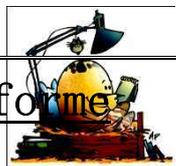


# Particule chargée dans un champ magnétique uniforme



## Exercice 1:

On démontre que l'intensité du champ magnétique au centre d'une bobine circulaire de rayon  $R$ , de longueur  $L$  comportant  $N$  spires est donné par la relation : 
$$B = \frac{4\pi N I}{10^7 \sqrt{L^2 + 4R^2}}$$

- 1) Montrer que pour une bobine longue (longueur très grande par rapport au diamètre de la spire), on retrouve la formule  $B = 4\pi \cdot 10^{-7} n \cdot I$  d'un solénoïde infiniment long.
- 2) Retrouver la formule d'une bobine plate à partir de la formule générale ci-dessus.
- 3) Etudier le cas d'une bobine où la longueur est égale au diamètre de la spire et donner l'expression de  $B$  en fonction du diamètre  $D$ .

## Exercice 2:

Un solénoïde est enroulé à spires non jointives, à raison de 10 spires par centimètre. Le fil conducteur est en cuivre de 0,2 mm de diamètre et de résistivité  $\rho = 1,6 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ . La longueur du solénoïde est

$L = 40$  cm et le rayon d'une spire est  $r = 5$  cm.

On réalise un circuit comportant un générateur, de f.é.m.  $E = 1,5$  V et de résistance interne  $r = 0,5 \Omega$ , et la bobine. L'axe de la bobine est orienté perpendiculairement au plan du méridien magnétique. Une petite aiguille aimantée horizontale placée au centre de la bobine dévie d'un angle  $\alpha_1 = 60^\circ$  lorsque l'on ferme le circuit.

- 1) Quelle est la résistance  $R$  de la bobine ?
- 2) Calculer la valeur de la composante horizontale du champ magnétique terrestre  $B_0$ .
- 3) Calculer la résistance  $R_x$  du conducteur à mettre en série avec la bobine pour ramener la déviation de l'aiguille à  $\alpha_2 = 45^\circ$  ?
- 4) On comprime les spires de manière à obtenir une bobine plate. En supposant que l'aiguille aimantée est toujours au centre de la bobine, calculer sa nouvelle déviation  $\alpha_3$ .

NB : Ce circuit ne comporte que le générateur et la bobine.

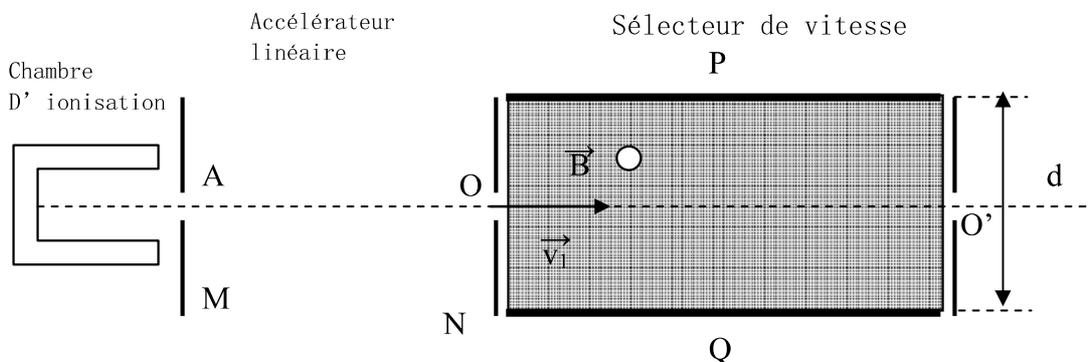
## Exercice 3: filtre de vitesses

Une chambre d'ionisation produit des ions d'hélium  ${}^3_2\text{He}^+$ ,  ${}^4_2\text{He}^+$  et  ${}^4_2\text{He}^{2+}$  de masses respectives  $m_1$ ,  $m_2$  et  $m_3$ . Leurs poids sont négligeables devant les forces électromagnétiques qu'ils subissent. Ils pénètrent en A sans vitesse initiale dans un accélérateur linéaire où ils sont soumis à

l'action d'un champ électrique uniforme  $\vec{E}_0$ , créé par une différence de potentiel  $U_0 = V_M - V_N$ .

