



PHYSIQUE
NIVEAU MOYEN
ÉPREUVE 3

Numéro du candidat

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

Mercredi 5 mai 2004 (matin)

1 heure

INSTRUCTIONS DESTINÉES AUX CANDIDATS

- Écrivez votre numéro de candidat dans les cases ci-dessus.
- N'ouvrez pas cette épreuve avant d'y être autorisé.
- Répondez à toutes les questions de deux des options dans les espaces prévus à cet effet.
- À la fin de l'examen, veuillez indiquer les lettres des options auxquelles vous avez répondu dans la case prévue à cet effet sur la page de couverture.

Page vierge

Option A — Complément de Mécanique

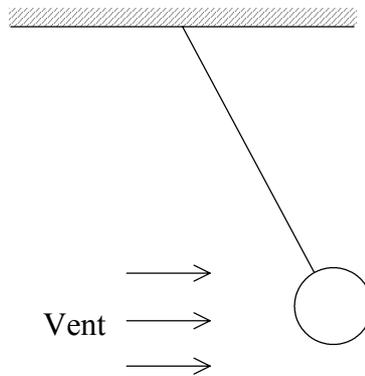
A1. Cette question porte sur l'équilibre.

Expliquez si chacun des objets ci-dessous est en équilibre.

- (a) Un satellite tournant en orbite autour de la Terre à vitesse constante. [2]

.....
.....

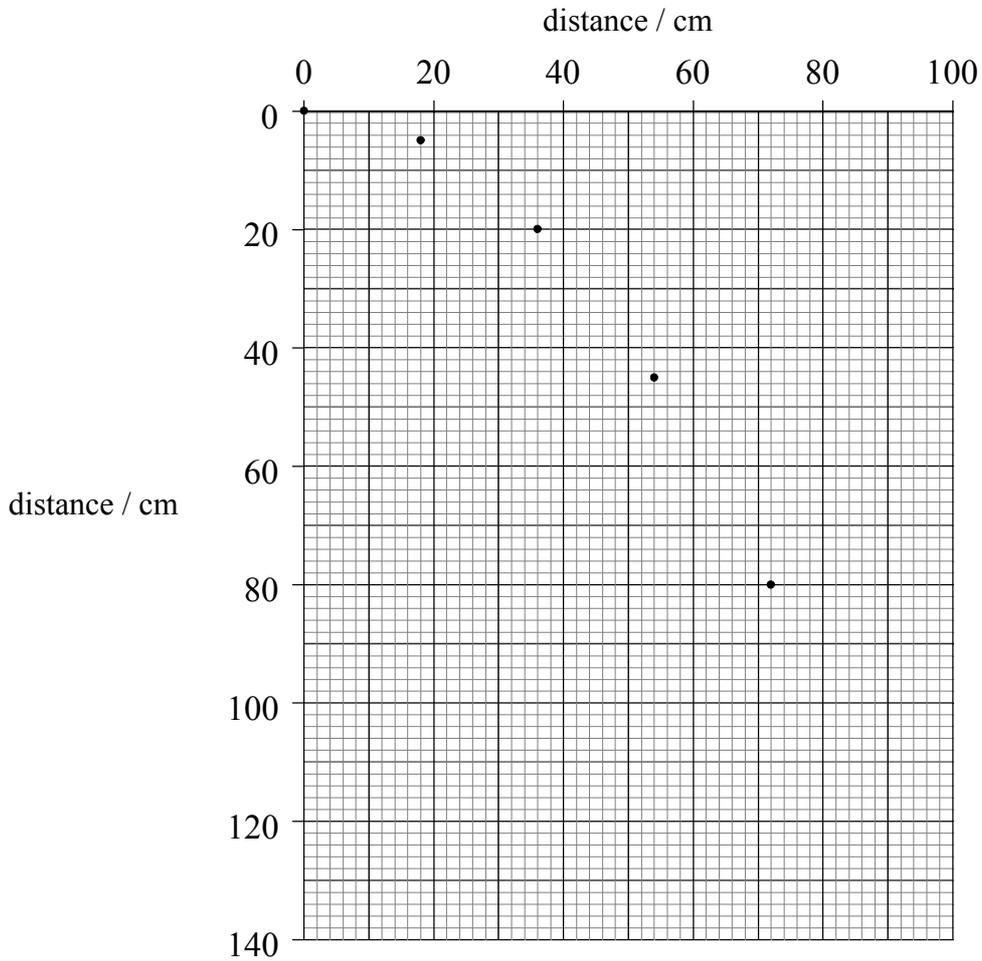
- (b) Une petite masse suspendue à un fil et soumise à un vent latéral, de sorte que le fil forme un angle constant avec la verticale, comme illustré ci-dessous. [2]



.....
.....

A2. Cette question porte sur le mouvement d'un projectile.

Une petite bille d'acier est lancée à l'horizontale depuis le bord d'un banc. Des photos instantanées de la bille sont prises à des intervalles de 0,10 s. Les images obtenues sont représentées sur une échelle comme illustré sur le graphique ci-dessous.



(a) Utilisez le graphique pour déterminer

(i) la vitesse horizontale constante de la bille.

[2]

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

(ii) l'accélération de la chute libre.

[2]

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

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question A2)

- (b) Marquez sur le graphique la position de la bille 0,50 s après son lancement. [3]

Utilisez l'espace ci-dessous pour effectuer tous les calculs vous permettant de localiser la bille avec précision.

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

- (c) Une deuxième bille est lancée de la table à la même vitesse que la bille initiale. La bille ayant une petite masse, on ne peut pas négliger la résistance de l'air. Sur le graphique, représentez l'allure approximative de la trajectoire attendue de la bille. [3]

A3. Cette question porte sur la vitesse de libération et la troisième loi de Kepler.

Jupiter et la Terre sont deux planètes décrivant une orbite autour du Soleil.

