وزارة التربية والتعليم العالي
المديرية العامة للتربية
دائرة الامتحانات

امتحانات شهادة الثانوية العامة
فرع العلوم العامة

دورة سنة 2001 العادية

مسابقة في الفيزياء المدة: ثلاث ساعات	الاسم : الرقم :

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

L'usage des calculatrices non programmables est autorisé.

<u>Premier exercice :</u> (7 pts) Balancier d'une horloge

A- Oscillations libres non amorties

Un pendule simple est constitué d'une particule de masse m = 100 g, fixée à l'extrémité libre A d'une tige OA de longueur OA = L = 25 cm et de masse négligeable.

Ce pendule oscille, sans frottement, autour d'un axe horizontal (Δ) passant par l'extrémité O de la tige. L'amplitude des oscillations est θ_m.

Le plan horizontal passant par A_o, position d'équilibre de A, est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur. Prendre $g = 10\ m/s^2$ et $\pi^2 = 10$.

1) Déterminer, pour une élongation angulaire quelconque θ, l'expression de l'énergie mécanique du système (pendule – Terre) en fonction de m, g, L, θ et de la vitesse angulaire θ'.
2) Etablir l'équation différentielle du second ordre qui décrit le mouvement du pendule.
3) A quelle condition doit satisfaire θ_m, pour que le mouvement du pendule soit harmonique simple (sinusoïdal de rotation)? Déterminer, dans ce cas, l'expression de la période propre T_o du pendule, et calculer sa valeur.

B- Oscillations entretenues

Le balancier d'une horloge est assimilé au pendule précédent. On remarque que l'amplitude du mouvement du balancier passe de 10° à 8° au bout de 5 oscillations lorsque les oscillations du balancier ne sont pas entretenues.

1) A quoi est due cette diminution de l'amplitude?
2) Le mouvement du balancier est-il périodique ou pseudo-périodique? Pourquoi?
3) Un dispositif approprié permet d'entretenir ces oscillations. Calculer sa puissance moyenne.

<u>Deuxième exercice</u> (6 points) **Détermination de la longueur d'onde d'une lumière**

A- Méthode de diffraction

La lumière monochromatique issue d'une source laser de longueur d'onde A éclaire, sous une incidence normale, une fente F_1 très fine de largeur a_1 = 0,1 mm, pratiquée dans un écran opaque (E_1). On observe le phénomène de diffraction sur un écran (E_2) parallèle à (E_1) et situé à une distance D = 4 m de ce dernier (fig. 1).

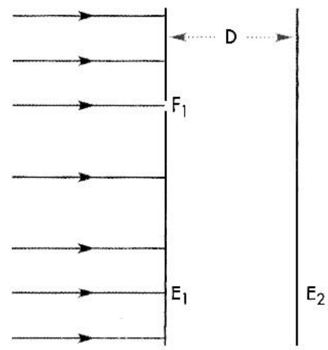


fig. 1

La frange brillante centrale obtenue sur (E_2) a une largeur L = 5 cm.

1) Décrire la figure de diffraction observée sur (E_2).
2) Le phénomène de diffraction met en évidence un certain aspect de la lumière. Lequel?
3) Calculer la largeur angulaire de la frange centrale.
4) Calculer la valeur de λ.

B- Méthode des interférences lumineuses

Les positions de la source laser et des écrans n'étant pas modifiées, on pratique dans (E_1), à une distance a = 1 mm de F_1 une deuxième fente F_2 parallèle et identique à F_1. On réalise ainsi le dispositif des fentes de Young (fig. 2).

On observe alors sur (E_2) un système de franges d'interférences. La distance entre le centre O de la frange brillante centrale et celui de la frange brillante d'ordre quatre est de 1 cm.

