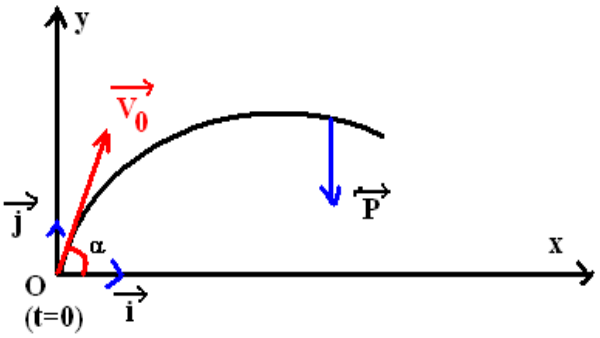
Exercice_1_ chute parabolique

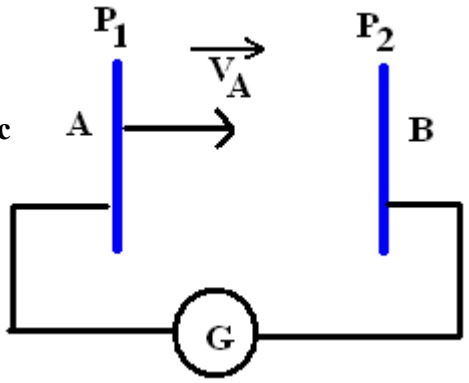
Soit un corps (S) ponctuel de masse m = 100 g, est lancé à un instant (t = 0) avec une vitesse initiale $V_0 = 2\,m/s$ du point O, origine d'un repère orthonormé $R(O,\vec{i},\vec{j})$.



1) trouver la nature du mouvement de (S) par rapport à l'axe (Ox) et par rapport à l'axe (Oy).
2) trouver les équations horaires du mouvement x (t) et y (t), et déduire la nature de la trajectoire de (S) dans le repère $R(O,\vec{i},\vec{j})$.
3) Trouver les coordonnées du pont F le plus élevé de la trajectoire avec deux méthodes différente.
4) trouver l'expression de la portée de la trajectoire, pour quel angle α cette portée est maximale, calculer sa valeur.
5) Montrer que l'on peut obtenir l même portée pour deux angles différents ; si on lance la projectile avec la même intensité de la vitesse V_0, mais selon deux directions différentes, donner la relation entre ces deux angles : α et β.

Exercice_2_ un champ électrique $\vec{E}$ uniforme paralléle au vecteur initial de la vitesse.

On applique entre deux plaques (P_1) et (P_2) une tension continue $U_0 = 10^4\,V$. On fait introduire au point A un électron avec une vitesse $v_A \simeq 0$ et on espère l'accélérer pour qu'il puisse arriver au point B avec une vitesse v_B.

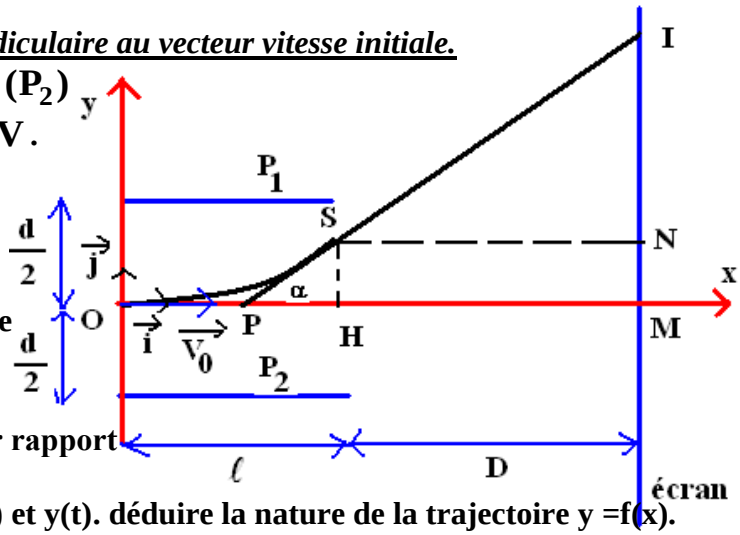


1) Laquelle des deux plaques doit-on relier au pole positif du générateur pour qu'on puisse réaliser cette opération ? Justifier votre réponse.
2) En utilisant le théorème de l'énergie mécanique, trouver l'expression de la vitesse v_B. Calculer sa valeur.

Donnés : $e = 1.6\ .10^{-19}\,C\,;\,m_e = 9.1\ .10^{-31}\,kg$

Exercice_3_ un champ électrique $\vec{E}$ uniforme perpendiculaire au vecteur vitesse initiale.

On applique entre deux plaques horizontales (P_1) et (P_2) séparés d'un distance d = 2 cm une tension $U_0 = 24\,V$.
un électron pénètre entre les plaques en un point O avec une vitesse $\vec{V_0}$ horizontale.
On étudie le mouvement de l'électron dans un repère orthonormé $R(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$, on prend le point o comme origine du repère du temps et comme origine du repère d'espace.

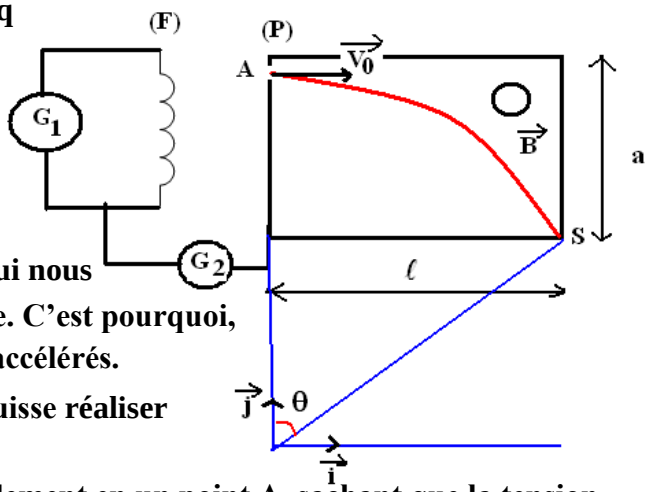


1) Trouver la nature du mouvement de l'électron par rapport à l'axe (Ox) et par rapport à l'axe (Oy).
2) Trouver les expressions des équations horaires x(t) et y(t). déduire la nature de la trajectoire y =f(x).
3) Trouver les coordonnés du point S où l'électron quitte les deux plaques où règne le champ électrique uniforme. Quelle est la condition que doit satisfaire la tension U_0 pour que puisse sortir de la région où règne le champ électrique ?
4) Qelle est la nature du mouvement de l'électron dans la région qui sépare les plaques et l'écran (en dehors des plaques) ? Justifier la réponse.
6) trouver les coordonnés du point d'impact de l'électron et l'écran. Déduire l'expression de la relation entre U_0 et MI, proposer une application de ce montage.

