

© International Baccalaureate Organization 2023

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 2023

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, 2023

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 3

2 mai 2023

Zone A après-midi | Zone B matin | Zone C matin

Numéro de session du candidat

1 heure 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).
- 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 **[45 points]**.

Section A	Questions
Répondez à toutes les questions.	1 – 2

Section B	Questions
Répondez à toutes les questions d'une des options.	
Option A — Relativité	3 – 7
Option B — Physique de l'ingénieur	8 – 11
Option C — Imagerie	12 – 15
Option D — Astrophysique	16 – 20



Section A

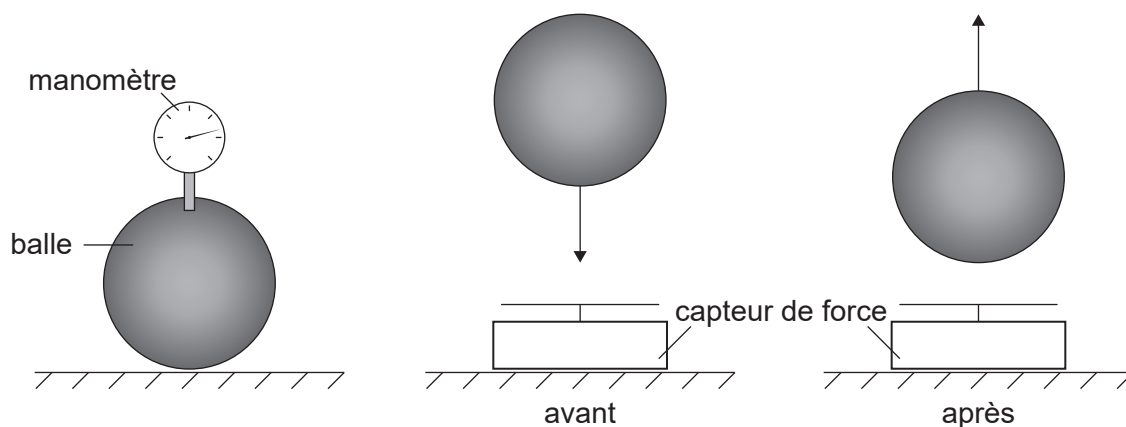
Répondez à **toutes** les questions. Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.

- Un élève étudie le rapport entre la pression dans une balle et la force maximum que cette balle produit lorsqu'elle rebondit.

Un manomètre mesure une différence Δp entre la pression atmosphérique et la pression dans la balle. Un capteur de force mesure la force maximum F_{\max} exercée sur lui par la balle pendant le rebondissement.

mesure de la pression manométrique

mesure de la force maximum



- Exprimez **une** variable qui a besoin d'être commandée pendant cette recherche.

[1]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 1)

L'élève recueille les données suivantes.

Pression manométrique Δp / kPa	Force maximum F_{\max} / N
10	108
20	133
30	158
40	170
50	188
60	192
70	206
80	220

L'élève émet initialement l'hypothèse que F_{\max} est proportionnelle à Δp .

- (b) Déduisez, en utilisant **deux** points de données appropriés dans le tableau ci-dessus, que l'hypothèse initiale de l'élève n'est pas soutenue.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

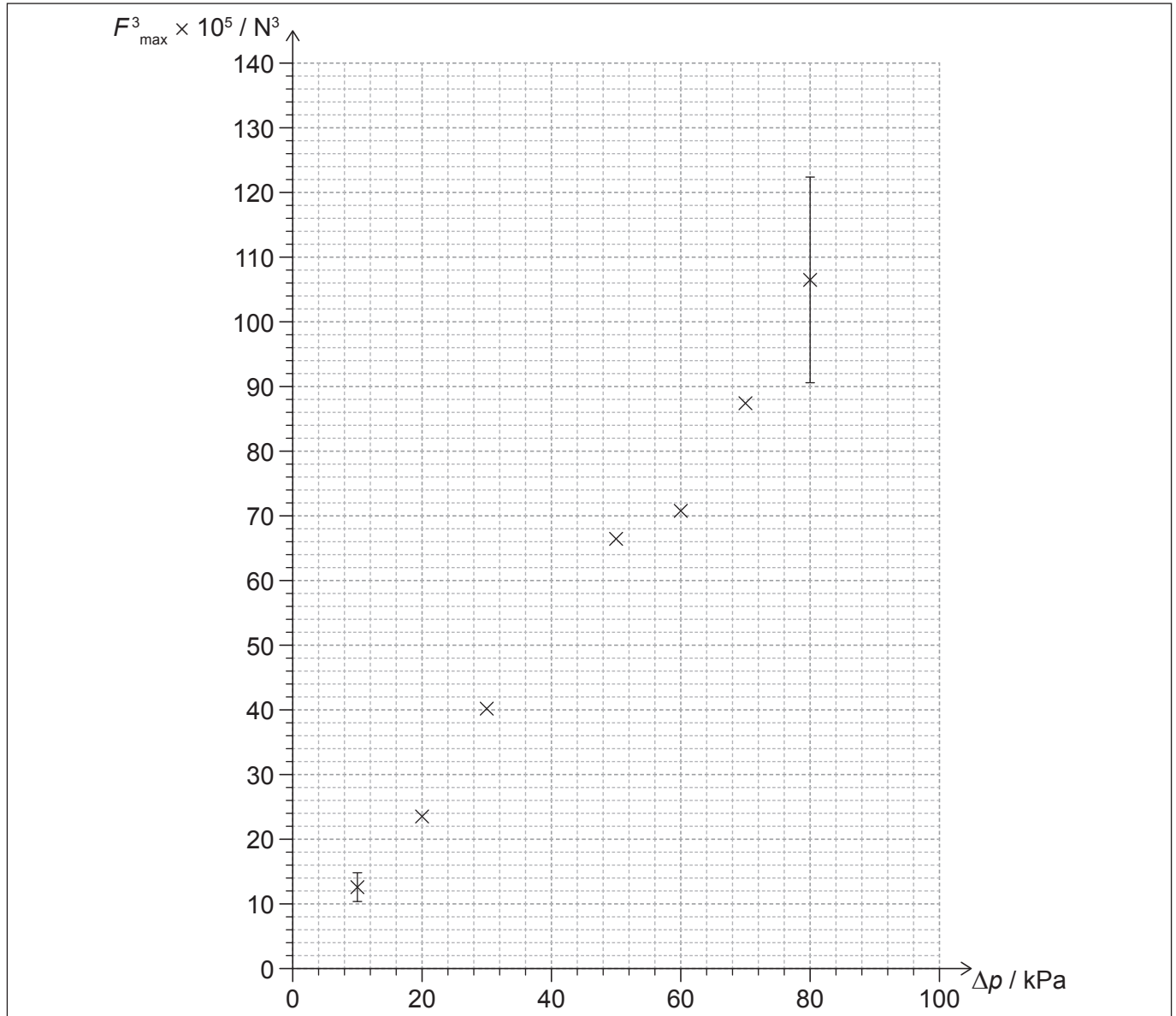
(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 1)

L'élève propose alors que $F_{\max}^3 = k\Delta p$.

L'élève trace alors sur un graphique la variation de F_{\max}^3 en fonction de Δp .



(c) (i) Exprimez l'unité pour k .

[1]

.....

(ii) Tracez sur le graphique la position du point manquant pour la valeur Δp de 40 kPa. [1]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question 1)

Le pourcentage d'incertitude dans F_{\max} est $\pm 5\%$. Les barres d'erreur F_{\max}^3 lorsque $\Delta p = 10 \text{ kPa}$ et $\Delta p = 80 \text{ kPa}$ sont montrées.

- (d) (i) Calculez l'incertitude absolue dans F_{\max}^3 lorsque $\Delta p = 30 \text{ kPa}$. Exprimez un nombre approprié de chiffres significatifs dans votre réponse. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Tracez l'incertitude absolue déterminée dans la question (d)(i) comme une barre d'erreur sur le graphique. [1]

- (iii) Expliquez pourquoi la nouvelle hypothèse est soutenue. [1]

.....