La Terre a une masse M_e et un diamètre D_e . La vitesse de libération relativement à la Terre est de $11,2 \text{ km s}^{-1}$.

Les données pour Jupiter sont données ci-dessous.

Masse :	$1,90 \times 10^{27} \text{ kg}$	(318 M_e)
Diamètre moyen :	$1,38 \times 10^5 \text{ km}$	(10,8 D_e)

(a) (i) Exprimez ce que l'on entend par *vitesse de libération*. [1]

.....
.....

(ii) La vitesse de libération v est donnée par l'expression

$$v = \sqrt{\left(\frac{2GM}{R}\right)}$$

Déterminez la vitesse de libération relativement à Jupiter. [2]

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

(b) (i) Exprimez la troisième loi de Kepler. [1]

.....
.....

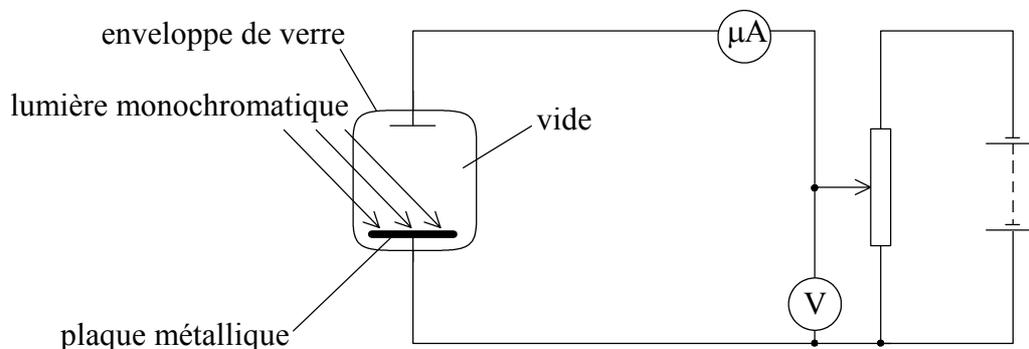
(ii) En 1610, on a découvert la lune Ganymède en orbite autour de Jupiter. On détermina que son orbite avait un rayon de $15,0 R$ et une période de 7,15 jours, où R est le rayon de Jupiter. Une autre lune de Jupiter, Lysithéa, fut découverte en 1938 et on détermina que son orbite avait un rayon de $164 R$ et une période de 260 jours. Montrez que ces données sont compatibles avec la troisième loi de Kepler. [2]

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

Option B — Physique Quantique et Physique Nucléaire

B1. Cette question porte sur l'effet photoélectrique.

Pour démontrer l'effet photoélectrique, on utilise le montage suivant.



Une lumière monochromatique est incidente sur la plaque métallique. Le potentiomètre est réglé pour donner la tension minimale pour laquelle le microampèremètre indique une valeur nulle.

(a) Exprimez et expliquez les éventuels changements qui se produisent pour les mesures indiquées par le microampèremètre quand

(i) l'intensité de la lumière incidente augmente mais sa fréquence reste inchangée. [2]

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

(ii) la fréquence de la lumière augmente mais son intensité reste constante. [2]

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

(b) Pour une lumière de longueur d'onde de 540 nm, la mesure minimale donnée par le voltmètre pour un courant nul est de 1,9 V.

(i) Exprimez le lien entre l'énergie du photon et l'énergie de l'électron émis. [1]

.....
.....

(ii) À partir de là, calculez le travail d'extraction de la surface de la plaque métallique. [3]

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

B2. Cette question porte sur un modèle de l'atome.

Le modèle de l'atome de Schrödinger représente les électrons comme des nuages de charge négative entourant le noyau. La distribution de la charge et de la masse peut être représentée par une onde stationnaire à trois dimensions.

- (a) Identifiez la caractéristique de l'onde stationnaire qui donne la probabilité de trouver l'électron à une position donnée. [2]

.....
.....

Un électron de masse m dans un atome a une énergie totale E , une énergie potentielle E_p et une énergie cinétique E_K .

- (b) Écrivez les expressions pour
- (i) la relation entre E , E_p et E_K . [1]

.....

- (ii) la quantité de mouvement p de l'électron en termes de E_K . [1]

.....

- (iii) la longueur d'onde associée λ de l'électron en termes de son énergie totale E . [2]

.....
.....

B3. Cette question porte sur la désintégration radioactive.

Le cérium-145 est un isotope radioactif avec une demi-vie de 3,0 minutes. Il émet des particules β^- ainsi que des antineutrinos.

(a) Donnez **une** raison pour laquelle l'existence du neutrino a été postulée pour expliquer la désintégration β . [1]

.....
.....

(b) Exprimez la classe de particule à laquelle appartient le neutrino. [1]

.....

(c) Déterminez la probabilité de désintégration d'un noyau de cérium-145 en 1,0 minute. [2]