Exercice_4_Déviation magnétique

4.1) Force de Lorentz.

Un corps (C) ponctuel de masse m et de charge électrique q se déplace dans un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme est soumis à une force magnétique, qui s'appelle : la force de Lorentz ; $\vec{f} = q.\vec{V} \wedge \vec{B}$, sa direction et son sens sont donnés par la règle de la main droite.



4.2) Application

Un générateur G_1 est utilisé pour chauffer un fil (F), ce qui nous permet de lui arracher des électrons avec une vitesse faible. C'est pourquoi, on a utilisé un autre générateur G_2 pour qu'on puise les accélérés.

1) déterminer la polarité du générateur G_2 pour qu'on puisse réaliser cette accélération ?

2) Calculer la vitesse V_0 d'un électron arrivant horizontalement en un point A, sachant que la tension aux bornes de G_2 est $U_0 = 100\,V$.

3) Au point A l'électron pénètre dans une région où règne un champ magnétique uniforme d'intensité B = 1.5 T

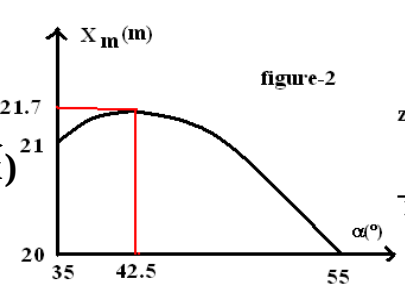
3.1) préciser le sens du champ magnétique $\vec{B}$ pour que l'électron puisse paser par le point (S), où il quitte la zone où règne le champ magnétique.

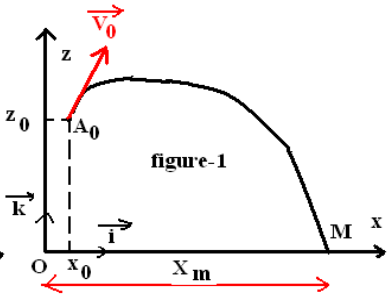
3.2) déterminer la nature du mouvement de l'électron entre A et S.

3.3) Trouver l'expression de l'angle α de la déviation (déflexion) magnétique en fonction de $m, |q| = e, B$ et ℓ.

Exercice_5_solution

Un lanceur de poids lance une boule d'un point A_0 avec une vitesse initiale $\vec{V}_0$ à l'instant t = 0 (figure-1). les coordonnés du point A_0 dans un repère $R(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$ terrestre sont : $x_0 = 0.60m; y_0 = 0$ et $z_0 = 2.0m$.





La vitesse $\vec{V}_0$ est située dans le plan $(O,\vec{i},\vec{k})$, son intensité est $V_0 = 13.7\,m/s$.

1) trouver les équations horaires x(t) et z(t) du mouvement de la boule.

2) Trouver l'expression littérale de l'instant t_M où la boule tombe en M.

3) déduire l'expression de X_M, l'abscisse du point M en fonction de α.

4) La figure-2 donne les variations de X_M en fonction de α dans un domaine [35° ; 55°]

4.1) Déterminer graphiquement la valeur de l'angle α qui permet au sportif d'obtenir le meilleur résultat.

4.2) Quelle est la valeur de X_M correspondant ? On prend g = 10 N/kg.

Solution

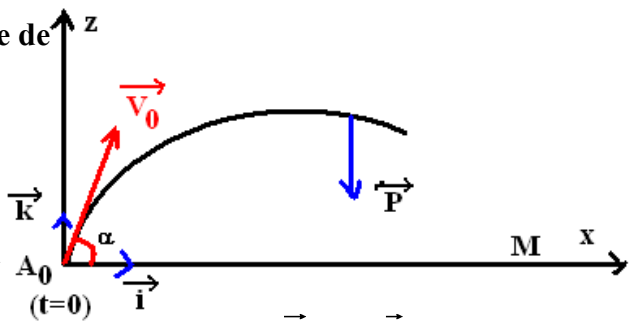
1) pour trouver x(t) et z(t) il faut d'abord déterminer la nature de la projection du mouvement sur l'axe (Ox) et sur (l'axe (Oz).

Repère terrestre $R(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$.

Système étudié : {la boule}.

Inventaire des forces extérieures :

$\vec{P}$: le poids de la boule, on néglige la force de frottement et la force de la poussée d'Archimède.



La relation fondamentale de la dynamique (deuxième principe de la dynamique) : $\vec{P} = m.\vec{a}$.

Projetons sur les trois axes, pour trouver les trois équations différentielles

$$\begin{cases} P_x = m.a_x \\ P_y = m.a_y \\ P_z = m.a_z \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 0 = m.a_x \\ 0 = 0 \\ -m.g = m.a_z \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{dV_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = 0 \\ \frac{dV_z}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2} = -g \end{cases}$$

d'où $\frac{dV_x}{dt} = 0 \Rightarrow V_x = C^{te}$, $V_x = V_0.\cos\alpha \neq 0$, donc le mouvement est rectiligne uniforme par rapport à l'axe (Ox).

D'où $x(t) = V_x.t + x_0$, à t=0, on a $x_0 = 0.60m \Rightarrow x(t) = V_0.\cos\alpha.t + x_0$

Et $\frac{dV_z}{dt} = -g \Rightarrow V_z = -g.t + V_{0z}$, à t=0 ; $V_{0z} = V_0.\sin\alpha \Rightarrow V_z = -g.t + V_0.\sin\alpha$

On a aussi $V_z = \frac{dz}{dt} = -g.t + V_0.\sin\alpha \Rightarrow z(t) = \frac{-g}{2}.t^2 + V_0.\sin\alpha.t + z_0$

à t = 0, $z_0 = 2.0m \Rightarrow z(t) = \frac{-g}{2}.t^2 + V_0.\sin\alpha.t + z_0$

Donc les équations horaires du mouvement sont :

$$x(t) = V_0.\cos\alpha.t + x_0 \text{ et } z(t) = \frac{-g}{2}.t^2 + V_0.\sin\alpha.t + z_0$$

2) Lorsque la boule tombe en M, on a $z(t_M) = 0$, résolvant l'équation du second degré :

$\frac{-g}{2}.t_M^2 + V_0.\sin\alpha.t_M + z_0 = 0$; $\Delta = (V_0.\sin\alpha)^2 + 2gz_0$, la valeur de t_M acceptable doit être positif.

