



22056520

PHYSIQUE
NIVEAU SUPÉRIEUR
ÉPREUVE 2

Jeudi 19 mai 2005 (après-midi)

2 heures 15 minutes

Numéro de session du candidat

0	0							
---	---	--	--	--	--	--	--	--

INSTRUCTIONS DESTINÉES AUX CANDIDATS

- Écrivez votre numéro de session dans les cases ci-dessus.
- N'ouvrez pas cette épreuve avant d'y être autorisé.
- Section A : répondez à toute la section A dans les espaces prévus à cet effet.
- Section B : répondez à deux questions de la section B dans les espaces prévus à cet effet.
- À la fin de l'examen, veuillez indiquer les numéros des questions auxquelles vous avez répondu dans la case prévue à cet effet sur la page de couverture.



Page vierge



SECTION A

Répondez à *toutes* les questions dans les espaces prévus à cet effet.

A1. La théorie de Geiger-Nuttall de l'émission des particules α relie la demi-vie de l'émetteur de particules α à l'énergie E de la particule α . Une forme de cette relation est

$$L = \frac{166}{E^{\frac{1}{2}}} - 53,5.$$

L est un nombre calculé à partir de la demi-vie du nucléide émetteur de particules α et E est mesurée en MeV.

Les valeurs de E et de L pour différents nucléides sont indiquées ci-dessous. (*Les incertitudes sur les valeurs ne sont pas indiquées.*)

Nucléide	E / MeV	L	$\frac{1}{E^{\frac{1}{2}}} / \text{MeV}^{-\frac{1}{2}}$
^{238}U	4,20	17,15	0,488
^{236}U	4,49	14,87	0,472
^{234}U	4,82	12,89	0,455
^{228}Th	5,42	7,78
^{208}Rn	6,14	3,16	0,404
^{212}Po	7,39	-2,75	0,368

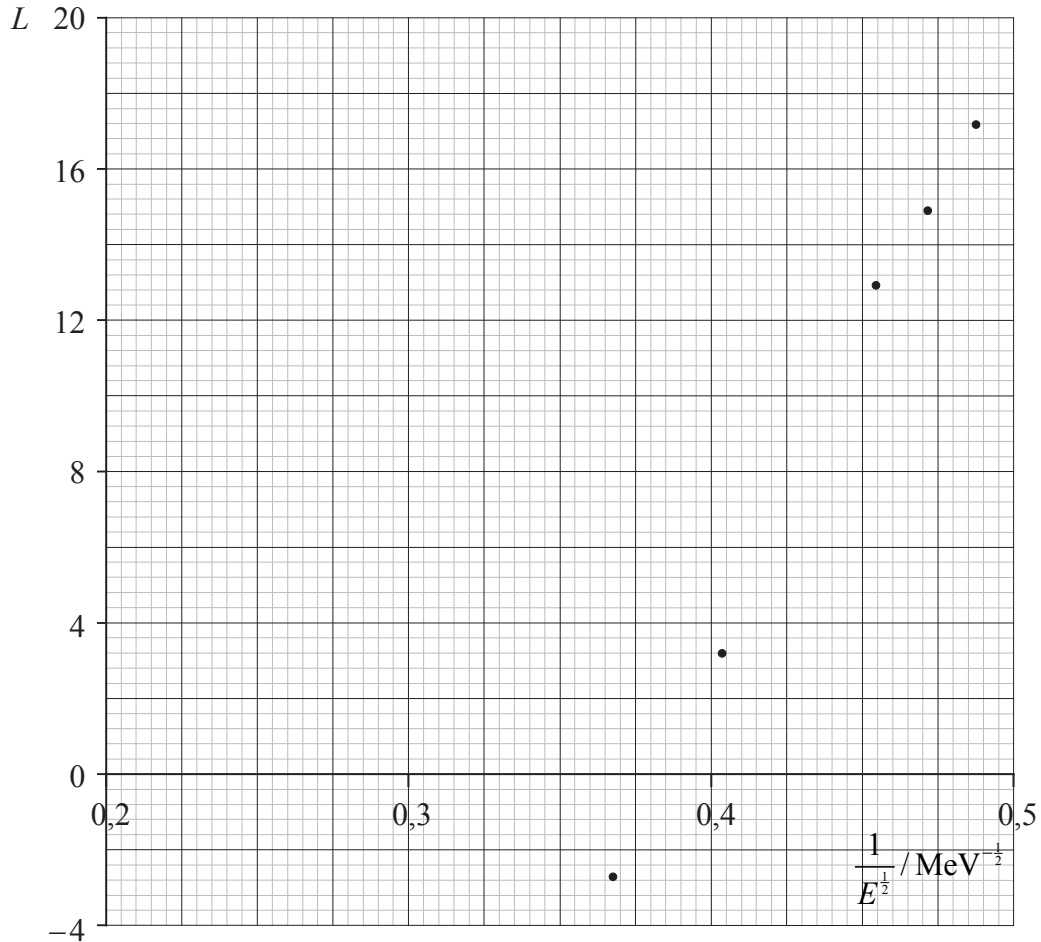
(a) Complétez le tableau ci-dessus en calculant la valeur de $\frac{1}{E^{\frac{1}{2}}}$ pour le nucléide ^{228}Th , en utilisant la valeur de E fournie. Donnez votre réponse avec trois chiffres significatifs. [1]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A1)

Le graphique ci-dessous montre la variation de la grandeur L en fonction de $\frac{1}{E^{1/2}}$. Les barres d'erreur n'ont pas été ajoutées.



