



PHYSIQUE
NIVEAU SUPÉRIEUR
ÉPREUVE 2

Numéro du candidat

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

Lundi 19 mai 2003 (après-midi)

2 heures 15 minutes

INSTRUCTIONS DESTINÉES AUX CANDIDATS

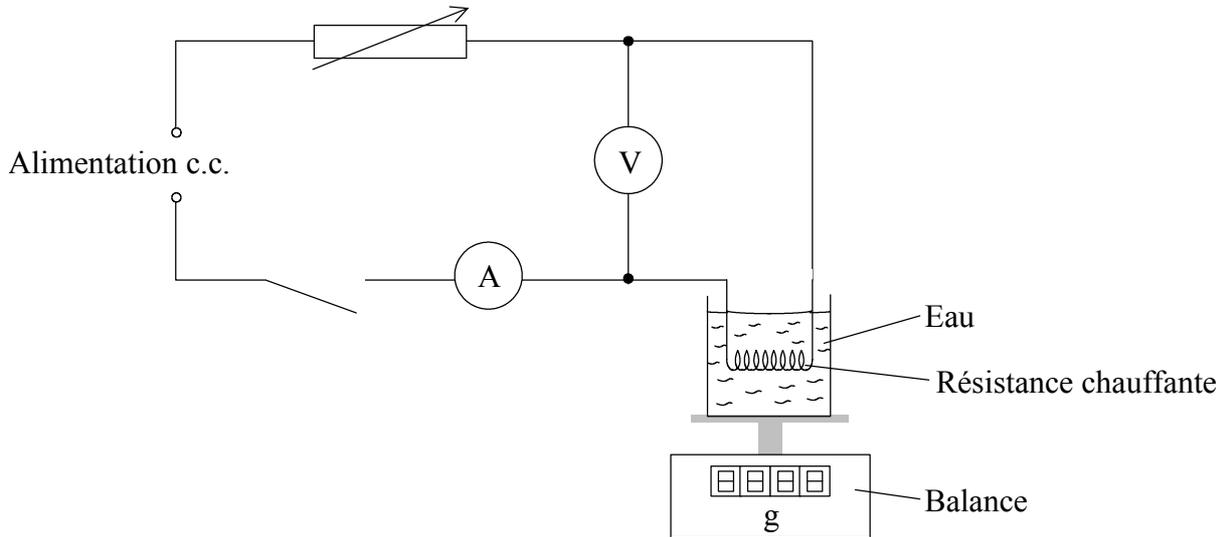
- Écrivez votre numéro de candidat dans les cases ci-dessus.
- N'ouvrez pas cette épreuve avant d'y être autorisé.
- Section A : répondez à toute la section A dans les espaces prévus à cet effet.
- Section B : répondez à deux questions de la section B dans les espaces prévus à cet effet. Vous pouvez rédiger vos réponses dans un livret de réponses supplémentaire. Inscrivez votre numéro de candidat sur chaque livret de réponse que vous avez utilisé et joignez-les à cette épreuve écrite et à votre page de couverture en utilisant l'attache fournie.
- À la fin de l'examen, veuillez indiquer les numéros des questions auxquelles vous avez répondu ainsi que le nombre de livrets utilisés dans les cases prévues à cet effet sur la page de couverture.

Page vierge

SECTION A

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

A1. On a demandé à quelques étudiants de concevoir et de réaliser une expérience afin de déterminer la chaleur latente massique de vaporisation de l'eau. Ils ont réalisé le montage représenté ci-dessous.



Ils ont branché le courant et l'ont maintenu constant au moyen du rhéostat. Ils ont noté les valeurs indiquées par le voltmètre et l'ampèremètre. Lorsque l'eau a été en ébullition de façon constante, ils ont noté la valeur indiquée par la balance et ont déclenché simultanément un chronomètre. Ils ont noté la valeur indiquée par la balance après 200 secondes, puis une nouvelle fois après 200 secondes supplémentaires.

Ils ont calculé la différence entre les valeurs lues sur la balance pendant chaque intervalle de 200 secondes et ont déterminé une moyenne. Ils ont calculé la puissance de la résistance chauffante en multipliant entre elles les valeurs indiquées par le voltmètre et l'ampèremètre.

(a) Suggérez un moyen par lequel les étudiants pouvaient savoir quand l'eau bouillait de façon constante. [1]

.....
.....

