

**MATURITA DES SECTIONS BILINGUES
FRANCO-TCHÈQUES**

**EXAMEN DE MATURITA BILINGUE
CORRIGÉ**

Année scolaire 2020/2021

Session de mai

ÉPREUVE DE PHYSIQUE

Durée : 3h

Le sujet est constitué de quatre exercices indépendants de même importance. Les candidats peuvent donc les résoudre dans l'ordre qui leur convient, en rappelant le numéro de l'exercice et des questions qui s'y rapportent. Si au cours de l'épreuve un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale dans sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre pour cela. Les correcteurs tiendront compte des qualités de soin, de rédaction et de présentation. L'utilisation des calculatrices est autorisée dans les conditions prévues par la réglementation.

Les pages de l'annexe (les pages 8 et 9) sont à renuméroter et à rendre avec la copie.

Chaque page x de la copie sera numérotée en bas et à droite « x/n », n étant le nombre total de pages.

Plan du sujet :

- | | |
|---|---|
| 1. Questions de cours..... | Champs magnétique, électrique, gravitationnel |
| 2. Exercice à caractère expérimental..... | Détermination de la constante de raideur d'un ressort |
| 3. Problème..... | Énergie nucléaire |
| 4. Étude de documents..... | La relativité d'Einstein, un nouveau cadre conceptuel |

Questions de cours : Champs magnétique, électrique, gravitationnel

Partie A

1. (3 points) Deux corps de masses non-nulles A et B s'attirent. L'attraction qu'ils exercent l'un sur l'autre est proportionnelle à leurs masses m_A et m_B et inversement proportionnelle au carré de leur distance r . Sur le corps A s'exerce la force $\vec{F}_{B/A}$ et sur le corps B s'exerce la force $\vec{F}_{A/B}$. Ces deux forces portent le nom de forces d'attraction gravitationnelle et elles sont de même direction, de sens opposés et de même valeur. Cette valeur est donnée par la loi de Newton $F_{A/B} = F_{B/A} = G \cdot m_A \cdot m_B \cdot r^{-2}$ où $F_{A/B}$ et $F_{B/A}$ sont les forces d'attraction gravitationnelle en newtons (N), m_A et m_B sont les masses des corps A et B en kilogrammes (kg), r est la distance entre les (centres d'inertie des) corps A et B en mètres (m) et G est la constante de gravitation (qui a pour valeur $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$).
2. (2 points) Voir Annexe la figure 1.
3. (2 points) Voir Annexe la figure 2.
4. (2 points)
 $\vec{P} = \vec{F}_g + \vec{F}_c$ où \vec{P} est le poids du corps, \vec{F}_g est la force gravitationnelle qui s'exerce sur le corps et \vec{F}_c est la force centrifuge qui s'exerce sur le corps.

Partie B

1. (3 points) Entre deux charges ponctuelles A et B existent les forces électriques $\vec{F}_{B/A}$ (qui exerce la charge A sur la charge B) et $\vec{F}_{A/B}$ (qui exerce la charge B sur la charge A). Ces deux forces sont attractives si les charges sont de signe opposé et répulsives si elles sont de même signe. Elles sont de même valeur qui est proportionnelle au produit des charges q_A et q_B et inversement proportionnelle au carré de leur distance r . Cette valeur est donnée par la loi de Coulomb

$$F_{A/B} = F_{B/A} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \cdot \frac{|q_A q_B|}{r^2}$$

- où $F_{A/B}$ et $F_{B/A}$ sont les forces électriques en newtons (N), q_A et q_B sont les charges en coulombs (C), r est la distance entre les charges A et B en mètres (m), ϵ_r est la constante matérielle appelée la permittivité relative (sans unité) et ϵ_0 est la constante universelle qui porte le nom la permittivité du vide et qui vaut $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi 10^9} = 8,85^{-12} \text{ S.I.}$
2. (1,5 points) Les forces d'attraction gravitationnelle sont toujours attractives mais les forces électrostatiques sont attractives ou répulsives selon les cas (ça dépend des signes des charges : pour les signes opposés les forces sont attractives, pour les mêmes signes les forces sont répulsives).
 3. (1,5 points) Voir Annexe figure 3 et figure 4.

