وزارة التربية والتعليم العالي
المديرية العامة للتربية
دائرة الامتحانات

امتحانات شهادة الثانوية العامة
فرع العلوم العامة

دورة سنة 2003 الاستثنائية

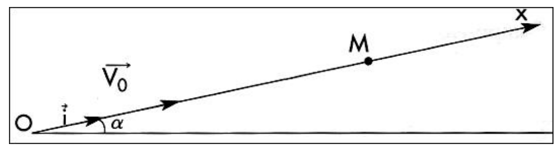
مسابقة في الفيزياء
المدة: ثلاث ساعات

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> (6 points) Étude graphique d'un échange énergétique



On dispose d'un plan incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale ($\sin \alpha = 0,2$) et d'une bille (B) de masse m = 100 g, assimilée à une particule.
On veut étudier l'échange énergétique entre le système (bille, Terre) et le milieu environnant.
Dans ce but, on lance (B), à la date $t_o = 0$, à partir de O suivant la ligne de plus grande pente Ox du plan incliné, avec une vitesse $\vec{V}_o = V_o\vec{i}$. On donne $V_o = 4\ m.s^{-1}$, et $g = 10\ m/s^2$.
On prend le plan horizontal passant par le point O comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

A- Les forces de frottement sont supposées négligeables.

1- Déterminer la valeur de l'énergie mécanique E_m, du système (bille, Terre).
2- La bille passe, à une date t, par un point M d'abscisse 0M = x. Déterminer, en fonction de x, l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} du système (bille, Terre) lorsque la bille passe par M.
3- a) Tracer, dans le même système d'axes, les courbes donnant les variations, en fonction de x, des énergies E_m et E_{pp}.
Echelles : - sur l'axe des abscisses : 1 cm pour 1 m ;
- sur l'axe des énergies : 1 cm pour 0,2 J .
b) Utiliser le graphique pour déterminer la vitesse de (B) pour x = 3 m.
c) À partir du graphique, déterminer la valeur x_m de x pour laquelle la vitesse s'annule.

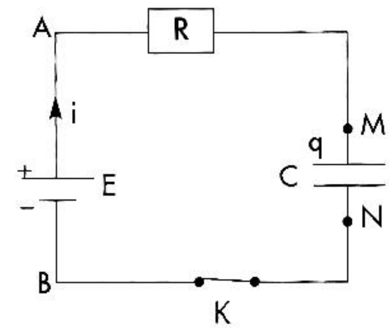
B- 1. En réalité, la vitesse de la bille s'annule au point d'abscisse x = 3 m. Les frottements ne sont pas négligeables. Calculer alors le travail de ces forces de frottement le long du parcours entre x = 0 m et x = 3 m.
2. Le système (bille, Terre) échange alors de l'énergie avec le milieu environnant. Sous quelle forme et de combien ?

<u>Deuxième exercice</u> (7 ½ pts) Réponses d'un dipôle RC série

Le but de cet exercice est de distinguer la réponse d'un dipôle RC série, quand on applique à ses bornes une tension constante, de sa réponse quand il est parcouru par un courant d'intensité constante.

A. Cas d'une tension constante

Le circuit électrique ci-contre permet de charger, sous la tension constante 9 V, le condensateur de capacité C = 10 µF à travers le conducteur ohmique de résistance R = 100 kΩ.
L'origine des dates t = 0 coïncide avec la date de fermeture de l'interrupteur K.



1- On note $u_C = u_{MN}$, la valeur instantanée de la tension aux bornes du condensateur.

a. Montrer que l'équation différentielle vérifiée par u_C, est de la forme :

$$u_C + RC\frac{du_C}{dt} = E$$

b. Sachant que la solution de cette équation s'écrit: $u_C = A(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$, déterminer A et τ.

c. Tracer Paliure de la courbe donnant l'évolution de u_C en fonction du temps.

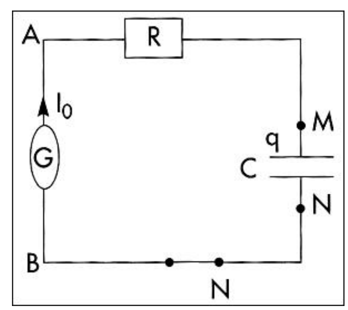
2- a. Déterminer l'expression de la tension $u_R = u_{AM}$ en fonction du temps.

b. Tracer dans le même système d'axes, l'allure de la courbe donnant l'évolution de u_R en fonction du temps.

