



PHYSIQUE
NIVEAU SUPÉRIEUR
ÉPREUVE 2

Lundi 10 mai 2010 (après-midi)

2 heures 15 minutes

Numéro de session du candidat

0	0							
---	---	--	--	--	--	--	--	--

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).
- 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.
- À la fin de l'examen, veuillez indiquer les numéros des questions auxquelles vous avez répondu dans la case prévue à cet effet sur la page de couverture.

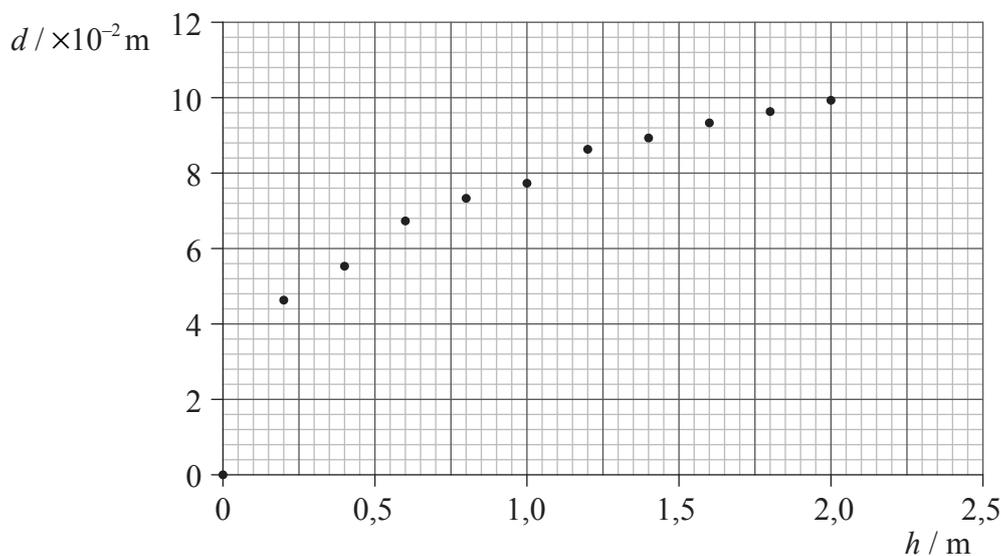


SECTION A

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

A1. Question sur l'analyse des données.

Gillian exécuta une expérience pour effectuer une recherche sur les cratères formés lorsqu'on fait tomber des billes en acier dans le sable. Pour essayer de trouver le rapport entre le diamètre du cratère et l'énergie d'impact de billes en acier ayant le même diamètre, elle fit tomber une bille en acier dans le sable depuis des hauteurs différentes h et elle mesura le diamètre résultant d du cratère. Les données sont montrées tracées sur le graphique ci-dessous.



- (a) L'incertitude sur la mesure de d est $\pm 0,40$ cm ; l'incertitude sur h est trop petite pour être montrée. Dessinez des barres d'erreurs pour le point de données (0,2, 0,047) et le point de données (2,0, 0,10). [2]
- (b) Dessinez une droite de meilleur ajustement pour ces points de données. [2]
- (c) L'hypothèse initiale, faite par Gillian, était que le diamètre du cratère était directement proportionnel à l'énergie d'impact des billes en acier. Expliquez pourquoi les données ne soutiennent pas cette hypothèse. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)

