

## Particule chargée dans un champ magnétique uniforme

(2017-18)

**Exercice 1:** On donne : masse de l'électron  $m=9,1.10^{-31}$ kg ; charge élémentaire  $e=1,6.10^{-19}$ C.

1) Des électrons émis sans vitesse en C sont accélérés entre C et A sur une distance  $d=10$ cm par un champ électrique uniforme ( $E=5.000$ V.m<sup>-1</sup>).

Quelle est la nature du mouvement des électrons entre C et O ? Quelle est la vitesse  $V_0$  des électrons en O ?

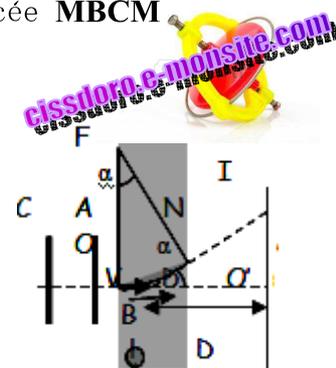
2) En O les électrons pénètrent dans un champ magnétique B uniforme ( $B=2.10^{-1}$ T) orthogonal au plan de la figure et y décrivent l'arc de cercle ON. Déterminer le sens du vecteur-champ magnétique et calculer le rayon R de l'arc.

3) Quelle est la nature du mouvement des électrons au-delà du point N ?

4) Les électrons sortent du champ magnétique en N avec une vitesse V. Calculer

L'angle  $\alpha = (V_0, V)$ . On donne  $l=1$ cm : largeur du champ magnétique. On ne supposera que  $\alpha$  est faible.

5) Les électrons heurtent en I un écran fluorescent placé à une distance  $D=39$ cm du point N. Calculer la longueur  $Y=O'I$ .



**Exercice 2:** On donne  $|U_0|=4,00.10^3$ V ;  $B=1,00.10^{-1}$ T ;  $e=1,60.10^{-19}$ C.

1) Des ions de masse m et de charge  $q < 0$  sont produits dans la chambre d'ionisation (I) avec une vitesse pratiquement nulle. Ils sortent par E dans l'enceinte (A), sous vide, où ils sont accélérés et ressortent par S. Les orifices E et S sont pratiquement ponctuels, et on note  $U_0 = V_E - V_S$  la différence de potentiel accélératrice. La vitesse des ions reste suffisamment faible pour que les lois de la mécanique classique soient applicables.

Etablir l'expression littérale de la norme du vecteur-vitesse d'un ion à sa sortie en S, en fonction de m, q et  $U_0$ .

1) A leur sortie en S, les ions pénètrent dans une deuxième enceinte sous vide (D) dans laquelle règne un champ magnétique uniforme vertical B.

a) Quel doit-être le sens du vecteur-champ magnétique pour les ions puissent atteindre les points  $O_1$  ou  $O_2$  ? Justifier la réponse.

b) En S, le vecteur-vitesse des ions est perpendiculaire à la droite passant par les points  $O_1, O_2$  et S. Montrer que la trajectoire d'un ion dans (D) est plane.

Montrer que la vitesse de l'ion est constante, que la trajectoire est un cercle de rayon R. déterminer l'expression de R.

3) Le jet d'ions sortant de la chambre d'ionisation est un mélange d'ions  $^{79}\text{Br}^-$ , de masse  $m_1=1,3104.10^{-25}$ kg, et d'ions  $^{81}\text{Br}^-$ , de masse  $m_2=1,3436.10^{-25}$ kg.

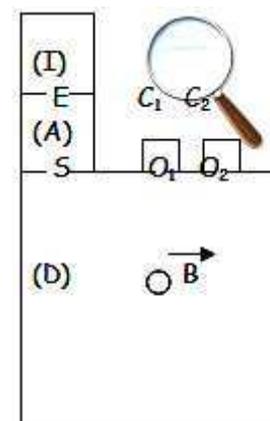
a) Dans quel collecteur  $C_1$  ou  $C_2$  sont reçus les ions de masse  $m_1$  ? Justifier la réponse.

b) Calculer la distance entre les entrées  $O_1$  et  $O_2$  des deux collecteurs  $C_1$  et  $C_2$  chargés de récupérer les deux types d'ions.

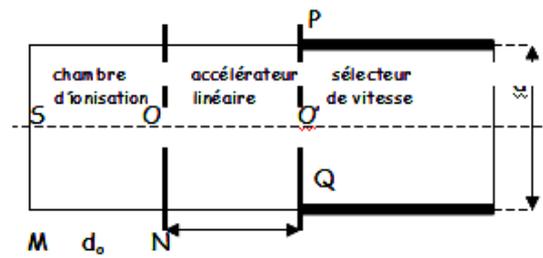
c) En une minute, les quantités d'électricité reçues respectivement par les collecteurs  $C_1$  et  $C_2$  sont  $|q_1|=6,60.10^8$ C et  $|q_2|=1,95.10^8$ C. Déterminer la composition du mélange d'ions. Justifier la réponse.