- (b) (i) Identifiez le point de données pour le nucléide ^{208}Rn . Désignez ce point R. [1]
- (ii) Sur le graphique, marquez le point pour le nucléide ^{228}Th . Désignez ce point T. [1]
- (iii) Tracez la droite d'ajustement pour tous les points de données. [1]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A1)

- (c) (i) Déterminez la pente de la droite que vous avez tracée dans (b) (iii). [2]

.....

.....

.....

- (ii) Sans tenir compte d'aucune incertitude sur les valeurs pour la pente et pour l'intersection avec l'axe des x , suggérez pourquoi ce graphique **ne** concorde **pas** avec la relation donnée par la théorie de Geiger-Nuttall. [2]

.....

.....

.....

.....

- (d) Sur le graphique ci-contre, tracez la droite à laquelle on s'attendrait si la relation donnée par la théorie de Geiger-Nuttall était correcte. Aucun autre calcul n'est nécessaire. [2]

- (e) L'incertitude sur la mesure de E pour ^{238}U est $\pm 0,03$ MeV. Déduisez que cette incertitude est compatible avec l'indication de la valeur de $\frac{1}{E^{\frac{1}{2}}}$ avec trois chiffres significatifs. [3]

.....

.....

.....

.....



A2. Cette question porte sur le mouvement rectiligne.

Une voiture de police P est à l'arrêt au bord d'une route. Une voiture S, dépassant la limite de vitesse, passe à côté de la voiture de police P à une vitesse constante de 18 ms^{-1} . La voiture de police démarre pour rattraper la voiture S juste au moment où celle-ci passe à sa hauteur. La voiture P accélère à $4,5 \text{ ms}^{-2}$ pendant 6,0 s, puis elle continue à une vitesse constante. La voiture P met un temps t secondes pour arriver à la hauteur de la voiture S.

(a) (i) Exprimez, en termes de t , la distance parcourue par la voiture S en t secondes. [1]

.....

(ii) Calculez la distance parcourue par la voiture de police P pendant les 6,0 premières secondes de son mouvement. [1]

.....
.....

(iii) Calculez la vitesse de la voiture de police P lorsqu'elle a cessé d'accélérer. [1]

.....
.....

(iv) Exprimez, en termes de t , la distance parcourue par la voiture de police P pendant le temps où elle se déplace à vitesse constante. [1]

.....

(b) En utilisant vos réponses à la question (a), déterminez le temps total t mis par la voiture de police P pour arriver à la hauteur de la voiture S. [2]

.....
.....
.....

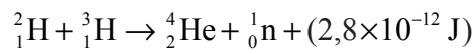


A3. Cette question porte sur la fission nucléaire et la fusion nucléaire.

(a) Comparez les processus de fission nucléaire et de fusion nucléaire. [4]

.....
.....
.....
.....
.....

(b) Une réaction de fusion nucléaire actuellement à l'étude pour la production d'énergie est



dans laquelle l'énergie libérée dans chaque réaction est $2,8 \times 10^{-12} \text{ J}$.

Déterminez la vitesse de production, en kgs^{-1} , de ${}^4_2\text{He}$ nécessaire pour produire une énergie de 100 MW.

[2]

.....
.....
.....

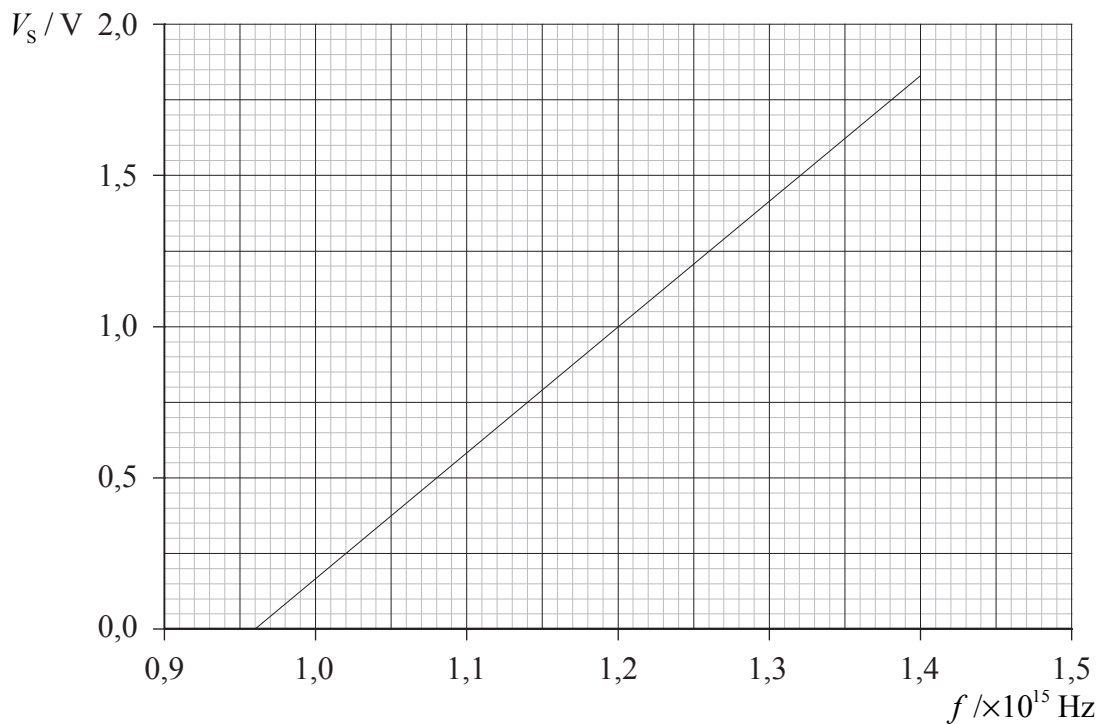


A4. Cette question porte sur l'effet photoélectrique.