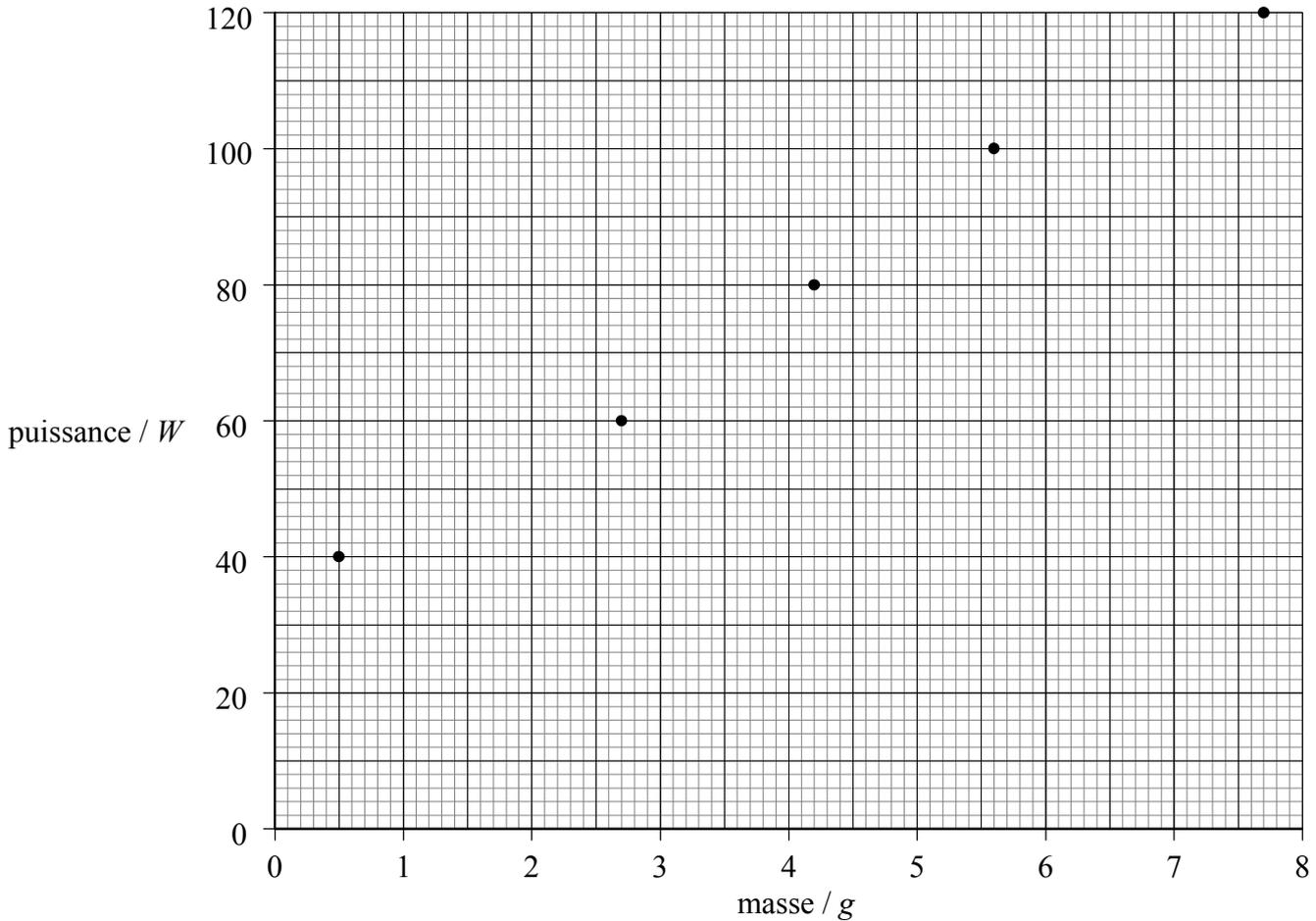
(b) Expliquez pourquoi les étudiants ont effectué une mesure de la masse perdue pendant les 200 premières secondes, puis une mesure de la masse perdue pendant les 200 secondes suivantes, plutôt qu'une seule mesure de la masse perdue en 400 secondes. [2]

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

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question A1)

Les étudiants ont répété cette expérience pour différentes puissances fournies à la résistance chauffante. Ils ont tracé un graphique de la puissance de la résistance chauffante en fonction de la masse d'eau perdue (différence entre les valeurs lues sur la balance) en 200 secondes. Les résultats sont indiqués ci-dessous. (Les barres d'erreur indiquant les incertitudes sur les mesures ne sont pas indiquées.)



- (c) (i) Sur le graphique ci-dessus, tracez la droite de régression pour les points expérimentaux. [1]
- (ii) Déterminez la pente de la droite que vous avez tracée. [3]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question A1)

Pour trouver une valeur de la chaleur latente massique de vaporisation L , les étudiants ont utilisé l'équation

$$P = mL,$$

où P est la puissance de la résistance chauffante et m est la masse d'eau évaporée **par seconde**.

