EXP CHAMPEM

Mécanique

TD 16 Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique ou magnétique, stationnaire et uniforme.

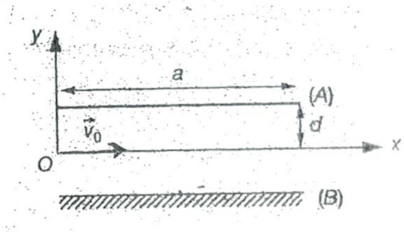
Exercice 1

On reprend le mouvement de la particule de charge q dans un champ magnétique avec les notations du cours.
On pose : $u(t)=x(t)+iy(t)$.

1) Etablir l'équation différentielle reliant $\dot{u}$ et $\ddot{u}$
2) La résoudre
3) En déduire après avoir intégré, x(t) et y(t).

Exercice 2

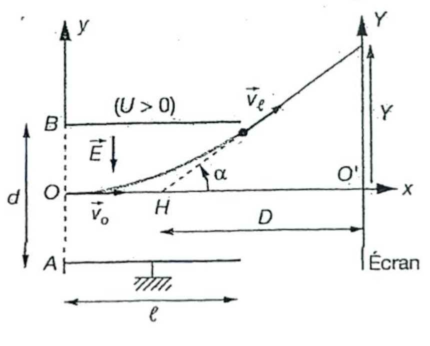
Un électron a une vitesse initiale : $\overrightarrow{v_0} = v_0.\overrightarrow{u_x}$. Il pénètre en O entre les armatures A et B d'un condensateur. Dans cette zone, règne un champ électrique uniforme : $\overrightarrow{E} = E_0.\overrightarrow{u_y}$.
Les armatures sont des carrés de coté a et distants de 2d
L'armature A est au potentiel V_0 et B à reliée à la masse.



1) Exprimer E_0 en fonction de V_0
2) Etablir les équations paramétriques du mouvement.
3) Trouver une condition sur V_0 pour que l'électron quitte le dispositif sans heurter une des plaques métalliques.

Exercice 3

Un condensateur plan a ses deux armatures séparées de la distance d, portées aux potentiels $V_A=0$ et $V_B=U>0$.



1) En supposant le champ électrique uniforme, donner sa valeur et sa direction.
2) Des électrons de vitesse initiale : $\overrightarrow{v_0} = v_0 \overrightarrow{u_x}$ pénètrent en O dans le condensateur. Etablir les équations paramétriques du mouvement.
3) En déduire l'équation de la trajectoire y(x). Quelle est sa nature ?
4) En dehors des plaques, (x>l) le champ électrique est nul et on suppose que l'influence de la gravité est faible. Montrer que le mouvement est rectiligne uniforme et en donner une équation de la trajectoire.
5) Montrer qu'elle coupe l'axe Ox en un point H d'abscisse $x=\ell/2$.
6) Un écran est placé à la distance D après H. Quelle est l'ordonnée Y, nommée déflexion, du point où l'électron atteint l'écran.

Exercice 4

Un atome d'hydrogène comporte un proton de charge +e, immobile en O et un électron de charge –e.
La force exercée par le proton sur l'électron situé en M est modélisée par une force de rappel élastique $\vec{f} = -k.\overrightarrow{OM}$ où k est une constante.

1) On suppose que la trajectoire de l'électron est dans le plan z=0. Trouver les équa-diffs vérifiées par x(t) et y(t)
2) Quelle est la pulsation ω_0 du mouvement et sa nature géométrique ?
3) On soumet l'atome à un champ $\vec{B} = B_0 \overrightarrow{u_z}$ Ecrire les nouvelles équations du mouvement.
4) Les résoudre en posant u(t)=x(t)+iy(t). Montrer que le mouvement est maintenant caractérisé par deux pulsations ω_1 et ω_2

EXICHAMPEM

$\boxed{1/1}$

$$m\vec{a} = q\vec{v} \wedge \vec{B} \Leftrightarrow m\begin{pmatrix}\ddot{x}\\ \ddot{y}\\ \ddot{z}\end{pmatrix} = q\begin{pmatrix}\dot{x}\\ \dot{y}\\ \dot{z}\end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix}0\\ 0\\ B\end{pmatrix}$$

$$\begin{array}{l} \times 1 \\ \times i \\ \\ \end{array} \begin{cases} m\ddot{x} = qB\dot{y} \\ m\ddot{y} = -qB\dot{x} \\ m\ddot{z} = 0 \Rightarrow \underset{(CI)}{\dot{z} = 0} \Rightarrow \underset{(CI)}{z = 0} \end{cases}$$