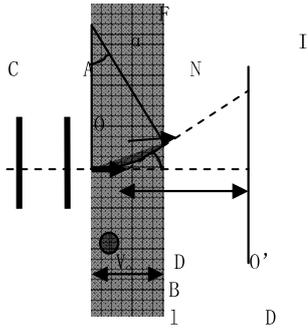
On désignera par  $v_1$ ,  $v_2$  et  $v_3$  les vitesses respectives en O des ions  ${}^3_2\text{He}^+$ ,  ${}^4_2\text{He}^+$  et  ${}^4_2\text{He}^{2+}$ .

On notera  $e$  la charge électrique élémentaire.



- 1° a) Déterminer le signe de  $U_0$  afin d'accélérer les particules.  
b) Quelle est la nature du mouvement de chaque ion entre A et O?  
c) A la sortie de l'accélérateur, les différents ions ont-ils la même énergie cinétique ? La même vitesse ?
- 2° les ions pénètrent ensuite dans un sélecteur de vitesse limité par les deux plaques P et Q distants de  $d$ . Ils sont alors soumis à l'action simultanée de deux champs :

- un champ électrique uniforme  $\vec{E}$  créé par  $U = V_q - V_p > 0$ .
  - Un champ magnétique  $\vec{B}$  orthogonal aux vecteurs vitesse des particules.
- a) Représenter le champ magnétique  $\vec{B}$  pour que la force électrique et la force magnétique aient la même direction mais des sens contraires.
- b) On règle la valeur de  $U$  de façon que le mouvement des ions  ${}^4_2\text{He}^+$  soit rectiligne uniforme, de trajectoire  $OO'$ .
- Exprimer  $U$  en fonction de  $B$ ,  $v_2$  et  $d$ .
- c) Donner l'allure des trajectoires des ions  ${}^3_2\text{He}^+$  et  ${}^4_2\text{He}^{2+}$ .
- Données :  $m_1 = 3 \text{ u}$  ;  $m_2 = m_3 = 4 \text{ u}$  ;  $1 \text{ u} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .



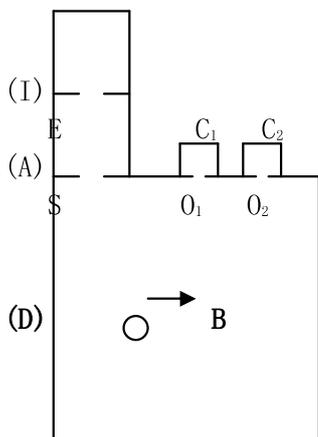
cisse-doro.e-monsite.com

On donne : masse de l'électron  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  ; charge élémentaire  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ . Des électrons émis sans vitesse en C sont accélérés entre C et A sur une distance  $d = 10 \text{ cm}$  par un champ électrique uniforme ( $E = 5 \cdot 10^5 \text{ V.m}^{-1}$ ). 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  $\vec{B}$  uniforme ( $B = 2 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ ) 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  $\alpha = (\vec{V}_0, \vec{V})$ . On donne  $l = 1 \text{ cm}$  : largeur du champ magnétique. On supposera que  $\alpha$  est faible.
- 5) Les électrons heurtent en I un écran fluorescent placé à une distance  $D = 39 \text{ cm}$  du point N. calculer la longueur  $Y = O'I$ .

#### Exercice 4:

On donne  $|U_0| = 4,00 \cdot 10^3 \text{ V}$  ;  $B = 1,00 \cdot 10^{-1} \text{ T}$  ;  $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .



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 entrent 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  $\vec{B}$  uniforme

vertical  $B$ .

- a) Quel doit-etre 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  $m_1=1,3104 \cdot 10^{-25}\text{kg}$ , et d' ions  $^{81}\text{Br}^-$ , de masse  $m_2=1,3436 \cdot 10^{-25}\text{kg}$ .
- a) Dans quel collecteur  $C_1$  ou  $C_2$  sont reçus les ions de masse  $m_1$  ? Justifier la
- 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  $|q_1|=6,60 \cdot 10^{-8}\text{C}$  et  $|q_2|=1,95 \cdot 10^{-8}\text{C}$ . Déterminer la composition du mélange d' ions. Justifier la réponse.

### Exercice 5:

données :  $m_1(^3\text{He}^{2+})=5,0 \cdot 10^{-27}\text{kg}$  ;  $m_2(^4\text{He}^{2+})=6,7 \cdot 10^{-27}\text{kg}$  ;  $m_3(^6\text{He}^{2+})$ .