- (d) Utilisez la réponse que vous avez obtenue pour la pente de la droite pour déterminer une valeur de la chaleur latente massique de vaporisation de l'eau. [3]

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

- (e) La théorie sur laquelle repose cette expérience suggérerait que la droite du graphique devrait passer par l'origine. Expliquez brièvement pourquoi la droite du graphique ne passe pas par l'origine. [2]

.....
.....

A2. (a) Exprimez ce qu'on entend par un gaz *parfait*. [2]

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

(b) Le volume interne d'une bonbonne de gaz est de $2,0 \times 10^{-2} \text{ m}^3$. On pompe un gaz parfait dans cette bonbonne jusqu'à ce que la pression atteigne 20 MPa à une température de 17 °C.

Déterminez

(i) le nombre de moles de gaz dans la bonbonne. [2]

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

(ii) le nombre d'atomes de gaz dans la bonbonne. [2]

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

(c) (i) En utilisant vos réponses à la question (b), déterminez le volume moyen occupé par un atome de gaz. [1]

.....
.....

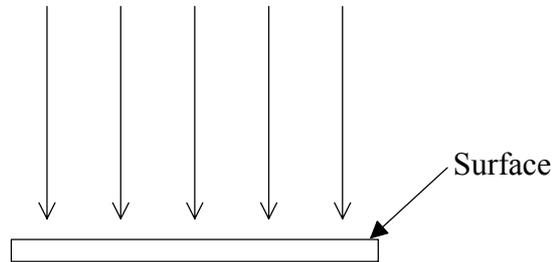
(ii) Estimez une valeur de la distance moyenne entre les atomes de gaz. [2]

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

Page vierge

A3. Une lumière d'une longueur d'onde de $6,0 \times 10^{-7}$ m frappe une surface plane, sous une incidence normale, comme l'illustre le schéma ci-dessous.

Lumière incidente, longueur d'onde de $6,0 \times 10^{-7}$ m



Les photons de lumière sont absorbés par la surface.

(a) Montrez que, pour un photon de cette lumière,

(i) son énergie est de $3,3 \times 10^{-19}$ J. [2]

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

(ii) sa quantité de mouvement est de $1,1 \times 10^{-27}$ kg ms⁻¹. [2]

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

(b) Cette lumière a une intensité de $5,0 \text{ W m}^{-2}$. Déterminez, pour une aire de $1,0 \text{ m}^2$ de la surface plane,

(i) le nombre de photons incidents par seconde. [1]

.....
.....

(ii) la variation de la quantité de mouvement des photons par seconde. [1]

.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question A3)

- (c) (i) En utilisant vos réponses à la question (b), indiquez la pression exercée par cette lumière sur la surface. [1]

.....

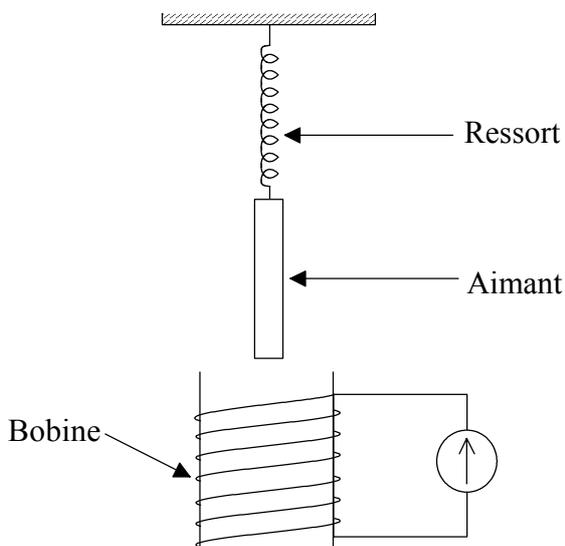
- (ii) Indiquez en l'expliquant comment cette pression serait affectée si la lumière était réfléchie plutôt qu'absorbée par la surface. [3]

.....

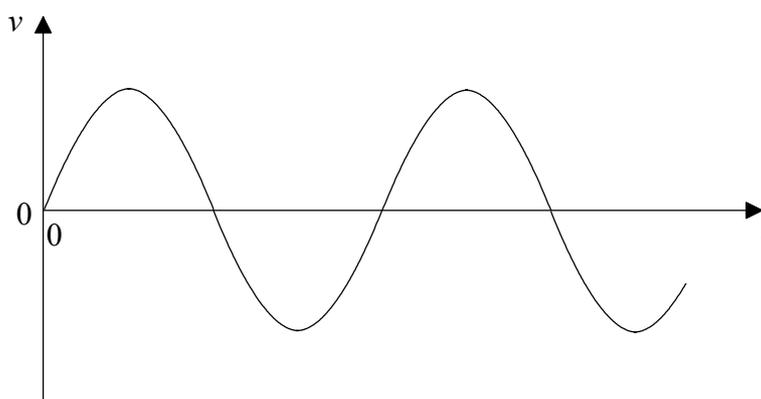
.....

