مسابقة في مادة الفيزياء	الاسم:
المدة ثلاث ساعات	الرقم:

Cette épreuve est formée de quatre exercices répartis sur quatre pages numérotées de 1 à 4.
L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

<u>Premier exercice</u> : (7,5 points) Variation de l'énergie cinétique d'un système

Le but de cet exercice est de vérifier le théorème de l'énergie cinétique d'un système.
Un skieur, de masse M = 80 kg, descend de O vers A, à vitesse constante $\vec{V} = V\,\vec{i}$, de valeur V = 30 m/s, le long de la ligne de plus grande pente d'une piste inclinée d'un angle $\alpha = 30^{o}$ par rapport à l'horizontale.
La piste exerce sur le skieur une force de frottement constante $\vec{f} = -f\,\vec{i}$.
L'étude du mouvement du skieur se ramène à l'étude du mouvement de son centre d'inertie G sur $\overrightarrow{x'x}$ de vecteur unitaire $\vec{i}$ (figure 1).
On néglige la résistance de l'air sur le skieur.

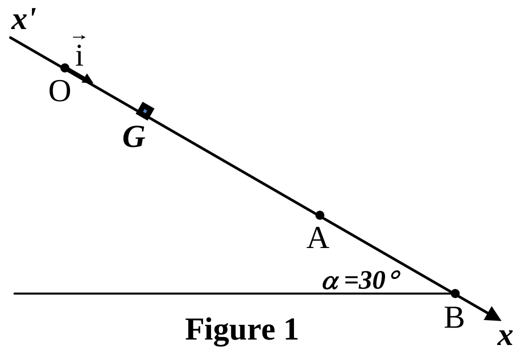

Figure 1

Prendre :

- le plan horizontal passant par B comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur du système (skieur, Terre) ;
- g = 10 m/s^2.

1) Nommer et représenter en G les forces extérieures qui s'exercent sur le skieur le long du trajet OA.

2) **a)** Montrer que la quantité de mouvement $\vec{P}$ du skieur est constante.

b) En appliquant au skieur, entre les points O et A, la deuxième loi de Newton, déduire la valeur f de $\vec{f}$.

3) Pour s'arrêter en B, le skieur exerce à partir de A une force de freinage constante $\vec{f_1} = -f_1\vec{i}$. Le skieur parcourt AB pendant un intervalle de temps Δt = 3 s.

a) Déterminer la valeur de $\vec{f_1}$, en admettant que $\dfrac{\Delta\vec{P}}{\Delta t} \approx \dfrac{d\vec{P}}{dt}$.

b) L'énergie mécanique du système (skieur, Terre) diminue de A à B. Nommer les forces responsables de cette diminution.

c) Déterminer la distance AB parcourue par le skieur au bout de l'intervalle de temps Δt.

4) **a)** Déterminer entre A et B :

i. la variation ΔE_{pp} de l'énergie potentielle de pesanteur du système (skieur, Terre) ;

ii. le travail effectué par son poids $W_{M\vec{g}}$.

b) Comparer ΔE_{pp} et $W_{M\vec{g}}$.

5) ΔE_C et $\sum W_{\vec{F}_{ext}}$ sont respectivement la variation de l'énergie cinétique du skieur et la somme algébrique des travaux des forces extérieures appliquées au skieur entre A et B.
Vérifier, entre A et B, le théorème de l'énergie cinétique $\Delta E_C = \sum W_{\vec{F}_{ext}}$.

Deuxième exercice : (7,5 points) Caractéristiques d'un circuit (RLC)

On dispose :

- d'un générateur G délivrant une tension alternative sinusoïdale :
  $u_{AM} = u_G = U\sqrt{2}\cos\omega t$ (u_{AM} en V et t en s), où U = 5 V et $\omega = 2\pi f$ avec f fréquence réglable ;
- d'une bobine d'inductance L de résistance négligeable ;
- d'un condensateur de capacité C ;
- d'un conducteur ohmique de résistance R = 150 Ω ;
- d'un oscilloscope ;
- d'un milliampèremètre de résistance négligeable ;
- d'un interrupteur K et de fils de connexion.

Dans le but de déterminer L et C, on réalise les expériences suivantes :

A- Première expérience

On réalise successivement le montage de la figure 1 et celui de la figure 2.
Pour une valeur f = 500 Hz, l'intensité efficace I, indiquée par le milliampèremètre, prend la même valeur I = 50 mA dans chacun des deux montages considérés. Prendre $\frac{1}{\pi} = 0{,}32$.

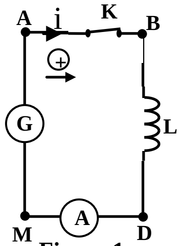

Figure 1

1) La bobine est branchée aux bornes de G (figure 1) ; le circuit est parcouru par un courant d'intensité $i = I\sqrt{2}\cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$. (i en A et t en s)

a) Déterminer l'expression de la tension $u_{BD} = u_b$ en fonction de L, ω, I et t.
b) Déduire la valeur de L.

