وزارة التربية والتعليم العالي
المديرية العامة للتربية
دائرة الامتحانات

امتحانات شهادة الثانوية العامة
فرع العلوم العامة

دورة سنة ٢٠٠5 العادية

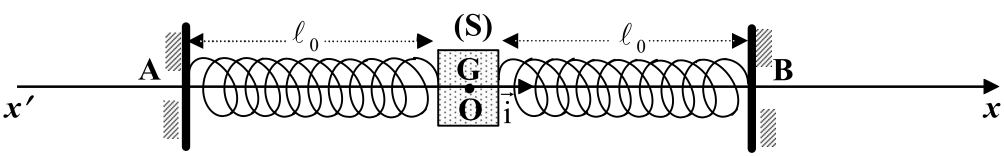
مسابقة في الفيزياء
المدة: ثلاث ساعات

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) Étude d'un oscillateur mécanique horizontal

Un solide (S), de masse m = 140 g, peut glisser sur un banc horizontal. Le solide est accroché à deux ressorts à spires non jointives, identiques, de masses négligeables et fixés entre deux supports A et B. Chacun de ces ressorts, de constante de raideur k = 0,60 N/m, a une longueur à vide ℓ_0.
On désigne par O la position du centre d'inertie G de (S) lorsque l'oscillateur [(S) + deux ressorts] est à l'équilibre, chaque ressort ayant alors la longueur ℓ_0 (figure).



Écarté de cette position d'équilibre, suivant la direction $x'x$, d'une distance de 4,2 cm, le solide est lâché sans vitesse initiale à l'instant $t_0 = 0$. Au cours des oscillations, à une date t, l'abscisse de G est x et la mesure algébrique de sa vitesse est V, O étant alors l'origine des abscisses.
Le plan horizontal passant par G est le niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

I –Étude théorique

Dans cette partie, les frottements sont supposés négligeables.
Le solide (S) effectue, dans ce cas, des oscillations d'amplitude $X_{m0} = 4{,}2$ cm.

1- a) Montrer que l'expression de l'énergie potentielle élastique de l'oscillateur est $E_{Pe} = kx^2$.
   b) Écrire l'expression de l'énergie mécanique E_m du système (oscillateur, Terre) en fonction de m,V , x et k.
2- a) Établir l'équation différentielle qui régit le mouvement de (S).
   b) Déduire l'expression de la période propre T_o de l'oscillateur en fonction de m et k.
   c) Calculer la valeur de T_o. Prendre $\pi = 3{,}14$.

II –Étude expérimentale

En réalité, la valeur de l'amplitude X_m diminue au cours des oscillations, chacune de durée T. Des valeurs de X_m sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Date	0	T	2T	3T	4T	5T
Amplitude X_m(cm)	$X_{m0} = 4{,}20$	$X_{m1} = 2{,}86$	$X_{m2} = 1{,}95$	$X_{m3} = 1{,}33$	$X_{m4} = 0{,}91$	$X_{m5} = 0{,}62$

1) Tracer l'allure de la courbe représentant les variations de l'abscisse x de G en fonction du temps.
   Échelles : en abscisses 1 cm pour $\frac{T}{2}$ et en ordonnées 1 cm pour 1 cm.

2) La mesure de la durée de 5 oscillations donne 10,75 s.
   a) Calculer T.
   b) Comparer T et T_o.
   c) De quel type d'oscillations s'agit-il alors ?
3) La diminution de l'énergie mécanique du système (oscillateur, Terre) est due à l'existence d'une force de frottement de la forme $\vec{f} = -h\vec{V}$ où $\vec{V} = V\,\vec{i}$ et h une constante positive.
   a) D'après le tableau des valeurs, vérifier que:
   $$\frac{X_{m1}}{X_{m0}} \approx \frac{X_{m2}}{X_{m1}} \approx \ldots \approx A$$ où A est une constante positive.
   b) Sachant que A est donnée par l'expression : $A = e^{\frac{-hT}{2m}}$, calculer h.

