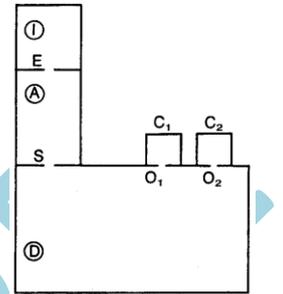


Exercice 1:

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

- 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 en E dans l'enceinte A, sous vide, où ils sont accélérés et ressortent en 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 .
- A leur sortie en S, les ions pénètrent dans une deuxième enceinte sous vide D, dans laquelle règne un champ magnétique uniforme vertical.
 - Quel doit être le sens du vecteur champ magnétique pour que les ions puissent atteindre les points O_1 ou O_2 ? Justifier la réponse.
 - En S, le vecteur vitesse des ions est perpendiculaire à la droite passant par les points O_2 , O_1 et S. Montrer que la trajectoire d'un ion dans l'enceinte D est plane. Montrer que la vitesse de l'ion est constante, que la trajectoire est un cercle de rayon R . Déterminer l'expression du rayon R .
- Le jet d'ions sortant de la chambre d'ionisation est un mélange d'ions ^{79}Br , de masse $m_1 = 1,3104 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$, et d'ions ^{81}Br , de masse $m_2 = 1,3436 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$.
 - Dans quel collecteur sont reçus les ions de masse m_1 ? Justifier la réponse.
 - 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.
- 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 votre réponse.

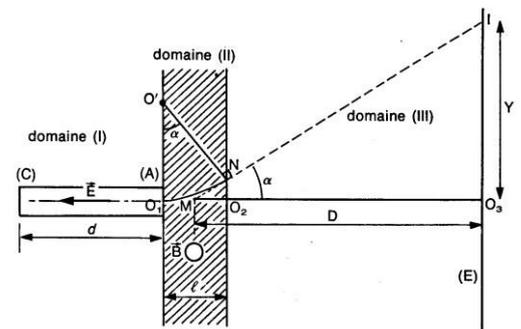
**Exercice 2:**

$$D = 40 \text{ cm} ; \ell = 1 \text{ cm} ; d = 10 \text{ cm} ; m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} ; E = 5 \cdot 10^4 \text{ V.m}^{-1}.$$

Dans tout l'exercice, on négligera le poids de l'électron devant les autres forces qui agissent sur lui.

- Des électrons de masse m et de charge q sont émis sans vitesse initiale par la cathode (C). Ils subissent sur la longueur d , l'action du champ électrique uniforme E .
 - Quelle est la nature du mouvement de l'électron entre la cathode (C) et l'anode (A) ?
 - Que vaut la vitesse v_0 d'un électron au point O_1 ?
- Arrivés en O_1 , les électrons subissent sur la distance l l'action d'un champ magnétique uniforme B perpendiculaire au plan de la figure (le domaine où règne ce champ B est hachuré). Quel doit être le sens du vecteur B pour que les électrons décrivent l'arc de cercle O_1N ? Justifier la réponse. Établir l'expression du rayon $R = O'O_1 = O'N$ de cet arc de cercle.

A.N: Calculer R pour $B = 2 \cdot 10^{-3} \text{ T}$.
- Quelle est la nature du mouvement de l'électron dans le domaine III où n'existe aucun champ ?
- Le domaine III est limité par un écran (E) sur lequel arrivent les électrons. Exprimer en fonction de m , e , B , D , ℓ et v_0 la déflexion magnétique $O_3I = Y$ subie par un électron à la traversée du système II + III.



La droite IN coupe l'axe O_1O_2 au point M. L'écran E est à la distance D de ce point M.