On a $\quad m\ddot{x} + im\ddot{y} = qB\dot{y} - iqB\dot{x}$

$$\Leftrightarrow \ddot{x} + i\ddot{y} = -\frac{iqB}{m}(\dot{x} + i\dot{y})$$

$$\Leftrightarrow m\ddot{u} + iqB\dot{u} = 0$$

$\boxed{1/2}$

$$\Leftrightarrow \ddot{u} + iq\frac{1}{m}B\dot{u} = 0$$

$$\Leftrightarrow \dot{u}(t) = Ae^{-iqB\frac{1}{m}t}$$

On a $\quad \dot{u}(0) = \dot{x}(0) + i\dot{y}(0) = A = v_0 + i0 = v_0$

$$\dot{u}(t) = v_0 e^{-iqB\frac{1}{m}t}$$

$\boxed{1/3}$

$$u(t) = iv_0\frac{m}{qB}e^{-iqB\frac{1}{m}t} + \text{const}$$

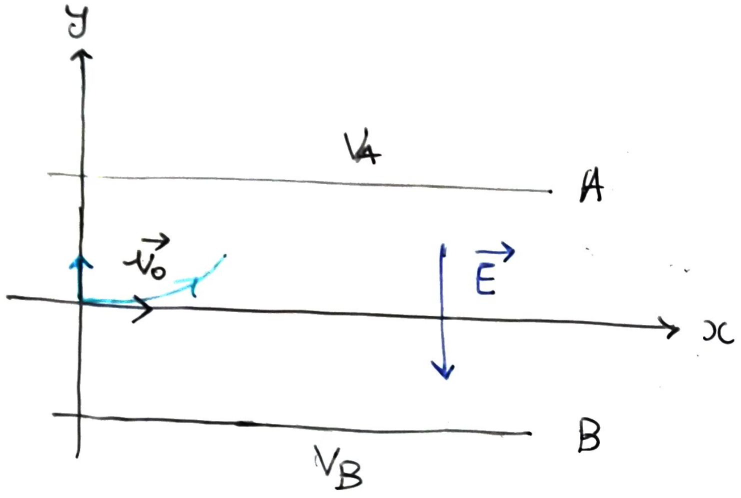
$$u(0) = x(0) + iy(0) = i\frac{m}{qB}v_0 + \text{const} \Leftrightarrow \text{const} = \frac{mv_0}{iqB}$$

$$u(t) = \frac{mv_0}{iqB}\left(1 - e^{-\frac{iqB}{m}t}\right) = x(t) + iy(t)$$

$$= \frac{i m v_0}{qB}\left(-1 + \cos\frac{qBt}{m} - i\sin\frac{qBt}{m}\right)$$

$$= \underbrace{\frac{m v_0}{qB}\sin\frac{qBt}{m}}_{x(t)} + i\,\underbrace{\frac{m v_0}{qB}\left(\cos\frac{qBt}{m} - 1\right)}_{y(t)}$$

$\boxed{2}$



$$U := V_A - V_B = V_0 > 0$$

$\boxed{2/2}$

$$\vec{E} = -\frac{V_0}{2d}\vec{u_y} = E_0\vec{u_y} \qquad \left(E_0 = -\frac{V_0}{2d} < 0\right)$$

Syst: $\{e^-\}$. Réf: labo, G. Forces: $\cdot\ \vec{F} = q\vec{E} = -e\vec{E} = +\frac{eV_0}{2d}\vec{u_y}$

$\cdot\ \vec{P} = \vec{0}$ négligé par OdM

2^e loi de N projetée

$$\begin{cases} m\ddot{x} = 0 \Rightarrow \dot{x} = \text{const} = v_0 \\ m\ddot{y} = \frac{eV_0}{2d} \Leftrightarrow \ddot{y} = \frac{eV_0}{2dm} \Rightarrow \dot{y} = \frac{eV_0}{2dm}t + \cancel{\text{const}} \quad \text{car } \dot{y}(0) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = v_0 t + \cancel{const} & \text{car } x(0) = 0 \\ y = \dfrac{eV_0}{4dm} t^2 + \cancel{const} & \text{car } y(0) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x(t) = v_0 t \\ y(t) = \dfrac{eV_0}{4dm} t^2 \end{cases}$$

