

الاسم:
الرقم:

مسابقة في مادة الفيزياء
المدة: ساعة ونصف

Cette épreuve est formée de trois exercices obligatoires réparties sur trois pages.
L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

Exercice 1 (7 pts)

Oscillations mécaniques

Un oscillateur mécanique est formé d'un bloc (S), de masse m , et d'un ressort de masse négligeable et de constante de raideur $k = 20 \text{ N/m}$.

(S) est attaché à l'une des deux extrémités du ressort, l'autre extrémité est reliée à un support fixe A. (S) peut se déplacer, sans frottement, sur un support horizontal (Doc. 1).

À l'équilibre, le centre de masse G, de (S), coïncide avec l'origine O de l'axe $x'x$. À l'instant $t_0 = 0$, G est en O et on lance (S) avec une vitesse $\vec{v}_0 = v_0 \vec{i}$; (S) effectue alors des oscillations mécaniques d'amplitude X_m .

À un instant t , l'abscisse de G est $x = \overline{OG}$ et la valeur algébrique de sa vitesse est $v = x' = \frac{dx}{dt}$. Le but de

cet exercice est d'étudier l'effet de v_0 sur l'amplitude X_m des oscillations de cet oscillateur.

Prendre :

- Le plan horizontal passant par G comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $g = 10 \text{ m/s}^2$ et $\pi^2 = 10$.

1) Étude théorique

- 1.1) Écrire, à l'instant t , l'expression de l'énergie mécanique du système (Oscillateur, Terre), en fonction de x , m , k et v .
- 1.2) Établir l'équation différentielle, du second ordre en x , qui régit le mouvement de G.
- 1.3) Dédire l'expression de la période propre T_0 des oscillations, en fonction de m et k .

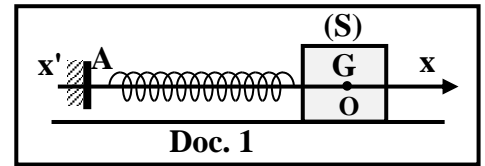
2) Étude expérimentale

Un dispositif approprié donne l'évolution de l'énergie potentielle élastique Epe de l'oscillateur en fonction du temps pour deux expériences différentes, expérience 1 et expérience 2 (Doc. 2).

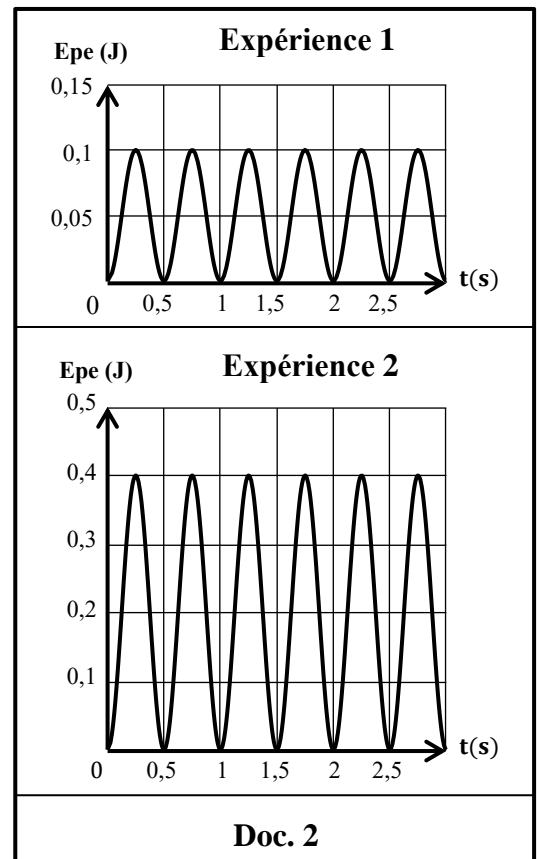
2.1) En utilisant les graphes du document 2 :

- 2.1.1) justifier que les oscillations de (S) sont non amorties.
- 2.1.2) recopier puis compléter le tableau suivant :

	Expérience 1	Expérience 2
La valeur maximale de l'Epe		
La valeur de la période T_E de l' Epe		