$$t_M = \frac{V_0.\sin\alpha + \sqrt{(V_0.\sin\alpha)^2 + 2gz_0}}{g}$$

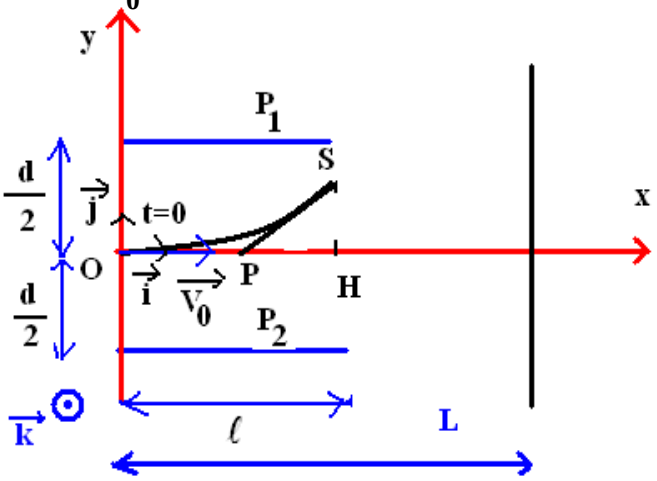
3) Remplaçons l'expression de t_M dans l'équation de $x(t_M)$; $X_m = x(t_M) = V_0.\cos\alpha.t_M + x_0$

$$X_m = V_0.\cos\alpha.t_M + x_0 = 13.7.\cos\alpha + 0.6 \text{ et } t_M = \frac{13.7\sin\alpha + \sqrt{187.7.\sin^2\alpha + 40}}{10}$$

$$X_m = 1.37.\cos\alpha.[13.7\sin\alpha + \sqrt{187.7.\sin^2\alpha + 40}] + 0.6$$

4.1) la valeur de α qui permet d'obtenir le meilleur résultat est $\alpha_0 = 42.5°$

4.2) graphiquement $(X_m)_{max} \simeq 21.7m$.



Exercice_6_solution

On considère deux plaques (P_1) et (P_2) parallèles entre eux et séparés d'une distance d = 4.0 cm et ont chacune une longueur $\ell = 10cm$.

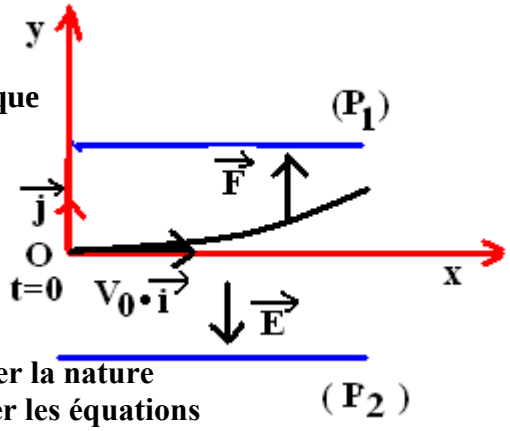
Un faisceau homocinétique (même vitesse) d'électrons rentrent entre les plaques par le point O, avec la vitesse $V_0 = 2.5\ .10^3 km/s$, et $\vec{V_0} = V_0.\vec{i}$.

Données : la masse de l'électron $m = 9.1\ .10^{-31} kg$

et sa charge $e = 1.6\ .10^{-19} C$.

1) Quelle est le signe de la tension U qu'il faut appliquer entre (P_1) et (P_2) pour que le faisceau soit dévier vers le haut.

2) En appliquant entre (P_1) et (P_2) une tension U = 400 V, trouver l'équation de la trajectoire d'un électron dans le repère orthonormé $R(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$.



Solution

1) La force électrique $\vec{F} = q.\vec{E}$ doit être orienté vers le haut, puisque la charge $q = -e < 0$ de l'électron est négative, alors le champ électrique $\vec{E}$ est dirigé de (P_1) vers (P_2).

On sait que le sens du champ électrique est vers les potentiels décroissants ; alors $V_2 < V_1$; soit la tension $U = V_2 - V_1 < 0$, négatif.

2) Pour trouver l'équation de la trajectoire, on doit d'abord trouver la nature du mouvement de l'électron par rapport à chaque axz, puis trouver les équations horaires x(t) et y(t).

Repère terrestre $R(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$.

Système étudié {électron}.

Inventaire des forces $\vec{F} = q.\vec{E} = -e.\vec{E} = e.E.\vec{j}$; car $\vec{E} = -E.\vec{j}$

$\vec{P} = m.\vec{g}$, le poids de l'électron, négligeable devant la force électrique.

La relation fondamentale de la dynamique (R.F.D).

$\vec{F} = m.\vec{a}$; Projection sur les trois axes :

$$\left\{\begin{array}{l} F_x = m.a_x \\ F_y = m.a_y \\ F_z = m.a_z \end{array}\right. \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} 0 = m.a_x \\ e.E = m.a_y \\ 0 = m.a_z \end{array}\right. \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} \dfrac{dV_x}{dt} = 0; V_x = C^{te} \neq 0 \\ \dfrac{dV_z}{dt} = 0; V_z = 0 \\ \dfrac{dV_y}{dt} = \dfrac{e.E}{m} \end{array}\right. \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} V_x = V_0 \\ V_y = \dfrac{e.E}{m}.t + V_{0y} \end{array}\right.$$

à l'instant t = 0 ; $V_{0y} = 0$. D'où $V_x = V_0$ et $V_y = \dfrac{e.E}{m}.t$

On sait que $V_x = \dfrac{dx}{dt} = V_0 \Rightarrow x = V_0.t + x_0$; à t =0 ; $x_0 = 0 \Rightarrow x = V_0.t$

$V_y = \dfrac{dy}{dt} = \dfrac{e.E}{m}.t \Rightarrow y = \dfrac{e.E}{2m}.t^2 + y_0$; à t = 0 ; $y_0 = 0 \Rightarrow y = \dfrac{e.E}{2m}.t^2$; on sait que

$U = E.d \Rightarrow E = \dfrac{U}{d}$; donc les équations horaires du mouvement : $x = V_0.t$ et $y = \dfrac{e.U}{2m.d}.t^2$

Pour trouver l'équation de la trajectoire, exprimons $t = \dfrac{x}{V_0}$ remplaçons dans l'autre équation :

$y = \dfrac{e.U}{2m.d.V_0^2}.x^2$; donc la trajectoire est parabolique.

Application numérique.

$$y = \frac{1.6\ .10^{-19} \times 400}{2 \times 9.1\ .10^{-31} \times (2.5\ .10^{6})^2 \times 0.04}.x^2 = 140.66\,x^2\ (m)$$

Exercice_7

Un électron rentre à l'instant t = 0, dans une région où règne un champ magnétique uniforme d'intensité B = 0.1 T avec une vitesse d'intensité $V_0 = 10^7\ m/s$.

