

Entrainement Devoir 1,2 Mvt dans B (solutions LAML)

Juin 2020 (Q1)

B. Spectromètre de masse (16 pts)

À l'aide du spectrographe de masse formé de 4 parties comme schématisé ci-dessous, on désire séparer les ions ${}^6\text{Li}^+$ et ${}^7\text{Li}^+$ de même charge q mais de masses différentes respectivement m_1 et m_2 . En O_1 , la vitesse des ions est pratiquement nulle. Dans la partie 2, on applique une tension U afin qu'en arrivant en O_2 , les ions ${}^6\text{Li}^+$ aient une vitesse v_1 et les ions ${}^7\text{Li}^+$ une vitesse v_2 .

Ils pénètrent ensuite dans la partie (3) où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire au plan de la figure afin de terminer leur trajectoire au niveau de la partie (4). On suppose que les ions se déplacent dans le vide et que leur poids est négligeable devant les autres forces.

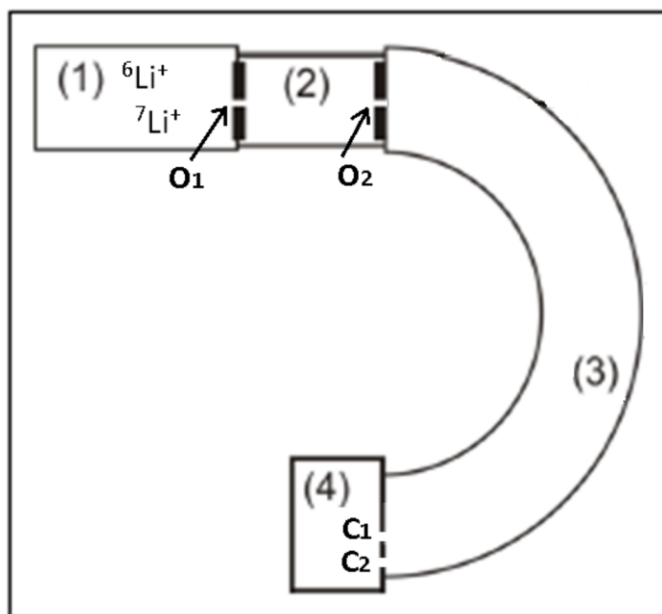
1. Expliquer le rôle de chacune des 4 parties. (2 pts)

2. A partir du théorème de l'énergie cinétique, établir l'expression littérale des vitesses v_1 et v_2 des deux types d'ions en O_2 en fonction de U , q et de leurs masses respectives m_1 et m_2 . (2 pts)

3. Indiquer le sens du champ magnétique $\vec{B}$ dans la partie (3) afin que les ions atteignent la partie (4). (1 pt)

4. Dans la partie (3), les trajectoires des ions sont planes. Démontrer également que ces trajectoires sont circulaires et que la norme de la vitesse de chaque type d'ions reste constante dans toute la partie (3). (6 pts)

5. En déduire l'expression littérale des rayons R_1 et R_2 de leurs trajectoires circulaires en fonction de U , q , B et de leurs masses respectives m_1 et m_2 . (2 pts)



Application :

6. Les deux types d'ions sont collectés en C_1 et C_2 . Sachant que $m_1 = 6u$ et $m_2 = 7u$, $B = 0,4 \text{ T}$ et que $U = 5 \cdot 10^4 \text{ V}$, calculer la distance C_1C_2 . (3 pts)

Juin repêchage 2020 (Q2) avec supplément

2) Cyclotron (14 points)

a) Etudier, en partant de la force magnétique de Lorentz, le mouvement d'une particule de charge $q > 0$ injectée avec une vitesse initiale $\vec{v}_0$ dans un champ magnétique $\vec{B}$ perpendiculaire à $\vec{v}_0$. Montrer que le mouvement est plan, uniforme et suit une trajectoire circulaire de rayon $R = \frac{mv}{|q|B}$. (6)

b) Donner le schéma simplifié d'un cyclotron et tracer le chemin suivi pour un **proton** injecté sans vitesse initiale au centre. Indiquer l'orientation correcte du vecteur $\vec{B}$ et expliquer selon quel mécanisme a lieu l'augmentation de vitesse. (4)

c) Quelle doit être l'intensité du champ magnétique si la vitesse des **protons** doit atteindre $2 \cdot 10^7 \text{ m/s}$ et le rayon à la sortie vaut $R = 0,8 \text{ m}$. Calculer la durée T d'un tour complet dans le cyclotron. (4)

d) Calculer le nombre de tours nécessaires si la tension accélératrice entre les dés vaut 500 V .

II Cyclotron

(7+2+1+1+1+1+2=15p)

On place un proton sans vitesse initiale au centre d'un cyclotron afin de l'accélérer.