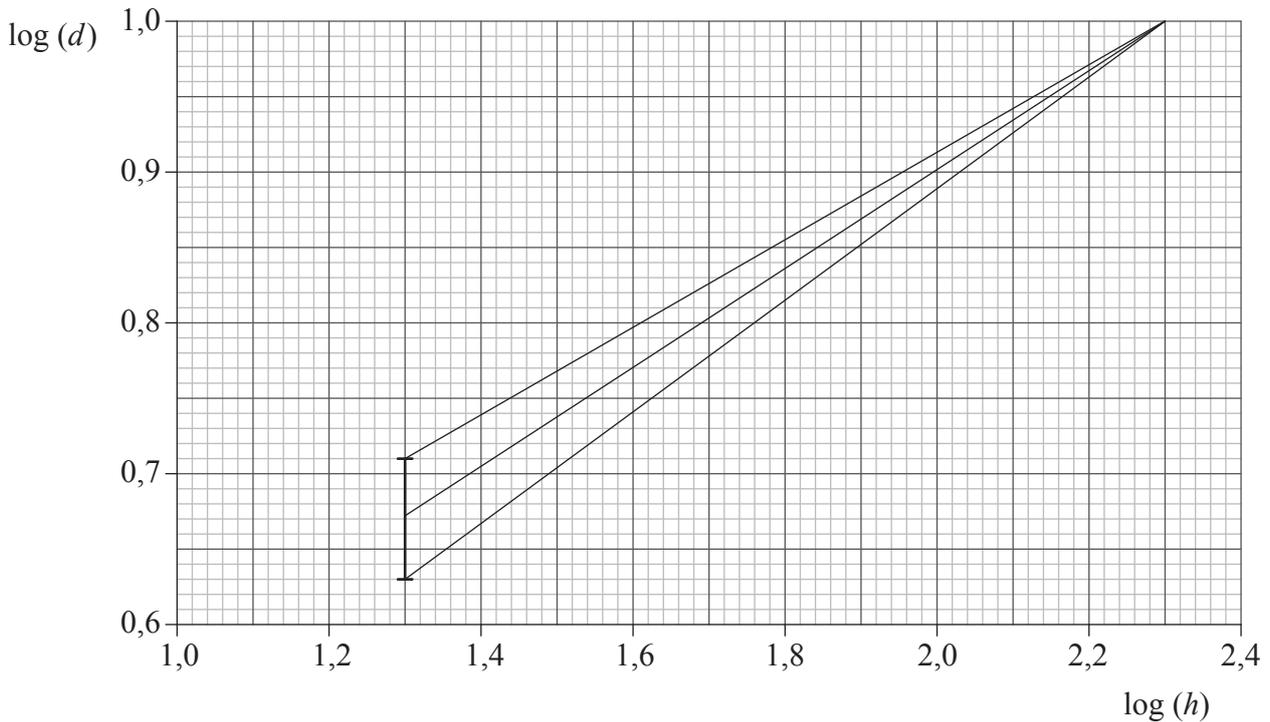


(Suite de la question A1)

- (d) Étant donné que les données de Gillian ne soutenaient pas son hypothèse, elle fit des recherches pour trouver d'autres hypothèses. Elle trouva qu'il y avait deux théories utilisées pour prédire un rapport entre d et h .

La théorie 1 prédit que $d = \text{const}(h)^{\frac{1}{3}}$ et la théorie 2 prédit que $d = \text{const}(h)^{\frac{1}{4}}$.

Afin de tester quelle théorie est soutenue par ses données, elle traça un graphique de $\log(d)$ en fonction de $\log(h)$. Ce graphique produisit une ligne droite qui pouvait être tracée à travers toutes les barres d'erreurs.



Le graphique comprend les droites ayant des pentes maximum et minimum basées sur la première barre d'erreur pour le premier point de données non nul et sur la dernière barre d'erreur. La dernière barre d'erreur est trop petite pour être montrée. Exprimez et expliquez si les données initiales soutiennent la théorie 1 **ou** la théorie 2.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



A2. Cette question porte sur la désintégration radioactive et sur l'énergie de liaison.

(a) Décrivez ce qu'on entend par désintégration radioactive. [2]

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

(b) Un noyau de potassium-40 (K-40) subit une désintégration radioactive en un noyau d'argon-40 (Ar-40). Dans l'équation de réaction ci-dessous, identifiez le nombre de protons Z d'argon et la particule x . [2]



Z :

x :

(c) La masse d'un noyau de K-40 est $37216 \text{ MeV}c^{-2}$. Déterminez l'énergie de liaison par nucléon de K-40. [4]

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

(d) Exprimez pourquoi l'énergie de liaison de Ar-40 est plus grande que celle de K-40. [1]

.....
.....



A3. Cette question porte sur le changement de phase d'un liquide et sur la chaleur latente de vaporisation.