- 1) Une chambre d' ionisation produit des noyaux d' hélium  $^3\text{He}^{2+}$ ,  $^4\text{He}^{2+}$ ,  $^6\text{He}^{2+}$  de masses respectives  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$ . Leur

poinds 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  $\vec{E}_0$  créé par une différence de

Potentiel  $U_0=V_M-V_N$ . On désignera par  $\vec{V}_1$ ,  $\vec{V}_2$ ,  $\vec{V}_3$  les vecteurs-vitesse en O des ions  $^3\text{He}^{2+}$ ,  $^4\text{He}^{2+}$ ,  $^6\text{He}^{2+}$ . On notera e la charge élémentaire.

- a) Déterminer le signe de  $U_0$  et représenter le champ électrique  $\vec{E}_0$  dans l' accélérateur.

b) Exprimer l' accélération d' un ion  $^4\text{He}^{2+}$  en fonction de  $U_0$ ,  $d_0$ , e et m ; préciser la nature de son mouvement.

- 2) Montrer qu' en O, à la sortie de l' accélérateur,  $m_1V_1^2=m_2V_2^2=m_3V_3^2$ .

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  $\vec{B}$  orthogonal à  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ . Dessiner le vecteur  $\vec{B}$  et exprimer U en fonction de B,  $\vec{V}_2$  et d pour que le mouvement des ions  $^4\text{He}^{2+}$  soit rectiligne uniforme de trajectoire  $OO'$ .

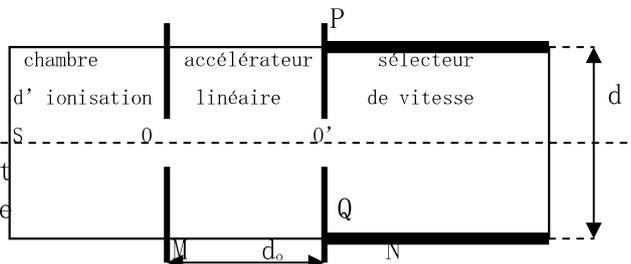
- 4) Donner l' allure des trajectoires des ions  $^3\text{He}^{2+}$  et  $^6\text{He}^{2+}$ .

### Exercice 6:

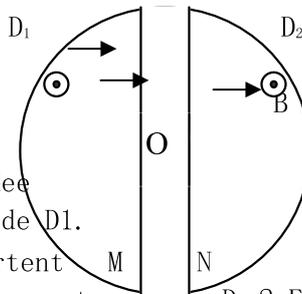
Soit un cyclotron à fréquence fixe N. C' est un accélérateur de particules constitué de deux demi-cylindres conducteurs creux  $D_1$  et  $D_2$  appelés « dees », séparés par un intervalle très étroit. A l' intérieur des deux dees règne

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  $\vec{V}_0$ .

- 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  $\vec{V}_1$  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.



cisse-dori.e-monsitr.com



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

### Exercice 7

Au cours de l'exercice on néglige l'action du champ de pesanteur.

Une cathode C émet des électrons. Ces derniers sont accélérés dans le vide, par une tension  $U_1 = U_{AC}$  appliquée entre l'anode A et la cathode C. Ils sont émis avec une vitesse négligeable et traversent l'anode en un point O avec une vitesse horizontale  $\vec{V}_0$  entre les armatures  $P_1$  et  $P_2$  d'un condensateur plan. Les armatures ont une longueur  $l$  et sont distantes de  $d$ . Entre les armatures est appliquée une tension

$$U_2 = U_{P_1P_2}.$$

Données numériques :  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ; masse de l'électron  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  ;  $l = 9,0 \text{ cm}$  ;  
 $d = 3,0 \text{ cm}$  ;  $U_1 = 1250 \text{ V}$  ;  $U_2 = 150 \text{ V}$ .

- 1) Etablir l'expression de la vitesse  $V_0$  acquise par les électrons quand ils pénètrent dans le condensateur. Calculer cette vitesse.
- 2) Etablir dans le repère  $Ixy$ , l'équation de la trajectoire d'un électron dans le condensateur. Représenter sur un schéma l'allure de cette trajectoire entre  $P_1$  et  $P_2$  sachant que l'électron ne heurte pas les armatures avant sa sortie du condensateur.
- 3) En déduire l'ordonnée  $y_1$  de cet électron à la sortie du condensateur, c'est-à-dire pour  $x = l$ . Calculer  $y_1$  en mm.
- 4) La tension  $U_2$  restant inchangée, on crée à l'intérieur du condensateur un champ magnétique uniforme  $\vec{B}$  pour que le mouvement des électrons soit rectiligne uniforme entre  $P_1$  et  $P_2$ . Donner les caractéristiques de ce champ magnétique.

Représenter sur un schéma les vecteurs champ magnétique  $\vec{B}$  et électrique  $\vec{E}$ .