Doc. 1



Doc. 2

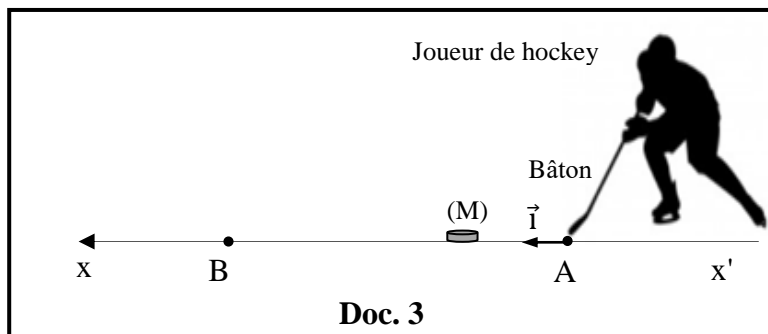
- 2.2) Montrer que $m = 0,5 \text{ kg}$, sachant que $T_0 = 2T_E$.
- 2.3) Montrer que $X_{m(2)} = 2 X_{m(1)}$, $X_{m(1)}$ et $X_{m(2)}$ étant les amplitudes des oscillations durant les expériences 1 et 2 respectivement.
- 2.4) Déterminer les valeurs de v_0 pour les deux expériences.
- 2.5) Dédire si X_m augmente, diminue ou reste la même lorsque v_0 augmente.

Exercice 2 (6,5 pts)

Mouvement d'un palet de hockey

Le but de cet exercice est d'étudier le mouvement d'un palet (M) de hockey. (M) est assimilé à une particule de masse $m = 170 \text{ g}$ et peut glisser sur une patinoire horizontale. Un joueur de hockey frappe avec son bâton le palet (M) à partir d'un point A (Doc. 3).

Prendre le plan horizontal passant par (M) comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;



- 1) La collision entre le bâton et (M) se produit pendant une très courte durée. Choisir, parmi les trois phrases ci-dessous, la phrase correcte.

Phrase 1 : Durant cette collision, la quantité de mouvement et l'énergie cinétique du système [bâton, (M)] sont nécessairement conservées.

Phrase 2 : Durant cette collision, la quantité de mouvement du système [bâton, (M)] est conservée mais l'énergie cinétique de ce système, n'est pas nécessairement conservée.

Phrase 3 : Durant cette collision, la quantité de mouvement du système [bâton, (M)] n'est pas nécessairement conservée mais l'énergie cinétique de ce système est nécessairement conservée.

- 2) Juste après la collision, (M) est lancé, à partir du point A, avec une vitesse $\vec{v}_A = 18 \vec{I} \text{ (m/s)}$. Le palet (M) se déplace sur la patinoire le long d'un axe $x'x$ et s'arrête en un point B après avoir parcouru une distance $AB = 54 \text{ m}$ pendant une durée Δt (Doc. 3).

2.1) Calculer l'énergie mécanique du système [(M), Terre] en A puis en B.

2.2) Dédire que (M) est soumis à une force de frottement \vec{f} durant son mouvement entre A et B.

2.3) Sachant que la valeur f de \vec{f} est constante, dédire que $f = 0,51 \text{ N}$.

2.4) Nommer les forces extérieures qui s'exercent sur (M) entre A et B, puis représenter ces forces sur un schéma sans tenir compte d'une échelle.

2.5) Montrer que la somme de ces forces est $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = -0,51 \vec{I} \text{ (N)}$.

2.6) Déterminer les quantités de mouvement de (M), « \vec{P}_A » au point A et « \vec{P}_B » au point B .

2.7) Dédire la variation $\Delta \vec{P}$ de la quantité de mouvement de (M) pendant Δt .

2.8) Calculer Δt sachant que $\Delta \vec{P} = (\sum \vec{F}_{\text{ext}}) \Delta t$.

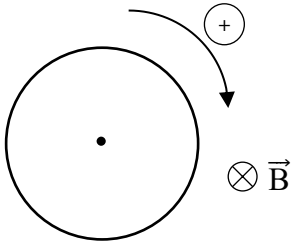
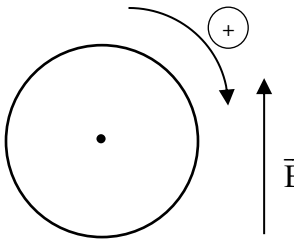
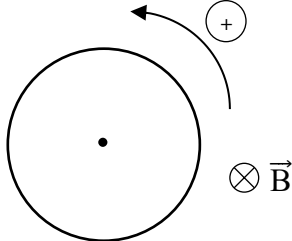
Exercice 3 (6,5 pts)

Induction électromagnétique

Le but de cet exercice est de déterminer, par deux méthodes différentes, le sens du courant induit à travers une spire circulaire.

On dispose d'une spire circulaire conductrice, de rayon $r = 10 \text{ cm}$ et de résistance $R = 2 \Omega$. On place cette spire dans un champ magnétique uniforme \vec{B} .

1) Le document 4, montre trois cas différents.

1 ^{er} cas	2 ^{ème} cas	3 ^{ème} cas
Le plan de la spire est perpendiculaire aux lignes de champs de \vec{B} .	Le plan de la spire est parallèle aux lignes de champs de \vec{B} .	Le plan de la spire est perpendiculaire aux lignes de champs de \vec{B} .
		