.....

.....

.....



2. Un élève exécute une expérience pour déterminer la chaleur massique d'un cube en métal. Ce cube est chauffé dans un bécher d'eau bouillante jusqu'à une température de 100°C puis il est vite transféré dans un récipient isolé d'une capacité thermique négligeable. Ce récipient contient de l'eau à 20°C de une chaleur massique connue.

(a) Exprimez une autre mesure que l'élève devra prendre.

[1]

.....
.....

(b) Suggérez une modification que l'élève peut faire pour réduire l'incertitude relative pour le changement de température du cube en métal.

[1]

.....
.....

(c) De l'eau venant du bécher est transférée accidentellement avec le cube.

Discutez comment cela affectera la valeur de la chaleur massique calculée du cube.

[2]

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

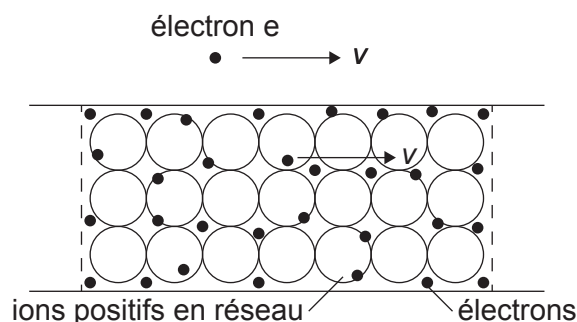


Section B

Répondez à **toutes** les questions d'**une** des options. Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.

Option A — Relativité

3. Un fil transporte un courant électrique. Un électron mobile e se déplace avec la vitesse de dérive v des électrons dans le fil. L'observateur O est au repos par rapport au fil.



- (a) Exprimez ce qu'on entend par système de référence. [1]

.....

- (b) Exprimez et expliquez la nature de la force électromagnétique agissant sur un électron e dans le système de référence de

- (i) l'observateur O . [2]

.....

- (ii) l'électron e . [2]

.....

(L'option A continue sur la page suivante)

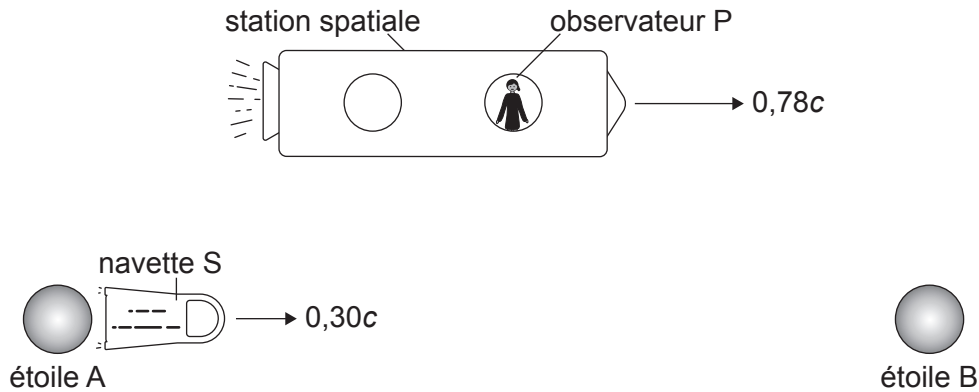


44EP07

Tournez la page

(Suite de l'option A)

4. Une étoile A et une étoile B sont séparées par une distance fixe de 4,8 années-lumière telle que mesurée dans le système de référence dans lequel elles sont immobiles. Un observateur P au repos dans une station spatiale se déplace vers la droite avec une vitesse de $0,78c$ par rapport aux étoiles. Une navette S se déplace de l'étoile A vers l'étoile B à une vitesse de $0,30c$ par rapport aux étoiles.



- (a) Exprimez la valeur de la distance maximum entre les étoiles qui peut être mesurée dans n'importe quel système de référence.

[1]

.....

- (b) Écrivez la vitesse de la navette S par rapport à l'observateur P en utilisant la relativité galiléenne.

[1]

.....

- (c) Calculez la distance entre l'étoile A et l'étoile B par rapport à l'observateur P.

[2]

.....

(L'option A continue sur la page suivante)



(Option A, suite de la question 4)

- (d) Montrez que la vitesse de la navette S par rapport à l'observateur P est environ $0,6c$. [2]

.....

.....

.....

.....

- (e) Calculez le temps, selon l'observateur P, que prend la navette S pour se déplacer de l'étoile A jusqu'à l'étoile B. [2]

.....

.....

.....

.....

- (f) Identifiez et expliquez le système de référence dans lequel le temps propre pour que la navette S se déplace de l'étoile A jusqu'à l'étoile B peut être mesuré. [2]

.....

.....

.....

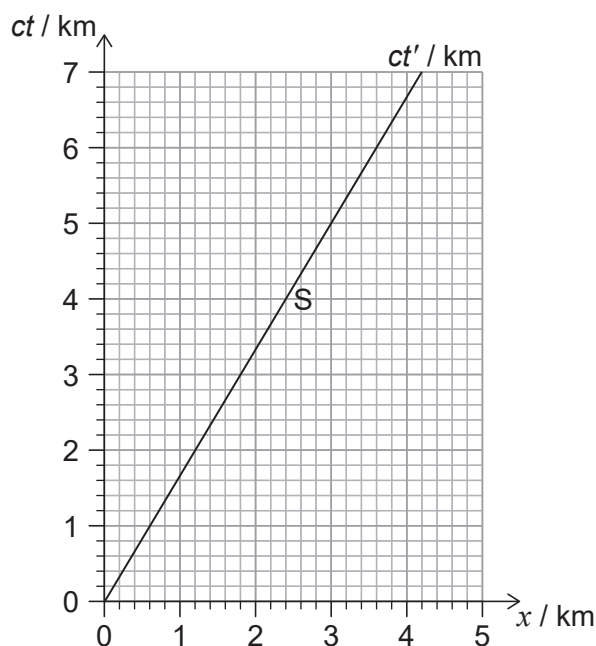
.....

(L'option A continue sur la page suivante)



(Suite de l'option A)

5. Le diagramme d'espace-temps montre le système de référence de la Terre avec la ligne d'univers d'un vaisseau spatial S s'écartant de la Terre. $ct' = 0$ lorsque $ct = 0$.



- (a) Déterminez la vitesse du vaisseau spatial par rapport à la Terre.

[1]

.....

Un éclair de lumière envoyé par un observateur sur la Terre à $ct = 2,0 \text{ km}$ est dirigé vers le vaisseau spatial.

- (b) Estimez, en utilisant le diagramme espace-temps, le temps en secondes lorsque l'éclair de lumière atteint le vaisseau spatial selon l'observateur sur la Terre.

[2]

.....

(L'option A continue sur la page suivante)



(Option A, suite de la question 5)

- (c) Déterminez la coordonnée temporelle ct' lorsque l'éclair de lumière atteint le vaisseau spatial, selon un observateur au repos dans le vaisseau spatial.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(L'option A continue sur la page 13)



44EP11

Tournez la page

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

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



(Suite de l'option A)

6. Dans le système de référence d'un laboratoire, un kaon se désintègre spontanément en un pion positif et un pion négatif qui se déplacent alors dans des directions opposées.

$$K^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$$

La masse au repos des deux pions est 140 MeV c^{-2} . Le π^+ a une quantité de mouvement d'une grandeur de 340 MeV c^{-1} et le π^- a une quantité de mouvement d'une grandeur de 113 MeV c^{-1} .

- (a) Exprimez la grandeur de la quantité de mouvement du K^0 l'instant avant sa désintégration. [1]

.....

- (b) Montrez que l'énergie du π^+ est environ 370 MeV . [1]

.....