.....

A4. Une barre aimantée est suspendue au-dessus d'une bobine au moyen d'un ressort, comme illustré ci-dessous.



Les extrémités de cette bobine sont connectées à un voltmètre à haute résistance très sensible. On tire la barre aimantée vers le bas de façon à ce que son pôle nord soit de niveau avec le haut de la bobine. On relâche ensuite l'aimant. La variation de la vitesse v de l'aimant en fonction du temps t est représentée ci-dessous.



- (a) Sur le graphique ci-dessus,
- (i) indiquez par la lettre M un point du graphique qui correspond à une valeur maximum de la lecture du voltmètre.
 - (ii) indiquez par la lettre Z un point qui correspond à une valeur nulle de la lecture du voltmètre. [2]
- (b) Expliquez, en termes de variations du flux d'induction, pourquoi la lecture du voltmètre évolue de manière alternative. [2]

.....

.....

.....

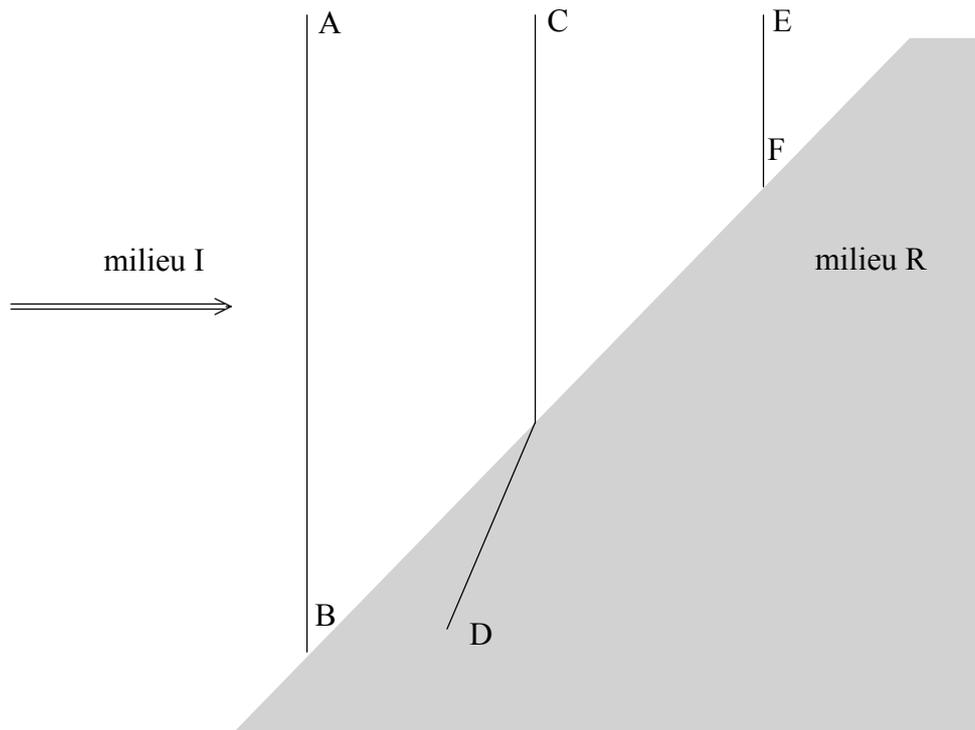
.....

SECTION B

Cette section comprend 4 questions : B1, B2, B3 et B4. Répondez à **deux** questions de cette section.

B1. Cette question porte sur les ondes et les propriétés des ondes.

Le schéma ci-dessous montre trois fronts d'ondes incidents sur la surface de séparation entre le milieu I et le milieu R. Le schéma illustre le fait que le front d'onde CD franchit cette surface de séparation. Le front d'onde EF est incomplet.