Doc. 4		

Faire correspondre chacune des phrases 1, 2 et 3 au cas convenable. Justifier.

Phrase 1 : Le flux magnétique à travers la spire est nul.

Phrase 2 : Le flux magnétique à travers la spire est positif.

Phrase 3 : Le flux magnétique à travers la spire est négatif.

2) On considère le premier cas du document 4. Durant l'intervalle de temps $[0, 2s]$, la valeur B du champ magnétique \vec{B} diminue avec le temps suivant la relation :

$$B = -0,04 t + 0,8 \quad (\text{S.I.})$$

2.1) Un courant induit traverse la spire durant l'intervalle $[0, 2s]$. Justifier.

2.2) En appliquant la loi de Lenz, préciser le sens du courant induit.

2.3) Déterminer, en fonction du temps, l'expression du flux magnétique à travers la spire.

2.4) Déduire la valeur de la force électromotrice induite « e ».

2.5) L'intensité du courant induit qui traverse la spire est donnée par $i = \frac{e}{R}$. Déduire la valeur et le sens de « i ».


2.6) Comparer le sens du courant induit obtenu dans la partie (2.5) à celui obtenu dans la partie (2.2).

الاسم:
الرقم:مسابقة في مادة الفيزياء
المدة: ساعة ونصف

Exercise 1 : Mechanical oscillations (7 pts)

Part	Answer	Mark								
1.1	$ME = KE + EPE = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2$	0.5								
1.2	Friction is neglected, then the mechanical energy is conserved. Or: The sum of the works done by the nonconservative forces is zero, then ME is conserved. Then, $\frac{dME}{dt} = 0$, so $m v v' + k x x' = 0$ { $v = x'$ and $v' = x''$ } $v (m x'' + k x) = 0$, but $v = 0$ is rejected, so $m x'' + k x = 0$; therefore, $x'' + \frac{k}{m} x = 0$	1								
1.3	The differential equation is of the form: $x'' + \omega_0^2 x = 0$ with $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$, then $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$	1								
2.1	1 $EPE_{\max} = \frac{1}{2} k X_m^2 = \text{constant}$. k is constant, then X_m is constant; therefore, the oscillations are undamped.	0.5								
	2 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Experiment 1</th> <th>Experiment 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>The maximum value of EPE</td> <td>0.1 J</td> <td>0.4 J</td> </tr> <tr> <td>The value of the period T_E of EPE</td> <td>0.5 s</td> <td>0.5 s</td> </tr> </tbody> </table>		Experiment 1	Experiment 2	The maximum value of EPE	0.1 J	0.4 J	The value of the period T_E of EPE	0.5 s	0.5 s
	Experiment 1	Experiment 2								
The maximum value of EPE	0.1 J	0.4 J								
The value of the period T_E of EPE	0.5 s	0.5 s								
2.2	$T_0 = 2 T_E = 2 (0.5) = 1 \text{ s}$ $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$, then $T_0^2 = 4\pi^2 \frac{m}{k}$, so $m = \frac{k T_0^2}{4\pi^2}$ $m = \frac{20 \times 1}{4 \times 10}$, hence $m = 0.5 \text{ kg}$	0.5								
2.3	Experiment 1 : $EPE_{\max} = 0.1 = \frac{1}{2} k X_{m(1)}^2 \dots \text{eq(1)}$ Experiment 2 : $EPE_{\max} = 0.4 = \frac{1}{2} k X_{m(2)}^2 \dots \text{eq(2)}$; Dividing eq(2) by eq(1) gives: $\frac{0.4}{0.1} = \frac{X_{m(2)}^2}{X_{m(1)}^2}$, then $4 = \left(\frac{X_{m(2)}}{X_{m(1)}}\right)^2$, hence $2 = \frac{X_{m(2)}}{X_{m(1)}}$ Therefore, $X_{m(2)} = 2 X_{m(1)}$	0.5								
2.4	$ME = \text{constant}$, then $ME = EPE_{\max} = KE_{\max}$, so $EPE_{\max} = \frac{1}{2} m v_0^2$ Experiment 1 : $0.1 = \frac{1}{2} (0.5) v_{0(1)}^2$, then $v_{0(1)} = 0.63 \text{ m/s}$ Experiment 2 : $0.4 = \frac{1}{2} (0.5) v_{0(2)}^2$, then $v_{0(2)} = 1.26 \text{ m/s}$	0.5 0.25 0.25								
2.5	v_0 in experiment 2 is greater than v_0 in experiment 1 ($v_{0(2)} > v_{0(1)}$) and $X_{m(2)} > 2 X_{m(1)}$; therefore, as v_0 increases X_m increases.	0.5 0.5								

