



22136520



PHYSIQUE
NIVEAU SUPÉRIEUR
ÉPREUVE 2

Lundi 6 mai 2013 (matin)

2 heures 15 minutes

Numéro de session du candidat

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

Code de l'examen

2	2	1	3	–	6	5	2	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 toutes les questions.
- Section B : répondez à deux questions.
- Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.
- Une calculatrice est nécessaire pour cette épreuve.
- Un exemplaire non annoté du *Recueil de données de physique* est nécessaire pour cette épreuve.
- Le nombre maximum de points pour cette épreuve d'examen est [95 points].



0136

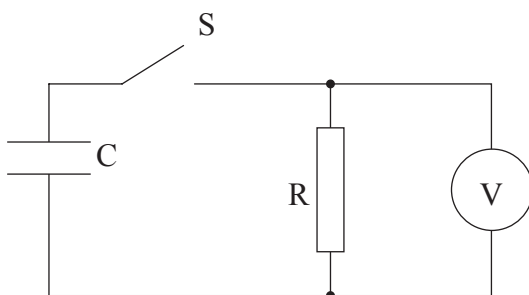
SECTION A

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

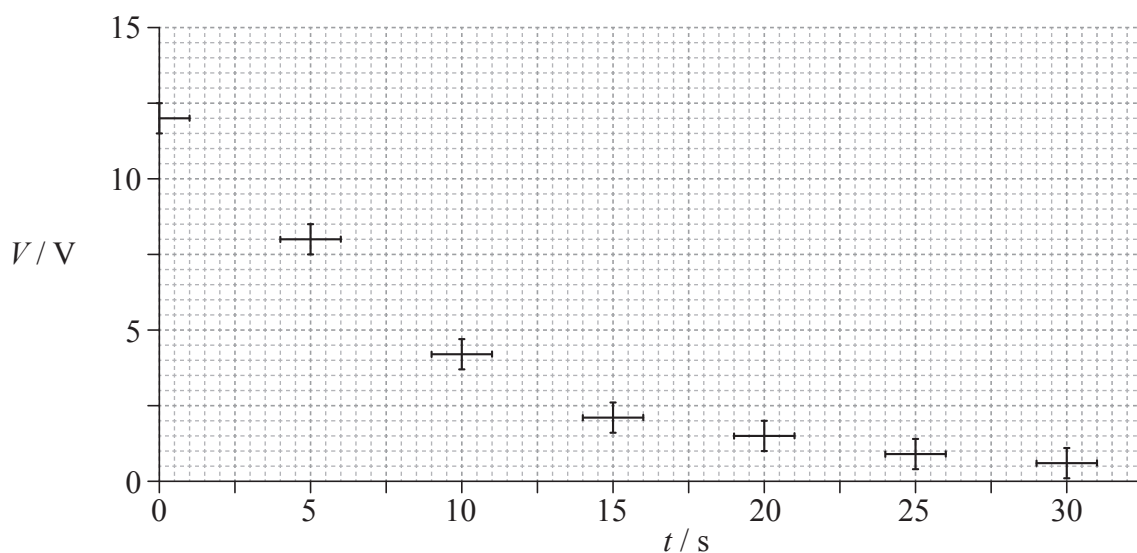
A1. Question sur l'analyse des données.

Un condensateur est un dispositif qu'on peut utiliser pour stocker une charge électrique.

- (a) Une expérience a été entreprise pour rechercher une des propriétés d'un condensateur placé dans un circuit. On a connecté un condensateur C via un commutateur S à une résistance R et à un voltmètre V .



La différence de potentiel initiale aux bornes de C était 12 V . On a fermé le commutateur S et on a mesuré la différence de potentiel V aux bornes de R à divers moments t . Les données recueillies, de même que les barres d'erreurs, sont portées sur le graphique ci-dessous.



(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A1)

- (i) Sur le graphique précédant, dessinez une courbe de meilleur ajustement pour ces données en commençant à partir de $t=0$. [2]
- (ii) On a émis l'hypothèse que la décroissance de la différence de potentiel aux bornes du condensateur était exponentielle. Déterminez, en utilisant le graphique, si cette hypothèse est vraie **ou** pas. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) La constante de temps τ du circuit est définie comme le temps qu'il faudrait au condensateur pour se décharger s'il continuait à se décharger à son régime initial. Utilisez le graphique de la question (a) pour calculer

- (i) le taux de désintégration initial de la différence de potentiel V . [2]

.....

.....

- (ii) la constante de temps τ . [1]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A1)

- (c) La constante de temps $\tau = RC$, où R est la résistance et C est une propriété appelée capacité. La résistance efficace dans le circuit est $10\text{ M}\Omega$. Calculez la capacité C . [1]

.....

.....

.....

A2. Cette question porte sur la cinématique.

