امتحانات شهادة الثانوية العامة
فرع العلوم العامة

دورة سنة ٢٠٠٤ العادية

مسابقة في الفيزياء	الاسم :
المدة : ثلاث ساعات	الرقم :

Cette épreuve, constituée de quatre pages numérotées de 1 à 4, comporte quatre exercices obligatoires. L'usage des calculatrices non programmables est autorisé.

Premier exercice (7 points) Système de suspension d'une voiture

Une voiture roule sur une route comportant des bosses régulièrement espacées. La distance entre deux bosses consécutives est d, et la valeur de la vitesse de la voiture est V.
Pour étudier les effets des bosses sur le comportement de la voiture, on assimile cette voiture et son système de suspension à un oscillateur mécanique (pendule élastique) dont la durée d'une oscillation est T.

A- Étude de T

1. Étude théorique

On dispose d'un pendule élastique horizontal constitué d'un solide de masse m attaché à un ressort de raideur k et de masse négligeable, l'autre extrémité du ressort étant fixée à un support. Les forces de frottement sont supposées négligeables. Le centre d'inertie G du solide peut se déplacer sur un axe horizontal Ox.
Le niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur est le plan horizontal passant par le centre d'inertie du solide.
Lorsque le solide est au repos, G coïncide avec le point O choisi comme origine des abscisses.
On écarte le solide de sa position d'équilibre d'une distance x_m, puis on l'abandonne sans vitesse initiale à la date $t_0 = 0$.
À un instant t, l'abscisse du centre d'inertie du solide est x, et la mesure algébrique de sa vitesse est v.

a. À partir de l'expression de l'énergie mécanique du système (pendule –Terre), déterminer l'équation différentielle du second ordre qui régit le mouvement du solide.
b. Déduire l'expression de sa période propre T_0 .

2. Étude expérimentale

Pour mettre en évidence les effets de la masse du solide et de la raideur du ressort sur la durée T d'une oscillation d'un pendule élastique horizontal, on dispose de quatre ressorts de raideurs différentes et de quatre solides de masses différentes.
Dans chaque expérience, on mesure, à l'aide d'un chronomètre, la durée Δt de 10 oscillations effectuées par chaque pendule.

a) Influence de la masse m du solide

Dans une première expérience, les quatre solides sont accrochés séparément à l'extrémité libre du ressort de raideur k = 10 N / m. Les valeurs de Δt sont inscrites dans le tableau suivant.

m (g)	50	100	150	200
Δt (s)	4,5	6,3	7,7	8,9

Déterminer, à partir du tableau, les valeurs du rapport T^2 / m. Conclure.

b) Influence de la raideur k du ressort.

Dans une deuxième expérience, le solide de masse m = 100 g, est accroché successivement à l'extrémité libre de chacun des quatre ressorts. Les nouvelles valeurs de Δt sont inscrites dans le tableau suivant.

k (N / m)	10	20	30	40
Δt (s)	6,3	4,5	3,7	3,2

Déterminer, à partir de ce deuxième tableau, les valeurs du produit $T^2 \times k$. Conclure.

c) Expression de T

Déduire que T peut s'écrire sous la forme $T = A\sqrt{\frac{m}{k}}$ où A est une constante.

B- <u>Oscillations de la voiture</u>

1) La voiture, conducteur seul, est un oscillateur mécanique de période propre voisine de 1 s. Elle se déplace à la vitesse V = 36 km / h sur une route comportant des bosses distantes de d = 10 m. La voiture entre alors en résonance.
   a. Préciser l'excitateur et le résonateur
   b. Expliquer pourquoi la voiture entre en résonance.
   c. Comment le conducteur peut-il éviter cette résonance ?
2) La voiture, conducteur plus quatre passagers, se déplace sur la même route et à la même vitesse de 36 km / h. Elle n'entre pas en résonance. Pourquoi ?

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

Les énergies des différents niveaux de l'atome d'hydrogène sont données par la relation :

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

Données :
- Constante de Planck : $h = 6{,}63.10^{-34}$ J.s
- 1 eV = $1{,}6.10^{-19}$ J
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3.10^{8}$ m/s
- 1 nm = 10^{-9} m.

