Cette épreuve, formée de trois exercices obligatoires, est constituée de quatre pages numérotées de 1 à 4.
Les calculatrices non programmables sont autorisées.

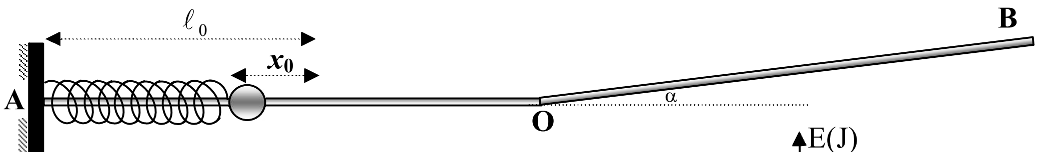
Premier exercice : (6 ½ pts) Détermination de la valeur d'une force de frottement

Un solide (S) de masse m = 200 g peut se déplacer sur un rail AOB situé dans un plan vertical. Ce rail est constitué de deux parties : l'une AO rectiligne horizontale et l'autre OB rectiligne et inclinée d'un angle α sur l'horizontale ($\sin \alpha = 0{,}1$). Sur la partie AO, le mouvement de (S) se fait sans frottement et, sur la partie OB, (S) subit l'action d'une force de frottement $\vec{f}$ supposée constante et parallèle au déplacement.

Le but de l'exercice est de déterminer la valeur f de la force de frottement $\vec{f}$.

A- Lancement du solide

Pour lancer ce solide sur la partie AO, on utilise un ressort de raideur k = 320 N/m et de longueur à vide ℓ_0 ; une des extrémités du ressort est fixée en A à un support. On comprime le ressort de x_o ; on pose le solide contre l'extrémité libre du ressort et on libère l'ensemble. Quand le ressort reprend sa longueur à vide ℓ_0, le solide quitte le ressort à la vitesse $\overrightarrow{V_0}$ de valeur $V_0 = 8$ m/s , poursuit son mouvement en glissant sur le rail horizontal et aborde au point O la partie inclinée OB.



1) Déterminer la valeur de x_o.
2) Le solide arrive au point O avec la vitesse de valeur $V_0 = 8$ m/s. Justifier.

B- Mouvement du solide sur la partie inclinée OB

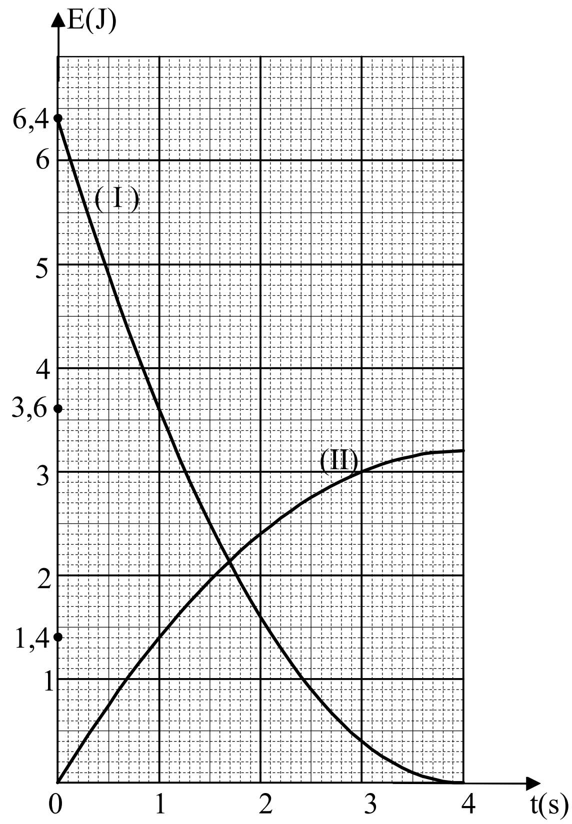
(S) aborde en O la partie inclinée OB avec la vitesse de valeur V_0 à la date $t_o = 0$. Un système approprié permet de tracer, en fonction du temps, les courbes donnant les variations de l'énergie cinétique E_C du solide et de l'énergie potentielle de pesanteur E_{PP} du système (solide - Terre).

Ces courbes sont représentées sur la figure ci-contre entre les dates $t_o = 0$ et $t_4 = 4$ s, à l'échelle :

- 1 division sur l'axe des temps correspond à 1 s
- 1 division sur l'axe des énergies correspond à 1 J.

