وزارة التربية والتعليم العالي المديرية العامة للتربية دائرة الامتحانات	امتحانات شهادة الثانوية العامة فرع العلوم العامة	*2002*

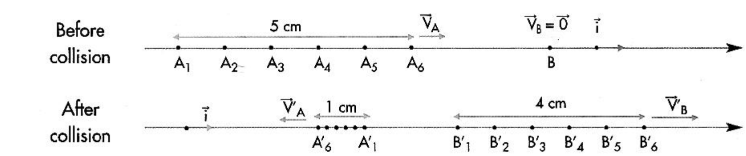
مسابقة في الفيزياء المدة: ثلاث ساعات	الاسم: الرقم:

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 points) Collision et lois de conservation

Pour étudier la collision entre deux mobiles, on dispose d'une table à coussin d'air horizontale, équipée d'un lanceur et de deux mobiles autoporteurs (A) et (B) de masses respectives m_A = 0,2 kg et m_B = 0,3 kg. (A), lancé à la vitesse $\vec{V}_A = V_A \vec{i}$, entre en collision avec (B), initialement au repos. (A) rebondit avec la vitesse $\vec{V}'_A = V'_A \vec{i}$, et (B) part avec la vitesse $\vec{V}'_B = V'_B \vec{i}$.



La figure ci-dessous représente, à l'échelle réelle, une partie des enregistrements de positions des centres d'inertie de (A) et (B), obtenus à des intervalles de temps successifs et égaux à τ = 20 ms.

A) Loi relative à la quantité de mouvement

I) 1) Prouver, à partir de la figure, que les vitesses $\vec{V}_A$, $\vec{V}'_A$ et $\vec{V}'_B$ sont constantes et calculer les valeurs algébriques V_A, V'_A et V'_B.

2) Déterminer les quantités de mouvement, $\vec{P}_A$ et $\vec{P}'_A$ de (A), respectivement avant et après le choc et $\vec{P}'_B$ de (B) après le choc.

3) En déduire les quantités de mouvement, $\vec{P}$ et $\vec{P}'$, du centre d'inertie du système formé par (A) et (B) respectivement avant et après le choc.

4) Comparer $\vec{P}$ et $\vec{P}'$ et conclure.

II) 1) Faire l'inventaire des forces s'exerçant sur le système [(A), (B)].

2) Que vaut la somme de ces forces?

3) Ce résultat est compatible avec la conclusion faite dans (I - 4). Pourquoi?

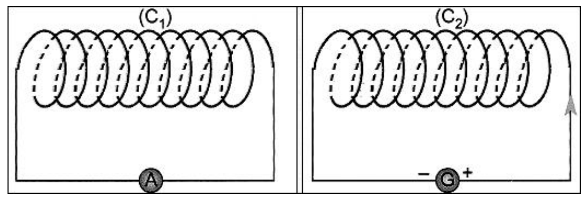
B) **Loi relative à l'énergie cinétique**

1) Calculer l'énergie cinétique du système formé par (A) et (B) avant et après le choc.

2) En déduire la nature du choc.

Deuxième exercice (7 points) Le transformateur

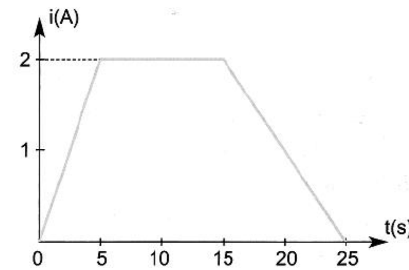
Le but de cet exercice est de mettre en évidence le principe de fonctionnement et le rôle d'un transformateur idéal.



Dans ce but, on dispose de deux bobines, l'une (C_1) de 1000 spires et l'autre (C_2) de 500 spires; la surface de chacune des spires de (C_1) et (C_2) est de $100\ cm^2$.

A) Principe de fonctionnement

La bobine (C_1) est reliée à un ampèremètre sensible (A) et la bobine (C_2) est montée aux bornes d'un générateur de façon à former deux circuits fermés. (Fig. 1)



La bobine (C_2) est alors parcourue par un courant d'intensité i évoluant en fonction du temps comme l'indique le graphique de la figure 2. De ce fait, (C_2) crée, à travers (C_1), un champ magnétique $\vec{B}$ supposé uniforme de module $B = 2 \times 10^{-3}$ (B en T et i en A).

1) Donner, en fonction de i, l'expression du flux magnétique à travers (C_1).
2) Donner l'expression e de la f.é.m. induite dans la bobine (C_1).
3) Trouver les valeurs de e pour $0s \leq t \leq 25s$.
4) Tracer le graphique donnant l'évolution de e, en fonction du temps, pour $0s \leq t \leq 25s$.
   Echelle: sur l'axe des temps: $1cm \rightarrow 5\ s$ et sur l'axe des e: $1cm \rightarrow 4\ mV$.
5) Reproduire le schéma de la figure 1 et indiquer, en utilisant la loi de Lenz, le sens du courant dans (C_1), dans l'intervalle $0s \leq t \leq 5s$.