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

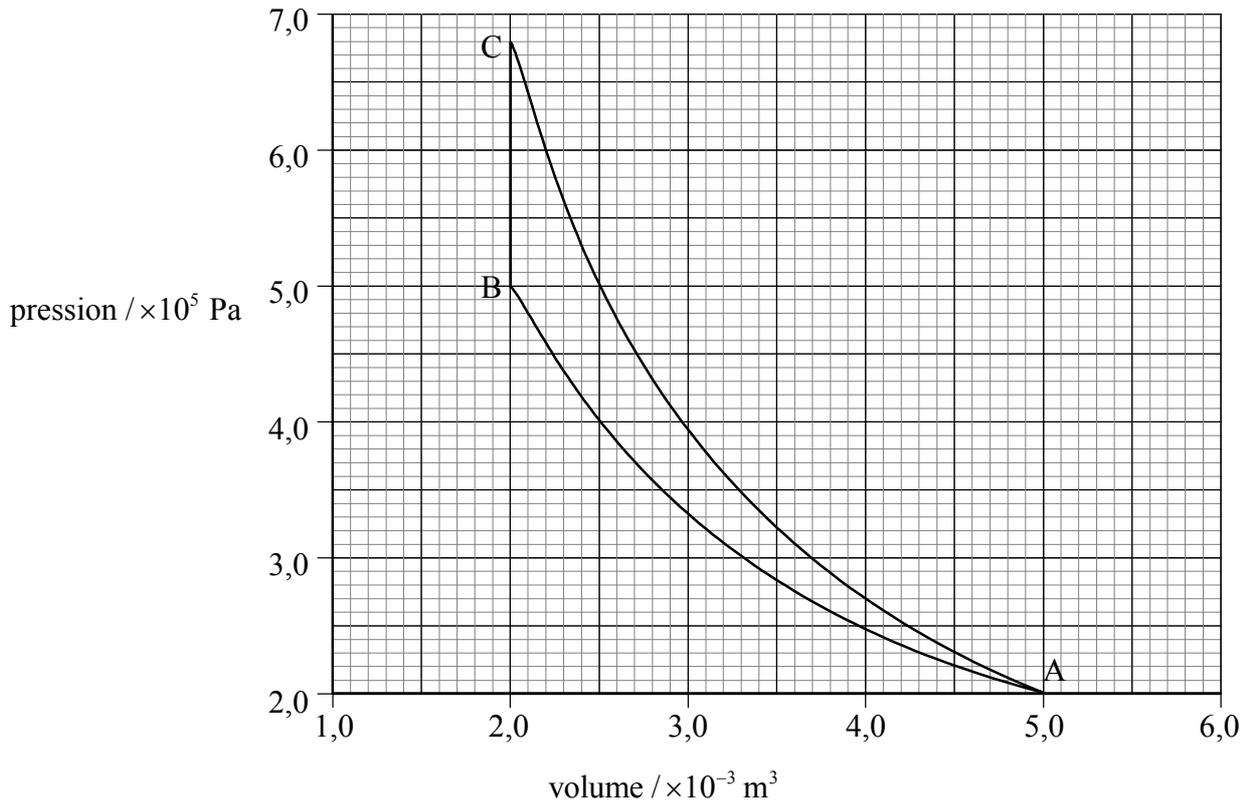
(d) Déterminez le temps nécessaire pour que l'activité d'un échantillon particulier de cérium-145 soit réduite à une fraction de $\frac{1}{10}$ de son activité initiale. [2]

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

Option C — Complément sur l'énergie

C1. Cette question porte sur les diagrammes $p-V$.

Le graphique ci-dessous montre la variation de la pression en fonction du volume d'une masse fixe de gaz, quand il subit une compression adiabatique et aussi quand le même échantillon de gaz subit une compression isotherme.



(a) Exprimez et expliquez quelle ligne, AB ou AC, représente la compression isotherme. [2]

.....
.....

(b) Sur le graphique, indiquez en grisé la zone qui représente la différence du travail effectué lors de la transformation adiabatique et lors de la transformation isotherme. [1]

(c) Déterminez la différence du travail effectué, telle qu'elle a été identifiée en (b). [3]

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

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question C1)

- (d) Utilisez le premier principe de la thermodynamique pour expliquer la variation de température pendant la compression adiabatique. [3]

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

C2. Cette question porte sur les sources d'énergie.

- (a) Bien que des combustibles fossiles soient produits en permanence sur la Terre, ils appartiennent à la classe des énergies non renouvelables. Résumez pourquoi les combustibles fossiles sont considérés comme non renouvelables. [2]

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

- (b) Certains spécialistes de l'énergie suggèrent que la solution au problème de la pollution due au dioxyde de carbone est d'utiliser l'énergie nucléaire pour produire de l'électricité. Identifiez **deux** inconvénients liés à l'utilisation de la fission nucléaire, quand on la compare à la combustion de combustibles fossiles pour la production d'énergie électrique. [2]

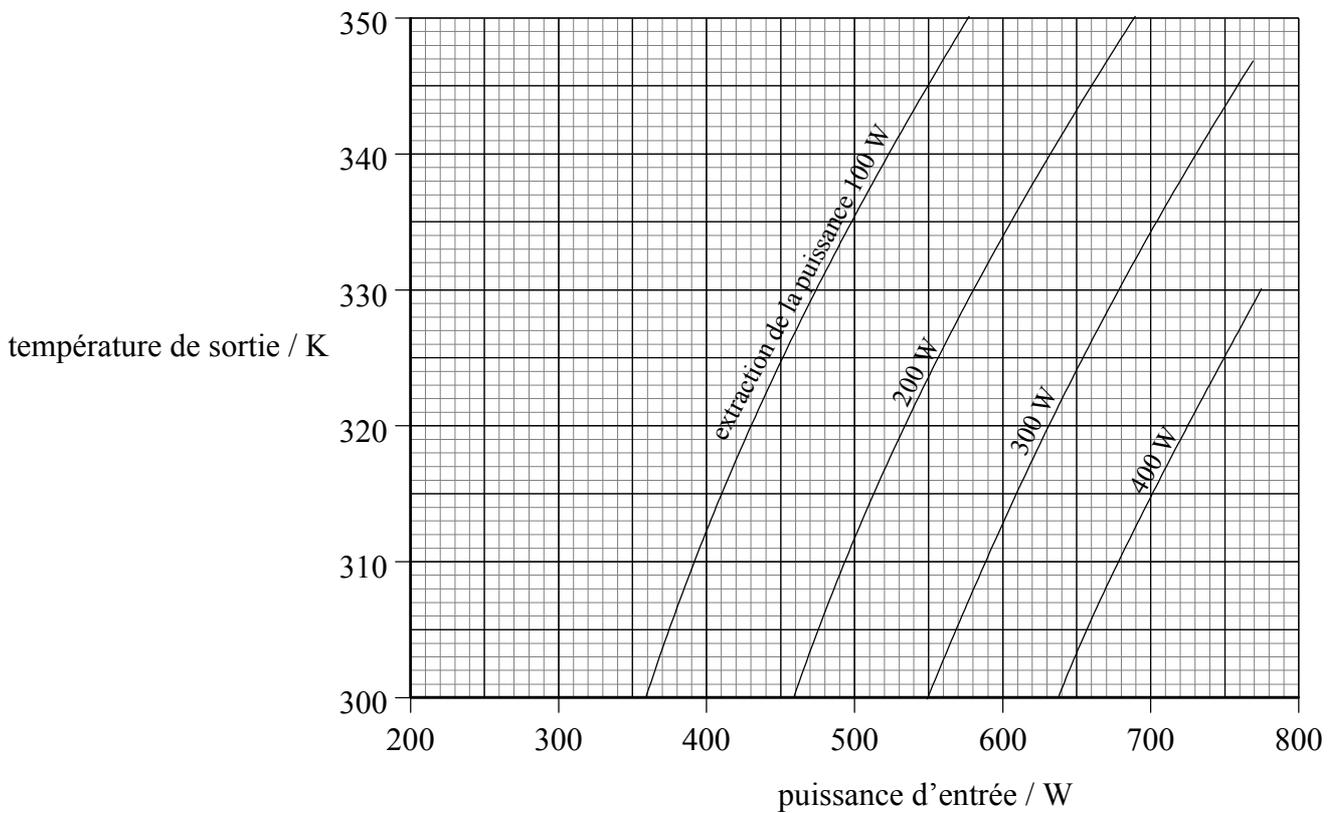
1.
.....
2.
.....