or $\dfrac{x}{v_0} = t$

$$y(x) = \frac{eV_0}{4dm} \cdot \frac{x^2}{v_0^2}$$

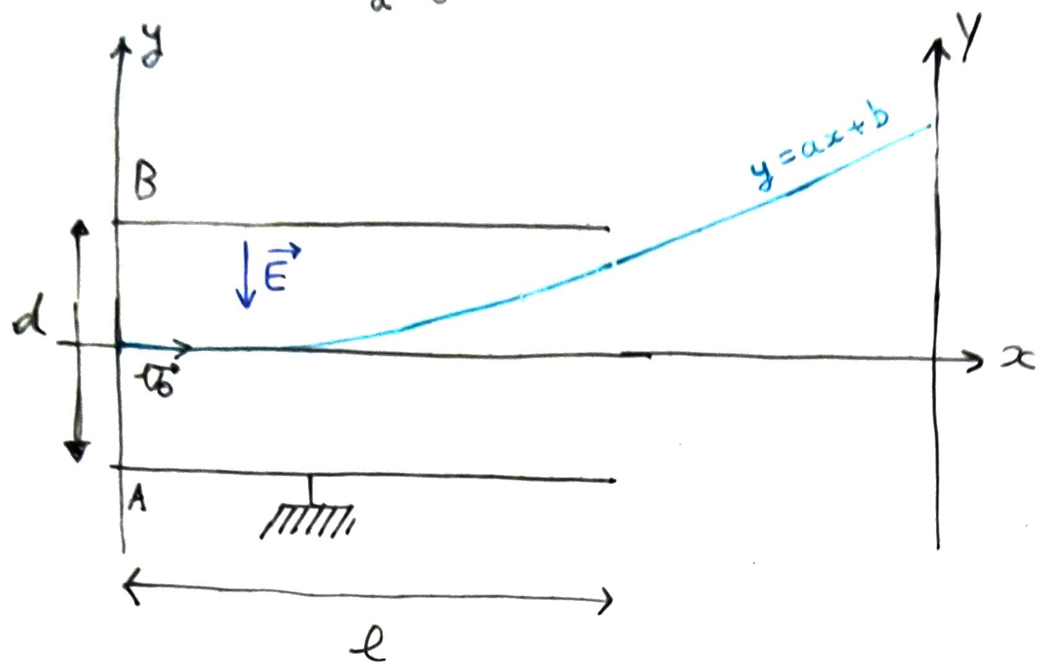
$\boxed{2/3}$

$$y(x = a) < d$$

$$\Leftrightarrow \frac{eV_0 a^2}{4dm v_0^2} < d$$

$$\Leftrightarrow V_0 < \frac{4d^2 m v_0^2}{ea^2}.$$

$\boxed{3/1}$ $\vec{E} = -\frac{U}{d}\vec{u_y}$



Syst: $\{e^-\}$. Réf: Labo, galiléen. Forces: $\cdot\ \vec{F} = q\vec{E}$
$= \frac{eU}{d}\vec{u_y}$

$\boxed{3/2}$ $m\vec{a} = -e\vec{E} = \frac{eU}{d}\vec{u_y}$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} m\ddot{x} = 0 \\ m\ddot{y} = \frac{eU}{d} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \dot{x} = \text{const} = v_0 \\ \dot{y} = \frac{eU}{md}t + \text{const} = \frac{eU}{md}t \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} x = v_0 t + \text{const} = v_0 t \\ y = \frac{eU}{2md}t^2 + \text{const} \end{cases}$$

$\boxed{3/3}$ $t = \frac{x}{v_0}$. $y(x) = \frac{eU}{2md}\frac{x^2}{v_0^2}$

$\boxed{3/4}$ $m\vec{a} = \vec{0} \Rightarrow \vec{a} = \vec{0} \Rightarrow \vec{v} = \overrightarrow{\text{const}} \Rightarrow$ MRU

$\boxed{3/4}$

$$y = ax + b$$

$$\Rightarrow a = \frac{dy}{dx}(x=\ell) = \frac{eU\ell}{md v_0^2}$$

$$\underbrace{y(x=\ell) = a\ell + b}_{\text{à droite}} = \overbrace{\frac{eU\ell^2}{2md v_0^2}}^{\text{à gauche}}$$

par continuité de y

$$\Leftrightarrow \quad b = \frac{eU\ell^2}{2md v_0^2} - \frac{eU\ell}{md v_0^2}\ell = -\frac{eU\ell^2}{2md v_0^2}$$

$$y = \frac{eU\ell}{md v_0^2}x - \frac{eU\ell^2}{2md v_0^2}$$

$\boxed{3/5}$

$$= \frac{eU\ell}{md v_0^2}\left(x - \frac{\ell}{2}\right)$$

on a $y\left(\frac{\ell}{2}\right) = \frac{eU\ell}{md v_0^2}(0) = 0$

$\boxed{3/6}$

$$y = \tan\alpha \, D = \frac{eU\ell}{md v_0^2} D$$

Application : les osciℓℓos !

EXP CHAMPEM

$\boxed{4/1}$

Syst : $\{e^-\}$

Réf : Galiléen

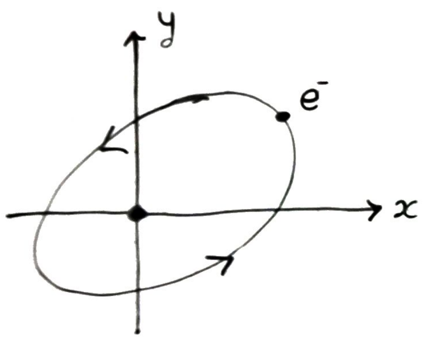
2e loi de Newton :

$$m\vec{a} = -k\vec{OM}$$

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -kx \\ m\ddot{y} = -ky \end{cases}$$

$\boxed{4/2}$

$$\begin{cases} \ddot{x} + \omega_0^2 x = 0 \\ \ddot{y} + \omega_0^2 y = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x(t) = A\cos\omega_0 t + B\sin\omega_0 t \\ \quad\;\; = \lambda\cos(\omega_0 t + \varphi) \\ y(t) = C\cos\omega_0 t + D\sin\omega_0 t \\ \quad\;\; = \mu\cos(\omega_0 t + \psi) \end{cases}$$