4) Afin de compenser les pertes en énergie mécanique, un dispositif (D) permet de communiquer de l'énergie à l'oscillateur à des intervalles de temps réguliers.
   a) Déterminer la puissance moyenne fournie par le dispositif (D) entre les dates t = 0 et t = 5 T.
   b) De quel type d'oscillations s'agit-il alors ?

Deuxième exercice : (7 ½ pts) Flash d'un appareil photographique

Cet exercice met en évidence le rôle d'un condensateur dans la production d'un éclair par la lampe du flash d'un appareil photographique.

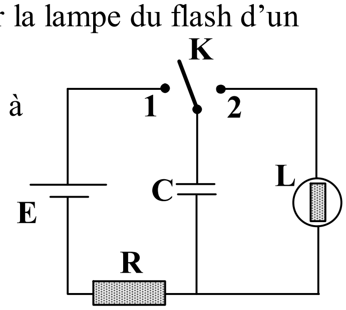


Figure 1

Le circuit simplifié du flash d'un appareil photographique comporte un dispositif assimilé à une source de tension continue E = 300 V, un condensateur de capacité C = 200 µF, un conducteur ohmique de résistance R = 10 kΩ, une lampe (L) assimilée à un conducteur ohmique de résistance r = 1 Ω et un commutateur K (figure 1).

I - Charge du condensateur

Le condensateur est initialement neutre. Le commutateur est mis en position 1 à la date $t_o = 0$. Le condensateur se charge (figure 2).

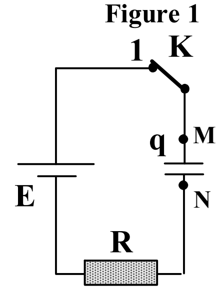


Figure 2

1- a) Établir l'équation différentielle qui régit l'évolution, en fonction du temps, de la tension $u_c = u_{MN}$ durant la charge du condensateur.
   b) La solution de cette équation, à la date t, s'écrit sous la forme :
   $u_c = A + B\, e^{\frac{-t}{\tau}}$ où A, B et τ sont des constantes. Déterminer ces constantes en fonction de E, R et C.
2- Calculer l'énergie W du condensateur à la fin de la charge.

II- Décharge du condensateur

Le condensateur étant complètement chargé, on bascule le commutateur en position 2. Le condensateur commence alors par se décharger à travers la lampe (L). On prend la date de fermeture du circuit comme origine des temps. À une date t, la tension aux bornes du condensateur est $u_c = u_{MN} = E\, e^{\frac{-t}{rC}}$ et le circuit est parcouru par un courant d'intensité i (figure 3).

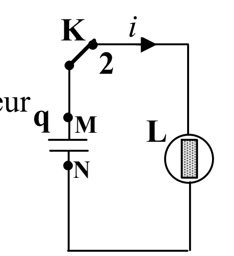


Figure 3

1. Justifier le sens du courant indiqué sur la figure (3).
2. Sachant que $i = -\frac{dq}{dt}$,
   a) déterminer l'expression de l'intensité i en fonction du temps,
   b) calculer la valeur maximale de i,
   c) déterminer la durée t_1 au bout de laquelle l'intensité i atteint 70 % de sa valeur maximale,

d) calculer, à l'instant t_1, la tension u_C aux bornes du condensateur.

3. a) En admettant que l'énergie fournie par le condensateur au bout de la durée t_1 est totalement convertie en lumière dans la lampe, déterminer la puissance moyenne reçue par la lampe au bout de t_1.

b) La lampe émet un éclair tant que la puissance moyenne qu'elle reçoit est plus grande ou égale à $6{,}4 \times 10^4$ W. Sachant que la durée de l'éclair est t_1, vérifier la production d'un éclair entre les instants 0 et t_1.

