

© International Baccalaureate Organization 2024

All rights reserved. No part of this product may be reproduced in any form or by any electronic or mechanical means, including information storage and retrieval systems, without the prior written permission from the IB. Additionally, the license tied with this product prohibits use of any selected files or extracts from this product. Use by third parties, including but not limited to publishers, private teachers, tutoring or study services, preparatory schools, vendors operating curriculum mapping services or teacher resource digital platforms and app developers, whether fee-covered or not, is prohibited and is a criminal offense.

More information on how to request written permission in the form of a license can be obtained from <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.

© Organisation du Baccalauréat International 2024

Tous droits réservés. Aucune partie de ce produit ne peut être reproduite sous quelque forme ni par quelque moyen que ce soit, électronique ou mécanique, y compris des systèmes de stockage et de récupération d'informations, sans l'autorisation écrite préalable de l'IB. De plus, la licence associée à ce produit interdit toute utilisation de tout fichier ou extrait sélectionné dans ce produit. L'utilisation par des tiers, y compris, sans toutefois s'y limiter, des éditeurs, des professeurs particuliers, des services de tutorat ou d'aide aux études, des établissements de préparation à l'enseignement supérieur, des fournisseurs de services de planification des programmes d'études, des gestionnaires de plateformes pédagogiques en ligne, et des développeurs d'applications, moyennant paiement ou non, est interdite et constitue une infraction pénale.

Pour plus d'informations sur la procédure à suivre pour obtenir une autorisation écrite sous la forme d'une licence, rendez-vous à l'adresse <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.

© Organización del Bachillerato Internacional, 2024

Todos los derechos reservados. No se podrá reproducir ninguna parte de este producto de ninguna forma ni por ningún medio electrónico o mecánico, incluidos los sistemas de almacenamiento y recuperación de información, sin la previa autorización por escrito del IB. Además, la licencia vinculada a este producto prohíbe el uso de todo archivo o fragmento seleccionado de este producto. El uso por parte de terceros —lo que incluye, a título enunciativo, editoriales, profesores particulares, servicios de apoyo académico o ayuda para el estudio, colegios preparatorios, desarrolladores de aplicaciones y entidades que presten servicios de planificación curricular u ofrezcan recursos para docentes mediante plataformas digitales—, ya sea incluido en tasas o no, está prohibido y constituye un delito.

En este enlace encontrará más información sobre cómo solicitar una autorización por escrito en forma de licencia: <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.

**Physique**  
**Niveau supérieur**  
**Épreuve 2**

26 avril 2024

**Zone A** matin | **Zone B** matin | **Zone C** matin

Numéro de session du candidat

2 heures 15 minutes

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Instructions destinées aux candidats**

- Écrivez votre numéro de session dans les cases ci-dessus.
- N'ouvrez pas cette épreuve avant d'y être autorisé(e).
- Répondez à toutes les questions.
- Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.
- Une calculatrice est nécessaire pour cette épreuve.
- Un exemplaire non annoté du **recueil de données de physique** est nécessaire pour cette épreuve.
- Le nombre maximum de points pour cette épreuve d'examen est de **[90 points]**.

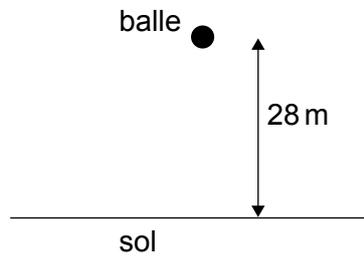


Veillez ne **pas** écrire sur cette page.  
Les réponses rédigées sur cette page  
ne seront pas corrigées.



Répondez à **toutes** les questions. Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.

1. Une balle d'une masse de 2,7 g initialement au repos est relâchée depuis une hauteur de 28 m au-dessus d'un sol horizontal.



- (a) Montrez que, en l'absence de la résistance de l'air, cette balle heurte le sol avec une vitesse d'environ  $23 \text{ m s}^{-1}$ . [1]

.....  
.....

- (b) Une force de résistance de l'air  $F$  agit sur cette balle. On peut modéliser  $F$  par  $F = kv^2$ ,  $v$  étant la vitesse et  $k$  étant une constante.

- (i) Déterminez l'unité de  $k$  en termes d'unités fondamentales. [2]

.....  
.....

- (ii) Décrivez comment la balle atteint la vitesse limite. [2]

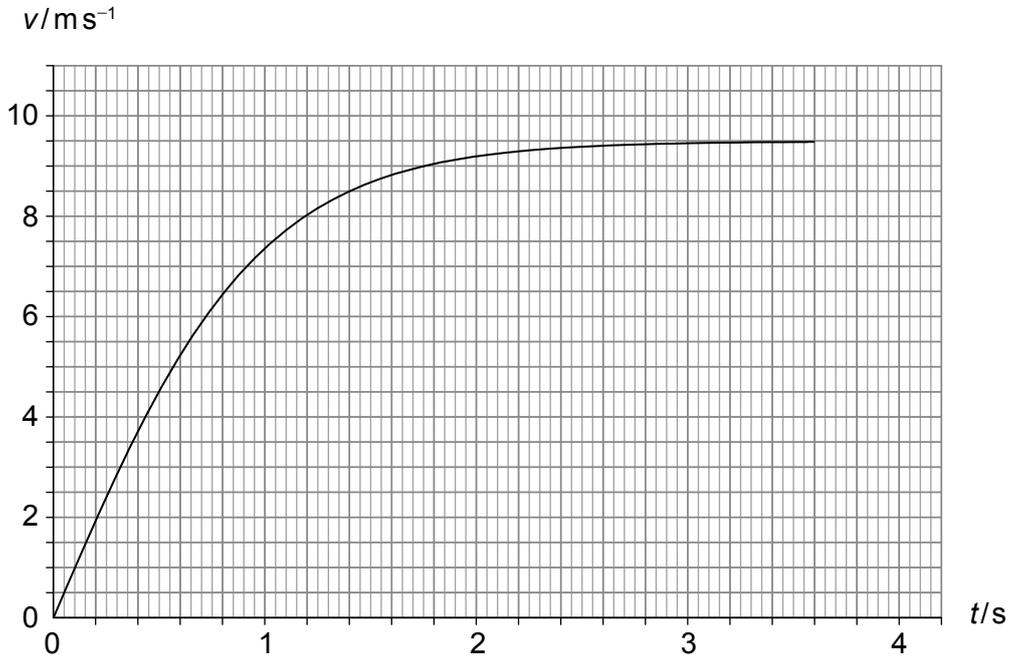
.....  
.....  
.....  
.....

