

Exercice 1 (6 points)

On considère une solution d'hydrogénocarbonate de sodium NaHCO_3 (encore appelée bicarbonate de sodium) de concentration molaire $C = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.

1. En solution, ce sel se dissocie totalement en ions Na^+ et HCO_3^- et l'ion HCO_3^- s'ionise dans l'eau. Ecrire les deux équations chimiques de l'ionisation de l'ion HCO_3^- puis citer les deux couples acide-base mis en jeu et montrer que l'ion HCO_3^- est un ampholyte.
2. On note K_{A1} et K_{A2} les constantes d'acidité des deux couples acide-base précédemment décrits. On donne $\text{p}K_{A1} = 6,4$ et $\text{p}K_{A2} = 9,9$. En justifiant, attribuer un $\text{p}K_A$ à chaque couple.
3. HCO_3^- étant un ampholyte, identifier les produits A et B dans l'équilibre suivant : $\text{HCO}_3^- + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{A} + \text{B}$. Dans la

solution aqueuse à l'équilibre, montrer que le rapport $\frac{[\text{A}][\text{B}]}{[\text{HCO}_3^-]^2}$ est une constante que l'on notera K et que l'on

exprimera en fonction de K_{A1} et K_{A2} . Donner sa valeur numérique.

4. En admettant que lors de la dissolution de NaHCO_3 dans l'eau la réaction acide - base prépondérante est celle décrite à

la question 3, calculer à l'équilibre les rapports $\frac{[\text{A}]}{[\text{HCO}_3^-]}$ et $\frac{[\text{B}]}{[\text{HCO}_3^-]}$. En déduire que la molarité des ions H_3O^+ est

donnée par la relation $[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_{A1}K_{A2}}$. Calculer numériquement le pH et montrer que la solution est basique.

Exercice 2 (8 points)

Des ions positifs (isotopes $^{68}\text{Zn}^{2+}$ et $^x\text{Zn}^{2+}$ du zinc), de masses respectives $m = 68u$ et $m' = xu$ avec $u = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$,

émis à partir du point O_1 avec une vitesse initiale négligeable, sont accélérés entre O_1 et O_2 par la tension

$|U_{P1P2}| = |U_0| = 5,00 \text{ kV}$ existant entre les plaques P_1 et P_2 . Ils se déplacent selon la direction O_1X . On négligera le poids des ions devant les autres forces et on prendra $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

1 Accélération des ions

- 1.1. Quel est le signe de la tension U_0 ? justifier.
- 1.2. Calculer la vitesse des ions $^{68}\text{Zn}^{2+}$ au point O_2 .
- 1.3. Si v et v' désignent respectivement les vitesses en O_2 des deux types d'ions, donner la relation entre v , v' , m et m' .
- 1.4. Le rapport $\frac{v'}{v} = 1,03$; en déduire la valeur entière x du nombre de masse de l'ion $^x\text{Zn}^{2+}$.

2 Filtrage de vitesse

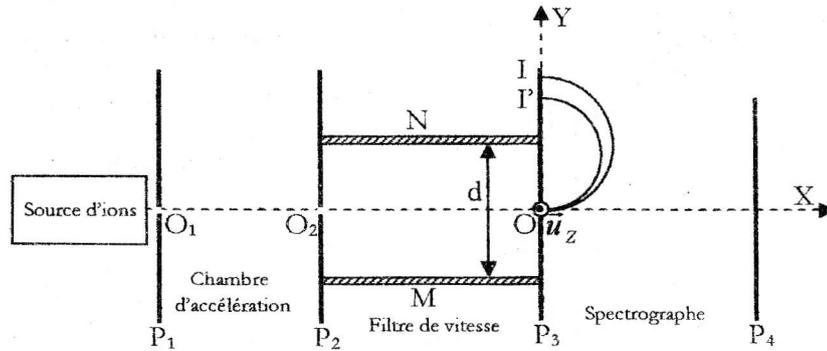
Arrivés en O_2 , les ions pénètrent dans le filtre de vitesse constitué par :