(x et y, en TP : deux tensions, mode XY) de même puls. ω_0

$$m\vec{a} = -e\vec{v}\wedge\vec{B} - k\vec{OM}$$

$$-e\vec{v}\wedge\vec{B} = -e\begin{pmatrix}\dot{x}\\ \dot{y}\\ 0\end{pmatrix}\wedge\begin{pmatrix}0\\0\\B_0\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}-eB_0\dot{y}\\ eB_0\dot{x}\\ 0\end{pmatrix}$$

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -eB_0\dot{y} - kx \\ m\ddot{y} = -eB_0\dot{x} - ky \end{cases}$$

$$m\ddot{u} = ieB_0\dot{u} - ku$$
$$\Leftrightarrow m\ddot{u} - ieB_0\dot{u} + ku = 0$$
$$\Delta = -e^2B_0^2 - 4km < 0$$
$$x_{1,2} = \frac{ieB_0 \pm i\sqrt{e^2B_0^2 + 4mk}}{2m}$$
$$i\omega_{1,2} := \frac{eB_0 \pm \sqrt{e^2B_0^2 + 4mk}}{2m}$$
$$u(t) = Ae^{i\omega_1 t} + Be^{i\omega_2 t}$$
$$= \lambda \cos(\omega_1 t) + \mu \cos(\omega_2 t)$$

x et y seront des CL_s de $\cos(\omega_1 t)$ et $\cos(\omega_2 t)$

En présence d'un champ magnétique, il y a un dédoublement de la pulsation propre.

En observant les spectres d'émission, on peut en déduire le champ magnétique.

EXP CHAMPEM #2

Exercice 2 Mouvement dans un champ magnétique.

PROBLÈME : RALENTISSEMENT

On suppose, dans ce problème, que la vitesse des particules chargées est très inférieure à la vitesse de la lumière dans le vide, ce qui revient à négliger toute correction relativiste. Les effets de la gravitation seront également négligés.

Données :
La charge électrique élémentaire vaut $e = 1{,}60 \cdot 10^{-19}$ C.
La vitesse de la lumière dans le vide vaut $c = 3{,}00.10^{8}$ m.s^{-1}.
La perméabilité et la permittivité du vide valent : $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ H.m^{-1} et $\varepsilon_0 = \dfrac{1}{36 \cdot \pi \cdot 10^{9}}$ F.m^{-1}.

B1- Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme

B1.1- On considère un référentiel $\mathfrak{R}$ galiléen muni d'un repère cartésien $\left(O, \overrightarrow{e_x}, \overrightarrow{e_y}, \overrightarrow{e_z}\right)$. Une particule chargée de charge q positive et de masse m pénètre avec un vecteur vitesse $\overrightarrow{v_0} = v_0 \cdot \overrightarrow{e_x}$ au point O de coordonnées (0,0,0) dans une région de l'espace où règne un champ magnétique uniforme $\overrightarrow{B} = B \cdot \overrightarrow{e_z}$ perpendiculaire à $\overrightarrow{v_0}$ (figure 1). Montrer que cette particule décrit, à vitesse constante, une trajectoire plane et circulaire de rayon de courbure $R = \dfrac{m \cdot v_0}{q \cdot B}$. Pour cela, vous pourrez, notamment, introduire la quantité complexe $\underline{u}(t) = x(t) + j \cdot y(t)$.

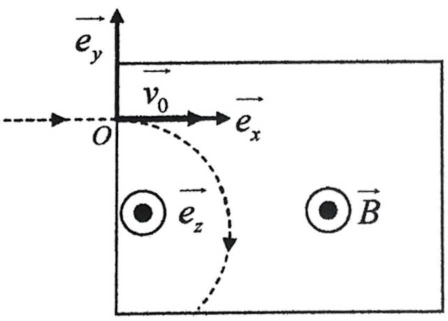


Figure 1 : trajectoire d'une particule de charge q positive dans une région de l'espace où règne un champ magnétique uniforme

B1.2- Pour séparer les deux isotopes naturels de l'Uranium, l'uranium 238 et l'uranium 235, il avait été envisagé d'utiliser un spectrographe de masse. Cet appareil comporte trois parties, représentées en figure 2, page 8, où règne un vide poussé. Les atomes d'uranium sont ionisés dans une chambre d'ionisation en ions U^+ (de charge électrique $q_{U^+} = e$) d'où ils sortent par la fente F_1 avec une vitesse négligeable. Ces ions sont accélérés par un champ électrostatique uniforme imposé par une tension $W = V_{P_2} - V_{P_1}$ entre deux plaques P_1 et P_2. Enfin, les ions pénètrent dans une chambre de déviation où règne un champ magnétique uniforme $\overrightarrow{B}$ (B = 0,1 T) perpendiculaire au plan de la figure. Ils décrivent alors deux trajectoires circulaires de rayons R_1 et R_2 et parviennent dans deux collecteurs C_1 et C_2.
Calculer la tension W pour que la distance entre les collecteurs soit égale à d = 2 cm. Les masses de l'uranium 235 et de l'uranium 238 sont : m_{U5} = 235 u.m.a. et m_{U8} = 238 u.m.a.. Une unité de masse atomique (u.m.a.) vaut : 1 u.m.a. ≃ $1{,}66.10^{-27}$ kg.