- (c) Calculez l'énergie au repos du K^0 . [3]

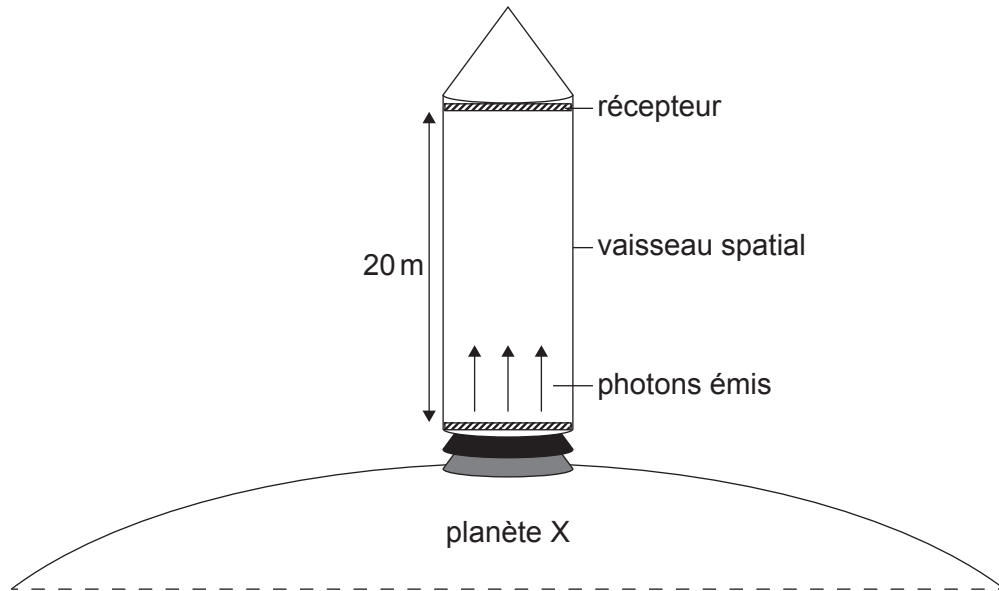
.....

(L'option A continue sur la page suivante)



(Suite de l'option A)

7. Un vaisseau spatial est au repos sur la surface d'une planète X qui ne tourne pas. Ce vaisseau spatial contient une chambre d'une hauteur de 20 m. Des photons sont émis avec une fréquence de $3,2 \times 10^{10}$ Hz et ils se déplacent depuis le sol de la chambre jusqu'au plafond de la chambre. Un récepteur sur le plafond détecte la fréquence des photons.



- (a) Expliquez pourquoi la fréquence des photons détectés au plafond est plus basse que la fréquence de ceux émis depuis le sol.

[1]

.....

.....

- (b) Le changement de fréquence détecté au plafond par rapport à celle au sol a été mesuré comme étant $1,2 \times 10^{-4}$ Hz. Déduisez l'intensité du champ gravitationnel de la planète X.

[2]

.....

.....

.....

.....

(L'option A continue sur la page suivante)



(Option A, suite de la question 7)

- (c) Le vaisseau spatial est lancé et accélère verticalement. Expliquez, en référence au principe d'équivalence, pourquoi la grandeur du changement de fréquence observé dans les photons émis du sol au plafond du vaisseau spatial augmentera pendant son lancement.

[2]

.....

.....

.....

.....

Fin de l'option A



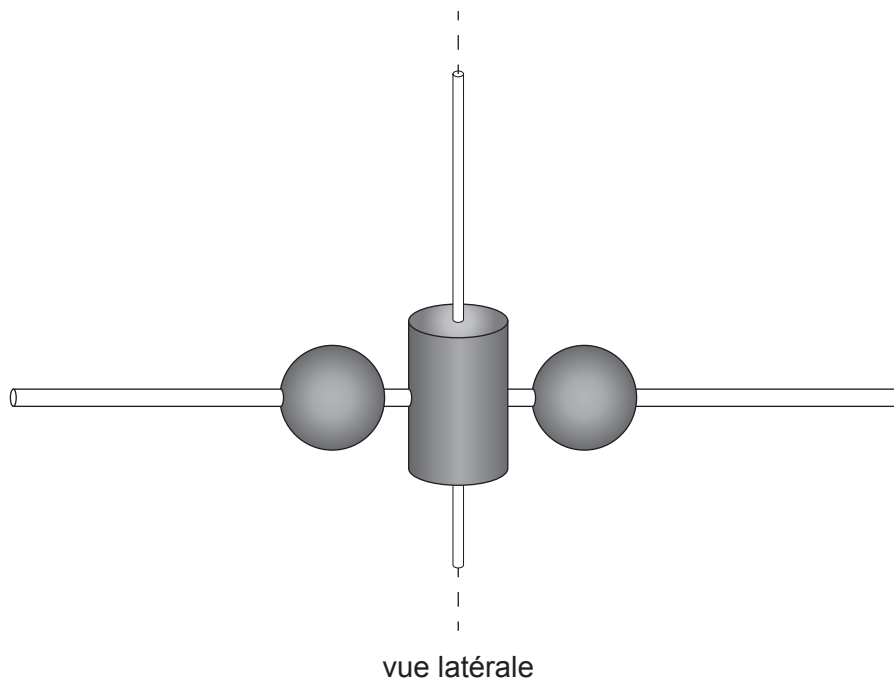
44EP15

Tournez la page

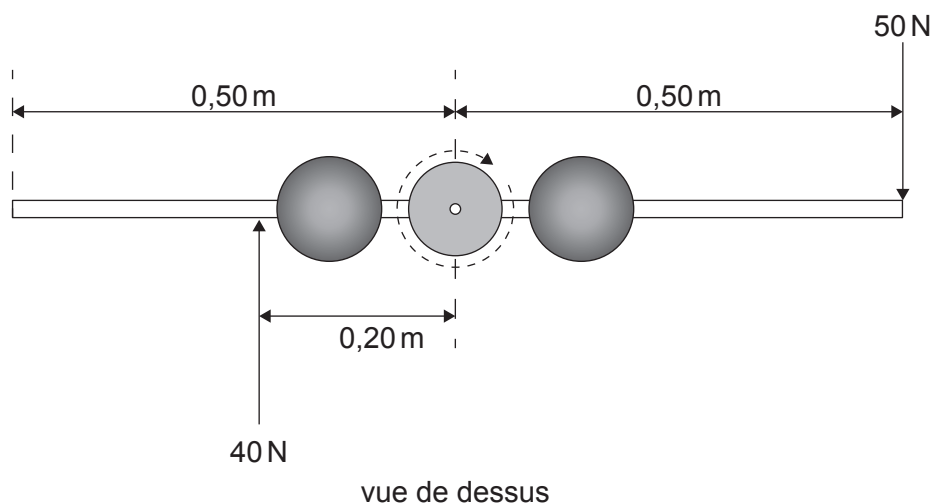
Option B — Physique de l'ingénieur

8. Un élève fabrique un modèle d'une danseuse qui tourne en utilisant un système qui consiste en un cylindre vertical, une tige horizontale et deux sphères.

Le cylindre tourne depuis l'état de repos autour de l'axe vertical central. Une tige passe à travers le cylindre avec une sphère de chaque côté du cylindre. Chaque sphère peut se déplacer le long de la tige. Initialement, les sphères sont proches du cylindre.



Une force horizontale de 50 N est appliquée perpendiculairement à la tige à une distance de 0,50 m de l'axe central. Une autre force horizontale de 40 N est appliquée dans la direction opposée à une distance de 0,20 m de l'axe central. La résistance de l'air est négligeable.



(L'option B continue sur la page suivante)



(Option B, suite de la question 8)

- (a) Montrez que le couple net sur le système autour de l'axe central est environ 30 N.m. [1]

.....
.....

- (b) Le système tourne depuis l'état de repos et atteint une vitesse angulaire maximum de 20 rad s^{-1} dans un temps de 5,0 s. Calculez l'accélération angulaire de ce système. [1]

.....
.....

