


RÉPUBLIQUE TUNISIENNE MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION EXAMEN DU BACCALAURÉAT SESSION 2019	<b>Session principale</b>	
	Épreuve : <b>Sciences physiques</b>	Section : <b>Sciences expérimentales</b>
	 Durée : <b>3h</b>	Coefficient de l'épreuve: <b>4</b>



*Le sujet comporte 5 pages numérotées de 1/5 à 5/5.*

## Chimie (9 points)

### Exercice 1 (4,5 points)

Dans un bécher, on prépare un mélange équimolaire (**M**) d'un ester (**E**) et de l'eau, auquel on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique concentré de volume négligeable. On répartit le mélange homogénéisé (**M**) en cinq volumes égaux contenant chacun  $n_0$  mol de l'ester (**E**) et  $n_0$  mol d'eau et on les verse dans des tubes à essai numérotés de 1 à 5.

On munit chaque tube à essai d'un bouchon surmonté d'un tube effilé et on les plonge tous, à l'instant  $t = 0$ , dans un bain-marie porté à une température  $\theta$  convenable.

A des instants successifs  $t_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 5$ ), on sort respectivement l'un des tubes chauffés, numérotés de 1 à 5 et on verse immédiatement son contenu dans un erlenmeyer placé dans un bain d'eau glacée. On dose, à chaque fois, l'acide contenu dans chacun des tubes par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (**NaOH**) de concentration molaire  $C = 2 \text{ mol.L}^{-1}$ .

On désigne par  $V_{E3}$ ,  $V_{E4}$  et  $V_{E5}$  les volumes de la solution aqueuse de **NaOH** nécessaires, à l'équivalence, pour doser l'acide carboxylique formé respectivement dans les tubes numérotés 3, 4 et 5. On obtient :  $V_{E3} = V_{E4} = V_{E5} = 10 \text{ mL}$ .

La constante d'équilibre relative à cette réaction d'hydrolyse est  $K = 0,25$ .

1) a- Dresser le tableau descriptif en avancement  $x$  relatif à la réaction d'hydrolyse étudiée dans un tube à essai.

b- Déterminer les avancements  $x_3$ ,  $x_4$  et  $x_5$ . En déduire l'avancement final  $x_f$  de la réaction étudiée.

2) Le taux d'avancement final de la réaction d'hydrolyse étudiée étant  $\tau_f$ .

a- Montrer que :  $\frac{\tau_f}{1 - \tau_f} = 0,5$ . Calculer la valeur de  $\tau_f$ .

b- En déduire la valeur de  $n_0$ .

c- Déduire la quantité de matière initiale  $n_{E0}$  d'ester contenu dans le mélange (**M**).

3) Maintenant, on étudie la réaction d'hydrolyse de la même quantité de matière  $n_{E0} = 0,3 \text{ mol}$  d'ester (**E**) avec une quantité de matière  $n_1$  d'eau telle que  $n_1 > n_{E0}$ . Pour cela, on prépare un mélange (**M'**) contenant ces quantités de matière d'ester (**E**) et d'eau, auquel on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique concentré de volume négligeable. On répartit le mélange homogénéisé (**M'**) en deux volumes égaux versés dans deux erlenmeyers  $L_a$  et  $L_b$  munis chacun d'un bouchon surmonté d'un tube effilé puis plongés, à un nouvel instant  $t' = 0$ , dans le bain-marie porté à la même température  $\theta$ . Les contenus des deux erlenmeyers  $L_a$  et  $L_b$  sont respectivement retirés aux instants  $t_a$  et  $t_b$  et placés dans un bain d'eau glacée puis dosés. Les deux dosages sont effectués avec la même solution aqueuse de **NaOH** de concentration molaire  $C = 2 \text{ mol.L}^{-1}$ . Les volumes de la solution aqueuse de **NaOH** nécessaires, à l'équivalence, pour doser l'acide carboxylique formé dans  $L_a$  et  $L_b$  sont respectivement  $V_{Ea} = 9,0 \text{ mL}$  et  $V_{Eb} = 37,5 \text{ mL}$ . Sachant que  $t_b - t_a = 50 \text{ min}$  et que  $t_b$  correspond à l'instant auquel le mélange dans  $L_b$  atteint l'équilibre chimique :

a- déterminer la vitesse moyenne de la réaction d'hydrolyse dans  $L_b$  entre  $t_a$  et  $t_b$  ;

b- déterminer la valeur du taux d'avancement final  $\tau'_f$  de la réaction étudiée ;

c- déterminer la valeur de  $n_1$ .

