وزارة التربية والتعليم العالي
المديرية العامة للتربية
دائرة الامتحانات

امتحانات الشهادة الثانوية العامة
فرع علوم الحياة

دورة سنة 2007 الإكمالية الاستثنائية

مسابقة في مادة الفيزياء
المدة: ساعتان

الاسم:
الرقم:

Cette épreuve est formée de trois exercices répartis sur trois pages numérotées de 1 à 3
<u>L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé</u>

<u>Premier exercice</u> (7 pts) Interaction mécanique

Le but de cet exercice est d'étudier certaines grandeurs physiques d'un système dont les parties sont en interaction mécanique.

Pour cela, on dispose de deux mobiles autoporteurs (A) et (B), de masses respectives m_A= 100 g et m_B = 120 g, pouvant se déplacer sans frottement sur une table horizontale. Chaque autoporteur porte à sa périphérie une lame d'acier élastique de masse négligeable.

Les deux autoporteurs sont réunis en contact l'un avec l'autre, à l'aide d'un fil inextensible, tendu et de masse négligeable qui les entoure, de sorte que les lames soient comprimées. Le système (S) ainsi formé est au repos (Figure 1).

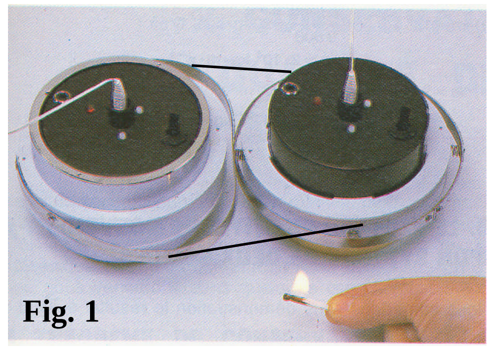

Fig. 1

On brûle le fil; les lames se détendent et les autoporteurs se repoussent. On a ainsi réalisé "l'explosion" du système (S) formé par les deux autoporteurs et les lames.

Les positions du centre d'inertie de chaque autoporteur sont enregistrées à des intervalles de temps, successifs et égaux à τ = 50 ms.

La figure (2) représente l'enregistrement, sur l'axe x'x, des positions des centres d'inertie G_A et G_B des autoporteurs après l'explosion.

Fig. 2

1) En utilisant le document de la figure (2), montrer qu'après l'explosion :

a- chaque autoporteur est animé d'un mouvement uniforme ;

b- les valeurs des vitesses de (A) et (B) sont respectivement V_A = 1,2 m/s et V_B = 1 m/s.

2) Vérifier la conservation de la quantité de mouvement du système (S) lors de l'explosion.

3) En appliquant la deuxième loi de Newton $\frac{d\vec{P}}{dt} = \sum \overrightarrow{F_{ext}}$ sur chaque autoporteur et en admettant que la durée de l'explosion Δt = 0,05 s est suffisamment petite pour confondre $\frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$ et $\frac{d\vec{P}}{dt}$,

a- déterminer les forces $\vec{F}_{A\to B}$ et $\vec{F}_{B\to A}$ exercées respectivement par (A) sur (B) et par (B) sur (A).

b- vérifier la loi des actions réciproques.

4) Le système (S) possède une certaine énergie avant l'explosion.

a- Préciser la partie de (S) emmagasinant cette énergie.

b- Sous quelle forme cette énergie est-elle emmagasinée?

c- Déterminer la valeur de cette énergie.

Deuxième exercice (6 ½ pts) **Charge et décharge d'un condensateur**

Le but de l'exercice est d'étudier le fonctionnement d'un dispositif permettant d'allumer et d'éteindre automatiquement une lampe au bout d'une durée t_1 réglable.

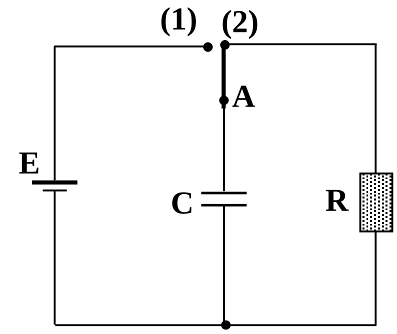

Figure 1

A- Principe de fonctionnement du dispositif

On dispose d'une source de tension continue de valeur E, d'un commutateur, d'un conducteur ohmique de résistance R et d'un condensateur, initialement neutre, de capacité C réglable. On réalise le circuit schématisé par la figure 1.

1- Charge du condensateur

Le commutateur est placé en position (1). Le condensateur se charge.

a- La durée de la charge du condensateur est très courte. Pourquoi?

b- Quelle serait la valeur de la tension $u_C = u_{AB}$ aux bornes du condensateur ainsi chargé ?