(Suite de la question à la page suivante)



**(Suite de la question 1)**

- (c) Le graphique ci-dessous montre la variation, en fonction du temps  $t$ , de la vitesse  $v$  de la balle depuis l'instant où elle est relâchée jusqu'à ce qu'elle heurte le sol.



- (i) Exprimez la valeur de l'aire sous la courbe. [1]

.....

- (ii) Déterminez  $k$ . [2]

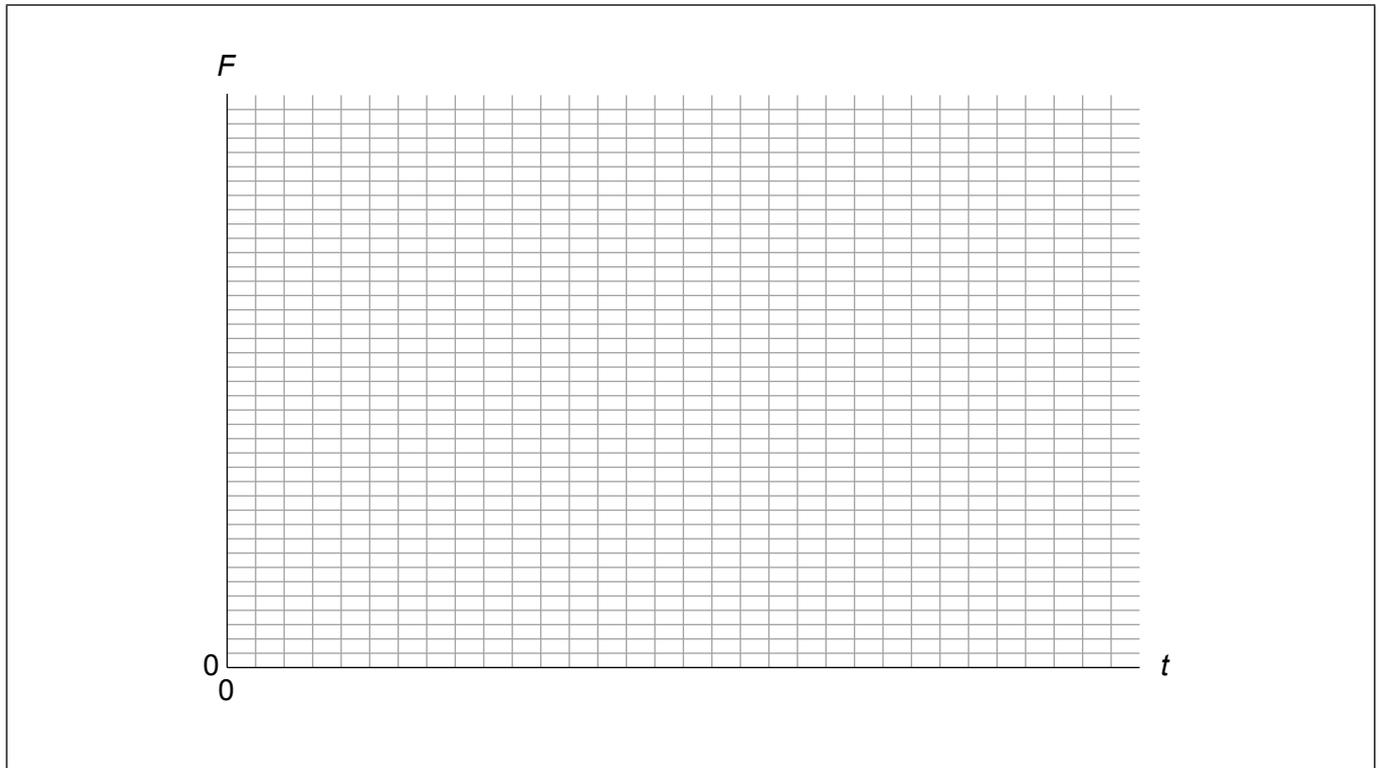
.....  
.....  
.....  
.....

**(Suite de la question à la page suivante)**



(Suite de la question 1)

- (iii) Sur les axes ci-dessous, dessinez un graphique pour montrer la variation de la grandeur de la force **résultante**,  $F$ , sur la balle en fonction du temps  $t$ . Aucun nombre n'est nécessaire sur les axes. [1]



- (iv) Calculez la puissance moyenne dissipée par la force de résistance de l'air. [3]