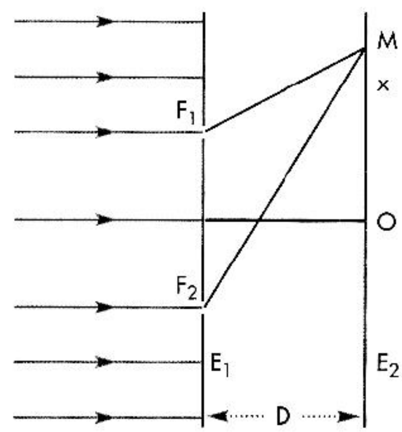


fig. 2

1) A quoi est due la formation des franges d'interférences?
2) Décrire l'aspect des franges observées sur (E_2).
3) On considère un point M quelconque sur (E_2) repéré par son abscisse x comptée à partir de O.
   a) Ecrire l'expression qui donne en M, la différence de marche optique $\delta = F_2M - F_1M$ en fonction de a, x et D.
   b) Déduire l'expression donnant les abscisses des centres des franges brillantes.
   c) Calculer la valeur de λ.

<u>Troisième exercice</u> (6 ½ points) Niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène

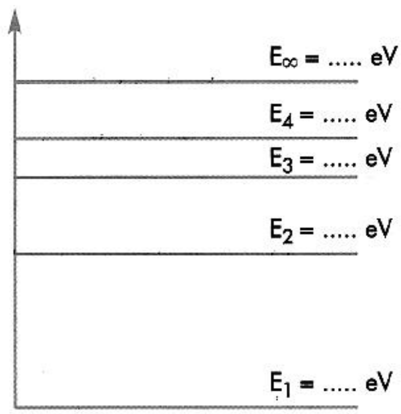
Données:

- Constante de Planck: $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J.s
- Célérité de la lumière dans le vide: $c = 3 \times 10^{8}$ ms^{-1}
- Masse de l'électron: $m = 9{,}1 \times 10^{-31}$ kg
- 1 eV = $1{,}6 \times 10^{-19}$ J
- Limites du spectre visible dans le vide: 400 nm $\leq \lambda \leq$ 800 m.

Les niveaux de l'énergie quantifiée de l'atome d'hydrogène sont donnés par la formule:

$E_n = \frac{E_0}{n^2}$ où E_0 = 13,6 eV et n un entier $\geq$ 1.

A- Spectre de raies



1) Expliquer brièvement la signification de l'expression "énergie quantifiée" et dire pourquoi les spectres (d'absorption ou d'émission) de l'hydrogène sont constitués de raies.

2) Calculer les valeurs des énergies correspondant aux niveaux n = 1, 2, 3, 4 et n = ∞. Reproduire et compléter le diagramme ci-contre.

B- Excitation de l'atome d'hydrogène

L'atome d'hydrogène est dans son état fondamental.

1) Calculer l'énergie minimale d'un photon capable:

a) d'exciter cet atome; b) d'ioniser cet atome.

2) L'atome d'hydrogène reçoit séparément trois photons d'énergies respectives:
a) 11 eV b) 12,75 eV c) 16 eV

Préciser dans chaque cas l'état de l'atome. Justifier.

3) L'atome, toujours dans son état fondamental, reçoit maintenant un photon d'énergie E. Un électron de vitesse $V = 7 \times 10^{5}$ ms^{-1} est alors émis. Calculer E.

C- Désexcitation de l'atome d'hydrogène

L'atome d'hydrogène se trouve dans l'état correspondant au niveau d'énergie n = 3.

1) Préciser toutes les transitions possibles de l'atome lors de sa désexcitation.

2) Parmi les radiations émises, une est visible. Calculer sa longueur d'onde dans le vide.

Quatrième exercice (8 pts) Caractéristiques d'une bobine

On se propose de déterminer par deux méthodes, l'inductance L et la résistance r d'une bobine B.

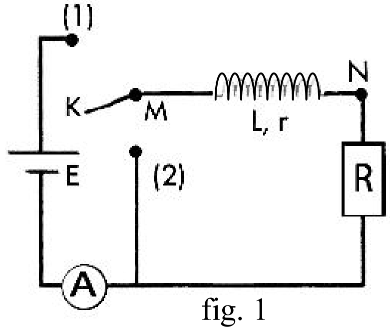


fig. 1

A- On place la bobine B dans un circuit comportant: un conducteur ohmique de résistance $R = 50\ \Omega$, une pile de f.é.m. $E = 6$ V et de résistance interne négligeable, un interrupteur K et un ampèremètre comme l'indique la figure 1.

