

© International Baccalaureate Organization 2026

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 2026

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, 2026

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

29 avril 2026

Zone A matin | Zone B matin | Zone C matin

Numéro de session du candidat

2 heures 30 minutes

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

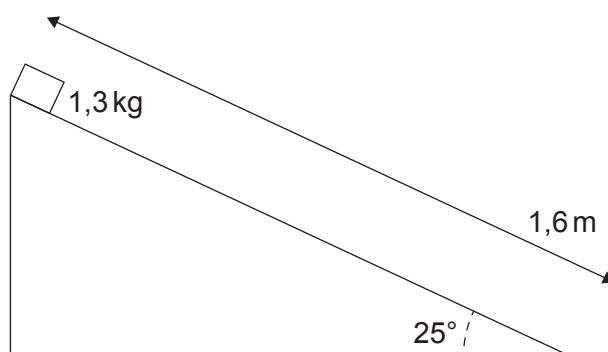
Instructions destinées aux élèves

- Écrivez votre numéro de session dans les cases ci-dessus.
- N'ouvrez pas cette épreuve d'examen avant d'avoir reçu l'autorisation de le faire.
- 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]**.



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

1. Une boîte est au sommet d'une rampe de 1,6 m de long inclinée à 25° par rapport à l'horizontale. La masse de cette boîte est 1,3 kg.



- (a) Montrez que l'énergie potentielle gravitationnelle de cette boîte au sommet de la rampe est environ 9 J.

[1]

.....

Cette boîte glisse vers le bas de la rampe depuis l'état de repos. Au bas de la rampe, la vitesse de la boîte est $2,4 \text{ m s}^{-1}$.

- (b) (i) Calculez l'énergie cinétique de la boîte au bas de la rampe.

[1]

.....

- (ii) Déterminez le coefficient de frottement dynamique entre la rampe et la boîte.

[2]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 1)

On remplace la boîte par une sphère solide de même masse et de rayon R . La sphère roule vers le bas de la rampe sans glisser. Le moment d'inertie d'une sphère est $\frac{2}{5}MR^2$.

- (c) Calculez la vitesse linéaire de la sphère en bas de la rampe. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

On remplace la sphère par un anneau de même masse et de même rayon.

- (d) Expliquez, sans calcul, pourquoi la vitesse de l'anneau sera plus basse que celle de la sphère. [1]

.....

.....



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

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



2. Un gaz parfait est contenu dans un récipient. On y transfère de l'énergie thermique avec un appareil de chauffage. L'appareil fonctionne sous une tension de 220 V et le courant dans l'appareil est 2,0 A. Le gaz est chauffé pendant 30 s à volume constant.

(a) Calculez l'énergie thermique transférée au gaz.

[1]

.....

.....

(b) Expliquez, en termes du mouvement des particules, comment l'augmentation de pression se produit.

[2]

.....

.....

.....

.....

Avant d'être chauffé, le gaz était à une température de 293 K et à une pression de 101 kPa. Le volume du récipient est $0,45 \text{ m}^3$.

(c) Calculez l'augmentation de température.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

On laisse ce gaz se dilater adiabatiquement jusqu'à doubler son volume initial. Supposez que le gaz est monoatomique.

(d) Déterminez sa température finale.

[2]

.....