1) préciser dans chaque cas les caractéristiques de la force de Lorentz à l'instant t = 0.

1.1) $\vec{V}_0$ est parallèle au vecteur $\vec{B}$.

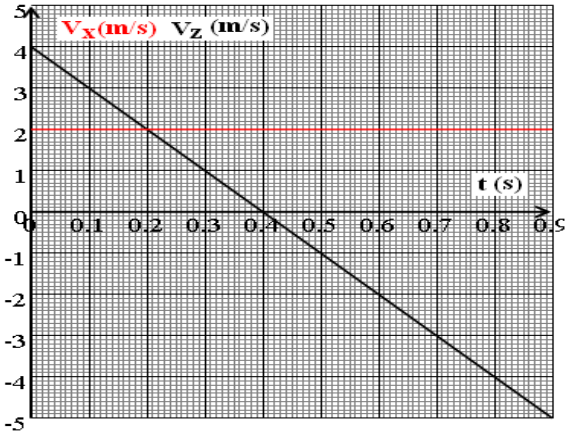
1.2) $\vec{V}_0$ est perpendiculaire au vecteur $\vec{B}$.

1.3) $\vec{V}_0$ fait un angle $\alpha = 30°$ avec le vecteur $\vec{B}$.

2) Dans le deuxième cas, comparer l'intensité de la force magnétique avec l'intensité du poids. Conclure.

Exercice_8

On donne ci-après les courbes de variation des composantes V_x et V_z du vecteur vitesse du centre d'inertie G d'une projectile dans un référentiel terrestre, obtenues expérimentalement.



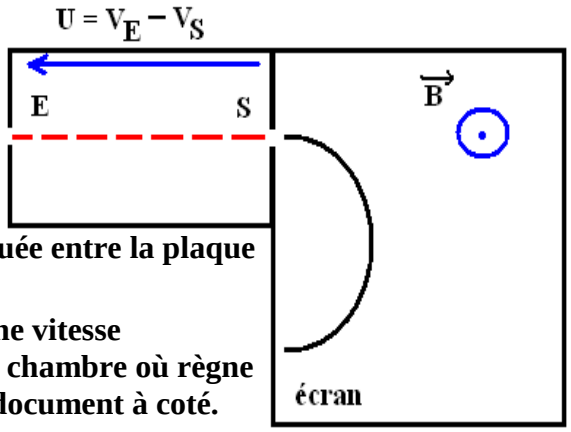
) Est-ce que la composante V_x varie en fonction du temps ? Quelle est sa valeur ?

2) Déduire la composante horizontale a_x du vecteur accélération $\vec{a}_G$ du centre d'inertie.

3) Exprimer la composante verticale V_z en fonction du temps.

Exercice_9

On veut séparer les ions $^{3}_{2}He^{2+}$ de masse $m_1 = 5.01\ .10^{-27} kg$, des ions $^{4}_{2}He^{2+}$ de masse $m_2 = 6.65\ .10^{-27} kg$.



Tous ces ions rentrent en un point E avec une vitesse presque nulle, on les accélèrent avec une tension $U = V_E - V_S$ appliquée entre la plaque d'entrée et la plaque de sortie.

Les électrons quittent la plaque de sortie en un point S avec une vitesse de vecteur perpendiculaire à la plaque, pour rentrer dans une chambre où règne un champ magnétique uniforme, perpendiculaire au plan du document à coté. Ainsi ils subissent une déviation pour frapper l'écran.

1) Exprimer en fonction de (e et U), la vitesse v_1 des ions de la masse m_1, et la vitesse v_2 des ions de la masse m_2.

2) La trajectoire de chaque ions dans le champ magnétique est un demi-cercle.

2.1) Donner l'expression de r_1, le rayon de la trajectoire des ions de masse m_1 en fonction de : e, U, B et m_1.

2.2) Donner l'expression de r_2, le rayon de la trajectoire des ions de masse m_2 en fonction de : e, U, B et m_2.

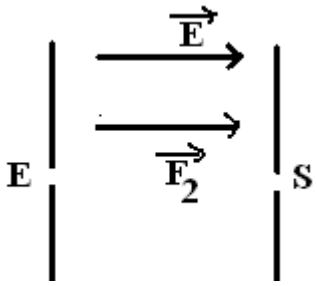
2.3) Calculer r_1 et r_2. *Données* : B = 0.5 T, U = 10 kV.

3) Soit A_1 le point d'impact des ions $^{3}_{2}He^{2+}$ avec l'écran et A_2 le point d'impact des ions $^{4}_{2}He^{2+}$ avec l'écran. Calculer la distance A_1A_2.

Solution

Tous les ions des isotopes ont la même charge électrique q = +2 e.

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique à un isotope quelconque entre E et S.



$\Delta Ec = W(\vec{P}) + W(\vec{Fe})$; $W(\vec{P})$ **est négligeable devant** $W(\vec{Fe})$ **, car le poids** $\vec{P}$ **est négligeable devant la force électrique** $\vec{Fe}$

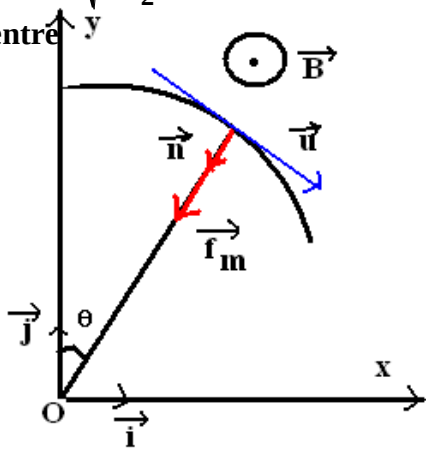
$\Delta Ec \simeq W(\vec{Fe}) = q.U$ **, donc quelque soit l'isotope l'énergie cinétique augmente de la même quantité q.U**

-- **Pour un ion** $^3_2He^{2+}$ **de masse** m_1 ; $\Delta Ec = \frac{1}{2}m_1.v_1^2 = q.U = 2eU$

donc $v_1 = 2\sqrt{\frac{e.U}{m_1}}$

-- **Pour l'ion** $^4_2He^{2+}$ **de masse** m_2 ; $\frac{1}{2}m_2.v_2^2 = q.U = 2eU$; **donc** $v_2 = 2\sqrt{\frac{e.U}{m_2}}$

2.1) à partir du point S, l'ion d'hélium quitte le champ électrique et rentre dans une zone où règne un champ magnétique.



