Composition de sciences physiques [Durée: 4 heures] (1er semestre)

Exercice 1: (2,5 points)

On dissout 2,96 g d'un acide carboxylique A dans 100 cm^3 d'eau. On en prélève 10 cm^3 où on ajoute quelques gouttes de phénolphtaléine puis on verse une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire 0,2 $mol{\cdot}L^{-1}$ jusqu'au virage de l'indicateur coloré. Le volume de soude versé est de 20 mL.

1. En déduire la masse molaire de l'acide et son nom.
2. L'action de cet acide sur un alcool B conduit à un corps C de formule $C_5H_{10}O_2$.
   2.1. Écrire l'équation de la réaction et préciser les noms de B et C.
   2.2. Quels caractères présentent cette réaction? Quel serait l'effet d'une élévation de température de cette réaction?
   2.3. Indiquer les dérivés de cette acide qui, par action dur l'alcool B conduiraient à C? Écrire les équations des réactions. En quoi diffèrent-elles de la précédente?
3. On fait réagir 18,5g de l'acide A sur la quantité juste nécessaire de soude à 0,2 $mol{\cdot}L^{-1}$ pour atteindre l'équivalence.
   3.1. Donner le nom et la formule du composé solide obtenu après évaporation de l'eau de la solution. Calculer sa masse.
   3.2. Le composé solide précédent est traité par le chlorure d'éthanoyle. Écrire l'équation de la réaction et nommer le composé organique obtenu.

Exercice 2: (3,5 points)

Les ions iodure I^- sont oxydés lentement par les ions peroxodisulfate $S_2O_8^{2-}$ selon la réaction d'équation bilan :

$$S_2O_8^{2-} + 2I^- \rightarrow 2SO_4^{2-} + I_2 \quad (1)$$

Pour étudier la cinétique de la réaction (1), on mesure la durée nécessaire à la formation d'une certaine quantité de diiode. Pour déterminer cette durée on introduit initialement dans le mélange réactionnel une solution de thiosulfate de sodium ($2Na^+ + S_2O_3^{2-}$). Les ions thiosulfate $S_2O_3^{2-}$ réduisent le diiode en ions iodure selon la réaction annexe quantitative et rapide d'équation-bilan :

$$2\,S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow S_4O_6^{2-} + 2I^- \quad (2)$$

1. On introduit dans un bécher, placé sur un agitateur magnétique :
   - un volume V_0 = 25,0 mL d'une solution d'iodure de potassium de concentration $C_0 = 2{,}0.10^{-1}$mol/L.
   - un volume V_1 = 10,0 mL d'une solution de thiosulfate de sodium de concentration $C_1 = 1{,}0.10^{-2}$mol/L.
   - un volume V_2 = 5,0 mL d'empois d'amidon ou thiodène (on rappelle que l'empois d'amidon ou le thiodène colore en bleu une solution contenant du diiode).

Tout en maintenant l'agitation, on verse rapidement un volume V_2 = 25,0 mL d'une solution de peroxodisulfate d'ammonium ($2NH_4^+ + S_2O_8^{2-}$) de concentration $C_2 = 5{,}0.10^{-2}$ mol/L et on déclenche le chronomètre. On note la durée $\Delta t_1 = t_1$= 91s au bout de laquelle la coloration bleue apparaît.

   1.1. Expliquer pourquoi la couleur bleue de l'amidon, témoin de la présence de diiode, n'apparaît qu'au bout d'une durée Δt_1.
   1.2. Déterminer la quantité de matière de diiode formé, par la réaction (1) au bout de la durée Δt_1. En déduire la concentration en diiode formé à cet instant par la réaction (1).

1.3. Déterminer la vitesse volumique moyenne de formation du diiode (réaction 1), exprimée en mol/L/s pendant l'intervalle de temps Δt_1. En déduire la vitesse volumique moyenne de disparition de l'ion peroxodisulfate pendant la même durée.

