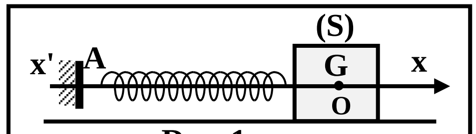
Cette épreuve est formée de trois exercices obligatoires repartis sur trois pages.
L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

Exercice 1 (7 pts)

Oscillations mécaniques

Un oscillateur mécanique est formé d'un bloc (S), de masse m = 50 g, et un ressort de masse négligeable et de constante de raideur k.

Le ressort, placé horizontalement, est relié par l'une de ses deux extrémités à un support fixe A. (S) est attaché à l'autre extrémité du ressort et peut se déplacer, sans frottement, sur une surface horizontale (Doc. 1).



Doc. 1

À l'équilibre, le centre de masse G de (S), coïncide avec l'origine O de l'axe x' x.

On écarte (S) de sa position d'équilibre de x_0 et on le lâche, à l'instant $t_0 = 0$, sans vitesse initiale. (S) effectue alors des oscillations mécaniques. 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 de déterminer la vitesse maximale atteinte par G.

Prendre :

- Le plan horizontal contenant G comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $p^2 = 10$.

1) L'énergie mécanique E_m du système (Oscillateur, Terre) est conservée. Pourquoi ?

2) Écrire, à l'instant t, l'expression E_m, en fonction de x, m, k et v.

3) Établir l'équation différentielle, du second ordre en x, qui régit le mouvement de G.

4) Déduire, en fonction de m et k, l'expression de la période propre T_0 des oscillations.

5) Un dispositif approprié, montre l'évolution de x en fonction du temps (Doc. 2).

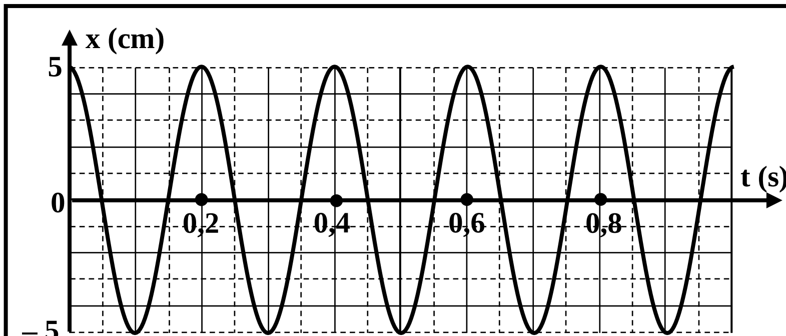
5-1) En se référant au document 2, indiquer les valeurs de T_0 et x_0.

5-2) Déduire la valeur de k.

5-3) Montrer que l'énergie mécanique du système (Oscillateur, Terre) est $E_m = 6{,}25 \times 10^{-2}$ J.

5-4) En utilisant le document 2, indiquer un instant pour lequel l'énergie potentielle élastique du ressort est nulle.

5-5) Déterminer la valeur maximale de la vitesse atteinte par G.



Doc. 2

Exercice 2 (6 pts)

Étude du mouvement d'un solide

On dispose :

- d'un rail AOB situé dans un plan vertical et constitué de deux parties : AO rectiligne horizontale et OB rectiligne inclinée d'un angle $\alpha = 30^o$ sur l'horizontale ;
- de deux solides (S_1) et (S_2), assimilés à des particules, et de même masse m = 80 g ;
- d'un ressort (R), de masse négligeable, de constante de raideur k = 200 N/m et de longueur à vide ℓ_0, attaché par l'une de ses deux extrémités à un support fixe A et l'autre extrémité est libre.

Prendre :

- Le plan horizontal contenant O comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $g = 10\ m/s^2$.

1) Lancement de la particule (S_1)

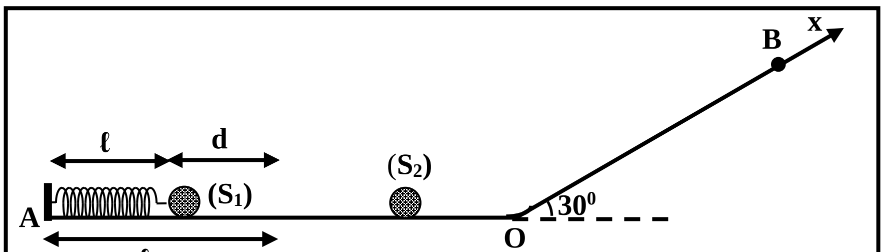
Pour lancer (S_1), on le pose contre l'extrémité libre du ressort, on comprime (R) d'une distance d, et puis on lâche le système [ressort, (S_1)] sans vitesse initiale (Doc. 3).

Lorsque (R) reprend sa longueur à vide ℓ_0, (S_1) quitte le ressort avec une vitesse $\vec{V}_1$, parallèle à AO.

Après le lancement, (S_1) se déplaçant à la vitesse $\vec{V}_1$, entre en collision frontale avec (S_2) initialement au repos sur le rail AO.

Juste après la collision, (S_1) s'arrête et (S_2) se déplace avec une vitesse $\vec{V}_2$ parallèle à AO et de valeur $V_2 = 5$ m/s.