(a) (i) Sur le schéma ci-dessus, tracez une ligne pour compléter le front d'onde EF. [1]

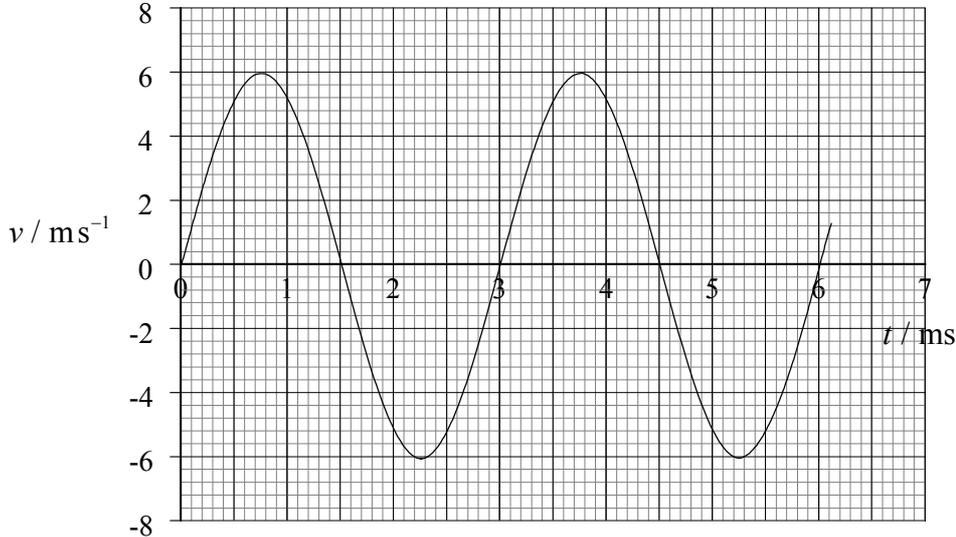
(ii) Dans quel milieu, I ou R, la vitesse de l'onde est-elle la plus élevée ? Expliquez. [3]

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

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B1)

Le graphique ci-dessous montre la variation de la vitesse v en fonction du temps t d'une particule du milieu à travers lequel l'onde se propage.



(b) (i) Expliquez comment on peut déduire, à partir de ce graphique, que la particule oscille. [2]

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

(ii) Déterminez la fréquence d'oscillation de cette particule. [2]

.....
.....

(iii) Sur le graphique, indiquez par la lettre M un instant où cette particule est à son élongation maximale. [1]

(iv) Estimez l'aire située entre la courbe et l'axe des abscisses entre les instants $t = 0$ et $t = 1,5$ ms. [2]

.....
.....

(v) Suggérez ce que représente l'aire mentionnée dans la question b (iv). [1]

.....

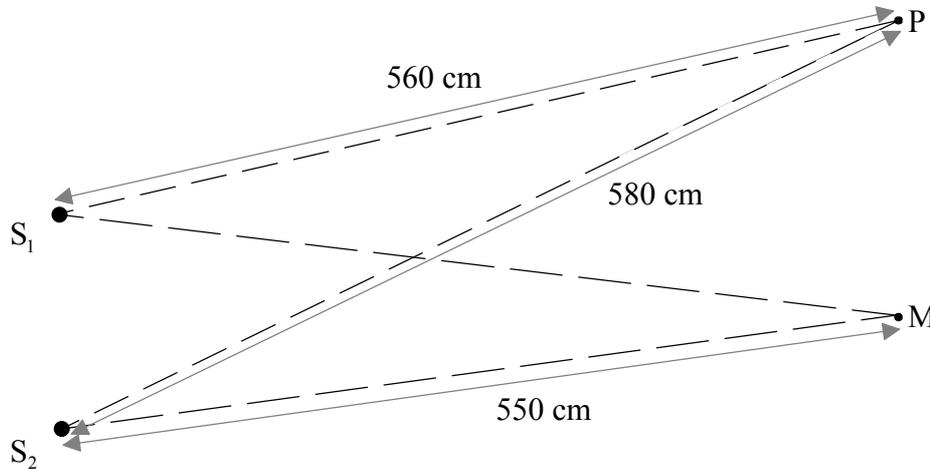
(c) (i) Énoncez le principe de superposition. [2]

.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B1)

Deux haut-parleurs S_1 et S_2 sont connectés à la même sortie d'un générateur de fréquence et sont placés dans une grande pièce comme illustré ci-dessous.



Des ondes sonores d'une longueur d'onde de 40 cm et d'une amplitude A sont émises par ces deux haut-parleurs.

Le point M est à une distance de 550 cm de S_1 et S_2 . Le point P est à une distance de 560 cm de S_1 et de 580 cm de S_2 .

- (ii) Indiquez et expliquez comment varie le niveau sonore du son détecté par un microphone lorsqu'on déplace ce microphone du point M au point P . [4]

.....

.....

.....

.....

.....

- (iii) En référence au schéma ci-dessus, on augmente alors l'amplitude de l'onde émise par S_1 jusqu'à $2A$. L'onde émise par S_2 reste la même. Déduisez quel changement éventuel affecte le niveau sonore du son au point M et au point P lorsqu'on effectue ce changement d'amplitude. [4]

Au point M :

.....