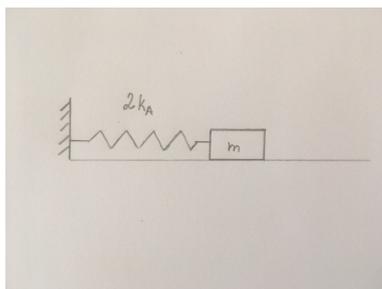
Partie C

1. (1 point) Voir Annexe figure 5.
2. (2 points) Voir Annexe figure 6.
3. (1 point) Le champ magnétique à l'intérieur du solénoïde est uniforme.
4. (2 points) La valeur du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde B est proportionnelle à l'intensité du courant I et au nombre de spires par mètre n : $B = \mu_0 I n$ où B est la valeur du champ magnétique créée par le solénoïde en tesla (T), n est le nombre des spires par mètre (m^{-1}), I est l'intensité du courant en ampères (A) et μ_0 est la constante universelle appelée la perméabilité du vide (de valeur $4\pi 10^{-7} \text{ S.I.}$).

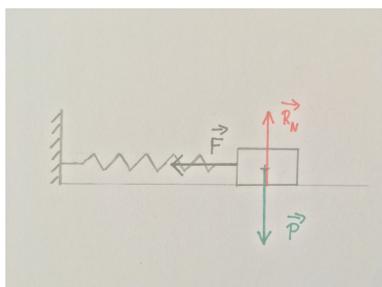
Exercice à caractère expérimental : Détermination de la constante de raideur d'un ressort : CORRIGÉ

Partie A : Oscillations libres horizontales

1. (1 point)



2. (2 points)



Bilan des forces :

\vec{R}_N ... réaction normale du support

\vec{F} ... force de rappel

\vec{P} ... poids de la masse attachée

3. (1 point)

Pour déterminer la valeur de la période avec une meilleure précision.

4. (3 points)

A partir de la relation entre la période et la masse $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{2k_A}}$, on obtient

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{m}{2k_A}$$

et

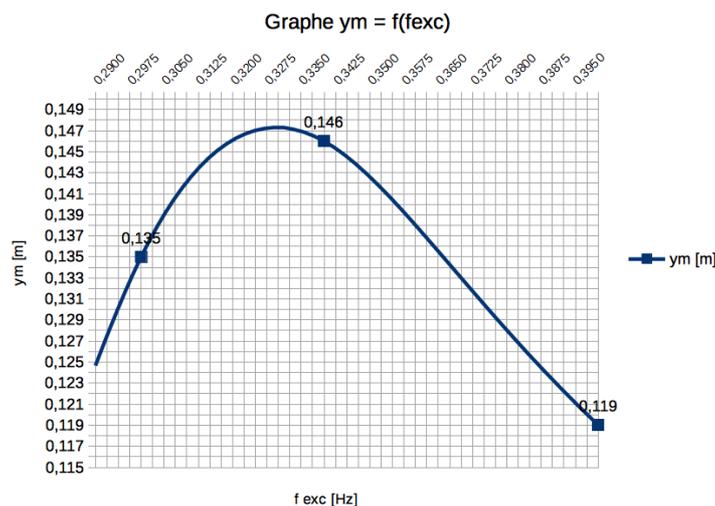
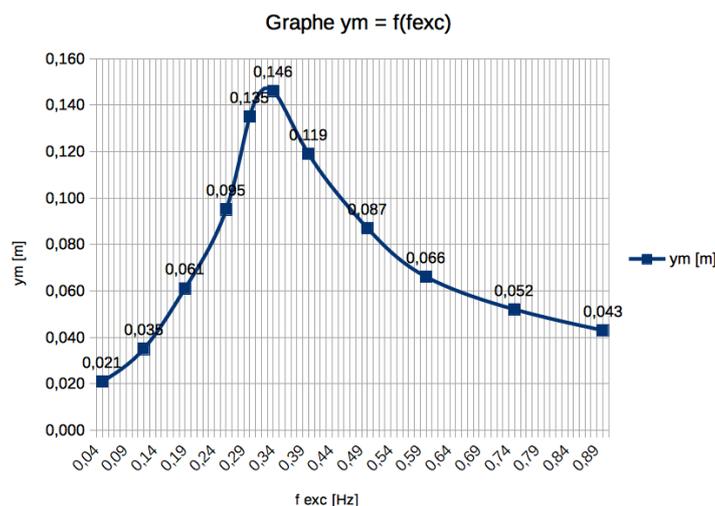
$$k_A = \frac{4\pi^2 m}{2T^2}$$