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

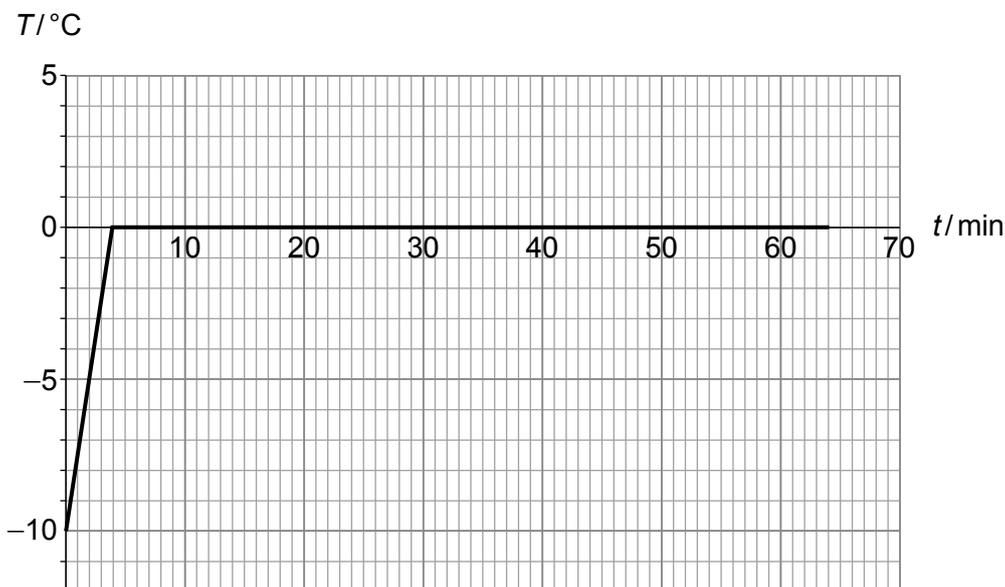
- (d) La balle rebondit du sol avec une vitesse de  $7,8 \text{ ms}^{-1}$ . La balle est en contact avec le sol pendant un temps  $T$ . La force **résultante** moyenne sur la balle pendant ce temps est  $1,1 \text{ N}$ .

Déterminez  $T$ . [2]

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



2. De la glace pilée d'une masse de 35 g à une température de  $-10^{\circ}\text{C}$  est placée dans une pièce chaude. Le graphique ci-dessous montre la variation de la température  $T$  en fonction du temps  $t$ .



La capacité calorifique massique de la glace est  $2100\text{ J kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$ .

- (a) (i) Montrer que la vitesse moyenne à laquelle l'énergie thermique est transférée dans la glace est environ 3 W. [2]

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

- (ii) Estimez la chaleur latente de fusion de la glace. [2]

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

(Suite de la question à la page suivante)



**(Suite de la question 2)**

- (b) Entre 4 minutes et 64 minutes la glace solide et l'eau liquide coexistent à 0°C. Comparez et opposez, pendant ce temps, l'énergie interne de la glace solide avec celle d'une masse égale d'eau liquide.

[2]

.....

.....

.....

.....



32EP07

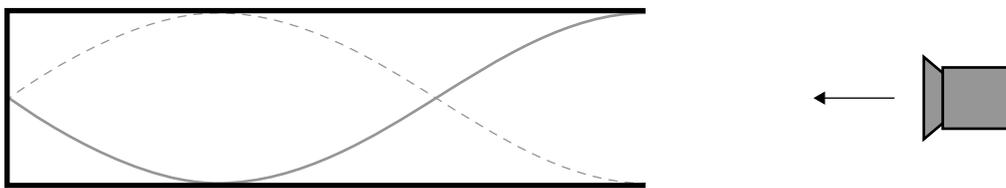
**Tournez la page**

3. (a) Résumez ce qu'on entend par une onde progressive.

[2]

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

(b) Un haut-parleur émet un son d'une fréquence de 210 Hz dans un tuyau avec une extrémité ouverte et une extrémité fermée. Le schéma ci-dessous montre une représentation de l'onde stationnaire établie dans ce tuyau.



La longueur du tuyau est 1,20 m.

(i) Résumez comment l'onde stationnaire est formée dans le tuyau.

[2]

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

(ii) Déterminez la longueur d'onde de cette onde.

[1]

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

(Suite de la question à la page suivante)



**(Suite de la question 3)**

- (iii) Calculez la vitesse du son dans le tuyau en exprimant la réponse à un nombre approprié de chiffres significatifs. [2]

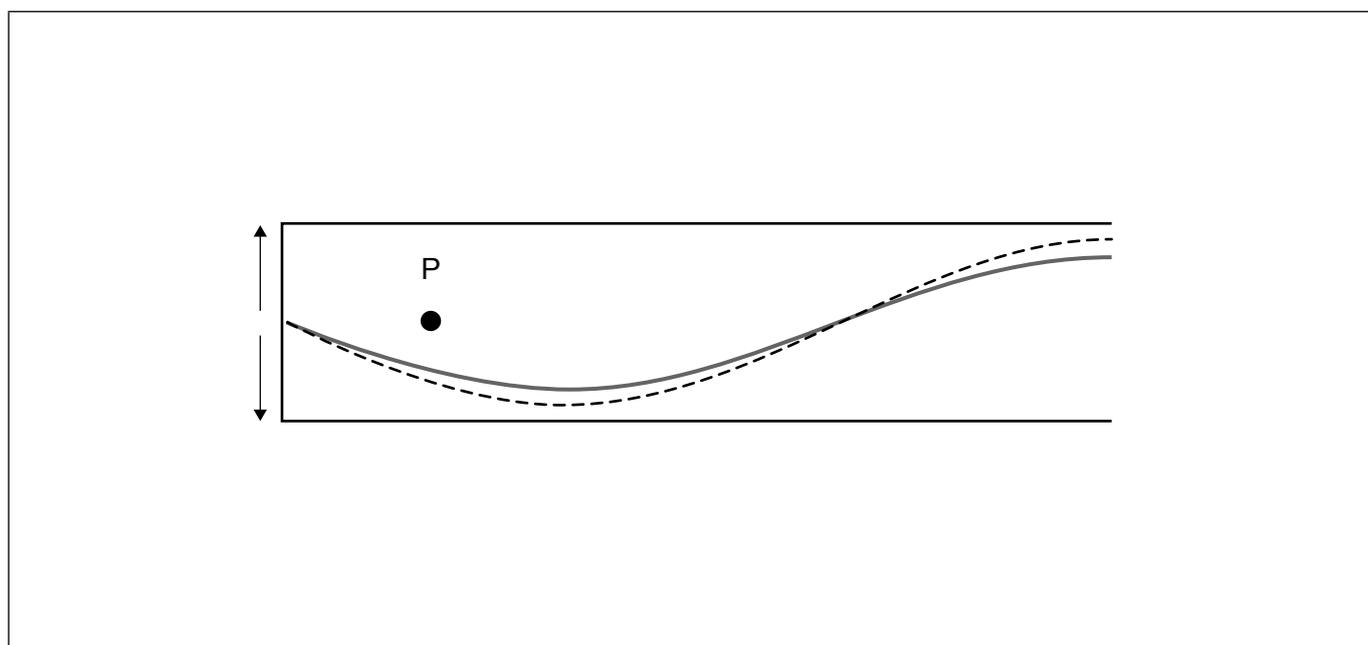
.....