3- Quelle est la durée t_A au bout de laquelle le condensateur devient pratiquement chargé ?

B. Cas d'un courant d'intensité constante

Le condensateur précédent étant déchargé, on le charge de nouveau, à travers le même conducteur ohmique, sous un courant d'intensité constante I_o = 0,1 mA.



1- a. Montrer que la charge q s'écrit, dans le SI, sous la forme $q = 10^{-4} \times t$.

b. La tension $u_R = u_{AM}$ aux bornes du conducteur ohmique reste constante. Déterminer sa valeur.

c. Tracer l'allure de u_R.

2- a. Déterminer l'expression de la tension $u_C = u_{MN}$ en fonction du temps.

b. Tracer l'allure de u_C.

c. Déterminer la durée t_B nécessaire pour que la tension u_C atteigne la valeur 9 V.

C. Conclusions

1- Eu utilisant les graphiques précédents, préciser le cas où la tension aux bornes du condensateur atteint, en régime permanent, une valeur limite.

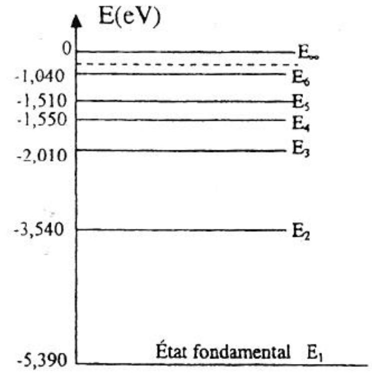
2- Un appareil photographique est équipé d'un flash comportant le dipôle RC précédent fonctionnant sous la tension de 9 V. On désire prendre le plus grand nombre de photos pendant une durée donnée. Lequel des deux modes de charge est-il le plus convenable? Pourquoi?

Troisième exercice (6 ½ points) Isotope ${}^{7}_{3}Li$ du lithium

Comme tout élément chimique, l'isotope ${}^{7}_{3}Li$ a des propriétés qui le distingue d'autres éléments chimiques.

Le but de cet exercice est de mettre en évidence quelques propriétés de l'isotope ${}^{7}_{3}Li$.

A- Spectre d'émission de l'atome de lithium



La figure ci-contre représente les niveaux d'énergie de l'atome de lithium.

1- Calculer, en joules, l'énergie de l'atome quand il est dans l'état fondamental (E_1) et quand il est dans le cinquième état (E_5).

2- a- Lors de sa désexcitation de différents états à l'état fondamental, l'atome de lithium émet des radiations. Calculer la plus grande fréquence et la plus petite fréquence des radiations émises.

b- Le spectre d'émission de l'atome de lithium est discontinu. Pourquoi ?

3- L'atome de lithium, pris dans son état fondamental, capte :

a- un photon dont la radiation associée a pour longueur d'onde $\lambda = 319,9$ nm. Montrer que l'atome absorbe ce photon. Dans quel état l'atome serait-il alors ?

b- un photon d'énergie 6,02 eV. Un électron est alors libéré. Calculer, en eV, l'énergie cinétique de cet électron.

B- Réaction nucléaire

Un noyau ${}^{A}_{Z}X$, au repos, est bombardé par un proton d'énergie cinétique o,65 MeV. On obtient alors deux particules α.

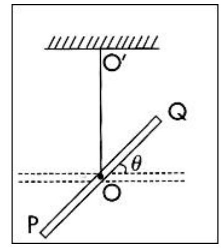
1- La réaction nucléaire ainsi produite est-elle spontanée ou provoquée? Justifier la réponse.
2- Déterminer les valeurs de Z et de A en appliquant les lois de conservation convenables. Identifier le noyau X.
3- Calculer le défaut de masse dû à cette réaction et en déduire l'énergie libérée correspondante.
4- Sachant que les deux particules α ont la même énergie cinétique E_1, calculer E_1.

Données : $h = 6,62 \times 1\,0^{34}$ J x s $c = 3 \times 10^{8}$ ms^{-1} ; 1 eV = $1,6 \times 10^{-19}$J
1 u = 931,5 MeV/c^2 ;
masse du noyau de l'atome de lithium : m(Li) = 7,01435 u ;
masse de la particule α: m(α) = 4,00150 u ;
masse d'un proton : m_p = 1,00727 u.