2- Décharge du condensateur

Le condensateur étant ainsi chargé, on relâche le commutateur qui revient automatiquement en position (2) à la date $t_0 = 0$. Le condensateur se décharge à travers le conducteur ohmique.

a- Déterminer, l'équation différentielle qui régit l'évolution de u_C en fonction du temps.

b- La solution de l'équation différentielle précédente est de la forme $u_C = a\, e^{\frac{-t}{\tau}}$ où a et τ sont des constantes positives. Déterminer les expressions de a et τ en fonction de E, R et C.

c- Montrer que, pour $t = \tau$, la tension aux bornes du condensateur est égale à 37 % de sa valeur à la date $t_0 = 0$.

B -Utilisation du dispositif

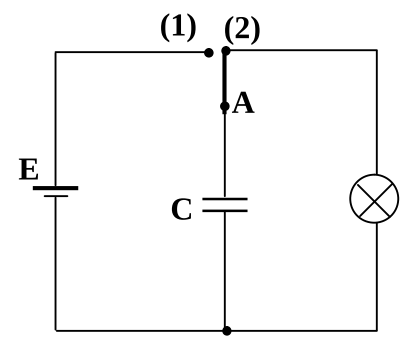

Figure 2

Le dispositif d'allumage utilisé est modélisé par le circuit de la figure 2 où $E = 10$ V et le conducteur ohmique est remplacé par une lampe de résistance $R = 3\ k\Omega$.

La lampe demeure allumée tant que la tension entre ses bornes est supérieure ou égale à une tension limite notée U.

1) a- En utilisant la solution de l'équation différentielle (donnée à la question (A-2-b)), déterminer l'expression de la durée t_1 d'allumage de la lampe en fonction de U, E et τ.

b- Calculer t_1 pour U = 3,7 V et $C = 2 \times 10^{-2}$ F.

2) On garde la même lampe et la même alimentation. Sur quel composant, dans le montage, doit-on agir et comment, afin d'augmenter la durée d'allumage de la lampe ?

<u>Troisième exercice</u> (6 ½ pts) Radioactivité du Cobalt

Le cobalt ${}^{60}_{27}Co$ est radioactif β^-. Le noyau fils ${}^{A}_{Z}Ni$ se désexcite pour retrouver son état fondamental. L'énergie due à cette désexcitation est $E(\gamma) = 2{,}5060$ MeV. La particule β^- est émise avec une énergie cinétique $E_C(\beta^-) = 0{,}0010$ MeV.

<u>Données numériques</u> : masse du noyau ${}^{60}_{27}Co$: 59,91901 u ;
masse du noyau ${}^{A}_{Z}Ni$: 59,91544 u ;
masse d'un électron : $5{,}486 \times 10^{-4}$ u ;
$1 \text{ u} = 931{,}5 \text{ MeV}/c^2$;
$1 \text{ MeV} = 1{,}6 \times 10^{-13}$ J .

A – Étude de la désintégration

1) Déterminer Z et A.

2) Calculer, en u, la perte de masse Δm au cours de cette désintégration.

3) En déduire, en MeV, l'énergie E libérée par cette désintégration.

4) Lors de la désintégration, le noyau fils est pratiquement obtenu au repos.
Sous quelle forme l'énergie E apparaît-elle ?

5) **a-** Déduire de ce qui précède, que l'électron, émis au cours de la désintégration envisagée, est accompagné d'une certaine particule.

b- Nommer cette particule.

c- Donner le nombre de charge et le nombre de masse de cette particule.

d- Déduire, en MeV, l'énergie de cette particule.

6) Écrire l'équation bilan de cette désintégration.

B – Utilisation du cobalt 60

On utilise, en médecine, une source radioactive de cobalt ${}^{60}_{27}Co$ d'activité $A = 6 \times 10^{19}$ Bq.

Les particules β^- émises sont absorbées par l'organisme vivant.

1) L'énergie de la particule mentionnée dans la question (A-5) n'est pas absorbée par l'organisme vivant. Pourquoi ?

2) Calculer, en W, la puissance transférée à l'organisme.

3) Cette grande puissance est utilisée en radiothérapie. Quel est son effet ?

Solution

Premier exercice **(7 pts)**

1)

a- Les distances parcourues pendant le même temps sont égales. **(½ pt)**

b- $V_B = \frac{d}{t} = \frac{d}{4\tau} = \frac{0,2}{4\times0,05} = 1\,m/s.$ **(¾ pt)**

$V_A = \frac{0,24}{4\times0,05} = 1,2\,m/s.$ **(¾ pt)**

2) $\overrightarrow{P_{avant}} = \vec{0}$; $\overrightarrow{P_{après}} = m_A\overrightarrow{V_A} + m_B\overrightarrow{V_B}$

$= 0,1\times(-1,2\vec{i}) + 0,12\times(\vec{i}) = \vec{0} \Rightarrow \overrightarrow{P_{avant}} = \overrightarrow{P_{après}}$; d'où la conservation de la quantité de mouvement du système formé par les deux autoporteurs. **(1 pt)**