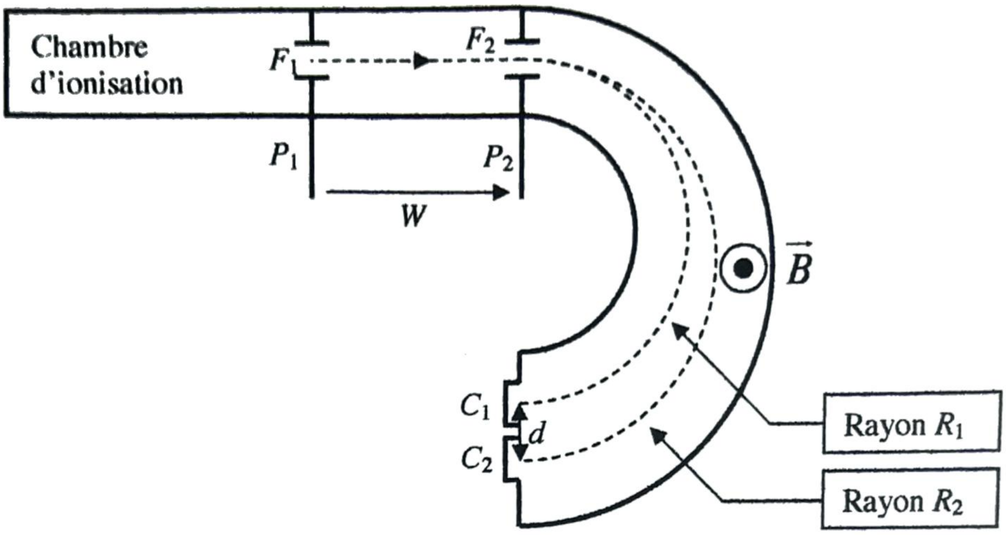


Figure 2 : schéma de principe du spectrographe de masse

B2- Le cyclotron

Le cyclotron est formé de deux demi-cylindres conducteurs creux D_1 et D_2 dénommés *dees* et séparés par un intervalle étroit. Un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ (B = 1,0 T) règne à l'intérieur des *dees*, sa direction est parallèle à l'axe de ces demi-cylindres. Un champ électrostatique variable $\vec{E}$ peut être établi dans l'intervalle étroit qui sépare les *dees* en appliquant entre les *dees* une tension alternative sinusoïdale $u(t)$ qui atteint sa valeur maximale $U_m = 10^5\,V$ lorsque le proton traverse cet espace. Les protons, de masse m_p = 1,67.10^{-27} kg et de charge électrique $q_p = e$, sont injectés au centre du cyclotron avec une énergie cinétique négligeable. Dans chaque *dee*, ils décrivent des trajectoires demi-circulaires de rayon croissant. Le rayon de la trajectoire des protons à la sortie du cyclotron est R_s = 50 cm.

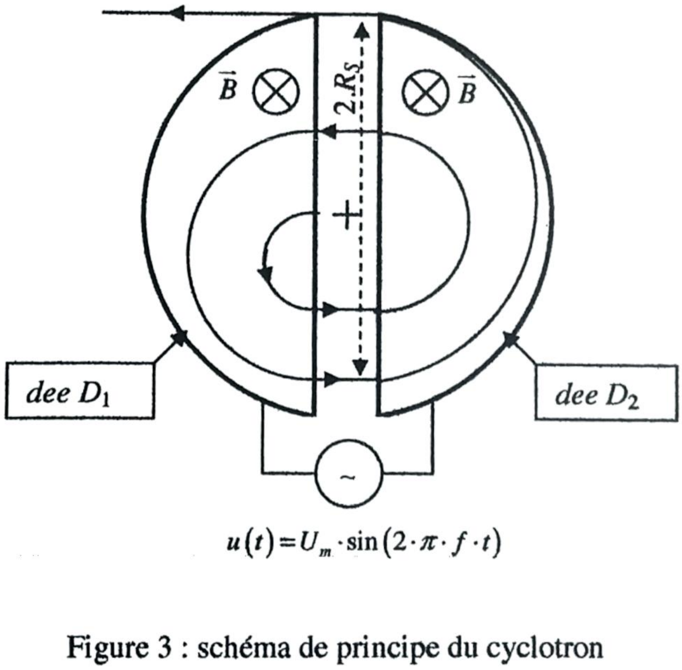


Figure 3 : schéma de principe du cyclotron

B2.1- Donner l'expression littérale de la durée $T_{1/2}$ mise par un proton pour effectuer un demi-tour en fonction de m_p, e et B. Qu'en déduisez-vous ?