<u>Quatrième exercice</u> **(7 ½ points) Moment d'inertie d'une tige rigide**

Le but de cet exercice est de déterminer, par deux méthodes, le moment d'inertie I_o d'une tige rigide PQ homogène et de section négligeable, par rapport à un axe qui lui est perpendiculaire et passant par son milieu O. Dans ce but, on considère la tige PQ de masse M = 375 g et de longueur l = 20 cm. On néglige tous les frottements. Prendre $g = 10\ m/s^2$ et $\pi^2 = 10$.

Cas du pendule de torsion



La tige PQ, maintenue horizontale, est suspendue, en son milieu O, à l'extrémité O d'un fil de torsion OO', vertical, de constante de torsion $C = 5x10^{-4}$ SI ; l'autre extrémité O ' du fil est solidaire d'un support fixe. On forme ainsi un pendule de torsion.

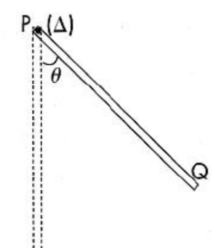
On écarte PQ, dans le plan horizontal, autour de OO' de $\theta_m = 0{,}1$ rad à partir de sa position d'équilibre, dans un sens choisi comme sens positif et on l'abandonne sans vitesse initiale à l'instant t = 0. PQ commence alors à osciller autour de OO', dans le plan horizontal, de part et d'autre de sa position d'équilibre.

À un instant t quelconque, la position de la tige est repérée par son élongation angulaire θ par rapport à la position d'équilibre.

1- a) Écrire, à l'instant t, l'expression de l'énergie mécanique E_m, du pendule en fonction de I_o, C, θ et de la vitesse angulaire θ'.
   b) Calculer alors la valeur de E_m.
   c) Établir l'équation différentielle du second ordre qui décrit le mouvement du pendule.
   d) Prouver que l'expression de la période propre T_o s'écrit sous la forme: $T_o = 2\pi\sqrt{\frac{I_o}{C}}$

2- On mesure la durée t_1, de 10 oscillations ; on trouve $t_1 = 100$ s. Calculer I_o.

B - Cas du pendule pesant



La tige PQ, seule, est maintenant mobile dans un plan vertical autour d'un axe horizontal (Δ) passant par son extrémité P.

On écarte la tige PQ autour de (Δ) d'un angle $\theta_m = 0{,}1$ rad à partir de sa position d'équilibre et on l'abandonne sans vitesse initiale à l'instant t = 0. La tige PQ commence à osciller de part et d'autre de sa position d'équilibre.

À un instant t quelconque, la position de la tige est repérée par son élongation angulaire θ par rapport à la position d'équilibre

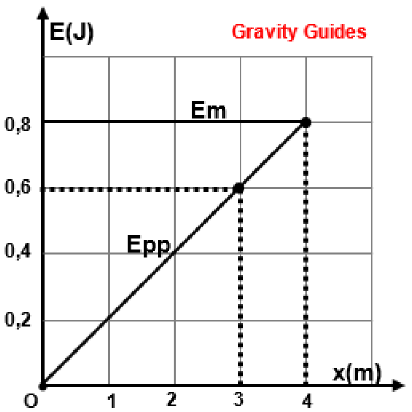
Prendre le plan horizontal contenant (Δ) comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

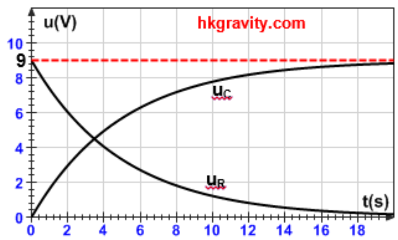
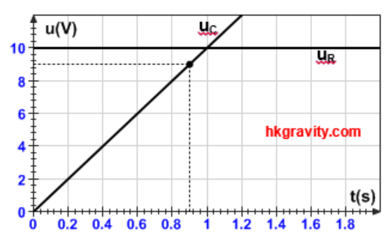
1- a) Écrire l'expression, à l'instant t, de l'énergie mécanique E_m du système (tige, Terre) en fonction de M, g, l, θ, de la vitesse angulaire θ' et du moment d'inertie I_1, de la tige par rapport à l'axe (Δ).
   b) Calculer alors la valeur de E_m.
   c) Établir l'équation différentielle du second ordre qui régit le mouvement de la tige.
   d) Prouver que l'expression de la période propre T_o' s'écrit sous la forme: $T_o' = 2\pi\sqrt{\frac{2I_1}{Mgl}}$.