C3. Cette question porte sur l'énergie solaire.

- (a) En faisant référence aux transformations d'énergie, distinguez un panneau solaire d'une cellule solaire. [2]

.....
.....

Des étudiants effectuent une recherche sur un panneau solaire. Ils mesurent la température de sortie de l'eau pour différentes puissances d'entrée solaire et pour différents taux d'extraction de l'énergie thermique. Les résultats sont indiqués ci-dessous.



- (b) Utilisez les données du graphique pour répondre aux questions suivantes.
 - (i) Le panneau solaire doit fournir de l'eau à 340 K tout en prélevant de l'énergie à un taux de 300 W alors que l'intensité de la lumière solaire normalement incidente sur le panneau est de 800 W m^{-2} . Calculez l'aire de la surface efficace du panneau requise. [2]

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

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question C3)

- (ii) Déduisez le rendement global du panneau correspondant à une puissance d'entrée de 500 W et à une température de sortie de 320 K.

[3]

.....

.....

.....

.....

Option D — Physique Biomédicale

D1. Cette question porte sur les rapports d'échelle.

Fernando a une masse de 70 kg et mesure 175 cm. Jorge a la même corpulence et une masse de 85 kg.

(a) Estimez

(i) la taille de Jorge. [2]

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

(ii) le rapport $\frac{\text{aire de la surface de Jorge}}{\text{aire de la surface de Fernando}}$. [2]

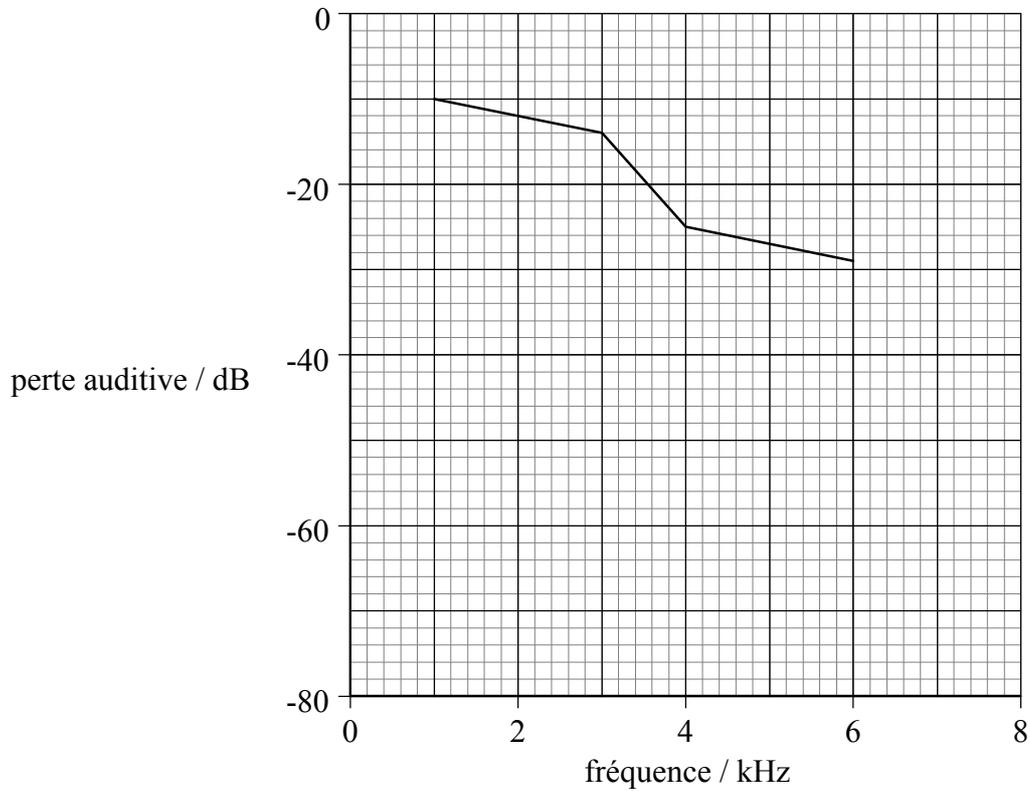
.....
.....
.....
.....

(b) Fernando et Jorge ont le même taux de production d'énergie thermique par unité de masse corporelle. Expliquez quantitativement la conséquence de la différence de masse corporelle sur le taux de déperdition de chaleur par unité de surface si les deux personnes doivent maintenir la même température corporelle. [4]

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

D2. Cette question porte sur les déficiences auditives.