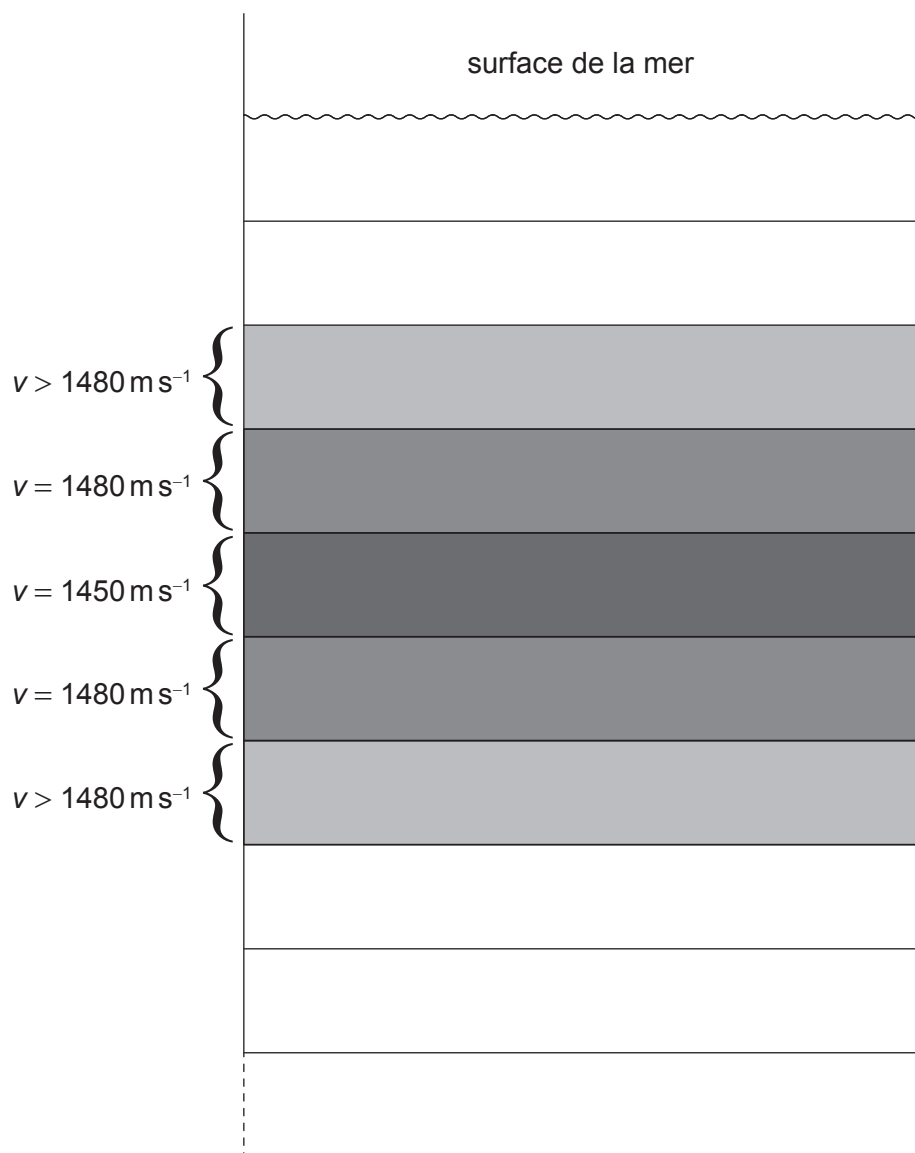
.....

.....

.....



3. En raison de la variation de température et de pression avec la profondeur, la vitesse du son v dans la mer varie de sorte qu'elle atteigne une valeur minimum à une certaine profondeur. On peut modéliser cette variation par des couches à vitesse de son constante décroissante jusqu'à cette profondeur. Les couches au-dessus ou au-dessous de cette couche correspondent à v croissante, comme montré sur le schéma.

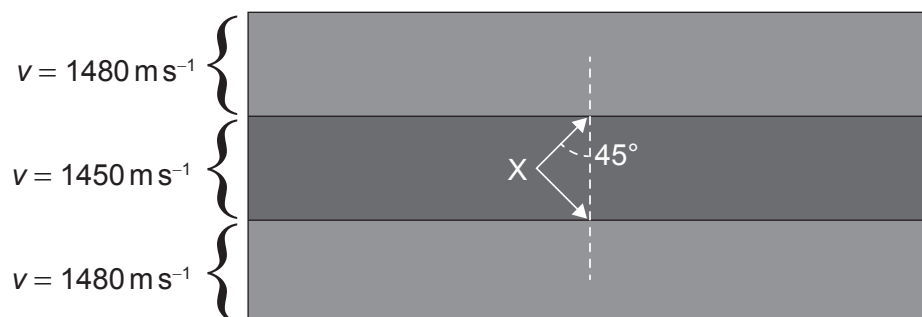


(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 3)

Une source à X, dans la couche de vitesse minimum, émet un son qui est incident à $45,0^\circ$ en un point de la limite avec une couche adjacente, comme montré. La vitesse du son dans la couche de vitesse minimum est 1450 m s^{-1} et la vitesse du son dans la couche adjacente est 1480 m s^{-1} . Le son est réfracté au point d'incidence.



(a) Calculez l'angle de réfraction.

[2]

.....

.....

.....

.....

(b) Déterminez l'angle critique pour le son émis en X.

[1]

.....

.....

(c) Décrivez le trajet du son émis en X.

[3]

.....

.....

.....

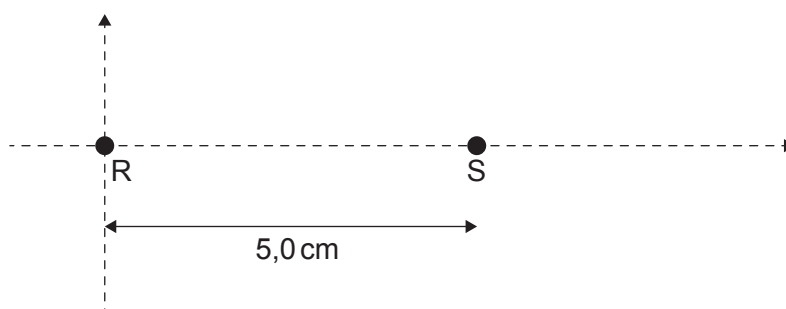
.....

.....

