

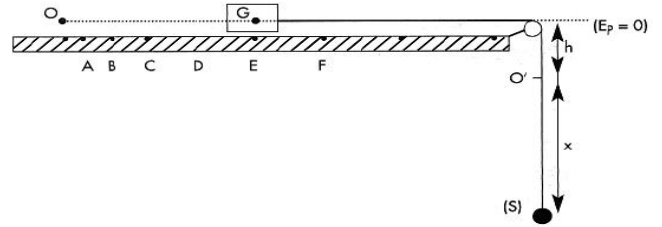
الاسم:  
الرقم:مسابقة في مادة الفيزياء  
المدة : ساعتان

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.

### Premier exercice (7 pts) Vérification de la deuxième loi de Newton

Pour vérifier la deuxième loi de Newton relative à la dynamique des solides en translation, on dispose d'un mobile autoporteur de centre d'inertie G et de masse  $M = 200$  g, d'une table horizontale à coussin d'air, d'un solide (S) de masse  $m = 50$  g, d'un fil inextensible et d'une poulie de masses négligeables.



On réalise le montage schématisé par la figure ci-contre.

Le brin du fil du côté du mobile autoporteur est tendu horizontalement; l'autre, du côté de (S) est tendu verticalement. Le plan horizontal passant par G est pris comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

A l'instant  $t = 0$ , le centre d'inertie G de l'autoporteur est en O et celui du solide (S) est en O', situé à une distance h au dessous du plan de référence. On abandonne (S) sans vitesse initiale, et, en même temps, les positions de G sont enregistrées à des intervalles de temps successifs et égaux à  $\tau = 50$  ms.

A l'instant t, G acquiert une vitesse  $\vec{V}$  et (S) se trouve à une distance x de O'.

On néglige toutes les forces de frottement et on prend  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.

- A- 1) Donner l'expression de l'énergie mécanique du système (autoporteur, (S), fil, Terre) en fonction de M, m, x, h, V et g. Cette énergie est conservée. Pourquoi?
- 2) Dédire l'expression de l'accélération de (S) en fonction de g, m et M et calculer sa valeur.
- 3) Représenter sur un schéma les forces agissant sur l'autoporteur et déterminer, en utilisant la relation  $\Sigma \vec{F} = M\vec{a}$ , la force  $\vec{T}$  exercée par le fil sur l'autoporteur.

B- Par des moyens convenables, on détermine les valeurs V de la vitesse  $\vec{V}$  du mobile autoporteur et on dresse le tableau suivant:

Point	A	B	C	D	E
t en ms	50	100	150	200	250
V en cm/s	10	20	30	40	50

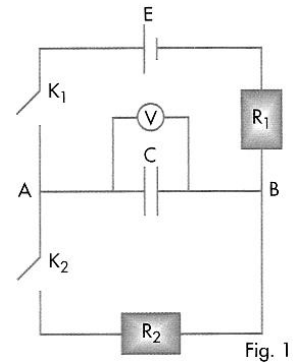
Déterminer, à partir du tableau, les quantités de mouvement de l'autoporteur  $\vec{P}_B$  en B et  $\vec{P}_D$  en D et calculer le

$$\text{rapport } \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} = \frac{\vec{P}_D - \vec{P}_B}{\Delta t}.$$

C- Comparer  $\frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$  et  $\vec{T}$ . La deuxième loi de Newton est-elle alors vérifiée? Justifier.

## Deuxième exercice (7 points) Détermination de la capacité d'un condensateur

Dans le but de déterminer la capacité  $C$  d'un condensateur, on réalise le circuit de la figure 1. Ce circuit comporte: le condensateur, un générateur de f.é.m.  $E = 9 \text{ V}$  et de résistance interne négligeable, deux conducteurs ohmiques de résistances  $R_1 = 200 \text{ K}\Omega$  et  $R_2 = 100 \text{ K}\Omega$  et deux interrupteurs  $K_1$  et  $K_2$ .



### I- Charge du condensateur

Le condensateur étant initialement non chargé, on ferme  $K_1$  et on laisse  $K_2$  ouvert.

Le condensateur se charge.

1) Etablir l'équation différentielle qui régit les variations de la tension  $u_C = u_{AB}$  aux bornes du condensateur.

2) Sachant que la solution de cette équation différentielle s'écrit sous la

forme  $u_C = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}})$ , déduire l'expression de la constante  $\tau_1$  en fonction de  $R_1$  et  $C$ .

3) Sachant qu'à la date  $t_1 = 20 \text{ s}$ , le voltmètre indique la valeur  $u_C = 7,78 \text{ V}$ , calculer la capacité  $C$  du condensateur.

### II- Décharge du condensateur

Le condensateur étant chargé sous la tension  $9 \text{ V}$ , on ouvre  $K_1$  et on ferme  $K_2$ .