Au point P :

.....

- (iv) On remplace alors ces haut-parleurs par deux sources lumineuses monochromatiques. Indiquez la raison pour laquelle on n'observe pas des franges claires et des franges sombres le long de la ligne PM . [1]

.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B1)

Des ondes de fréquence f et de vitesse c sont émises par une source sonore immobile. Un observateur se déplace en ligne droite et à vitesse constante v vers cette source.

- (d) Indiquez, en termes de f , c et v , une expression de
 - (i) la longueur d'onde du son détecté par cet observateur. [1]
.....
 - (ii) la vitesse apparente de l'onde mesurée par cet observateur. [1]
.....

Cet observateur porte une deuxième source sonore, produisant des ondes ayant la même fréquence et la même vitesse effectives que la source immobile. Tout en se déplaçant, l'observateur détecte une fréquence de battement de 6,0 Hz pour les ondes sonores émises par les sources d'une fréquence de 500 Hz et d'une vitesse de 340 ms^{-1} .

- (e) (i) Décrivez ce qu'on entend par *battements*. [2]
.....
.....
.....
- (ii) Calculez la vitesse v de l'observateur. [3]
.....
.....
.....
.....

B2. Cette question porte sur le travail, l'énergie et la puissance.

(a) Définissez le *travail effectué* par une force. [2]

.....
.....

Un corps de masse m se trouve dans un champ gravitationnel d'intensité g . Ce corps est déplacé à vitesse constante v d'une distance h dans la direction opposée à celle du champ.

(b) Déduisez une expression, en termes de

(i) m , g et h , du travail effectué sur le corps. [2]

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

(ii) m , g et v , de la puissance requise pour déplacer le corps. [2]

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

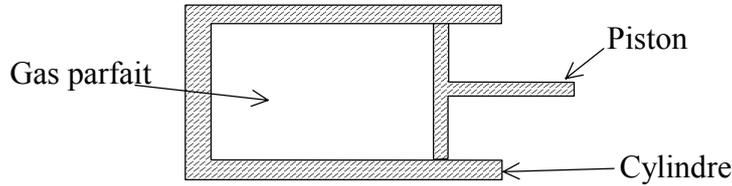
(c) Une masse tombe à une vitesse constante dans de l'air calme près de la surface de la Terre. Discutez les variations éventuelles affectant l'énergie potentielle gravitationnelle et l'énergie cinétique de cette masse. [3]

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

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B2)

Un échantillon de gaz parfait est contenu dans un cylindre pourvu d'un piston, comme illustré ci-dessous.



(d) (i) Expliquez, en termes de molécules, ce qu'on entend par *l'énergie interne* de ce gaz. [2]

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

(ii) Le piston est brutalement déplacé vers l'intérieur, ce qui diminue le volume du gaz. En considérant les vitesses des molécules, suggérez pourquoi la température du gaz varie. [5]

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

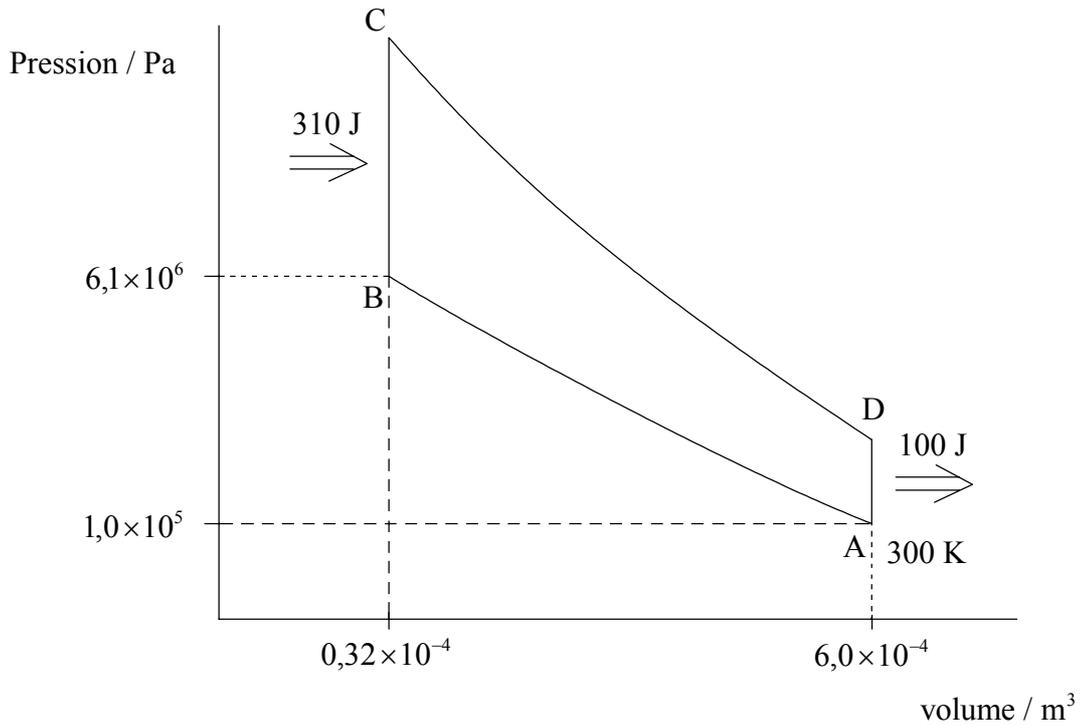
(iii) Le gaz se dilate alors à une pression constante p de sorte que le volume augmente d'une valeur ΔV . Déduisez une expression du travail effectué par le gaz. [4]