Le niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur est le plan horizontal passant par le point O.

Prendre $g = 10$ m / s^2.



1) La courbe **I** représente la variation, en fonction du temps, de l'énergie cinétique E_C. Pourquoi ?
2) En utilisant les courbes,
a- préciser, en le justifiant, la forme de l'énergie du système à la date $t_4 = 4$ s ;
b- déterminer la distance maximale parcourue par le solide sur la partie OB ;
c- i. compléter le tableau avec les valeurs de l'énergie mécanique E_m pour chaque date t ;

t (s)	0	1	2	3	4
E_m (J)		5			

ii. justifier l'existence de la force de frottement $\vec{f}$;
iii. calculer la variation de l'énergie mécanique du système entre les dates $t_0 = 0$ et $t_4 = 4$ s ;
iv. déterminer f.

Deuxième exercice : (7 pts) Détermination de l'inductance d'une bobine

Dans le but de déterminer l'inductance L d'une bobine de résistance négligeable, on place cette bobine dans un circuit comportant en série, un conducteur ohmique de résistance R = 10 Ω, un condensateur de capacité $C = \frac{160}{\sqrt{3}}$ µF et un générateur délivrant, entre ses bornes, une tension alternative sinusoïdale $u_{AM} = U_m \sin(2\pi f t)$, de fréquence réglable (figure 1). Le circuit est alors parcouru par un courant alternatif sinusoïdal d'intensité i.

Un oscilloscope branché dans le circuit permet de visualiser, sur la voie Y_1, la tension u_{AM} et, sur la voie Y_2, la tension u_{DM}.

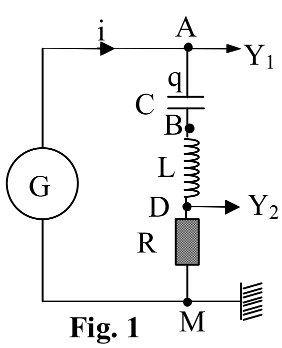


Fig. 1

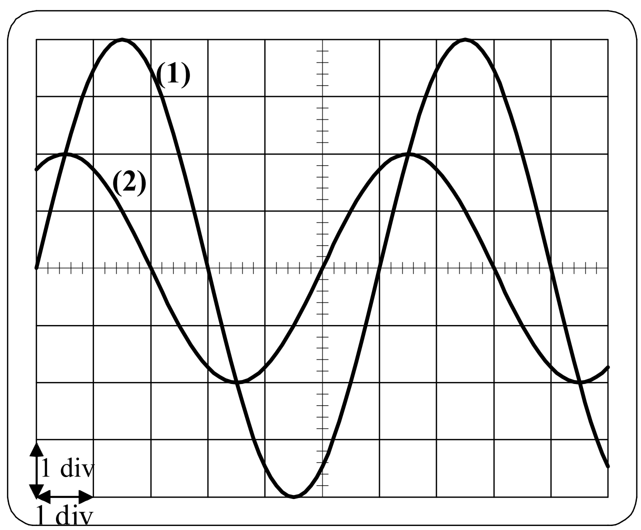


Fig. 2

A) Le générateur est réglé à la fréquence f = 50 Hz.

L'oscillogramme de la figure 2 montre la courbe (1) qui correspond à la tension u_{AM} et la courbe (2) qui correspond à la tension u_{DM}. La sensibilité verticale pour les deux voies est 5 V / division.

Prendre : $\sqrt{3} = 1,73$; $0,32\pi = 1$

1) En se référant à l'oscillogramme,

a- calculer la tension maximale U_m aux bornes du générateur,

b- montrer que l'expression de la tension u_{DM} s'écrit sous la forme :

$$u_{DM} = 10 \sin(100\pi t + \frac{\pi}{3}) \quad (u_{DM} \text{ en V, t en s}).$$

2) a- Déterminer l'expression de i.

b- Montrer que l'expression de la tension aux bornes du condensateur peut s'écrire :

$$u_C = u_{AB} = -\,20\sqrt{3}\cos(100\pi t + \frac{\pi}{3}) \quad (u_{AB} \text{ en V})$$

c- Déterminer l'expression de la tension u_{BD} aux bornes de la bobine en fonction de l'inductance L et du temps t.

3) La relation $u_{AM} = u_{AB} + u_{BD} + u_{DM}$ est vérifiée quel que soit le temps t. Déduire la valeur de L.