1.4. Comparer, sans calcul, la concentration en ions iodure dans le milieu réactionnel aux instants de dates t = 0 et t_1.

1.5. A l'instant de date t_1, on rajoute un volume V_1 = 10,0 mL de thiosulfate de sodium de concentration $1{,}0.10^{-2}$ mol/L. La coloration bleue disparaît. Celle–ci réapparaît plus tard à la date t_2. Parmi les propositions suivantes choisir la bonne réponse et justifier votre choix.

$\Delta t_2 = t_2 - t_1 > \Delta t_1$ ☐ $\Delta t_1 = \Delta t_2$ ☐ $\Delta t_2 < \Delta t_1$ ☐

1.6. Quelle sera la quantité de matière de diiode formée par la réaction (1) au bout d'une durée infinie ?

1.7. On recommence l'expérience 1 dans les mêmes conditions mais en utilisant un volume V_1 = 10,0 mL de thiosulfate de sodium de concentration $5{,}0.10^{-1}$ mol/L. La coloration bleue va-t-elle réapparaître ? Justifier la réponse.

2. Les expériences suivantes sont réalisées de la même façon que l'expérience 1 (même température, mêmes volumes), seules les concentrations initiales C_0 en ions iodure, et C_2 en ions peroxodisulfate, sont modifiées. Le tableau suivant regroupe les résultats expérimentaux obtenus :

	C_0 (mol/L)	**C_2 (mol/L)**	**Δt_1 (s)**
Exp.1	**$2{,}0.10^{-1}$**	**$5{,}0.10^{-2}$**	**91**
Exp.2	**$2{,}0.10^{-1}$**	**$1{,}0.10^{-1}$**	**44**
Exp.3	**$2{,}0.10^{-1}$**	**$2{,}0.10^{-1}$**	**21**
Exp.4	**$1{,}0.10^{-1}$**	**$2{,}0.10^{-1}$**	**42**
Exp.5	**$5{,}0.10^{-2}$**	**$2{,}0.10^{-1}$**	**79**

2.1. Comment varie la vitesse volumique de formation du diiode avec la concentration des réactifs ? Justifier la réponse à partir des résultats expérimentaux.

2.2. Quel volume de solution d'iodure de potassium de concentration $2{,}0.10^{-1}$ mol/L faut-il utiliser pour préparer 100 mL d'une solution de concentration $5{,}0.10^{-2}$ mol/L? Décrire le mode opératoire en précisant le matériel utilisé.

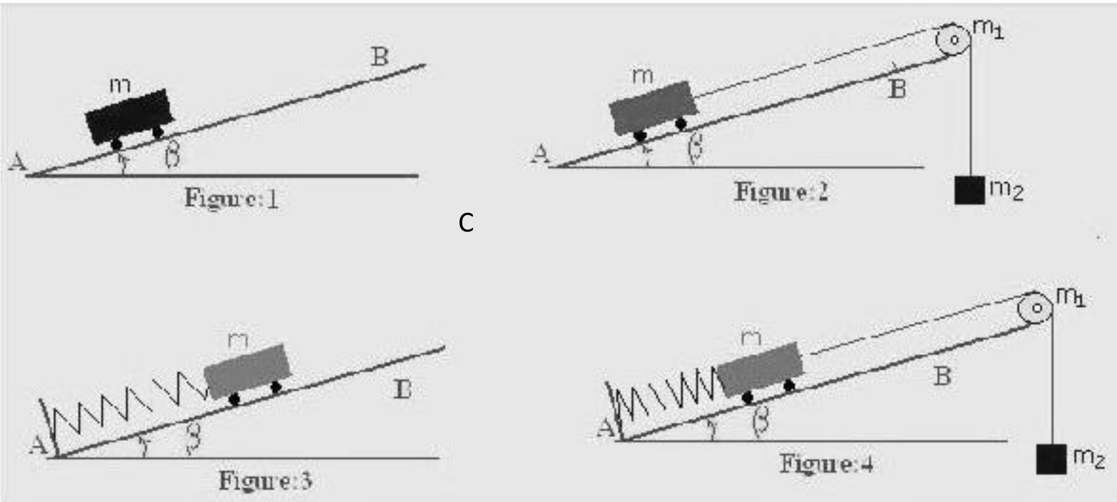
Exercice 3: (5 points)

