COMPOSITION DU 1ER SEMESTRE DE SCIENCES PHYSIQUES

CHIMIE

EXERCICE 1: (03,50 points)

On se propose d'étudier la cinétique de la transformation lente de décomposition de l'eau oxygénée par les ions iodures en présence d'acide sulfurique, transformation considérée comme totale.

L'équation de la réaction qui modélise la transformation d'oxydoréduction s'écrit :

$$H_2O_{2(aq)} + 2I^-_{(aq)} + 2H_3O^+_{(aq)} \longrightarrow I_{2(aq)} + 4H_2O_{(l)}$$

La solution de diiode formée étant colorée, la transformation est suivie par spectrophotométrie, méthode qui consiste à mesurer l'absorbance A de la solution, grandeur proportionnelle à la concentration en diiode.

1.1. Donner la définition d'un oxydant et celle d'un réducteur. (0,25+0,25 point)

1.2. Identifier, dans l'équation de la réaction, les deux couples d'oxydoréduction mis en jeu et écrire les demi-équations correspondantes. (0,25+0,25 point)

1.3. A la date t = 0, on mélange 20 mL d'une solution d'iodure de potassium de concentration 0,10 mol.L^{-1} acidifiée avec de l'acide sulfurique en excès, 8 mL d'eau et 2 mL d'eau oxygénée à 0,10 mol.L^{-1}. Par un moyen approprié on détermine la concentration $[I_2]$ du diiode formé au cours du temps :

t(s)	0	126	434	682	930	1178	1420	∞
$[I_2]$ (mmol.L^{-1})	0,00	1,74	3,06	5,16	5,84	6,26	6,53	

1.3.1. Le mélange initial est-il stœchiométrique ? Justifier la réponse et préciser, s'il y'a lieu, le réactif limitant. (0,50 point)

1.3.2. Déterminer la valeur théorique de la concentration en diiode formé lorsque la transformation est terminée. (0,25 point)

1.3.3. Tracer le graphe $[I_2] = f(t)$. (0,50 point)

1.3.4. Déterminer la composition du mélange réactionnel pour t = 300s. (0,50 point)

1.3.5. Comment varie la vitesse volumique de réaction au cours du temps ? Justifier votre réponse. Quel facteur cinétique peut être responsable de cette variation ? (0,50 point)

1.3.6. Rappeler la définition du temps de demi-réaction, puis déterminer sa valeur. (0,25 point)

EXERCICE 2 : (02,50 points)

Le développement de la chimie organique de synthèse, à la fin du XIXe siècle, a conduit à des substances d'odeurs attrayantes qui ont eu une grande influence sur la parfumerie.

Les substances odorantes appartiennent à des familles très diverses de composés chimiques: alcools, aldéhydes, cétones ou esters.

Parmi ces derniers, on peut citer l'acétate de benzyle présent dans l'essence de jasmin et le salicylate de méthyle constituant principal de l'essence de Wintergreen extraite de certaines plantes.

2.1. Pour chaque famille de composés citée dans le texte écrire la formule du groupement fonctionnel puis donner un exemple de composé (formule semi-développée et nom) de la famille. (01 point)

2.2. La formule semi-développée de l'acétate de benzyle est: $CH_3—COO—CH_2—C_6H_5$

2.2.1. De quel acide et de quel alcool dérive l'acétate de benzyle? (0,50 point)

2.2.2. Ecrire l'équation-bilan de la préparation de l'acétate de benzyle à partir de ces composés et préciser les caractéristiques de cette réaction. (0,50 point)

2.3. Un laborantin prépare le salicylate de méthyle par réaction de l'acide salicylique (ou acide 2-hydroxybenzoïque $HO\text{-}C_6H_4\text{-}C00H$) avec le méthanol.

Pour ce faire, il introduit dans un ballon une masse de 13,7 g d'acide salicylique, un volume de 12 mL de méthanol et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Il procède au chauffage pendant une heure. La réaction terminée, le mélange est refroidi puis séparé. Après séchage de la phase organique, une masse de 11,4 g de salicylate de méthyle est obtenue.