A.N. Selon le graphe on a $T^2 = 6,192 \cdot m$ et donc :

$$k_A = \frac{4\pi^2}{2 \cdot 6,192} \text{N} \cdot \text{m}^{-1} = 3,2 \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

Partie B : Oscillations forcées verticales

1. (1 point)
Résonance.
2. (4 points))



3. (1 point)
A partir du graphe on détermine l'abscisse du sommet de la courbe qui représente la fréquence de résonance qui est assimilée à la fréquence propre de l'oscillateur : $f_0 = 0,33$ Hz

4. (3 points)
A partir de la relation entre la période et la masse $1/f_0 = T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_B}}$, on obtient $f_0^2 = \frac{k_B}{4\pi^2 m}$ et $k_B = 4\pi^2 m f_0^2$, A.N. : $k_B = 4\pi^2 \cdot 0,70 \cdot 0,33^2 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} = 3,0 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$

Partie C : Comparaison des résultats

(4 points)

Les écarts relatifs $\epsilon_{\text{relatif}}$ et absolus ϵ_{absolu} des valeurs expérimentales obtenus pour k_A :

$$\epsilon_{\text{absolu, A}} = |k_A - k_{\text{théorique}}| = |3,2 - 3,1| \text{N} \cdot \text{m}^{-1} = 0,1 \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\epsilon_{\text{relatif, A}} = \frac{|k_A - k_{\text{théorique}}|}{k_{\text{théorique}}} = \frac{|3,2 - 3,1|}{3,1} = \frac{|0,1|}{3,1} = 3 \%$$

et pour k_B :

$$\epsilon_{\text{absolu, B}} = |k_B - k_{\text{théorique}}| = |3,0 - 3,1| \text{N} \cdot \text{m}^{-1} = 0,1 \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\epsilon_{\text{relatif, B}} = \frac{|k_B - k_{\text{théorique}}|}{k_{\text{théorique}}} = \frac{|3,0 - 3,1|}{3,1} = \frac{|-0,1|}{3,1} = 3 \%$$

Problème : Énergie nucléaire : CORRIGÉ

Partie A

1. (2 points)

L'équation de la réaction est ${}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^7_3\text{Li} + \frac{A}{Z}\text{X}$.

D'après les lois de Soddy (les lois de conservation) on a : $10 + 1 = 7 + A$ et $5 + 0 = 3 + Z$.

On a alors $A = 4$ et $Z = 2$.

Donc la seconde particule formée est la particule α (le noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$).

L'équation bilan de la réaction est donc : ${}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He}$

2. (4 points)

L'énergie libérée est $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$.

On attribue ici à l'expression Δm la définition de la différence de masse signifiant le défaut de masse (l'opposé de la variation de masse) : $\Delta m = m_{\text{avant}} - m_{\text{après}} = (m_{\text{B}} + m_{\text{n}}) - (m_{\text{Li}} + m_{\text{He}}) = (10,01294 + 1,00867) - (7,01600 + 4,00260) = 3,01 \cdot 10^{-3} \text{ u}$.

