

MOUVEMENT D'UNE PARTICULE CHARGEE DANS UN CHAMP MAGNETIQUE UNIFORME

EXERCICE 1

Des protons pénètrent dans un champ magnétique uniforme \vec{B} avec une vitesse initiale \vec{v}_0 orthogonale à \vec{B} .

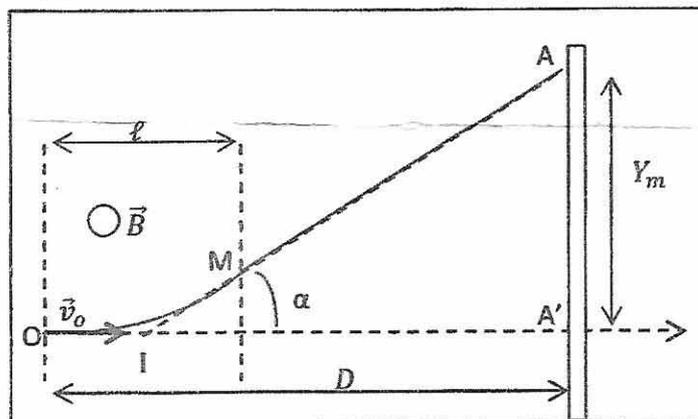
1. Montrer que la trajectoire des protons est plane.
2. Montrer que le mouvement est uniforme.
3. Montrer que la trajectoire est circulaire.
4. Comment varie le rayon R du cercle si B augmente ?
5. Exprimer la quantité de mouvement en fonction de q, R et B.

EXERCICE 2 (DEFLEXION MAGNETIQUE)

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.

1.
 - 1.1. Compte tenu de la déviation représentée sur le schéma, donner le sens du champ magnétique \vec{B} .
 - 1.2. Représenter en un point quelconque de l'arc OM la force magnétique s'exerçant sur un électron.
2. Donner l'expression du rayon de courbure R de la trajectoire représentée par l'arc \widehat{OM} en fonction de B, m, e et v_0 .
3. Donner la nature du mouvement des électrons entre M et A. Justifier.
4. En admettant que ℓ est négligeable devant D et en supposant petit l'angle α , exprimer la déflexion magnétique Y_m en fonction de D, ℓ , B, e, m et v_0 .
5. Faire l'application numérique.

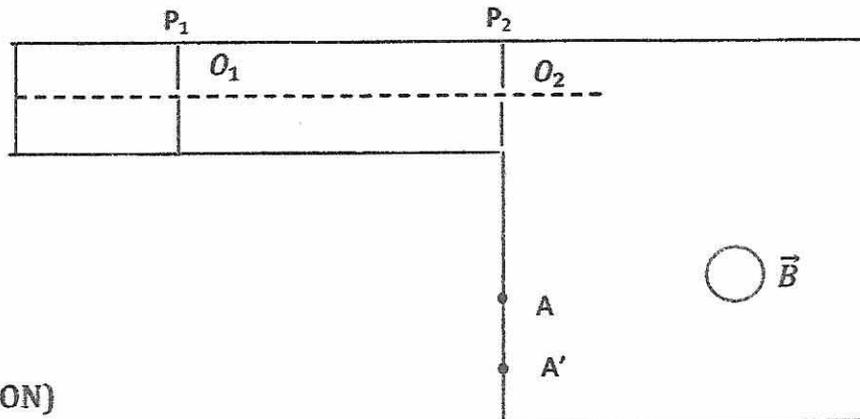
Données : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $\ell = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$; $OA' = D = 0,3 \text{ m}$; $B = 2,21 \text{ mT}$; $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ et $v_0 = 1 \cdot 10^7 \text{ m.s}^{-1}$



EXERCICE 3 (SPECTROGRAPHE DE MASSE)

On envisage la séparation d'isotopes du zinc à l'aide d'un spectrographe de masse. On néglige le poids des ions devant les autres forces.