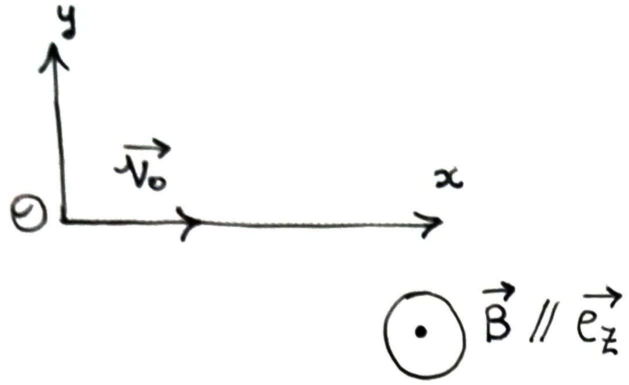
B2.2- Justifier le choix d'une tension $u(t)$ alternative sinusoïdale.

B2.3- En déduire l'expression, puis la valeur de la fréquence f de la tension alternative sinusoïdale $u(t) = U_m \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$ pour que les protons subissent une accélération maximale à chaque traversée. On négligera le temps de parcours d'un *dee* à l'autre.

B2.4- Déterminer l'expression, puis la valeur de l'énergie cinétique E_{CS} des protons à la sortie du cyclotron.

B2.5- Déterminer l'expression du nombre de tours N effectués par les protons dans le cyclotron jusqu'à leur sortie en fonction de : e, R_s, B, m_p et U_m. Effectuer l'application numérique.

1/1



$$m\vec{a} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$$

$$\Leftrightarrow m\begin{pmatrix}\ddot{x}\\ \ddot{y}\\ \ddot{z}\end{pmatrix} = q\begin{pmatrix}\dot{x}\\ \dot{y}\\ \dot{z}\end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix}0\\ 0\\ B\end{pmatrix}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} m\ddot{x} = qB\dot{y} \\ m\ddot{y} = -qB\dot{x} \\ m\ddot{z} = 0 \Rightarrow \dot{z} = \cancel{const} \Rightarrow z = \cancel{const} \end{cases}$$

$$\Rightarrow m\ddot{u} = -jqB\dot{u}$$

$$\Leftrightarrow \ddot{u} + j\frac{qB}{m}\dot{u} = 0$$

$$\Leftrightarrow \dot{u} = Ae^{-j\frac{qB}{m}t}$$

$$\dot{u}(0) = \dot{x}(0) + j\dot{y}(0) = v_0 \Rightarrow A = v_0$$

$$\Rightarrow u = -\frac{mv_0}{jqB}e^{-j\frac{qB}{m}t} + \cancel{const}$$

$$\Uparrow$$

$$u(0) = x(0) + jy(0) = 0$$

$$\Rightarrow B = \frac{mv_0}{jqB}; \qquad u(t) = \frac{mv_0}{jqB}\cdot\left(1 - e^{-j\frac{qBt}{m}}\right)$$

$$= -\frac{mv_0 j}{qB}\left(1 - \left(\cos\frac{-qBt}{m} + j\sin\frac{-qBt}{m}\right)\right)$$

$$= x(t) + j\,y(t)$$

d'où les équations paramétriques

$$\begin{cases} x(t) = + \dfrac{m v_0}{qB} \sin\left(\dfrac{qB}{m} t\right) \\ y(t) = \dfrac{m v_0}{qB}\left(\cos \dfrac{qBt}{m} - 1\right) \end{cases}$$

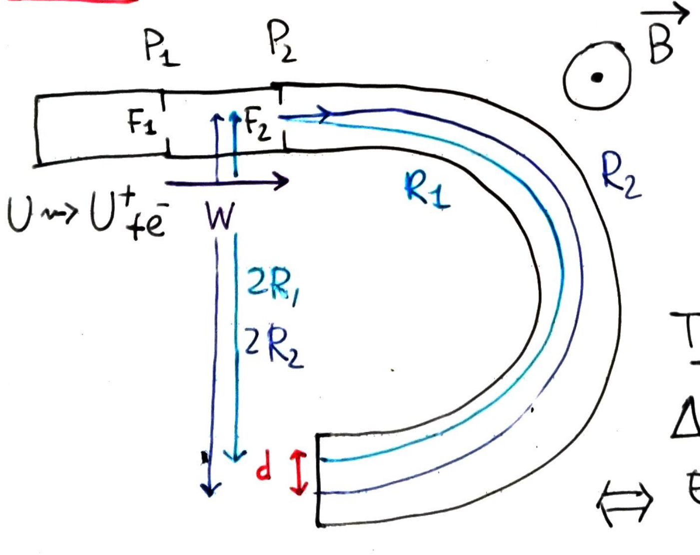
équation cartésienne:

$$x^2 + \left(y + \frac{m v_0}{qB}\right)^2 = \left(\frac{m v_0}{qB}\right)^2$$

$$\mathcal{C}\left(\Omega\left(0; -\frac{m v_0}{qB}\right), R = \frac{m v_0}{qB}\right)$$

$$\left(\vec{F}_{Lorentz}\right)_0 = q \vec{v_0} \wedge \vec{B}$$

$\boxed{1/2}$



$$\begin{cases} R_1 = \dfrac{m_1 v_0}{qB} \\ R_2 = \dfrac{m_2 v_0}{qB} \end{cases}$$