Repère terrestre $(O,\vec{i},\vec{j})$

Système { un ion d'hélium}

Inventaire des forces extérieures :

$\vec{f}_m = q.\vec{v} \wedge \vec{B}$ **la force magnétique de Lorentz**

$\vec{P} = m.\vec{g}$ **le poids de l'ion, négligeable devant la force de Lorentz.**

Deuxième principe de Newton $\vec{f}_m = m.\vec{a}$

$q.v.B.\vec{n} = m.a_n.\vec{n} + m.a_T.\vec{u}$

-- **projection sur la tangente,** $a_T = \frac{dv}{vt} = 0 \Rightarrow v = C^{te}$ **, la vitesse est constante**

-- **projection sur la normale ;** $q.v.B = m.a_n = m.\frac{v^2}{R}$; **donc** $R = \frac{m.v}{q.B} = C^{te}$, rayon constant

Donc le mouvement est circulaire uniforme

Pour les ions $^3_2He^{2+}$ **de masse** m_1 **et de vitesse** v_1 ; $R_1 = \frac{m_1.v_1}{2eB} = \frac{m_1}{2eB}2\sqrt{\frac{eU}{m_1}} = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{m_1U}{e}}$

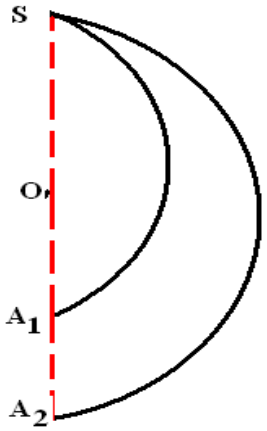
2.2) pour les ions $^4_2He^{2+}$ **de masse** m_2 **et de vitesse** v_2 ; $R_2 = \frac{m_2.v_2}{2eB} = \frac{m_2}{2eB}2\sqrt{\frac{eU}{m_2}} = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{m_2U}{e}}$

2.3) Application numérique

$$R_1 = \frac{1}{0.5}\sqrt{\frac{5.102\ .10^{-27}\times 10^4}{1.6\ .10^{-19}}} = 3.54\ .10^{-2}\ m = 3.54\ cm$$

$$R_2 = \frac{1}{0.5}\sqrt{\frac{6.65\ .10^{-27}\times 10^4}{1.6\ .10^{-19}}} = 4.08\ .10^{-2}\ m = 4.08\ cm$$

3) faisons un schéma



d'après le schéma

$A_1A_2 = 2R_2 - 2R_1 = 2(R_2 - R_1)$

$A_1A_2 = 2(4.08 - 3.54) = 1.08\,cm$

Exercice_10_sélecteur de la vitesse.

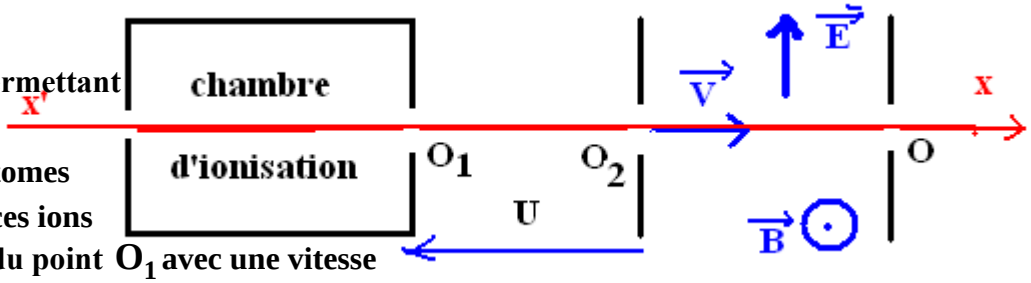
a) Principe

Un sélecteur de vitesse est un appareil qui exploite simultanément le champ électrique $\vec{E}$ et le champ magnétique $\vec{B}$ pour séparer les ions selon leurs vitesses. Dans cet appareil le champ $\vec{E}$ est perpendiculaire au champ $\vec{B}$, de telle façon que la somme vectorielle de la force électrique $\vec{F}_e$ et la force magnétique $\vec{F}_m$ est égale au vecteur nul pour l'ion de vitesse désigné $(\vec{F}_e + \vec{F}_m = \vec{0})$, c'est pourquoi cet ions suit un mouvement rectiligne uniforme selon le principe d'inertie pour sortir d'un trou O percé dans l'appareil.

les autres ions pour lesquels $(\vec{F}_e + \vec{F}_m \neq \vec{0})$ vont avoir des trajectoires quelconque pour rester à l'intérieur de l'appareil.

b) Application

On dispose d'un appareil permettant de produire des ions du néon $^{22}_{10}Ne^+$ à partir des atomes du néon. Après la sortie de ces ions de la chambre d'ionisation du point O_1 avec une vitesse pratiquement nulle, ils sont accélérés par une tension U, ce qui leurs permet de s'introduire dans une chambre où règne un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme et perpendiculaire à un autre champs électrique uniforme $\vec{E}$, avec une vitesse $\vec{v}$ perpendiculaire à $\vec{E}$ et $\vec{B}$ au même temps.



On admet que le poids des ions Ne^+ est négligeable devant la force électrostatique $\vec{F}_e$ et la force magnétique $\vec{F}_m$.

1) Donner l'expression de la force $\vec{F}_e$ et $\vec{F}_m$ appliquées à chaque ion après leurs introduction dans la zone où règne $\vec{E}$ et $\vec{B}$. Représenter $\vec{F}_e$ et $\vec{F}_m$ sur un schéma.

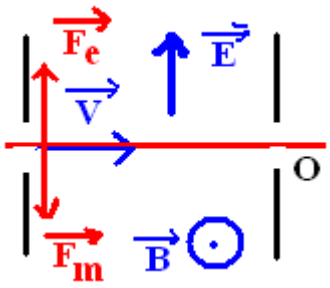
2) Calculer la vitesse des ions Ne^+ lorsqu'ils arrivent au trou O_2.

3) Trouver la valeur de l'intensité du champ électrique $\vec{E}$, pour que les ions $^{22}_{10}Ne^+$ puissent sortir seuls par le trou O appartenant à l'axe x'x.

4) Quel est l'intérêt de cet appareil ?

Solution

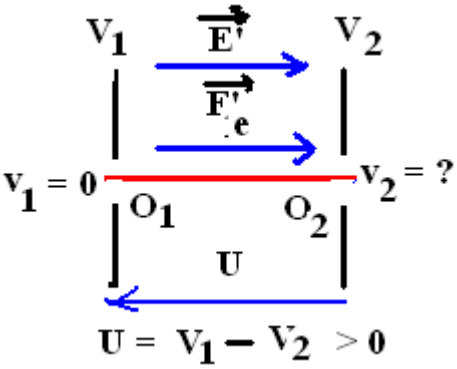
1)-- l'expression de la force électrostatique $\vec{F}_e = q.\vec{E}$, avec $q = +e > 0$, donc $\vec{F}_e$ et $\vec{E}$ ont même direction et même sens.