- (c) Déterminez le moment d'inertie du système autour de l'axe central. [2]

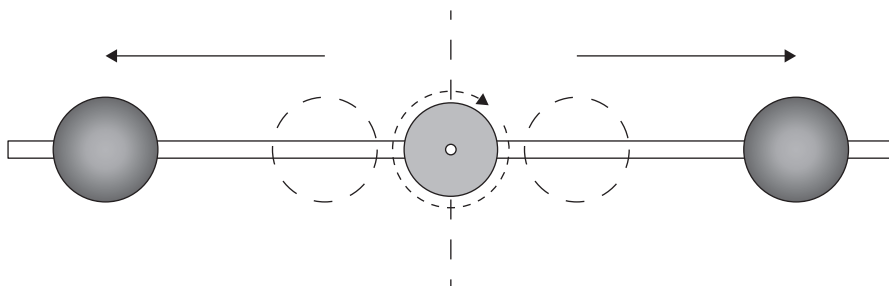
.....
.....
.....
.....

(L'option B continue sur la page suivante)



(Option B, suite de la question 8)

- (d) Lorsque le système a atteint sa vitesse angulaire maximum, les deux forces sont enlevées. Les sphères se déplacent alors vers l'extérieur, s'écartant de l'axe central.



- (i) Résumez pourquoi la vitesse angulaire ω diminue lorsque les sphères se déplacent vers l'extérieur.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Montrez que l'énergie cinétique de rotation est $\frac{1}{2}L\omega$, L étant le moment cinétique du système.

[1]

.....

.....

- (iii) Lorsque les sphères se déplacent vers l'extérieur, la vitesse angulaire diminue de 20 rad s^{-1} à 12 rad s^{-1} . Calculez le changement en pourcentage dans l'énergie cinétique de rotation qui se produit lorsque les sphères se déplacent vers l'extérieur. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(L'option B continue sur la page suivante)



(Option B, suite de la question 8)

(e) Résumez une raison pour laquelle ce modèle d'une danseuse est irréaliste.

[1]

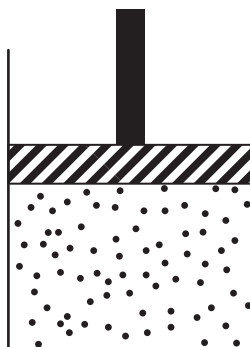
.....
.....

(L'option B continue sur la page suivante)



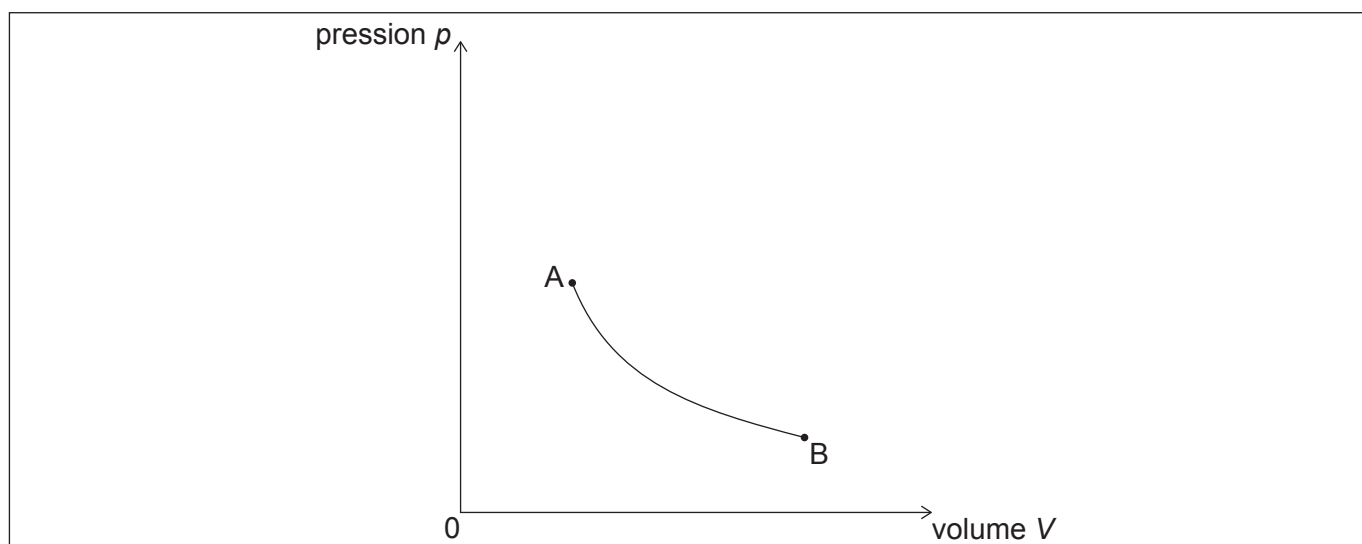
(Suite de l'option B)

9. Un piston sans frottement emprisonne une masse fixe d'un gaz parfait. Ce gaz subit trois transformations thermodynamiques dans un cycle.



Les conditions initiales de ce gaz en A sont :

volume = $0,330 \text{ m}^3$
pression = 129 kPa
température = $27,0^\circ\text{C}$



La transformation AB est un changement isothermique, comme le montre le diagramme pression/volume (pV), dans lequel le gaz se dilate jusqu'à trois son volume initial.

- (a) Calculez la pression du gaz en B.

[2]

.....

.....

.....

.....

(L'option B continue sur la page suivante)



(Option B, suite de la question 9)

Le gaz subit alors une compression adiabatique BC jusqu'à ce qu'il retourne au volume initial. Pour compléter le cycle, le gaz retourne à A via la transformation isovolumétrique CA.

- (b) Représentez, sur le diagramme pV , les deux transformations restantes BC et CA que le gaz subit. [2]

- (c) Montrez que la température du gaz en C est environ 350°C . [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (d) Expliquez pourquoi le changement d'entropie pour le gaz pendant la transformation BC est égal à zéro. [1]

.....

.....

- (e) Expliquez pourquoi le travail effectué par le gaz pendant la détente isothermique AB est moins que le travail effectué sur le gaz pendant la compression adiabatique BC. [1]

.....

.....

- (f) La quantité de gaz emprisonné est $53,2\text{ mol}$. Calculez l'énergie thermique enlevée du gaz pendant la transformation CA. [2]

.....

.....

.....

.....

(L'option B continue sur la page suivante)

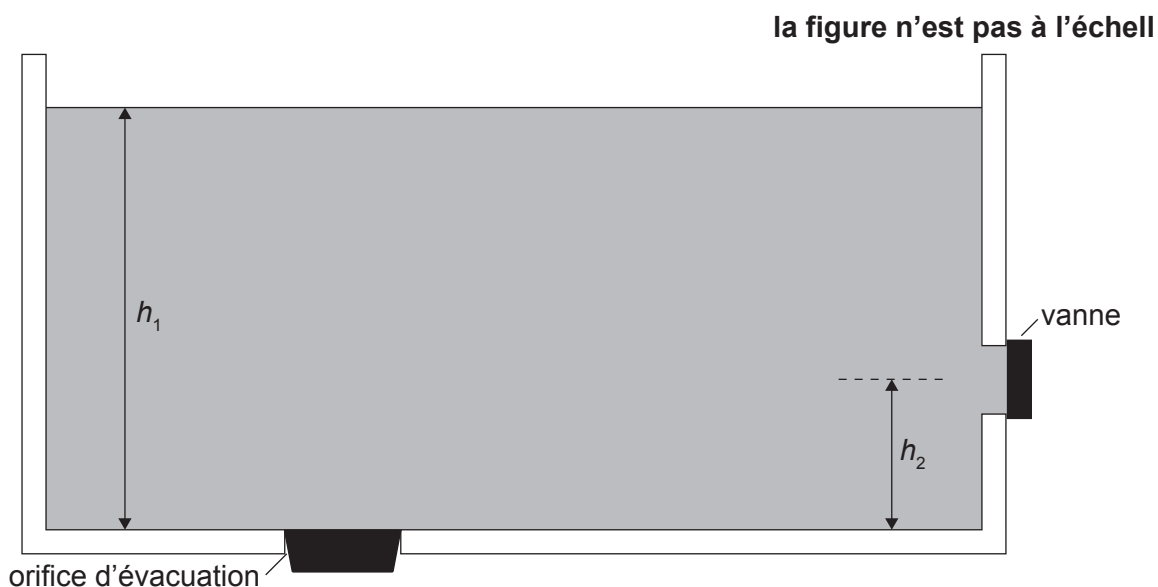


44EP21

Tournez la page

(Suite de l'option B)

10. Un grand réservoir est utilisé pour stocker de l'huile d'une densité de 850 kg m^{-3} et il est rempli jusqu'à une hauteur h_1 au-dessus du fond. Une vanne dans la paroi du réservoir permet à de l'huile de s'écouler. Le centre de cette vanne est à une hauteur h_2 par rapport au fond du réservoir. Un orifice d'évacuation circulaire se trouve au fond du réservoir.



