Devoir n°3 de Sciences Physiques – 4 heures

Exercice n°1 : (2 points)

Le mélange M est obtenu à partir de :

- V_1=100mL d'une solution S_1 d'hydroxyde de sodium (NaOH) de concentration molaire C_1=1,5.10^{-2} mol.L^{-1};
- V_2= 50mL d'une solution S_2 d'acide perchlorique ($HClO_4$) de pH =2 ;
- V_3 = 150mL d'une solution S_3 d'hydroxyde de calcium ($Ca(OH)_2$) caractérisée par la relation $[OH^-] = 25.10^{10}[H_3O^+]$;
- V_4 = 224 mL de chlorure d'hydrogène (HCl) gazeux ;
- Une masse m_4 = 4,64 g de sulfate de sodium cristallisé (Na_2SO_4, $5H_2O$) ;
- Ve =200mL d'eau distillée.

Données : Toutes les solutions du mélange sont étudiées à 25°C ;

- Masses molaires atomiques en g/mol : M(Na) =23 ; M(Cl) =35,5 ; M(S) =32 ; M(O) =16 ; M(H) =1; M(Ca) = 40.
- Volume molaire gazeux : Vm= 22,4 L/mol ; Produit ionique de l'eau : Ke = 10^{-14} à 25°C.

1. Détermination de la nature acido-basique du mélange M. En déduire le pH du mélange.
2. Calculer les concentrations molaires des espèces chimiques présentes dans le mélange M.
3. Déterminer le volume V'_1 de S_1 ou V'_2 de S_2 qu'il faut ajouter à tout le volume du mélange M pour que son pH devienne égal à 7 à 25°C

Exercice n°2 : (04 points)

Deux flacons I et II au laboratoire de chimie ont perdu malheureusement leur étiquette. Mais le laborantin est certain que l'une des solutions est une solution d'acide chlorhydrique et l'autre une solution d'hydroxyde de sodium. C'est pour vérifier la nature de ces solutions qu'un groupe d'élèves de terminale S du LSLL, au cours d'une séance de TP versent dans une fiole jaugée de 500 mL, 20 mL de la solution II de concentration inconnue et ils complètent jusqu'au trait de jauge par de l'eau distillée. A la solution obtenue, ils ajoutent dans le bécher, au moyen d'une burette graduée la solution du flacon I de concentration molaire C_1 = 0,2 mol.L^{-1}. Le mélange des deux solutions, suivi au pH-mètre, a fourni les résultats dans le tableau ci-dessous où le volume V_I est le volume I ajoutée.

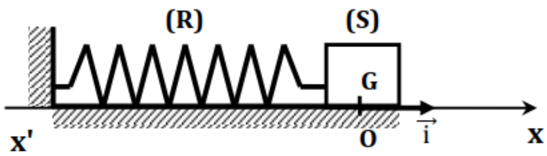
V_I(ml	2	4	6	8	9	9,9	10,1	11	12	14	16
pH	2,5	2,6	2,8	3,1	3,4	4,4	9,6	10,6	10,9	11,2	11,4

1. On considère la courbe pH = f(V_I).
   a) Tracer la courbe pH = f(V_I) : échelle 1 cm pour 1 mL ; 1 cm pour 1 unité de pH.
   b) Faire le schéma annoté du dispositif expérimental utilisé.
   c) Déduire du graphe la nature des solutions dans les flacons I et II.
   d) Déterminer les coordonnées du point d'équivalence acido-basique E.
   e) Déterminer la concentration C_{II} et le pH de la solution dans le bécher avant le mélange.
   f) Déduire la concentration C_{II}^0 de la solution initiale prélevée.
2. Ecrire l'équation bilan de la réaction qui se produit entre les deux solutions.
3. Après avoir chauffé la solution obtenue à l'équivalence, on observe un dépôt blanc au fond du récipient.
   a) Donner le nom de ce dépôt.
   b) Déterminer la masse de ce corps blanc.
4. Si la solution d'acide chlorhydrique était remplacée par un par une solution d'acide bromhydrique de même volume et de même concentration, l'allure de la courbe changerait – elle ? Justifier votre réponse.