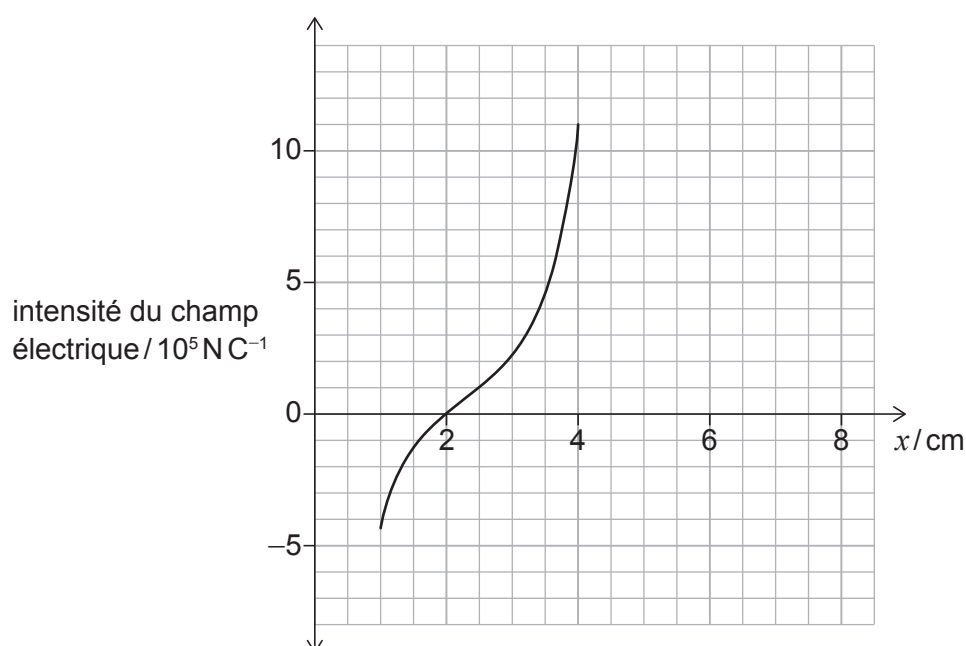
.....



4. Deux charges électriques ponctuelles, R et S, sont à 5,0 cm l'une de l'autre.



Le graphique montre la variation de l'intensité du champ électrique résultant due aux deux charges le long de la ligne qui les relie, dans l'intervalle $1,0 \text{ cm} \leq x \leq 4,0 \text{ cm}$, où x représente la position horizontale par rapport à l'origine prise à la charge R.



- (a) Indiquez la définition de l'intensité du champ électrique en un point.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 4)

(b) Identifiez le signe de chaque charge.

[1]

.....
.....

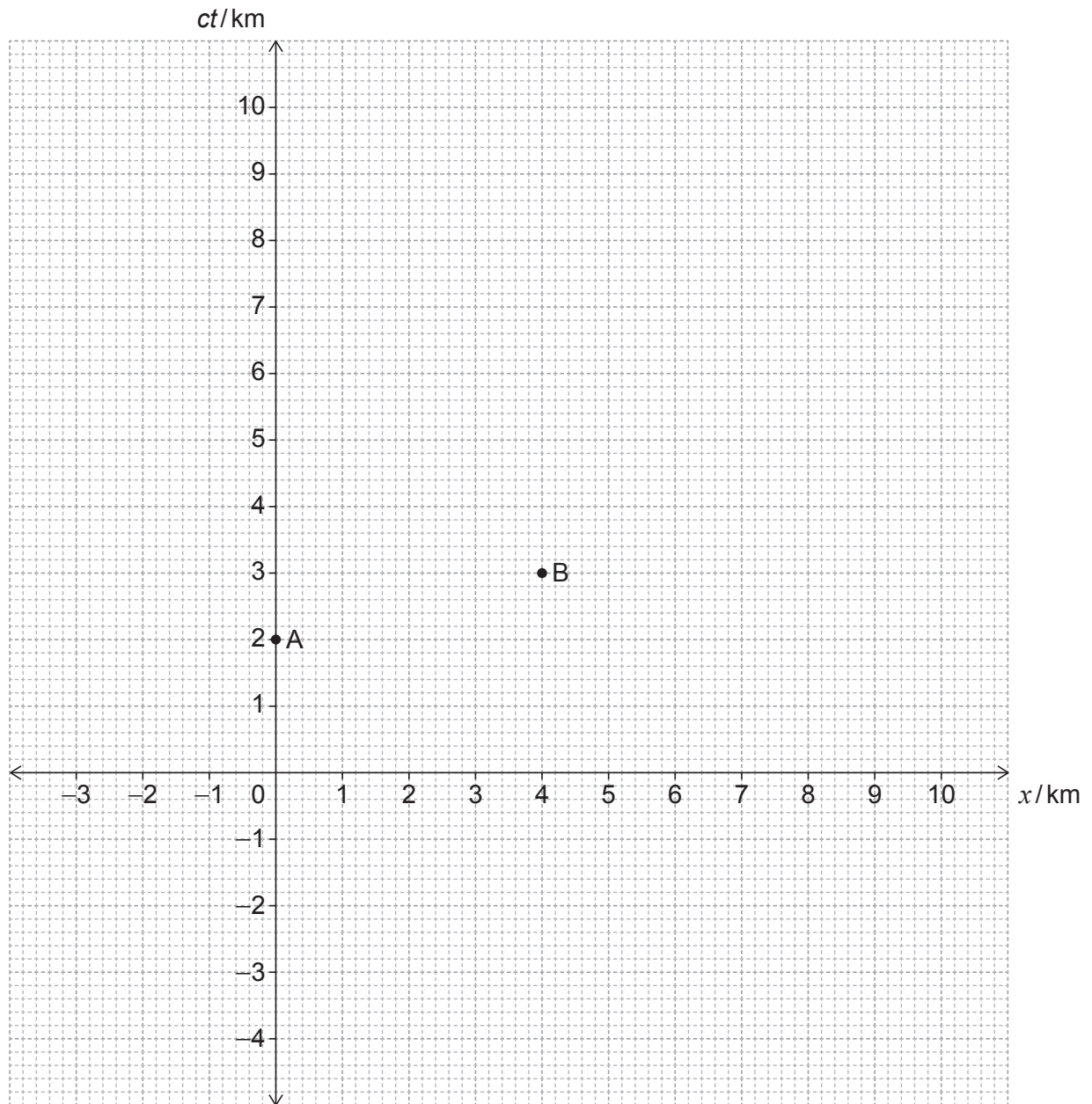
(c) Montrez que le rapport entre les amplitudes des charges est environ 2.