1) On ferme le circuit en basculant l'interrupteur K en position (1). L'ampèremètre indique le passage d'un courant d'intensité i_1.

a) Ecrire, en régime transitoire, l'expression de la tension u_{MN} aux bornes de la bobine.

b) En régime permanent, l'ampèremètre indique $I_0 = 100$ mA. Quelle caractéristique L ou r de la bobine peut-on alors déterminer? Justifier. Calculer sa valeur.

2) A un instant $t_0 = 0$, pris comme origine des temps et, en un temps très court, on bascule l'interrupteur K en position 2 en admettant qu'il n'y a pas de perte d'énergie.

a) Etablir l'équation différentielle qui régit les variations de l'intensité i_2 du courant dans le nouveau circuit.

b) Vérifier que $i_2 = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$ (où $\tau = \frac{L}{R + r}$) est une solution de cette équation. Calculer alors la valeur I de i_2 pour $t = \tau$.

c) Le graphique de la figure 2 représente les variations de i_2 en fonction du temps.

Déterminer, d'après ce graphique, la valeur de τ.

Déduire alors la valeur de l'autre caractéristique de la bobine.

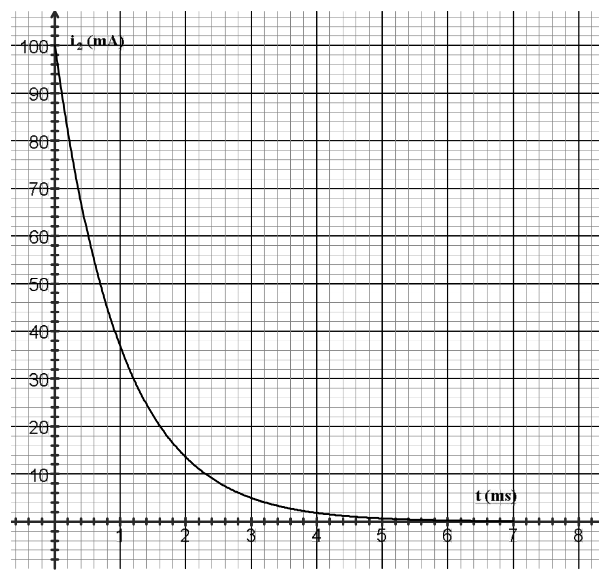


fig. 2

B- Pour s'assurer des valeurs de r et L obtenues dans la partie A, on branche en série la bobine B, le conducteur ohmique de résistance R et un condensateur de capacité $C = 47\ \mu F$ aux bornes d'un G.B.F. réglé sur le signal sinusoïdal de fréquence f (fig. 3).

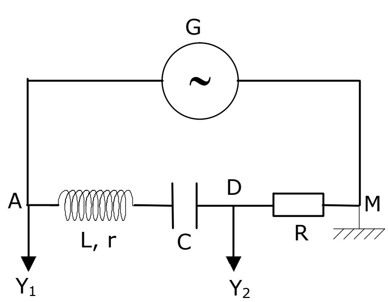


fig. 3

Sensibilité horizontale: 2 ms/div.
Sensibilité verticale sur la voie Y_1: 2 V/div.
Sensibilité verticale sur la voie Y_2: 5 V/div.

On visualise sur l'écran d'un oscilloscope, la tension $u_G = u$, aux bornes du générateur, sur la voie Y_1 et la tension $u_R = u_{DM}$ aux bornes du conducteur ohmique sur la voie Y_2. Pour une valeur bien déterminée de f, on obtient les deux oscillogrammes de la figure 4.

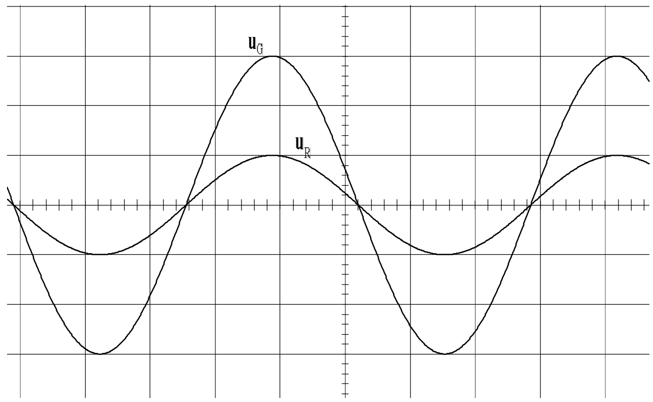


fig. 4

1) Les deux oscillogrammes mettent en évidence un phénomène physique. Lequel? Justifier.