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

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B2)

Un moteur fonctionne en utilisant une masse isolée d'un gaz parfait. Ce gaz est comprimé adiabatiquement, puis il est chauffé à volume constant. Le gaz acquiert 310 J d'énergie pendant ce processus de chauffage. Le gaz se dilate ensuite adiabatiquement. Enfin, le gaz est refroidi de sorte qu'il retourne à son état initial. Pendant ce processus de refroidissement, une énergie de 100 J est extraite. Ce cycle est illustré ci-dessous.



(e) (i) Sur le diagramme ci-dessus, indiquez par des flèches le sens de déroulement des étapes de ce cycle. [1]

(ii) En utilisant les données relatives au point A, calculez le nombre de moles de gaz. [2]

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

(iii) Déterminez la température du gaz au point B du cycle. [2]

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

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B2(e))

- (iv) Indiquez ce que représente l'aire ABCD sur le diagramme et donnez la valeur de cette grandeur. [2]

.....
.....

- (v) Calculez le rendement de ce moteur. [3]

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

B3. Cette question porte sur les réactions nucléaires.

- (a) Complétez le tableau ci-dessous en cochant (✓) dans les colonnes appropriées, pour indiquer comment une augmentation de chacune des propriétés suivantes affecte la vitesse de désintégration d'un échantillon de matière radioactive. [2]

Propriété	Effet sur la vitesse de désintégration		
	augmentation	diminution	pas de variation
température de l'échantillon			
pression s'exerçant sur l'échantillon			
quantité de matière de l'échantillon			

Le radium 226 ($^{226}_{88}\text{Ra}$) subit une désintégration radioactive naturelle qui le transforme spontanément en radon (Rn) avec émission d'une particule alpha (particule α). La constante de désintégration pour cette réaction vaut $4,30 \times 10^{-4} \text{ an}^{-1}$. Les masses des particules impliquées dans cette réaction sont

radium: 226,0254 u
 radon: 222,0176 u
 particule α : 4,0026 u

- (b) (i) Expliquez ce que l'on entend par l'énoncé que la constante de désintégration est de $4,30 \times 10^{-4} \text{ an}^{-1}$. [2]

.....

- (ii) Calculez l'énergie libérée au cours de cette réaction. [3]

.....

(c) On considère que le noyau de radium était immobile avant que cette réaction ne se produise.

- (i) Expliquez, en termes de quantité de mouvement des particules, pourquoi le noyau de radon et la particule α se déplacent dans des directions opposées après cette réaction. [3]

.....

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B3(c))

(ii) La vitesse du noyau de radon après cette réaction est v_R et celle de la particule α est v_α .

Déterminez le rapport $\frac{v_\alpha}{v_R}$.

[3]

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

Un collègue a utilisé un échantillon de radium 226 comme source de particules α pendant 30 ans. Initialement, la masse du radium était de 15,0 μg .

(d) Déterminez

(i) le nombre initial d'atomes de radium 226 dans cet échantillon.

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

(ii) le nombre d'atomes de radium 226 dans cet échantillon après 30 ans.

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

(iii) l'activité moyenne de cet échantillon pendant cette période de 30 ans.

[6]

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

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B3)

- (e) La particule α est composée de protons et de neutrons. En faisant référence à la structure du proton et du neutron, décrivez pourquoi ceux-ci ne sont pas classés comme des particules fondamentales. [3]

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

Un autre type de réaction nucléaire est la réaction de fusion. Cette réaction est la source principale de l'énergie rayonnante du Soleil.

- (f) (i) Exprimez ce qu'on entend par *réaction de fusion*. [3]

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

- (ii) Expliquez pourquoi la température et la pression des gaz dans le noyau du Soleil doivent être toutes deux très élevées pour qu'il puisse produire son énergie rayonnante. [5]

Haute température :

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

Haute pression :

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

B4. Cette question porte sur les forces appliquées à des particules chargées.