-- L'expression de la force magnétique de Lorentz $\vec{F}_m = q(\vec{v} \wedge \vec{B})$, la direction et le sens de $\vec{F}_m$ sont obtenus en appliquant la règle des trois doigts de la main droite.

-- On remarque que n $\vec{F}_e$ et $\vec{F}_m$ ont la même intensité et même sens, donc leurs somme peut être égal au vecteur nul s'ils ont même intensité.

2) ***Remarque :*** le champ $\vec{E}'$ applique entre O_1 et O_2 est différent et indépendant de celui appliqué entre O_2 et O.



Système étudié : {ion Ne^+}.

Inventaire des forces : p = m g le poids de l'ion de néon.

$\vec{F_e}' = q.\vec{E}'$: la force électrostatique, on néglige le poids devant $\vec{F_e}'$.

Repère terrestre : $R(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$.

Appliquons le théorème de l'énergie mécanique entre O_1 et O_2.

$\Delta Em = W' ; W' = 0$; car les frottements sont négligeables.

$Em_2 - Em_1 = 0$; avec $Em = Ec + Ep_e$

$Ec(2) + Ep_e(2) - Ec(1) - Ep_e(1)$; avec $Ec(1) = 0$ et $Ep_e = q.V + C$; $q = +e$

$$\frac{1}{2}m.v^2 + eV_2 - eV_1 = 0 \Rightarrow \frac{1}{2}m.v^2 = e(V_1 - V_2) = eU \text{ (voir figure)}$$

$$v^2 = \frac{2eU}{m} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} \text{ ; masse d'un ion } m = \frac{M}{N_A}$$

Donc la mase de chaque ion de néon : $v = \sqrt{\frac{2e.U.N_A}{M}}$

Application numérique :

-- pour l'isotope $^{20}_{10}Ne^+$; $v_1 = \sqrt{\frac{2\times1.6\ .10^{-19}\times2\ .10^4\times6.02\ .10^{23}}{20\ .10^{-3}}} = 4.39\ .10^5 m/s$

-- pour l'isotope $^{22}_{10}Ne^+$; $v_2 = \sqrt{\frac{2\times1.6\ .10^{-19}\times2\ .10^4\times6.02\ .10^{23}}{22\ .10^{-3}}} = 4.18\ .10^5 m/s$

3) d'après la question-1, les ions qui peuvent arriver en O sont ceux qui vont satisfaire la condition

$\vec{F}_e + \vec{F}_m = \vec{0} \Rightarrow$ donc $Fe = Fm \Rightarrow q.E = q.v_1.B$ donc $E = v_1 B$

Application numérique

$E = 4.39\ .10^5 \times 0.12 = 5.26\ .10^4 V/m$

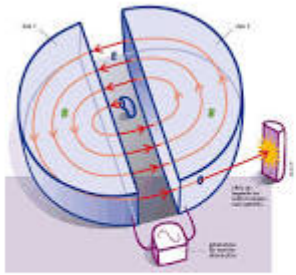
4) En choisissant une valeur du champ E convenable, on peut séparer l'un des isotopes et le laisser sortir de la chambre de séparation. Donnons à E une autre valeur convenable, on peut laisser sortir un autre isotope, etc.

C'est pourquoi cet appareil s'appelle : *sélecteur de vitesse.*

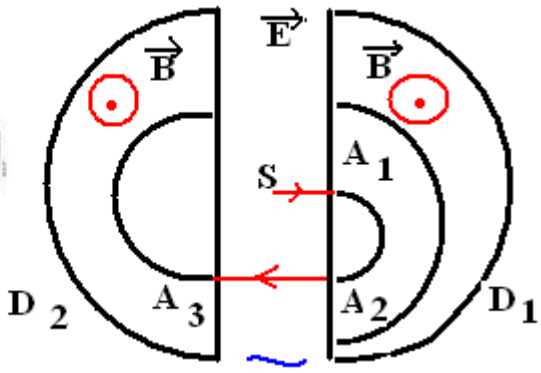
Exercice_11_cyclotron

a) principe

Le cyclotron est un accélérateur de particule chargées, il est formé de deux demi-cylindres (D_1) et (D_2) vides de l'air, ils sont séparés par une petite distance où règne un champ électrique variable.



Ces deux demi-cylindres s'appelle des dés, car leurs formes ressemblent à la litre (D).

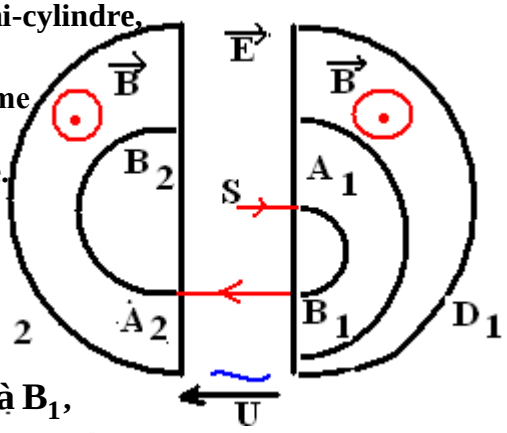


Dans chaque dé règne le même champ magnétique uniforme, entre les deux dés on applique une tension électrique (U) de forme rectangulaire et de période (T) (voir figure).

Au début, un corps ponctuel chargé surgit en un point (S) avec une vitesse presque nulle, puis accélérer sous l'action du champ électrostatique vers un point A_1 , sous l'action du champ magnétique le corps est retourné vers la zone où règne électrique, des que le corps atteint le point A_2 le champ électrique change de sens pour que le corps soit toujours accélérer. Lorsque le corps atteint le point A_3 il est de nouveau dévié par le champ magnétique pour retourner dans la zone qui sépare les deux dés pour subir une autre accélération, et ainsi de suite, la vitesse du corps augmente chaque fois qu'il traverse la zone où règne le champ électrique, de même son rayon augmente jusqu'à sortir du cyclotron avec une vitesse très grande

b) application

Un cyclotron est formé de deux dés (D_1) et (D_2) sous forme de demi-cylindre, vide de l'air, qui sont séparés par une petite distance.
à l'intérieur de chaque dé est appliqué un champ magnétique uniforme d'intensité B= 0.14 T.



