دورة سنة 2006 الاكمالية الاستثنائية	امتحانات الشهادة الثانوية العامة فرع علوم الحياة	وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات

الاسم: الرقم:	مسابقة في مادة الفيزياء المدة: ساعتان

Cette épreuve, formée de trois exercices obligatoires, est constituée de quatre pages numérotées de 1 à 4.

<u>Les calculatrices non programmables sont autorisées.</u>

<u>Premier exercice</u> : (6 ½ pts)

Oscillateur mécanique horizontal

On dispose d'un oscillateur mécanique, constitué d'un solide (S) de masse m = 0,1 kg et d'un ressort de raideur k. (S) peut se déplacer, sans frottement, sur un rail horizontal et son centre d'inertie G sur un axe horizontal x'x .

Un dispositif permet d'enregistrer les positions de G à des intervalles de temps successifs égaux à $\tau = 20$ ms.

On écarte (S) d'une certaine distance, dans le sens positif, à partir de la position d'équilibre O de G puis on le lâche sans vitesse initiale à la date $t_0 = 0$.

Le dispositif d'enregistrement fournit les positions G_0, G_1, G_2, G_3….de G aux dates respectives $t_0=0$, $t_1=\tau$, $t_2=2\tau$, $t_3=3\tau$ ……

Quelques positions de G sont données dans le tableau suivant :

t	0	τ	2τ	3τ	4τ	5τ	6τ
OG = x(cm)	OG_0	$OG_1= 9{,}53$	$OG_2 = 8{,}09$	$OG_3 = 5{,}88$	$OG_4 = 3{,}09$	$OG_5 = 0$	$OG_6= -3{,}09$

1) À la date t, l'abscisse de G est x et la mesure algébrique de sa vitesse est v.
Écrire, en fonction de x, v, m et k, l'expression de l'énergie mécanique du système (oscillateur, Terre), en prenant le plan horizontal passant par G comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

2) Établir l'équation différentielle du second ordre qui régit le mouvement de G.

3) La solution de l'équation différentielle peut se mettre sous la forme :
$x = X_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$ où X_m, ω_0 et φ sont des constantes.

- **a)** Déterminer l'expression de ω_0 en fonction de m et k.
- **b)** Déterminer la position de G pour laquelle la valeur de la vitesse de (S) est maximale (V_{max}).
- **c)** En appliquant le principe de la conservation de l'énergie mécanique, démontrer que : $(V_{max})^2 = v^2 + \omega_0^2 x^2$.

4) En se référant au tableau ci-dessus, montrer que :

- **a)** la valeur de la vitesse à la date t_3 est 1,250 m/s ;
- **b)** la valeur maximale de la vitesse est $V_{max} = 1{,}545$ m/s.

5) Déduire la valeur de k.

<u>Deuxième exercice</u> : (7 pts)

Le condensateur - Un capteur d'humidité

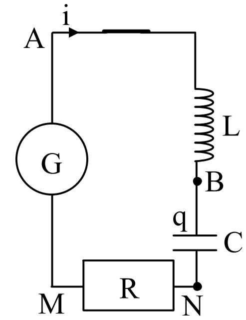


Figure 1

Dans le but de mettre en évidence le rôle du condensateur dans le capteur d'humidité, on réalise le montage de la figure 1.
Ce montage comprend un GBF délivrant entre ses bornes une tension alternative sinusoïdale de fréquence f, une bobine d'inductance L = 0,07 H et de résistance négligeable, un conducteur ohmique de résistance R = 100 KΩ et un condensateur de capacité C.
La tension instantanée aux bornes du GBF est $u_{AM} = U_m \sin \omega t$, ($\omega = 2\pi f$) et l'intensité instantanée i du courant est: $i = I_m \sin(\omega t+\varphi)$

1) On désigne par $u_C = u_{BN}$ la tension instantanée aux bornes du condensateur, par u_{AB} la tension instantanée aux bornes de la bobine et par u_{NM} celle aux bornes du conducteur ohmique.
Montrer que :

a) $i = C \dfrac{du_C}{dt}$.

b) u_C peut se mettre sous la forme : $u_C = \dfrac{-I_m}{C\omega} \cos(\omega t+\varphi)$.

c) $u_{AB} = L\omega I_m \cos(\omega t + \varphi)$.