[2]

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



5. Des événements A et B sont montrés dans un diagramme espace-temps dans un système de référence F. Les événements A et B sont à 4 km l'un de l'autre, comme mesuré dans F.



- (a) Définissez la longueur propre.

[1]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 5)

(b) Calculez l'intervalle espace-temps entre les événements A et B.

[1]

.....
.....

Un observateur O s'éloigne de F à une vitesse v . Les événements A et B sont simultanés pour O.

(c) Déterminez v .

[2]

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

(d) Calculez la distance entre A et B telle que mesurée par O.

[2]

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



6. Un proton est accéléré depuis l'état de repos sous une différence de potentiel $V = 1,2 \text{ kV}$.

(a) Montrez que la vitesse v de ce proton est environ $5 \times 10^5 \text{ ms}^{-1}$.

[2]

.....

.....

.....

.....

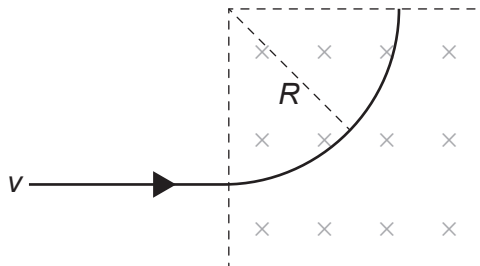
(b) Expliquez pourquoi les effets relativistes sont négligeables.

[1]

.....

.....

Le proton pénètre dans une région de champ magnétique $B = 0,14 \text{ T}$ perpendiculaire à v et dirigé dans la page de telle sorte que le proton suit une trajectoire courbe de rayon R , comme montré.



(c) Calculez R .

[2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 6)

Lorsqu'un échantillon d'hydrogène gazeux ionisé est accéléré et pénètre dans une région de champ magnétique, il présente des rayons de courbure multiples.

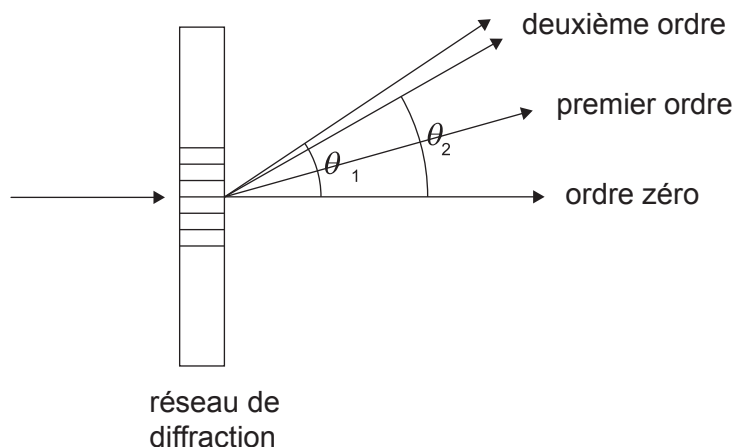
(d) Expliquez en quoi cela justifie l'existence d'isotopes.

[1]

.....

