

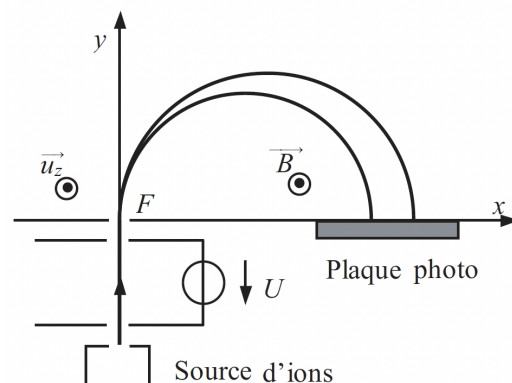
TD 4	Mouvement de particules chargées dans un champ électrique ou magnétique Mécanique - Chap 4	SUP Aux Lazaristes
------	---	--

Exercice 1 : Spectrographe de masse

Un spectrographe sert à trier des ions selon leur masse. Celui de Bainbridge fonctionne de la manière suivante : des ions, initialement à vitesse quasi-nulle, sont accélérés sous une tension de valeur absolue U puis pénètrent dans un champ magnétique uniforme $\vec{B} = B\vec{u}_z$ orthogonal à la vitesse d'entrée dans le champ $\vec{v}_F = v_F\vec{u}_y$, ils décrivent alors un arc de cercle et viennent impressionner une plaque photographique.

Données : $U = 10 \text{ kV}$ et $B = 0,1 \text{ T}$.

Calculer la distance $\Delta\ell$ séparant les traces des deux isotopes $^{39}\text{K}^+$ et $^{41}\text{K}^+$ sur la plaque.

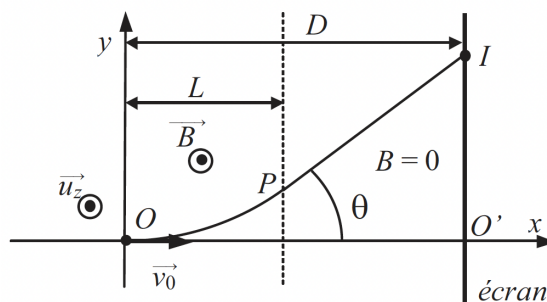


Exercice 2 : Déviation magnétique

Un électron pénètre en O avec une vitesse initiale $\vec{v}_0 = v_0\vec{u}_x$ dans un champ magnétique uniforme $\vec{B} = B\vec{u}_z$ (tant que $0 < x < L$).

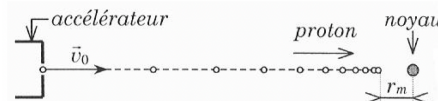
Données : $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

1. Calculer le rayon R de l'arc de cercle OP .
2. Calculer l'angle de déviation θ en fonction de L et R .
3. En déduire la distance $O'I$ pour les faibles déviations.



Exercice 3 : Fusion nucléaire

On cherche à calculer les conditions qui permettraient de réaliser la fusion de deux protons.



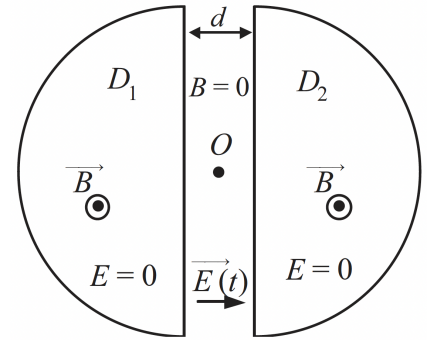
1. Quelle est la vitesse v_0 communiquée par un accélérateur de particule à un proton de masse m_p et de vitesse initiale nulle soumis à une différence de potentiel U ?
2. La trajectoire rectiligne du proton ainsi accéléré quitte l'accélérateur et est envoyé sur le noyau d'un atome appartenant à une cible immobile.
 - (a) Quelle est l'expression de la force qu'exerce le noyau de l'atome sur le proton, sachant que le noyau a une charge $+Ze$? On appellera r la distance entre le proton et le noyau. En déduire la trajectoire du proton.
 - (b) Quelle est la distance minimale r_m à laquelle le proton peut approcher du noyau de charge $+Ze$? On considérera que le proton vient de l'infini avec la vitesse v_0 précédente.
 - (c) Quelle devrait être la tension U pour qu'un proton projectile puisse fusionner avec un proton cible immobile nécessitant une distance d'approche minimale $d \simeq 2 \times 10^{-15} \text{ m}$. Calculer les valeurs correspondantes de v_0 et de l'énergie cinétique E_c du proton au départ en eV.

Données : $m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$, $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ et $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \text{ S.I.}$

Exercice 4 : Principe du cyclotron

1. On considère un proton dans un champ magnétique $\vec{B}$ et de vitesse initiale $\vec{v}_0$ orthogonale à $\vec{B}$. Décrire le mouvement du proton. Donner l'équation de la trajectoire. La période du mouvement dépend-elle de v_0 . Calculer numériquement la période T_c et la pulsation ω_c dite "cyclotron" pour $B = 0,1$ T, $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C et $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$ kg.

Un cyclotron est un accélérateur de particule formé de deux boîtes métalliques semi-cylindriques D_1 et D_2 placées de sorte que $\vec{B}$ soit parallèles aux génératrices du cylindre. Des protons sont injectés à vitesse nulle par une source d'ions au centre du dispositif. Une différence de potentiel sinusoïdale de pulsation ω , $U(t) = U_m \cos \omega t$ est appliqué entre D_1 et D_2 de sorte qu'un proton passant d'une boîte à l'autre trouve toujours dans l'espace entre D_1 et D_2 un champ électrique qui tend à l'accélérer et de norme $E_m = U_m/d$. On négligera la durée du passage d'une boîte à l'autre ($d \ll R$).



2. Le rayon des boîtes D_1 et D_2 est $R = 0,5$ m. Quelle est l'énergie cinétique maximale que l'on peut obtenir avec ce dispositif? On exprimera cette énergie en joule (J) puis en méga-électron-volts (MeV). Quelle est la vitesse $v_{\max}$ du proton? Préciser le réglage de la fréquence de $U(t)$ pour que la vitesse $v_{\max}$ soit atteinte.
3. Quelle serait la différence de potentiel nécessaire pour accélérer un proton à cette vitesse $v_{\max}$ uniquement avec un champ électrique?
4. On émet en O un proton au moment où la différence de potentiel est à sa valeur maximale $U_m = 104$ V. Quel est le nombre maximal de tours qu'il peut effectuer dans l'appareil? Quelle est la durée du parcours?

Exercice 5 : Vitesse des porteurs de charge

Un fil cylindrique de cuivre, de section $s = 1 \text{ mm}^2$, est parcouru par un courant d'intensité $I = 10$ A.

Données : $\mu(\text{Cu}) = 8,8 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$; $M(\text{Cu}) = 63,6 \text{ g.mol}^{-1}$; $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C; $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

1. Sachant que chaque atome de cuivre possède 1 électron libre participant à la conduction, calculer le nombre n^* d'électrons libres par unité de volume dans le cuivre.
2. Exprimer puis calculer la vitesse moyenne v des électrons libres dans le fil considéré.