### Exercice 2 (4,5 points)

Toutes les solutions sont prises à  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , température à laquelle le produit ionique de l'eau est  $K_c = 10^{-14}$ . On négligera les ions provenant de l'ionisation propre de l'eau devant ceux provenant de l'ionisation de chacune des monobases étudiées.

On considérera pour les solutions étudiées que :

- pour une solution aqueuse d'une monobase forte de concentration molaire  $C$ , le **pH** s'exprime par :  
 $\text{pH} = \text{p}K_c + \log C$  ;

- pour une solution aqueuse d'une monobase faible, faiblement ionisée et de concentration molaire  $C$ , le  $\text{pH}$  s'exprime par :  $\text{pH} = \text{p}K_e + \frac{1}{2}(\log C - \text{p}K_b)$  ; avec  $K_b$  la constante de basicité du couple acide-base correspondant.

1) On considère une solution aqueuse (S) d'une monobase B, de concentration molaire C et de  $\text{pH}$  donné. On dilue  $n$  fois la solution (S), on obtient une solution aqueuse (S') de concentration molaire C' et dont le  $\text{pH}$  a une valeur  $\text{pH}'$ .

a- Montrer que :

- pour une solution aqueuse d'une monobase forte :  $n = 10^{\text{pH} - \text{pH}'}$  ;

- pour une solution aqueuse d'une monobase faible et faiblement ionisée :  $n = 10^{2(\text{pH} - \text{pH}')}$ .

b- Le taux d'avancement final de la réaction de la monobase B avec l'eau est noté  $\tau_f$ . Exprimer  $\tau_f$  en fonction du  $\text{pH}$  de la solution aqueuse de B, sa concentration molaire C et  $\text{p}K_e$ .

c- Montrer que dans le cas où la monobase B est faible et faiblement ionisée, la constante de basicité  $K_b$  s'écrit :  $K_b = \tau_f^2 \cdot C$ .

2) On prépare trois solutions aqueuses (S<sub>1</sub>), (S<sub>2</sub>) et (S<sub>3</sub>) de même concentration molaire C<sub>0</sub> et contenant respectivement les monobases B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> et B<sub>3</sub>. On dilue 5 fois chacune des trois solutions précédentes. Les mesures de  $\text{pH}$  des trois solutions avant et après dilution, fournissent les résultats consignés dans le tableau suivant :

Solution	(S <sub>1</sub> )	(S <sub>2</sub> )	(S <sub>3</sub> )
$\text{pH}$ avant dilution	10,95	12,70	10,10
$\text{pH}$ après dilution	10,60	12,00	9,75

a- Montrer que la monobase B<sub>2</sub> est forte.

b- Déterminer la valeur de C<sub>0</sub>.

3) a- Justifier que les monobases B<sub>1</sub> et B<sub>3</sub> sont faibles et faiblement ionisées tant avant qu'après la dilution.

b- Déterminer les valeurs des constantes de basicité  $K_{b1}$  et  $K_{b3}$  respectivement des couples B<sub>1</sub>H<sup>+</sup>/B<sub>1</sub> et B<sub>3</sub>H<sup>+</sup>/B<sub>3</sub>.

c- Comparer les forces des monobases B<sub>1</sub> et B<sub>3</sub>.

## Physique (11 points)

### Exercice 1 (4,25 points)

Le pendule élastique de la figure 1 est constitué d'un ressort (R) à spires non jointives, de masse négligeable et de raideur  $k$ , lié à un solide (S) de masse  $m$  qui peut se déplacer le long d'une tige (T). A l'équilibre, le centre d'inertie G de (S) coïncide avec l'origine O d'un repère (O,  $\vec{i}$ ) porté

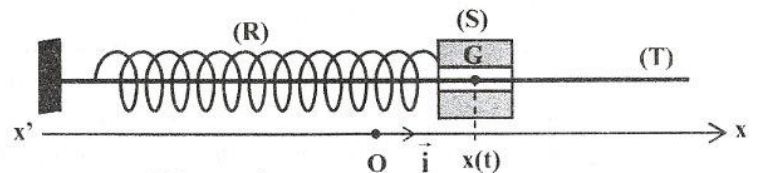


Figure 1

par un axe horizontal  $x'x$ . A un instant  $t$  donné, la position de G est repérée par son abscisse  $x(t)$ .