Donc $\Delta m = 3,01 \cdot 10^{-3} \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \doteq 4,997 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$.

Alors $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 4,997 \cdot 10^{-30} \cdot (3,00 \cdot 10^8)^2 \doteq 4,497 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

d'où $\Delta E = \frac{4,497 \cdot 10^{-13}}{1,60 \cdot 10^{-19}} \doteq 2,81 \cdot 10^6 \text{ eV}$.

3. (3 points)

1 gramme de bore ${}^{10}_5\text{B}$ contient N noyaux : $N = \frac{m}{M_{\text{B}}} \cdot N_{\text{A}} = \frac{1,0}{10,0} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \doteq 6,02 \cdot 10^{22}$.

D'après la question précédente un noyau de bore ${}^{10}_5\text{B}$ libère l'énergie ΔE , donc N noyaux de bore ${}^{10}_5\text{B}$ libèrent l'énergie $\Delta E' = N \cdot \Delta E = 6,02 \cdot 10^{22} \cdot 4,497 \cdot 10^{-13} \doteq 2,71 \cdot 10^{10} \text{ J}$.

4. (3 points)

On sait que le pouvoir calorifique de l'essence vaut $5,0 \cdot 10^7 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$, alors 1 kg d'essence fournit par combustion $5,0 \cdot 10^7 \text{ J}$.

Pour fournir l'énergie $\Delta E' = 2,71 \cdot 10^{10} \text{ J}$, il faut donc une masse d'essence m_{essence} :

$m_{\text{essence}} = \frac{\Delta E'}{P_{\text{cal}}} = \frac{2,71 \cdot 10^{10}}{5,0 \cdot 10^7} = 542 \text{ kg} = 5,4 \cdot 10^2 \text{ kg}$.

Partie B

1. (2 points)

L'équation de réaction est ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^{94}_{38}\text{Sr} + {}^{140}_{54}\text{Xe} + x {}^1_0\text{n}$.

D'après les lois de Soddy (les lois de conservation) on a : $235 + 1 = 94 + 140 + x$ et $92 + 0 = 38 + Z + x \cdot 0$.

On a alors $x = 235 + 1 - 94 - 140 = 2$ et $Z = 92 - 38 = 54$.

Donc l'équation bilan de cette fission nucléaire est ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^{94}_{38}\text{Sr} + {}^{140}_{54}\text{Xe} + 2 {}^1_0\text{n}$.

2. (3 points)

L'énergie libérée est $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$.

Le défaut de masse noté Δm vaut : $\Delta m = 4,45 \cdot 10^{-3} \text{ u} = 4,45 \cdot 10^{-3} \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \doteq 7,39 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$.

Alors $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 7,39 \cdot 10^{-30} \cdot (3,00 \cdot 10^8)^2 \doteq 6,65 \cdot 10^{-13} \text{ J} = \frac{6,65 \cdot 10^{-13}}{1,60 \cdot 10^{-19}} \doteq 4,16 \cdot 10^6 \text{ eV}$.

3. (3 points)

La fission produit deux neutrons donc chaque neutron possèdera l'énergie cinétique E_c égale à la moitié de l'énergie libérée par la réaction.

Alors $E_c = \frac{\Delta E}{2}$ et aussi $E_c = \frac{1}{2} m v^2$. Donc $\frac{\Delta E}{2} = \frac{1}{2} m v^2$ d'où $v = \sqrt{\frac{\Delta E}{m}} = \sqrt{\frac{6,65 \cdot 10^{-13}}{1,00867 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}}} \doteq 2,0 \cdot 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Étude de documents : CORRIGÉ

La relativité d'Einstein, un nouveau cadre conceptuel

(6 points pour la rédaction)

1. (2,5 points)

Le principe de relativité d'Einstein dit que les lois de la physique sont les mêmes dans tous les référentiels en mouvement rectiligne uniforme (les référentiels galiléens). Le principe de relativité de Galilée dit aussi que les lois de la physique sont les mêmes dans tous les référentiels galiléens, mais il n'est limité qu'à la mécanique. Le principe de relativité d'Einstein s'applique à tous les domaines de la physique.