2) La relation : $u_{AM} = u_{AB} + u_{BN} + u_{NM}$ est vérifiée quelque soit t. En donnant à ω t une valeur particulière, montrer que : $\tan \varphi = \dfrac{\dfrac{1}{C\omega} - L\omega}{R}$.

3) Un oscilloscope, convenablement branché, visualise les variations, en fonction du temps, de u_{AM} et de u_{NM} respectivement sur les voies (Y_1) et (Y_2). Ces variations sont données par l'oscillogramme de la figure 2.

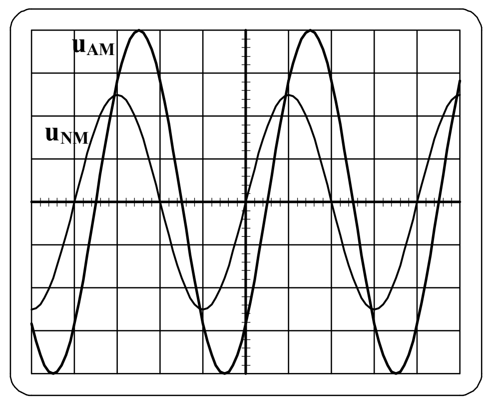


Figure 2

a) Reproduire la figure 1 en montrant le branchement de l'oscilloscope.

b) La courbe représentative de u_{NM} est l' « image » de l'intensité i. Pourquoi ?

c) Trouver la valeur de f , sachant que la sensibilité horizontale est de 5ms/division.

d) Déterminer le déphasage φ entre i et u_{AM} .

4) Déduire la valeur de la capacité C.

5) On fait varier la fréquence f , tout en maintenant constante la valeur efficace de u_{AM} . On constate que, pour une valeur f_1 de f, u_{AM} est en phase avec i.

a) Nommer le phénomène se manifestant dans le circuit.

b) Déduire, de ce qui précède, la relation qui lie L, C et f_1.