L'énergie potentielle de pesanteur est supposée nulle au niveau du plan horizontal contenant la tige (T).

#### A) Expérience 1

On écarte le solide (S) de sa position d'équilibre d'une distance  $x_0$  et on le lâche, à l'instant  $t = 0$ , sans vitesse initiale, il se met donc à osciller. Au cours de son mouvement, le solide (S) est soumis à des frottements de type visqueux équivalents à une force  $\vec{f} = -h\vec{v}$  ; où  $h$  est le coefficient de frottement et  $\vec{v}$  est le vecteur vitesse instantanée du centre d'inertie G de (S). L'équation différentielle régissant les oscillations de G est donnée par :

$$m \frac{d^2x(t)}{dt^2} + h \frac{dx(t)}{dt} + kx(t) = 0.$$

Pour trois valeurs de  $h$  ( $h_1, h_2, h_3$ ) telles que  $h_1 < h_2 < h_3$ , un dispositif approprié permet d'enregistrer l'évolution, au cours du temps, de l'élongation  $x$  du centre d'inertie G de (S). On obtient alors les courbes (A), (B) et (C) de la figure 2.

1) a- Associer à chacune des courbes (A), (B) et (C) de la figure 2 le coefficient de frottement correspondant.

b- Parmi les trois courbes (A), (B) et (C) de la figure 2, indiquer celle (ou celles) qui correspond(ent) à :

- un régime pseudopériodique ;

- un régime apériodique.

2) On se place dans le cas du régime pseudopériodique. A l'instant  $t = 0$ , le système  $\{(S) + (R)\}$  acquiert une énergie mécanique  $W = 18,75 \cdot 10^{-3} \text{ J}$ . On assimile la pseudo-période  $T$  à la période propre  $T_0$  des oscillations.

- a- Déterminer graphiquement les valeurs de  $x_0$  et  $T$ .  
 b- En déduire les valeurs de  $k$  et  $m$ .

**B) Expérience 2**

Le solide (S) est toujours soumis à des frottements de type visqueux équivalents à une force  $\vec{f} = -h\vec{v}$ . Un exciteur exerce sur (S) une force  $F(t) = F_m \sin(2\pi Nt)$ , d'amplitude  $F_m$  constante et de fréquence  $N$  réglable. Le solide (S) effectue alors des oscillations mécaniques forcées.

