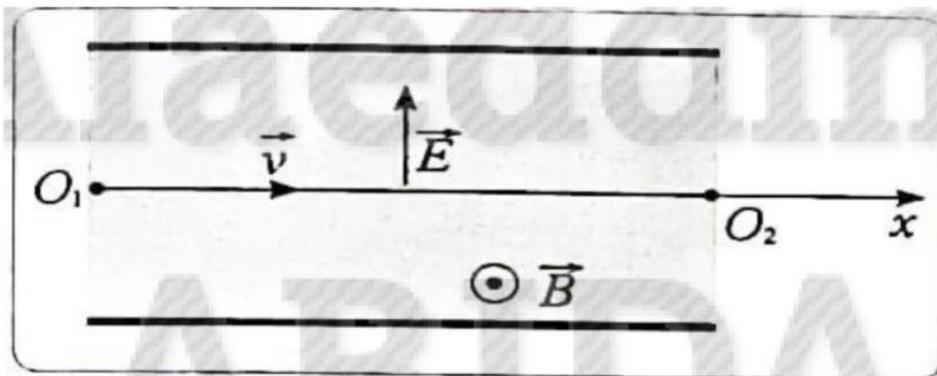
- On produit des ions positifs de charge q et de masse m . Ces ions sont émis en O_i avec une vitesse négligeable puis sont accélérés par une tension U dans la chambre d'accélération (A) entre deux plaques parallèles P_1 et P_2 . La valeur absolue de la tension U est égale à 100 kV.
 - Quel doit être le signe de la tension $U = V_{P_1} - V_{P_2}$ pour que ces ions soient accélérés ?
 - Donner l'expression de l'énergie cinétique de ces ions lorsqu'ils sont en O_i en fonction de q et U . En déduire leur vitesse V_0 . Quel est l'intérêt d'utiliser des ions très chargés ?
 - Les ions émis en O_i sont ${}^{129}_{54}\text{Xe}^{54+}$ et ${}^{129}_{54}\text{Xe}^{52+}$. Calculer les valeurs numériques de leurs vitesses respectives v_0 et v'_0 ainsi que leurs énergies cinétiques exprimées en MeV.
- Les ions Xe^{52+} et Xe^{54+} pénètrent, avec une vitesse perpendiculaire à P_2 , dans la chambre de déviation D où règne un champ magnétique uniforme B perpendiculaire au plan de la figure et d'intensité $B = 1,0\text{T}$.
 - Quel doit être le sens du champ magnétique \vec{B} pour que les ions parviennent en C_1 ou C_2 ?
 - Montrer que le mouvement des ions est circulaire uniforme. Établir l'expression du rayon R de la trajectoire en fonction de q , U , m et B .
 - Quel est l'ion recueilli en C_1 ?
 - Calculer numériquement la distance C_1C_2 .

Exercice 9

Une source d'ions émet les deux isotopes ${}^6\text{Li}^+$ et ${}^7\text{Li}^+$. Ces ions pénètrent en O_1 dans une zone où règnent simultanément un champ électrique uniforme vertical \vec{E} et un champ magnétique uniforme horizontal \vec{B} .

\vec{B} est perpendiculaire au plan de figure et dirigé vers l'avant. Les vitesses d'entrée des ions en O_1 ont des valeurs différentes, mais les vecteurs vitesse ont tous la même direction O_1x (cf. schéma).

Donnée : L'action de la pesanteur sera négligée.



- Donner la direction, le sens et l'expression littérale de la force électrique \vec{F}_e s'exerçant sur un ion lithium pénétrant dans cette zone.
- Donner la direction, le sens et l'expression littérale de la force magnétique \vec{F}_m s'exerçant en O_1 sur un ion animé

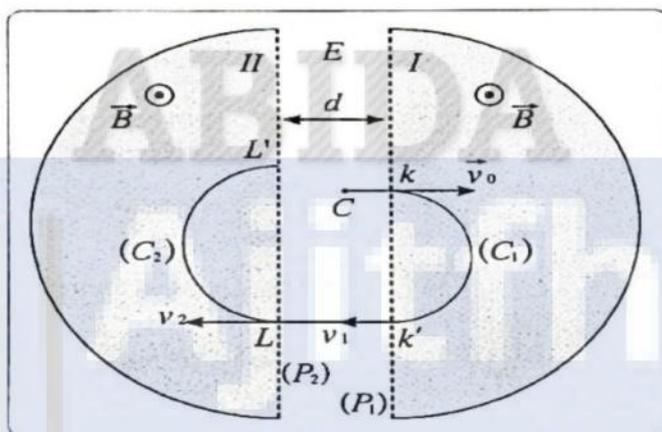
de la vitesse \vec{v} .

3. a. Des ions pénétrant en O_1 avec une vitesse donnée \vec{v}_0 sortent en O_2 en n'ayant subi aucune déviation. Déterminer la relation existant alors entre les valeurs E , B et v_0 .
- b. Justifier le nom du dispositif.

Exercice 10

Une particule, de masse m et de charge q , pénètre en C , avec une vitesse négligeable, dans un espace où règne un champ électrique \vec{E} (cf. schéma). Cet espace est limité par deux grilles planes P_1 et P_2 , assimilables à deux plaques métalliques distantes de d . On applique entre ces plaques une tension électrique $U_{P_1P_2}$ positive, ($U_{P_1P_2} = U$). La particule s'accélère de C en K où elle arrive avec une vitesse \vec{v}_0 .

De part et d'autre des grilles règne un champ magnétique \vec{B} uniforme et constant, perpendiculaire au plan de la figure. La particule pénètre au point K dans la région I avec la vitesse \vec{v}_0 précédente. Elle décrit alors une trajectoire circulaire (C_1) .



1. a. Exprimer l'énergie cinétique de la particule en K en fonction de m et v_0 . Quel est le rôle du champ magnétique \vec{B} ?
- b. Exprimer le rayon R_1 de la trajectoire (C_1) en fonction de m , q , v_0 et B .
2. Quel est le signe de q ?
3. Lorsque la particule est dans l'espace I , le signe de la tension $U_{P_1P_2}$ change. Entre (P_1) et (P_2) la particule est animée d'un mouvement rectiligne uniformément accéléré et décrit la trajectoire KL . Exprimer son énergie cinétique en L en fonction de m , q , v_0 et $U_{P_1P_2}$. Quel est l'intérêt du passage de la particule dans la zone (E) ?
4. La particule décrit ensuite la trajectoire circulaire (C_2) .