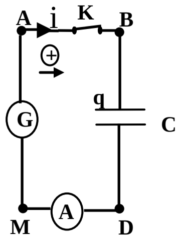

Figure 2

2) Le condensateur est branché aux bornes de G (figure 2) ; le circuit est parcouru par un courant d'intensité $i = I\sqrt{2}\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$.

a) Déterminer l'expression de la tension $u_{BD} = u_c$ en fonction de C, ω, I et t.
b) Déduire la valeur de C.

B- Deuxième Expérience

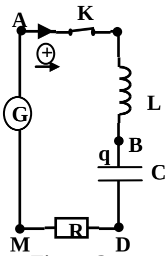

Figure 3

Pour s'assurer des valeurs de L et C obtenues dans la première expérience, on réalise le montage du circuit schématisé par la figure 3. Ce circuit comprend le générateur, la bobine, le condensateur et le conducteur ohmique de résistance R = 150 Ω. L'oscilloscope, convenablement branché, visualise sur la voie (1), la tension u_{AM} aux bornes du générateur, et sur la voie (2), la tension u_{DM} aux bornes du conducteur ohmique. Ces tensions sont schématisées par l'oscillogramme de la figure 4.

Le circuit est parcouru par un courant d'intensité $i = I\sqrt{2}\cos(\omega t + \varphi)$.

1) Reproduire la figure 3 et indiquer les branchements de l'oscilloscope.

2) En appliquant la loi d'additivité des tensions et en donnant à t une valeur particulière, montrer que : $\tan\varphi = \dfrac{\frac{1}{C\omega} - L\omega}{R}$.

3) En se référant à l'oscillogramme de la figure 4 visualisé sur l'écran de l'oscilloscope, déterminer :

a) la valeur de la fréquence f de u_{AM} ;
b) la valeur du déphasage φ entre u_{AM} et i.

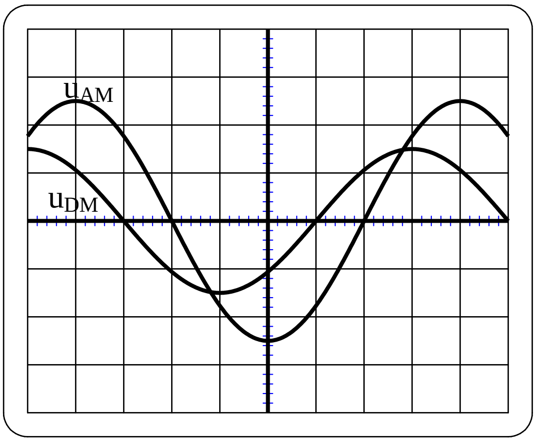

Figure 4
Sensibilité horizontale : 0,5 ms/div

4) La tension efficace U aux de G étant maintenue constante, on fait varier f. On observe que u_{AM} et u_{DM} deviennent en phase lorsque f prend la valeur f_0 = 500 Hz.

a) Nommer le phénomène mis en évidence.

b) Écrire la relation donnant ω_0 en fonction de L et C.

5) Déterminer L et C.

__Troisième exercice__ : (7,5 points) Aspect corpusculaire de la lumière

Le but de cet exercice est d'étudier le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène et d'utiliser la lumière émise pour produire l'effet photoélectrique.

Données :

- Constante de Planck : $h = 6{,}62\times10^{-34}$ J·s ;
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3\times10^{8}$ m/s ;
- $1\ eV = 1{,}602\times10^{-19}$ J ;
- Charge élémentaire : $e = 1{,}602\times10^{-19}\,C$;
- $1\ nm = 10^{-9}$ m.

A- Atome d'hydrogène

Ce spectre est constitué, dans sa partie visible, de quatre raies notées H_α, H_β, H_γ et H_δ de longueurs d'onde respectives dans le vide 656,27 nm , 486,13 nm, 435,05 nm et 410,17 nm.

I- En 1885, Balmer remarqua que les longueurs d'onde λ de ces quatre raies vérifient la relation empirique : $\lambda = \lambda_0 \dfrac{n^2}{n^2-4}$ où λ_0 = 364,6 nm et n un entier positif non nul.

1) La plus petite valeur de n est 3. Justifier.

2) Calculer la longueur d'onde de la raie correspondante.

3) Déduire les valeurs de n qui correspondent aux longueurs d'onde des trois autres raies visibles du spectre d'émission de l'hydrogène.

II- Les niveaux d'énergie quantifiés de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation :

$$E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}\ \text{(en eV) où n est un entier positif non nul.}$$

En utilisant l'expression de E_n , déterminer l'énergie de l'atome quand il est :

1) dans le niveau fondamental ;

2) dans chacun des cinq premiers niveaux excités ;

3) à l'état ionisé.

B- Effet photoélectrique

Une lampe à hydrogène de puissance P_s = 2 W, émet uniformément des radiations dans toutes les directions dans un milieu homogène et non absorbant. Cette lampe éclaire la cathode C d'une cellule photoélectrique au potassium ayant une surface utile s = 2 cm^2, et située à une distance D = 1,25 m de la lampe (Figure 1). Le travail d'extraction du potassium W_0 = 2,20 eV.