(a) Citez **trois** preuves fournies par l'effet photoélectrique en faveur de la nature particulière du rayonnement électromagnétique. [3]

1.
.....
2.
.....
3.
.....

Le graphique ci-dessous montre la variation du potentiel d'arrêt V_s en fonction de la fréquence f pour les photoélectrons émis par une surface métallique.



L'équation photoélectrique peut être écrite sous la forme de l'équation littérale suivante :

énergie photon = travail d'extraction + énergie cinétique maximum de l'électron.

(b) (i) Énoncez cette équation en termes de f et de V_s , en expliquant tous les autres symboles que vous utilisez. [3]

-

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A4)

(ii) Utilisez votre équation pour déduire que la pente du graphique est $\frac{h}{e}$. [2]

.....
.....
.....

(iii) Étant donné que la constante de Planck est $6,6 \times 10^{-34}$ Js, calculez une valeur du travail d'extraction de la surface. [2]

.....
.....
.....



SECTION B

Cette section comprend quatre questions : B1, B2, B3 et B4. Répondez à deux questions.

B1. Cette question porte sur les collisions et la désintégration radioactive.

- (a) (i) Définissez les termes *quantité de mouvement* et *impulsion*. [2]

Quantité de mouvement :

Impulsion :

- (ii) Énoncez le principe de la conservation de la quantité de mouvement. [2]

.....

- (iii) En utilisant vos définitions en (a) (i), déduisez que la quantité de mouvement est constante pour un objet en équilibre. [2]

.....

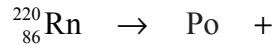
(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1)

Un noyau de radon-220 ($^{220}_{86}\text{Rn}$) au repos subit une désintégration α pour former un noyau de polonium (Po). La particule α a une énergie cinétique de 6,29 MeV.

(b) (i) Complétez l'équation nucléaire pour cette désintégration. [2]



(ii) Calculez l'énergie cinétique, en joules, de cette particule α . [2]

.....
.....

(iii) Déduisez que la vitesse de la particule α est $1,74 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}$. [1]

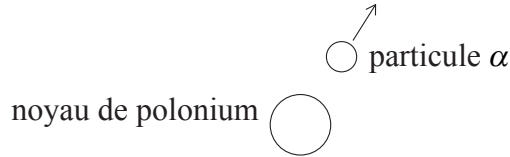
.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1)

Le schéma ci-dessous montre la particule α et le noyau de polonium juste après la désintégration. Le sens du vecteur vitesse de la particule α est indiqué.



(c) (i) Sur le schéma ci-dessus, tracez une flèche qui indique le sens initial du mouvement du noyau de polonium juste après la désintégration. [1]

(ii) Déterminez la vitesse du noyau de polonium juste après la désintégration. [3]

.....
.....
.....
.....

(iii) Dans la désintégration d'un autre noyau de radon, le noyau se déplace avant la désintégration. Sans faire d'autre calcul, suggérez l'effet éventuel de cette vitesse initiale sur les trajectoires indiquées en (c) (i). [2]

.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1)

La demi-vie de la désintégration du radon-222 est 3,8 jours et le radon-220 a une demi-vie de 55 s.

(d) (i) Suggérez **trois** aspects par lesquels les noyaux de radon-222 se distinguent de ceux du radon-220. [3]

- 1.
- 2.
- 3.

(ii) Définissez le terme *demi-vie*. [2]

.....

(iii) Énoncez l'expression qui relie l'activité A_t à l'instant t d'un échantillon d'une matière radioactive à son activité initiale A_0 à l'instant $t=0$ et à la constante de désintégration λ . Utilisez cette expression pour déduire la relation entre la constante de désintégration λ et la demi-vie $T_{\frac{1}{2}}$. [3]

.....

(iv) Le radon-222 émet des particules α . L'activité du gaz radon dans un échantillon de $1,0 \text{ m}^3$ d'air est 4,6 Bq. Étant donné que $1,0 \text{ m}^3$ d'air contient $2,6 \times 10^{25}$ molécules, déterminez le rapport

$$\frac{\text{nombre d'atomes de radon-222 dans } 1,0 \text{ m}^3 \text{ d'air}}{\text{nombre de molécules dans } 1,0 \text{ m}^3 \text{ d'air}}$$

[4]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1)

- (e) Suggérez lequel, du radon-222 ou du radon-220, présente le plus grand risque pour les humains sur une longue période de temps. [1]

.....
.....



B2. Cette question porte sur les ondes et leurs propriétés.

(a) (i) Décrivez ce qu'on entend par une *onde progressive*. [2]

.....
.....
.....

(ii) En référence à votre réponse en (a) (i), énoncez ce qu'on entend par la vitesse d'une onde progressive. [1]

.....
.....