2.3.1. Ecrire l'équation- bilan de la réaction. (0,25 point)

2.3.2. Déterminer le réactif limitant ou réactif en défaut. (0,25 point)

2.3.3. Quel est le rôle de l'acide sulfurique ? Et pourquoi chauffe t-on? (0,25 point)

2.3.4. Calculer le rendement de cette préparation. (0,25 point)

Données: M(acide salicylique) =138 g/mol; M(CH_3OH) = 32 g/mol ; M(salicylate de méthyle) = 152 g/mol

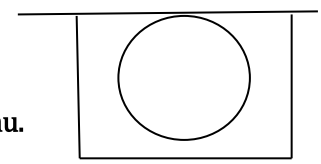
Masse volumique du méthanol : $\rho = 0{,}80$ kg. L^{-1}

PHYSIQUE

EXERCICE 3 : (04 points)

Une sphère (S) de rayon R = 4 cm, de masse m = 300 g est lâchée sans vitesse initiale dans un lac d'eau calme.

A t = 0, la sphère est juste immergée (figure).



Le solide (S) est soumis entre autres, à une force de frottement $\vec{f} = -h.\vec{V}$.

Relation où h est une constante positive, V étant la vitesse de la sphère (S) dans l'eau.

On rappelle que la masse volumique de l'eau est $\rho = 1000$ kg/m³ et $g = 9{,}8$ m.s^{-2}.

3.1. Faire le bilan des forces appliquées à la sphère quand elle est complètement immergée. (0, 50 point)

3.2. Ecrire l'équation différentielle régissant la vitesse de la sphère dans le lac. (0,50 point)

3.3. Tracer l'allure de la courbe V = f(t). On précisera en particulier son asymptote quand t devient grand et la pente à l'origine. On donnera ces deux valeurs sachant que la vitesse limite $V_L = 8$ m/s (cette vitesse est atteinte si la profondeur est grande). (0,25+0,25+0,25+0,25 point)

3.4. De la valeur de V_L , en déduire celle du coefficient de frottements fluide h. (0,25 point)

3.5. La solution de l'équation établie en 2 est de la forme : $V = A.(1 - e^{-Bt})$.

3.5.1. Exprimer A et B en fonction de h, m et V_L. (0, 50 point)

3.5.2. A quel instants t_1 la vitesse atteint sa vitesse limite à 1% prés ? (0,50 point)

3.6. De l'expression de V en déduire celle de Z distance parcourue par la sphère lors de sa chute à partir de l'instant t = 0(0,50 point)

3.7. Quelle distance Z_1 a parcouru la sphère (S) à $t = t_1$, c'est-à-dire quand la vitesse atteint sa valeur limite à 1% ? (0,25 point)

EXERCICE 4 : (05 points)

4.1. Un ressort, d'axe horizontal, à spires non jointives, de masse négligeable, de constante de raideur $k = 35\ N.m^{-1}$, est fixé à l'une des extrémités. Une bille, de masse $m = 150$ g, fixée à l'autre extrémité du ressort, peut se déplacer sur une table à coussin d'air horizontale. On néglige les forces de frottement.

Le mouvement de la bille est étudié dans le repère $(O, \vec{i}$; l'origine O coïncide avec la position au repos du centre d'inertie de la bille, le ressort n'étant ni comprimé, ni étiré (figure 2). A la date $t = 0$, on comprime le ressort de 5 cm dans le sens négatif de l'axe choisi puis on abandonne le système à lui même sans vitesse initiale.

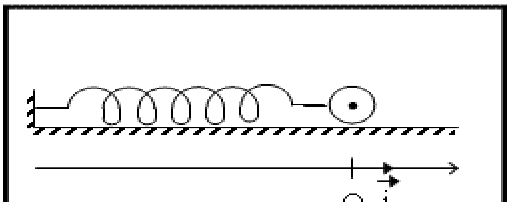


Figure 2

4.1.1. Établir l'équation différentielle du mouvement de la bille. (0,75 point)

4.1.2. Après avoir établi l'équation horaire du mouvement, déterminer la date à laquelle la bille passe pour la troisième fois à l'abscisse $x = +2,5$ cm en allant dans le sens négatif des élongations. (01 point)

4.2. On considère maintenant le système constitué de deux palets de masse m_1 et m_2 placés sur une table à coussin d'air horizontale et reliés par un ressort de constante de raideur k et de masse négligeable. Les centres d'inertie des deux palets occupent les positions O_1 et O_2 à l'équilibre. On écarte les palets l'un de l'autre et on les lâche simultanément sans vitesse initiale. Les forces de frottement seront négligées. On rapporte le mouvement du système à un repère $(O, \vec{i})$ dont l'origine O coïncide avec la position du centre d'inertie G du système.