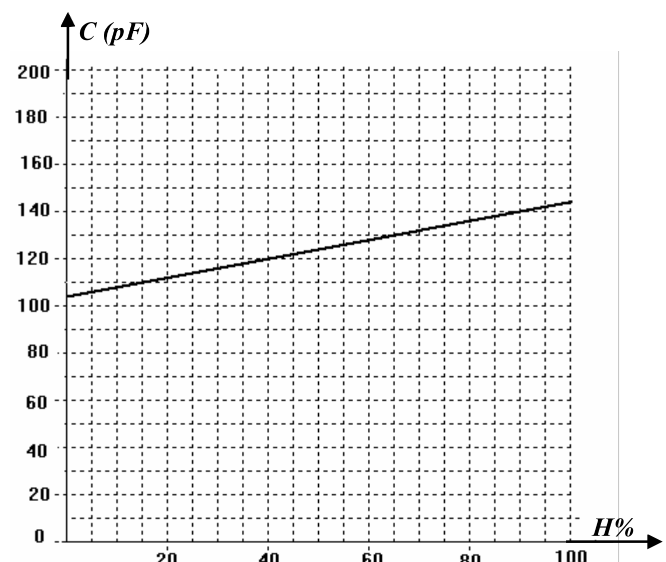


Figure 3

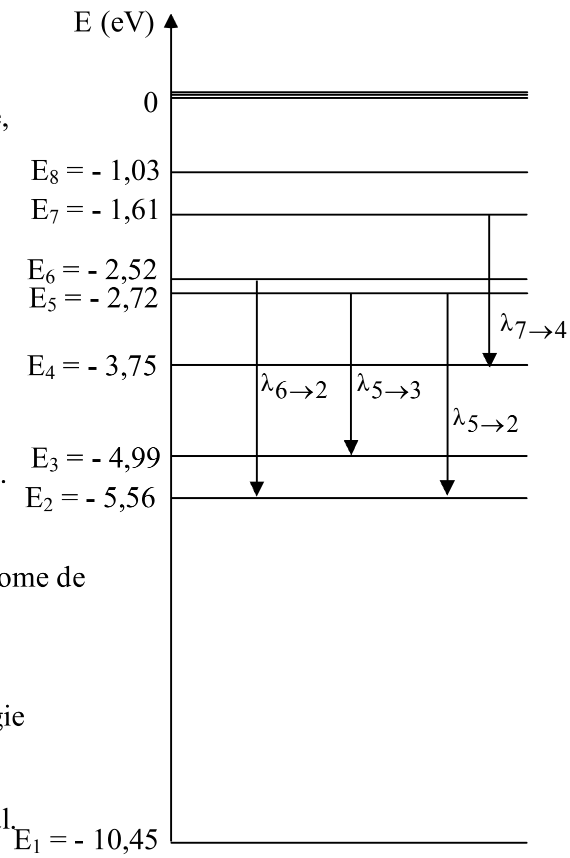
6) Un capteur d'humidité, est assimilé à un condensateur dont la capacité C augmente lorsque le taux d'humidité relative H % de l'air augmente.

Le fabricant nous fournit le graphique donnant les variations de C en fonction du taux d'humidité relative H % (Fig.3). (1 pF = 10^{-12} F).
On remplace le condensateur du circuit de la figure 1 par le capteur.
Pour mesurer la valeur de C, on fait varier la fréquence f ; on constate que la tension u_{AM} et l'intensité i sont en phase pour une fréquence f = $5,20 \times 10^4$ Hz.
Déduire le taux d'humidité relative de l'air dans les conditions atmosphériques de l'expérience.

<u>Troisième exercice</u> : (6 ½ pts)

Spectre d'émission d'une lampe à vapeur de mercure

Le but de l'exercice est de déterminer le spectre d'émission dans le domaine visible d'une lampe à vapeur de mercure.
Le diagramme ci-contre donne, de manière simplifiée, le niveau fondamental E_1, les niveaux excités E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7 , E_8 et le niveau d'ionisation E = 0 de l'atome de mercure.



<u>On donne:</u>
constante de Planck h = $6,62 \times 10^{-34}$ J.s;
célérité de la lumière dans le vide : c = 3×10^8m/s;
1 eV= $1,6 \times 10^{-19}$J;

I- Quantification de l'énergie de l'atome

1) L'énergie de l'atome de mercure est quantifiée. Qu'est-ce qu'on entend par énergie quantifiée?

2) **a)** Que signifie « ioniser » un atome?
b) Calculer, en eV, l'énergie d'ionisation de l'atome de mercure pris dans son état fondamental.

3) Interaction photon-atome.
Un photon ne peut faire passer un atome d'un niveau d'énergie E_P à un niveau supérieur d'énergie E_n que si son énergie est exactement égale à la différence des énergies (E_n - E_P) de l'atome.
L'atome de mercure est dans son état fondamental.

a) Déterminer la longueur d'onde maximale de l'onde associée au photon capable d'exciter cet atome.
b) L'atome de mercure subit l'impact d'un photon de longueur d'onde $\lambda_1 = 2,062 \times 10^{-7}$ m.
i) Montrer que ce photon n'est pas absorbé.
ii) Quel est alors l'état de cet atome ?
c) L'atome reçoit maintenant un photon de longueur d'onde λ_2 . L'atome est ainsi ionisé et l'électron arraché est au repos. Calculer λ_2.