2) Déterminer la valeur de f correspondante et en déduire la valeur de L.

3) Déterminer les valeurs maximales U_m de la tension u_G et I_m de l'intensité i. Déduire la valeur de r sachant que, dans ce cas, on a: $\dfrac{U_m}{I_m} = R + r$.

Solution

Premier exercice (7 points)

A-1)

$$E_m = E_c + E_{pp} = \frac{1}{2} I\theta'^2 + mgh;\ I = mL^2 \text{ et } h = L\text{-}L\cos\theta$$

(1,5 pts)

$$E_m = \frac{1}{2} mL^2\theta'^2 + mg(L\text{-}L\cos\theta)$$

2) Le système (pendule, Terre) est isolé. E_m est conservée:

$$\frac{dE_m}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{1}{2} mL^2 2\theta'\theta'' + mgL(\sin\theta)\theta' = 0$$

(1,25 pts)

$$\theta'' + \frac{g}{L}\sin\theta = 0$$

3) Dans le cas où l'amplitude est faible, $\sin\theta \approx \theta$:

$\theta'' + \frac{g}{L}\sin\theta = \theta'' + \frac{g}{L}\theta$; elle est de la forme $\theta'' + \omega_o^2\theta = 0$, le mouvement est un mouvement harmonique simple de pulsation propre $\omega_o = \sqrt{\frac{g}{L}}$ et de période $T_o = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 1\text{s}$. (1,25 pts)

B-

1) La diminution est due aux frottements. (0,5 pt)

2) Le mouvement est pseudo-périodique car l'amplitude diminue au cours du mouvement. (1 pt)

3) $\theta_{m1} = 10^o$ et $\theta' = 0$ rad $\Rightarrow$ $E_{m1} = 3{,}798 \times 10^{-3}$ J

$\theta_{m2} = 8^o$ et $\theta' = 0$ rad $\Rightarrow$ $E_{m2} = 2{,}433 \times 10^{-3}$ J

$\Delta E_m = E_{m2} - E_{m1} = -1{,}365 \times 10^{-3}$ J

$$P = \frac{|\Delta E_m|}{5xT} \approx \frac{|\Delta E_m|}{5xT_o} = 0{,}273\ x10^{-3}\ W$$ (1,5 pts)

Deuxième exercice (6 ½ points)

A)

1) On observe des franges alternativement brillantes et sombres dans une direction perpendiculaire à la fente.
La largeur de la frange centrale est double que celles des autres franges. (0,75 pt)

2) Le phénomène de diffraction met en évidence l'aspect ondulatoire de la lumière. (0,25 pt)

3) $\alpha = \frac{L}{D} = 0{,}0125$ rad (1 pt)

4) $\theta_n = \frac{n\lambda}{a_1}$, pour la première frange sombre $\theta_1 = \frac{1x\lambda}{a_1}$.

$$\alpha = 2x\theta_1 = \frac{2\lambda}{a_1} \Rightarrow \lambda = \frac{\alpha \times a_1}{2} = 0{,}625\ x10^{-6}\text{m}.$$ (0,75 pt)

B-

1) Les franges d'interférences sont dues à la superposition des ondes lumineuses provenant de F_1 et de F_2. (0,5 pt)

2) Les franges d'interférences sont rectilignes, parallèles, équidistantes et alternativement brillantes et sombres. (0,75 pt)

3)

a) $\delta = MF_2 - MF_1 = \frac{ax}{D}$. (0,25 pt)

b) Les franges brillantes sont définies par $\delta = k\lambda$ d'où $x = k\frac{\lambda D}{a}$. (1 pt)

c) $k = 4$; $x = 0.01$ m $\Rightarrow \lambda = 4\frac{x.a}{D} = 0,625 \text{ x}10^{-6}$m. (0,75 pt)

Troisième exercice (6 ½ points)

1) L'énergie est quantifiée car les valeurs correspondantes aux différents niveaux sont particulières et discrètes, ce qui produit des spectres constitués des raies discontinues. (1 pt)