Les isotopes produisent des longueurs d'onde légèrement différentes dans leurs spectres d'émission.

On observe le spectre d'émission de l'hydrogène en utilisant un réseau de diffraction avec $5200 \text{ lignes cm}^{-1}$. La même transition électronique dans deux isotopes de l'hydrogène produit des longueurs d'onde de $656,478 \text{ nm}$ et de $656,296 \text{ nm}$. On observe ces lignes de deuxième ordre formant des angles θ_1 et θ_2 avec $\theta_1 > \theta_2$.



(e) Déterminez θ_1 .

[2]

.....



7. On utilise la désintégration radioactive du rubidium $^{87}_{37}\text{Rb}$ en strontium $^{87}_{38}\text{Sr}$ pour dater les roches. Les roches ne contiennent pas de strontium lorsqu'elles sont formées.

(a) Identifiez le type de désintégration.

[1]

.....
.....

(b) Expliquez pourquoi le spectre d'énergie de ce type de désintégration a amené les scientifiques à postuler l'existence du neutrino.

[2]

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

On analyse un échantillon de roche. Celui-ci s'avère contenir 2,232 mg de rubidium 87 et 0,028 mg de strontium 87. La constante de désintégration λ pour cette désintégration est $4,50 \times 10^{-19} \text{ s}^{-1}$.

(c) Déterminez, en années, l'âge de cette roche.

[3]

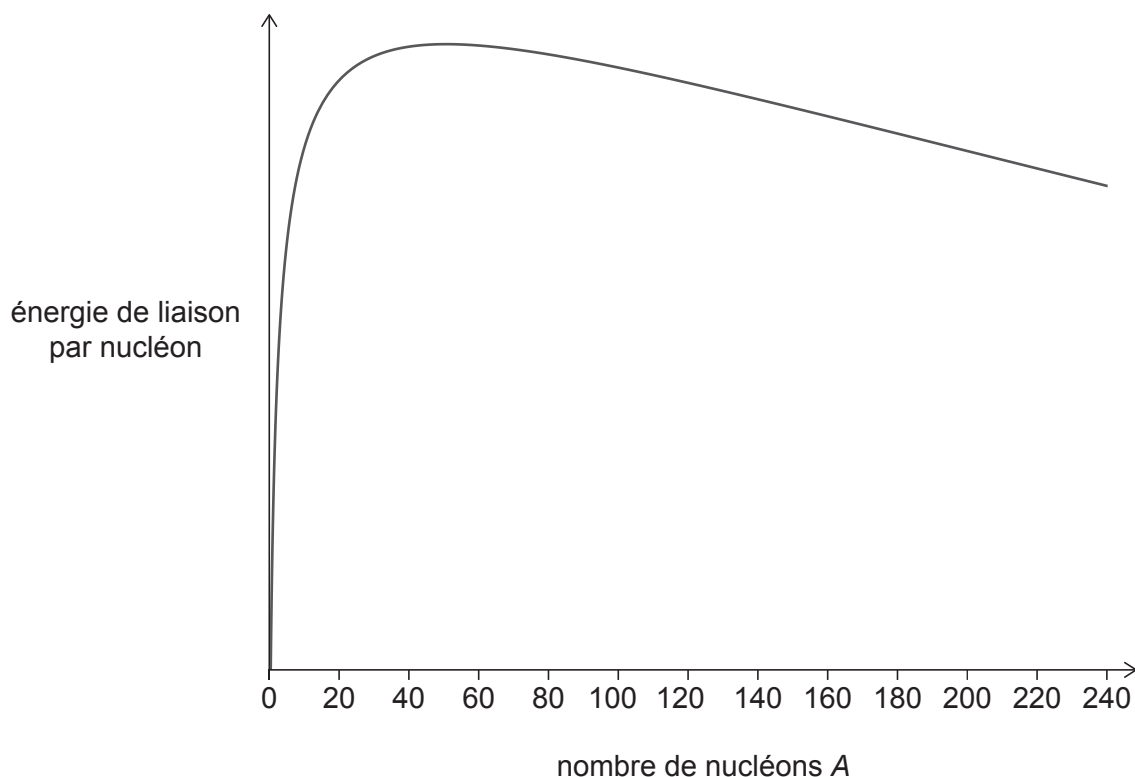
.....
.....
.....
.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 7)

- (d) Le graphique montre la variation de l'énergie de liaison par nucléon, avec le nombre de nucléons, pour les éléments du tableau périodique.



- (i) Une caractéristique de ce graphique justifie la prédiction de la courte portée de la forte force nucléaire.

Identifiez cette caractéristique.

[1]

.....

- (ii) La masse nucléaire du $^{87}_{37}\text{Rb}$ est de $86,89\,u$.

Calculez, en MeV, l'énergie de liaison par nucléon de Rb 87.

[2]

.....