On donne : Masses molaires atomiques en g/mol : M(Na) =23 ; M(Cl) =35,5

Exercice n°3 :

Partie A :



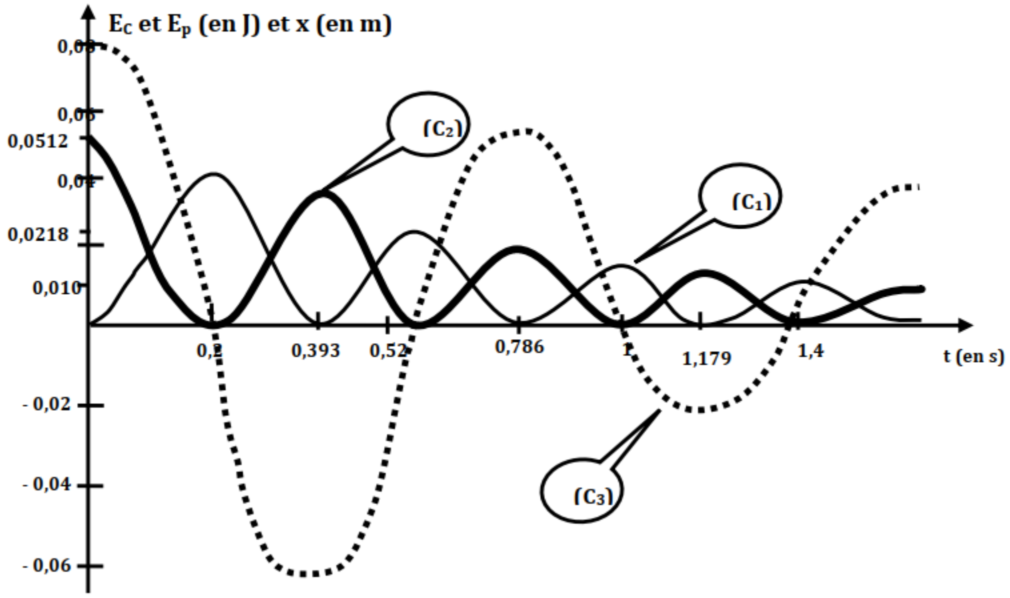
Le pendule élastique représenté par la figure ci-dessous est constitué par :

- Un ressort (**R**) à spires non jointives d'axe horizontal, de masse négligeable et de raideur **K**.

- Un solide (**S**) de centre d'inertie **G** et de masse **m**. La position **G** est, à chaque instant, donnée par son abscisse x = $\overline{OG}$ dans le repère (O,$\vec{\imath}$); O étant la position de **G** à l'équilibre.

Le solide (**S**) est écarté de sa position d'équilibre d'une distance $x_0 > 0$, puis abandonné à lui-même sans vitesse initiale à la date t = 0 s. Au cours de son mouvement, le centre d'inertie G est soumis à des forces de frottement visqueux de résultante $\vec{f}$ telle que $\vec{f} = -hv\vec{\imath}$ avec **h** le coefficient de frottement et v la valeur algébrique de la vitesse de G.

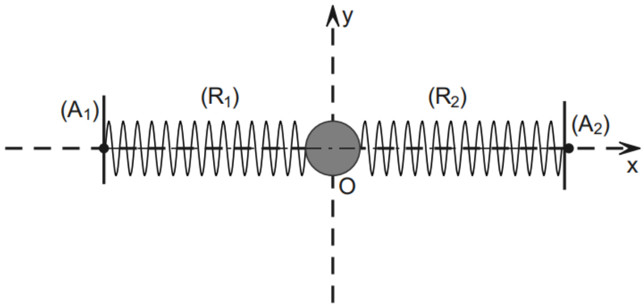
1. Montrer que l'équation différentielle qui régit les variations de l'élongation **x** de **G** au cours du temps est de la forme : $m\frac{d^2x}{d^2t} + h\frac{dx}{dt} + kx = 0$.
2. Un système d'acquisition de données a permis d'enregistrer les variations de l'élongation x de G, des énergies cinétique E_C et potentielle élastique E_P.