Troisième exercice : (7 pts) Effet photoélectrique

Les expériences sur l'effet photoélectrique réalisées par Millikan vers 1915 consistaient à déterminer les énergies cinétiques E_C des électrons émis par des cylindres métalliques en potassium (K) et en césium (Cs) lorsque ces cylindres sont éclairés par des radiations monochromatiques de fréquence ν réglable.
Le but de l'exercice est de déterminer, en se servant des expériences similaires, la constante de Planck h, ainsi que la fréquence seuil ν_S du potassium et l'énergie d'extraction W_S du potassium et celle du césium.

I - 1) Quel aspect de la lumière, le phénomène de l'effet photoélectrique met-il en évidence ?
2) Une radiation monochromatique est constituée de photons. Citer deux caractéristiques d'un photon.
3) Pour un métal pur donné, des photons incidents provoquent l'émission photoélectrique.
Donner la condition relative à cette émission.

II- Dans une première expérience concernant le potassium, un dispositif approprié, servant à mesurer l'énergie cinétique E_C des électrons correspondant à la fréquence ν de la radiation incidente, nous fournit les résultats inscrits dans le tableau suivant :

ν (Hz)	E_C (eV)
6×10^{14}	0,25
7×10^{14}	0,65
8×10^{14}	1,05
9×10^{14}	1,45
10×10^{14}	1,85

Prendre 1eV = $1{,}60\times 10^{-19}$J.

1- En se basant sur la relation d'Einstein relative à l'effet photoélectrique, montrer que l'énergie cinétique de l'électron extrait peut se mettre sous la forme $E_c = a\,\nu + b$.

2- a) Représenter graphiquement, sur la feuille de papier millimétré, les variations de l'énergie cinétique E_C en fonction de ν en portant la fréquence en abscisses à l'échelle 1 cm pour 10^{14}Hz et l'énergie cinétique en ordonnées à l'échelle 1 cm pour 0,5 eV.
b) En utilisant ce graphe, déterminer :
  i. la valeur de la constante du Planck h dans le SI.
  ii. la fréquence seuil ν_S du potassium.

3- Déduire la valeur de l'énergie d'extraction W_S du potassium.

III- Dans une deuxième expérience concernant le césium, on trouve les valeurs suivantes:
$E_C = 1$ eV pour $\nu = 7\times 10^{14}$Hz.
1) Tracer, en le justifiant, sur le système d'axes précédent, le graphe donnant les variations de E_C en fonction de ν .
2) Déduire de ce graphe l'énergie d'extraction W'_S du césium.

Quatrième exercice : (6 pts) Combustible et centrale électrique

Le but de cet exercice est de comparer les masses des différents combustibles utilisés dans les centrales électriques produisant la même puissance électrique.
La centrale, de puissance électrique $P = 3 \times 10^9$ W, a un rendement supposé égal à 30 % quelle que soit la nature du combustible utilisé.

A . Énergie fournie par le combustible

Calculer, en J, l'énergie fournie par le combustible en 1 jour.

B. I. Centrale thermique

La centrale utilise le pétrole. La combustion de 1 kg de pétrole libère une énergie de $4{,}5 \times 10^7$ J. Calculer, en kg, la masse m_1 de pétrole nécessaire pour le fonctionnement de la centrale pendant 1 jour.

II. Centrale à fission nucléaire

La centrale utilise de l'uranium enrichi en ^{235}U. L'une des réactions de fission est :

$$ {}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{140}_{54}Xe + 2\,{}^{1}_{0}n $$

1) Pour réaliser une réaction de fission, le neutron doit satisfaire une certaine condition. Laquelle ?
2) La réaction de fission d'un noyau d'uranium 235 libère 189 MeV.
   a) Sous quelle forme cette énergie apparaît-elle?
   b) Calculer, en kg, la masse m_2 d'uranium 235 nécessaire pour faire fonctionner la centrale pendant 1 jour.