A- <u>Énergie de l'atome d'hydrogène</u>

1) Les énergies de l'atome sont quantifiées. Justifier en utilisant l'expression de E_n.
2) Déterminer l'énergie de l'atome d'hydrogène quand il est:
   a. dans l'état fondamental.
   b. dans le deuxième état excité.
3) Nommer l'état pour lequel l'énergie de l'atome d'hydrogène est nulle.

B- <u>Spectres de l'atome d'hydrogène</u>

1. Spectre d'émission

La série de Balmer de l'atome est l'ensemble des radiations émises par l'atome d'hydrogène excité lorsqu'il revient au niveau n = 2. Les valeurs des longueurs d'onde, dans le vide, des radiations visibles de cette série sont :

411 nm ; 435 nm ; 487 nm ; 658 nm.

a. Préciser, en le justifiant, la longueur d'onde λ_1 de la radiation visible dont l'énergie est la plus grande.
b. Déterminer la transition correspondant à la radiation de longueur d'onde λ_1.
c. Déduire les transitions correspondant aux trois autres radiations visibles.

2. Spectre d'absorption

Les radiations émises par le Soleil traversent un gaz constitué principalement d'hydrogène. L'étude du spectre d'absorption révèle la présence de raies noires.

Préciser, en le justifiant, le nombre et les longueurs d'ondes correspondant à ces raies.

C- Interaction photon - atome d'hydrogène

1. On envoie, séparément, sur un atome d'hydrogène, pris dans son état fondamental, deux photons d'énergies 3,40 eV et 10,2 eV.
Préciser, en le justifiant, le photon absorbé.

2. Un atome d'hydrogène, se trouvant dans son état fondamental, absorbe un photon d'énergie 14,6 eV. L'électron de cet atome est alors éjecté.

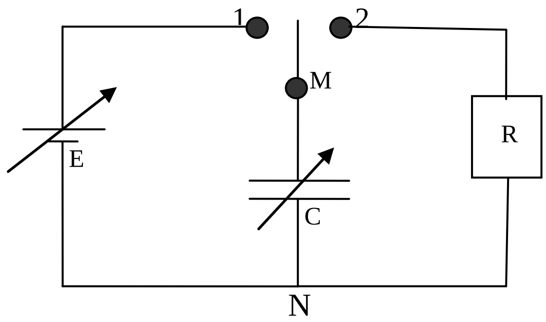
a. Justifier l'éjection de l'électron.

b. Calculer alors son énergie cinétique en eV.

Troisième exercice (7 points) Un condensateur pour sauver la vie

Pour sauver la vie d'un patient dont le cœur est en contraction désordonnée des fibres musculaires, on lui fait subir des chocs électriques délivrés par un dispositif approprié.

Pour étudier le fonctionnement de ce dispositif, on dispose d'une source de tension continue de valeur E réglable, d'un commutateur, d'un conducteur ohmique de résistance R et d'un condensateur initialement neutre de capacité C ajustable. On réalise le circuit schématisé dans la figure ci-contre.



A. Étude théorique

1. Le commutateur est dans la position (1).

a. Donner le nom du phénomène physique qui aura lieu dans le condensateur.

b. Préciser les valeurs de l'intensité du courant électrique et de la tension u_{MN} après quelques secondes.

2. Le commutateur est placé ensuite dans la position (2) à la date $t_0 = 0$.

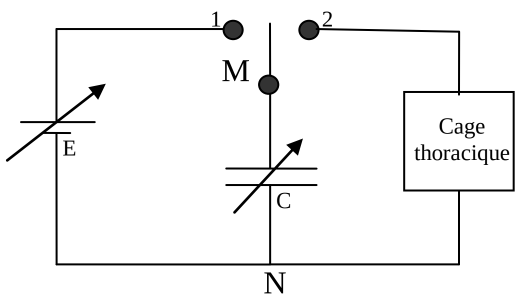
a. Établir, à la date t, l'équation différentielle donnant l'évolution de la tension $u_C = u_{MN}$ en fonction du temps.

b. L'expression $u_C = A e^{\frac{-t}{\tau}}$, où A et τ sont des constantes, est solution de cette équation. Déterminer les expressions de A et τ en fonction de E, R et C.

c. Établir l'expression donnant l'intensité i du courant de décharge en fonction du temps.