L'orifice d'évacuation a un diamètre de 100 mm et un obturateur métallique d'une masse de 2,5 kg est utilisé pour obturer l'orifice d'évacuation.

- (a) Déterminez la force minimum requise pour soulever l'obturateur lorsque $h_1 = 4,0 \text{ m}$. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(L'option B continue sur la page suivante)



(Option B, suite de la question 10)

Avec l'obturateur métallique en place, on ouvre la vanne sur le côté du réservoir pour laisser s'écouler de l'huile.

En utilisant l'équation de Bernoulli, on peut montrer qu'on peut estimer la vitesse v de l'huile s'écoulant à travers la vanne comme $v = \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$.

- (b) Exprimez **deux** suppositions qui ont été utilisées pour obtenir l'expression pour la vitesse v .

[2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Estimez le rayon maximum de la vanne de manière à ce qu'un écoulement turbulent ne se produise pas. Les données suivantes sont fournies :

[2]

Viscosité de l'huile = 0,25 Pa s
 $h_1 = 4,0$ m
 $h_2 = 0,5$ m

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(L'option B continue sur la page 25)



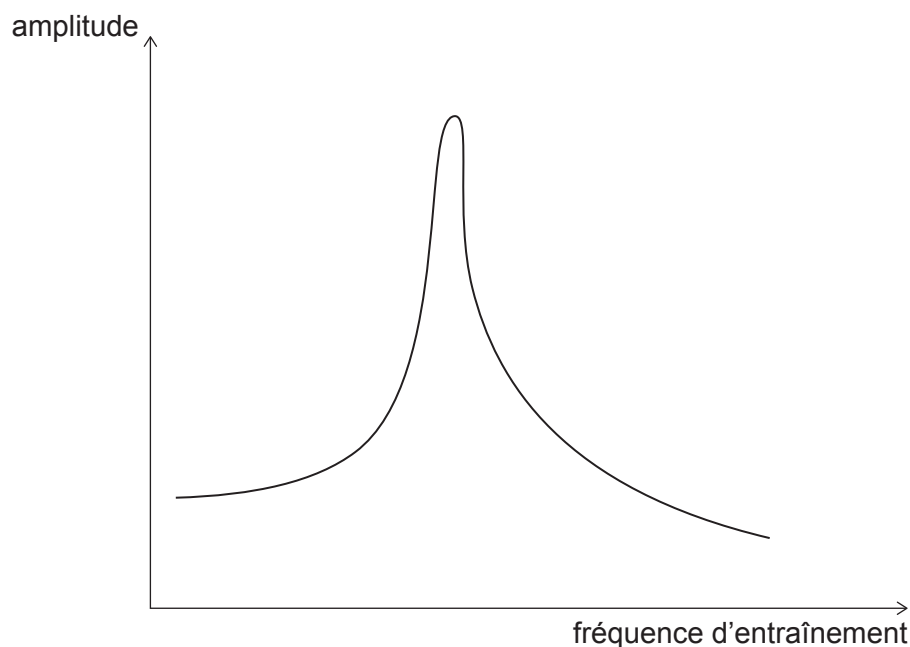
Veillez ne **pas** écrire sur cette page.

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



(Suite de l'option B)

11. Une masse vibrant sur un ressort vertical est entraînée par une force sinusoïdale. Le graphique ci-dessous montre la variation de l'amplitude de vibration en fonction de la fréquence d'entraînement pour la masse. L'amortissement appliqué initialement sur ce système vibrant a un facteur Q de 50.



- (a) On change l'amortissement de manière à ce que le facteur Q soit diminué. Exprimez et expliquez **un** changement apporté au graphique. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) La force d'entraînement est enlevée et le ressort oscille alors librement avec un facteur Q de 30. Calculez la fraction de l'énergie totale qui s'est dissipée après qu'un cycle est terminé. [1]

.....

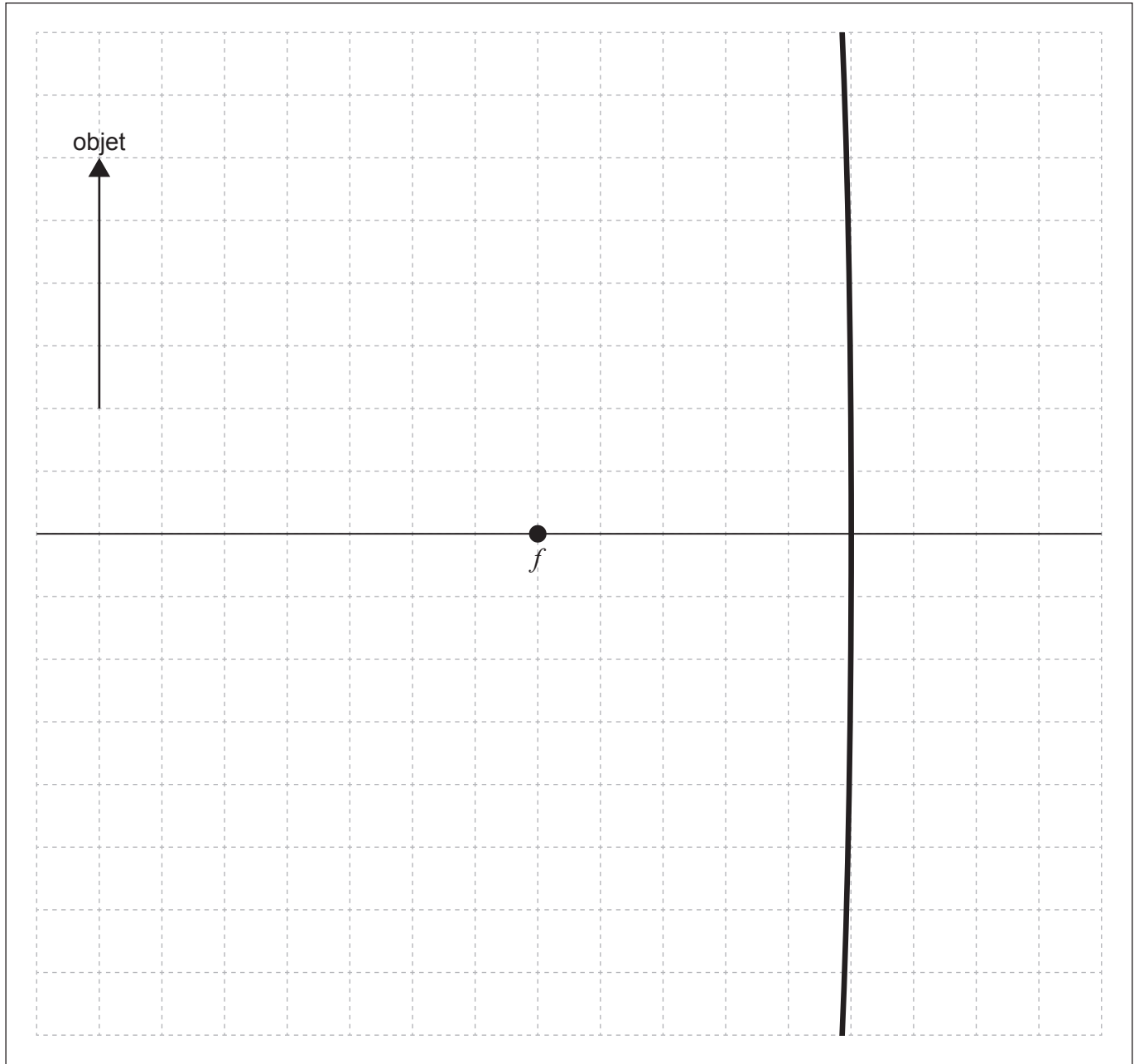
.....

