

Colle 1 :**3- Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme**

Pour obtenir la réaction de fusion thermonucléaire contrôlée deutérium-tritium, le plasma doit être confiné. Étant constitué de particules chargées, il subit l'action d'un champ magnétique. On commence par étudier le mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme.

Le référentiel d'étude, supposé galiléen, est muni d'un repère $(O, \vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$. Le champ magnétique \vec{B} est uniforme, stationnaire et dirigé selon Oz : $\vec{B} = B\vec{u}_z$ où $B > 0$. La particule étudiée, de masse m , porte une charge $q > 0$. On pourra introduire, dans la suite du problème, la fréquence cyclotron $\omega_0 = \frac{qB}{m}$ (qui est en réalité une pulsation). On néglige le poids de la particule.

3.1 La particule étudiée se trouve initialement en O avec une vitesse initiale colinéaire à \vec{B} : $\vec{v}_0 = v_0\vec{u}_z$ avec $v_0 > 0$. Déterminer le mouvement de la particule (trajectoire, position, vitesse).

3.2 La particule étudiée a maintenant la vitesse initiale :

$$\vec{v}_0 = v_0\vec{u}_y, \text{ avec } v_0 > 0.$$

Les composantes de la vitesse \vec{v} de la particule selon Ox , Oy et Oz sont notées respectivement v_x , v_y et v_z . En appliquant la relation fondamentale de la dynamique, déterminer les expressions de $\frac{dv_x}{dt}$, $\frac{dv_y}{dt}$ et $\frac{dv_z}{dt}$ en fonction de v_x , v_y et ω_0 .

3.3 En déduire que v_x et v_y vérifient les équations différentielles :

$$\begin{cases} \frac{d^2v_x}{dt^2} + \omega_0^2v_x = 0 \\ \frac{d^2v_y}{dt^2} + \omega_0^2v_y = 0 \end{cases}$$

3.4 Résoudre complètement ces équations et trouver les expressions de v_x et v_y en fonction du temps.

3.5 Intégrer les expressions précédentes et déterminer les coordonnées x , y et z de la particule en fonction du temps. On donne la position initiale de la particule :

$$\begin{cases} x_0 = -\frac{v_0}{\omega_0} \\ y_0 = 0 \\ z_0 = 0 \end{cases}$$

3.6 Montrer que la trajectoire de la particule est un cercle contenu dans le plan Oxy dont on précisera le centre et le rayon.

3.7 Faire un schéma de la trajectoire dans le plan Oxy montrant clairement le sens du mouvement de la particule.

Chimie :

Pour la réaction ci-dessous, écrire l'équation bilan avec les coefficients stoechiométriques appropriés :

- la combustion complète du méthane gazeux dans le dioxygène produit du dioxyde de carbone et de l'eau.
- le fer solide brûle dans du dichlore gazeux. Il se forme un solide : le chlorure de fer III (FeCl_3)

Colle 2 :

1) mouvement d'une particule chargée dans un champ E uniforme.

L'exercice a pour but de comparer le mouvement d'une particule chargée traversant un champ électrique et le mouvement d'un projectile lancé horizontalement dans le champ de pesanteur terrestre.

Données : masse de l'électron $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg
charge de l'électron $q = -e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C
champ de pesanteur $g = 9,81$ m · s⁻²

Partie A – Déviation d'un faisceau d'électrons dans un champ électrique uniforme

Le champ électrique \vec{E} est créé par un condensateur plan constitué de deux plaques parallèles et horizontales (P_1 et P_2) reliées à un générateur de tension constante U et séparées d'une distance d , comme l'indique la figure 1.

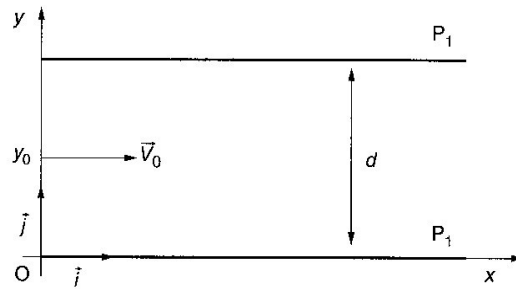


Figure 1

Données :

$U = 205$ V ; $d = 0,040$ m.

Tous les électrons pénètrent dans le champ \vec{E} , supposé uniforme, à l'ordonnée y_0 et sont animés de la même vitesse \vec{v}_0 parallèle aux plaques.