Le graphique ci-dessous montre l'audiogramme d'une personne qui **n'a pas** été soumise à des niveaux de bruit élevés.



(a) Suggérez la déficience auditive dont souffre cette personne. [1]

.....

Une personne bénéficiant d'une audition normale peut détecter un bruit d'une intensité de $1,0 \times 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$ à une fréquence de 3,0 kHz.

(b) Utilisez les données du graphique pour déterminer l'intensité minimale à 3,0 kHz qui peut être détectée par la personne qui souffre d'une déficience auditive. [2]

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

(c) Sur le graphique, représentez une deuxième ligne pour illustrer la perte auditive causée par de nombreuses années d'exposition à des niveaux de bruit élevés dans le milieu du travail. [2]

D3. Cette question porte sur les diagnostics médicaux.

Exprimez et expliquez l'utilisation

(a) du repas baryté dans les radiodiagnostic. [2]

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

(b) du gel sur la peau dans l'imagerie ultrasonique. [2]

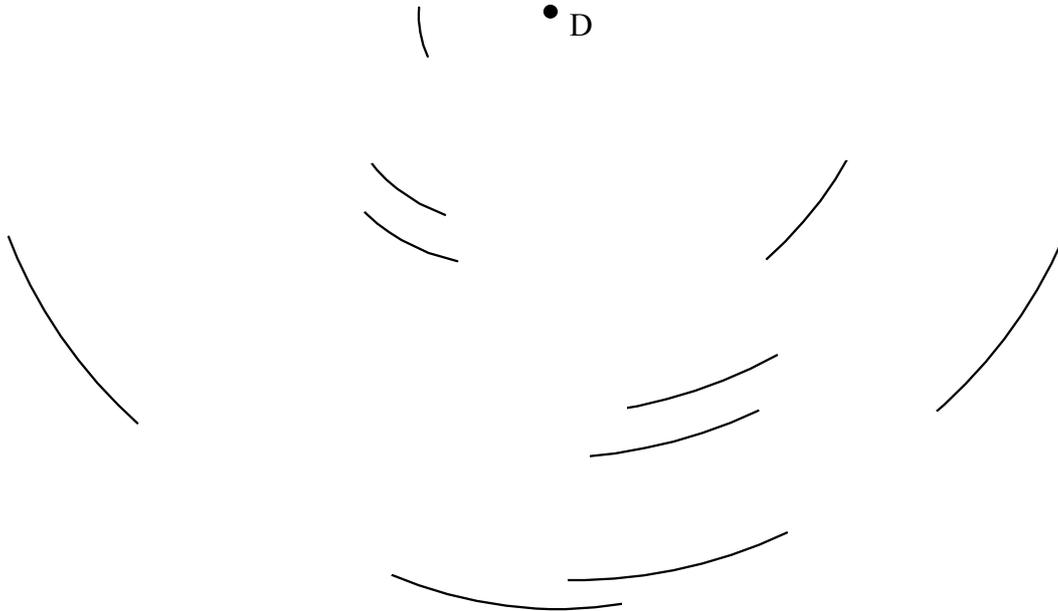
.....
.....
.....

(c) d'un champ magnétique non uniforme superposé à un champ constant beaucoup plus important dans les diagnostics reposant sur la résonance magnétique nucléaire. [3]

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

Option E — Histoire et Développement de la Physique

E1. Un étudiant photographie le ciel nocturne en plaçant un appareil photo sur un trépied puis en laissant l'obturateur de l'appareil ouvert pendant 90 minutes. Le schéma ci-dessous illustre la photo obtenue. Seules certaines lignes parmi les plus lumineuses sont montrées.



(a) Identifiez le point lumineux D. [1]

.....

(b) Décrivez qualitativement comment on peut déduire de la photo que la Terre tourne. [2]

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

(c) En prenant des mesures sur le schéma, déduisez une valeur pour la période de rotation de la Terre. [3]

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

E2. Cette question porte sur la théorie du calorique.

La théorie de la chaleur acceptée par la plupart des scientifiques jusqu'à la deuxième moitié du dix-neuvième siècle est la « théorie du calorique ».

- (a) Exprimez comment les phénomènes suivants peuvent s'expliquer par la théorie du calorique.
 - (i) Le refroidissement d'un corps [1]
.....
 - (ii) La conduction thermique [2]
.....
.....
 - (iii) Les différences de chaleur massique [1]
.....
- (b) Suggérez comment les observations du Comte de Rumford en 1798 ont conduit à la remise en question de la validité de la théorie du calorique. [3]
.....
.....
.....
.....

E3. Cette question porte sur les premiers modèles atomiques.

- (a) Suggérez comment le modèle atomique de Rutherford peut être utilisé pour expliquer que les atomes d'un gaz parfait se comportent comme des sphères solides. [3]

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

L'existence dans le noyau d'une particule neutre ayant une masse à peu près égale à celle du proton fut suggérée en 1920. Cependant, le neutron a seulement été découvert en 1932.

- (b) (i) Suggérez pourquoi la présence du neutron a été difficile à détecter. [1]

.....

- (ii) Résumez comment le rayonnement résultant du bombardement du bore ou du béryllium par des particules α a mené à la découverte du neutron. [3]

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

Option F — Astrophysique

F1. Cette question porte sur divers corps présents dans l’univers.

(a) Décrivez brièvement la nature d’une étoile. [2]

.....
.....

(b) Distinguez une constellation d’une galaxie. [4]

Constellation :

.....

Galaxie :

.....

F2. Cette question porte sur la densité moyenne de la matière dans l'univers.

- (a) Expliquez l'importance de la *densité critique* de la matière dans l'univers en relation avec le destin possible de l'univers. [3]

.....

.....

.....

.....