2.1. Identifier en justifiant la réponse, chacun des oscillogrammes de la figure ci-dessus.
2.2. Décrire les oscillations mécaniques obtenues et indiquer le nom du régime oscillatoire.
2.3. Déterminer la valeur de la pseudo-période **T** et celle de **K**. En déduire la valeur de **m** sachant que la pseudo-période est sensiblement égale à la période propre $\mathbf{T_0}$ des oscillations.

<u>Partie B :</u>

On dispose de deux ressorts identiques de masse négligeable (R_1) et (R_2) de longueur à vide l_0 = 25 cm et de raideur k = 7,2 N/m et d'un palet (P), à coussin d'air assimilé à un point matériel de masse m = 50 g. Le palet est mobile sur une table horizontale. Les ressorts sont liés à deux points fixes A_1 et A_2 et au palet conformément à la figure ci-dessous. Les deux ressorts sont alors tendus et, à l'équilibre leur longueur commune est $l_1 = l_2$ = 30 cm.



<u>3.1 Etude des vibrations longitudinales</u>

On lâche sans vitesse initiale le palet après lui avoir fait subir un petit déplacement de 2 cm vers la gauche dans la direction A_1A_2 rapportée à l'axe x'x.

<u>3.1.1</u> Etablir l'équation différentielle régissant le mouvement du palet.

<u>3.1.2</u> Préciser la nature de ce mouvement et calculer sa période T_1.

<u>3.1.3</u> Donner l'équation horaire du mouvement en précisant l'origine des temps.

<u>3.2 Etude des vibrations transversales</u>

Le palet est ramené à sa position initiale (position d'équilibre). Par la suite on lui fait subir un petit déplacement y dans la direction perpendiculaire à A_1A_2 rapportée à l'axe y'y et on l'abandonne.

<u>3.2.1</u> Montrer que l'équation différentielle du mouvement peut se mettre sous la forme :

$\ddot{y} + \frac{2k}{m}\left(1 - \frac{l_0}{l}\right)y = 0$ où l est la longueur de chaque ressort pour le déplacement instantané y.

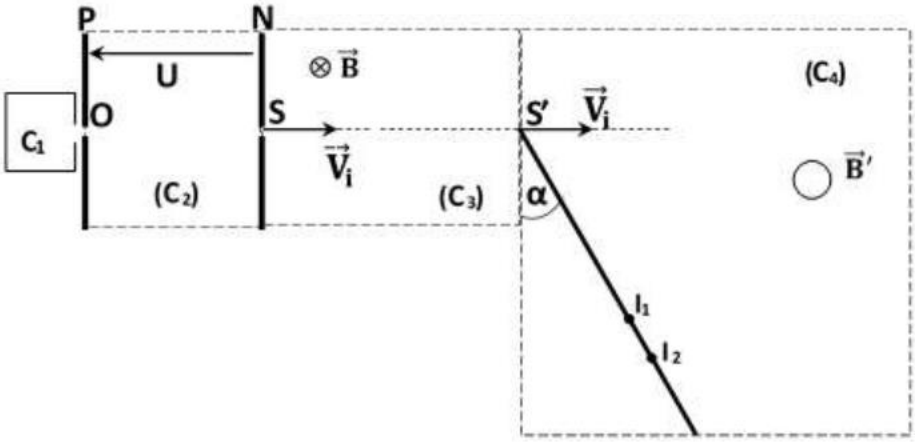
3.2.2 Cette équation est- elle dans le cas général (où le déplacement initial imposé n'est pas petit) celle régissant le mouvement d'un oscillateur harmonique ? Expliquer pourquoi.

3.2.3 Montrer que si $\frac{y}{l_1}$ << 1 l'oscillateur est harmonique. Calculer dans ce cas la période T_2 des oscillations.

NB : si $\varepsilon \ll 1$, $(1+\varepsilon)^n = 1+n\varepsilon$.