2. (1,5 point)

Les équations d'Einstein sont les équations différentielles qui déterminent l'espace-temps. La courbure de cet espace-temps exprime la gravitation. Le nombre des équations d'Einstein dépend des symétries du problème étudié.

3. (2 points)

Les géodésiques sont les chemins les plus rapides dans l'espace-temps courbé, elles représentent les trajectoires des particules dans l'espace-temps courbé.

4. (2 points)

On généralise à quatre dimensions le théorème de Pythagore pour exprimer l'élément linéaire ds d'espace-temps de la relativité : $ds^2 = c^2 dt^2 - (dx^2 + dy^2 + dz^2)$ où t représente la dimension temps, x , y et z (coordonnées de l'espace) représentent trois dimensions spatiales.

5. (3 points)

La théorie de relativité générale a été confirmée en 1919 pendant l'expédition au Brésil et en Afrique. Cette expédition a observée une éclipse de Soleil et leurs mesures ont confirmé la prédiction de la théorie de relativité générale – la déviation des rayons lumineux. Les trajectoires des photons ne sont pas droites, elles suivent les géodésiques qui sont courbées parce que l'espace-temps entre l'observateur et l'étoile est courbé par la masse du Soleil. Donc les étoiles semblent de se trouver dans une direction déviée.

6. (3 points)

La relativité générale a remplacé la théorie de la gravitation universelle de Newton en 1915. Elle a été confirmée par l'expérience mais elle apporte la mathématisation très forte. Elle ne ressemblait à rien de connu. Les physiciens n'ont pas pu l'utiliser correctement pendant longtemps. L'idée fondamentale, la courbure de l'espace-temps, était considérée comme une question marginale. Jusqu'aux années 1960, lorsque les possibilités de la relativité générale étaient pleinement exploitées pour expliquer l'idée des trous noirs.

ANNEXE : CORRIGÉ

Questions de cours : Champs magnétique, électrique, gravitationnel

figure 1

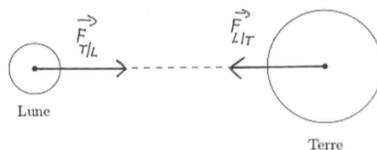


figure 2

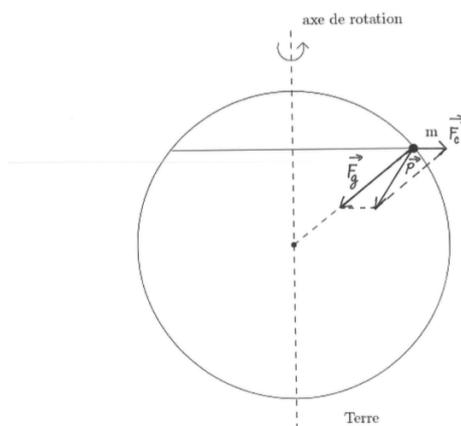


figure 3

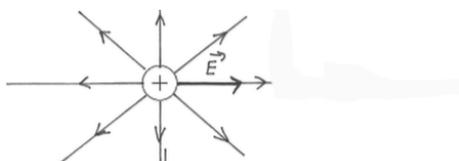


figure 4

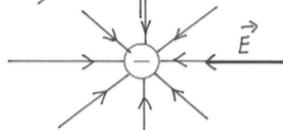


figure 5

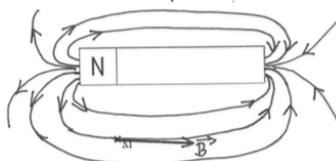


figure 6