(a) Exprimez la différence entre l'évaporation et l'ébullition en référence à

(i) la température. [1]

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

(ii) l'aire de surface d'un liquide. [1]

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

(b) Un liquide dans un calorimètre est chauffé à son point d'ébullition pendant une période de temps mesurée. Les données suivantes sont disponibles.

Puissance nominale de l'appareil de chauffage = 15 W
Temps pendant lequel le liquide est chauffé au point d'ébullition = $4,5 \times 10^2$ s
Masse de liquide évaporé = $1,8 \times 10^{-2}$ kg

Utilisez ces données pour déterminer la chaleur latente de vaporisation de ce liquide. [3]

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

(c) Exprimez et expliquez **une** raison pour laquelle le calcul en (b) donnera une valeur de la chaleur latente de vaporisation du liquide qui est plus grande que la valeur vraie. [2]

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



A4. Cette question porte sur la f.é.m. induite et les transformateurs.

- (a) Une des bobines d'un transformateur particulier est connectée en série avec un commutateur et une batterie. Cette bobine a une faible résistance. Lorsqu'on ferme ce commutateur, on observe que le courant prend un certain temps pour atteindre sa valeur constante finale. Expliquez cette observation en référence à la loi de Faraday et à la loi de Lenz. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Dans une centrale électrique particulière, la tension générée est élevée par un transformateur. La tension efficace est augmentée d'un facteur de 2×10^3 . La puissance de sortie de ce transformateur est transmise à une ville par des câbles.

- (i) Résumez ce qu'on entend par la valeur efficace d'une tension variant dans le temps. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Exprimez la meilleure estimation pour le facteur par lequel la perte d'énergie dans les câbles est réduite par suite de l'élévation de la tension. [1]

.....



A5. Cette question porte sur les ondes stationnaires.

(a) Exprimez **deux** propriétés d'une onde stationnaire. [2]

- 1.
.....
- 2.
.....

(b) Le schéma montre un tuyau d'orgue qui est ouvert à une extrémité.



La longueur de ce tuyau est l . La fréquence de la note fondamentale (première harmonique) émise par ce tuyau est 16 Hz.

(i) Sur le schéma, légendez avec la lettre P la position le long du tuyau où l'amplitude d'oscillation des molécules d'air est la plus grande. [1]

(ii) La vitesse du son dans l'air du tuyau est 330 m s^{-1} . Calculez la longueur l . [3]

-
-
-
-
-

(c) Utilisez votre réponse à la question (b)(ii) pour suggérer pourquoi il vaut mieux utiliser des tuyaux d'orgue qui sont fermés à une extrémité pour produire des notes à basse fréquence plutôt que des tuyaux qui sont ouverts aux deux extrémités. [2]

-
-
-
-



A6. Cette question porte sur la lumière polarisée.

(a) Distinguez entre lumière polarisée et lumière non polarisée. [2]

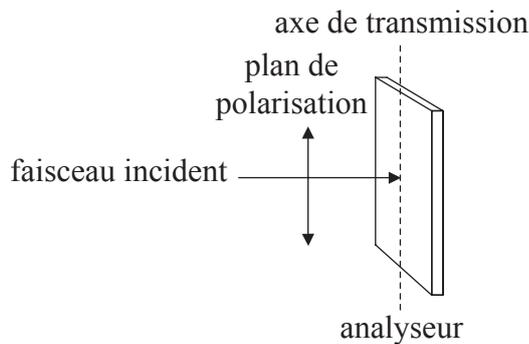
.....

.....

.....

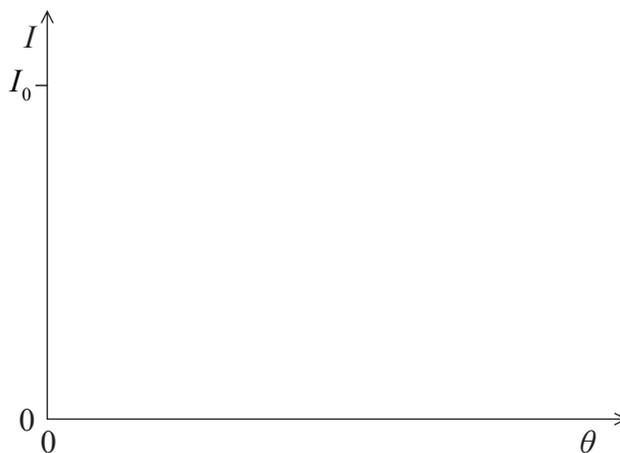
.....