III. Centrale à fusion nucléaire ?

La réaction de fusion thermonucléaire est, jusqu'à présent, non contrôlée. Si on arrive à la contrôler, on peut réaliser, dans une centrale, des réactions similaires à celles produites dans le Soleil.
La réaction- bilan de fusion de l'hydrogène dans le Soleil s'écrit :

$$ 4\,{}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + 2\,{}^{A}_{Z}\mathrm{X} $$

1) Identifier la particule ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ en précisant les lois utilisées.
2) Quelle condition doit être remplie pour que la fusion puisse se réaliser ?
3) Déterminer, en J, l'énergie libérée lors de la formation du noyau d'hélium.
4) Calculer, en kg, la masse m_3 d'hydrogène nécessaire pour faire fonctionner la centrale pendant 1 jour.

C. En justifiant la réponse, proposer à un pays le mode de production d'énergie électrique le plus convenable.

Données numériques :
1 u = 931,5 MeV/c^2 = $1{,}66.10^{-27}$ kg ; 1 MeV = $1{,}6.10^{-13}$J ;
Masses des noyaux et particules : ${}^{1}_{1}$H : 1,00728 u ; ${}^{4}_{2}$He : 4,00150 u ;
${}^{A}_{Z}$X : 0,00055 u ; ^{235}U : 235,04392 u.

Solution

Premier exercice

I-1-a) Epe= $1/2kx^2 + 1/2kx^2 = kx^2$ **(1/2pt)**

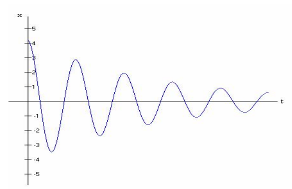
b) $E_m = E_C + Epe = ½\, mV^2 + kx^2$ **(1/2pt)**

2- a) E_m= cte => $\frac{dE_m}{dt} = 0 = mV\ \ddot{x} + 2kxV$ => $\ddot{x} + \frac{2k}{m}x = 0$ **(1/2pt)**

b) L'équation différentielle est de la forme $\ddot{x} + \omega_o^2 x = 0$ où $\omega_o = \sqrt{\frac{2k}{m}}$ est la pulsation propre du mouvement. La période propre est $T_o = \frac{2\pi}{\omega_o} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}$. **(1pt)**

c) $T_o = 2\pi\sqrt{\frac{0{,}14}{2\times 0{,}6}} =$ 2,145 s. **(1/2pt)**

II- 1) Allure de la courbe **(1/2pt)**



2) a) $T = \frac{10{,}75}{5} =$ 2,150 s **(1/2pt)**

b) T= 2,150 s et T_o= 2,145s => $T > T_o$ **(1/4pt**

c) Oscillations libres amorties **(1/4pt)**

3) a) $A = \frac{2{,}86}{4{,}2} =$ 0,68 **(1/2pt)**

b) $\ln A = -\frac{h}{2m}T$. **(1/2pt)** D'où : h = 0,05 Kg/s **(1/2pt)**

4- a) $E_m = ½\, mV^2 + kx^2$. A chaque extremum, $V = 0$, donc $E_m = k(X_m)^2$

A t = 0 , $E_{m0} = k(X_{m0})^2 = 1{,}0584.10^{-3}$J.

A t = 5T , $E_{m5} = k(X_{m5})^2 = 0{,}0231.10^{-3}$J.

La diminution en énergie mécanique du système est $|\Delta E_m| = 1{,}0584.10^{-3} - 0{,}0231.10^{-3} = 1{,}0353.10^{-3}$ J.

D'où : $P_m = \frac{|\Delta E_m|}{5T} = \frac{1{,}0353\times 10^{-3}}{5\times 2{,}15} = 0{,}096.10^{-3}$W. **(1 1/4 pt)**

b) L'oscillateur effectue des oscillations entretenues. **(1/4 pt)**

Deuxième exercice

I- 1- a) $E = Ri + u_C$, avec $i = dq/dt = Cdu_C/dt$; on a : $E = R\,Cdu_C/dt + u_C$. **(1 pt)**

b- $u_C = A + B\,e^{-\frac{t}{\tau}}$; $du_C/dt = -\frac{B}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}}$ => $E = -RC\frac{B}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} + A + Be^{-\frac{t}{\tau}}$ =>

$Be^{-\frac{t}{\tau}}(1-\frac{RC}{\tau}) + (A - E) = 0 \quad \forall t$ => $(1-\frac{RC}{\tau}) = 0$ => τ **= RC** et $A - E = 0$ => .