**Exercice 3:** données :  $m_1(^3\text{He}^{2+})=5,0.10^{-27}$ kg ;  $m_2(^4\text{He}^{2+})=6,7.10^{-27}$ kg ;  $m_3(^6\text{He}^{2+})$ .

1) Une chambre d'ionisation produit des noyaux d'hélium  $^3\text{He}^{2+}, ^4\text{He}^{2+}, ^6\text{He}^{2+}$  de masses



1



respectives  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$ . Leur poids est négligeable devant les forces électromagnétiques qu'ils subissent. Ils pénètrent en S sans vitesse initiale dans un accélérateur linéaire où ils sont soumis à l'action d'un champ électrique uniforme  $E_0$  créé par une différence de potentiel  $U_0 = V_M - V_N$ . On désignera par  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  les vecteurs-vitesse en O des ions  ${}^3_2\text{He}^{2+}$ ,  ${}^4_2\text{He}^{2+}$ ,  ${}^6_2\text{He}^{2+}$ . On notera  $e$  la charge élémentaire.

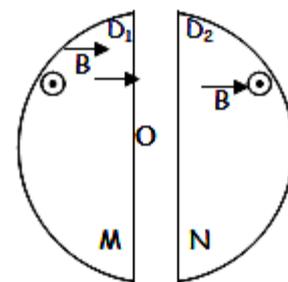
a) Déterminer le signe de  $U_0$  et représenter le champ électrique  $E_0$  dans l'accélérateur.  
 b) Exprimer l'accélération d'un ion  ${}^4_2\text{He}^{2+}$  en fonction de  $U_0$ ,  $d_0$ ,  $e$  et  $m_2$ ; préciser la nature de son mouvement.

2) Montrer qu'en O, à la sortie de l'accélérateur,  $m_1 V_1^2 = m_2 V_2^2 = m_3 V_3^2$ .

3) Les ions pénètrent ensuite dans un sélecteur de vitesse limité par les plaques P et Q. Ils sont alors soumis à l'action simultanée de deux champs : un champ électrique uniforme  $E$ , créé par une différence de potentiel positive  $U = V_Q - V_P$  et un champ magnétique uniforme  $B$  orthogonal à  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ . Dessiner le vecteur  $B$  et exprimer  $U$  en fonction de  $B$ ,  $V_2$  et  $d$  pour que le mouvement des ions  ${}^4_2\text{He}^{2+}$  soit rectiligne uniforme de trajectoire  $OO'$ .

4) Donner l'allure des trajectoires des ions  ${}^3_2\text{He}^{2+}$  et  ${}^6_2\text{He}^{2+}$ .

**Exercice 4:** soit un cyclotron à fréquence fixe  $N$ . C'est un accélérateur de particules constitué de deux demi-cylindres conducteurs creux  $D_1$  et  $D_2$  appelés « dees », séparés par un intervalle très étroit. A l'intérieur des deux dees règne un champ magnétique uniforme  $B$ . Une tension  $U$  est maintenue entre les deux dees. Cette tension change de signe périodiquement. Des protons sont lancés à partir d'un point O dans le dee  $D_1$  avec la vitesse  $V_0$ .



1) Exprimer le rayon  $R_1$  de la trajectoire des protons dans le dee  $D_1$ , ainsi que la durée  $\Delta t_1$  du trajet effectué avant de sortir de  $D_1$ .

2) Déterminer le vecteur-vitesse  $V_1$  des protons lorsqu'ils sortent de  $D_1$ . Quel doit être le signe de la tension  $U$  pour accélérer les protons vers  $D_2$ ? Exprimer alors la vitesse  $V_2$  d'entrée dans  $D_2$ .

3) Exprimer le rayon  $R_2$  de la trajectoire des protons dans  $D_2$  ainsi que la durée  $\Delta t_2$  du trajet avant de sortir de  $D_2$ . Comparer  $\Delta t_1$  et  $\Delta t_2$ .

4) Quel doit être le signe de  $U$  pour que les protons soient accélérés vers  $D_1$  à leur sortie de  $D_2$ ? Exprimer la période  $T$  et la fréquence  $N$  de la tension alternative  $U$ .

5) Soit  $R_0$  le rayon des dees. Donner les expressions de la vitesse et de l'énergie cinétique maximales acquises par chaque proton.

2