(S_1) et (S_2) se déplacent sans frottement sur la partie AO du rail.



Doc. 3

1-1) En appliquant la loi de conservation de la quantité de mouvement durant la collision, montrer que la valeur de $\vec{V}_1$ est $V_1 = 5$ m/s.

1-2) Déduire que la collision entre (S_1) et (S_2) est élastique.

1-3) Déterminer la valeur de d.

2) Mouvement de (S_2) sur la partie inclinée OB

À l'instant $t_0 = 0$, (S_2) aborde en O la partie inclinée OB avec une vitesse $\vec{V}_0 = V_0\,\vec{i} = 5\vec{i}$ (m/s), avec $\vec{i}$ le vecteur unitaire de l'axe x'x parallèle à la partie OB du rail. Sur cette partie, (S_2) subit l'action d'une force de frottement $\vec{f}$, parallèle à OB, dans le sens opposé au déplacement et de valeur constante f.

2-1) Nommer les forces extérieures qui s'exercent sur (S_2) le long du trajet OB.

2-2) Montrer que la somme des forces extérieures qui s'exercent sur (S_2), durant son mouvement ascendant sur OB est: $\Sigma\vec{F} = -(f + mg.\sin\alpha)\,\vec{i}$.

2-3) L'expression de la quantité de mouvement de (S_2) durant son mouvement ascendant sur OB est :
$\vec{P} = (-0{,}9\ t + 0{,}4)\,\vec{i}$ (SI).

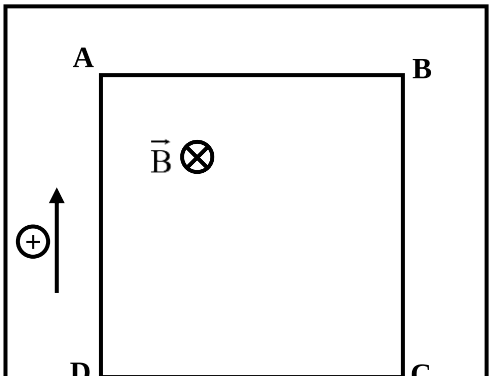
Sachant que $\dfrac{d\vec{P}}{dt} = \Sigma\vec{F}$, déterminer f.

Exercice 3 (7 pts)

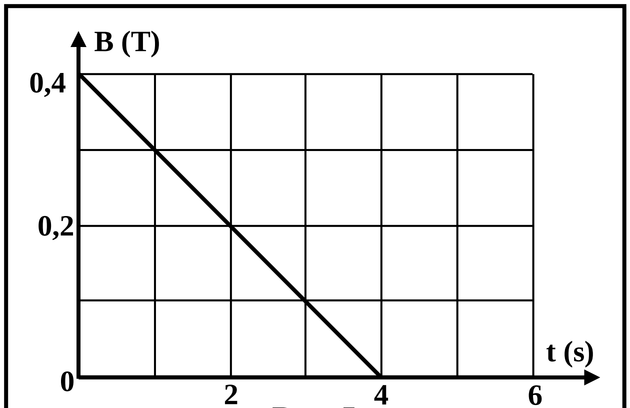
Induction électromagnétique

Le but de cet exercice est de déterminer, par deux méthodes, le sens du courant induit à travers une spire carrée. Dans ce but, on dispose d'une spire carrée ABCD, de côté a = 10 cm et de résistance r = 2 Ω qui est placée dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ dont la valeur B varie avec le temps. La direction de $\vec{B}$ est perpendiculaire au plan de la spire (Doc. 4).

Le document 5 montre, durant l'intervalle [0 s, 4 s], l'évolution de la valeur B du champ magnétique $\vec{B}$ avec le temps.



Doc. 4



Doc. 5

1) Un courant induit traverse la spire durant l'intervalle [0 s, 4 s]. Justifier.

2) En appliquant la loi de Lenz, préciser le sens du courant induit traversant la spire.

3) Montrer que l'expression de B durant l'intervalle [0 s, 4 s] est : B = - 0,1 t + 0,4 (S.I.).

4) En respectant le sens positif indiqué sur le document 4, déterminer, en fonction du temps, l'expression du flux magnétique à travers la spire.

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

6) L'intensité du courant induit qui traverse la spire est donnée par $i = \frac{e}{r}$; déduire la valeur et le sens de i.

7) Comparer le sens du courant induit obtenu dans la partie 6 à celui obtenu dans la partie 2.