8. Des scientifiques planifient un saut en parachute depuis une hauteur de 39 km au-dessus de la surface de la Terre. Pour atteindre cette altitude, un parachutiste doit être élevé dans une capsule attachée à un ballon rempli d'hélium.



La toile de ce ballon a une superficie de surface de $41\,000\text{ m}^2$ et une épaisseur de $0,021\text{ mm}$. Elle est faite d'un plastique de densité 1600 kg m^{-3} .

- (a) Montrez que la masse du ballon est d'environ 1400 kg.

[1]

.....

On maintient le ballon immobile et on y pompe de l'hélium gazeux à une pression presque atmosphérique $P = 102\text{ kPa}$. On gonfle le ballon jusqu'à un volume de 3700 m^3 . La température ambiante est 15°C . La masse molaire de l'hélium est $4,0\text{ g mol}^{-1}$.

- (b) Montrez que la masse de l'hélium ajouté est environ 600 kg.

[2]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 8)

On relâche le ballon, qui élève la capsule et le parachutiste dans l'air. Le ballon accélère vers le haut à $2,2 \text{ m s}^{-2}$. La densité de l'air à 15°C est $1,2 \text{ kg m}^{-3}$.

- (c) Déterminez la masse combinée de la capsule et du parachutiste. Le volume de la capsule est négligeable par rapport au volume du ballon.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 8)

Le ballon arrête de s'élever à une hauteur de 39 km, où la pression et la température extérieures sont 0,35 kPa et -30°C respectivement. Un appareil de chauffage fonctionne à 0,12 kW afin de maintenir l'intérieur de la capsule à une température constante de 15°C .



- (d) (i) Suggérez pourquoi on peut considérer comme négligeables les pertes par conduction de la capsule vers son environnement à 39 km.

[1]

.....

- (ii) La capsule a une superficie de 14 m^2 . Estimez l'émissivité de la capsule. Ne considérez aucun apport de rayonnement thermique dans la capsule.

[2]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 8)

Le parachutiste saute de la capsule lorsqu'elle atteint une hauteur de 39 km.

- (e) (i) Le rayon de la Terre est 6400 km. Montrez que g est environ $9,7 \text{ m s}^{-2}$ à une hauteur de 39 km.

[2]

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

- (ii) On peut considérer la résistance de l'air comme négligeable à partir d'une hauteur de 35 km et plus. Estimez la vitesse du parachutiste à 35 km.

[2]

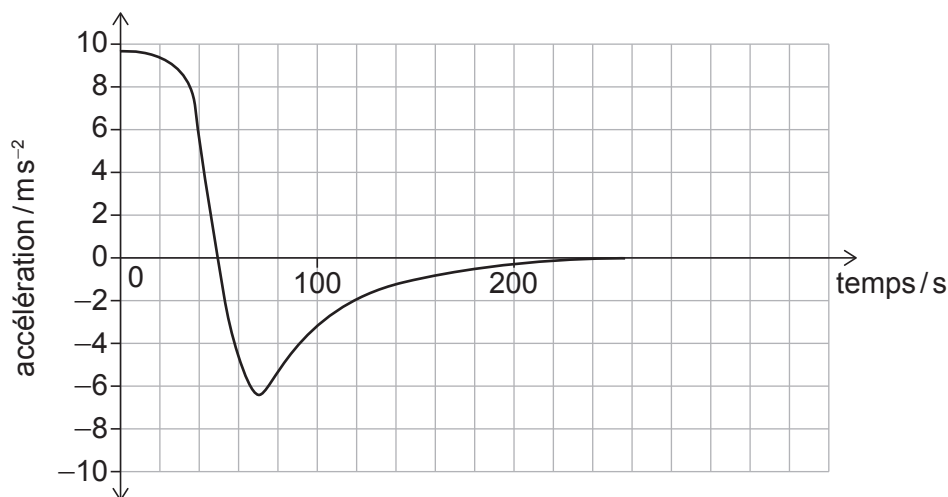
.....
.....
.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 8)

Le graphique montre la variation, en fonction du temps, de l'accélération du parachutiste, du début du saut à l'ouverture du parachute, 260 s plus tard, pour un saut réellement exécuté en 2012.



Ce graphique montre deux aires, une au-dessus et une au-dessous de l'axe du temps.

- (f) (i) Identifiez ce que les aires représentent. [2]

.....

- (ii) Expliquez comment les aires se comparent. [1]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 8)

- (g) Le parachutiste ouvre son parachute 260 secondes après avoir sauté. Décrivez le mouvement ultérieur du parachutiste.

[2]

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

Le saut réel fut suivi par caméras thermiques fonctionnant en utilisant le rayonnement infrarouge.