II- Émission par une lampe à vapeur de mercure

Un électron peut faire passer un atome d'un niveau d'énergie E_P à un niveau supérieur d'énergie E_n si son énergie est au moins égale à la différence des énergies (E_n- E_P) de l'atome.
Lors d'une collision électron-atome, l'atome absorbe, de l'électron, une certaine énergie suffisante pour assurer une transition. Le reste de l'énergie est emporté par l'électron sous forme d'énergie cinétique.
Lorsque la lampe à vapeur de mercure est soumise à une tension convenable, une décharge électrique se produit. Des électrons, dont chacun a une énergie cinétique de 9 eV, circulant dans la vapeur de mercure entre les deux électrodes de la lampe, bombardent les atomes gazeux et leur

cèdent de l'énergie. Pour cette lampe, les atomes sont initialement dans l'état fondamental.

1) Vérifier qu'un atome excité ne peut pas dépasser le niveau d'énergie E_7.

2) Le spectre d'émission dans le domaine visible, dû à la désexcitation de l'atome de mercure, est formé de quatre raies de longueurs d'onde :

$\lambda_{7\to4}$; $\lambda_{6\to2}$; $\lambda_{5\to2}$; $\lambda_{5\to3}$ ***(se référer au diagramme).***

Déterminer les longueurs d'onde limites du spectre d'émission visible de la lampe à vapeur de mercure.

<u>Premier exercice</u> : (6 ½ pts)

1) $E_m = E_C + E_{PP} + E_{Pe} = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} kx^2 + 0$ **(1/2 pt)**

2) Les frottements son négligeables

$\Rightarrow \frac{dE_m}{dt} = 0 = mx'x'' + kxx' \Rightarrow x'' + \frac{k}{m}x = 0$.**(1/2 pt)**

3) a- $x' = X_m \omega_0 \cos(\omega t + \varphi) \Rightarrow x'' = -X_m \omega_0^2 \sin(\omega t + \varphi)$; en remplaçant x''et x dans l'équation différentielle on obtient : $-X_m \omega_0^2 \sin(\omega t + \varphi) + \frac{k}{m} X_m \sin(\omega t + \varphi) = 0$

$\Rightarrow X_m \sin(\omega t + \varphi) (-\omega_0^2 + \frac{k}{m}) = 0 \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$

(1 pt)

b- $v = x' = X_m \omega_0 \cos(\omega t + \varphi)$; $|v|$ est max. si $\cos(\omega t + \varphi) = \pm 1 \Rightarrow x = 0$.(ou d'après la cons. de l'E_m) **(1 pt)**

c- Em = cte = E_m (au point O) = E_m (au point quelconque d'abscisse x et de vitesse v). Soit $\frac{1}{2} m (V_{max})^2 = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} kx^2 \Rightarrow (V_{max})^2 = v^2 + \omega_0^2 x^2$ **(1pt)**

4) a- $v_3 = \frac{G_4G_2}{2\tau} = 1{,}250$ m/s. **(1/2pt)**

b- $V_{max} = v_O = \frac{G_6G_4}{2\tau} = 1{,}545$ m/s. **(1/2pt)**

5) En utilisant la relation $(V_{max})^2 = v^2 + \omega_0^2 x^2$ au point d'abscisse $x_3 = 5{,}88$ cm, on obtient : $\omega_0 = 15{,}44$ rad/s.

(1pt)

La relation $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ donne k = 23,85 N/m. **(1/2 pt)**

Deuxième exercice : (7 pts)

1) a- $i = dq / dt$ et $q = C u_C$ d'où $i = C du_C / dt$. **(1/2 pt)**

b- $u_C = \frac{1}{C}\int i dt = \frac{-I_m}{C\omega}\cos(\omega t+\varphi)$. **(1/2 pt)**

c- $u_{AB} = L di/dt = L\omega I_m \cos(\omega t + \varphi)$ **(1/2pt)**

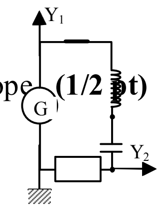
2) $u_{AM} = u_{AB} + u_{BN} + u_{NM}$

$\Rightarrow U_m \sin\omega t = L\omega I_m\cos(\omega t + \varphi) -$
$(I_m / C \omega)\cos(\omega t + \varphi)+RI_m\sin(\omega t + \varphi)$.