B - Pour s'assurer de la valeur de L obtenue dans la question **A-3**, on fait varier la fréquence f de la tension délivrée par le générateur, tout en maintenant constante la tension maximale U_m. On remarque que les deux tensions u_{AM} et u_{DM} deviennent en phase lorsque la fréquence est égale à $f_0 = 70{,}7$ Hz.

1) Nommer le phénomène électrique mis ainsi en évidence.

2) Retrouver la valeur de L.

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

Un laboratoire de physique est équipé d'un compteur de radioactivité associé à une source radioactive au césium $^{137}_{55}Cs$ émetteur β^-.

La fiche technique du compteur porte les indications suivantes:

- *nucléide :* $^{137}_{55}Cs$
- *demi-vie : T = 30 ans*
- *activité de la source à la date de fabrication du compteur :* $A_0 = 4{,}40 \times 10^5$ *Bq*
- *énergie du rayonnement bêta : 0,514 MeV*
- *énergie du rayonnement gamma : 0,557 MeV*

Prendre : 1 eV = $1{,}6 \times 10^{-19}$ J.

1 u = 931,5 MeV / c^2

Masses des noyaux et particule : m (C_S) = 136,8773 u ;

m (Ba) = 136,8756 u ;

m (électron) = $5{,}5 \times 10^{-4}$ u.

A- Énergie libérée par un noyau de césium

1) a- Écrire l'équation de désintégration du césium 137, sachant que le noyau fils est le baryum $^{y}_{x}Ba$.

Déterminer x et y.

b- Le baryum $^{y}_{x}Ba$ est obtenu à l'état excité. Écrire l'équation de désexcitation du noyau de baryum.

2) a- Calculer, en MeV, l'énergie E libérée au cours de la désintégration d'un noyau de césium.

b- Déduire, en se référant à la fiche technique l'énergie emportée par l'antineutrino sachant que l'énergie cinétique du noyau de baryum est négligeable.

B- Activité du césium

1) À la rentrée scolaire 2004, on mesure, à l'aide du compteur, l'activité A de la source. On obtient la valeur $3{,}33 \times 10^5$ Bq. Déterminer l'année de fabrication du compteur équipé de sa source sachant que $A = A_0 e^{-\lambda t}$, λ étant la constante radioactive du césium.

2) L'activité de la source ne varie pratiquement pas au cours d'une séance d'une heure . En se basant sur la définition de l'activité d'une source radioactive, calculer le nombre n de désintégrations pendant 1 heure.

C- Conséquence de l'utilisation de la source au césium

1) En tenant compte des valeurs de E et de n, calculer, en J, l'énergie reçue par un élève, durant une séance d'une heure au laboratoire, sachant que cet élève absorbe 1 % de l'énergie nucléaire libérée.

2) Sachant que l'énergie nucléaire maximale que peut supporter l'élève, pendant une heure, est de $1{,}2 \times 10^{-4}$ J, vérifier que l'élève ne court aucun risque.

Solution

Premier exercice

A- 1) Explication **(1/2pt) ;** $\frac{1}{2}k(x_0)^2 = \frac{1}{2}m(V_0)^2$.......... **(1/2 pt)**

$x_0 = 20$ cm ....**(1/2 pt)**

2) La méthode de la conservation de E_m ou $\Sigma\,\vec{F} = \vec{P} + \vec{N} = \vec{0}$, le mouvement est donc rectiligne uniforme de vitesse égale à la vitesse initiale $V_0 = 8$ m/s . ... **(1/2pt)**

B) 1) A l'instant t= 0, la vitesse du solide est 8m/s, son énergie cinétique est maximale. La courbe **I** passe par un maximum à cet instant. **(1/2pt)**

2) a) A la date t = 4 s, $E_C = 0$, l'énergie du système à cette date est une énergie potentielle de pesanteur. ....**(1/2pt)**

b) La distance maximale correspond à une énergie potentielle de pesanteur maximale sur la courbe II ;

$E_{Ppmax} = 3{,}2\text{ J} = mgh_{max} = mg\, d_{max}\sin\alpha$, d'où : $d_{max} = 16$ m **(1pt).**

c) i. Tableau .... **(1pt)**

t (s)	0	1	2	3	4
E_m (J)	6,4	5	4	3,4	3,2

ii. L'énergie mécanique diminue avec le temps ; ce qui signifie l'existence d'une force de frottement. **(1/4pt)**

iii. $\Delta E_m = 3{,}2 - 6{,}4 = -3{,}2$ J **(1/2pt)**

iv. $\Delta E_m = W(\vec{f}) = -f \times d_{max}$ **(1/2pt)**

$f = \frac{3{,}2}{16} = 0{,}2N$ **(1/2pt)**

Deuxième exercice

A- 1- a) U_m = 4 div × 5 V/div = 20 V **(1/2pt)**

b) U_{DMm} = 2 div × 5 V/div = 10V

Le déphasage entre u_{DM} et u_{AM} est $\varphi_1 = 1\text{div} \times \frac{2\pi}{6} = \frac{\pi}{3}$ rad

u_{DM} est en avance de phase sur u_{AM}.