2- On mesure la durée t_2 de 10 oscillations de la tige ; on trouve $t_2 = 7{,}3$ s. Calculer I_1.

3- Sachant que $I_1 = I_o + \frac{Ml^2}{4}$, retrouver la valeur de I_o.

On donne : pour θ ≤ rad, sinθ = θ et $(1-\cos\theta) = \frac{\theta^2}{2}$ (θ en rad).

اسس التصحيح لدورة 2003 الاستثنائية		
Question I (6,5 points)		
A-1.	$Em = Em_O = Ec_O + Epp_O$. Donc $Em = 0{,}8J + 0 = 0{,}8J$	**1**
A-2.	$Epp = mgx \sin \alpha$ $Epp = 0{,}1 \times 10 \times x \times 0{,}2 = 0{,}2x$ (x en m, et Epp en J).	**0,5**
A-3.a)		**0,5** **0,5** **0,25** **0,25**
A-3.b)	Pour $x = 3m$, On trouve graphiquement $Epp = 0{,}6J$; D'où, $Ec = \frac{1}{2}mv^2 = 0.2J$; donc, $v = 2m/s$	**0,75**
A-3.c)	$Ec = 0$; d'où $Em = Epp$, graphiquement l'abscisse est $x_m = 4m$.	**0,75**
B-1.	$Em_2 = Ec_2 + Epp_2 = 0 + mgx \sin \alpha = 0{,}6J$. $W_{\vec{f}} = \Delta(Em) = Em_2 - Em_O = 0{,}6J - 0{,}8J = -0{,}2J$	**1** **0,5**
B-2.	L'énergie échangée avec le milieu extérieur est convertie en énergie thermique qui apparait sous forme de chaleur.	**0,5**

اسس التصحيح لدورة 2003 الاستثنائية		
Question II (07 points)		
A-1.a)	Loi d'additivité des tensions $u_{AB} = u_{AM} + u_{MN}$, so $E = u_C + u_R$; Thus, $E = u_C + RC\dfrac{du_C}{dt}$.	**0,5**
A-1.b)	On a $u_C = A\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$, d'où $\frac{du_C}{dt} = \frac{A}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}}$; $E = A + e^{-\frac{t}{\tau}}\left(1 - \dfrac{RC}{\tau}\right)$. Cette équation est vérifiée à tout instant t, et $A\ e^{-\frac{t}{\tau}} \neq 0$, alors $A = E$ et $\tau = RC$.	**1**
A-1.c)		**0,5** **0,5**
A-2.a)	$u_R = RC\dfrac{du_C}{dt} = E\ e^{-\frac{t}{\tau}}$.	**0,5**
A-2.b)	Graphique d e$u_R(t)$.	
A-2.c)	Le condensateur devient pratiquement complétement chargé: $t_A = 5\,\tau = 5\,RC = 5 \times (100 \times 10^3) \times (10 \times 10^{-6}) = 5\ s$	**0,5**
B-1.a)	$q = I_0 t + q_0$ et $q_0 = 0$; Donc, $q = 10^{-4}\ t$ avec t en s et q en C.	**0,5**
B-1.b)	La tension aux bornes du condensateur devient: $u_R = R\ i = R\ I_0 = 10\ V$	**0,5**
B-1.c)	Graphiques. 	**0,25** **0,5**
B-2.a)	Donc, $u_C = \dfrac{10^{-4}}{10^{-5}}t = 10\ t$ (avec t en s et u_C en V)	**0,5**
B-2.b)	La courbe qui représente u_C est une ligne droite passant par l'origine.	
	$q = 10^{-4}\ t$, donc $t_B = \dfrac{9 \times 10^{-5}}{10^{-4}} = 0{,}9\ s$	**0,5**
C-1.	Mode A	**0,25**
C-2.	Mode B, charge plus rapide et plus de photos	**0,5**