1. Soit une portion de plan, incliné d'un angle β par rapport à l'horizontale, le déplacement du chariot se fait sans frottement. On lance en A le chariot (figure 1) vers le haut avec une vitesse V_0 parallèle à la ligne de la plus grande pente. Pour quelle valeur de V_0, la vitesse du chariot s'annule t- elle au point B tel que AB=ℓ? Application numérique: $m = 2$ kg, $\ell = 1$ m, $\sin\beta = 0{,}05$, $g = 10$ ms^{-2}.
2. On place au sommet du plan incliné, une poulie de masse m_1 et de rayon r sur laquelle, est enroulé un fil inextensible sans masse dont une partie parallèle au plan incliné à son extrémité est accrochée au chariot et dont l'autre supporte un corps de masse m_2 (figure 2). A la date d'origine, le chariot se trouve en A et est immobile.

2.1. On néglige le moment d'inertie de la poulie, quelle est la condition d'équilibre du chariot? En déduire la condition que doit vérifier m_2 pour que le chariot monte vers B. A quelle date le chariot se trouve t-il en B? On donne: $m_2 = 0{,}5kg$

2.2. La poulie est assimilée à un disque homogène de rayon r. Calculer son moment d'inertie. Quelle est la nouvelle date d'arrivée en B? AN: $r = 5cm$, $m_1 = 1kg$

3. La poulie et la masse m_2 sont supprimées.
   3.1. On fixe sur un support situé en A, un ressort de masse négligeable et de raideur k auquel, est accroché le ressort. Quelle est la variation de longueur du ressort à l'équilibre?
   3.2. On écarte le système de sa position d'équilibre, écrire l'équation différentielle du mouvement et trouver la période des oscillations du système. AN: k=20 N.m^{-1}.
   3.3. Une cible est montée sur le côté sur le C du chariot (figure: 3), le système au repos dans sa position d'équilibre subit l'impact d'une balle de masse m' animée de la vitesse v qui reste fichée dans la cible. Le vecteur vitesse a même direction et même sens que le vecteur $\overrightarrow{BA}$, trouver l'amplitude du mouvement du système après l'impact. AN: $m' = 5.10^{-3}$ kg, v=200 m·s^{-1}
4. À l'aide du système précédent, du fil de la poulie et du corps de masse m_2 utilisés à la question 2), on réalise un nouveau système indiqué par la figure: 4. Pour cette partie on tiendra compte de la masse de la poulie.
   4.1. Quelle est la variation de la longueur du ressort à l'équilibre?
   4.2. On écarte le système de sa position d'équilibre, écrire l'équation différentielle du mouvement.
   4.3. Établir l'expression de la période des oscillations du système. Faire l'application numérique.



Exercice 4: (4 points)

Un pinceau de lumière monochromatique émis par un laser hélium - néon éclair deux fentes parallèles séparées par une distance $a = 0{,}5$ mm. Un écran est placé perpendiculairement au pinceau lumineux à une distance $D = 2m$ du plan des fentes.