Pour $\omega t = 0$ $\Rightarrow$ $0 = L\omega I_m\cos \varphi - (I_m/C \omega)\cos \varphi + RI_m\sin \varphi$

D'où $\tan \varphi = \frac{\frac{1}{C\omega} - L\omega}{R}$. **(1 pt)**

3) 3) a- branchement de l'oscilloscope **(1/2 pt)**



b- $u_{CM} = Ri$ $i = u_{NM}/cte$ donc la courbe représentative de u_{NM} est l' « image » de i **(1/2 pt)**

c- $T \rightarrow 4$ div $\Rightarrow T = 20$ ms $\Rightarrow f = 50$ Hz **(1/2 pt)**

d- $|\varphi| = \frac{\pi}{4}$ rad **(1/2 pt)**

4) $\omega = \frac{2\pi}{T} = 100\,\pi$, la relation $\tan \varphi = \frac{\frac{1}{C\omega} - L\omega}{R}$
donne $C = 32$ nF **(1/2pt)**

5) a- Le circuit est dans l'état de résonance d'intensité **(1/2pt)**

b- À la résonance d'intensité on a : $\varphi = 0 \Rightarrow \frac{1}{C\omega} - L\omega = 0 \Rightarrow 4\,\pi^2 LCf_1^{\,2} = 1$ **(1/2pt)**

6) C = 132 pF Graphiquement, on trouve pour C=132 pF, le taux d'humidité relative de l'air est 70 %. **(1 pt)**

<u>Troisième exercice</u> : (6 ½ pts)

I -

1) Seules certaines valeurs de l'énergie de l'atome sont permises **(1/2 pt)**

2) **a-** Donner à l'atome une énergie permettant de lui arracher un électron **(1/2 pt)**

b- E(ionisation) = $E - E_1 = 0 - (-10{,}45) = 10{,}45$ eV. **(1/2 pt)**

3) **a-** $\lambda = \frac{hc}{E_n - E_1}$.

λ_{max} correspond a $(E_n)_{min} \Leftrightarrow n = 2 \Rightarrow \lambda_{max} = 2{,}54 \times 10^{-7}$ m **(1 pt)**

b- **i)** Pour λ_1, L'énergie d'un photon est:

$E = \frac{hc}{\lambda} = 9{,}63.10^{-19}$ J = 6,02 eV; le niveau d'énergie de l'atome doit être $E_1 + E = -4{,}43$ eV ; or ce niveau n'existe pas sur le diagramme des énergies , le photon n'est pas donc absorbé. **(1 pt)**

ii) l'atome reste dans son état fondamental **(1/4 pt)**

c- W= 10,45 eV $\Rightarrow$ $\lambda_2 = 1{,}188.10^{-7}$ m. **(3/4 pt)**

II-**1-** $E_1 + 9 = (-10{,}45) + 9 = -1{,}45\text{eV} < E_8$ **(1 pt)**

2- $(\Delta E)_{6\to2} = 3{,}04$ eV; $(\Delta E)_{5\to3} = 2{,}27$ eV; $(\Delta E)_{7\to4} = 2{,}14$ eV

$(\Delta E)_{5\to2} = 2{,}84$ eV. $(\Delta E)_{max} = 3{,}04$ eV et $(\Delta E)_{min} = 2{,}14$ eV

$\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$

$\lambda_{min} \Rightarrow (\Delta E)_{max} = E_6 - E_2$ d'où $\lambda_{6\to2} = 408{,}3$ nm

$\lambda_{max} \Rightarrow (\Delta E)_{min} = E_7 - E_4$ d'où $\lambda_{7\to4} = 580{,}0$ nm **(1pt)**