(b) Définissez, pour une onde,

(i) *la fréquence*. [1]

.....
.....

(ii) *la longueur d'onde*. [1]

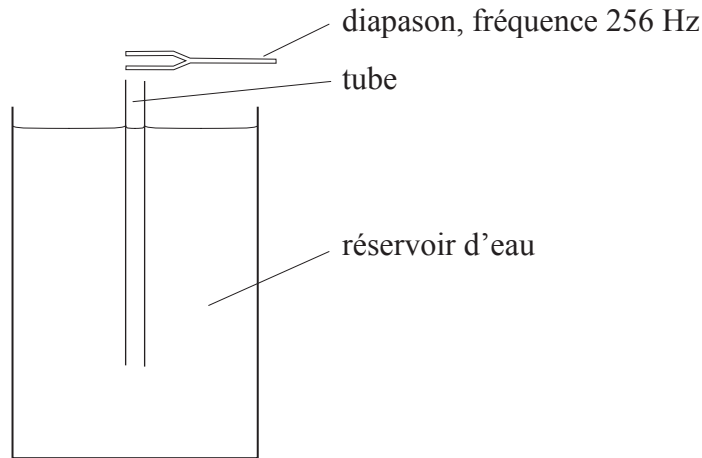
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2)

Un tube ouvert aux deux extrémités est placé dans un profond réservoir d'eau, comme illustré ci-dessous.



On fait vibrer de façon continue un diapason d'une fréquence de 256 Hz au-dessus de ce tube. Le tube est soulevé lentement hors de l'eau et, dans une certaine position du tube, on entend une intensité sonore maximale.

(c) (i) Expliquez la formation d'une onde stationnaire dans ce tube. [2]

.....
.....
.....

(ii) Le tube est encore soulevé d'une petite distance. Expliquez, en référence à la résonance, pourquoi l'intensité sonore change. [4]

.....
.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B2)

- (iii) Le tube est soulevé progressivement depuis une position d'intensité sonore maximale jusqu'à ce que la position suivante d'intensité sonore maximale soit atteinte. La longueur du tube au-dessus de la surface de l'eau a augmenté de 65,0 cm. Calculez la vitesse du son dans le tube. [2]

.....

.....

.....

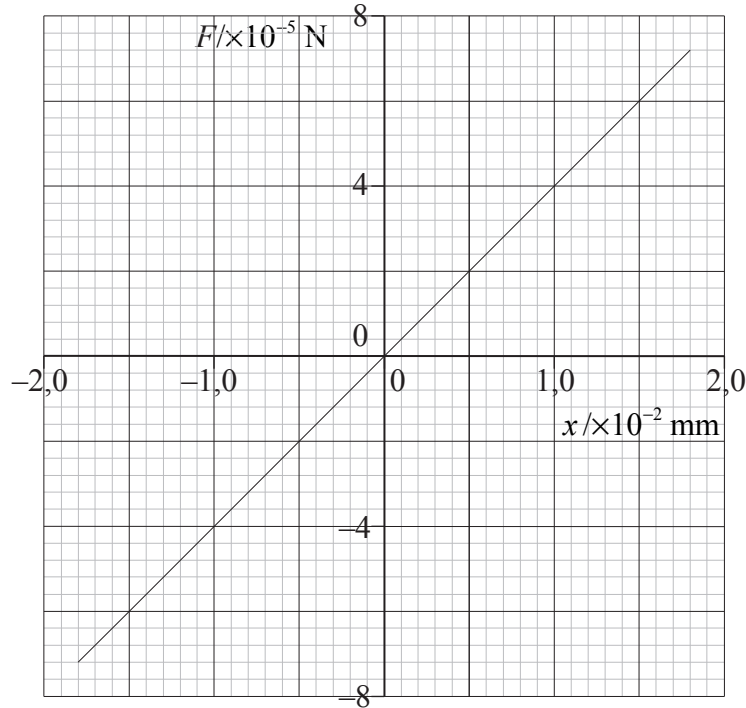
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2)

Une onde sonore incidente atteint l'oreille d'une personne. La variation de pression de cette onde sonore cause l'application d'une force F sur une partie mobile de l'oreille appelée la membrane du tympan. La variation du déplacement x de la membrane du tympan causée par la force F est représentée ci-dessous.



- (d) La membrane du tympan a une surface de 30 mm^2 . Calculez la pression, en pascals, exercée sur la membrane du tympan pour un déplacement x de $1,0 \times 10^{-2} \text{ mm}$. [2]

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2)

- (e) (i) Calculez l'énergie requise pour provoquer un déplacement de $x = 0$ à $x = +1,5 \times 10^{-2}$ mm. [3]

.....

.....

.....

L'onde sonore provoquant un déplacement maximal de la membrane du tympan de $1,5 \times 10^{-2}$ mm a une fréquence de 1000 Hz.

- (ii) Déduisez que l'énergie déterminant le déplacement calculé en (e) (i) est fournie dans un temps de 0,25 ms. Déterminez aussi la puissance moyenne de l'onde sonore qui provoque ce déplacement. [4]

.....

.....

.....

.....

- (iii) Suggérez la forme d'énergie dans laquelle l'énergie de l'onde sonore a été transformée au niveau de la membrane du tympan. [1]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2)

Dans une expérience pour mesurer la vitesse du son, deux sources cohérentes S_1 et S_2 produisent des ondes sonores d'une fréquence de 1700 Hz. Un détecteur de son est déplacé le long d'une ligne AB, parallèle à S_1S_2 comme illustré ci-dessous.