1. Montrer, par un calcul, qu'il est légitime de négliger la force de pesanteur par rapport à la force électrique pour l'électron. 0,5 pt

2. Un électron pénètre dans le champ à l'instant initial ($t = 0$). Établir en citant le théorème utilisé, l'expression vectorielle de son accélération \vec{a}_1 en fonction de e , m et \vec{E} . 0,5 pt

3. On veut que le faisceau soit dévié vers le bas.

a. Reproduire la figure 1 et représenter (sans souci d'échelle) :
– la force qui s'exerce sur la particule à son entrée dans le champ ; 0,25 pt
– le champ électrique. 0,25 pt

b. Quelle est la plaque de plus haut potentiel ? Justifier la réponse. 0,25 pt

4. Équation cartésienne de la trajectoire

a. Donner les composantes du vecteur accélération dans le repère ($O ; \vec{i}, \vec{j}$) indiqué sur la figure 1 et établir les équations horaires du mouvement de la particule dans ce repère. 1 pt

b. Montrer que l'équation cartésienne de la trajectoire est de la forme $y = A_1 x^2 + B_1$ où A_1 et B_1 sont des constantes. 0,5 pt

c. Vérifier que la constante A_1 est liée à la valeur de l'accélération \vec{a}_1 par la relation $A_1 = -\frac{a_1}{2 \cdot v_0^2}$. 0,25 pt

d. Application numérique. Calculer A_1 pour $v_0 = 1,5 \cdot 10^7$ m · s⁻¹. 0,25 pt

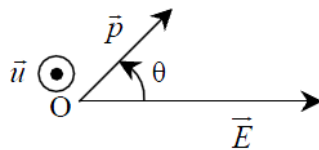
2) chimie.

La combustion du propane (C_3H_8) dans le dioxygène donne du gaz carbonique et de l'eau.

- écrire l'équation chimique correspondante.
- on prépare un mélange constitué de 0,20 mol de propane et de 0,70 mol de dioxygène. Soit x l'avancement de cette transformation, c'est-à-dire la quantité de propane disparu. Exprimer en fonction de x les quantités de matière des différents constituants du système.
- calculer les valeurs dans l'état intermédiaire où $x = 0,1$ mol.
- calculer l'avancement maximal et en déduire le réactif limitant.

Colle 3 :**1) dipôles électrostatiques.****5- L'Eau, solvant polaire**

- 5.1 Soit un dipôle électrostatique de moment dipolaire \vec{p} . On le suppose constitué d'un ensemble rigide de deux charges $-q$ et $+q$, placées respectivement aux points A_- et A_+ . On note $\vec{a} = \overline{A_-A_+}$. Rappeler l'expression du moment dipolaire \vec{p} en fonction de q et de \vec{a} .
- 5.2 Ce dipôle est placé au point O dans un champ électrostatique uniforme \vec{E} . Ce champ est créé par des sources (autres que le dipôle) dont on ne se préoccupera pas. On rappelle que les actions mécaniques subies par un dipôle placé dans un champ électrique uniforme se réduisent à un couple de moment résultant $\vec{\Gamma} = \vec{p} \wedge \vec{E}$. Déterminer les positions d'équilibre du dipôle.
- 5.3 L'énergie potentielle du dipôle dans le champ \vec{E} a pour expression $E_p = -\vec{p} \cdot \vec{E}$. On note θ l'angle entre \vec{E} et \vec{p} , orienté selon le schéma suivant (figure 3) :

**Figure 3**

Exprimer E_p en fonction de p , E et θ et tracer le graphe de E_p en fonction de θ .

- 5.4 Retrouver, à partir de l'énergie potentielle, les positions d'équilibre et déterminer leur stabilité.

2) chimie.

L'éthanol, liquide incolore de formule C_2H_6O brûle dans le dioxygène pur. Il se forme du dioxyde de carbone et de l'eau.

On fait réagir $m = 2,5$ g d'éthanol et un volume $V = 2$ L de dioxygène.

- écrire l'équation chimique de cette réaction.
- décrire l'état initial du système (nombre de moles de chaque composé).
- calculer l'avancement maximal et donner le nom du réactif limitant.
- déterminer la composition, en quantité de matière, du système dans l'état final.

(volume molaire dans les conditions de l'expérience : $25 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$)

Colle 4:

1) chimie.

On considère la réaction : $A(aq) + B(aq) = 2.C(aq) + D(aq)$

Donner l'expression du quotient de réaction Q.

Que devient cette expression si B est l'eau ? Même question si B est un solide ?

On suppose que B est de l'eau et que D est un précipité. On appelle γ l'avancement de la réaction.

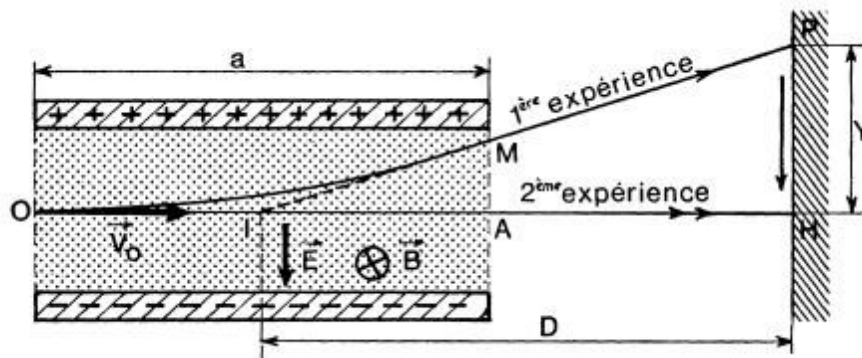
On suppose qu'à l'état initial : $[A] = 1.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

Déterminer l'expression de Q en fonction de γ . Calculer γ si la constante d'équilibre vaut $K = 100$.