(b) Un faisceau de lumière polarisée plane d'une intensité I_0 est incident sur un analyseur. La direction de ce faisceau est perpendiculaire au plan de l'analyseur.



L'angle entre l'axe de transmission de l'analyseur et le plan de polarisation de la lumière est θ . Dans la position montrée, l'axe de transmission de l'analyseur est parallèle au plan de polarisation de la lumière ($\theta=0$).

Sur les axes, esquissez un graphique pour montrer comment l'intensité I de la lumière transmise varie en fonction de θ tandis que l'analyseur est tourné de 180° . [2]



SECTION B

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

B1. Cette question est en **deux** parties. La **Partie 1** porte sur les champs électriques et la résistance électrique. La **Partie 2** porte sur la désintégration radioactive.

Partie 1 Champs électriques et résistance électrique

(a) Exprimez, en termes d'électrons, la différence entre un conducteur et un isolant. [1]

.....
.....

(b) Suggérez pourquoi il doit y avoir un champ électrique à l'intérieur d'un conducteur parcouru par un courant. [3]

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

(c) La grandeur de l'intensité du champ électrique à l'intérieur d'un conducteur est 55 NC^{-1} . Calculez la force sur un électron libre dans ce conducteur. [1]

.....
.....

(d) Définissez *résistance*. [1]

.....
.....

(e) Une résistance faite à partir d'un oxyde métallique a une résistance de $1,5 \Omega$. Cette résistance est sous la forme d'un cylindre d'une longueur de $2,2 \times 10^{-2} \text{ m}$ et d'un rayon de $1,2 \times 10^{-3} \text{ m}$. Calculez la résistivité de l'oxyde métallique. [2]

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

(Suite de la question à la page suivante)



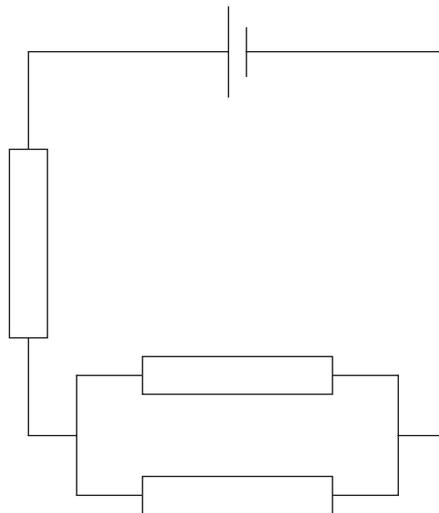
(Suite de la question B1, partie 1)

- (f) Le fabricant de la résistance en (e) garantit que sa résistance a une valeur de $1,5\Omega$ à $\pm 10\%$ près, à condition que la dissipation d'énergie dans la résistance ne dépasse pas $1,0\text{W}$. Calculez le courant maximum dans la résistance pour que la dissipation d'énergie soit égale à $1,0\text{W}$. [2]

.....

.....

- (g) Trois des résistances en (f) sont connectées dans le circuit ci-dessous.



La pile a une f.é.m. de $2,0\text{V}$ avec une résistance interne négligeable.

- (i) Définissez *f.é.m.* [1]

.....

.....

- (ii) Déterminez la puissance minimum et maximum qui pourrait être dissipée dans ce circuit. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1)

Partie 2 Désintégration radioactive

- (a) Les particules alpha produites dans la désintégration alpha ont des énergies discrètes. Suggérez comment cette observation fournit une preuve de l'existence des niveaux d'énergie nucléaires. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Un noyau de l'isotope fluor-18 se désintègre en un noyau d'oxygène-18 par l'émission d'un positron et d'un neutrino. Résumez comment la nature du spectre d'énergie de désintégration β du fluor-18 suggère l'existence du neutrino impliqué dans cette désintégration. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) Un échantillon récemment préparé de fluor-18 a une activité de 1,12 MBq. Son activité quatre heures plus tard est 0,246 MBq.