Lorsque le détecteur est en P, de sorte que $S_1P = S_2P$, un niveau sonore maximal est détecté. Lorsque l'on déplace le détecteur le long de AB, on détecte des régions de niveau sonore minimal et maximal. Le point X est la *troisième* position de niveau sonore minimal à partir de P. La distance $(S_2X - S_1X)$ est 0,50 m.

(f) (i) Déterminez la vitesse du son. [3]

.....

.....

.....

.....

(ii) En X, aucun son n'est détecté. Le niveau sonore du son produit par S_1 à elle seule est alors réduit. Indiquez et expliquez l'effet de ce changement sur le niveau sonore du son entendu en X et en P. [4]

en X :

.....

.....

en P :

.....

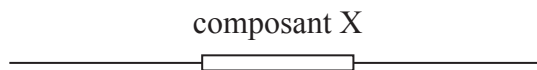
.....



- B3.** Cette question comporte **trois** parties. La **Partie 1** porte sur les composants électriques. La **Partie 2** porte sur les forces magnétiques et la **Partie 3** porte sur l'induction électromagnétique.

Partie 1 Composants électriques

- (a) Dans l'espace ci-dessous, tracez un schéma de circuit qui pourrait être utilisé pour déterminer les caractéristiques courant-tension ($I-V$) d'un composant électrique X. [2]

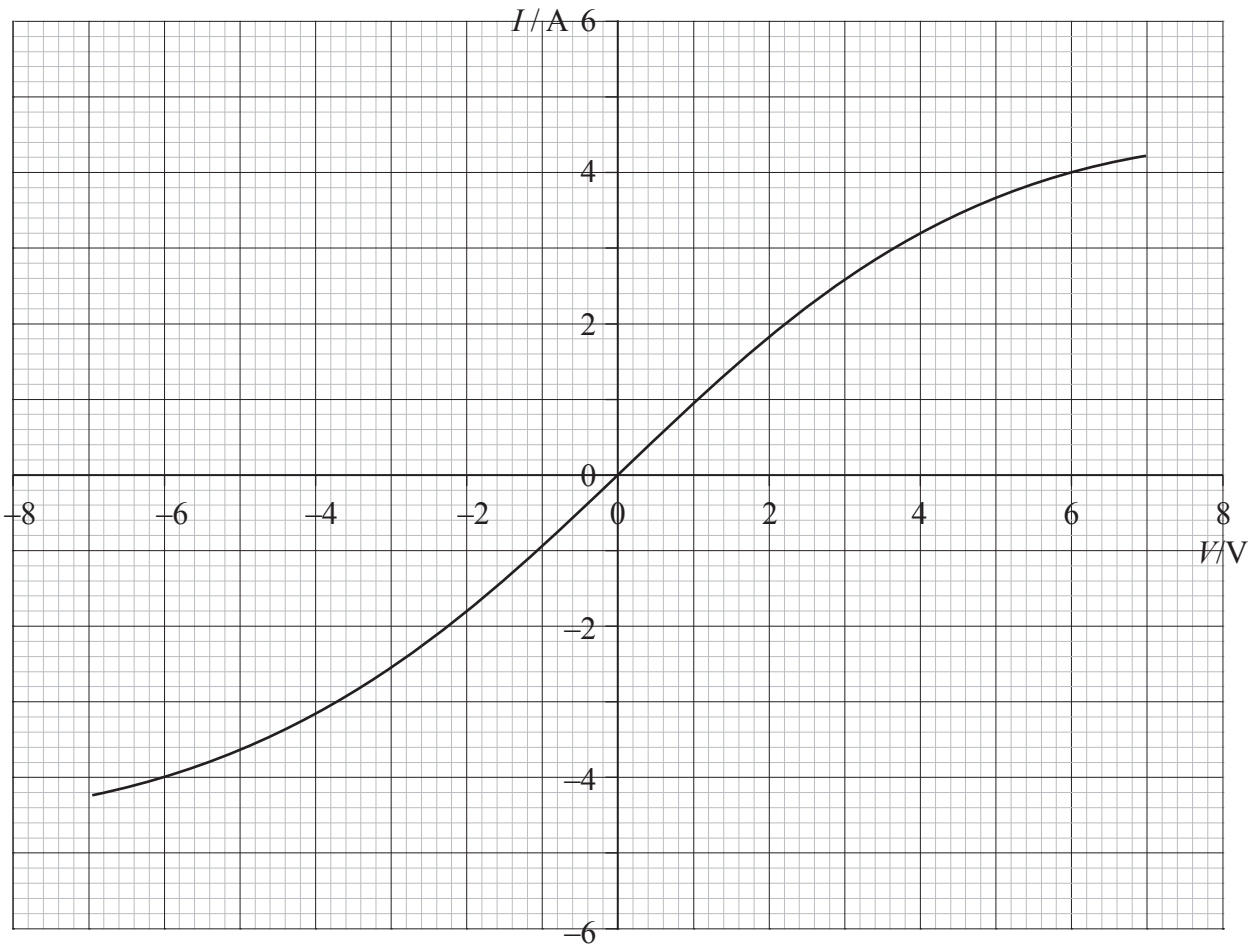


(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3, partie 1)

Le graphique ci-dessous montre les caractéristiques $I-V$ pour le composant X.