مسابقة في مادة الفيزياء
أسس التصحيح

Exercise 1 (7 pts) **Mechanical oscillations**

Part		Answer	Mark
1		Friction is negligible, then the mechanical energy of the system is conserved. (Or the sum of the works done by the non-conservative forces is zero, then the mechanical energy is conserved).	0.25
2		$ME = KE + EPE = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$	0.5
3		ME = constant , then $\frac{dME}{dt} = 0$, so $m v v' + k x x' = 0$, hence $v(m x'' + k x) = 0$ v = 0 is rejected , then $x'' + \frac{k}{m}x = 0$	1
4		The differential equation is of the form: $x'' + \omega_0^2 x = 0$, with $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$; therefore, $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	1.5
5	5.1	$T_0 = 0.2$ s and $x_0 = 5$ cm	1
	5.2	$0.2 = 2\pi\sqrt{\frac{0.05}{k}}$ $k = 50$ N/m	1
	5.3	When the speed is zero, the elongation is maximum, then: $ME = KE + EPE = 0 + EPE = \frac{1}{2}kX^2_{max}$ $ME = 0.5 \times 50 \times 0.05^2 = 0.0625\ J = 6.25 \times 10^{-2}\ J$	0.75
	5.4	t = 0.05 s **or** t = 0.15 s **or** t = 0.25 s …..	0.25
	5.5	When G passes through O, its speed is maximum. Then: $ME = KE + EPE = KE + 0 = \frac{1}{2}mV^2_{max}$ $0.0625 = 0.5 \times 0.05 \times (V)_{max}^2$; therefore, $V_{max} = 1.58$ m/s	0.75

Exercise 2 (6 pts) **Study the motion of an object**

Part		Answer	Mark
1	1.1	$\vec{P}_{J.B.C} = \vec{P}_{J.A.C}$ $m\vec{V}_1 + \vec{0} = \vec{0} + m\vec{V}_2$, $\vec{V}_1 = \vec{V}_2$ then, $V_1 = 5$ m/s	1.5
	1.2	System [(S_1), (S_1)] The collision is elastic if $KE_{system(before)} = KE_{system(after)}$ $KE_{(before)} = KE_{(S1)} + KE_{(S2)} = \frac{1}{2}mV_1^2 + 0 = \frac{1}{2} \times 0.08 \times 5^2 + 0 = 1$ J $KE_{(after)} = KE_{(S1)} + KE_{(S2)} = 0 + \frac{1}{2}mV_2^2 = 0 + \frac{1}{2} \times 0.08 \times 5^2 = 1$ J Therefore, the collision is elastic.	1
	1.3	Apply the law of conservation of mechanical energy of the system [Oscillator- Earth] $ME_{(R) \text{ is compressed by } d} = ME_{(R) \text{ is in its initial length}}$, $(KE + GPE + EPE)_{(R) \text{ is compressed by } d} = (KE + GPE + EPE)_{(R) \text{ is in its initial length}}$ $0 + \frac{1}{2}kd^2 + 0 = \frac{1}{2}mV_1^2 + 0 + 0$, $\frac{1}{2} \times 200 \times d^2 = \frac{1}{2} \times 0.08 \times 5^2$ then d = 0.1 m = 10 cm	1.5
2	2.1	The forces acting on (S_2) on OB are: $m\vec{g}$: its weight, $\vec{N}$: Normal reaction $\vec{f}$: friction	0.75
	2.2	$\Sigma\vec{F} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{f}$, Component along the direction $\overrightarrow{Ox}$: $\Sigma\vec{F} = -\, mg\sin\alpha\, \vec{i} + 0\, \vec{i} - f\, \vec{i}$ $\Sigma\vec{F} = -\,(f + mg\sin\alpha)\vec{i}$ Or : $\Sigma\vec{F} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{f} = -\, mg \sin\alpha\, \vec{i} + mg \cos\alpha\, \vec{j} - N\, \vec{j} - f\, \vec{i}$ But : $mg \cos\alpha\, \vec{j} - N\, \vec{j} = 0$, then, $\Sigma\vec{F} = -\,(f + mg\sin\alpha)\vec{i}$	0.75
	2.3	$\frac{d\vec{P}}{dt} = \Sigma\vec{F}$, $-\,0.9\, \vec{i} = -\,(f + mg\sin\alpha)\vec{i}$ $-\,0.9 = -f - 0.08 \times 10 \times 0.5$ Therefore, f = 0.5 N	0.5

Exercise 3 (7 pts) **Electromagnetic induction**

Part	Answer	Mark
1	During the interval [0 s, 4 s], B varies with time, then the magnetic flux varies with time, therefore an emf (e) is induced in the circuit. The circuit is closed, then a current is induced in the circuit.	**1**
2	During the interval [0 s, 4 s], B decreases with time, then the direction of the induced magnetic field as that of $\vec{B}$ to oppose this decrease (Lenz's law). Using the right hand rule, the induced current flows in the loop in the positive direction (clockwise).	**1**
3	In the interval [0s, 4s], B(t) varies linearly with time : B = at + b a = slope = $\frac{0-0,4}{4-0} = -0,1$ T/s 0 = -0.1× 4 + b b = 0.4 T then B = - 0.1t + 0.4	**1**
4	ϕ = BScos($\vec{B}$ $\vec{n}$) = (-0.1t + 0.4)×$(0.1)^2$× cos(0) $\phi = -10^{-3}\,t + 4\times10^{-3}$ (SI)	**1**
5	e = $-\frac{d\phi}{dt} = 10^{-3}$ V	**1**
6	i = $\frac{e}{r} = \frac{10^{-3}}{2} = 0.5 \times 10^{-3}$A i > 0 , then the induced current flows in the positive direction (clockwise).	**1.5**
7	The are the same.	**0.5**