1) Décrire le fonctionnement d'un cyclotron.

Représenter **les** vecteurs champ et **les** vecteurs force qui influencent le mouvement du proton. Préciser **où** ces champs règnent et expliquer si leur **sens** sont constants au cours du temps.

(7)

2) On sait que le rayon de la trajectoire circulaire du proton dans la partie déviatrice du cyclotron est donné par la relation : $r = \frac{mv}{|q|B}$:

a) Établir l'expression de la période du proton. (2)

b) Expliquer pourquoi la période de la tension accélératrice alternative est la même que celle du proton. (1)

c) Calculer la fréquence de cette tension accélératrice alternative sachant que le champ magnétique qui règne dans le cyclotron a une intensité de 656 mT. (1)

3) Le proton (non relativiste) quitte le cyclotron avec une vitesse de 16 000 km/s. Calculer le diamètre du cyclotron. (1)

4) Calculer l'énergie cinétique acquise par le proton dans le cyclotron. (1)

5) Vrai ou Faux ? Motiver la réponse.

La vitesse avec laquelle le proton quitte le cyclotron est quatre fois plus élevée si (l'amplitude de) la tension accélératrice est doublée. (2)

Examen Septembre 2019 (Q3)

A. Spectrographe de masse avec filtre de vitesse (18)

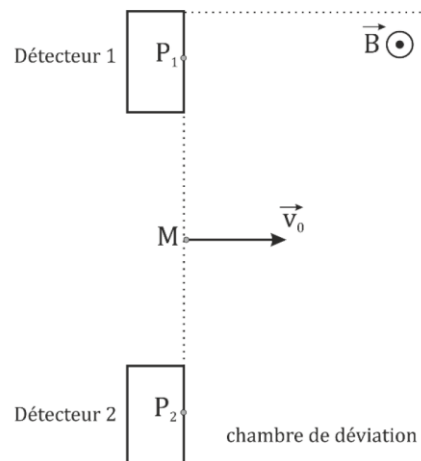
Des ions de masse m et de charge $q > 0$ entrent au point M dans la chambre de déviation d'un spectrographe de masse avec une vitesse $\vec{v}_0$ comme indiquée sur la figure. Ils y sont soumis à un champ magnétique uniforme $\vec{B} \perp \vec{v}_0$.

Les ions se déplacent sur une trajectoire plane et finissent par atteindre l'un des détecteurs au point P_1 ou P_2 .

Le mouvement a lieu dans le vide et on néglige le poids des ions.

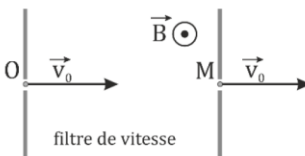
1. Donner l'expression vectorielle de la force magnétique $\vec{f}$ agissant sur les ions.

Reproduire la partie utile de la figure, représenter $\vec{f}$ (en 2 points distincts) et indiquer la trajectoire suivie par les ions. (2)



2. Montrer que le mouvement des ions entre M et le point d'impact est **uniforme et circulaire**. Etablir l'expression du **rayon** R de leur trajectoire. (5)

Avant d'atteindre le point M, les ions ont traversé un filtre de vitesse. Dans ce filtre règne le même champ magnétique $\vec{B}$ uniforme que dans la chambre de déviation. Il y existe également un champ électrique uniforme $\vec{E}$.



Au point O, les ions ont des vitesses différentes. Seuls les ions qui, en O, possèdent la vitesse $\vec{v}_0$ peuvent atteindre le point M (et entrer dans la chambre de déviation). Leur vecteur vitesse ne change pas à l'intérieur du filtre.

3. Trouver, en justifiant, l'orientation du vecteur $\vec{E}$ ainsi que l'expression de son intensité (en fonction de v_0 et de B). Reproduire et compléter la figure ($\vec{E}$ et force(s) agissant sur un ion). (4)

4. Qu'est-ce qui arrive à un ion ayant une vitesse $v < v_0$? Justifier. (2)

On suppose dans la suite que $v_0 = \frac{E}{B}$.

5. Lorsque $E = 25 \frac{kV}{m}$, $B = 500 \text{ mT}$, $q = +e$, on observe que la distance entre M et le point d'impact (P_1 ou P_2) vaut 43,32 cm. En déduire la masse m (en u) des ions. (3)

6. On maintient fixe $\vec{E}$ et on triple l'intensité du champ magnétique $\vec{B}$ (dans le filtre de vitesse et dans la chambre de déviation). Indiquer, comment varie ... (par rapport à la situation initiale)

a. ...la vitesse des ions capables d'entrer dans la chambre de déviation. Justifier sans calcul. (1)

b. ...le rayon de leur trajectoire dans la chambre de déviation. Justifier sans calcul. (1)