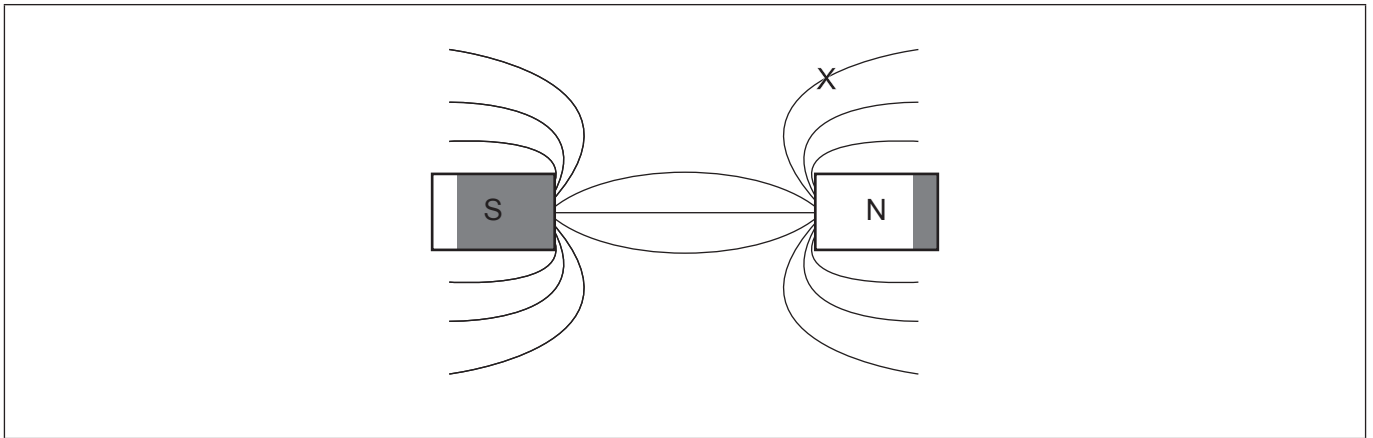
- (h) Identifiez une fréquence possible pour ce rayonnement.

[2]

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



9. Deux aimants droits sont alignés avec leurs pôles opposés se faisant face. Le schéma montre les lignes du champ magnétique produites par les aimants, sans spécifier leur direction. On place un petit aimant en X. Les lignes du champ magnétique initiales sont à peine perturbées.



- (a) Dessinez le petit aimant en X, indiquant son orientation et sa polarité.

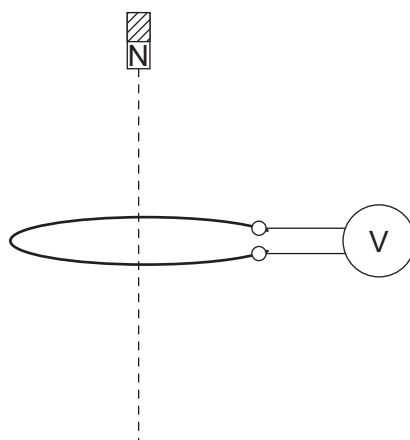
[2]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 9)

Le schéma montre un aimant droit avec son pôle nord dirigé vers le bas. Il est positionné au-dessus d'une boucle conductrice de fil connectée à un voltmètre.



On fait tomber l'aimant à travers la boucle de fil. Le flux magnétique à travers le fil augmente puis diminue.

(b) (i) Donnez la définition du flux magnétique.

[1]

.....

.....

(ii) Expliquez, en vous référant à la loi de Faraday, la lecture du voltmètre tandis que l'aimant s'approche du fil.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page 25)



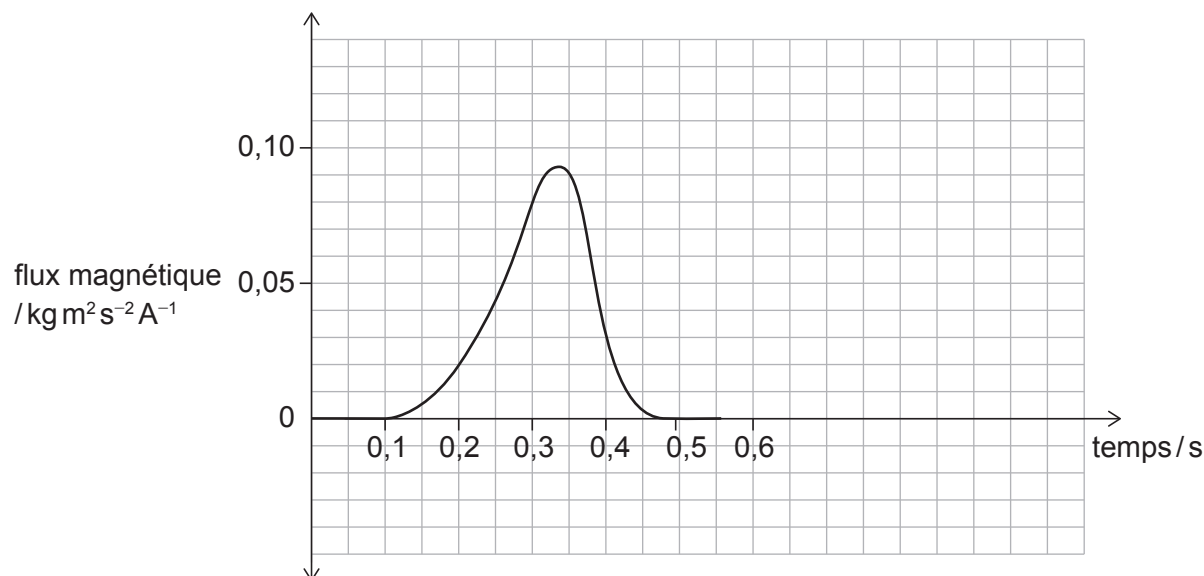
Veillez ne **pas** écrire sur cette page.