3)

a- La deuxième loi de Newton, appliquée sur A donne :

$\frac{d\vec{P}}{dt} = \overrightarrow{m_A g} + \overrightarrow{N_A} + \overrightarrow{F_{B\to A}} = \overrightarrow{F_{B\to A}}$

$= \frac{0,1(-1,2-0)\vec{i}}{0,05} = -2,4\vec{i}$. **(1 pt)**

$\frac{d\vec{P}}{dt} = \overrightarrow{m_B g} + \overrightarrow{N_B} + \overrightarrow{F_{A\to B}} = \overrightarrow{F_{A\to B}}$

$= \frac{0,12(1-0)\vec{i}}{0,05} = 2,4\vec{i}$. **(1 pt)**

b- $\overrightarrow{F_{B\to A}} = -\overrightarrow{F_{A\to B}}$ **(½ pt)**

4)

a- Aux lames élastiques **déformées**. **(¼ pt)**

b- Énergie potentielle élastique. **(¼ pt)**

c- L'énergie mécanique du système est conservée car il est énergétiquement isolé (il n'échange aucune énergie avec l'extérieur) ou (l'énergie potentielle élastique se transforme en énergie cinétique) :

$E_m = E_C + E_{Pel} = E_{m\,avant} = E_{m\,après} = 0 + E_{pel} = E_C + 0 \Rightarrow$

$E_{pel.} = \frac{1}{2}m_A V_A^2 + \frac{1}{2}m_B V_B^2 = 0,132\,J$ **(1 pt)**

<u>Deuxième exercice</u> (6 ½ pts)

A-

1) a- Car $\tau = RC \approx 0$ pendant la charge. **(½ pt)**

b- $u_C = E$ **(¼ pt)**

2) a- $u_C = Ri$ et $i = -C\dfrac{du_C}{dt}$

$\Rightarrow u_C + RC\dfrac{du_C}{dt} = 0$ **(1 ¼ pt)**

b- $\dfrac{du_C}{dt} = -\dfrac{a}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow a\, e^{\frac{-t}{\tau}} + RC\left(-\dfrac{a}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = 0$

$\Rightarrow 1 - \dfrac{RC}{\tau} = 0 \Rightarrow \tau = RC$;

Pour $t = 0$, $u_C = E = a$. **(1 ½ pt)**

c- Si $t = \tau$, $u_C = Ee^{-1} = 0{,}37\,E = 37\%E$. **(1 pt)**

B-

1) a- $u_C = E\, e^{\frac{-t}{\tau}} \Rightarrow U = E\, e^{-\frac{t_1}{RC}}$

$\Rightarrow \dfrac{t_1}{RC} = \ln\dfrac{E}{U}$

$\Rightarrow t_1 = RC\ln\dfrac{E}{U} = \tau\ln\dfrac{E}{U}$. **(1 pt)**

b- $t_1 = 60$ s. **(½ pt)**

2) Condensateur **(¼ pt)**

On doit augmenter C, car t_1 étant Proportionnelle à C. **(¼ pt)**

<u>Troisième exercice</u> (6 ½ pts)

A –

1) La conservation du nombre de masse et la conservation du nombre de charge donnent : Z = 28 et A = 60 **(½ pt)**

2) $\Delta m = m_{avant} - m_{après}$

$= 59,91901 - (59,91544 + 0,0005486)$

$= 0,0030214$ u. **(½ pt)**

3) $\Delta m = 0,0030214 \times 931,5 \ MeV/c^2$

$= 2,8144 \ MeV/c^2$.

$E = \Delta m \times c^2 = 2,8144$ MeV **(¾ pt)**

4) E apparaît sous forme d'énergie cinétique des produits obtenus et en énergie rayonnante sous forme de photons γ. **(½ pt)**

5) **a-** $E_C(\beta^-) + E(\gamma) = 0,0010 + 2,5060$

$= 2,507$ MeV

est inférieure à E= 2,8144 ; il n'y a pas donc conservation de l'énergie, d'où la nécessité d'admettre l'émission d'une autre particule que l'électron. **(1 pt)**

b- L'antineutrino . **(¼ pt)**

c- Z = 0 et A = 0. **(½pt)**

d- E = 2,8144 – 2,507 = 0,3074 MeV. **(½ pt)**

6) ${}^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Ni + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\upsilon} + \gamma$ **(¼ pt)**

B –

1) Car l'antineutrino ne subit aucune interaction avec la matière. **(¼ pt)**

2) L'activité correspond à 6×10^{19} désintégrations par seconde, soit à 6×10^{19} électrons émis par seconde

$\Rightarrow P = 6 \times 10^{19} \times 0,0010 \times 1,6 \times 10^{-13} W = 9,6$ kW.

(1¼ pt)

3) La destruction des cellules. **(¼ pt)**