.....

.....

.....

- (c) La ligne en trait continu représente l'onde stationnaire au temps  $t$  et la ligne en tirets représente l'onde stationnaire un instant plus tard. Le point est la position d'**équilibre** d'une particule P dans le tuyau. La flèche vers le haut indique des déplacements à droite et la flèche vers le bas des déplacements à gauche.



Sur le schéma ci-dessus, dessinez

- (i) un point pour indiquer la position approximative de P au temps  $t$ , [1]
- (ii) une flèche pour indiquer le vecteur vitesse de P au temps  $t$ . [1]

**(Suite de la question à la page 11)**



Veillez ne **pas** écrire sur cette page.  
Les réponses rédigées sur cette page  
ne seront pas corrigées.



**(Suite de la question 3)**

- (d) L'amplitude d'oscillations de l'onde stationnaire dans la question (b) est 4,2 mm.  
La masse de la particule P dans la question (c) est  $1,8 \times 10^{-6}$  kg.

Calculez

- (i) l'énergie totale de P, [2]

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

- (ii) le déplacement de P, lorsque son énergie cinétique est égale à son énergie potentielle. [2]

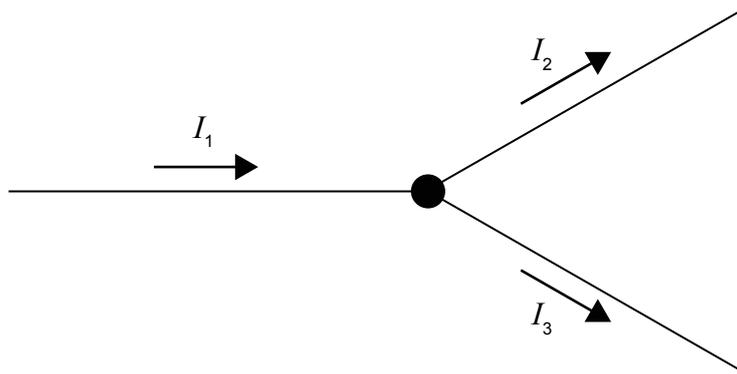
.....  
.....  
.....  
.....

- (e) La fréquence du son est réduite à 140 Hz. Expliquez pourquoi une onde stationnaire ne sera pas formée dans le tuyau. [2]

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



4. (a) Le schéma ci-dessous montre une jonction dans un circuit.

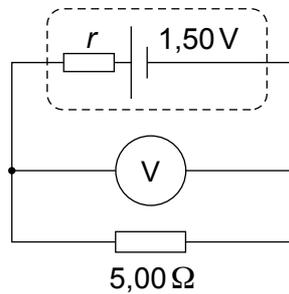


La relation entre les courants dans les trois fils est exprimée par  $I_1 = I_2 + I_3$ .

Exprimez la loi fondamentale de physique à partir de laquelle cette relation est déduite. [1]

.....  
.....

- (b) Une pile d'une f.é.m. de 1,50V et de résistance interne  $r$  est connectée à une résistance d'une valeur de  $5,00\Omega$  et à un voltmètre idéal V.



La lecture de ce voltmètre est 1,20V.

- (i) Déterminez la résistance interne  $r$  de cette pile. [2]

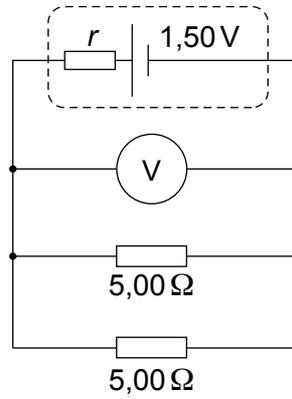
.....  
.....  
.....  
.....

(Suite de la question à la page suivante)



**(Suite de la question 4)**

- (ii) Une deuxième résistance de  $5,00\ \Omega$  est connectée en parallèle à la première résistance.



Exprimez et expliquez le changement éventuel de la lecture du voltmètre sans autre calcul.

[2]

.....

.....

.....

.....