Fin de l'option B



Option C — Imagerie

12. Un objet est placé devant un miroir concave avec le foyer f comme montré.



(a) Construisez un diagramme de rayons pour situer la position de l'image produite.

[2]

(L'option C continue sur la page suivante)



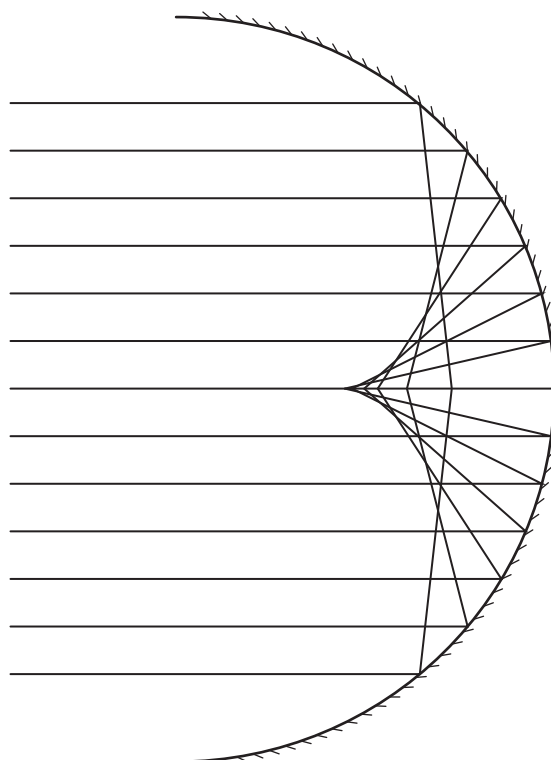
(Option C, suite de la question 12)

(b) Décrivez les caractéristiques de l'image produite.

[1]

.....
.....

(c) Des rayons de lumière parallèles sont incidents sur un miroir sphérique concave comme montré.



Exprimez le problème illustré par le schéma et comment il est corrigé dans les télescopes réflecteurs.

[2]

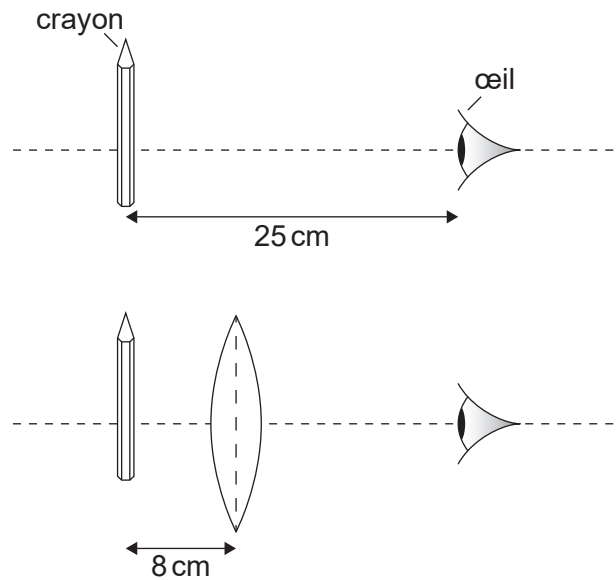
.....
.....
.....
.....

(L'option C continue sur la page suivante)



(Suite de l'option C)

13. L'œil d'un observateur a un punctum proximum de 25 cm. Un crayon est placé au punctum proximum. Une lentille convexe d'une distance focale de 8 cm est alors placée entre le crayon et l'observateur comme montré. Le crayon est positionné au foyer de la lentille.

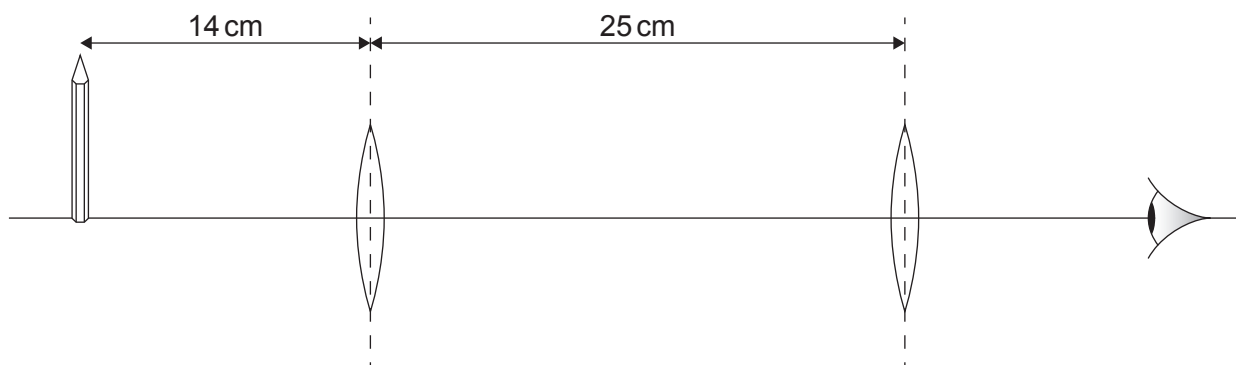


- (a) Déterminez le grossissement angulaire de la lentille lorsque l'image du crayon est vue à l'infini.

[1]

.....

- (b) Un élève augmente le grossissement du crayon en utilisant deux lentilles convexes d'une distance focale de 8 cm placées à 25 cm l'une de l'autre. Le crayon est placé à 14 cm d'une de ces lentilles.



(L'option C continue sur la page suivante)



(Option C, suite de la question 13)

- (i) Montrez que la grandeur du grossissement du crayon produit par la lentille la plus proche du crayon est environ 1,3. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Calculez le grossissement total observé par l'élève en utilisant les deux lentilles comme montré. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) On utilise alors les deux lentilles convexes d'une distance focale de 8 cm pour construire un télescope au réglage normal. Le diamètre des lentilles est beaucoup plus grand que le diamètre de la pupille de l'œil. Exprimez, par comparaison avec l'œil nu,

- (i) **un** avantage de l'utilisation de ce télescope pour des observations astronomiques. [1]

.....

.....

- (ii) **un** désavantage de l'utilisation de ce télescope pour des observations astronomiques. [1]

.....

.....

(L'option C continue sur la page 31)



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

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



(Option C, suite de la question 13)

- (d) Décrivez comment une collaboration internationale peut améliorer la qualité de l'image de radiotélescopes en réseau.

[2]

.....

.....

.....

.....

(L'option C continue sur la page suivante)



44EP31

Tournez la page

(Suite de l'option C)

14. Des signaux dans une fibre optique ont besoin d'une amplification lorsque les niveaux d'intensité dans la fibre sont tombés à 1,5 % du signal d'origine. Un signal lumineux d'une intensité initiale I_0 est envoyé le long de la fibre optique.