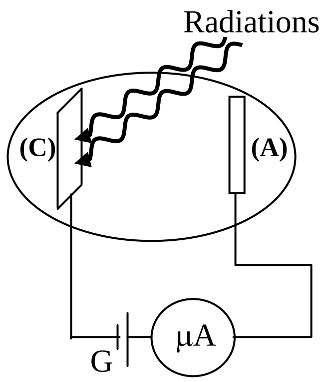

Figure 1

1) Calculer la longueur d'onde seuil de la cathode de potassium.

2) Parmi les raies de la série de Balmer, préciser les radiations qui peuvent provoquer l'émission photoélectrique.

3) À l'aide d'un filtre, on éclaire la cellule par la lumière bleue H_β de longueur d'onde λ = 486,13 nm. Le générateur G est réglée de façon à permettre à l'anode (A) de capter tous les électrons émis par la cathode dont le rendement quantique est r = 0,875 %.

a) Montrer que la puissance rayonnante P_0 reçue par la cellule vaut $2{,}04\times10^{-5}$ W.

b) Déterminer le nombre N_0 des photons incidents reçus par la cathode en une seconde.

c) Déterminer l'intensité du courant traversant le circuit.

Quatrième exercice : (7,5 points)   Pendule pesant

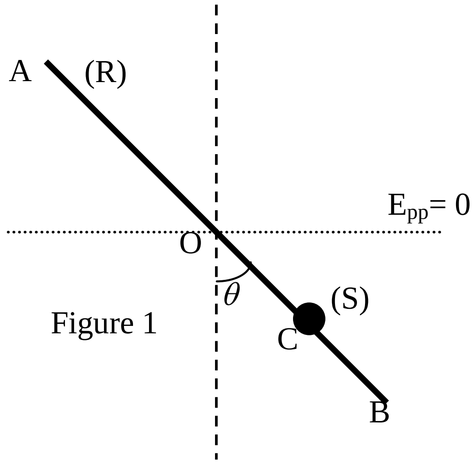

Figure 1

Le but de cet exercice est d'étudier le mouvement d'un pendule pesant.
On considère un pendule pesant (P) constitué :

- d'une tige (R) rectiligne, homogène, de longueur AB = ℓ et de masse m ;
- d'un solide (S) ponctuel de masse m_1, pouvant coulisser le long de la partie OB, O étant le milieu de la tige.

On fixe (S) en un point C tel que $\overline{OC}$ = x (x > 0). (P) peut osciller, dans un plan vertical, autour d'un axe horizontal (Δ) perpendiculaire en O à la tige (Figure 1).
On écarte le pendule de sa position d'équilibre d'un angle θ_m faible, puis on le lâche sans vitesse à la date $t_0 = 0$; le pendule oscille alors, sans frottement, autour de sa position d'équilibre. À la date t, l'élongation angulaire du pendule est θ et sa vitesse angulaire est $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$.

On donne : moment d'inertie de la tige par rapport à l'axe de rotation (Δ) : $I_0 = \frac{1}{12} m\ell^2$;

$m = 3m_1$; $\ell = 0{,}5$ m ; $g = 10$ m/s^2 et $\pi^2 = 10$.

Pour θ faible : $\cos\theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$ et $\sin\theta \approx \theta$ (θ en rd)

G est le centre d'inertie du pendule et le plan horizontal passant par O est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

1) Montrer que :

a) $\overline{OG} = \frac{x}{4}$;

b) l'expression du moment d'inertie du pendule par rapport à (Δ) est : $I = \frac{m}{12}(\ell^2 + 4x^2)$.

2) Déterminer l'expression de l'énergie mécanique du système (pendule, Terre) en fonction de θ, θ', m, x et ℓ.

3) a) Établir l'équation différentielle du second ordre en θ qui régit les oscillations du pendule.

b) Déduire que l'expression de la période propre du pendule est $T_0 = \sqrt{\frac{4x^2 + \ell^2}{x}}$.

4) a) Déterminer la valeur de x pour laquelle T_0 est minimale.

b) Déduire que $T_{0\,(min)} = 1{,}41$ s.

5) À l'aide d'un dispositif de couplage, le pendule (P) joue le rôle d'un excitateur pour un pendule simple (P_1) de longueur $\ell_1 = 65$ cm. Les oscillations de (P) et (P_1) sont faiblement amorties.

a) Sachant que la période propre d'un pendule simple, pour de faibles oscillations, est donnée par $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$, calculer la valeur de la période propre T_{01} de (P_1).

b) i) (P) oscille maintenant avec sa période minimale. On constate que (P_1) n'entre pas en résonance d'amplitude avec (P). Justifier.

ii) On déplace (S) entre O et B. Pour une valeur x_0 de x, on constate que (P_1) oscille avec une grande amplitude. Déterminer la valeur de x_0.