Le condensateur se décharge.

1) Reproduire le schéma du circuit durant cette phase en indiquant le sens du courant.

2) Etablir l'équation différentielle qui régit les variations de la tension  $u_C = u_{AB}$  aux bornes du condensateur.

3) Sachant que la solution de cette équation différentielle est de la

forme  $u_C = E e^{-\frac{t}{\tau_2}}$ , déduire l'expression

de:

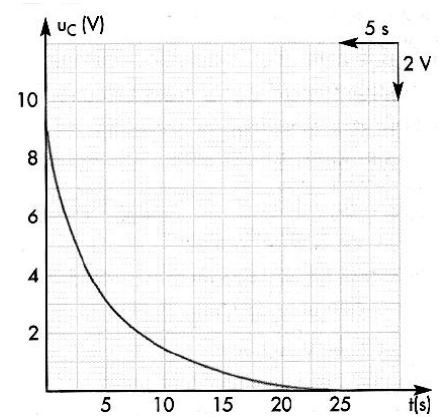
a) l'intensité  $i$  du courant en fonction du temps, en admettant comme sens positif dans le circuit celui du courant.

b) la constante de temps  $\tau_2$  en fonction de  $R_2$  et  $C$ .

4) Un dispositif approprié permet de tracer la courbe des variations de  $u_C$  en fonction du temps. (fig. 2)

Déterminer, à partir de cette courbe, la valeur de  $\tau_2$ .

En déduire la valeur de  $C$ .



III- Que peut-on conclure à propos des deux valeurs de  $C$ ? Commenter.

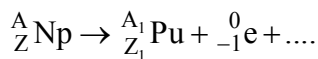
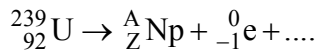
### Troisième exercice (6 pts) Réaction nucléaire contrôlée

La réaction nucléaire en chaîne dégage une énergie considérable. Sans précaution, elle conduirait à une explosion. Convenablement maîtrisée dans un réacteur nucléaire, cette réaction peut constituer une source d'énergie nécessaire au fonctionnement d'une centrale électrique.

A- Dans le réacteur nucléaire d'une pile atomique, la préparation de l'uranium 235, utilisé comme combustible, se fait de la façon suivante:

1) Le noyau d'uranium  ${}_{92}^{238}\text{U}$  capte un neutron rapide et se transforme en un noyau d'uranium  ${}_{92}^{239}\text{U}$ . Ecrire la réaction correspondante.

2) Le noyau d'uranium  ${}_{92}^{239}\text{U}$ , radioactif, se transforme en plutonium après deux désintégrations  $\beta^-$  successives, selon les réactions suivantes:



Compléter ces réactions et déterminer Z, A,  $Z_1$  et  $A_1$  en précisant les lois utilisées.

3) Le noyau de plutonium (Pu) est radioactif  $\alpha$ . Le noyau fils est l'isotope 235 de l'uranium. Certaines particules  $\alpha$  sont éjectées chacune avec une énergie cinétique de 5,157 MeV et d'autres le sont avec une énergie cinétique de 5,144 MeV.

a) Ecrire l'équation de la désintégration du noyau (Pu).

b) Une de ces désintégrations  $\alpha$  est accompagnée par l'émission d'un photon  $\gamma$ . Calculer l'énergie de ce photon et en déduire la longueur d'onde associée.

4) L'uranium 235 est fissile. Au cours de l'une des réactions de fission possibles, la diminution de masse est 0,2 u. Calculer, en MeV et en J, l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium 235.

B- Dans cette pile atomique, une masse d'uranium 235 de 0,4 kg est consommée en un jour. Le rendement de la transformation de l'énergie nucléaire en énergie électrique est de 30%. Calculer la puissance électrique de cette pile.

Donnée:

-  $1 \text{ u} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$

-  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

- Masse molaire de  ${}^{235}\text{U} = 235 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

- Constante d'Avogadro  $N = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

-  $1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$

-  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

**Question I (07 points)**

<b>A-1.</b>	$ME = \frac{1}{2} M v^2 + \frac{1}{2} m v^2 - m g(h + x)$ Les forces de frottement sont négligeables, alors l'énergie mécanique est conservée.	<b>1</b> <b>0,5</b>
<b>A-2.</b>	$a = \frac{m}{(M + m)} \times g$ $a = 2m/s^2.$	<b>1</b> <b>0,5</b>
<b>A-3.</b>	Les forces agissant sur le mobile sont: son poids $\vec{P}$ , $\vec{N}$ et la tension $\vec{T}$ . $\vec{w} + \vec{N} + \vec{T} = M\vec{a}$ $T = Ma = 0,2 \times 2 = 0,4N.$	<b>1</b> <b>1</b>
<b>B</b>	$\frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} = \frac{\vec{P}_D - \vec{P}_B}{\Delta t} = \frac{0,04}{0,1} \vec{i} = 0,4\vec{i} (kg.m/s^2)$	<b>1</b>
<b>C</b>	Ce résultat est compatible avec la deuxième loi de Newton $\sum \vec{F}_{ext} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$	<b>1</b>