On fera les hypothèses simplificatrices suivantes :

- dans le domaine II de l'espace, on peut confondre la longueur de l'arc avec la longueur $O_1O_2 = \ell$ où règne le

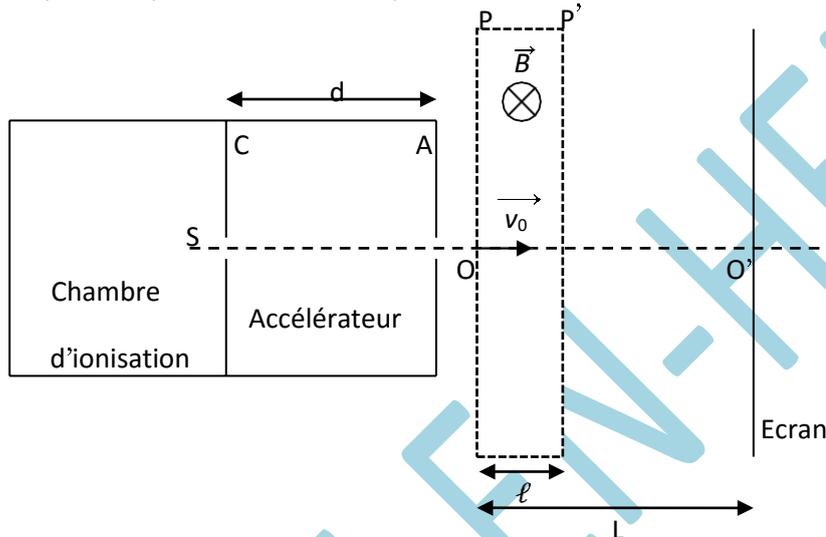
champ \vec{B}

- on supposera que la déviation angulaire est faible.

Sachant que $Y = 3,35$ cm, retrouver la valeur v_0 de la vitesse de l'électron au point O_1 .

Exercice 3:

- Des protons H^+ de masse $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg sont produits par une chambre d'ionisation. On néglige les forces de pesanteur. Ces protons pénètrent en S sans vitesse initiale dans un accélérateur linéaire où ils sont soumis à un champ électrique uniforme \vec{E} créé par une tension $U = V_C - V_A$ (voir schéma ci-dessous).



- Exprimer l'accélération d'un proton en fonction de U, d, m et la charge élémentaire e.
 - Ecrire l'équation horaire du mouvement d'un proton dans l'accélérateur.
 - Les protons pénètrent ensuite en O avec une vitesse \vec{v}_0 dans un domaine limité par deux plans P et P' où règne un champ magnétique uniforme B orthogonal à la vitesse v.
 - Reproduire le schéma sur votre feuille de copie et représenter la force magnétique subie par un proton en O. Calculer sa norme.
 - Montrer que le mouvement des protons est uniforme et circulaire entre P et P'. Exprimer le rayon de leur trajectoire en fonction de m, B, e et U.
 - On admet que la distance ℓ entre les plans P et P' est négligeable devant L (distance entre O et l'écran) et que les protons sortent par P' et viennent heurter l'écran en M.
 - Quelle est la nature du mouvement des protons après leur sortie du champ magnétique ?
 - Exprimer la déflexion magnétique $O'M$ en fonction de L, ℓ , B, e, U, d et m.
 - Pour empêcher les protons d'atterrir sur l'écran, on augmente la largeur ℓ' du champ magnétique. Quelle valeur minimale L_1 faudrait-il donner à ℓ' pour que les protons ressortent par le plan P ?
- Données : $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C ; $U = 10$ kV ; $B = 0,5$ T

Exercice 4 :

On se propose de déterminer le nombre de masse de l'un des isotopes du potassium, élément chimique, mélange de deux types d'isotopes: ^{39}K et ^{41}K . L'isotope ^{39}K est plus abondant. On utilise alors un spectrographe de masse constitué essentiellement de trois compartiments (figure 2). Dans le premier compartiment, les atomes de potassium sont ionisés en cations (^{39}K et ^{41}K) ; dans le deuxième compartiment, les ions sont accélérés, leurs vitesses initiales étant négligeables et dans le troisième compartiment, les ions sont soumis à l'action d'un champ magnétique ; en fin de course, ils atteignent un écran luminescent.