- (a) Fiona fait tomber une pierre verticalement dans un puits d'eau depuis l'état de repos. Elle entend le plouf de la pierre qui heurte l'eau 1,6 s après que la pierre a quitté sa main. Estimez

- (i) la distance entre la main de Fiona et la surface de l'eau. [1]

.....

.....

- (ii) la vitesse à laquelle la pierre heurte l'eau. [2]

.....

.....

.....

.....

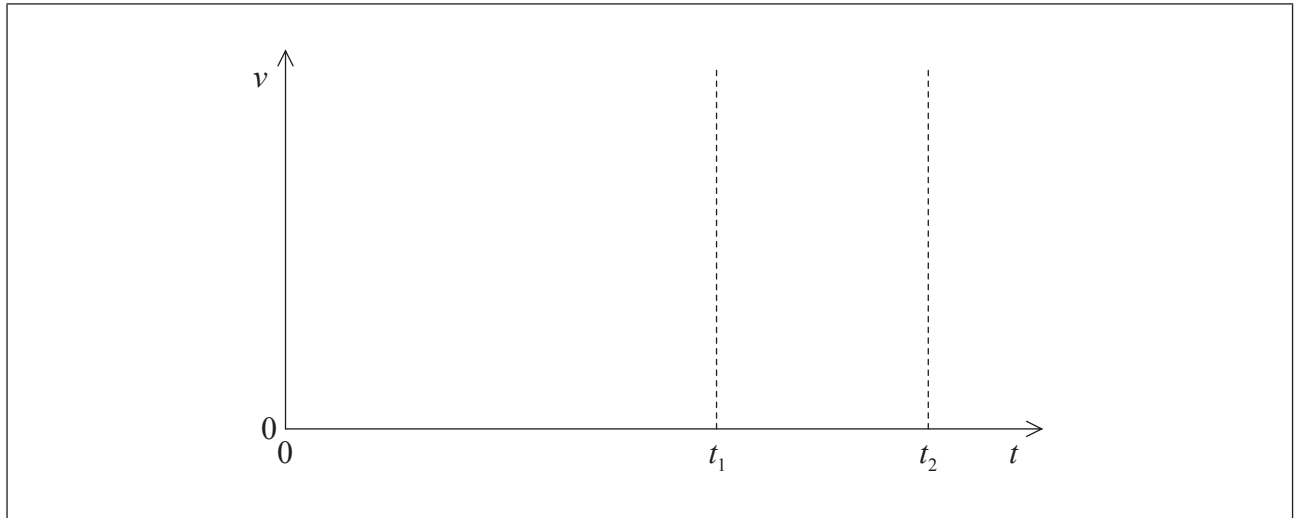
(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A2)

- (b) Après que la pierre dans la question (a) a heurté la surface de l'eau, elle atteint rapidement une vitesse limite tandis qu'elle tombe à travers l'eau. La pierre quitte la main de Fiona au moment $t=0$. Elle heurte la surface de l'eau au moment t_1 et elle arrive à l'état de repos au fond de l'eau au moment t_2 . En utilisant les axes ci-dessous, esquissez un graphique pour montrer comment la vitesse v de la pierre varie depuis le moment $t=0$ jusqu'à juste avant que $t=t_2$. (Il n'est pas nécessaire d'ajouter de valeurs quelconques aux axes.)

[3]



A3. Cette question porte sur les concepts thermiques.

(a) Distinguez entre énergie interne et énergie thermique (chaleur).

[2]

Énergie interne :

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

Énergie thermique :

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A3)

- (b) Un thermoplongeur de 300 W est placé dans un b cher contenant 0,25 kg d’eau à une température de 18 C. Ce thermoplongeur est branché pendant 120 s, après quoi la température de l’eau est 45 C. La capacité thermique du b cher est négligeable et la chaleur massique de l’eau est $4,2 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

- (i) Estimez le changement de l’énergie interne de l’eau.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Déterminez le taux avec lequel l’énergie thermique est transférée de l’eau au milieu extérieur pendant le temps où le thermoplongeur est branché.

[2]

.....

.....

.....

.....



A4. Cette question porte sur les réactions nucléaires et la désintégration radioactive.

(a) L'isotope tritium (hydrogène-3) a une demi-vie radioactive de 12 jours.

(i) Exprimez ce qu'on entend par le terme isotope.

[1]

.....

.....

.....

(ii) Définissez *demi-vie radioactive*.

[1]

.....

.....

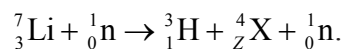
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A4)

- (b) Le tritium peut être produit en bombardant des noyaux de l'isotope lithium-7 avec des neutrons à haute énergie. L'équation de réaction pour cette interaction est



- (i) Identifiez le nombre de protons Z de X. [1]

$Z =$

- (ii) Utilisez les données ci-dessous pour montrer que l'énergie minimum qu'un neutron doit avoir pour déclencher la réaction dans la question (b)(i) est environ 2,5 MeV. [2]

Masse au repos du noyau de lithium-7 = 7,0160 u

Masse au repos du noyau de tritium = 3,0161 u

Masse au repos du noyau de X = 4,0026 u

.....