Le composant X est alors connecté aux bornes d'une batterie dont la force électromotrice est 6,0 V et la résistance interne négligeable.

(b) Utilisez le graphique pour déterminer

(i) le courant dans le composant X.

[1]

.....

(ii) la résistance du composant X.

[2]

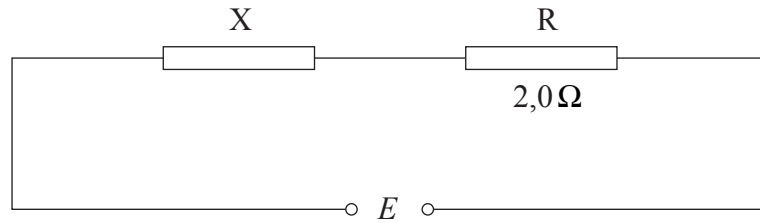
.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3, partie 1)

Une résistance R d'une résistance constante de $2,0\ \Omega$ est alors connectée en série avec le composant X comme illustré ci-dessous.



(c) (i) Sur le graphique ci-contre, représentez les caractéristiques $I-V$ de la résistance R. [2]

(ii) Déterminez la différence de potentiel totale E qui doit être appliquée aux bornes du composant X et aux bornes de la résistance R de façon à ce que le courant à travers X et R soit de 3,0 A. [2]

.....
.....
.....

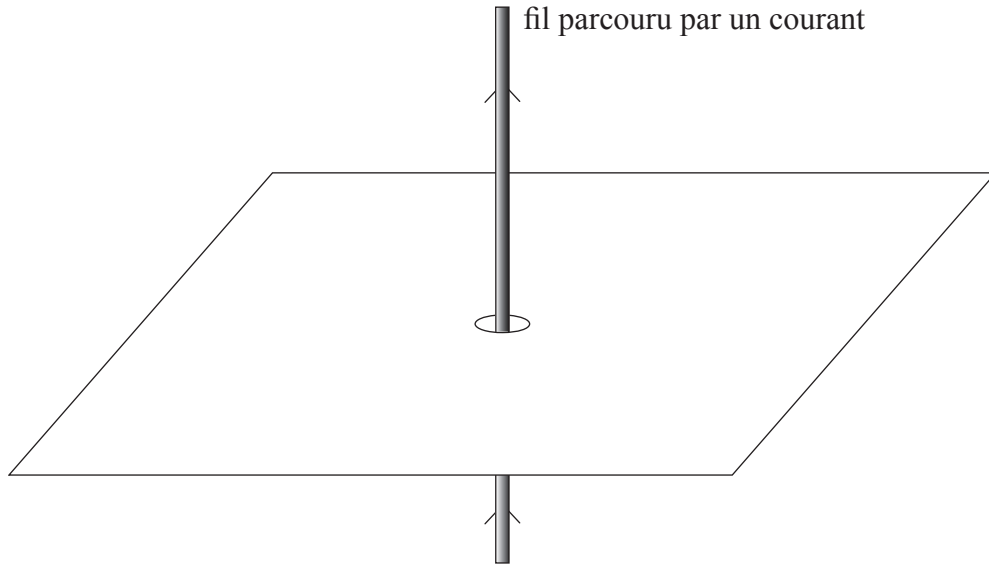
(Suite de la question à la page suivante)



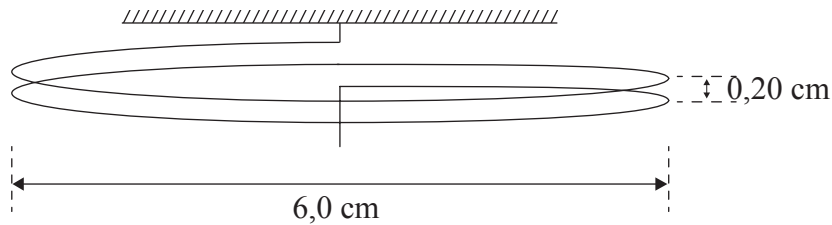
(Suite de la question B3)

Partie 2 Forces magnétiques

- (a) Sur le schéma ci-dessous, tracez les lignes de force du champ magnétique autour d'un long conducteur rectiligne parcouru par un courant. [3]



Le schéma ci-dessous montre une bobine formée de deux spires. Cette bobine est suspendue verticalement.



Chaque spire a un diamètre de 6,0 cm et la distance entre les spires est de 0,20 cm. La bobine fait partie d'un circuit électrique, de sorte qu'il est possible de faire circuler un courant dans la bobine.

- (b) (i) Indiquez et expliquez pourquoi, lorsque le courant est mis en circulation dans la bobine, la distance entre les deux spires change. [3]

.....
.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3, partie 2)

Lorsqu'un courant I circule dans la bobine, une masse de 0,10 g suspendue à l'extrémité libre de la bobine ramène la distance entre les spires à la valeur d'origine de 0,20 cm.

La circonférence C d'un cercle de rayon r est donnée par l'expression

$$C = 2\pi r.$$

- (ii) Calculez le courant I dans la bobine. Vous pouvez supposer que chaque spire se comporte comme un long conducteur rectiligne parcouru par un courant. [5]

.....
.....
.....
.....
.....
.....