- (a) La fibre a une atténuation par unité de longueur de $0,30 \text{ dB km}^{-1}$. Déduisez que la longueur de la fibre est environ 60 km avant que le signal n'ait besoin d'être amplifié. [2]

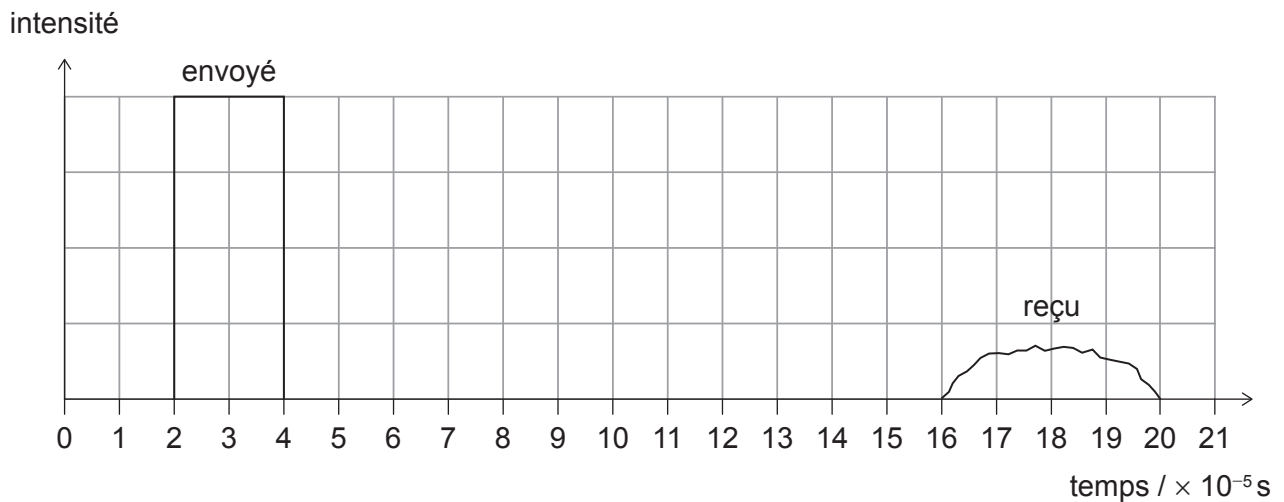
.....

.....

.....

.....

Un signal est envoyé le long d'une fibre à saut d'indice de 27 km et il est reçu conformément au graphique intensité–temps ci-dessous.



- (b) Calculez l'indice de réfraction de la fibre. [2]

.....

.....

.....

.....

(L'option C continue sur la page suivante)



(Option C, suite de la question 14)

- (c) Discutez comment l'utilisation d'une fibre à gradient d'indice pourrait réduire la dispersion de guidage.

[2]

.....

.....

.....

.....

(L'option C continue sur la page suivante)



44EP33

Tournez la page

(Suite de l'option C)

15. Les valeurs des coefficients d'atténuation des rayons X pour un os et un muscle à une énergie de 100 keV sont indiquées.

Coefficient d'atténuation de l'os = $0,348 \text{ cm}^{-1}$
 Coefficient d'atténuation du muscle = $0,173 \text{ cm}^{-1}$

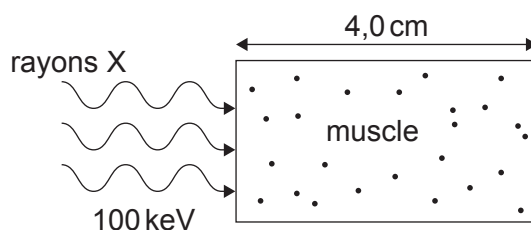
- (a) Montrez que la couche de demi-atténuation de rayons X de 100 keV dans l'os est environ 2 cm.

[1]

.....

.....

Un faisceau de rayons X monochromatiques d'une énergie de 100 keV et d'une intensité I_0 est incident sur un muscle d'une épaisseur de 4,0 cm.



- (b) Calculez, en termes de I_0 , l'intensité du faisceau final qui sort du muscle.

[2]

.....

.....

.....

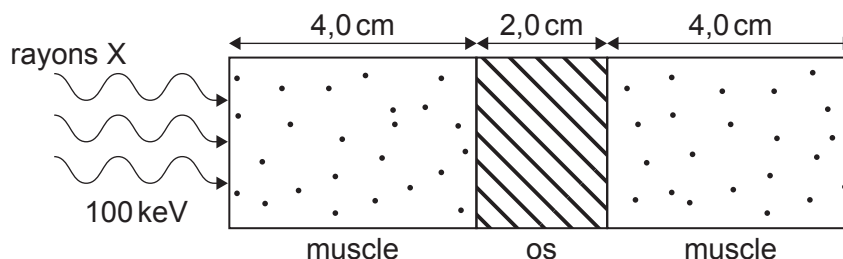
.....

(L'option C continue sur la page suivante)



(Option C, suite de la question 15)

Un faisceau de rayons X d'une énergie de 100 keV et d'une intensité I_0 est dirigé sur une section de la partie supérieure de la jambe qui peut être modélisée en utilisant 4,0 cm de muscle, 2,0 cm d'os, puis 4,0 cm de muscle comme montré.



- (c) Déterminez, en termes de I_0 , l'intensité finale du faisceau qui sort de cette section de la partie supérieure de la jambe. [2]

.....

.....

.....

.....

Des valeurs des coefficients d'atténuation supplémentaires pour l'os et le muscle sont indiquées pour des énergies de rayon X de 1 keV et 10 keV.

Énergie des rayons X / keV	Coefficient d'atténuation de l'os / cm^{-1}	Coefficient d'atténuation du muscle / cm^{-1}
1	7260	3910
10	55,9	56,2

- (d) Comparez, en référence au contraste et à la netteté, les images finales formées lorsque des rayons X de 1 keV ou de 10 keV sont incidents sur la même section muscle–os–muscle de la partie supérieure de la jambe. [2]

.....

.....

.....

.....

(L'option C continue sur la page 37)



44EP35

Tournez la page

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

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



(Option C, suite de la question 15)

(e) D'autres techniques d'imagerie médicale comprennent l'imagerie par ultrasons et l'imagerie par résonance magnétique nucléaire (RMN).

(i) Exprimez **une** différence entre un échogramme de type A et un échogramme de type B dans une imagerie médicale par ultrasons.

[1]

.....
.....

(ii) Expliquez comment des informations de position sont obtenues dans l'imagerie par résonance magnétique nucléaire (RMN).

[2]

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

Fin de l'option C



Option D — Astrophysique

16. (a) Le fantôme de Jupiter est une nébuleuse.

(i) Résumez ce qu'on entend par nébuleuse.

[1]

.....

.....

(ii) Des astrophysiciens ont déduit la nature de cette nébuleuse à partir de la Terre. Résumez comment ils peuvent faire ces déductions.

[1]

.....

.....

(b) L'étoile X et l'étoile Y sont dans notre propre galaxie. Elles semblent bouger par rapport à des étoiles très distantes quand on les regarde depuis la Terre pendant une période de six mois. Les données suivantes sont fournies.

	Angle de parallaxe	Brillance stellaire apparente
Étoile X	0,019 secondes d'arc	$8,4 \times 10^{-9} \text{ W m}^2$
Étoile Y	0,038 secondes d'arc	$3,1 \times 10^{-9} \text{ W m}^2$

(i) Déduisez quelle étoile semblera bouger plus.

[2]

.....

.....

.....

.....

(ii) Calculez, en m, la distance de l'étoile X.

[1]

.....

.....

(L'option D continue sur la page suivante)



(Option D, suite de la question 16)

- (iii) Déterminez le rapport $\frac{\text{luminosité de l'étoile X}}{\text{luminosité de l'étoile Y}}$. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