- (c) Un noyau de tritium se désintègre en un noyau d'hélium-3. Identifiez les particules X et Y dans l'équation de réaction nucléaire pour cette désintégration. [2]



X:

Y:



A5. Cette question porte sur le potentiel électrique et le champ électrique.

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

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Une sphère métallique d'un rayon de 0,080 m est chargée à un potentiel de 300 V.

- (i) Montrez que la grandeur de la charge électrique sur cette sphère est 2,7 nC. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Déterminez, en donnant une unité appropriée, l'intensité du champ électrique à une distance de 0,16 m du centre de cette sphère. [2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A5)

- (iii) Exprimez la valeur du gradient du potentiel électrique à une distance de 0,16 m du centre de cette sphère.

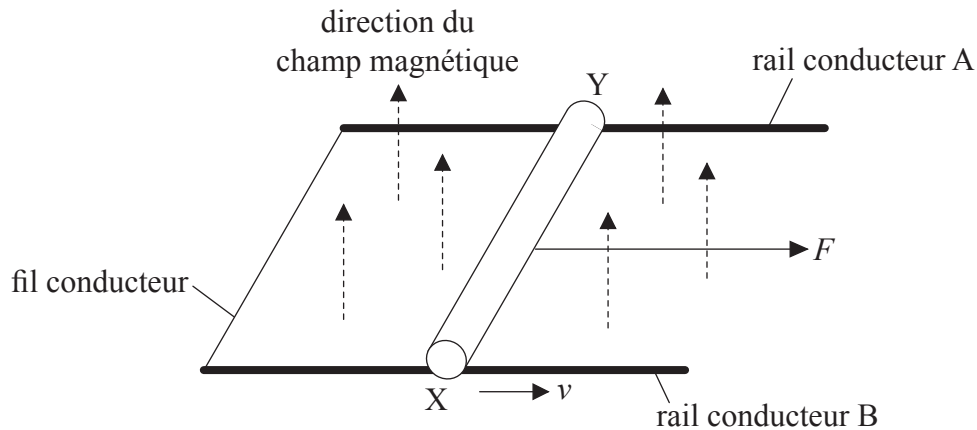
[1]

.....



A6. Cette question porte sur le mouvement d'une tige en cuivre dans un champ magnétique.

Une tige en cuivre XY est capable de bouger librement le long de deux rails conducteurs horizontaux parallèles A et B. Ces rails conducteurs sont dans une région de champ magnétique uniforme qui est dans une direction perpendiculaire au plan des rails. Ces rails sont connectés ensemble à une extrémité par un fil conducteur.



Dans la situation illustrée ci-dessus, la tige est déplacée le long des rails à une vitesse constante v par une force horizontale constante d'une grandeur F .

- (a) Expliquez pourquoi une force constante est nécessaire pour déplacer cette tige à une vitesse constante. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question A6)

- (b) Résumez comment votre réponse à la question (a) est liée à la loi de Lenz. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Il y a une différence de potentiel de 2,4 mV entre les extrémités de la tige en cuivre. La distance entre les rails conducteurs est 0,16 m. Déterminez la force magnétique sur un électron libre dans la tige en cuivre. [2]

.....

.....

.....

.....



SECTION B

Cette section comprend quatre questions : B1, B2, B3 et B4. Répondez à **deux** questions. Rédigez vos réponses dans les cases prévues à cet effet.

B1. Cette question comporte **deux** parties. La **Partie 1** porte sur la charge électrique et les circuits électriques. La **Partie 2** porte sur un cycle thermodynamique.

Partie 1 Charge électrique et circuits électriques

(a) Exprimez la loi de Coulomb.

[2]

.....

.....

.....

.....

(b) Dans un modèle simple de l'atome d'hydrogène, l'électron peut être considéré comme étant sur une orbite circulaire autour du proton. Le rayon de cette orbite est $2,0 \times 10^{-10} \text{ m}$.

(i) Déterminez la grandeur de la force électrique entre le proton et l'électron.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1, partie 1)

- (ii) Calculez la grandeur et exprimez la direction du champ électrique E due au proton à une distance de $2,0 \times 10^{-10}$ m du proton. [2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) La grandeur du champ gravitationnel dû au proton à une distance de $2,0 \times 10^{-10}$ m du proton est H .

Montrez que le rapport $\frac{H}{E}$ est de l'ordre de $10^{-28} \text{ C kg}^{-1}$. [2]

.....

.....

.....

.....