- (i) Montrez que la constante de désintégration pour le fluor-18 est environ $0,379 \text{ h}^{-1}$. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Calculez la demi-vie du fluor-18. [1]

.....

.....

- (d) L'énergie d'une particule bêta dans la désintégration de l'échantillon en (c) est $8,4 \times 10^{-15} \text{ J}$. Montrez que la longueur d'onde de Louis de Broglie de cette particule est $5,3 \times 10^{-12} \text{ m}$. [2]

.....

.....

.....

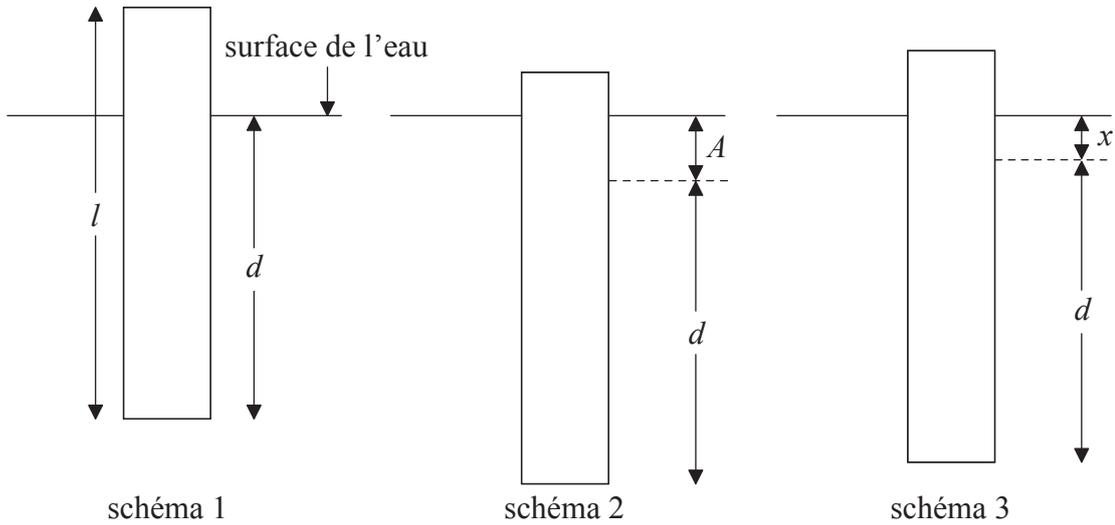
.....



B2. Cette question est en **deux** parties. La **Partie 1** porte sur les oscillations et les ondes. La **Partie 2** porte sur les gaz et les transformations thermodynamiques.

Partie 1 Oscillations et ondes

(a) Un morceau de bois rectangulaire d'une longueur l flotte dans l'eau avec son axe vertical comme montré sur le schéma 1.



La longueur du bois en dessous de la surface est d . Le bois est poussé verticalement vers le bas sur une distance A telle qu'une longueur de bois est encore au-dessus de la surface de l'eau comme montré sur le schéma 2. Le bois est alors relâché et oscille verticalement. À l'instant montré sur le schéma 3, le bois se déplace vers le bas et la longueur du bois en dessous de la surface est $d + x$.

(i) Sur le schéma 3, dessinez une flèche pour montrer la direction de l'accélération du bois. [1]

(ii) L'accélération a du bois (en m s^{-2}) est liée à x (en m) par l'équation suivante.

$$a = -\frac{14}{l}x$$

Expliquez pourquoi cette équation montre que le bois exécute un mouvement harmonique simple. [2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2, partie 1)

- (iii) La période d'oscillation du bois est de 1,4s. Montrez que la longueur l du bois est 0,70m. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Le bois en (a), tel que montré sur le schéma 2, est relâché au moment $t=0$. Sur les axes ci-dessous, esquissez un graphique pour montrer comment le vecteur vitesse v du bois varie en fonction du temps pendant une période d'oscillation. [1]



- (c) La distance A sur laquelle le bois est enfoncé initialement est 0,12m.
 - (i) Calculez la grandeur de l'accélération maximum du bois. [2]

.....