La densité critique ρ_0 de la matière dans l'univers est donnée par l'expression

$$\rho_0 = \frac{3H_0^2}{8\pi G},$$

où H_0 est la constante de Hubble et G la constante de gravitation.

Une estimation de H_0 est $2,7 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}$.

- (b) (i) Calculez une valeur de ρ_0 . [1]

.....

.....

.....

- (ii) À partir de là, déterminez le nombre équivalent de nucléons par unité de volume à cette densité critique. [1]

.....

.....

F3. Cette question porte sur les Céphéides variables.

Les caractéristiques d'une Céphéide variable ont été observées pour la première fois en 1784.

(a) (i) Décrivez la caractéristique permettant d'identifier une Céphéide variable depuis la Terre. [2]

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

(ii) Résumez la cause de cette caractéristique. [2]

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

Une Céphéide variable particulière présente une valeur moyenne de magnitude apparente de 5,2 et une période de pulsation de 50 jours. La magnitude apparente m est liée à la magnitude absolue M et à la distance d (mesurée en parsec) par l'expression

$$m - M = 5 \log d - 5.$$

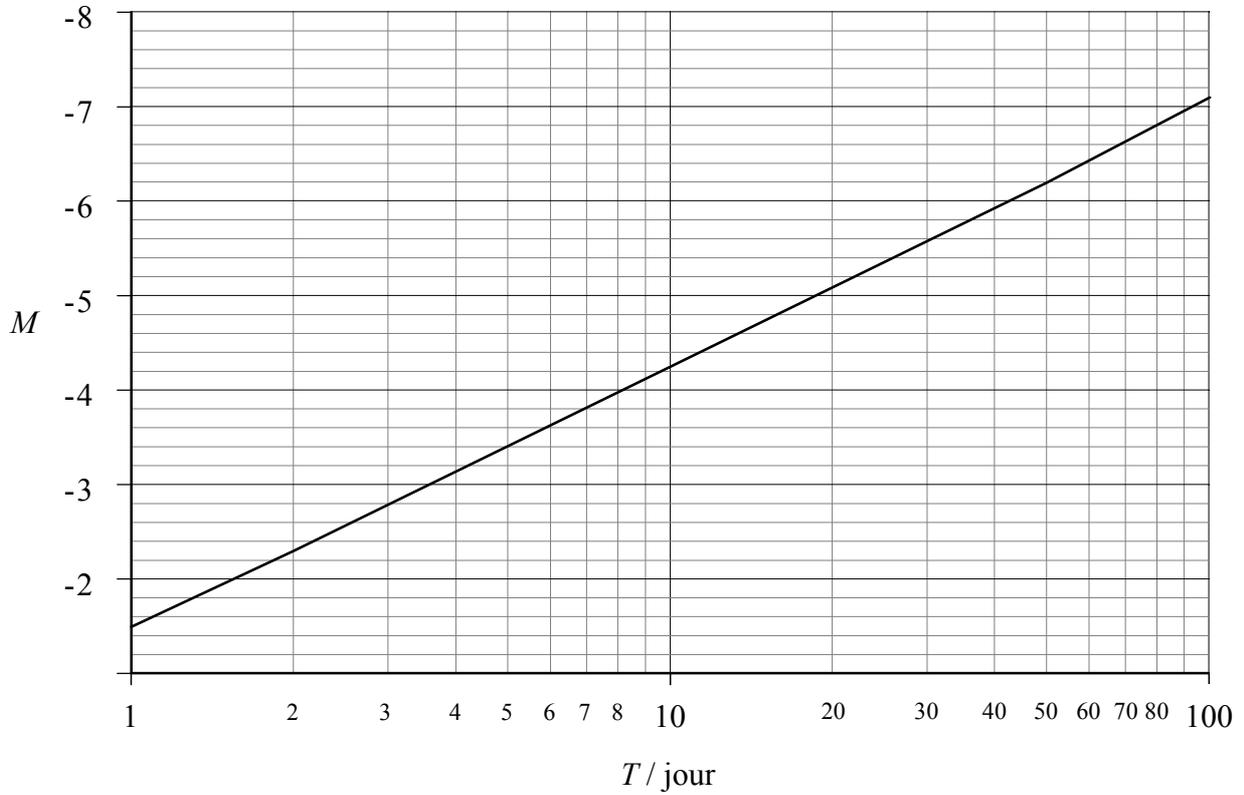
(b) (i) Distinguez *la magnitude apparente* de *la magnitude absolue*. [2]

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

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question F3)

Le graphique ci-dessous montre comment la magnitude absolue M de certaines Céphéides variables varie en fonction de la période T de pulsation.



- (ii) Utilisez le graphique pour obtenir une valeur de la magnitude absolue de cette Céphéide variable et, à partir de là, déterminez la distance la séparant de la Terre. [3]

.....

.....

.....

.....

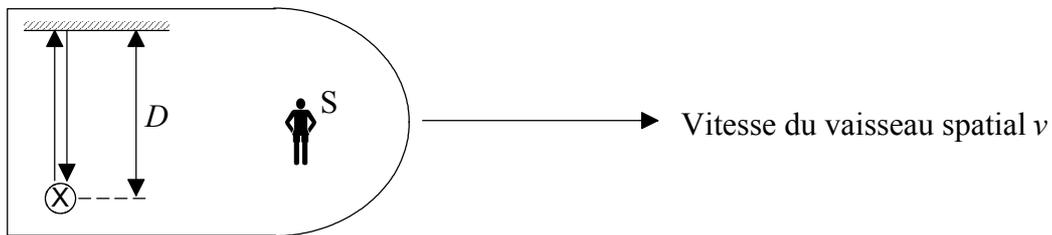
Option G — Relativité

G1. Cette question porte sur la dilatation du temps.

- (a) Exprimez ce que l'on entend par un système de référence *inertiel*. [1]

.....