Exercise 2: Motion of a hockey puck (6.5 pts)

Part	Answer	Mark	
1	Sentence 2	0.5	
2	<p>2.1</p> <p>$GPE_A = GPE_B = 0$ since (M) is at the reference level. $ME_A = KE_A + GPE_A = \frac{1}{2} m v_A^2 + 0 = \frac{1}{2} \times 0.17 \times 18^2$, then $ME_A = 27.54 \text{ J}$ $KE_B = 0$ since (M) stops at point B. $ME_B = KE_B + GPE_B = 0 + 0$, then $ME_B = 0$</p>	0.75 0.25	
	2.2	$ME_B < ME_A$, then (M) is submitted to a friction force.	0.25
	2.3	$\Delta ME = W_f = \vec{f} \cdot \overrightarrow{AB}$, then $ME_B - ME_A = -f \times AB$ $0 - 27.54 = -f \times 54$, hence $f = 0.51 \text{ N}$	1
	2.4	<p>Forces acting on (M) :</p> <p>The weight $m\vec{g}$</p> <p>The normal force \vec{N} exerted by the ice rink</p> <p>The friction force \vec{f}</p> 	0.5 0.5
	2.5	$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{f}$, but $m\vec{g} + \vec{N} = \vec{0}$ Then, $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{f} = -f\vec{i} = \text{-0.51 } \vec{i}$ (N)	0.75
	2.6	$\vec{P}_A = m \vec{v}_A = 0.17 \times 18 \vec{i}$, then $\vec{P}_A = 3.06 \vec{i}$ (kg.m/s) $\vec{P}_B = m \vec{v}_B = m (\vec{0})$, then $\vec{P}_B = \vec{0}$	0.75 0.25
	2.7	$\Delta \vec{P} = \vec{P}_B - \vec{P}_A = \vec{0} - 3.06 \vec{i}$, then $\Delta \vec{P} = -3.06 \vec{i}$ (kg.m/s)	0.5
	2.8	$\Delta t = \frac{\Delta \vec{P}}{\sum \vec{F}_{\text{ext}}} = \frac{-3.06 \vec{i}}{-0.51 \vec{i}}$, then $\Delta t = 6 \text{ s}$	0.5

Exercise 3 (6.5 pts)		Electromagnetic induction
Part	Answer	Mark
1	<p><u>Sentence 1 corresponds to the 2nd case, because:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • $\phi = \vec{B} \cdot \vec{n} S = B S \cos(\vec{B}, \vec{n}) = B S \cos 90^\circ = 0$ • <u>or</u> the plane of the loop is parallel to the field lines • <u>or</u> the field lines do not cross the loop 	0.5
	<p><u>Sentence 2 corresponds to the 1st case, because:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • the angle between the unit vector \vec{n} and \vec{B} is zero • <u>or</u> $\phi = B S \cos 0^\circ = B S (1)$, but B and S are positive ; therefore, ϕ is positive. 	0.5
	<p><u>Sentence 3 corresponds to the 3rd case, because:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • the angle between the unit vector \vec{n} and \vec{B} is 180° • <u>or</u> $\phi = B S \cos 180^\circ = - B S$, but B and S are positive ; therefore, ϕ is negative. 	0.5
2.1	During $[0, 2s]$, the magnitude B of \vec{B} changes, then the loop is crossed by a variable magnetic flux; therefore, the loop becomes the seat of induced emf. The loop forms a closed circuit, then it carries electric current.	0.75
2.2	During $[0, 2s]$, B decreases, then the direction of the induced magnetic field is the same as that of \vec{B} in order to oppose the decrease in B. According to the right hand rule, the induced current passes in the loop in the chosen positive sense (clockwise).	0.75
2.3	$\phi = \vec{B} \cdot \vec{n} S = B S \cos(\vec{B}, \vec{n}) = B S \cos 0^\circ = B S = B \pi r^2$ $\phi = (-0.04 t + 0.8) \times \pi \times (0.1)^2$ $\phi = -4\pi \times 10^{-4} t + 8\pi \times 10^{-4} \quad (\text{SI})$	1
2.4	$e = -\frac{d\phi}{dt} = -(-4\pi \times 10^{-4})$, then $e = 4\pi \times 10^{-4} \text{ V}$	1
2.5	$i = \frac{e}{R} = \frac{4\pi \times 10^{-4}}{2} = 6.3 \times 10^{-3} \text{ A}$ $i > 0$, then the current is in the chosen positive sense (Clockwise).	1
2.6	The direction is the same in the two parts.	0.5