(Suite de cette question page 27)



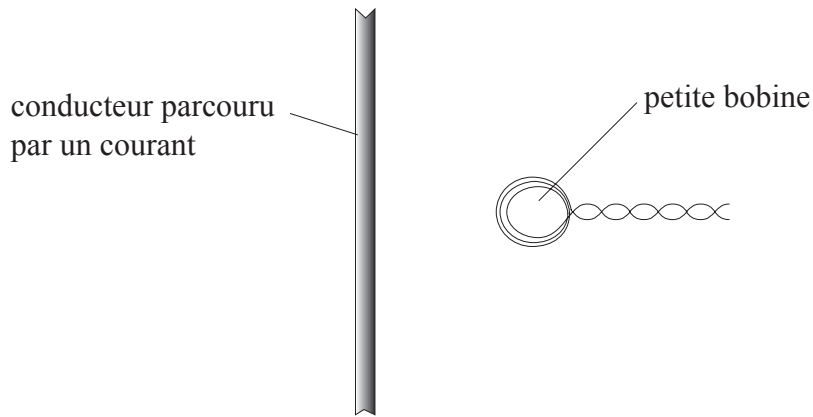
Page vierge



(Suite de la question B3)

Partie 3 Induction électromagnétique

Une petite bobine est placée avec son plan parallèle à un long conducteur rectiligne parcouru par un courant, comme illustré ci-dessous.



(a) (i) Énoncez la loi de Faraday de l'induction électromagnétique. [2]

.....
.....
.....

(ii) Utilisez cette loi pour expliquer pourquoi, lorsque le courant varie dans le fil conducteur, une force électromotrice est induite dans la bobine. [1]

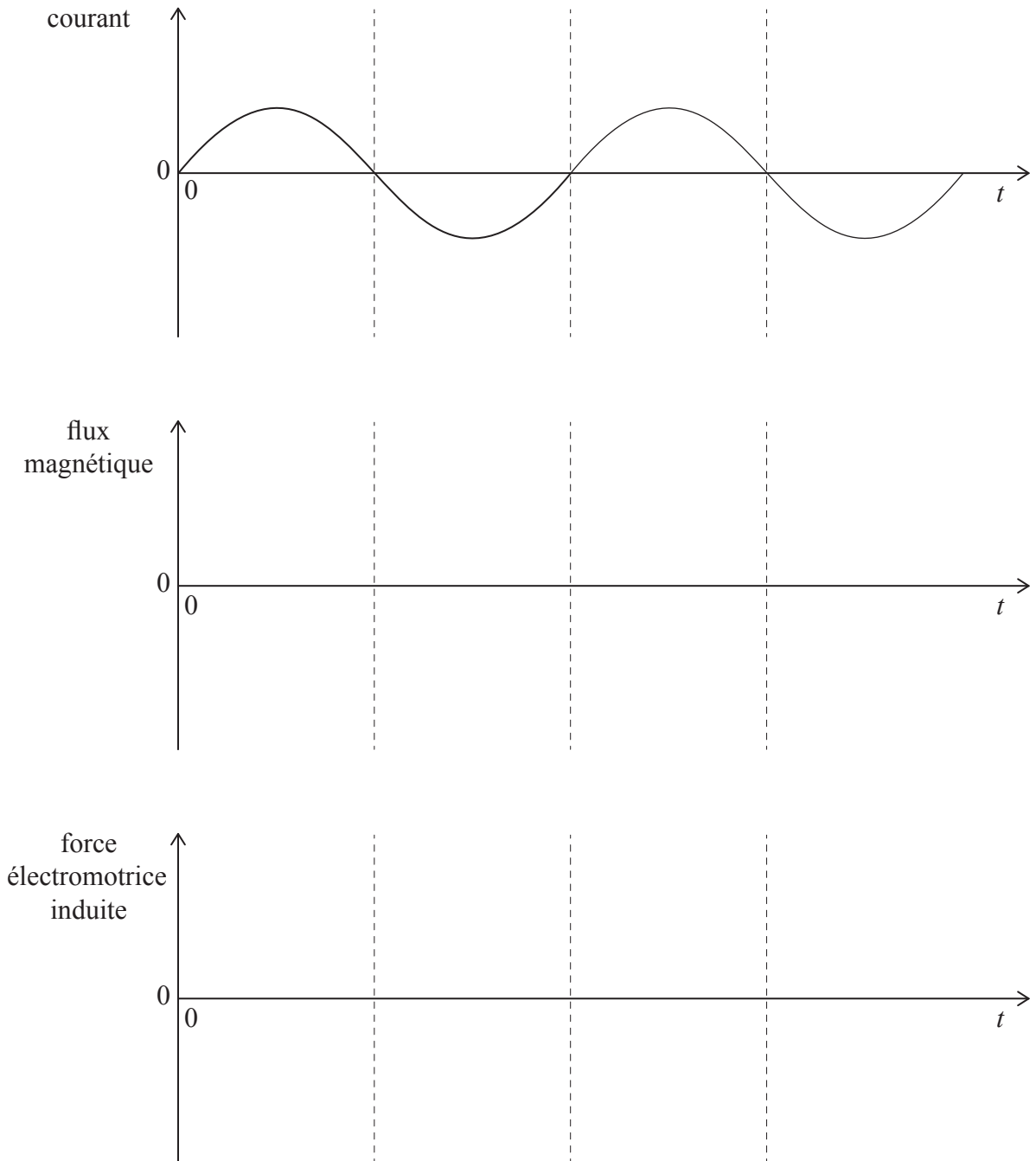
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3, partie 3)

Le graphique ci-dessous montre la variation du courant dans ce fil conducteur en fonction du temps t .