A= E . D'autre part à $t = 0$, $u_C = 0$ => $A + B = 0$ => **B = - E** **(11/2pt)**

2- $W = ½\,C\,(u_C)^2 = ½\,CE^2$ => $W = 9$ J **(1/2pt)**

II- 1) $u_{MN} > 0$ => le courant passe dans le sens du potentiel décroissant.**(1/2 pt)**

2) a) $i = -\frac{dq}{dt} = -C\frac{du_C}{dt} = C\frac{E}{rC}e^{\frac{-t}{rC}} = \frac{E}{r}e^{\frac{-t}{rC}}$ **(1/2pt)**

b) $I_{max} = \frac{E}{r} = 300$ A. **(1/2pt)**

c) Au bout d'une durée t_1, on a : $i = 0{,}7\,I_{max} = 0{,}7\,\frac{E}{r}$ => $\frac{E}{r}e^{-\frac{t_1}{rC}} = 0{,}7\,\frac{E}{r}$

=> $e^{-\frac{t_1}{rC}} = 0{,}7$ ou $\frac{t_1}{rC} = 0{,}356$ => $t_1 = 7.10^{-5}$s **(1pt)**

d) si $t = t_1 = 7.10^{-5}$s , la tension aux bornes du condensateur est :

$u_C = E\,e^{-\frac{t_1}{rC}} = 300\times e^{-0{,}35} = 211{,}41$ V . **(1 pt)**

3-a) L'énergie du condensateur à l'instant t_1 est donc : $W_1 = ½\,C\,(u_C)^2 = 10^{-4}(211{,}41)^2 = 4{,}5$ J.

$\Delta W = W - W_1 = 4{,}5$ J **(1/2pt)**

$P_m = \frac{\Delta W}{t_1} = 6{,}4.10^4$ W.

b)) La lampe reçoit une puissance égale à sa puissance de fonctionnement normal , elle produit alors un éclair. **(1/2pt)**

Troisième exercice

1-1) L'aspect corpusculaire. **(1/2pt)**

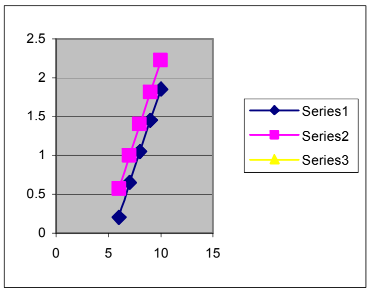
2) masse nulle ; vitesse dans le vide = c ; charge nulle ; énergie = h ν .**(1/2pt)**

3) Lorsqu'un photon, d'énergie h ν , frappe un métal d'énergie d'extraction W_S, il y a émission photoélectrique si h ν est plus grande ou égale à W_S ($\lambda < \lambda_S$ ou $\nu > \nu_S$) **(1/2pt)**

II-1-La relation d'Einstein donne : $h\nu = W_S + E_c$

On peut écrire : $E_c = h\nu - W = a\nu + b$ où $a = h$ et $b = -W_S$ **(1/2pt)**

2- a) Représentation **(1pt)**



b) i- $E_c = f(\nu)$ est une droite ne passant pas par l'origine et de coefficient directeur h.

$$h = \frac{E_{C2} - E_{c1}}{\nu_2 - \nu_1} = \frac{(1{,}85 - 0{,}25)\times 1{,}6.10^{-19}}{10.10^{14} - 6.10^{14}} = 6{,}4.10^{-34} \text{ J.s}$$ **(11/2pt)**

ii- Si l'électron est extrait avec une vitesse nulle (E_C=0), le métal est éclairé alors par une radiation de fréquence seuil