.....

.....

.....

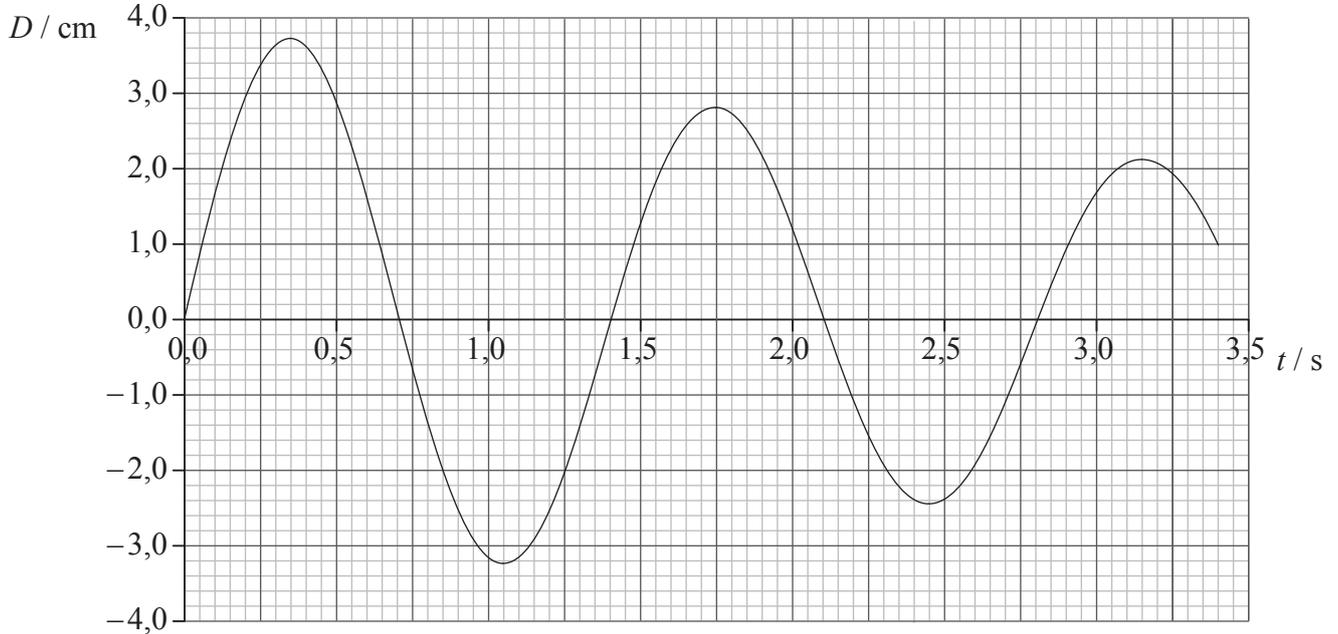
- (ii) Sur le graphique que vous avez esquisé en réponse à la question (b), légendez avec la lettre P un point où la grandeur de l'accélération est un maximum. [1]

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2, partie 1)

- (d) Les oscillations du bois produisent des ondes dans l'eau d'une longueur d'onde de 0,45 m. Le graphique montre comment le déplacement D de la surface de l'eau à une distance particulière du bois varie en fonction du temps t .



En utilisant le graphique, calculez

- (i) la vitesse des ondes. [2]

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

- (ii) le rapport entre le déplacement au moment $t = 1,75$ s et le déplacement au moment $t = 0,35$ s. [2]

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

- (iii) le rapport entre l'énergie de l'onde au moment $t = 1,75$ s et l'énergie au moment $t = 0,35$ s. [1]

.....
.....