B. Utilisation du dispositif

Au bout d'un choc électrique, l'énergie nécessaire pour sauver la vie du patient est de 360 J. Cette énergie sera fournie dans sa cage thoracique pendant la durée t_1 contrôlée par le commutateur ; cette cage se comportant comme un conducteur ohmique de résistance 50 Ω.



Le condensateur, réglé à la capacité de 1 millifarad, est chargé sous la tension de 1810 V.

1. Déterminer l'énergie emmagasinée dans ce condensateur à la fin de la charge.
2. La décharge commence à l'instant $t_0 = 0$. À l'instant t_1, dès qu'une énergie de 360 J a été délivrée au patient, le commutateur ouvre le circuit.

a. Calculer l'énergie restant dans le condensateur à l'instant t_1.

b. En utilisant le résultat de l'étude théorique, déterminer :

i. la durée t_1.

ii. l'intensité du courant à la fin du choc électrique.

<u>Quatrième exercice</u> (7½ pts) Bobine dans un circuit électrique

On dispose d'un générateur de tension continue (E ; r), d'une bobine (L ; R_1), d'un conducteur ohmique de résistance $R_2 = 100\ \Omega$, de deux lampes (C_1) et (C_2), d'un oscilloscope et d'un interrupteur K.

A- <u>Étude qualitative</u>

Dans le but d'étudier le rôle de la bobine dans un circuit électrique, on réalise le circuit de la figure 1.
On ferme K. L'une de deux lampes s'allume avant l'autre.
Expliquer le phénomène dû au retard entre l'éclairage des deux lampes.

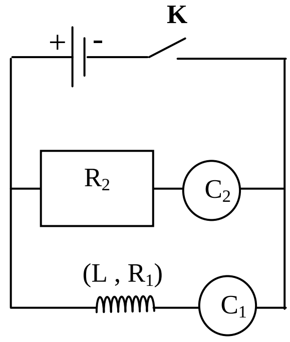


fig.1

B- <u>Étude quantitative</u>

Dans le but de déterminer les caractéristiques (L ; R_1) de la bobine et (E, r) du générateur, on réalise le circuit de la figure 2.
Prendre $R = R_1 + R_2 + r$ la résistance totale du circuit.

I- Étude analytique de l'établissement du courant

À la date $t_0 = 0$, on ferme l'interrupteur K.
À une date t, le circuit est parcouru par un courant électrique d'intensité i.

1) En appliquant la loi d'additivité des tensions, établir l'équation différentielle du premier ordre qui décrit l'évolution de i en fonction du temps.
2) La solution de cette équation différentielle est de la forme : $i = a + be^{-t/\tau}$ où a, b et τ sont des constantes.
   a. Déterminer les expressions de a, b et τ en fonction de R, E et L.
   b. En déduire que $i = \frac{E}{R}(1 - e^{-t/\tau})$.

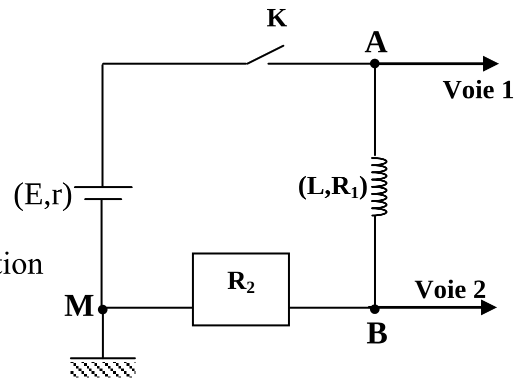


fig.2

II- Détermination des valeurs de E, r, R_1 et L

Un oscilloscope, branché comme l'indique la figure 2, permet de visualiser l'évolution, en fonction du temps, de deux tensions représentées par les deux courbes (a) et (b) de la figure 3.