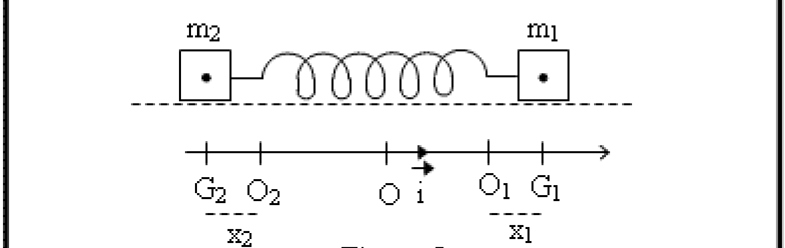


Figure 3

4.2.1. Montrer que le centre d'inertie du système reste fixe au cours du mouvement. (0,50 point)

4.2.2. Chaque palet est repéré sur l'axe d'oscillation par son écart x par rapport à sa position d'équilibre. Montrer que les écarts algébriques x_1 et x_2 des deux palets sont reliés par : $m_1x_1 + m_2x_2 = 0$. (0,75 point)

4.2.3. Établir l'équation différentielle du mouvement de chaque palet. En déduire la période T d'oscillation du système. (01 point)

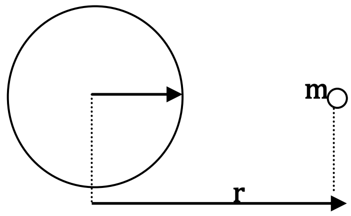
4.2.4. Calculer la fréquence N d'oscillation de la molécule de chlorure d'hydrogène H-Cl sachant que la constante de raideur de la liaison H-Cl vaut $k = 4{,}61.10^{2}$ $N.m^{-1}$ (01 point)

On donne les masses des atomes $m(H) = 1{,}66.10^{-27}$ kg ; $m(Cl) = 58{,}13.10^{-27}$ kg

EXERCICE 5: (05 points)

On suppose que la terre est un corps sphérique, homogène de rayon R et de masse M. On désigne par K la constante de gravitation universelle.

5.1. On rappelle que l'action attractive d'un corps de masse M à symétrie sphérique sur un objet de masse m placé à une distance $r \geq R$ de son centre est équivalente à celle exercée par une masse ponctuelle M qui serait placée au centre O du corps.



5.1.1. Donner les caractéristiques de la force de gravitation exercée par la terre sur l'objet de masse m situé à la distance r de son centre C. (0,75 point)

5.1.2. En déduire les caractéristiques du champ de gravitation $\vec{G}$ en ce point. (0,75 point)

5.1.3. Retrouver la valeur G_0 de G au sol. (0,50 point)

AN : $K = 6{,}67.10^{-11}$ SI ; $M = 6.10^{24}$ kg ; $R = 6400$ km.

5.2. Le référentiel géocentrique est considéré comme galiléen; il a son origine au centre O de la terre, et ses axes sont dirigés vers des étoiles fixes.

5.2.1. On considère un satellite ayant par rapport au référentiel géocentrique, une trajectoire circulaire. Montrer que le mouvement est uniforme. (0,75 point)

5.2.2. Etablir l'expression de la période de révolution T du satellite. Montrer que $\frac{T^2}{r^3}$ = constante. (0,75 point)

5.2.3. Calculer T lorsque le satellite gravite à l'altitude h = 300 km. (0,25 point)

5.3. L'énergie potentielle du satellite dans le champ de gravitation est $Ep = -K\frac{M.m}{r}$

5.3.1. Où a-t-on choisi la référence de l'énergie potentielle ? (0,25 point)

5.3.2. Donner l'expression de l'énergie mécanique totale du satellite dans le champ de gravitation. (0,75 point)

5.3.3. A cause des frottements exercés par la haute atmosphère, l'énergie mécanique totale du système varie. Augmente-t-elle ou diminue-t-elle ? (0,25 point)