1. Dessiner le dispositif expérimental.
2. Interpréter la formation des franges brillantes et obscures.
3. Définir et établir l'expression de la différence de marche aux deux fentes d'un point M de l'écran, pour en déduire la position des centres des franges brillantes et obscures.
4. Préciser la nature de la frange centrale appartenant au plan médiateur des deux fentes.
5. Définir et établir l'expression de l'interfrange. Quelle est l'influence des différents paramètres sur l'interfrange? Comment doit-on modifier la distance entre les deux fentes pour obtenir des franges plus espacées?
6. Calculer la longueur d'onde et la fréquence de la lumière émise par le laser, sachant que les centres de 6 interfranges sont espacés de 12,7 mm.
7. Est-ce que la longueur d'onde ou la fréquence change (ou aucune des deux), si le rayon lumineux se propage dans le verre? Calculer les nouvelles valeurs. (Dans le verre la célérité de la lumière vaut 200000 km/s).

Exercice 4: (5 points)

Les différents niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène ($_1H$) sont donnés à partir de la relation:

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2}, \text{ avec } E_0 = 13{,}6 \text{ eV et } n \text{ un nombre quantique.}$$

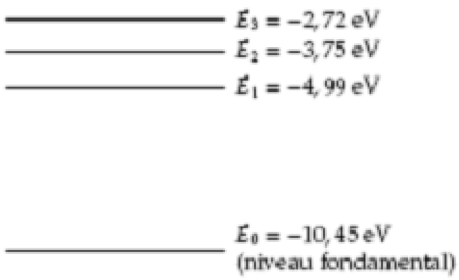
1. Calculer l'énergie, exprimer en eV, qu'il faut fournir à un atome d'hydrogène pour le faire passer de son état fondamental à un état excité caractérisé par $n = 3$.
2. Montrer que les longueurs d'onde λ des radiations émises par l'atome d'hydrogène obéissent à la loi:

$$\frac{1}{\lambda} = R_1\left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{m^2}\right), \text{ où m et p sont des entiers tels que } m > p$$

   Calculer la valeur de R_1
3. Pour $m = 3$ et $p = 2$, calculer $\lambda_{3,2}$. On exprimera le résultat en nanomètre.
4. Le spectre de l'ion hélium $_2He^+$ comporte, entre autres, les raies dont les nombres d'onde valent respectivement: $3{,}292\times10^7$ m^{-1}; $3{,}901\times10^7$ m^{-1}; $4{,}115\times10^7$ m^{-1}; $4{,}213\times10^7$ m^{-1}.
   4.1. Vérifier numériquement que ces valeurs sont compatibles avec une relation de la forme: $\frac{1}{\lambda} = R_2\left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{m^2}\right)$, où $p = 1$, m prend successivement les valeurs 2, 3, 4 et 5 et où R_2, si on l'exprime avec trois chiffres significatifs, est une constant dont on exprimera sa valeur.
   4.2. Calculer le rapport $\frac{R_2}{R_1}$
5. Le lithium $_3Li^{2+}$ peut émettre des raies dont les longueurs d'onde sont données par une loi du type précédent:

$$\frac{1}{\lambda} = R_3\left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{m^2}\right), \text{ où } R_3 = 9{,}96\times10^7 \text{ m}^{-1}.$$

   5.1. Comparer R_3 et R_1.
   5.2. Trouver une relation simple entre la constante de Rydberg R et le numéro atomique Z de l'élément correspondant, pour les trois cas précédemment étudiés.
   5.3. Déterminer le point commun entre l'atome H et les ions He^+ et Li^{2+} qui explique la ressemblance de leurs spectres.
6. On donne sur le diagramme ci-dessus, quelques niveaux d'énergie de l'atome de mercure.



   6.1. Un électron d'énergie cinétique $Ec = 6{,}0$ eV peut-il interagir avec un atome de mercure à son état fondamental en le portant à un état excité?
   6.2. Quelle est la longueur d'onde du rayonnement émis lors de la transition d'un atome de mercure du niveau noté 3 sur le schéma vers le niveau 1?
   6.3. Une radiation lumineuse dont le quantum d'énergie a pour valeur E=5,46 eV peut-elle interagir avec un atome de mercure dans son état fondamental?
   Même question pour une radiation de quantum d'énergie $E' = 6{,}0$ eV.