1) a- Préciser la tension u_1 visualisée sur la voie 1.
   b- Déterminer l'expression de u_1 en fonction de t.
2) a- Préciser la tension u_2 visualisée sur la voie 2.
   b- Donner l'expression de u_2 en fonction de t.
3) a- Donner les valeurs de u_1 et u_2 à la date $t_0 = 0$.
   b- Déduire la valeur de E.
4) En utilisant les courbes (a) et (b), déterminer :
   a- la valeur de τ.
   b- les valeurs de r et R_1 .
5) Calculer L.

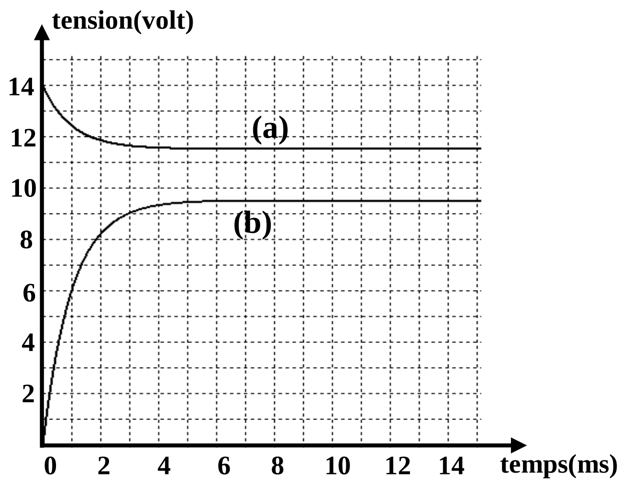


fig. 3

Premier exercice

A) 1 – a) $E_m = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2$; frottement négligeable.

$\Rightarrow \frac{dE_m}{dt} = 0 \Rightarrow kxv + mvx'' = 0 \Rightarrow x'' + \frac{k}{m}x = 0$

b) $\omega_0^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$; $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} \Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

2 – a) $\frac{T^2}{m} = 4$ (S.I) $\Rightarrow \frac{T^2}{m} = cte$.

b) $T^2 \times k = 4$ (S.I) $\Rightarrow T^2 \times k = cte$

c) T est proportionnelle à $\sqrt{m}$ et T est inversement proportionnelle à $\sqrt{k} \Rightarrow T = A\sqrt{\frac{m}{k}}$

B) 1 – a) L'excitateur est l'ensemble des bosses; le résonateur est la voiture .

b) La voiture subit des impulsions périodiques de période :

$T' = \frac{d}{V} = 1s$; $T_0 = 1$ s. $\Rightarrow T' = T_0 \Rightarrow$ Résonance

c) La masse augmente $\Rightarrow T_0$ augmente $\Rightarrow T_0 \neq T'$

Deuxième exercice

A) 1 – $E_1 = -13{,}6$ eV ; $E_2 = -3{,}4$ eV ; $E_3 = -1{,}51$ eV ; $E_\infty = 0$

$\Rightarrow$ Les valeurs des énergies sont discontinues.

2 – a) $E_{f.}$ correspond à n = 1 $\Rightarrow E_{f.} = -13{,}6$ eV

b) Deuxième état excité pour n = 3 $\Rightarrow E_3 = -1{,}51$ eV.

3 – état ionisé

B) 1 – a) $E = \frac{hc}{\lambda}$ où l'énergie d'un photon est inversement proportionnelle à $\lambda \Rightarrow \lambda_1 = 411$ nm

b) $\frac{hc}{\lambda} = E_i - E_f \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = \left(\frac{-13{,}6}{n^2} + \frac{13{,}6}{4}\right) 1{,}6 \times 10^{-19}$ J ;

pour $\lambda = \lambda_1$; n = 6

c) Les trois autres transitions correspondent à : n = 5 ; n = 4 ; n = 3 .