B) Rôle

Les bobines (C_1) et (C_2), séparées des circuits précédents, sont utilisées avec un noyau de fer doux convenable pour former un transformateur idéal (T) dans lequel (C_1) et (C_2) sont respectivement les enroulements primaire et secondaire.

1) On maintient aux bornes de (C_1) une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace $U_1 = 220V$. Un voltmètre, utilisé en mode AC et monté aux bornes de (C_2), indique une valeur U_2.
   a) Donner un schéma simplifié de (T).
   b) (T) se comporte-t-il comme un survolteur ou comme un sous-volteur? Justifier la réponse et calculer U_2.
2) Une lampe, montée aux bornes de (C_2), est parcourue par un courant d'intensité efficace $I_2 = 1$ A. Calculer l'intensité efficace I_1 du courant passant dans la bobine (C_1).

<u>Troisième exercice</u> (6 points) Fission nucléaire

Données: masse d'un neutron: $m_n = 1{,}00866$ u

masse d'un noyau d'uranium 235: $m(^{235}U) = 234{,}99342$ u

masse d'un noyau d'iode A: $m(^{A}I) = 138{,}89700$ u

masse d'un noyau d'yttrium 94: $m(^{94}Y) = 93{,}89014$ u

$1\ u = 1{,}66054 \times 10^{27}$ kg = 931,5 MeV/c^2.

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

Dans une centrale nucléaire, on utilise des noyaux d'uranium 235 comme combustible. Le noyau d'uranium 235, qui subit une réaction nucléaire, a dû être bombardé par un neutron thermique.

1) Une des réactions possibles subies par l'uranium 235 a la forme:

$${}_{0}^{1}n + {}_{92}^{235}U \rightarrow {}_{53}^{A}I + {}_{Z}^{92}Y + 3\,{}_{0}^{1}n + \gamma$$

a) Le noyau d'uranium 235 est fissile. Pourquoi?

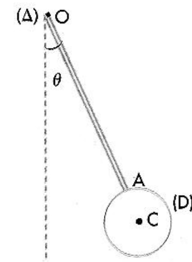
b) Cette réaction nucléaire subie par le noyau d'uranium 235 est dite provoquée. La réaction provoquée est un de deux types de réactions nucléaires. Nommer l'autre type et dire comment distinguer un type de l'autre.

c) Déterminer les valeurs de A et de Z en précisant les lois utilisées.

d) Calculer l'énergie libérée au cours de la réaction précédente. Sous quelles formes apparaît cette énergie libérée?

2) Cette centrale nucléaire convertit 30% de l'énergie libérée en énergie électrique. Calculer la masse d'uranium 235 consommée chaque jour dans une centrale nucléaire sachant qu'elle fournit une puissance électrique de 6×10^{8} W.

Quatrième exercice (7½points) Le balancier d'une horloge



Le balancier d'une horloge peut être schématisé par un disque homogène (D) de centre C, soudé à l'extrémité A d'une tige homogène OA.

A) Caractéristiques du mouvement du balancier

Dans cette partie, les frottements sont supposés négligeables.

Le balancier est un pendule pesant pouvant osciller autour de l'axe horizontal (Δ) passant par O (figure). Au cours d'oscillations, de faible amplitude θ_m et de période propre T_o, le pendule passe par sa position d'équilibre avec une vitesse angulaire de 0,3 rad/s.

On donne: OA = 100 cm; g = 10 m/s^2; rayon du disque AC = 10 cm;

π = 3,14; masse de la tige = 0,5 kg; masse du disque = 1 kg;

le moment d'inertie du balancier par rapport à (Δ) est I = 1,38 kg.m^2.

1) a) Préciser la position d'équilibre du pendule.

b) Calculer son moment cinétique lors de son passage par cette position d'équilibre.

c) Déterminer la somme des moments des forces agissant sur le pendule lors de son passage par la position d'équilibre.

d) Déterminer, en appliquant le théorème du moment cinétique, la valeur de l'accélération angulaire du pendule lors du passage par cette position d'équilibre. En déduire que la valeur maximale de la vitesse angulaire est 0,3 rd/s.

2) a) Démontrer que le centre d'inertie G du pendule se trouve à la distance OG = 90 cm de O.

b) Déterminer l'énergie mécanique du système (pendule, Terre) pour une élongation angulaire θ. Prendre comme niveau de référence pour l'énergie potentielle de pesanteur, le plan horizontal passant par G_o, position du centre d'inertie G du pendule à l'équilibre.

c) Celte énergie mécanique se conserve. Pourquoi? En déduire la valeur de θ_m.

d) Déterminer l'équation différentielle qui régit le mouvement périodique du pendule. Calculer la valeur de T_o.