1) On applique entre les deux dés une tension U, constante et positive. Un faisceau de protons surgit du point S, il est accéléré vers le dé (D_1) , sa vitesse $v_1 = 4.38\ .10^5 m/s$

1.1) En appliquant le deuxième principe de la dynamique, trouver la valeur de R_1 , le rayon de la trajectoire du proton dans (D_1)

1.2) Trouver l'expression de T, la durée nécessaire pour aller de A_1 à B_1, montrer que cette durée ne dépend pas de la vitesse du proton et du rayon de sa trajectoire. Calculer sa valeur.

2) Le proton arrive en B_1 à l'instant où la tension U change de signe, ce qui fait accélérer de nouveau le proton vers (D_2)

2.1) En appliquant le théorème de l'énergie cinétique entre B_1 et A_2 , trouver l'expression et la valeur de la vitesse v_2 du proton en A_2 , comparer v_1 et v_2 conclure, sachant que U = -2 kV.

2.2) Soit R_2 le rayon de la trajectoire du proton dans (D_2), montrer que R_2 est supérieur à R_1

2.3) Lorsque le proton arrive en B_2 , la tension U change de nouveau son signe.

Décrire le mouvement ultérieur du proton, après son arrivé en B_2 ; déduire le rôle du cyclotron.

Données : la masse du proton $m = 1.67\ .10^{-27} kg$, la charge élémentaire $e = 1.6\ .10^{-19} C$

Réponse $1.1) R_1 3.3\ .10^{-2} m ; 1.2) T = 2.34\ .10^{-3} s ; 2.1) v_2 = 7.58\ .10^5 m/s$

Solution

1) Repère terrestre $(O, \vec{i}, \vec{j})$

Système étudié { un proton}.

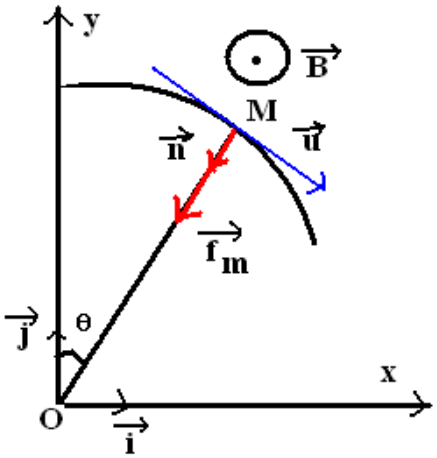
Inventaire des forces extérieures

$\vec{f}_m$ la force magnétique

$\vec{P}$ le poids du proton, négligeable devant $\vec{f}_m$

Le deuxième principe de Newton, $\vec{f}_m = m.\vec{a}$

$\vec{f}_m = e.\vec{v} \wedge \vec{B} = e.v.B.\vec{n} = m.a_n.\vec{n} + m.a_T.\vec{u}$



Projection sur la tangente $(\vec{u})$; $a_T = \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = C^{te}$

Donc à l'intérieur de chaque dé la valeur de la vitesse reste constante.

Projection sur la normale $(\vec{n})$; $e.v.B = m.a_n = m.\frac{v^2}{r}$; donc le rayon est : $r = \frac{m.v}{e.B} = C^{te}$, donc le mouvement est circulaire à l'intérieur de chaque dé.

D'où $r_1 = \frac{m_p.v_1}{e.B} = \frac{1.67\ .10^{-27} \times 4.38\ .10^5}{1.6\ .10^{-19} \times 0.14} = 3.26 cm$

1.2) Puisque le mouvement est circulaire uniforme et puisque chaque ion effectue la moitié d'un cercle

$v = \frac{\pi.r}{T} = \frac{e.B.r}{m} \Rightarrow T = \frac{\pi.m}{e.B}$, donc cette expression ne dépend ni du rayon ni de la vitesse

$T = \frac{3.14 \times 1.67\ .10^{-27}}{1.6\ .10^{-19} \times 0.14} = 2.34\ .10^{-7} s$

2.1) Trouvons l'expression de la vitesse du proton en A_2

$$\Delta Ec = W(\vec{Fe}) \Rightarrow \frac{1}{2}m.v_2^2 - \frac{1}{2}m.v_1^2 = e|U| \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{2e|U|}{m} + v_1^2}$$; donc $v_2 > v_1$

Donc chaque fois que le proton passe dans la zone où règne le champ électrique le carré de sa vitesse augmente de $\frac{2e|U|}{m} = \frac{2\times 1.6\ .10^{-19}\times 2\ .10^{3}}{1.67\ .10^{-27}} = 3.83\ .10^{11}$

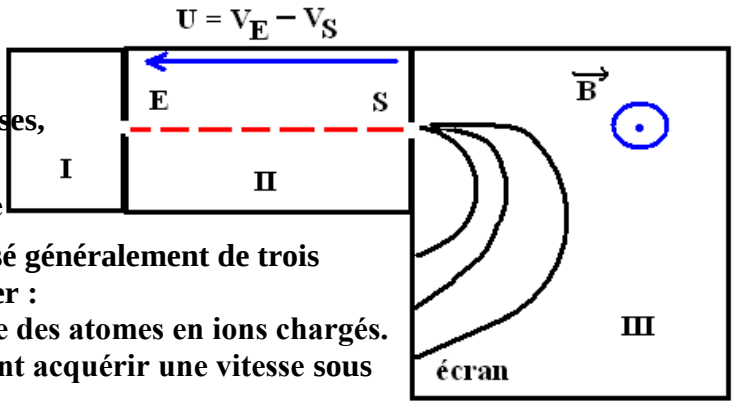
$$v_2 = \sqrt{3.83\ .10^{11} + (4.38\ .10^{5})^2} = 7.58\ .10^{5} m/s$$

2.2) D'après la question-1 ; $R_2 = \frac{m.v_2}{e.B}$ **; et puisque** $v_2 > v_1$ **alors** $R_2 > R_1$

2.3) D'après l'étude précédente chaque fois que le proton passe entre les deux dés sa vitesse augmente, ce qui conduit à une augmentation de son rayon ; jusqu'à ce qu'il atteind le bord d'un dé et sort avec une vitesse très grande.

Exercice_12_spectrographe de masse

a) principe



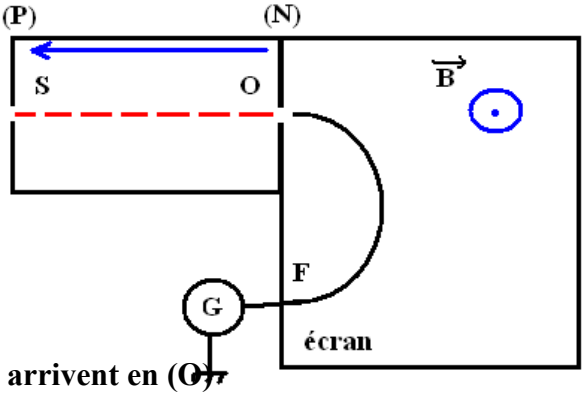
Le spectrographe de masse est un appareil qui sépare les ions (isotopes) chargés selon leur masses, en utilisant le champ électrique $\vec{E}$ dans la chambre d'accélération et le champ magnétique $\vec{B}$ dans la chambre de séparation. Il est composé généralement de trois chambres , comme le spectrographe de Dempster :

-- La chambre (I) d'ionisation, où on transforme des atomes en ions chargés.