Un observateur S dans un vaisseau spatial voit un éclair de lumière. La lumière est réfléchiée par un miroir, situé à une distance D de la source, et retourne à la source, comme illustré ci-dessous. La vitesse de la lumière est c .



- (b) Écrivez une expression en fonction de D et c , du le temps T_0 mis par l'éclair lumineux pour revenir à sa position d'origine, tel qu'il est mesuré par l'observateur S, qui est au repos par rapport au vaisseau spatial. [1]

.....

Le vaisseau spatial se déplace à une vitesse v par rapport à l'observateur E représenté sur le schéma. La vitesse de la lumière est c .

- (c) (i) Représentez la trajectoire de la lumière telle qu'elle est vue par l'observateur E. Indiquez sur le schéma la position F de départ de la lumière et la position R de la lumière quand elle revient à la source de l'éclair lumineux. [1]
- (ii) Le temps pris par la lumière pour aller de F à R, tel qu'il est mesuré par l'observateur E, est T . Écrivez une expression de la distance FR, en fonction de T et de la vitesse v du vaisseau spatial. [1]

.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question G1)

- (iii) En utilisant la réponse à la question (ii), déterminez la longueur L de la trajectoire de la lumière en fonction de v , T et D , telle qu'elle est vue par l'observateur E. [2]

.....

.....

.....

.....

- (iv) À partir de là, déduisez une expression de T en fonction de T_0 , v et c . [4]

.....

.....

.....

.....

.....

G2. Cette question porte sur la demi-vie des muons.

La demi-vie des muons est de $3,1 \times 10^{-6}$ s quand elle est mesurée dans un système de référence immobile par rapport aux muons.

Un flux impulsion de muons est produit de sorte que les muons ont une vitesse de $2,8 \times 10^8$ ms⁻¹ par rapport à un observateur immobile.

Déterminez la distance parcourue par le flux de muons, telle qu'elle est mesurée par l'observateur, quand la moitié des muons se sont désintégrés. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

G3. Cette question porte sur la masse-énergie.

(a) Définissez *masse au repos*. [2]

.....
.....

(b) Un électron de masse au repos m_0 est accéléré par une différence de potentiel V . Expliquez pourquoi, pour des valeurs élevées de V , la formule

$$\frac{1}{2} m_0 v^2 = eV$$

ne convient pas pour déterminer la vitesse v de l'électron accéléré. [3]

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

(c) Un électron est accéléré par une différence de potentiel de $5,0 \times 10^6$ V. Déterminez la masse équivalente à la variation de l'énergie cinétique de l'électron. [2]

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

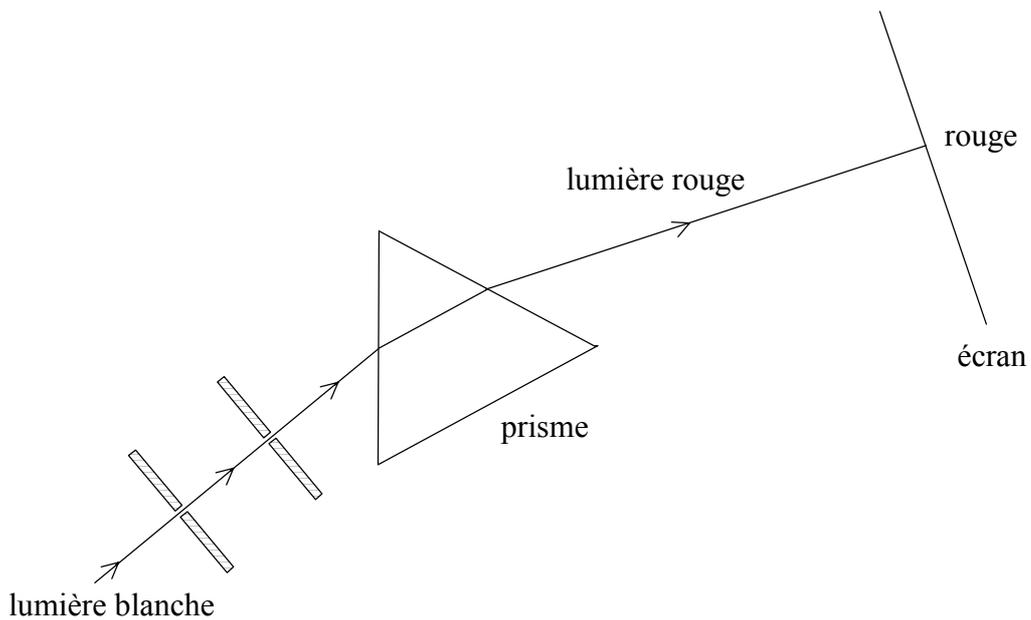
Option H — Optique

H1. Cette question porte sur un spectre.

- (a) Décrivez ce que l'on entend par le spectre de la lumière blanche. [2]

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

Un étudiant utilise le montage illustré ci-dessous pour observer le spectre de la lumière blanche.

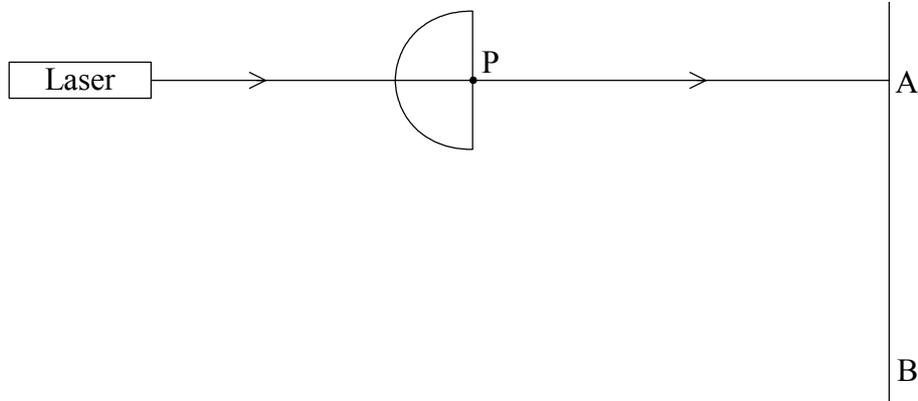


- (b) Complétez le schéma pour montrer le parcours suivi par la lumière bleue dans le prisme et jusqu'à l'écran. [3]