Données : le mouvement des particules a lieu dans le vide ; le poids d'un ion est négligeable devant la force électrique et la force magnétique. La charge élémentaire est $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; la tension U établie entre les plaques A et C a pour valeur $U = V_A - V_C = 1,0 \cdot 10^3 \text{ V}$; l'intensité

du champ magnétique régnant dans la zone 3 est $B = 100 \text{ mT}$; la masse d'un nucléon est $m_0 = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; la masse de l'ion $^{39}\text{K}^+$ est $m_1 = 39 m_0$, la masse de l'ion $^x\text{K}^+$ est $m_2 = x m_0$.

1. Entre les plaques A et C, les ions sont accélérés par un champ électrique uniforme. Leur vitesse au point T_1 de la plaque A est supposée nulle.
- 1.1. Reproduire la figure sur la feuille de copie et représenter la force électrique s'exerçant sur un ion potassium se trouvant en M.

- 1.2. Montrer que, arrivés au niveau de la plaque C, en T_2 , tous les ions potassium ont la même énergie cinétique.

- 1.3. Montrer alors qu'en T_2 , la vitesse de chaque ion $^{39}\text{K}^+$ a pour expression : $v_1 = \sqrt{\frac{2eU}{39m_0}}$.

En déduire, sans démonstration, l'expression de la vitesse v_2 des isotopes $^x\text{K}^+$ en T_2 .

2. A partir de T_2 , les ions pénètrent dans la zone 3 avec des vitesses perpendiculaires à la plaque C. Chaque type d'isotope effectue, dans le plan de la figure, un mouvement circulaire uniforme.

- 2.1. En un point N de l'une des trajectoires, représenter sur la figure déjà reproduite, la vitesse d'un ion potassium et la force magnétique qui s'exerce sur cet ion.

- 2.2. Compléter la figure en représentant le sens du champ magnétique régnant dans la zone 3.

- 2.3. Montrer que le rayon de la trajectoire des ions $^{39}\text{K}^+$ a pour expression $R_1 = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{78m_0U}{e}}$.

En déduire l'expression du rayon R_2 de la trajectoire des isotopes $^x\text{K}^+$.

- 2.4. Déterminer, par calcul, la valeur du rayon R_1 de la trajectoire des ions $^{39}\text{K}^+$.

- 2.5. Les deux types d'isotopes rencontrent l'écran luminescent en deux points d'impact I_1 et I_2 ; le point d'impact I_1 étant plus lumineux.

- 2.5.1. Préciser, en justifiant, le point d'impact de chaque type d'isotopes.

- 2.5.2. Montrer que le rapport des rayons des trajectoires des isotopes du potassium dans la zone 3 est

$$\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{39}{x}}$$

- 2.5.3. La distance entre les points d'impact est $d = 2,5 \text{ cm}$. Déterminer la valeur du nombre de masse x de l'isotope $^x\text{K}^+$.

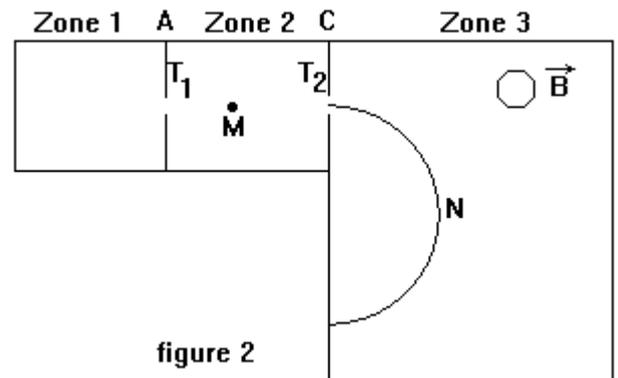
Exercice 5:

La déviation magnétique de particules chargées possède de nombreuses applications théoriques et pratiques (cyclotrons, téléviseurs, filtres de vitesse...).