- (b) (i) Sur les axes fournis, esquissez un graphique pour montrer la variation du flux magnétique dans la bobine en fonction du temps t . [1]
- (ii) Sur les axes fournis, esquissez un graphique pour montrer la variation de la force électromotrice induite dans la bobine en fonction du temps t . [2]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3, partie 3)

- (iii) Indiquez et expliquez l'effet qu'aura sur la force électromotrice maximale induite dans la bobine le fait que la bobine soit plus éloignée du fil conducteur. [2]

.....
.....
.....

- (c) On peut utiliser une bobine de ce type pour mesurer des courants alternatifs forts dans un câble haute tension. Identifiez **un** avantage et **un** inconvénient de cette méthode. [2]

Avantage :
.....

Inconvénient :
.....



B4. Cette question est en **deux** parties. La **Partie 1** porte sur les gaz parfaits et la chaleur massique. La **Partie 2** porte sur le mouvement d'un satellite.

Partie 1 Gaz parfaits et la chaleur massique

(a) (i) Exprimez, en termes de théorie cinétique, ce qu'on entend par un *gaz parfait*. [3]

.....
.....
.....
.....

(ii) Expliquez pourquoi l'énergie interne d'un gaz parfait est une énergie cinétique uniquement. [2]

.....
.....
.....

Une masse déterminée d'un gaz parfait a un volume de 870 cm^3 sous une pression de $1,00 \times 10^5\text{ Pa}$ et à une température de $20,0^\circ\text{C}$. Ce gaz est chauffé à pression constante jusqu'à une température de $21,0^\circ\text{C}$.

(b) (i) Calculez la variation de volume de ce gaz. [3]

.....
.....
.....

(ii) Déterminez le travail extérieur effectué pendant cette transformation. [2]

.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B4, partie 1)

(c) (i) Définissez *chaleur massique*. [2]

.....
.....
.....

(ii) Expliquez ce qui arrive aux molécules d'un gaz parfait lorsque la température de ce gaz est augmentée à volume constant. [2]

.....
.....
.....

(iii) Appliquez le premier principe de la thermodynamique pour montrer que, si la température d'un gaz est augmentée à pression constante, la chaleur massique de ce gaz est différente de celle qu'il a lorsque la température est augmentée à volume constant. [3]

.....
.....
.....

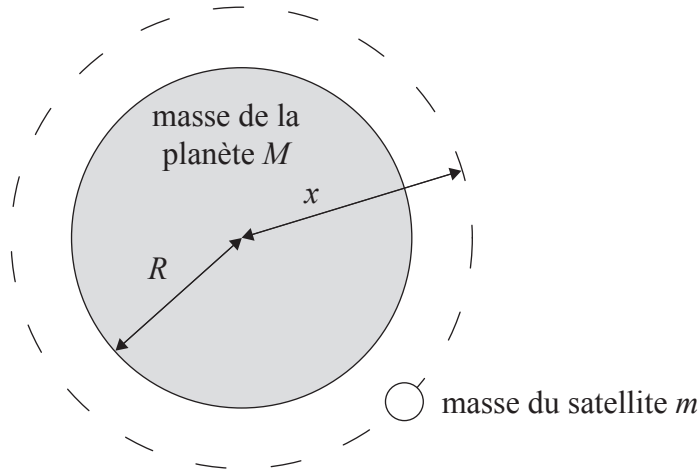
(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B4)

Partie 2 Mouvement d'un satellite

Un satellite de masse m décrit une orbite autour d'une planète de masse M et de rayon R comme illustré ci-dessous. (Ce schéma n'est pas à l'échelle.)



Le rayon de l'orbite circulaire du satellite est x . On peut supposer que la planète se comporte comme un objet ponctuel dont la masse est concentrée en son centre.

(a) Déduisez que la vitesse linéaire v du satellite sur son orbite est donnée par l'expression

$$v = \sqrt{\frac{GM}{x}},$$

dans laquelle G est la constante gravitationnelle.

[2]

.....

.....

.....

(b) (i) Déduisez les expressions, en termes de m , G , M et x , pour l'énergie cinétique de ce satellite et pour l'énergie potentielle gravitationnelle de ce satellite.

[2]

Énergie cinétique :

.....

.....

Énergie potentielle gravitationnelle :

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B4, partie 2)

- (ii) Déduisez une expression pour l'énergie totale de ce satellite. [2]

.....
.....
.....

Ce satellite est mis sur une orbite plus proche de la planète où il y a frottement avec l'atmosphère de cette planète.

- (c) (i) Indiquez l'effet de ces forces de frottement sur l'énergie totale du satellite. [1]

.....

- (ii) Appliquez votre équation de (b) (ii) pour déduire que, en conséquence de ce frottement, le rayon de l'orbite variera de façon continue. [2]

.....
.....
.....

- (iii) Décrivez l'effet de cette variation du rayon orbital sur la vitesse de ce satellite. [1]

.....

- (iv) Les forces de frottement changeront à mesure que l'orbite du satellite variera. Suggérez et expliquez l'effet sur le mouvement du satellite de la modification de ces forces de frottement. [3]

.....
.....
.....
.....