Trouvons v_0

$$\Delta E_m = W(\vec{F_{nc}})$$

$$\Leftrightarrow E_{m_{F_1}} = E_{m_{F_2}}$$

$$\Leftrightarrow qV_1 = qV_2 + \frac{1}{2} m v_0^2$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} m v_0^2 = q(V_1 - V_2) = -qW$$

$W < 0$ car pour accélérer les ions on devrait avoir $\xleftarrow[W]{}$

$$v_0 = \sqrt{\frac{-2qW}{m}}$$

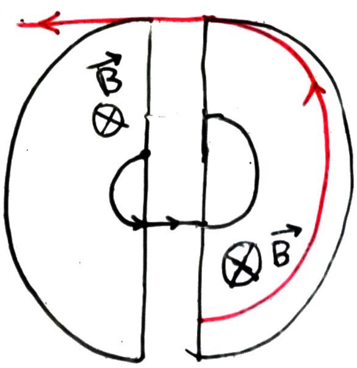
alors
$$\begin{cases} R_1 = \dfrac{m_1}{qB}\sqrt{\dfrac{-2qW}{m_1}} = \sqrt{\dfrac{-2\,m_1 W}{q\,B^2}} \\ R_2 = \dfrac{m_2}{qB}\sqrt{\dfrac{-2qW}{m_2}} = \sqrt{\dfrac{-2m_2 W}{qB^2}} \end{cases}$$

$$d = 2R_2 - 2R_1$$
$$= 2\sqrt{-W}\left(\sqrt{\frac{2m_2}{qB^2}} - \sqrt{\frac{2m_1}{qB^2}}\right)$$

$$\Leftrightarrow -W = \frac{d^2}{4\left(\sqrt{\frac{2m_2}{qB}} - \sqrt{\frac{2m_1}{qB}}\right)^2}$$

$$\Leftrightarrow W \approx -5 \text{ kV}$$

$\boxed{2.1}$



$$\omega = \frac{eB}{m_p}$$

$$x(t) = R\sin(\omega t)$$

pulsation du cyclotron = vit. angulaire.

$$T = \frac{2\pi}{\frac{eB}{m_p}} = \frac{2\pi m_p}{eB}$$

$$T_{1/2} = \frac{\pi m_p}{eB} = \frac{T}{2}$$

La durée du demi-tour est indépendante de la vitesse.

2/2+3

Il faut accélerer vers la droite puis vers la gauche, et la demi-période doit correspondre à la durée du trajet dans un dee.

$$T_{tension} = 2T_{1/2} = \frac{2\pi m}{eB} \Rightarrow f = \frac{1}{T_{tension}} = \frac{eB}{2\pi m} = 15 \text{ MHz}$$

2/4

$$E_{cs} = \frac{1}{2} m v_s^2 = \frac{1}{2} m \left(\frac{qRB}{m}\right)^2$$

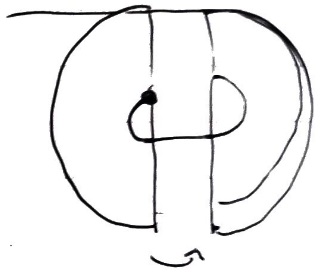
$$R = \frac{m v_s}{qB} \Leftrightarrow v_s = \frac{qRB}{m}$$

2/5

$$\Delta E_m = W(\overrightarrow{F_{nc}}) = 0$$

$$\frac{1}{2} m v^2 + qV = \frac{1}{2} m v'^2 + qV'$$

$$\left|\frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v'^2\right| = q|\underbrace{V - V'}_{U_m}|$$



l'Ec augmente de qU_m

donc à chaque tours, Ec augmente de $2qU_m$

$$N = \frac{E_{cs}}{2qU_m} = 60$$

EXP CHAMPEM #3

Exercice : Il faut évidemment démontrer

> *L'épreuve écrite du concours ENAC est un QCM sans calculatrice. Pour chaque question, entre 0 et 2 propositions sont justes.*

Un électron de masse $m_e \simeq 10^{-30}$ kg et de charge $e \simeq -2 \cdot 10^{-19}$ C pénètre, avec un vecteur vitesse $\vec{v}_0$, dans une région où règnent un champ électrostatique $\vec{E}$ et un champ magnétostatique $\vec{B}$ uniformes, orthogonaux entre eux et à $\vec{v}_0$. Précisément, dans la base directe $\{\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z\}$ du repère cartésien $Oxyz$ (x, y et z sont les coordonnées cartésiennes de l'électron), $\vec{E} = E\vec{e}_x$, $\vec{B} = B\vec{e}_y$ et $\vec{v}_0 = v_0\vec{e}_z$, E, B et v_0 étant positifs. L'origine O du repère cartésien est prise à l'endroit où l'électron pénètre dans la région des champs. La norme v_0 de sa vitesse est de $1000\,\mathrm{km\cdot s^{-1}}$.