(Suite de la question à la page suivante)



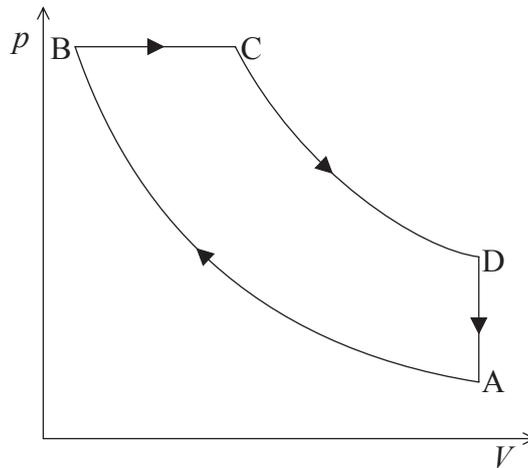
(Suite de la question B2)

Partie 2 Gaz et transformations thermodynamiques

- (a) Exprimez **une** façon dont un gaz réel diffère d'un gaz parfait. [1]

.....

- (b) Le schéma montre comment la pression p varie en fonction du volume V d'un gaz parfait qui subit un changement d'état cyclique.



AB et CD sont des changements d'état adiabatiques. La pression au point B est $1,8 \times 10^5$ Pa et le changement du volume du gaz entre B et C est $4,8 \times 10^{-4}$ m³.

- (i) Exprimez ce qu'on entend par changement d'état adiabatique. [1]

.....

- (ii) Le changement de volume du gaz entre B et C prend 0,020 s. Déterminez la puissance développée pendant ce changement d'état. [2]

.....

- (iii) Exprimez pendant quelle partie du cycle, de l'énergie thermique est transférée du gaz au milieu extérieur. [1]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2, partie 2)

(c) L'énergie transférée est dégradée. Expliquez ce qu'on entend par énergie dégradée. [2]

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

(d) Discutez comment votre réponse à la question (c) est liée au deuxième principe de la thermodynamique. [3]

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



B3. Cette question est en **deux** parties. La **Partie 1** porte sur les combustibles fossiles et l'effet de serre. La **Partie 2** porte sur le potentiel électrique.

Partie 1 Combustibles fossiles et effet de serre

(a) Exprimez **deux** raisons pour lesquelles la plus grande partie de la consommation d'énergie du monde est fournie par des combustibles fossiles. [2]

1.
.....

2.
.....

(b) Une centrale électrique a une puissance de sortie de 500 MW et un rendement global de 27%. Elle utilise comme combustible du gaz naturel qui a un pouvoir calorifique de 56 MJ kg⁻¹.

(i) Définissez *pouvoir calorifique*. [1]

.....
.....

(ii) Déterminez le taux de consommation de gaz naturel dans cette centrale électrique. [3]

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

(c) Résumez pourquoi l'effet de serre accentué peut entraîner une augmentation de la température de la surface de la Terre. [3]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3, partie 1)

- (d) (i) L'intensité solaire à la position de la Terre est 1380 W m^{-2} . L'albédo moyen de la Terre est 0,300. Exprimez pourquoi une valeur moyenne d'albédo est mentionnée. [1]

.....

- (ii) Montrez que l'intensité réfléchie moyenne depuis la Terre est environ 100 W m^{-2} . [4]

.....

- (e) Un des résultats attendus du réchauffement climatique est une élévation du niveau de la mer. L'augmentation de volume ΔV pour une augmentation de température ΔT est donnée par $\Delta V = \gamma V \Delta T$. Montrez, en utilisant les données ci-dessous, que l'élévation résultante du niveau de la mer est d'environ 0,5 m. [2]

Augmentation de température = $2,0^\circ\text{C}$
 Aire de la surface des océans sur la Terre = $3,6 \times 10^8 \text{ km}^2$
 Profondeur moyenne des océans = $3,0 \text{ km}$
 $\gamma = 8,8 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3)

Partie 2 Potentiel électrique

- (a) Définissez *potentiel électrique* en un certain point dans un champ électrique. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Le champ électrique à l'intérieur d'une sphère conductrice chargée est nul. Exprimez et expliquez pourquoi la valeur du potentiel à l'intérieur de cette sphère est constante. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) En 1914, Niels Bohr proposa un simple modèle de l'atome d'hydrogène dans lequel on suppose que l'électron est sur une orbite de rayon r autour du proton. L'électron et le proton sont tous deux considérés comme étant des charges ponctuelles.