On se propose d'étudier la déviation de particules chargées dans un champ magnétique uniforme.

Des ions de masse m , de charge q sont émis par une chambre d'ionisation C avec une vitesse quasi nulle. Ils sont ensuite accélérés par une tension appliquée entre la chambre d'ionisation et l'électrode K horizontale percée d'un trou O (voir figure 2).

Le dispositif est placé dans l'espace où règne un vide supposé parfait. Le poids des ions est négligeable devant les autres forces et les vitesses sont faibles devant la célérité de la lumière.



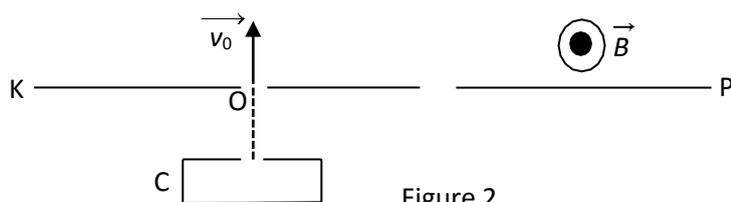


Figure 2

1. Un ion de masse m , de charge q , arrive par le trou O dans une zone où règne le champ magnétique uniforme \vec{B} . La vitesse de l'ion en O est verticale et perpendiculaire au vecteur \vec{B} . Après avoir décrit une trajectoire dans l'espace où règne le champ \vec{B} , l'ion frappe une plaque photographique P se trouvant dans le plan horizontal de K. Soit I_0 le point d'impact de l'ion sur la plaque P.
 - 1.1. Etablir l'expression de l'intensité de la force magnétique qui s'exerce sur l'ion quand il pénètre en O dans le champ magnétique. Déterminer la valeur de cette intensité. Quel est le signe de la charge portée par un ion ? Justifier la réponse.
 - 1.2. Pour un ion donné, comment varie la norme du vecteur vitesse avec le temps dans la zone où le champ magnétique est uniforme ? Justifier la réponse.
 - 1.3. Montrer que le mouvement d'un ion est plan dans l'espace où règne le champ magnétique \vec{B} .
 - 1.4. Montrer qu'un ion a une trajectoire circulaire et exprimer la distance OI_0 en fonction de m , B , q , v_0 . Calculer cette distance. On donne : $|q| = 3,2 \cdot 10^{-19}$ C; $m = 232u$ (masse de l'ion étudié); $1u = 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg; $v_0 = 1,0 \cdot 10^5$ m/s; $B = 0,02$ T.
2. Les ions produits par la chambre d'ionisation ont même masse $m = 232u$ mais des vitesses différentes. Quand les ions entrent dans le champ magnétique, ils n'ont pas tous la même vitesse. La valeur des vitesses des ions est comprise entre $v_0(1+a)$ et $v_0(1-a)$. Les ions de vitesse $v_0(1+a)$ impressionnent la plaque P en un point I alors que les ions de vitesse $v_0(1-a)$ l'impressionnent en I'. Déterminer la distance $D = II'$ sur laquelle se répartissent les points d'impact des ions sur la plaque photographique. On prendra : $a = 5 \cdot 10^{-3}$.
3. Les ions produits par la chambre d'ionisation ont même vitesse mais sont des isotopes du même élément.
 - 3.1. Si les isotopes arrivent en O avec la même vitesse, quelle grandeur physique caractéristique des différents isotopes peut-on identifier à partir des positions des points d'impact sur la plaque photographique ?
 - 3.2. La dispersion des ions étudiée à la question 3, peut-elle entraîner des difficultés pour déterminer le nombre d'isotopes si elle se produit ? Quel dispositif faudrait-il placer entre la chambre d'ionisation et le point O pour avoir un faisceau rigoureusement homocinétique au point O ? Faire un schéma clair pour appuyer son argumentation.