Exercice n°4 :

Généralement on trouve le cuivre dans les sulfures tels que la chalcopyrite ($CuFeS_2$), la covelline (CuS), la chalcosine (Cu_2S) ou la cuprite (Cu_2O). Le cuivre naturel est essentiellement constitué des isotopes ^{65}Cu et ^{A}Cu. Pour déterminer la composition massique de ces deux isotopes dans le cuivre naturel, on soumet à une analyse spectrométrique un échantillon de covelline. La covelline est placée dans une chambre d'ionisation C_1 d'un spectrographe de masse où ces molécules sont transformées en ions $^{A}CuS^{2+}$ et $^{65}CuS^{2+}$ de masses respectives m_1 et m_2. Ces ions pénètrent, avec une vitesse négligeable, par le point O dans une chambre C_2 où ils sont accélérés par une tension $\mathbf{U_{PN}}$ = U = 4869 V appliquée entre les plaques P et N. A la sortie en S de la chambre C_2 chaque ion acquiert une vitesse $\vec{V}_i$ (On attribue l'indice **i = 1** à l'ion $^{A}CuS^{2+}$ et l'indice **i = 2** à l'ion $^{65}CuS^{2+}$.



On donne : 1u = $1{,}66.10^{-27}$ kg ; e =$1{,}6.10^{-19}$ C ; M(S) = 32 g/mol ; M(Cu) = 63,5 g/mol

4.1. Exprimer l'intensité V_2 de la vitesse $\vec{V}_2$ de l'ion 2 en fonction de m_2, U et e (charge élémentaire)

4.2. En déduire l'intensité V_1 de la vitesse $\vec{V}_1$ de l'ion 1 en fonction de m_1, m_2 et V_2.

4.3. Ces ions pénètrent ensuite dans un filtre de vitesse (chambre C3) où règne un champ magnétique $\vec{B}$ d'intensité B= 0,5 T et un champ électrique $\vec{E}_i$. Les ions s'y déplacent en mouvement rectiligne et uniforme.

4.3.1. Représenter dans la chambre C_3 les vecteurs $\vec{E}_2$, $\vec{F}_2$ (force électrique qui agit sur l'ion 2) et $\vec{F}_m$ (force magnétique).

4.3.2. Exprimer l'intensité V_2 de la vitesse $\vec{V}_2$ en fonction de E_2 et B.

4.4. Les ions sortent du filtre S' puis entre dans la chambre C_4 de déviation où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B'}$ d'intensité B'=B=0,5 T.

4.4.1. Représenter le vecteur champ magnétique $\vec{B'}$ dans la chambre C_4.

4.4.2. Montrer que le mouvement des ions est circulaire uniforme puis exprimer le rayon R_2 de la trajectoire de l'ion 2 en fonction de B', m_2, U et e. Calculer sa valeur.

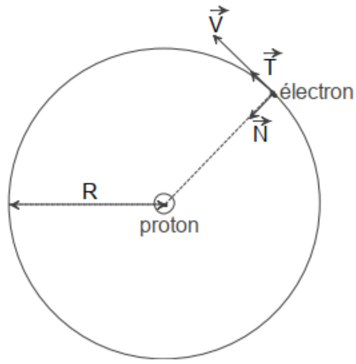
4.4.3. Etablir l'expression du rayon R_1 de la trajectoire de l'ion 1 en fonction de R_2 et A.

4.4.4. Ces ions $^{A}CuS^{2+}$ et $^{65}CuS^{2+}$ rencontrent la plaque déflectrice respectivement en I_1 et I_2. La plaque déflectrice est inclinée d'un angle $\alpha = 30°$ avec la verticale. Etablir l'expression de la distance d'= I_1I_2 en fonction de R_2, A et α.

4.4.4. Déterminer la valeur de A, puis celle de R_1 sachant que $d' = 1{,}088$ mm.

Exercice n°5 :

On se propose dans cet exercice d'étudier le modèle de l'atome d'hydrogène proposé par Niels Bohr en 1913. Ce modèle est une continuité du modèle planétaire proposé par Ernest Rutherford, avec cette différence essentielle que Niels Bohr introduisit un nouveau concept, à savoir la quantification des niveaux d'énergie dans l'atome.