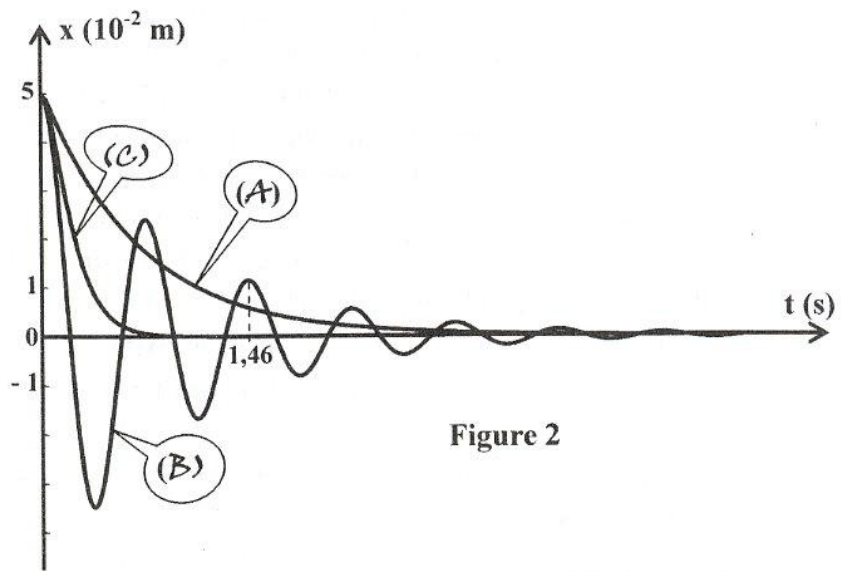


Figure 2

On fait varier la fréquence  $N$  de l'excitateur et on mesure à chaque fois l'amplitude  $X_m$  des oscillations. Pour deux nouvelles valeurs  $h_a$  et  $h_b$  de  $h$ , on obtient respectivement les courbes (a) et (b) de la figure 3 de la page 5/5 donnant l'évolution de l'amplitude  $X_m$  en fonction de la fréquence  $N$ . On désignera par  $X_{ma}$  et  $X_{mb}$  les amplitudes à la résonance d'élongation associées respectivement aux courbes (a) et (b), et  $N_a$  et  $N_b$  les fréquences correspondantes.

- 1) Sans avoir recours aux calculs, comparer en le justifiant,  $h_a$  à  $h_b$ .  
 2) On rappelle que pour un circuit RLC série alimenté par une tension  $u(t) = U_m \sin(2\pi Nt)$ , d'amplitude  $U_m$  constante et de fréquence  $N$  réglable, l'évolution de la charge  $q(t)$  du condensateur est régie par l'équation différentielle suivante :  $L \frac{d^2q(t)}{dt^2} + R \frac{dq(t)}{dt} + \frac{q(t)}{C} = u(t)$ . La solution de cette équation différentielle est  $q(t) = Q_m \sin(2\pi Nt + \varphi_q)$  ; où  $Q_m$  et  $\varphi_q$  représentent respectivement l'amplitude et la phase initiale de  $q(t)$ . Pour réaliser la construction de Fresnel, on associe à chacune des expressions de l'équation différentielle un vecteur de Fresnel comme suit :

$$\frac{q(t)}{C} \mapsto \vec{u}_1 \left[ \frac{Q_m}{C}, \varphi_q \right] ; \quad R \frac{dq(t)}{dt} \mapsto \vec{u}_3 \left[ 2\pi N R Q_m, \varphi_q + \frac{\pi}{2} \right]$$

$$L \frac{d^2q(t)}{dt^2} \mapsto \vec{u}_2 \left[ 4\pi^2 N^2 L Q_m, \varphi_q + \pi \right] ; \quad u(t) \mapsto \vec{w} \left[ U_m, 0 \right]$$

Avec :  $\vec{u}_1 + \vec{u}_2 + \vec{u}_3 = \vec{w}$

La résonance de charge est obtenue pour une fréquence  $N_{rq}$  telle que :  $N_{rq}^2 = N_0^2 - \frac{R^2}{8\pi^2 L^2}$  ; avec  $N_0$  la fréquence propre du résonateur.

- a- En utilisant l'analogie formelle électrique-mécanique, déterminer la valeur de  $h_a$ .  
 b- La figure 4 de la page 5/5 (à compléter par le candidat et à remettre avec la copie) représente la construction de Fresnel inachevée relative à l'équation différentielle en  $x(t)$  pour  $N = N_b$  et  $h = h_b$ . En utilisant l'analogie formelle électrique-mécanique :  
 b1- compléter en respectant l'échelle donnée, la construction de Fresnel de la figure 4 de la page 5/5 ;  
 b2- déduire les valeurs de  $F_m$  et  $h_b$ .

**Exercice 2 (3,75 points)**

L'isotope  $^{123}_{53}\text{I}$  de l'iode est obtenu par bombardement d'un noyau d'antimoine  $^{121}_{51}\text{Sb}$  par une particule  $\alpha$  ( $^4_2\text{He}$ ). La formation de  $^{123}_{53}\text{I}$  est accompagnée par l'émission de neutrons.

- 1) Ecrire en précisant les lois utilisées, l'équation de la réaction nucléaire.  
 2) a- Calculer l'énergie de liaison  $E_{\ell 1}$  du noyau de  $^{121}_{51}\text{Sb}$ .  
 b- L'énergie de liaison du noyau de  $^{123}_{53}\text{I}$  est  $E_{\ell 2} = 1038,9 \text{ MeV}$ . Comparer la stabilité des noyaux  $^{123}_{53}\text{I}$  et  $^{121}_{51}\text{Sb}$ . Justifier la réponse.