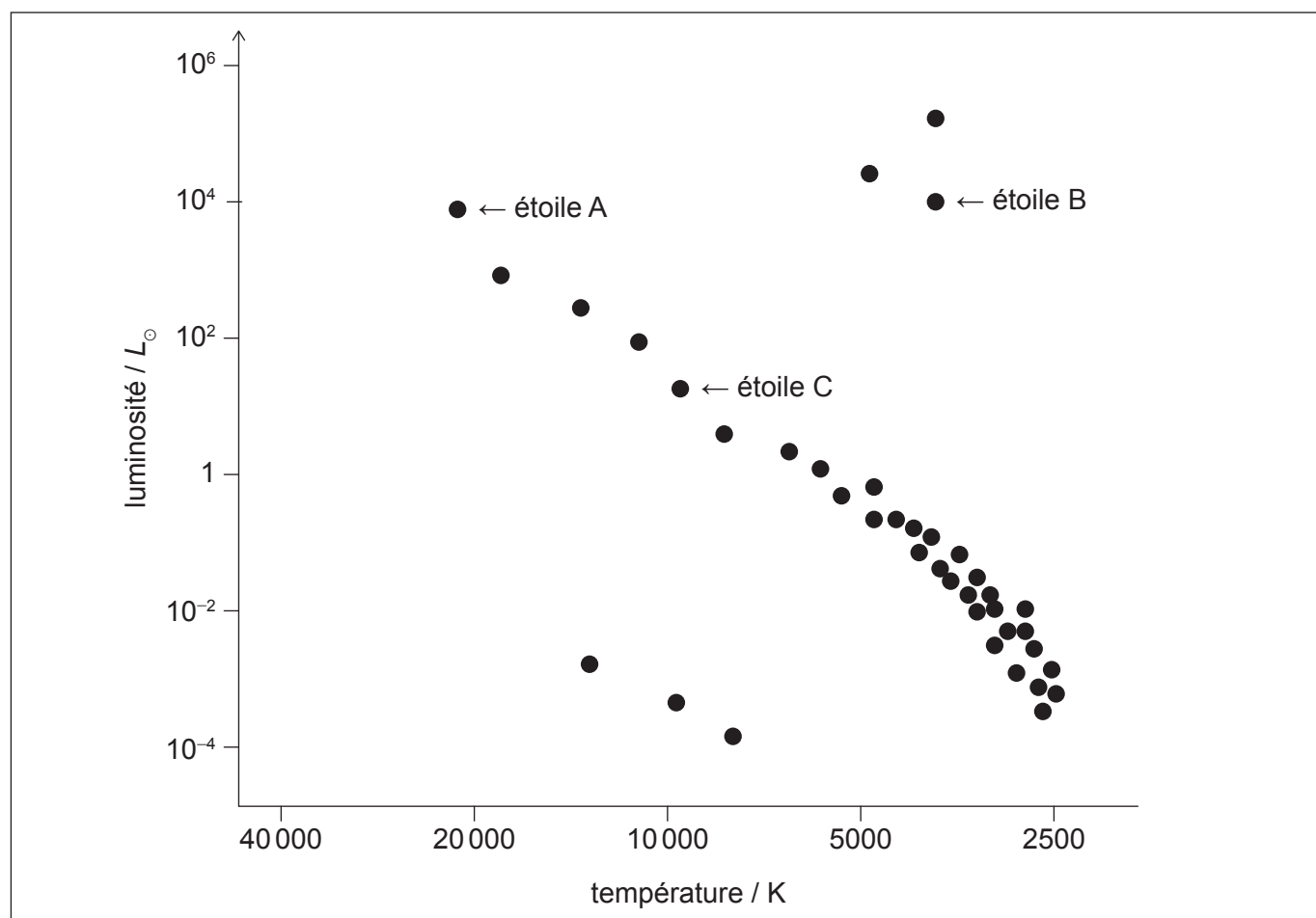
.....

(L'option D continue sur la page suivante)



(Suite de l'option D)

17. Trois étoiles A, B et C sont légendées sur le diagramme de Hertzsprung–Russell (HR). L_{\odot} est la luminosité du soleil.



- (a) Exprimez l'élément principal qui subit une fusion nucléaire dans l'étoile C. [1]

.....

- (b) Expliquez pourquoi l'étoile B a une aire plus grande que l'étoile A. [2]

.....

(L'option D continue sur la page suivante)



(Option D, suite de la question 17)

- (c) Des naines blanches avec des volumes similaires les unes aux autres sont montrées sur le diagramme HR.

Construisez une ligne, sur le diagramme HR, pour montrer les positions possibles d'autres étoiles naines blanches avec des volumes similaires à ceux marqués sur le diagramme HR.

[2]

- (d) Certaines étoiles sur le diagramme HR sont susceptibles d'évoluer en des étoiles à neutrons.

Résumez pourquoi le rayon d'une étoile à neutrons atteint une valeur stable.

[2]

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

(L'option D continue sur la page suivante)



(Suite de l'option D)

18. La galaxie D a un décalage vers le rouge $z = 0,13$.

- (a) Calculez, en Mpc, la distance de D en utilisant une valeur de constante de Hubble de $73 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$.

[2]

.....

- (b) Une valeur de constante de Hubble de $73 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ donne un âge de l'univers comme étant $13,4 \times 10^9$ années lorsqu'on suppose qu'une vitesse d'expansion constante s'est produite.

- (i) Déterminez, en années, l'âge de l'univers lorsque la lumière détectée sur la Terre maintenant a été émise initialement à partir de D.

[3]

.....

- (ii) Des preuves basées sur des observations de supernovae de type Ia affectent le résultat de la question (b)(i). Exprimez la conclusion pertinente faite à partir de ces observations.

[1]

.....

(L'option D continue sur la page suivante)



(Suite de l'option D)

19. (a) Exprimez le critère de Jeans pour l'effondrement de nuages interstellaires. [1]

.....

- (b) Pour une étoile de la séquence principale, l'énergie qu'elle libère pendant le temps total T qu'elle passe sur la séquence principale est proportionnelle à sa masse M .

- (i) Montrez que $T \propto \frac{1}{M^{2.5}}$. [2]

.....

- (ii) Pour le Soleil, $T = 10^{10}$ années. Calculez T pour une étoile 20 fois plus massive que le Soleil. [1]

.....

(L'option D continue sur la page suivante)



(Suite de l'option D)

20. (a) Déterminez la densité critique de l'univers en utilisant une valeur de la constante de Hubble de $73 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$.

[2]

.....

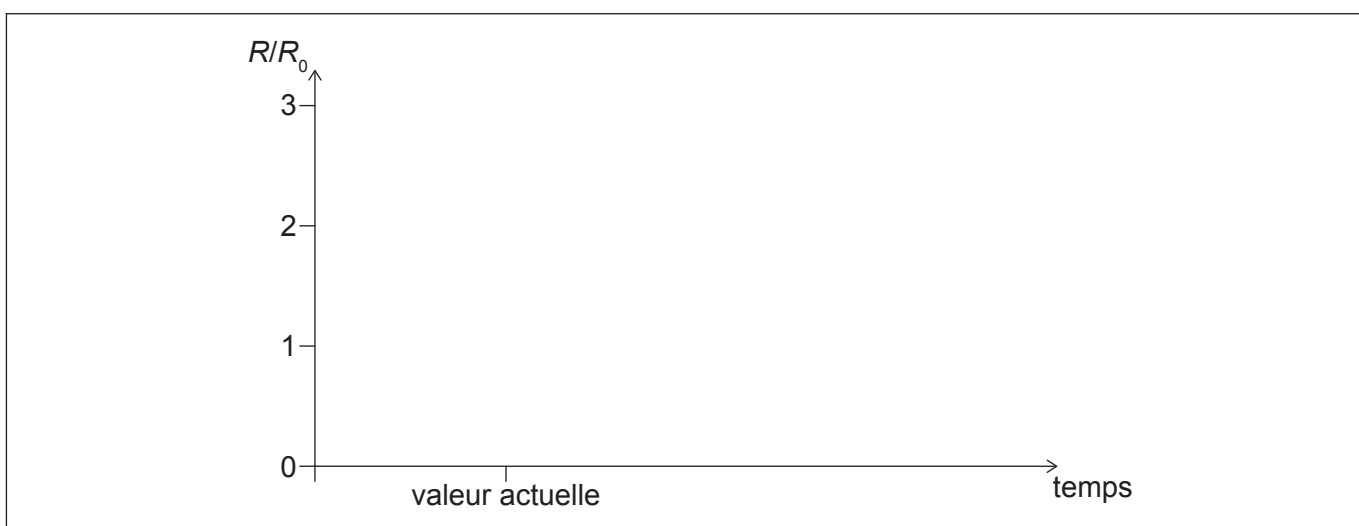
.....

.....

.....

- (b) Représentez, sur les axes montrés, la variation de R/R_0 (le facteur d'échelle cosmique R divisé par sa valeur actuelle R_0) en fonction du temps pour un univers où la densité est plus grande que la densité critique.

[2]



- (c) Expliquez comment la présence d'énergie sombre est susceptible d'affecter la vitesse future de changement de température de l'univers.

[2]

.....

.....

.....

.....

Fin de l'option D

Références :

© Organisation du Baccalauréat International 2023



44EP44