2) force de Lorentz : mesure de la charge massique de l'électron, expérience de J.J.Thomson (1897).

• On réalise la déviation d'un faisceau d'électrons à l'aide d'un champ électrique \vec{E} , uniforme et indépendant du temps, et on mesure la déviation Y du spot sur l'écran (voir la figure).

• On établit alors, dans la région où règne le champ \vec{E} , un champ magnétique \vec{B} , uniforme et indépendant du temps, perpendiculaire à \vec{E}



. On règle la valeur de B de manière à ce que le spot soit ramené en H.

Etablir l'expression de la charge massique e/m de l'électron en fonction des grandeurs intervenant dans l'expérience.

Les mesures les plus récentes réalisées à partir de perfectionnements de cette méthode ou par des méthodes différentes fournissent la valeur : $e/m = 1,7588.10^{11} \text{ C.kg}^{-1}$.

Colle 5:

1) spectrographe de masse.

On donne :

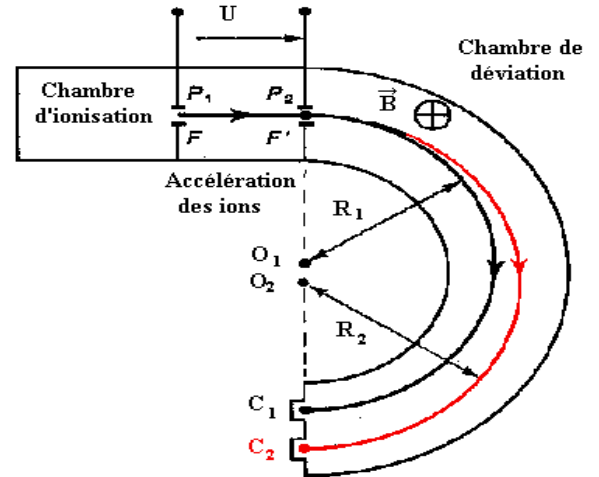
charge élémentaire : $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$;

intensité du champ magnétique : $B = 0,1 \text{ T}$

masse d'un nucléon (proton ou neutron)

$m_n = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Le poids des ions est négligeable par rapport aux forces électrostatique au magnétique qui s'exercent sur eux.



On veut séparer les deux isotopes du brome ${}_{79}\text{Br}$ et ${}_{81}\text{Br}$ dont les masses m_1 et m_2 sont proportionnelles aux nombres de masse $A_1 = 79$ et $A_2 = 81$. Les atomes de brome sont d'abord ionisés dans une chambre d'ionisation en ions Br^- (un électron en trop / nombre de protons) d'où ils sortent par la fente F avec une vitesse sensiblement nulle. Puis ces ions sont accélérés par un champ électrostatique uniforme entre les plaques P_1 et P_2 .

La tension entre ces plaques vaut : $U_{P_2P_1} = V_{P_2} - V_{P_1} = U_0 = 4 \cdot 10^3 \text{ V}$. Enfin, les ions pénètrent, à travers la fente F' et avec un vecteur vitesse \vec{v}_0 , perpendiculaire aux plaques, dans une région (chambre de déviation) où règne un champ magnétique uniforme 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 .

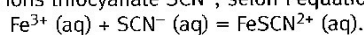
a) Montrer que, quel que soit l'isotope, les ions pénètrent en F' dans la chambre de déviation avec la même énergie cinétique E_c . Calculer la valeur de E_c en joules puis en keV. Les ions ont-ils la même vitesse en F' ?

b) Donner le sens du vecteur \mathbf{B} qui permet aux ions d'être déviés vers le bas.

c) Rappeler, sans démonstration, l'expression littérale du rayon R du cercle en fonction de la masse de l'ion, de sa charge, de la tension accélératrice U_0 et du champ magnétique B . Conclure. Calculer R_1 et R_2 .

2) chimie.

En solution aqueuse, les ions Fe^{3+} forment un ion complexe en présence d'ions thiocyanate SCN^- , selon l'équation :



1. Écrire l'expression du quotient de réaction.

2. On mélange un volume $V_1 = 10,0 \text{ mL}$ d'une solution de nitrate de fer (III), de concentration en ion fer (III) $[\text{Fe}^{3+}]_1 = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, et un volume $V_2 = 20,0 \text{ mL}$ d'une solution de thiocyanate d'ammonium, de concentration en ion thiocyanate $[\text{SCN}^-]_2 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Calculer les concentrations initiales des ions fer (III) et thiocyanate dans le mélange.

3. Construire le tableau descriptif de l'évolution du système chimique. Calculer l'avancement volumique maximal.

4. Sachant que la constante d'équilibre associée à la réaction est $K = 126,5$ à $25 \text{ }^\circ\text{C}$, calculer la valeur de l'avancement volumique à l'équilibre.

5. En déduire les concentrations suivantes : $[\text{Fe}^{3+}]_{\text{éq}}$, $[\text{SCN}^-]_{\text{éq}}$ et $[\text{FeSCN}^{2+}]_{\text{éq}}$.

6. Calculer le taux d'avancement final de la réaction. Conclure.