(a) Une particule chargée se trouve dans un champ de force. Déduisez la nature de ce champ de force (magnétique, électrique ou gravitationnel) lorsque la force appliquée à cette particule

(i) est dans la direction du champ, quelle que soit sa charge et sa vitesse.

.....

(ii) est indépendante de la vitesse de la particule mais dépend de sa charge.

.....

(iii) dépend de la vitesse de la particule et de sa charge.

[5]

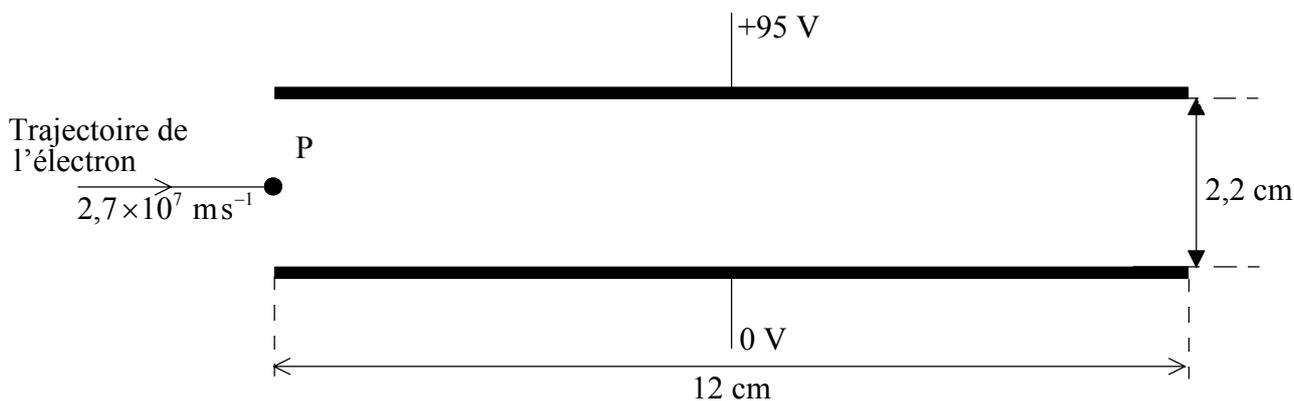
.....

(b) Un électron initialement au repos est accéléré dans le vide, sous une différence de potentiel de 2,1 kV. Établissez que la vitesse finale de cet électron est $2,7 \times 10^7 \text{ ms}^{-1}$.

[3]

.....

L'électron dont il est question en (b) pénètre ensuite dans un champ électrique uniforme existant entre deux plaques métalliques conductrices horizontales comme illustré ci-dessous.



On peut supposer que le champ électrique à l'extérieur de la région des plaques est nul.

La différence de potentiel entre les plaques est de 95 V et la distance qui les sépare est de 2,2 cm.

Lorsque l'électron pénètre dans la région du champ électrique, il se déplace parallèlement aux plaques.

(c) (i) Sur le schéma ci-dessus, représentez à l'aide d'une flèche le sens de la force due au champ électrique agissant sur l'électron au point P.

[1]

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B4(c))

- (ii) Calculez la force agissant sur l'électron et due au champ électrique. [3]

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

(d) Les plaques, dans le schéma précédent, ont une longueur de 12 cm. Déterminez

- (i) le temps de parcours de l'électron entre les plaques. [1]

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

- (ii) la distance verticale parcourue par l'électron au cours de son passage entre les plaques. [3]

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

- (e) Suggérez pourquoi on n'a pas considéré les effets gravitationnels lors du calcul de la déflexion de l'électron. [2]

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

(Suite de la question à la page suivante)

(Suite de la question B4(c))

- (f) Dans un spectromètre de masse, on utilise des champs électriques et magnétiques pour sélectionner des particules chargées possédant une vitesse particulière. On applique un champ magnétique uniforme dans la région située entre les plaques, de sorte que l'électron passe entre les plaques sans être dévié.

En ce qui concerne ce champ magnétique,

- (i) indiquez et expliquez son sens. [3]

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

- (ii) déterminez son intensité. [2]

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

- (g) Les champs électriques et magnétiques mentionnés dans la question (f) restent inchangés. En donnant une brève explication dans chaque cas, comparez qualitativement la déviation de l'électron mentionné dans la question (f) avec celle

- (i) d'un électron se déplaçant à une vitesse initiale plus grande.

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

- (ii) d'un proton ayant la même vitesse.

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

- (iii) d'une particule alpha (particule α) ayant la même vitesse. [7]

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