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



(Suite de la question 9)

Le graphique montre la variation, en fonction du temps, du flux magnétique à travers le fil.



- (c) (i) En utilisant le graphique, déterminez la valeur maximum de la f.é.m. induite par la chute de l'aimant.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Donnez la direction du courant induit dans le fil quand l'aimant pénètre dans la boucle et quand il sort de la boucle.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



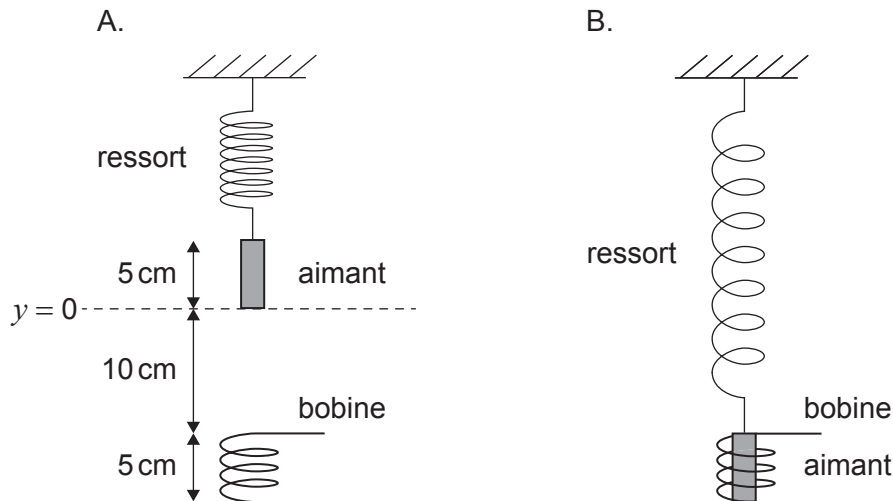
28EP25

Tournez la page

(Suite de la question 9)

On attache alors l'aimant à un ressort de raideur $k = 5,0 \text{ N m}^{-1}$. On remplace le fil par une bobine ouverte. L'aimant et la bobine ont tous les deux 5 cm de long. On déplace l'aimant vers le bas à partir de sa position d'équilibre, montrée sur le schéma A, jusqu'à ce qu'il entre complètement dans la bobine, comme montré sur le schéma B. On le relâche alors et il oscille verticalement sans être amorti.

La position verticale, y , de l'aimant est modélisée par l'équation $y = -0,15 \cos(4\pi t)$, où t est le temps depuis le moment où l'aimant est relâché.



- (d) (i) Calculez la vitesse de l'aimant lorsqu'il est sur le point d'entrer dans la bobine. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Déterminez la masse de l'aimant. [2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 9)

- (iii) On connecte une résistance entre les extrémités de la bobine et les oscillations s'estompent.

Expliquez pourquoi les oscillations de l'aimant s'estompent.

[1]

.....
.....

- (e) Dans les centrales nucléaires, l'énergie utilisée pour produire la puissance d'un générateur vient de réactions de fission. La fission d'un noyau d'uranium 235 libère 200 MeV.

- (i) Calculez la masse minimum d'uranium 235 nécessaire pour faire tourner une centrale de 1 GW pendant un an.

[3]

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

- (ii) Expliquez comment l'énergie libérée par le noyau est récupérée dans une centrale nucléaire.

[2]

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



Avertissement :

Le contenu utilisé dans les évaluations de l'IB est souvent extrait de sources authentiques issues de tierces parties. Les avis qui y sont exprimés appartiennent aux personnes à l'origine de leur création et/ou de leur publication, et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'IB. Parfois, des entreprises, produits ou individus fictionnels sont inclus dans les évaluations. Toute ressemblance avec des entités réelles serait purement fortuite. Toutes les marques commerciales™ ou déposées® incluses sont utilisées à des fins d'illustration uniquement, et leur utilisation n'implique aucune affiliation avec le Baccalauréat International ni aucune promotion de sa part.



28EP28