B) **Entretien des oscillations du balancier**

En réalité, le pendule effectue des oscillations de pseudo-période T. Si l'on n'entretient pas le mouvement du pendule, les oscillations ont tendance à s'amortir.

1) La pseudo-période T est-elle supérieure, égale ou inférieure à T_o?

2) Pourquoi les oscillations du balancier ont-elles tendance à s'amortir?

L'entretien des oscillations s'effectue, en fait, par la descente très lente d'un solide (S). On fait remonter (S), une fois par semaine, pendant 10 s par l'intermédiaire d'un moteur électrique. Sachant que (S) a une masse M = 2 kg et qu'il descend, par semaine, d'une hauteur h = 1,5 m, déterminer la puissance moyenne de ce moteur électrique.

اسس التصحيح لدورة 2002 الاستثنائية		
Question I (07 points)		
A-I-1.	Chaque mobile (avant et après la collision) parcourt des distances égales pendant mêmes intervalles de temps: $v_A = \frac{A_1A_6}{5\,\tau} = \frac{5\times10^{-2}m}{5\times20\times10^{-3}s} = 0{,}5m/s$, so $\overrightarrow{v_A} = 0{,}5\,\vec{\imath}\,(m/s)$; $\overrightarrow{v'_A} = -0{,}1\,\vec{\imath}\,(m/s)$; $\overrightarrow{v'_B} = +0{,}4\,\vec{\imath}\,(m/s)$;	**0,25** **0,5** **0,25** **0,25**
A-I-2.	$\overrightarrow{p_A} = m_A\overrightarrow{v_A} = 0{,}1\,\vec{\imath}\,(kg.m/s)$; $\overrightarrow{p'_A} = -0{,}02\,\vec{\imath}\,(kg.m/s)$; $\overrightarrow{p'_B} = 0{,}12\,\vec{\imath}\,(kg.m/s)$;	**0,5** **0,25** **0,25**
A-I-3.	$\vec{p} = 0{,}1\,\vec{\imath}\,(kg.m/s)$; $\overrightarrow{p'} = 0{,}1\,\vec{\imath}\,(kg.m/s)$;	**0,5** **0,25**
A-I-4.	$\vec{p} = \overrightarrow{p'}$; Donc, la quantité de mouvement du système $[(A),(B)]$ est conservée.	**0,5**
A-II-1.	Les forces agissant sur le système $[(A),(B)]$ sont le poids de chacun $\overline{m_A\vec{g}}$ et $\overline{m_B\vec{g}}$ et les réactions normales exercées par le support $\overrightarrow{N_A}$ et $\overrightarrow{N_B}$.	**0,5**
A-II-2.	La force résultante: $\sum\overrightarrow{F_{\text{ext}}} = \left(\overline{m_A\vec{g}} + \overrightarrow{N_A}\right) + \left(\overline{m_B\vec{g}} + \overrightarrow{N_B}\right) = \vec{0}$	**1**
A-II-3.	Si $\sum\overrightarrow{F_{\text{ext}}} = \vec{0}$, alors $\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{0}$;	**0,5**
B-1.	$Ec_{\text{Juste avant la collision}} = 0.025J$ $Ec_{\text{Juste après la collision}} = 0{,}025J$	**1**
B-2.	La collision est élastique.	**0,5**

اسس التصحيح لدورة 2002 الاستثنائية		
Question II (07 points)		
A-1.	Le flux magnétique à travers (C_1): $\phi = N_1 B\, S_1 \cos\theta$ avec $\theta = (\vec{n}, \vec{B}) = 0$; $\phi = 1000 \times 2 \times 10^{-3} i \times 100 \times 10^{-4} \times \cos 0 = 0{,}02\, i$ (ϕ en Wb et i en A)	**0,25** **0,5**
A-2.	Loi de Faraday: $e = -\frac{d\phi}{dt} = -0{,}02 \frac{di}{dt}$ (avec i en A et e en V)	**0,5**
A-3.	Pour $0 \leq t \leq 5s$, $e_1 = -0.02 \times \frac{(2-0)}{(5-0)} = -8mV$. Pour $5s \leq t \leq 15s$, $e_2 = 0$. Pour $15s \leq t \leq 25s$, $e_3 = 4mV$	**0,5** **0,25** **0,5**
A-4.	Graphique	**0,5**
A-5.	Pour $0 \leq t \leq 5s$, le courant augmente alors l'intensité du champ magnétique $\vec{B}$ augmente aussi. D'après la loi de Lenz, le champ magnétique induit $\vec{B_i}$ doit agir dans le sens opposes afin de s'opposer à ce changement. Alors $\vec{B_i}$ est horizontal vers la droite. D'après la Règle de la Main Droite, le courant induit a travers (C_1) dans le sens des aiguilles de la montre. Diagramme	**0,5** **0,5**
B-1.a)	Appareil	**0,5**
B-1.b)	Loi des tensions: $\frac{U_2}{220V} = \frac{500}{1000}$; Alors $U_1 = 110V$.	**1**
B-2.	Loi des courants: $\frac{1A}{I_1} = \frac{1000}{500}$; Alors $I_1 = 0.5A$	**1**