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

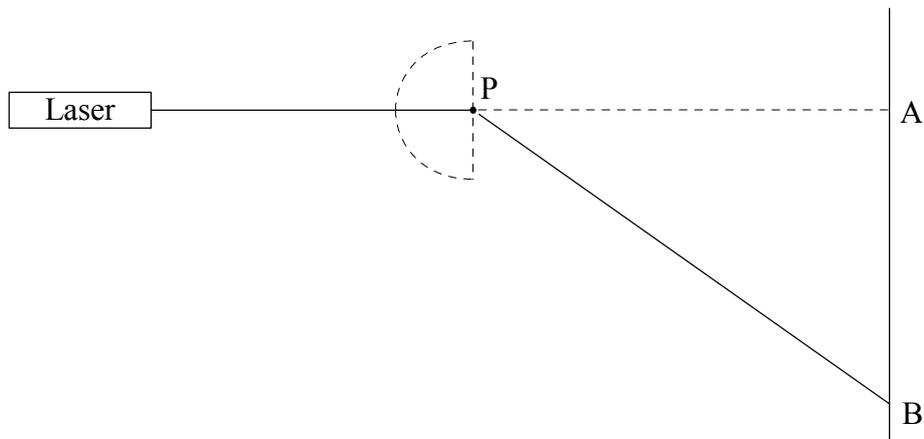
H2. Cette question porte sur l'indice de réfraction.

La lumière d'un laser est dirigée vers un bloc de verre semi-circulaire. La lumière traverse le bloc sans être déviée et continue jusqu'à l'écran pour former un point lumineux A comme illustré.



On fait pivoter le bloc semi-circulaire autour du point P. On observe que le point lumineux sur l'écran se déplace vers le bas. Quand ce point lumineux atteint le point B, il disparaît.

(a) Complétez le schéma ci-dessous pour montrer la position du bloc semi-circulaire quand le point lumineux est au point B. La position initiale du bloc est indiquée en pointillés. [1]



Dans une expérience donnée, la distance PA est de 120 cm et la distance AB est de 138 cm.

(b) Calculez l'indice de réfraction du verre du bloc. [3]

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

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question H2)

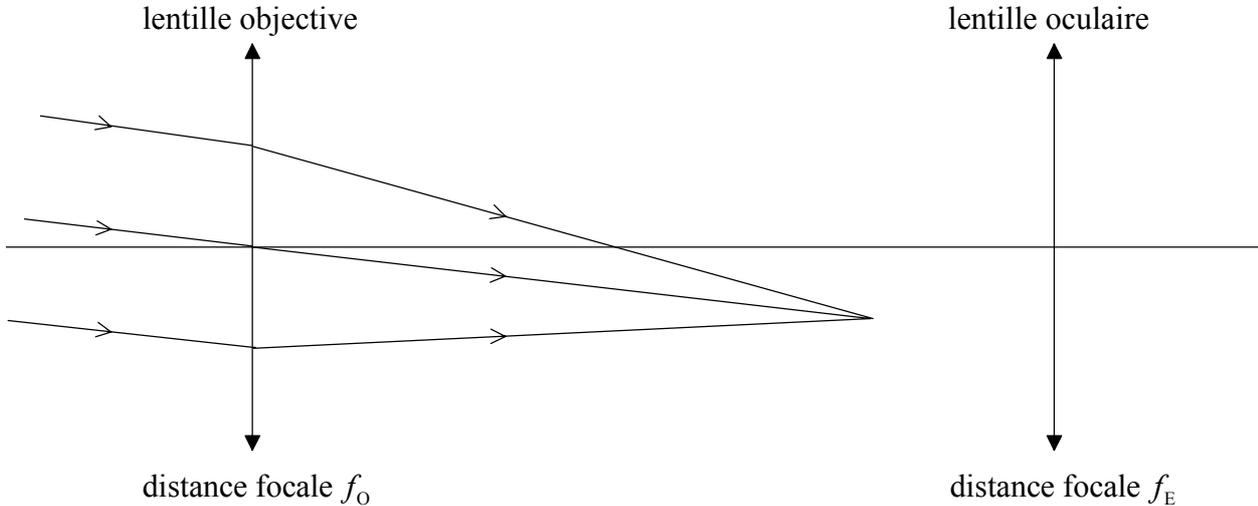
On remplace le laser par un laser émettant de la lumière de fréquence plus élevée. On répète ensuite l'expérience.

(c) Exprimez si la distance AB est supérieure ou inférieure à 138 cm et expliquez pourquoi. [3]

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

H3. Cette question porte sur une lunette astronomique.

Le schéma ci-dessous montre deux lentilles disposées pour former une lunette astronomique. Les deux lentilles sont représentées par des lignes droites.



Les distances focales de la lentille objective et de la lentille oculaire sont respectivement f_o et f_e . Le schéma montre la lumière d'un objet éloigné focalisée dans le plan focal de la lentille objective. L'image finale sera formée à l'infini.

(a) Complétez la construction géométrique pour montrer la formation de l'image finale. [2]

(b) (i) Exprimez ce que l'on entend par grossissement angulaire. [1]

.....
.....

(ii) En utilisant la construction géométrique complétée ci-dessus, déduisez une expression en fonction de f_o et f_e pour le grossissement angulaire d'une lunette astronomique. Supposez que l'image finale se trouve à l'infini. [4]

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

(c) Dans les caractéristiques d'une lunette astronomique, le diamètre de la lentille objective est souvent précisé. Suggérez une raison pour laquelle ce diamètre est spécifié. [1]

.....
.....