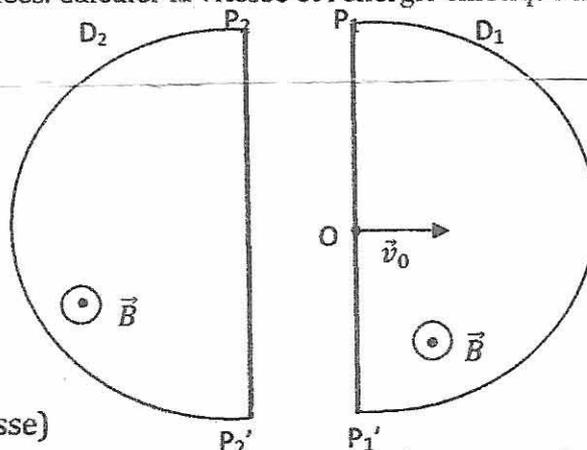
1. Une chambre d'ionisation produit des ions $^{68}\text{Zn}^{2+}$ et $^x\text{Zn}^{2+}$ de masses respectives $68u$ et $x.u$ ($u = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; x entier naturel). Ces ions sont accélérés dans le vide entre deux plaques métalliques parallèles P_1 et P_2 . La tension accélératrice a pour valeur $U = 103 \text{ V}$. On négligera la vitesse des ions quand ils traversent la plaque P_1 en O_1 .
 - 1.1. Quelle est la plaque qui doit être au potentiel le plus élevé?
 - 1.2. Calculer la vitesse v_0 des ions $^{68}\text{Zn}^{2+}$ lorsqu'ils sont en O_2 .
 - 1.3. Exprimer en fonction de x et v_0 la vitesse v'_0 des ions $^x\text{Zn}^{2+}$ en O_2 .
2. Les ions pénètrent ensuite dans une région où règne un champ magnétique uniforme \vec{B} orthogonal au plan de la figure, de valeur $B = 0,1 \text{ T}$.
 - 2.1. Indiquer sur un schéma le vecteur \vec{B} pour que les ions $^{68}\text{Zn}^{2+}$ parviennent en A, et les ions $^x\text{Zn}^{2+}$ parviennent en A'. Justifier la construction.
 - 2.2. Montrer que les trajectoires des ions sont planes.
 - 2.3. Etablir la nature du mouvement ainsi que l'expression de la grandeur caractéristique de la trajectoire. Calculer sa valeur pour les ions $^{68}\text{Zn}^{2+}$.
 - 2.4. On donne $AA' = 8 \text{ mm}$. Calculer x .



EXERCICE 4 (CYCLOTRON)

A l'intérieur des deux dees D_1 et D_2 d'un cyclotron règne un champ magnétique uniforme \vec{B} . Une tension U est maintenue entre les parois $P_1 P'_1$ et $P_2 P'_2$: cette tension change de signe périodiquement. Des protons sont lancés à partir d'un point O dans la région D_1 avec un vecteur-vitesse \vec{v}_0 .

1. Donner l'expression du rayon R_1 de la trajectoire des protons dans la D_1 ainsi que la durée Δt_1 du trajet effectué.
2. Donner les caractéristiques du vecteur-vitesse \vec{v}_1 des protons lorsqu'ils sortent de la région D_1 en traversant la paroi $P_1 P'_1$. Quel doit être alors le signe de la tension U pour accélérer les protons?
3. Déterminer l'expression de la vitesse v_2 avec laquelle les protons pénètrent dans la région D_2 ?
4. Donner l'expression du rayon R_2 de la trajectoire des protons dans la région D_2 ainsi que la durée Δt_2 du trajet effectué.
5. Quel est le signe de la tension U lorsque les protons quittent la région D_2 en traversant la paroi $P_2 P'_2$?
6. Exprimer la période T et la fréquence N de la tension U en négligeant la durée du transfert dans l'intervalle entre les deux dees.
7. Soit R_D le rayon des deux dees. Calculer la vitesse et l'énergie cinétique maximales acquises par les protons.



EXERCICE 5 (Filtre de vitesse)

Des ions sulfate SO_4^{2-} pénètrent en O_1 dans une zone où règnent simultanément un champ électrostatique uniforme vertical \vec{E} et un champ magnétique uniforme horizontal \vec{B} (figure). Les vitesses d'entrée des ions en O_1 ont des valeurs différentes, mais les vecteurs-vitesse ont tous la même direction $O_1 x$. Ce dispositif est appelé **filtre de vitesse**. On néglige la pesanteur.

1. Représenter sur le schéma, en O_1 , la force de Lorentz \vec{F}_m et la force électrostatique \vec{F}_e que subit un ion sulfate.
2. Des ions pénétrant en O_1 avec une vitesse \vec{v}_0 sortent en O_2 en n'ayant subi aucune déviation.
 - 2.1. Donner la relation vectorielle entre \vec{F}_m et \vec{F}_e .
 - 2.2. En déduire l'expression de la vitesse v_0 des ions en fonction de B , d et U (tension électrique entre les deux plaques).
 - 2.3. Calculer v_0 dans le cas où $B = 0,1 \text{ T}$, $d = 0,5 \text{ cm}$ et $U = 50 \text{ V}$.
3. Décrire comment seront déviées les particules de vitesse $v > v_0$ et celles de vitesse $v < v_0$. Tracer les allures des trajectoires de l'ion dans ces deux cas.