5.1. Mouvement de l'électron dans l'atome

Pour commencer cette étude, on suppose que l'électron est animé d'un mouvement circulaire et uniforme de rayon R autour du proton. Les caractéristiques du mouvement de l'électron sont exprimées dans la base mobile de vecteurs unitaires $\vec{N}$ et $\vec{T}$ comme indiqué sur le schéma ci-contre. L'électron est soumis à une force d'interaction électrostatique $\vec{F}$ centripète : $\vec{F} = \frac{ke^2}{r^2}\vec{N}$ où r est le rayon de l'atome, e la valeur de la charge électrique élémentaire et k une constante.

5.1.1. Représenter sur un schéma clair cette force d'interaction.

5.1.2. On rappelle que la charge élémentaire e s'exprime en Coulomb (C). Déterminer alors l'unité de la constante k.

5.1.3. Dans le cas d'un mouvement circulaire et uniforme, écrire l'expression du vecteur accélération $\vec{a}$ dans la base mobile $(\vec{N}, \vec{T})$, ceci en fonction de la valeur de la vitesse V de l'électron et du rayon r de la trajectoire circulaire.

5.1.4. En appliquant une loi dont on donnera le nom, établir l'expression de la vitesse en fonction de k, e, m et r. Calculer la valeur de cette vitesse. On donne :m = $9{,}109.10^{-31}$kg ; e = $1{,}602.10^{-19}$C ; r = $5{,}3.10^{-11}$m et k = $9{,}0\times10^{9}$ SI

5.1.5. De l'expression littérale de la vitesse V, déterminer l'expression littérale de son énergie cinétique E_C. Calculer la valeur de cette énergie cinétique en électron-volt (eV). On donne : 1 eV = $1{,}602.10^{-19}$ J.

<u>5.2. La quantification de Bohr</u>

Dans le modèle de Bohr, l'énergie de l'atome est quantifiée.

4.2.1. Expliquer succinctement ce que signifie l'adjectif « quantifié ».

4.2.2. L'énergie de l'atome d'hydrogène se met sous la forme : $E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}(\text{eV})$ où n est un nombre entier strictement positif appelé nombre quantique principal.

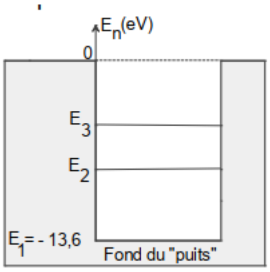
A chacune de ses énergies est associée une orbite circulaire de l'électron dont le rayon r_n vérifie : $r_n = a_0 n^2$ avec a_0 une grandeur appelée « rayon de Bohr », valeur du rayon de l'atome pour la plus petite valeur de n à savoir n = 1.

Compléter le **tableau ci-dessous** en indiquant la valeur de l'énergie de l'atome ainsi que le rayon de l'orbite de l'électron en fonction de n. Le rayon sera exprimé en multiple de a_0.

n	1	2	3	4	5
E_n (eV)	−13,6	−3,40			
r_n	a_0	$4a_0$			

4.2.3. Vers quelle valeur évolue l'énergie En de l'atome lorsque la valeur du nombre quantique principal n devient très grande ? Même question concernant la valeur du rayon r_n.

4.2.4. L'image que l'on peut donner à l'électron en interaction avec le proton dans l'atome d'hydrogène est celle d'un puits dans lequel l'électron serait « piégé ». Le schéma ci-contre, donne une représentation graphique de ce puits.



Quelle énergie minimale faut-il fournir à l'atome pour « libérer » l'électron de ce puits ?

4.2.5. Quelle modification subit l'atome d'hydrogène si l'électron est « libéré » de ce puits ?

4.2.6. On apporte à l'atome, dans son état de plus basse énergie E_1, une énergie ΔE = 10,2 eV dans quel état énergétique se retrouve alors l'atome après avoir reçu cette énergie ?

4.2.7. Dans ce nouvel état, l'atome est instable et va chercher à retrouver son état de plus basse énergie. Ce phénomène s'accompagne de l'émission d'un photon. Déterminer sa longueur d'onde dans le vide.

A quel domaine spectral appartient la radiation émise ?

On donne h = $6{,}62.10^{-34}$J.s et C = $3{,}00.10^{8}$m.s^{-1}.

<u>Fin du devoir</u>