- (i) On peut montrer que l'énergie cinétique E_k de l'électron est donnée par l'équation

$$E_k = \frac{ke^2}{2r}$$

dans laquelle k est la constante de Coulomb et e est la charge de l'électron. Déduisez une équation pour l'énergie totale E de l'électron. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Dans le modèle de Bohr, la grandeur de l'énergie minimum de l'électron est $2,2 \times 10^{-18}$ J. Estimez le rayon de l'orbite, dans laquelle l'électron a une énergie minimum. [2]

.....

.....

.....

.....



B4. Cette question est en **deux** parties. La **Partie 1** porte sur la quantité de mouvement, l'énergie et la puissance. La **Partie 2** porte sur les CCD et le stockage des données numériques.

Partie 1 Quantité de mouvement, énergie et puissance

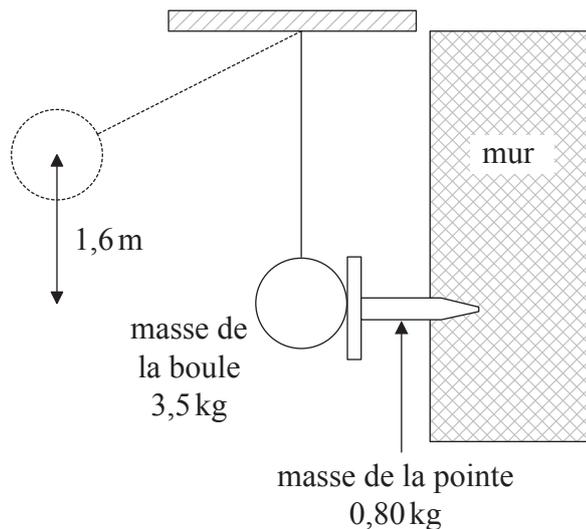
(a) Dans ses *Principia Mathematica*, Newton exprima sa troisième loi sur le mouvement comme : « à chaque action s'oppose toujours une réaction égale ». Exprimez ce que Newton signifiait par cette loi. [1]

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

(b) On lâche un livre et il tombe vers la surface de la terre. Discutez comment la conservation de la quantité de mouvement s'applique au système Terre-livre. [3]

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

(c) On utilise une grosse boule oscillante pour enfoncez une pointe en fer horizontale dans un mur vertical. Le centre de cette boule tombe d'une hauteur verticale de 1,6m avant de frapper la pointe dans la position montrée.



(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B4, partie 1)

La masse de la boule est 3,5 kg et la masse de la pointe est 0,80 kg. Juste après avoir frappé la pointe, la boule et la pointe se déplacent ensemble. Montrez que

(i) la vitesse de la boule lorsqu'elle frappe la pointe est $5,6 \text{ m s}^{-1}$. [1]

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

(ii) l'énergie dissipée par suite de la collision est d'environ 10 J. [4]

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

(d) Par suite de l'impact de la boule sur la pointe, la pointe est enfoncée dans le mur d'une distance de $7,3 \times 10^{-2} \text{ m}$. Calculez la force de frottement F , en supposant qu'elle est constante, entre la pointe et le mur. [3]

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

(e) La machine qui est utilisée pour élever la boule a une puissance de sortie utile de 18 W. Calculez le temps qu'il faut à cette machine pour élever la boule d'une hauteur de 1,6 m. [3]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B4)

Partie 2 CCD et stockage des données numériques

(a) Un objet doit être photographié en utilisant un appareil photo numérique.

(i) Exprimez le nom du phénomène dans lequel la lumière cause l'émission d'électrons depuis un pixel d'un CCD. [1]

.....

(ii) Résumez comment est formée l'image de cet objet sur le CCD. [2]

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

(b) Des photons sont incidents sur un des pixels du CCD à raison de $3,6 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$. Le pixel a une capacité de 34 pF et un rendement quantique de 80%. Déterminez la différence de potentiel de part et d'autre du pixel après une durée d'exposition de 15 ms. [4]

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

(c) Résumez, en référence à l'extraction de données stockées, pourquoi il vaut mieux stocker les données sous forme numérique plutôt que sous forme analogique. [3]

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