**(Suite de la question à la page 15)**

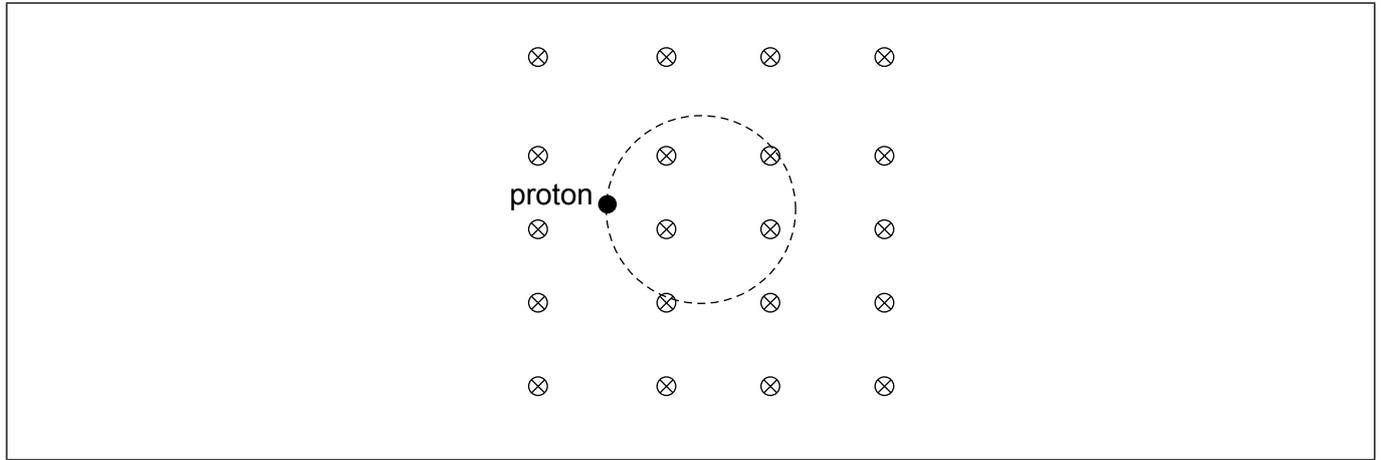


Veillez ne **pas** écrire sur cette page.  
Les réponses rédigées sur cette page  
ne seront pas corrigées.



**(Suite de la question 4)**

- (c) Un proton se déplace sur un chemin circulaire dans une région ayant un champ magnétique uniforme d'une densité de flux magnétique  $B$  qui est dirigé comme entrant dans le plan de la page.



- (i) Sur le diagramme ci-dessus, dessinez une flèche pour indiquer le vecteur vitesse du proton dans la position indiquée. [1]
- (ii) Montrez que la fréquence de révolution du proton est donnée par  $f = \frac{eB}{2\pi m_p}$ . [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (iii) La grandeur de  $B$  est 2,5T. Calculez la fréquence de révolution du proton. [1]

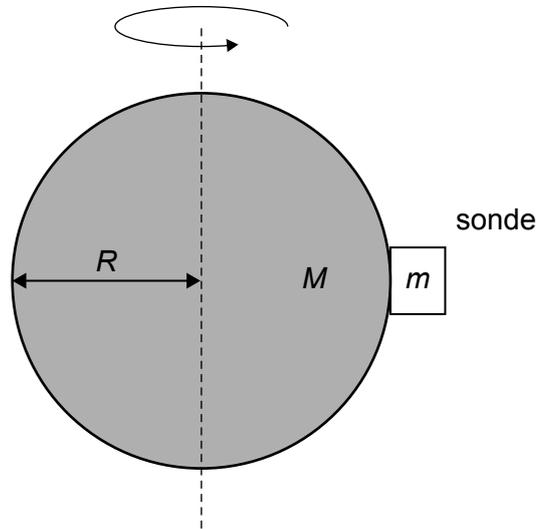
.....

.....



5. Une sonde d'une masse  $m$  a atterri sur l'équateur d'un astéroïde en rotation d'une masse  $M$  et d'un rayon  $R$ .

la figure n'est pas à l'échelle



Cet astéroïde tourne avec une vitesse angulaire  $\omega$ .

- (a) En dessinant un diagramme des forces pour la sonde, montrez que la force normale,  $N$ , sur la sonde venant de l'astéroïde est donnée par  $N = m\left(\frac{GM}{R^2} - \omega^2 R\right)$ . [2]

sonde

$m$

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



**(Suite de la question 5)**

- (b) Déduisez que la sonde restera sur la surface de l'astéroïde seulement si  $\omega \leq \sqrt{\frac{GM}{R^3}}$ . [1]

.....

.....

- (c) Une autre sonde décrit une orbite autour du Soleil.

- (i) La distance entre la sonde et le Soleil est 4 fois la distance entre la Terre et le Soleil. Montrez que l'intensité du rayonnement solaire à la surface de la sonde est  $85 \text{ W m}^{-2}$ . [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Estimez la température d'équilibre de la sonde en supposant qu'elle se comporte comme un corps noir. [2]

.....

.....

.....

.....



6. (a) Les quarks sont des particules élémentaires.

(i) Exprimez ce qu'on entend par une particule élémentaire.

[1]

.....  
.....

(ii) Énumérez les forces fondamentales qui agissent sur les quarks.

[1]

.....  
.....

(iii) Le baryon lambda ( $\Lambda^0$ ) a une teneur en quarks uds. Il se désintègre selon la réaction  $\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-$ . La teneur en quarks du pion est  $\bar{u}d$ .

Exprimez et expliquez quelle interaction fondamentale est responsable de cette désintégration.

[2]

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

(Suite de la question à la page suivante)



**(Suite de la question 6)**

- (b) (i) En référence au concept de l'énergie de liaison, expliquez pourquoi la masse combinée des nucléons d'un noyau est plus grande que la masse de ce noyau. [2]

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

- (ii) Les énergies de liaison suivantes par nucléon sont disponibles.

