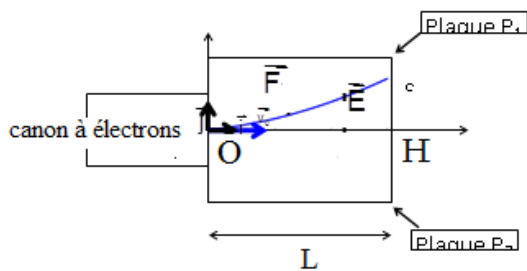


LI-PCSM

TRAVAUX DIRIGES ATOMISTIQUE - SERIE N°1

Exercice 1. Expérience de J.J. Thomson

Un faisceau d'électrons pénètrent entre deux plaques parallèles et horizontales P1 et P2, dans une zone où règne un champ électrique \vec{E} supposé uniforme et perpendiculaire aux deux plaques. À l'instant $t = 0$ s, l'électron arrive en un point O avec une vitesse horizontale \vec{v}_0 . La trajectoire de l'électron dans un repère (O,x,y) est donnée sur la figure ci-dessous



L'électron de masse m_e et de charge $q = -e$, dont le mouvement étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen, est soumis à la seule force électrostatique \vec{F}_e . 1) Représenter sans souci d'échelle et en justifiant les tracés, le vecteur force \vec{F}_e en un point de la trajectoire de l'électron le

vecteur champ électrique \vec{E} en un point quelconque situé entre les plaques P1 et P2.

2) Déterminer les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du mouvement de l'électron.

3) Déduire du 2) l'équation de la trajectoire et le rapport e/m

Exercice 2 Expérience Millikan

Lors de l'expérience menée au laboratoire, une gouttelette de masse m et de charge q négative arrive entre les plaques A et B. La poussée d'Archimède est négligée. La gouttelette étudiée est soumise à son poids \vec{P} et à la force de frottement de Stokes \vec{R} exercée par l'air.

Données : Masse volumique de l'huile : $\rho = 890 \text{ kg.m}^{-3}$; $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$ Viscosité de l'air $\eta = 1,8 \times 10^{-5} \text{ kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$

2.1. Chute verticale de la gouttelette

2.1.1. Lors de la chute de la gouttelette en l'absence de champ électrique, écrire la relation vectorielle entre la force de frottement et le poids lorsque la vitesse constante v_1 est atteinte. En déduire l'expression de v_1 en fonction de η , r , m et g .

2.1.2. Montrer que la relation précédente peut également s'écrire $v_1 = \frac{2\rho g r^2}{9\eta}$

Calculer le rayon r de la gouttelette sachant qu'elle parcourt, lors de sa chute, une distance de 2,11 mm pendant une durée $\Delta t = 10,0$ s.

2.1.3. Afin de faciliter la mesure au microscope, la gouttelette ne doit pas être trop rapide.

En déduire s'il est préférable de sélectionner une grosse gouttelette ou au contraire une petite gouttelette.

2.2. Remontée de la gouttelette

Un champ électrique uniforme étant établi entre les plaques A et B, la gouttelette subit une force supplémentaire \vec{F}_e verticale et remonte alors avec une vitesse constante v_2 atteinte presque instantanément.

Montrer que la charge q de la gouttelette est donnée par la relation $q = - \frac{6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot (v_1 + v_2)}{E}$

2.2.1 Plusieurs mesures ont été réalisées pour différentes gouttelettes et rassemblées dans le tableau suivant : Tableau : Mesures de v_1 et v_2 pour différentes gouttelettes

Gouttelette	Rayon r (μm)	$v_1 \times 10^{-4}$ m/s	$v_2 \times 10^{-4}$ m/s	q (C)
1	1,2	1,55	1,59	$- 6,4 \times 10^{-19}$
2	1,3	1,82	1,81	$- 8,0 \times 10^{-19}$
3	1,5	2,42	1,35	$- 9,6 \times 10^{-19}$
4	1,6	2,76	3,13	$- 1,6 \times 10^{-18}$
5		1,82	2,53	$- 1,6 \times 10^{-18}$

Les gouttelettes n°2 et n°5 du Tableau ont la même vitesse de descente v_1 mais des vitesses de remontée v_2 différentes. Déterminer sans calcul le rayon de la gouttelette n°5. Justifier. Pourquoi leurs vitesses de remontée sont-elles différentes ?

2.2.2. Montrer, à partir des résultats expérimentaux du *Tableau*, que la charge de ces gouttelettes est « quantifiée », (prendre $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$).

2.3. En quoi le protocole de l'expérience effectuée par Millikan diffère-t-il de celui réalisé au laboratoire par J.J. Thomson ?

Exercice 4 *Expérience de Ernest Rutherford*

Décrire de manière succincte l'expérience de E. Rutherford qui a conduit à la découverte du noyau et rappeler les conclusions importantes qui en découlent.