2) $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ (en eV)

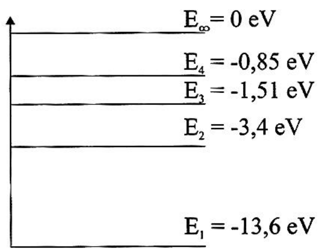
$E_1 = E_o = -13,6$ eV;

$E_2 = -3,4$ eV;

$E_3 = -1,51$ eV;

$E_4 = -0,85$ eV

$E_\infty = 0$ eV. (1,5 pts)



B-

1) a) $E_2 - E_1 = -3,4 - (-13,6) = 10,2$ eV (0,5 pt) b) $E_\infty - E_1 = 13,6$ eV (0,5 pt)

2)

a) Pour E = 11 eV, on a $E_n - E_o = 11$, ainsi $-\frac{13,6}{n^2} = 2,6 \Rightarrow n = 2,28 \notin \mathbb{N}$ alors l'atome n'absorbe pas le photon; il reste dans son état fondamental. (0,5 pt)

b) Pour E = 12,75 eV, ainsi $n = 4 \in \mathbb{N}$ alors l'atome absorbe le photon et passe au niveau d'excitation d'ordre 4. (0,5 pt)

c) Pour E = 16 eV > 13,6 eV; l'atome est ionisé et le reste de l'énergie E se transforme à Ec à l'électron. (0,5 pt)

3) $E = |E_o| + E_{c(\text{in eV})} = 13,6 + 1,4 = 15$ eV (0,5 pt)

C)

1) Les transitions possibles sont : a) $n = 3 \rightarrow n = 1$; b) $n = 3 \rightarrow n = 2$; c) $n = 2 \rightarrow n = 1$. (0,25 pt)

2) La désexcitation de l'atome d'hydrogène ($n = 3 \rightarrow n = 2$) appartient à la série de Balmer qui est visible.

$\frac{h.c}{\lambda} = (E_3 - E_2)_{\text{en J}} \Rightarrow \lambda = 0,656 \text{ x}10^{-6}$ m (0,75 pt)

Quatrième exercice (8 points)

A- 1)

a) $u_{MN} = ri_1 + L\frac{di_1}{dt}$ (0,5 pt)

b)) En régime permanent, $\frac{di}{dt} = 0$ et la tension aux bornes de la bobine devient $u_{MN} = r.I_o$.

$E = u_{MN} + u_R = r.I_o + RI_o = I_o(r+R) \Rightarrow R + r = \frac{E}{I_o} = 60\ \Omega \Rightarrow r = 10\ \Omega$ (1,25 pts)

2)

a) $0 = ri_2 + L\frac{di_2}{dt} + Ri_2 \Leftrightarrow L\frac{di_2}{dt} + (R+r)i_2 = 0$ (0,5 pt)

b) $i_2 = I_o e^{-\frac{t}{\tau}}$; $\frac{di_2}{dt} = -\frac{I_o}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow -L - \frac{I_o}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} + (R+r)I_o e^{-\frac{t}{\tau}} = 0$ .Alors $i_2 = I_o e^{-\frac{t}{\tau}}$ est une solution.

$t = \tau$; I = 0,037 A = 37 mA (0,75 pt)

c) Sur le graphique, pour i_2 = 37 mA, $t = \tau$ = 1 ms = 10^{-3} s. $\tau = \frac{L}{R+r} \Rightarrow L = \tau(R+r) = 0{,}06$ H (1 pt)

B-

1) Le phénomène est le phénomène de résonance d'intensité car u_G et i sont en phase (u_R est l'image de i). (1 pt)

2) T_o = 5,3 (div) x 2 = 10,6 ms, f_o = 94 Hz. (0.75 pt)

$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow L = \frac{1}{4\pi^2 f_o^2 C} = 59{,}7\ \text{x}10^{-3}$ H = 59,7 mH (0,5 pt)

3) U_{Rm} = 5 V $\Rightarrow$ I_m = 0,1 A

U_m = 3 (div) x 2 = 6 V

$U_m = I_m(R+r) \Leftrightarrow (R+r) = \frac{U_m}{I_m} = 60 \Rightarrow r = 10\ \Omega.$ (1,5 pts)