3) En médecine, l'iode  $^{123}_{53}\text{I}$ , élément radioactif, est utilisé pour effectuer la scintigraphie (examen d'imagerie médicale) thyroïdienne. Il s'agit d'injecter, à l'instant  $t = 0$ , une dose de l'isotope  $^{123}_{53}\text{I}$ , fraîchement préparé, dans le corps du patient. La thyroïde fixe l'iode injecté par voie intraveineuse. La première scintigraphie est effectuée deux heures après l'injection.

Lors de sa désintégration, un noyau  $^{123}_{53}\text{I}$  émet un rayonnement  $\gamma$  d'énergie  $W_0 = 159 \text{ keV}$ . La courbe de la figure 5 représente l'évolution au cours du temps de l'activité  $A$  de la dose injectée de  $^{123}_{53}\text{I}$ . Cette activité est régie par l'expression  $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$ ; où  $A_0$  désigne l'activité de la dose injectée à l'instant  $t = 0$  et  $\lambda$  la constante radioactive de  $^{123}_{53}\text{I}$ .

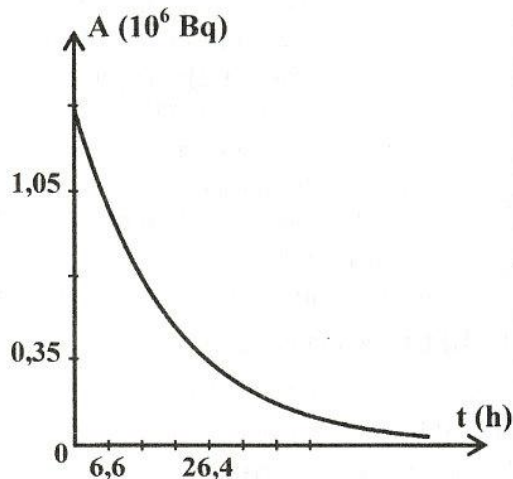


Figure 5

a- Déterminer graphiquement la valeur de  $A_0$  et la valeur de la demi-vie  $T$  de  $^{123}_{53}\text{I}$ .

b- En déduire la valeur de  $\lambda$  ainsi que celle du nombre de noyaux  $N_0$  de  $^{123}_{53}\text{I}$  présents dans la dose injectée à  $t = 0$ .

c- Déterminer les valeurs des activités  $A_1$  et  $A_2$  respectivement 2 heures et 74 heures après injection.

d- En comparant  $A_1$  à  $A_2$ , déduire pourquoi il faut faire la première scintigraphie rapidement.

e- Déterminer l'énergie  $W_1$  libérée sous forme de rayonnement  $\gamma$  par la désintégration de l'iode 123 pendant les 72 heures qui suivent la première scintigraphie.

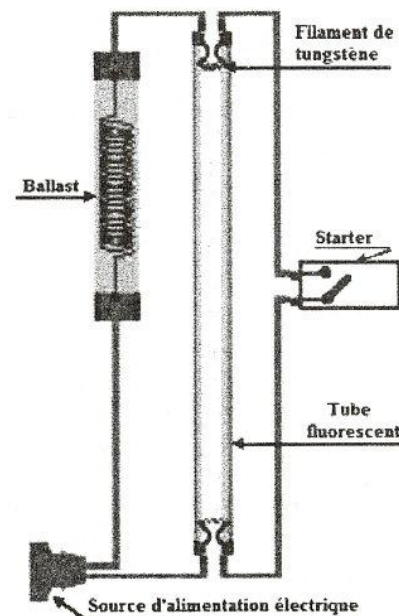
On donne :  $m(^{121}_{51}\text{Sb}) = 120,87603 \text{ u}$  ;  $m(^1_1\text{p}) = 1,00728 \text{ u}$  ;  $m(^1_0\text{n}) = 1,00866 \text{ u}$  ;  $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{c}^{-2}$

### Exercice 3 (3 points) « Etude d'un document scientifique »

#### Les lampes fluorescentes

Avez-vous déjà guetté l'allumage des lampes fluorescentes (par exemple les tubes néon) ? C'est une décharge dans le gaz de ces lampes qui provoque une émission de lumière. La lampe ne se branche pas directement à la source d'alimentation électrique ; il faut lui associer une bobine (ballast) et un starter (figure ci-contre).