اسس التصحيح لدورة 2002 الاستثنائية		
Question III (06 points)		
1.a)	Le noyau d'uranium ^{235}U, bombardé par un neutron thermique, se divise en deux noyaux plus légers.	**0,5**
1.b)	L'autre type est la radioactivité. Une réaction nucléaire provoquée nécessite l'intervention d'un agent extérieur tandis que la réaction spontanée se produit naturellement	**0,25** **0,5**
1.c)	D'après les lois de Soddy: Conservation du nombre de masse: $1 + 235 = A + 94 + 3 \times 1$, alors $A = 139$; Conservation du nombre de charge: $0 + 92 = 53 + Z$, alors $Z = 39$;	**0,5** **0,5**
1.d)	La masse perdue au cours de cette réaction: $m_\ell = \left[m({}_0^1n) + m\left({}_{92}^{235}U\right)\right] - \left[m\left({}_{53}^{A}I\right) + m({}_{Z}^{94}Y) + 3m({}_0^1n)\right]$; Alors, $m_\ell = 0{,}18806u$ L'énergie libérée par une seule réaction: $E_\ell = m_\ell c^2 = 0{,}18806 \times 931{,}5MeV = 175{,}2MeV.$ L'énergie libérée apparait sous: - énergie cinétique portée par les neutrons émises et les noyaux fils. - énergie rayonnante portée par les rayonnements γ.	**0,5** **0,5** **0,5**
2.	L'énergie nucléaire générée par l'uranium pendant un jour: $E_{\text{nucléaire}} = P_{\text{nucléaire}} \times \Delta t = 2 \times 10^9 \times 24 \times 3600 = 1{,}728 \times 10^{14}J.$ 1 fission $\xrightarrow{\text{masse}} 234{,}99342 \times 1{,}66 \times 10^{-27}kg \xrightarrow{\text{Libère}} 175{,}2 \times 1{,}6 \times 10^{-13}J$ $m \xrightarrow{\text{libère}} 1{,}728 \times 10^{14}J$ La masse d'uranium consommée chaque jour: $m = 2.4kg.$	**0,25** **0,5** **1** **0,5**

اسس التصحيح لدورة 2002 الاستثنائية		
Question IV (7,5 points)		
A-1.a)	$\theta = 0$.	**0,25**
A-1.b)	Alors, $\sigma = 1{,}38 \times 0{,}3 = 0{,}414\ kg.m^2.\mathrm{rad}/s$.	**0,5**
A-1.c)	$\mathrm{M}_{\overrightarrow{mg}/(\Delta)} = 0$ (rencontre l'axe) et $\mathrm{M}_{\vec{R}/(\Delta)} = 0$ (appliquée sur l'axe);	**0,5**
A-1.d)	Théorème du moment cinétique: $\sum \mathrm{M}_{\vec{F}/(\Delta)} = \frac{d\sigma}{dt}, \theta'' = \frac{d\theta}{dt} = 0, \text{donc}, \theta'_{\max} = 0{,}3\mathrm{rad/s}$	**0,75**
A-2.a)	$\overline{OG} = \frac{m\overline{OG}_{\mathrm{rod}} + m'\overline{OC}}{m+m'} = 90cm$	**1**
A-2.b)	$Em = Ec + Epp = \frac{1}{2} I\theta'^2 + (m+m')g\ a\ (1-\cos\theta)$.	**0,5**
A-2.c)	En absence des frottements, l'énergie mécanique du système est conservée: On obtient: $\frac{1}{2} I\theta_0'^2 = (m+m')g\ a\ (1-\cos\theta_m)$; Alors, $\cos\theta_m = 1 - \frac{I\theta_0'^2}{2(m+m')ag}$; Donc, $\theta_m \approx 5{,}5^0$	**0,5** **0,5**
A-2.d)	$\frac{d(Em)}{dt} = 0$, d'où $I\ \theta'\theta'' + (m+m')ga\theta' \sin\theta = 0$; On obtient: $\theta'' + \frac{(m+m')ga}{I}\theta = 0$ $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{(m+m')g\ a}} \approx 2s$.	**1**
B-2.a)	T est toujours supérieure à la période propre T_0.	**0,5**
B-2.b)	La diminution de l'énergie mécanique est due aux forces dissipatives.	**0,5**
B-2.c)	$P_m = \frac{E_{\mathrm{dissipée}}}{\Delta t} = 3W$.	**1**