-- La chambre (II) d'accélération, où les ions vont acquérir une vitesse sous l'action d'un champ électrique.

-- La chambre (III) de séparation, où les ions vont être séparer sous l'action d'un champ magnétique selon leur masses (les ions part dans des trajectoires différentes).

b) application



On applique entre deux plaques verticales (P) et (N) séparées par une distance d = 10 cm une tension

$$U = V_P - V_N = 6\ .10^{4} V$$

Une source (S) d'ions d'argent Ag^+ envoie entre (P) et (N) ces derniers avec une vitesse presque nulle (voir figure).

1) 1.1) Quelle est la nature du mouvement des ions Ag^+ entre les plaques (P) et (N) ?

1.2) Donner l'expression de la vitesse des ions Ag^+ lorsqu'ils arrivent en (O).

1.3) Sachant que l'argent est un mélange de deux isotopes ^{107}Ag et ^{109}Ag . Calculer la vitesse de chaque ion au point (O).

Données : **masse d'un proton $m_P = 1.67\ .10^{-27} kg$, la masse du neutron $m_n \simeq m_P$**

2) Après la traversée des ions Ag^+ du trou (O) se trouvant sur la plaque (N) ils sont soumis à un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme le long de leurs trajectoires.

2.1) Montrer que le mouvement de chaque ions est circulaire uniforme.

2.2) Trouver le rayon R de chaque ion en fonction de e, U B et la masse m de l'ion. Calculer R pour chaque isotope.

Donnée : **B = 1 T, la charge élémentaire $e = 1.6\ .10^{-19} C$**

3) Après la sortie des ions du champ magnétique, ils sont recueillie par un filament (F) lié à la terre par

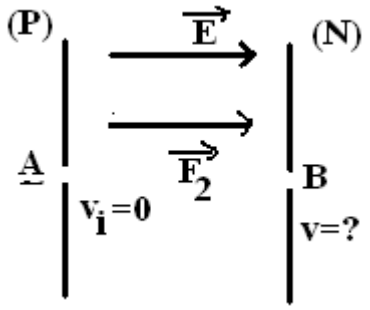
un galvanomètre (G).

3.1) à quel distance X_1 du trou (O), il faut placer le filament (F) pour capter les ions $^{107}Ag^+$?

3.2) à quel distance X_2 du trou (O), il faut placer le filament (F) pour capter les ions $^{109}Ag^+$?

3.3) Pour chacune de ces distances le galvanomètre indique successivement les valeurs $61.62\,\mu A$ et $58.38\,\mu A$. Donner la composition isotopique de l'argent.

Solution



1.1) Appliquons théorème de l'énergie cinétique entre (P) et (N)

$\Delta Ec = W(\vec{F}_e)\,;\ W(\vec{P}) \approx 0\,,\ \vec{P}$ est négligeable devant $\vec{F}_e$

$\frac{1}{2}m.v^2 - 0 = \vec{F}_e.\overrightarrow{AB} = eEd = eU > 0$; donc la vitesse a augmentée,

le mouvement des ions Ag^+ est accéléré.

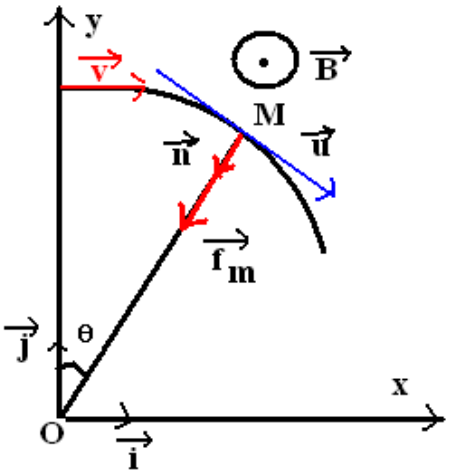
1.2) L'expression de la vitesse en (N) est $v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$

1.3) la vitesse de l'isotope $^{107}Ag^+$; $m_1 = 107 \times m_P = 107 \times 1.67\,.10^{-27} = 1.787\,.10^{-25}kg$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \times 1.6\,.10^{-19} \times 6\,.10^4}{1.787\,.10^{-25}}} = 3.28\,.10^5 m/s$$

La vitesse de l'isotope $^{109}Ag^+$; $m_2 = 109 \times m_P = 109 \times 1.67\,.10^{-27} = 1.82\,.10^{-25}kg$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \times 1.6\,.10^{-19} \times 6\,.10^4}{1.82\,.10^{-25}}} = 3.25\,.10^5 m/s$$



2.1) La nature du mouvement dans le champ magnétique

-- Repère terrestre $(O,\vec{i},\vec{j})$

-- Système {ion d'argent}.

-- Inventaire des forces extérieures

$\vec{f}_m$:force magnétique

$\vec{P} >> \vec{f}_m$: poids négligeable

Deuxième principe de Newton ; $\vec{f}_m = m.\vec{a}$

projection dans le repère de Freinet $(M,\vec{u},\vec{n})$

$$\left\{\begin{array}{l} a_T = \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = C^{te} \\ evB = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow R = \frac{m.v}{e.B} = C^{te} \end{array}\right.$$; donc mouvement circulaire uniforme.

2.2) Pour l'ion $^{107}Ag^+$; $R_1 = \frac{m_1.v_1}{e.B} = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2m_1U}{e}} = 36.5\,cm$

Pour l'ion $^{109}Ag^+$; $R_2 = \frac{m_2.v_2}{e.B} = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2m_2U}{e}} = 36.8\,cm$

3.1) $X_1 = 2R_1 = 73.0\,cm$

3.2) $X_2 = 2R_2 = 73.6\,cm$

3.3) Les intensités électriques

$$I_1 = \frac{N_1 e}{\Delta t} \text{ et } I_2 = \frac{N_2 e}{\Delta t}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_1}{N_2} \text{ et } N_1 + N_2 = 100$$

$$N_1 = \frac{I_1}{I_2}.N_2 = \frac{61.62}{58.38}.N_2 = 1.055.N_2$$

$$N_2(1+1.055) = 100$$

$N_2 \simeq 48.65\%$ pour l'ion $^{109}Ag^+$

$N_1 \simeq 51.32\%$ pour l'ion $^{107}Ag^+$