- Deux plaques horizontales M et N distantes de $d = 20,0 \text{ cm}$ entre lesquelles on établit une différence de potentielle $U = V_M - V_N = 1,68 \text{ kV}$;
 - Un dispositif du type bobines de Helmholtz (non représenté sur la figure) qui crée dans l'espace interplaques un champ magnétique uniforme \vec{B} de direction O_2Z perpendiculaire à \vec{v} ou \vec{v}' et au champ électrique \vec{E} existant entre M et N ;
 - Une plaque verticale P_3 percée au point O aligné avec O_1 et O_2 .
- 2.1. Quel doit être le sens du champ magnétique \vec{B} pour que les ions $^{68}\text{Zn}^{2+}$ arrivant en O avec la vitesse \vec{v} traversent le dispositif en ligne droite ?
 - 2.2. Exprimer B en fonction de v (la vitesse en O_2 des ions $^{68}\text{Zn}^{2+}$), U et d. Calculer B en mT.
 - 2.3. Répondre par vrai ou faux à la proposition suivante : « les ions $^x\text{Zn}^{2+}$ qui arrivent en O_2 avec la vitesse \vec{v}' sont déviés vers la plaque N » Justifier.
 - 2.4. Quelle doit être la valeur B' du champ magnétique pour que les ions $^x\text{Zn}^{2+}$ traversent le dispositif sans subir de déviation ?

3 Spectrographe de masse

En faisant varier la valeur du champ magnétique dans le filtre de vitesse, on peut faire sortir par le point O l'un ou l'autre des isotopes. Les ions pénètrent alors dans un champ magnétique $\vec{B}_0 = B_0 \vec{u}_z$ avec $|B_0| = 500 \text{ mT}$.

- 3.1. Quel doit être le signe de B_0 pour que les ions soient déviés les Y positifs ?
- 3.2. Donner l'expression du rayon R_i de la trajectoire d'un ion de masse m_i , de charge q_i , et de vitesse v_i .
- 3.3. Exprimer la différence $R - R'$ des rayons des trajectoires que décrivent les deux types d'ions en fonction de R et de x .
- 3.4. La distance entre les points d'impact I et P sur la plaque P_3 est $II' = a = 7,20 \text{ mm}$. Exprimer en fonction de a et de R le nombre de masse x de l'ion ${}^x\text{Zn}^{2+}$ et calculer sa valeur numérique.



Exercice 3 (6 points)

La lumière a toujours eu un côté mystérieux qui a interpellé les physiciens depuis des siècles. Tour à tour onde ou corpuscule, elle semble échapper à toute représentation une et entière. Les physiciens du XX^e siècle ont parlé de complémentarité et de « dualité » pour rendre compte de ces deux représentations qui s'excluent l'une l'autre.

1. On désire retrouver la longueur d'onde d'une source laser He-Ne du laboratoire d'un lycée avec le dispositif interférentiel des fentes de Young. Dans ce dispositif la source laser S éclaire deux fentes secondaires S_1 et S_2 distantes de a . La source S est située sur la médiatrice de S_1S_2 . L'écran d'observation E est parallèle au plan S_1S_2 et situé à une distance D de ce plan.

1.1. Faire le schéma légendé de l'expérience permettant de visualiser des franges d'interférences. Indiquer clairement sur ce schéma la zone où se produisent les franges.

1.2. Etablir l'expression de la différence de marche δ entre les rayons issus des fentes sources S_1 et S_2 en un point M d'abscisse x comptée à partir du milieu de la frange centrale.

1.2.1. Quelle condition doit vérifier δ pour que le point M apparaisse
a) brillant ? b) sombre (obscur) ?

1.2.2. Définir l'interfrange i et établir son expression en fonction de a , D et λ

1.3. On mesure la distance correspondant à 6 interfranges et on trouve $d = 28,5 \text{ mm}$.

1.3.1. Pourquoi a-t-on préféré mesurer 6 interfranges au lieu d'un interfrange ?

1.3.2. Calculer, en nanomètres, la longueur d'onde λ du laser He-Ne de ce laboratoire (avec 3 chiffres significatifs). On prendra : $a = 0,20 \text{ mm}$; $D = 1,50 \text{ m}$.

2. On éclaire une cellule photoélectrique par des radiations lumineuses de longueur d'onde $\lambda = 633 \text{ nm}$. Le travail d'extraction du métal constituant la cathode de la cellule est $W_s = 1,8 \text{ eV}$

2.1. Déterminer la longueur d'onde seuil λ_s de la cathode. Comparer avec la longueur d'onde λ des radiations éclairant la cellule. Conclure.

2.2. Déterminer, en électronvolts (eV), l'énergie cinétique maximale de sortie d'un électron extrait de la cathode de la cellule et calculer sa vitesse.

Données : Masse d'un électron : $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; Constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$