1 - On considère dans un premier temps que $B = 0$, de sorte que l'électron n'est soumis qu'au champ électrique $\vec{E}$. Quelle est l'équation vectorielle du mouvement ? Dans les propositions ci-dessous, $\vec{a}$ est le vecteur accélération.

(a) $\vec{a} = \dfrac{e\vec{E}}{m_e}$. (b) $\vec{a} = \dfrac{\vec{E}}{em_e}$. (c) $\vec{a} = -em_e\vec{E}$. (d) $\vec{a} = -\dfrac{e\vec{E}}{m_e}$.

2 - Quelles sont la nature et l'équation de la trajectoire de l'électron ?

(a) La trajectoire est une portion de parabole d'équation $\dfrac{eE}{m_e}\left(\dfrac{z}{v_0}\right)^2$.

(b) La trajectoire est une portion de droite d'équation $\dfrac{eE}{m_e}\dfrac{z}{v_0}$.

(c) La trajectoire est une portion de parabole d'équation $\dfrac{-eE}{2m_e}\left(\dfrac{z}{v_0}\right)^2$.

(d) La trajectoire est une portion de droite d'équation $\dfrac{-eE}{2m_e}\dfrac{z}{v_0}$.

3 - On place un écran d'observation parallèlement au plan Oxy en $z_0 = 0{,}2\,\mathrm{m}$. Sachant que $E = 10\,\mathrm{V\cdot m^{-1}}$, calculer l'abscisse x_e de l'impact de l'électron sur l'écran.

(a) $x_e \simeq 4\,\mathrm{mm}$. (b) $x_e \simeq -4\,\mathrm{mm}$. (c) $x_e \simeq 4\,\mathrm{cm}$. (d) $x_e \simeq -4\,\mathrm{cm}$.

4 - On considère maintenant $E = 0$ et $B \neq 0$, l'électron pénètre donc dans une zone où règne un champ magnétostatique uniforme. Donner l'expression de la force de Lorentz $\vec{F}_L$ qui s'exerce sur l'électron au moment où il pénètre dans la région du champ[1].

(a) $\vec{F}_L = v_0\vec{B}$. (b) $\vec{F}_L = -e\vec{v}_0 \times \vec{B}$. (c) $\vec{F}_L = e\vec{v}_0 \times \vec{B}$. (d) $\vec{F}_L = ev_0\vec{B}$.

5 - Parmi les affirmations proposées, quelles sont celles qui sont exactes ?

(a) La trajectoire de l'électron est rectiligne de vecteur vitesse constant.

(b) La trajectoire de l'électron est parabolique.

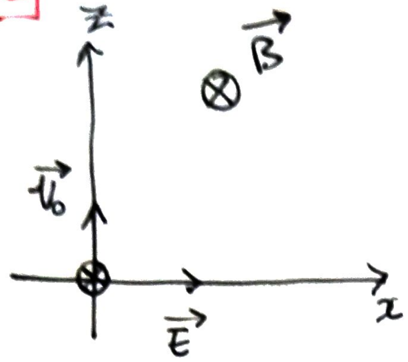
(c) La trajectoire de l'électron est circulaire de rayon $R_c = \dfrac{m_e v_0}{eB}$.

(d) La trajectoire de l'électron est circulaire de rayon $R_c = \dfrac{ev_0}{m_e B}$.

6 - On a maintenant $E \neq 0$ et $B \neq 0$. Pour quel rapport E/B le mouvement de l'électron est-il rectiligne et uniforme ?

(a) $E/B = v_0$. (b) $E = B$. (c) $B/E = v_0$. (d) On ne peut pas le déterminer.

1



$$\vec{F_L} = e(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B})$$
$$= e\vec{E}$$
$$m\vec{a} = \vec{F_L} = e\vec{E} \Leftrightarrow \vec{a} = \frac{e\vec{E}}{m}$$

2

$$\begin{cases} m\ddot{x} = eE \\ m\ddot{y} = 0 \Rightarrow \dot{y} = \cancel{const} \Rightarrow y = \cancel{const} \\ m\ddot{z} = 0 \Rightarrow \dot{z} = const = v_0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} z = v_0 t + \cancel{const} \\ x = \frac{eEt^2}{2m} + \cancel{const} \end{cases}$$

$$\Rightarrow x = \frac{eE}{2m}\left(\frac{z}{v_0}\right)^2$$

4

5 $$RC = \frac{m v_0}{|e| B}$$

6 MRC : $\vec{v} = \vec{v_0} = \overrightarrow{const} \Rightarrow m\vec{a} = \vec{0} = e(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B})$
$= e(\vec{E} + \vec{v_0} \wedge \vec{B}) = \vec{0}$