$\nu_S = \dfrac{W_S}{h}$. La fréquence seuil est l'intersection de la droite obtenue avec l'axe des fréquences. Graphiquement on

trouve $\nu_S = 5{,}5.10^{14}$Hz. **(1pt)**

3) On a : $\nu_S = \dfrac{W_S}{h}$ => $W_S = h\,\nu_S = 6{,}4.10^{-34}\times 5{,}5.10^{14} = 3{,}52.10^{-19}$J = 2,2 eV **(1/2).**

III- 1) pour tracer le graphe du césium, il suffit de placer d'abord le point (7.10^{14}Hz ; 1eV) dans le repère, puis de tracer la parallèle à la droite précédente. **(1/2pt)**

2) Pour déterminer l'énergie d'extraction du césium, il faut prolonger la droite jusqu'à son intersection avec l'axe des E_C ; on trouve W'_S = 1,9 eV. **(1/2pt)**

Quatrième exercice

A- L'énergie consommée par la centrale pendant 1 s est : $\dfrac{100 \times 3.10^{9}}{30} = 10^{10}$ W

L'énergie consommée par la centrale pendant 1 jour est :
$E = 10^{10} \times 24 \times 3600 = 864.10^{12}$J. **(1/2pt)**

B - I - La masse de pétrole nécessaire au fonctionnement pendant 1 jour est :

$m_1 = \dfrac{864.10^{12}}{45.10^{6}} = 19{,}2.10^{6}$ kg. **(1/2pt)**

II. 1) L'énergie du neutron est de l'ordre de 0,1 eV (ou neutron thermique ou neutron lent) **(1/4pt)**
.

2) a) L'énergie libérée apparaît sous forme d'énergie cinétique des noyaux et des neutrons. **(1/4pt)**

b) Pour libérer une énergie nucléaire de 189 MeV, on a besoin d'une masse d'uranium égale à 235,04392 u. Pour libérer l'énergie E, on a besoin d'une masse d'uranium $m_2 = \dfrac{235{,}04392 \times 1{,}66.10^{-27} \times 864.10^{12}}{189 \times 1{,}6.10^{-13}} = 11$ kg.**(1pt)**

III-1) Les lois de conservation de Z et de A donnent : Z = 0 et A =1 .
La particule est le positon (ou positron). **(3/4pt)**

2) Les noyaux ont une grande énergie cinétique (ou de l'ordre de 0,1 MeV ou température du milieu de l'ordre de 10^{8}K). **(1/4pt)**

3) L'énergie libérée est donnée par $E_3 = \Delta m.c^2$

$\Delta m = 4 \times 1{,}00728 - 4{,}0015 - 2\times\ 0{,}00055 = 0{,}02652$ u

$\Delta m = 0{,}02652 \times 931{,}5$ MeV/c^2 = 24,70338 MeV/c^2.

D'où : E_3 = 24,7 MeV = $39{,}52.10^{-13}$J. **(1pt)**

4) Pour libérer une énergie nucléaire de $39{,}52.10^{-13}$J , on a besoin d'une masse d'hydrogène égale à $4 \times 1{,}00728$ u. Pour libérer l'énergie E, on a besoin d'une masse d'hydrogène

$m_3 = \dfrac{4 \times 1{,}00728 \times 1{,}66.10^{-27} \times 864.10^{12}}{39{,}52.10^{-13}} = 1{,}5$ kg.**(1pt)**

C- $m_3 < m_2 < m_1$: Pour la même production d'énergie, on a une consommation en hydrogène 7 fois plus faible qu'en uranium et 13.10^{6} fois plus faible qu'en pétrole.

La fusion ne produit pas des noyaux radioactifs

_ L'hydrogène est plus abondant dans la nature que l'uranium

_ La fusion est plus énergétique que la fission

_ La fusion ne produit pas des gaz toxiques **(1/2pt)**