اسس التصحيح لدورة 2003 الاستثنائية		
Question III (6,5 points)		
A-1.	$E_1 = -5{,}39\ eV = -5{,}39 \times 1{,}6 \times 10^{-19} J = -8{,}624 \times 10^{-19} J$; et $E_6 = -1{,}040\ eV = -1{,}040 \times 1{,}6 \times 10^{-19} J = -1{,}664 \times 10^{-19} J$	**0,25** **0,25**
A-2.a)	Vers l'état fondamental $n = 1$ du niveau d'énergie le plus proche $n = 2$: $h\,\nu_{\min} = E_2 - E_1$, alors $\nu_{\min} = 4{,}5 \times 10^{14} Hz$ Du niveau d'énergie le plus lointain, de $n = \infty$ vers l'état fondamental: $h\,\nu_{\max} = E_\infty - E_1$, alors $\nu_{\max} = 1.30 \times 10^{15} Hz$.	**0,75** **0,75**
A-2.b)	Les niveaux d'énergie sont quantifiés.	**0,5**
A-3.a)	$E_{ph} = \frac{hc}{\lambda} = 6{,}208 \times 10^{-19} J = 3{,}880\ eV$ $E_{ph} + E_1 = E_5$, vers le 5eme niveau d'énergie.	**0,5** **0,25**
A-3.b)	L'énergie d'ionisation: $W_0 = E_\infty - E_1 = 5{,}390\ eV$; $E_{ph} > W_0$; $Ec = E_{Ph} - W_0 = 6{,}020 eV - 5{,}390 eV = 0{,}630 eV$	**0,25** **0,5**
B-1.	Intervention d'un proton (agent extérieur).	**0,5**
B-2.	Conservation du nombre de masse: $A = 7$; Conservation du nombre de charge: $Z = 3$; Le noyau est le lithium ${}_{3}^{7}Li$.	**0,25** **0,25** **0,25**
B-3.	$m_\ell = m({}_{3}^{7}Li) + m({}_{1}^{1}H) - 2\,m({}_{2}^{4}He)$; $m_\ell = 0{,}01862u$; L'énergie libérée est $E_\ell = m_\ell\, c^2 = 0{,}01862 \times 931{,}5 MeV = 17{,}34\ MeV$.	**0,5** **0,25**
B-4.	Conservation d'énergie: $E_\ell = m_\ell c^2 = 2Ec_\alpha - \left(Ec_p + Ec_{Li}\right)$; Alors, $Ec_\alpha = \frac{17{,}34 MeV + 0{,}65 MeV}{2} \approx 9 MeV$	**0,5**

اسس التصحيح لدورة 2003 الاستثنائية		
Question IV (7,5 points)		
A-1.a)	$Em = Ec + Ep_e = \frac{1}{2}I_0\theta'^2 + \frac{1}{2}C\theta^2$	**0,25**
A-1.b)	L'énergie mécanique est conservée: $$Em = \frac{1}{2}C\theta_m^2 = 2{,}5 \times 10^{-6}J.$$	**0,75**
A-1.c)	L'énergie mécanique du système est conservée: $$\frac{d(Em)}{dt} = 0, I_0\theta'\theta'' + C\theta\theta' = 0; (\text{cependant } \theta' \neq 0, \text{en mouvement})$$ $$\text{Donc}, \theta'' + \frac{C}{I_0}\theta = 0$$	**1**
A-1.d)	L'équation différentielle qui régit le mouvement est du second ordre avec $\omega_0^2 = \frac{C}{I_0}$; Alors $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{I_0}{C}}$.	**0,25** **0,25**
A-2.	$T_0 = \frac{100}{10} = 10s$; Alors $I_0 = 1{,}25 \times 10^{-3}kg.m^2$.	**0,25** **0,5**
B-1.a)	$Em = Ec + Epp = \frac{1}{2}I_1\theta'^2 - M\ g\frac{\ell}{2}\cos\theta$.	**0,25**
B-1.b)	$Em = -\frac{1}{2}M\ g\ell\cos\theta_m = 0{,}373J$	**0,75**
B-1.c)	$\frac{d(Em)}{dt} = 0, \text{donc}, \theta'' + \frac{Mg\ell}{2I_1}\theta = 0.$	**1**
B-1.d)	$\omega_0'^2 = \frac{Mg\ell}{2I_1}$; Alors la période propre: $T_0' = \frac{2\pi}{\omega_0'} = 2\pi\sqrt{\frac{2I_1}{M\ g\ell}}$	**0,25** **0,5**
B-2.	$I_1 = \frac{Mg\ell\,T'^2}{8\,\pi^2} = \frac{0{,}375\times10\times0{,}2\times0{,}73^2}{8\times10} = 5 \times 10^{-3}kg.m^2$	**0,5**
B-3.	$I_0 = I_1 - \frac{M\ell^2}{4} = 5 \times 10^{-3} - \frac{0{,}375\times0.2^2}{4} = 1{,}25 \times 10^{-3}kg.m^2$	**1**