1°)- Un faisceau de protons dont l'énergie cinétique est de 2 MeV est envoyé sur une feuille. À quelle distance minimale les protons peuvent-ils s'approcher des noyaux d'aluminium ?

2°)- Calculer cette distance lorsque le faisceau est constitué de deutérons (noyaux de deutérium) de même énergie cinétique.

3°)- Le rayon R du noyau d'un élément de nombre de masse A est donné par l'expression $R = r_0 A^{1/3}$.

Déterminer la densité du noyau d'aluminium. Conclure

Données : $r_0 = 1,2 \cdot 10^{-15} \text{ Fermi}$, $Z(\text{Al}) = 13$, $N = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, $A(\text{Al}) = 27$.

Exercice 5 Spectrographe de Dempster On suppose que les ions se déplacent dans le vide et que leur poids est négligeable devant les autres forces.

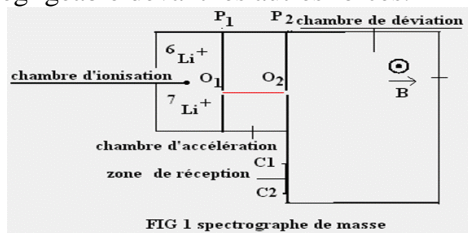


FIG 1 spectrographe de masse

À l'aide du spectrographe de masse schématisé par la figure 1, on se propose de séparer les ions ${}^6\text{Li}^+$ et ${}^7\text{Li}^+$ de même

1) Exprimer littéralement les vitesses v_1 et v_2 des deux ions en O_2 en fonction de U , q et de leurs masses respectives m_1 et m_2 .

2) Dans le champ magnétique \mathbf{B} , on admet que les ions sont animés d'un mouvement circulaire uniforme. Exprimer littéralement les rayons R_1

charge q et de masses respectives m_1 et m_2 . En O_1 , la vitesse des ions est pratiquement nulle ; ils sont accélérés par la tension $U = V_{P1} - V_{P2}$ appliquée entre les plaques P_1 et P_2 . Ils pénètrent ensuite en O_2 , dans un champ magnétique uniforme \mathbf{B} perpendiculaire au plan de la figure.

et R_2 de leurs trajectoires en fonction de U , q , B et de leurs masses respectives m_1 et m_2 .

3) Les deux ions sont collectés en C_1 et C_2 . Calculer la distance $C_1 C_2$

Données: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $U = 10^4 \text{ V}$; $B = 0,2 \text{ T}$; $m_1 = 6 \text{ u}$; $m_2 = 7 \text{ u}$; $1 \text{ u} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

Exercice 6 Spectrographes De Masse De Dempster Et Bainbridge

Une source ponctuelle S d'ions positifs émet un pinceau très étroit composé de deux types de particules de masses m_1 et m_2 , de charges respectives q_1 et q_2 , avec une vitesse initiale négligeable ; ils sont accélérés par une d.d.p U , vers la fente A d'un plan P , puis déviés par un champ magnétique \mathbf{B} uniforme perpendiculaire à leur trajectoire.

Dempster : 1°) Exprimer la distance d de leurs points d'impact sur le plan P . Quelle doit être la largeur maximale d'un collecteur C , convenablement placé sur le plan P qui permettrait de séparer les deux isotopes du mercure ($Z=80$) de masses atomiques $A_1 = 200$ et $A_2=202$.

On donne : $B=0,20 \text{ T}$, $U= 12\text{kV}$, charge élémentaire $e=1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$, unité de masse atomique $1,6 \cdot 10^{-27}\text{kg}$.

Bainbridge 2°) Des ions positifs de masses et de charges différentes, émis par la source S sans vitesse,

3). Vérifier que la trajectoire de l'électron a pour équation : $y = \frac{eE}{2m_e} \cdot \frac{x^2}{v_0^2}$

4). À la sortie de la zone entre les plaques P_1 et P_2 , l'électron a subi une déviation verticale SH On mesure $SH = y_s = 2,0 \times 10^{-2} \text{ m}$. Déterminer, dans cette expérience, la valeur du rapport e/m_e de l'électron. Conclure. *Données* : $L = 9,0 \times 10^{-2} \text{ m}$, $v_0 = 2,4 \times 10^7 \text{ m.s}^{-1}$ $E = 1,6 \times 10^4 \text{ V.m}^{-1}$.

accélérés par la ddp U , traversent la fente A du plan P , puis passent entre P et P' dans un filtre de vitesse constitué par deux champs \mathbf{E}_1 et \mathbf{B}_1 uniformes et orthogonaux, puis pénètrent en A' dans une capsule où règne une induction \mathbf{B} uniforme qui leur impose une trajectoire circulaire de rayon R ; enfin, ils impressionnent une plaque photographique.

a) Expliquer le rôle du filtre de vitesse.

b) Exprimer la charge massique q/m des particules qui impressionnent la plaque en fonction de E_1 , B_1 , B et R .