**Question II (07 points)**

<b>A-1.</b>	$E = u_C + R_1 C \frac{du_C}{dt}.$	<b>1</b>
<b>A-2.</b>	$E + \left(1 - \frac{R_1 C}{\tau_1}\right) E e^{-\frac{t}{\tau_1}} = E$ Alors $1 - \frac{R_1 C}{\tau_1} = 0$ , donc $\tau_1 = R_1 C.$	<b>1</b> <b>0.5</b>
<b>A-3.</b>	$C = -\frac{\tau_1}{R_1 \ln\left(1 - \frac{7,78}{9}\right)} \approx 5 \times 10^{-5} F = 50\mu F$	<b>1</b>
<b>B-1</b>	Circuit	<b>0.5</b>
<b>B-2</b>	Loi d'unicité des tensions: $u_C = u_{AB} = u_{R2}.$ alors, $u_C + R_2 C \frac{du_C}{dt} = 0.$ $C = \frac{\tau_2}{R_2} = \frac{5}{100 \times 10^3} = 5 \times 10^{-5} F = 50\mu F$	<b>1</b>
<b>B-3.a)</b>	D'où, $i = -C \frac{du_C}{dt} = \frac{CE}{\tau_2} e^{-\frac{t}{\tau_2}}$	<b>0.5</b>
<b>B-3.b)</b>	On obtient: $E e^{-\frac{t}{\tau_2}} \left(1 - \frac{R_2 C}{\tau_2}\right) = 0$ Alors $\left(1 - \frac{R_2 C}{\tau_2}\right) = 0$ , donc $\tau_2 = R_2 C.$	<b>0.75</b>
<b>B-4</b>	A $t = \tau_2$ : $u_C = 0,37 \times E = 0,37 \times 9 = 3,33 V$ & $\tau_2 = 5 s.$ $C = \frac{\tau_2}{R_2} = \frac{5}{100 \times 10^3} = 5 \times 10^{-5} F = 50\mu F$	<b>0.25</b> <b>0.75</b>
<b>C</b>	Les résultats sont compatibles entre eux et la différence est dû aux erreurs expérimentales et de mesures.	<b>0.25</b>

Question III (06 points)		
<b>A-1.</b>	${}^{238}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^{239}_{92}\text{U}.$	<b>0,25</b>
<b>A-2.</b>	$A = 239 \text{ \& } Z = 93;$ L'équation s'écrit ${}^{239}_{92}\text{U} \longrightarrow {}^{239}_{93}\text{Np} + {}^0_{-1}\text{e} + {}^0_0\bar{\nu} + \gamma$	<b>0,5</b>
	$A_1 = 239 \text{ \& } Z_1 = 94;$ L'équation s'écrit: ${}^{239}_{93}\text{Np} \longrightarrow {}^{239}_{94}\text{Pu} + {}^0_{-1}\text{e} + {}^0_0\bar{\nu} + \gamma$	<b>0,5</b>
<b>A-3.a)</b>	${}^{239}_{94}\text{Pu} \longrightarrow {}^{235}_{92}\text{U} + {}^4_2\text{He} + \gamma$	<b>0,25</b>
<b>A-3.b)</b>	$E_\gamma = Ec_{\alpha_1} - Ec_{\alpha_2} = 0,013\text{MeV} = 2,08 \times 10^{-15}\text{J};$	<b>0,5</b>
	$\lambda = \frac{hc}{E_\gamma} = \frac{6,63 \times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s} \times 3 \times 10^8\text{m/s}}{2,08 \times 10^{-15}\text{J}} = 9,562 \times 10^{-11}\text{m}.$	<b>0,5</b>
<b>A-4)</b>	$E_\ell = \Delta m c^2 = 0,2 \times 931,5\text{MeV} = 186,3\text{MeV} = 2,98 \times 10^{-11}\text{J}$	<b>0,75</b>
<b>B-</b>	$N = \frac{m}{M} \times N_A = \frac{0,4 \times 10^3\text{g}}{238\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}} \times 602 \times 10^{23}\text{mol}^{-1} = 1,025 \times 10^{24}.$	<b>0,75</b>
	$E_{t\ell} = N \times E_\ell = 3,05 \times 10^{13}\text{J};$	<b>1</b>
	$P_{\text{nucléaire}} = \frac{E_{t\ell}}{\Delta t}$	<b>0,5</b>
	$P_{\text{électrique}} = \eta \times P_{\text{nucléaire}} = 0,3 \times 353\text{MW} = 106\text{MW}$	<b>0,5</b>