Th: 7,645074 MeV  
Ra: 7,679917 MeV  
He: 7,073915 MeV

Déterminez l'énergie libérée dans la désintégration  ${}_{90}^{228}\text{Th} \rightarrow {}_{88}^{224}\text{Ra} + {}_2^4\text{He}$ . [2]

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

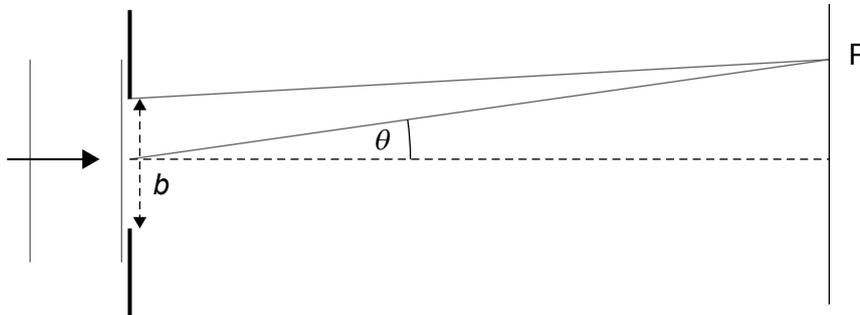
- (iii) Il est observé que, parfois, la désintégration alpha du thorium est accompagnée d'une émission de rayons gamma. Suggérez une explication pour cette observation. [2]

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



7. Une lumière d'une longueur d'onde  $\lambda$  se diffracte à une seule fente rectangulaire d'une ouverture  $b$ . Le diagramme ci-dessous montre deux rayons de lumière quittant le sommet et le milieu de cette fente. Les rayons viennent du même front d'onde. L'angle de diffraction est  $\theta$ . Pour de petits angles, on peut utiliser l'approximation  $\sin \theta \approx \theta$ .

la figure n'est pas à l'échelle



Les rayons se rencontrent au point P sur un écran à une distance très grande de la fente.

- (a) (i) Montrez que la différence de phase entre les deux rayons en P est  $\frac{\pi b \theta}{\lambda}$ . [2]

.....

.....

- (ii) Les deux rayons produisent une interférence destructive en P pour former le premier minimum des franges de diffraction par une seule fente. Expliquez pourquoi  $\theta = \frac{\lambda}{b}$ . [1]

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



**(Suite de la question 7)**

(b) Le télescope spatial *James Webb* (JWST) a un diamètre effectif de 6,5 m.

(i) Calculez la taille linéaire la plus petite à une distance de 13,6 milliards d'années-lumière ( $1,3 \times 10^{26}$  m) qui peut être résolue par le JWST lorsqu'il fonctionne à une longueur d'onde de 1200 nm. [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) Le JWST peut aussi fonctionner à des longueurs d'onde plus longues que 1200 nm. Suggérez si la résolution de ce télescope est améliorée ou pas aux longueurs d'onde plus longues. [1]

.....

.....



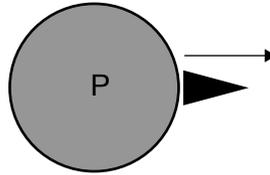
Veillez ne **pas** écrire sur cette page.  
Les réponses rédigées sur cette page  
ne seront pas corrigées.



8. Une planète sphérique uniforme P a une masse  $M$  et un rayon  $R$ .

(a) Un projectile d'une masse  $m$  est lancé avec une énergie cinétique  $\frac{2GMm}{3R}$  depuis la surface de P.

la figure n'est pas à l'échelle



Déterminez si ce projectile échappera ou pas au champ gravitationnel de P.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)