$u_{DM} = 10\sin(100\pi t + \frac{\pi}{3})$ **(1 ½ pt)**

2) a) $u_{DM} = Ri \Rightarrow i = \sin(100\pi t + \frac{\pi}{3})$ **(1/2pt)**

b) $i = C\frac{du_C}{dt}$ **(1/4pt)** => u_C = primitive de $\frac{1}{C}i$ **(1/4pt)**

$= -20\sqrt{3}\cos(100\pi t + \frac{\pi}{3})$ **(1/4pt)**

c) $u_{BD} = L\frac{di}{dt}$ **(1/4pt)**

$= 100\pi L\cos(100\pi t + \frac{\pi}{3})$ **(1/2pt)**

3) La relation $u_{AM} = u_{AB} + u_{BD} + u_{DM}$ s'écrit :

$$20\sin 100\pi t = -20\sqrt{3}\cos(100\pi t + \frac{\pi}{3}) + 100\pi L\cos(100\pi t + \frac{\pi}{3})$$

$$+10\sin(100\pi t + \frac{\pi}{3})$$ **(1/4pt)**

Pour t = 0, on obtient : $0 = -10\sqrt{3} + 50\pi L + 5\sqrt{3}$ .Ainsi : L = 55 mH.

(11/4pt)

B- 1) Le phénomène de la résonance d'intensité **(1/2pt)**

2) A la résonance, :

$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$, ainsi : L ≈ 55 mH. **(1pt)**

Troisième Exercice

A- 1) a) $^{137}_{55}Cs \rightarrow \; ^{y}_{x}Ba + \; ^{0}_{-1}e + \; ^{0}_{0}\overline{\nu}$ **(1/2pt)**

$55 = x - 1 \Rightarrow x = 56$; $137 = y + 0 \Rightarrow y = 137$ **(1/2pt)**

b) $^{y}_{x}Ba^{*} \rightarrow \; ^{y}_{x}Ba + \gamma$ **(1/2pt)**

2) a) $E = \Delta m \times c^2$. Avec $\Delta m = m_{avant} - m_{après} = m_{Cs} - (m_{Ba} + m_{élecron}) = 1,15.10^{-3}$ u

$\Delta m = 1,15.10^{-3} \times 931,5\ \text{MeV}/c^2 = 1,0712\ \text{MeV}/c^2$.

$E = 1,0712\ \text{MeV}/c^2 \times c^2 = 1,0712$ MeV. **(1 ½ pt)**

b) E(libérée) = $E(\gamma) + E(\beta^-) + E_C(Ba) + E(^{0}_{0}\overline{\nu})$

1,0712 MeV = 0,557 + 0,514 + 0 + $E(^{0}_{0}\overline{\nu}) \Rightarrow E(^{0}_{0}\overline{\nu})$ = 0,0002 MeV. **(1pt)**

B) 1) $A = A_0 e^{-\lambda t}$, ainsi $t = \frac{1}{\lambda} \times \ln \frac{A_0}{A}$ =12 ans.

Ainsi la date de fabrication du compteur est la rentrée de l'année 1992. **(1/2pt)**

2) Nombre de désintégrations pendant 1 h = n = A $\times$ t = $3,33.10^5 \times 3600 = 11988.10^5$

(1/2 pt)

C- 1) Energie libérée pendant une heure = $E_1 = E \times$ nombre de désintégrations pendant 1 h = $E \times n = 1,0712 \times 11988.10^5$ MeV = $12841,5.10^5$ MeV = $0,2055.10^{-3}$J.

Energie absorbée par l'élève pendant 1 heure = $E_2 = \frac{0,2055.10^{-3}}{100} = 0,2055.10^{-5}$J **(1 pt)**

2) $E_2 < 1,2 \times 10^{-4}$J => aucun risque **(1/2pt)**