Le starter est composé d'un petit tube rempli de gaz et pourvu d'un bilame. A l'allumage, la mise sous tension provoque un arc électrique au sein du gaz. Celui-ci chauffe le bilame, jusqu'alors ouvert, qui se ferme. Pendant ce temps, un courant circule dans les électrodes (filaments de tungstène). Elles s'échauffent et ionisent le gaz qui les environne, ce qui facilitera l'allumage. Le bilame étant fermé, l'arc électrique dans le starter disparaît. Le bilame se refroidit alors et s'ouvre. Il provoque ainsi une interruption brusque du courant dans le ballast raccordé en série. Le ballast, composé d'un bobinage de cuivre entourant un noyau de fer (ballast dit inductif ou électromagnétique), va tenter de rétablir ce courant en libérant toute son énergie. Cela provoque une impulsion de tension très élevée entre les électrodes de la lampe capable d'allumer le tube fluorescent. Souvent, cet allumage ne réussit pas en une seule tentative. Si la lampe ne s'est pas allumée, le cycle recommence.



En fonctionnement, la tension aux bornes de la lampe est trop faible pour générer un nouveau cycle d'allumage. Le starter se maintient donc en position ouverte et le courant traverse la lampe qui reste allumée. A partir de cet instant, le ballast joue le rôle de limiteur de courant et empêche la destruction de la lampe.

*D'après Printemps des sciences 2015 - Bruxelles*

- 1) En se référant au texte, préciser les éléments électriques qui assurent l'allumage des lampes fluorescentes.
- 2) Préciser le phénomène physique qui se produit dans le ballast et qui est responsable de l'allumage de la lampe fluorescente.
- 3) Préciser le double rôle du ballast et indiquer s'il s'agit d'un dipôle RL ou d'un dipôle RC.
- 4) Donner les étapes d'un cycle d'allumage d'une lampe fluorescente.

Empty box for identification.

Section : ..... N° d'inscription : ..... Série : .....

Nom et Prénom : .....

Date et lieu de naissance : .....

Signatures des surveillants  
.....  
.....



Empty box for identification.

Épreuve : Sciences physiques – Section : Sciences expérimentales - Session principale (2019)  
Annexe à rendre avec la copie

Figure 3

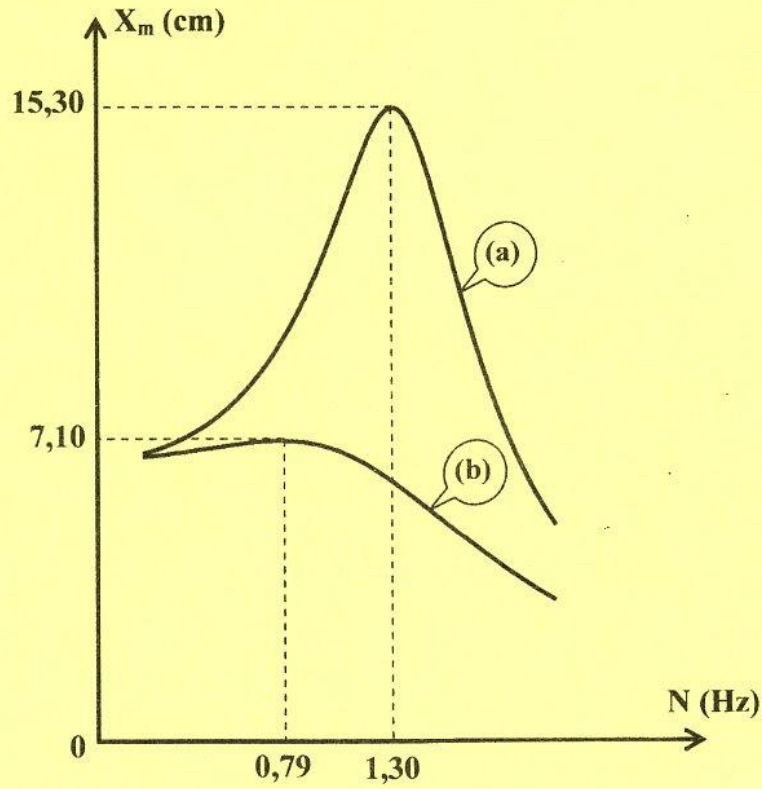


Figure 4