2 – Chaque raie noire du spectre d'absorption correspond à une raie brillante, de même longueur d'onde, du spectre d'émission.

On a 4 raies brillantes $\Rightarrow$ on a 4 raies noires de longueur d'onde : 411 nm ; 487 nm ; 658 nm

C) 1 - $-13{,}6 + 3{,}4 = -10{,}2 = \frac{-13{,}6}{n^2} \Rightarrow n = 1{,}15 \Rightarrow$ n n'est pas entier; le photon n'est pas absorbé.

$-13{,}6 + 10{,}2 = -3{,}4 = \frac{-13{,}6}{n^2} \Rightarrow n = 2$; n est un entier

$\Rightarrow$ le photon est absorbé.

2) a) L'énergie du photon est supérieure à l'énergie d'ionisation.

b) $E_C = -13{,}6 + 14{,}6 = 1$ eV

Troisième exercice

A) 1 – a) Charge électrique

b) $i = 0$; $u_C = E$.

2 – a) $u_C = Ri = - RC\frac{du_C}{dt}$

$\Rightarrow u_C + RC\frac{du_C}{dt} = 0$

b) à t = 0 , $u_C = A = E$; En remplaçant u_C dans l'équation différentielle on obtient:
$\tau = RC$

c) $i = - C\frac{du_C}{dt} \Rightarrow i = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$

B) 1 – $E = \frac{1}{2}CU^2 \Rightarrow E = 1638$ J

2 – a) $E_1 = 1638 – 360 = 1278$ J

b) i) $E_1 = \frac{1}{2}Cu_C^2 \Rightarrow u_C = 1599$ V ;

$u_C = Ee^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow t = 6{,}2$ ms

ii) $i = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow i = 32$ A

Quatrième exercice

A) Pendant l'établissement du courant, i augmente, la bobine s'oppose à cette augmentation d'après le phénomène d'auto-induction.

B) I – 1 – $u_{AM} = u_{AB} + u_{BM} \Rightarrow E – ri = R_1 i + L\frac{di}{dt} + R_2 i \Rightarrow E = Ri + L\frac{di}{dt}$

2 – a) à t = 0 ; $i = 0 = a + b \Rightarrow a = - b$

$E = R(a + be^{-\frac{t}{\tau}}) + \frac{Lb}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow E = R\,a + be^{-\frac{t}{\tau}}(R - \frac{L}{\tau}) \Rightarrow a = \frac{E}{R}$ et $R - \frac{L}{\tau} = 0$

$\Rightarrow \tau = \frac{L}{R}$ et $b = -\frac{E}{R}$

b) $i = \frac{E}{R} - \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{R}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

B) II – 1 – a) $u_1 = u_{AM}$

b) $u_1 = E – ri = E – r\frac{E}{R}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

2 – a) $u_2 = u_{BM}$

b) $u_2 = R_2 i = R_2\frac{E}{R}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

3 – a) Si t = 0 ; $u_2 = 0$ et $u_1 = 14$ V

b) Si t = 0 ; $u_1 = E – ri = E \Rightarrow E = 14$ V

4 – a) à $t = \tau$; $u_2 = 0{,}63\, u_{2max} = 0{,}63 \times 9{,}5 = 6$ V. D'après la courbe (b) $\tau = 1$ ms

b) En régime permanent : $u_1 = 11,5$ V ; $u_1 = E - r\, I_{max}$,

avec $I_{max} = \frac{u_{2\,max}}{R_2} = \frac{9,5}{100} = 0,0095$ A $\Rightarrow 11,5 = 14 - 95\times10^{-3}\, r \Rightarrow r = 26\ \Omega$.

En régime permanent, : $u_1 = 11,5 = (R_1 + R_2)\, I_{max} \Rightarrow R_2 + R_1 = \frac{11,5}{95\times10^{-3}} = 121\ \Omega$

$\Rightarrow R_2 = 21\ \Omega$

5 - $\tau = \frac{L}{R}$; $R = 21 + 26 + 100 = 147\ \Omega \Rightarrow L = \tau\, R = 147\times10^{-3}$ H