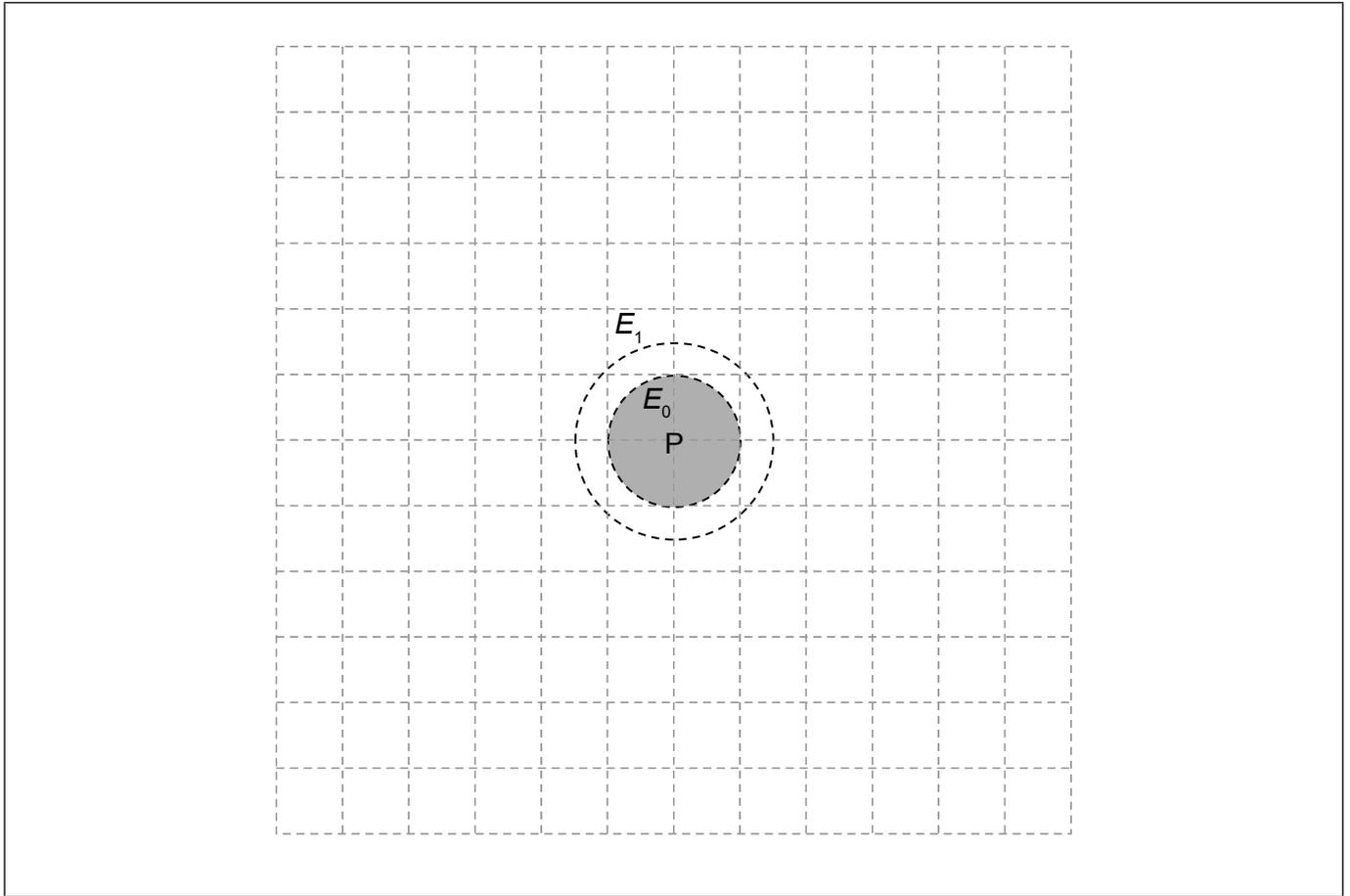


32EP23

Tournez la page

**(Suite de la question 8)**

- (b) La surface de P est une surface équipotentielle  $E_0$ . Le cercle en pointillés légendé  $E_1$  est une ligne équipotentielle à une distance  $\frac{3R}{2}$  du centre de P. La différence de potentiel entre  $E_1$  et  $E_0$  est  $2,2 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$ .



- (i) Le rayon  $R$  de P est  $8,5 \times 10^6 \text{ m}$ .

Estimez la grandeur de l'intensité du champ gravitationnel entre  $E_1$  et  $E_0$ .

[2]

.....

.....

.....

.....

**(Suite de la question à la page suivante)**

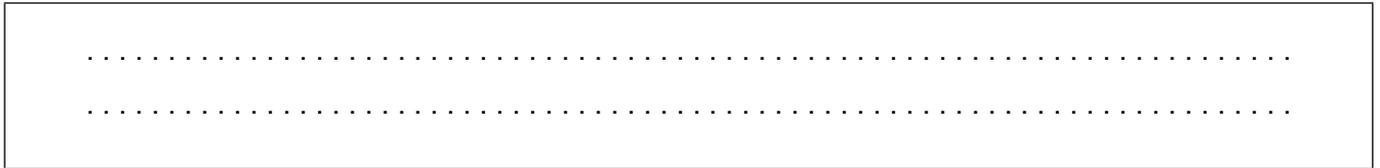


**(Suite de la question 8)**

- (ii)  $E_2$  est une ligne équipotentielle telle que la différence de potentiel entre  $E_2$  et  $E_1$  est aussi  $2,2 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$ .

Dessinez la ligne équipotentielle  $E_2$  sur le diagramme.

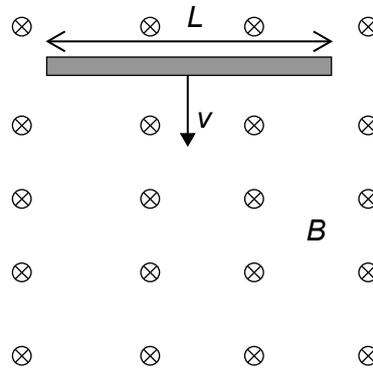
[2]



Veillez ne **pas** écrire sur cette page.  
Les réponses rédigées sur cette page  
ne seront pas corrigées.



9. (a) Une tige conductrice d'une longueur  $L$  est déplacée avec une vitesse  $v$  perpendiculairement à un champ magnétique uniforme d'une densité de flux  $B$ . Ce champ est dirigé comme entrant dans le plan de la page.



- (i) Montrez, en utilisant la loi de Faraday ou autrement, que la différence de potentiel,  $V$ , établie entre les extrémités de cette tige est  $V = vBL$ . [3]

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

- (ii) Identifiez l'extrémité de la tige qui devient chargée négativement. [1]

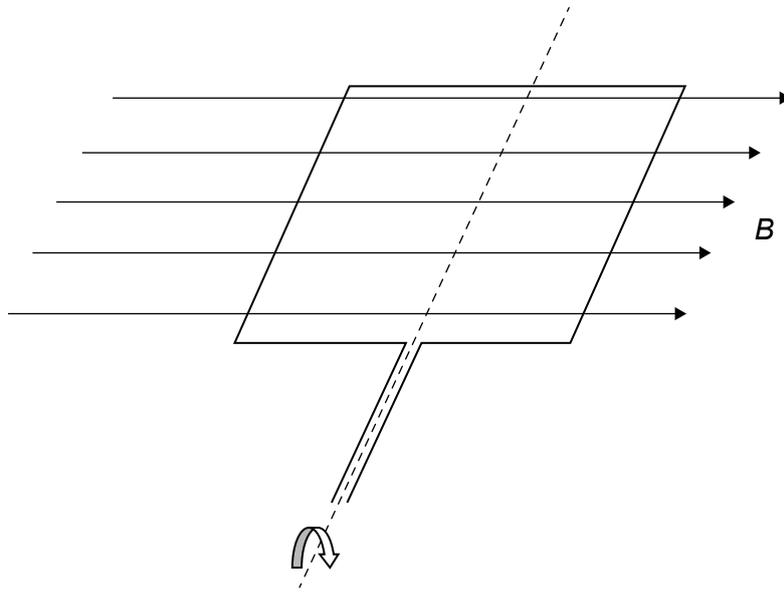
.....  
.....  
.....  
.....

(Suite de la question à la page suivante)



**(Suite de la question 9)**

- (b) Une bobine tourne dans une région de champ magnétique avec une vitesse angulaire de  $12,56 \text{ rad s}^{-1}$ . Lorsque  $t = 0$ , le champ est parallèle à la surface de cette bobine.



- (i) Exprimez le couplage magnétique à travers la bobine lorsque  $t = 0$ .

[1]

.....

.....

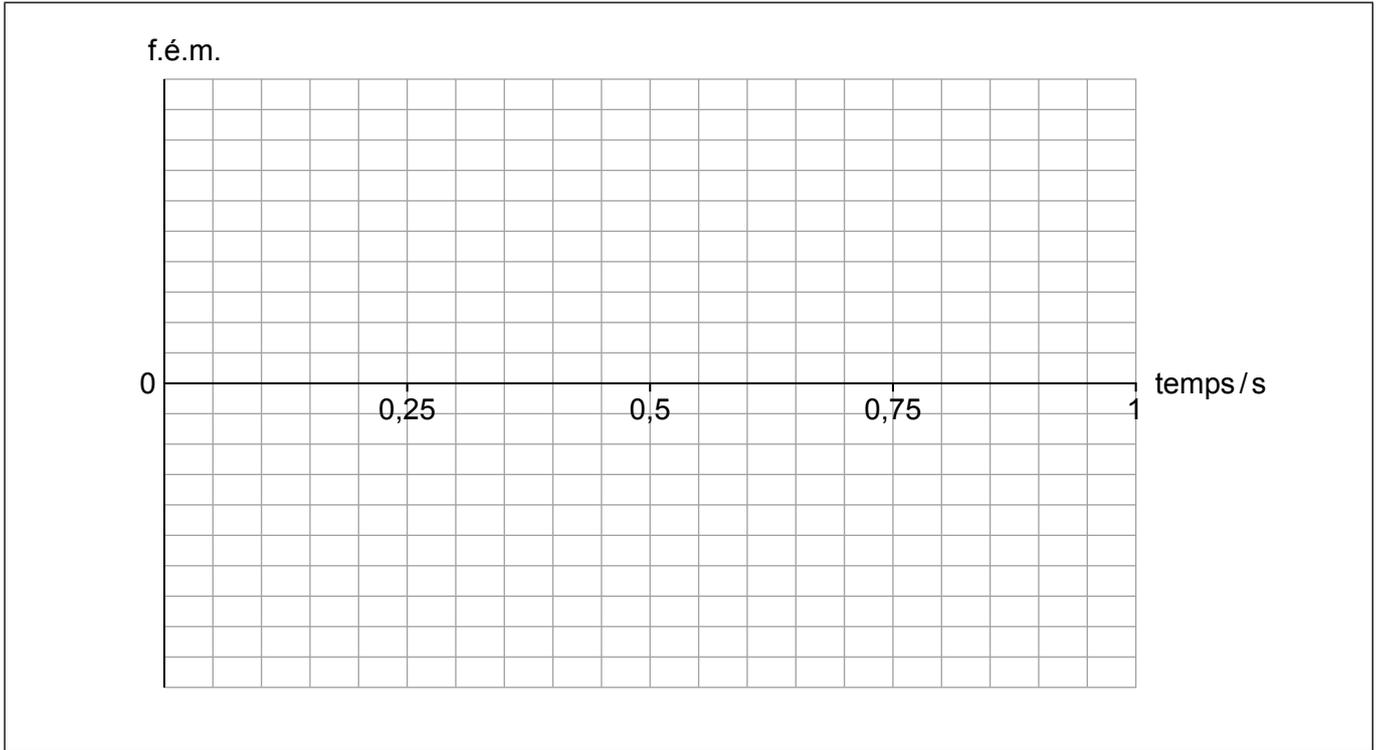
**(Suite de la question à la page suivante)**



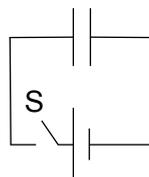
**(Suite de la question 9)**

- (ii) Dessinez, sur les axes ci-dessous, un graphique montrant la variation en fonction du temps de la f.é.m. induite dans la bobine. (Aucun nombre n'est nécessaire sur l'axe vertical.) [2]

.....  
.....



- (c) Un condensateur est connecté à une pile. Le commutateur S est fermé et le condensateur devient complètement chargé.



Un diélectrique est alors inséré entre les plaques du condensateur. Suggérez, le cas échéant, comment la charge sur une plaque du condensateur sera affectée. [2]

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



10. (a) (i) Dans le modèle de Bohr pour l'atome d'hydrogène, le moment cinétique orbital est quantifiée ( $mvr = n \frac{h}{2\pi}$ ). Résumez l'effet produit sur l'énergie de l'électron. [1]

.....

.....

- (ii) Pour l'atome d'hydrogène, le rayon de l'orbite de l'électron dans l'état  $n = 2$  est quatre fois plus grand que le rayon de l'orbite dans l'état  $n = 1$ . Déterminez le rapport  $\frac{v_2}{v_1}$  entre la vitesse de l'électron dans l'état  $n = 2$  et sa vitesse dans l'état  $n = 1$ . [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Comparez et opposez la prédiction de Bohr pour le rayon de l'orbite d'un électron dans l'hydrogène avec celui de la description de cet électron en termes d'une fonction d'onde. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Déterminez, en utilisant le principe d'incertitude, l'énergie cinétique minimum d'un neutron à l'intérieur d'un noyau d'un rayon de  $3 \times 10^{-15}$  m. [2]

.....

.....

.....

.....



Veillez ne **pas** écrire sur cette page.

Les réponses rédigées sur cette page  
ne seront pas corrigées.



32EP31

Veillez ne **pas** écrire sur cette page.

Les réponses rédigées sur cette page  
ne seront pas corrigées.



32EP32