- (iv) L'électron orbital est transféré de son orbite à un point où le potentiel est nul. Le gain en énergie potentielle de cet électron est $5,4 \times 10^{-19}$ J. Calculez la valeur de la différence de potentiel grâce à laquelle cet électron est déplacé. [1]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1, partie 1)

- (c) Une pile électrique est un dispositif qui est utilisé pour transférer de l'énergie à des électrons dans un circuit. Un circuit particulier consiste en une pile d'une f.é.m. \mathcal{E} et d'une résistance interne r connectée en série avec une résistance d'une valeur de $5,0\,\Omega$.

- (i) Définissez *f.é.m. d'une pile*.

[1]

.....

.....

- (ii) L'énergie fournie par cette pile à un électron en le déplaçant sur la longueur du circuit est $5,1 \times 10^{-19}\text{ J}$. Montrez que la f.é.m. de cette pile est $3,2\text{ V}$.

[1]

.....

.....

- (iii) Chaque électron dans le circuit transfère une énergie de $4,0 \times 10^{-19}\text{ J}$ à la résistance de $5,0\,\Omega$. Déterminez la valeur de la résistance interne r .

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1)

Partie 2 Cycle thermodynamique

- (a) Exprimez **deux** différences macroscopiques entre un gaz réel et un gaz parfait. [2]

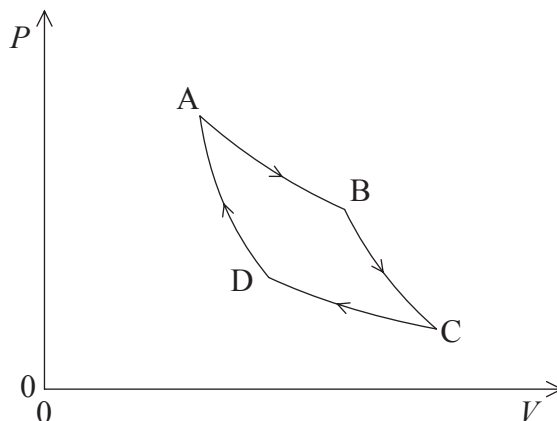
1.
2.

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1, partie 2)

- (b) Une masse fixe d'un gaz parfait subit un cycle thermodynamique ABCD. Le diagramme ci-dessous montre comment la pression P de ce gaz varie en fonction du volume V .



Les changements d'état de A à B et de C à D sont isothermes tandis que les changements d'état de B à C et de D à A sont adiabatiques.

Décrivez comment le travail effectué sur ou par un gaz est lié aux changements d'énergie interne de ce gaz pour

- (i) un changement adiabatique.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) un changement isotherme.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B1, partie 2)

- (c) Exprimez et expliquez dans quelle partie de ce cycle il y a un transfert d'énergie non mécanique du gaz au milieu extérieur. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



- B2.** Cette question comporte **deux** parties. La **Partie 1** porte sur la production d'énergie et l'effet de serre. La **Partie 2** porte sur la résolution et la polarisation optiques.

Partie 1 Production d'énergie et l'effet de serre

- (a) La centrale thermique alimentée au charbon de Drax a une puissance de production de 4,0 GW. Le rendement de cette centrale est de 40%. Le pouvoir calorifique du charbon utilisé est 24 MJ kg^{-1} . Estimez la masse minimum de charbon qui est brûlée chaque année ($1 \text{ année} = 3,2 \times 10^7 \text{ s}$). [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Discutez **un** avantage et **un** désavantage de l'utilisation de la production d'énergie nucléaire par rapport à l'utilisation de la production d'énergie au charbon. [4]

Avantage :

.....

.....

.....

Désavantage :

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2, partie 1)

- (c) Il a été suggéré qu'un parc éolien pourrait remplacer la centrale de Drax. En utilisant les données ci-dessous, déterminez la surface que ce parc éolien occuperait afin d'avoir la même puissance de production que la centrale de Drax. [4]

Rayon des pales des éoliennes	= 42 m
Surface requise par chaque éolienne	= $5,0 \times 10^4 \text{ m}^2$
Rendement d'une éolienne	= 30 %
Vitesse annuelle moyenne du vent	= 12 m s^{-1}
Densité annuelle moyenne de l'air	= $1,2 \text{ kg m}^{-3}$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (d) L'énergie éolienne n'implique pas la production de gaz à effet de serre. Résumez pourquoi la température de surface de la Terre est plus haute que celle à laquelle on s'attendrait sans l'effet de serre. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2, partie 1)

- (e) L'intensité solaire moyenne incidente à la surface de la Terre est 238 W m^{-2} . En supposant que l'émissivité de la surface de la Terre est 1,0, estimez la température de surface moyenne s'il n'y avait pas d'effet de serre. [2]

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

(Suite de cette question à la page 24)



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

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



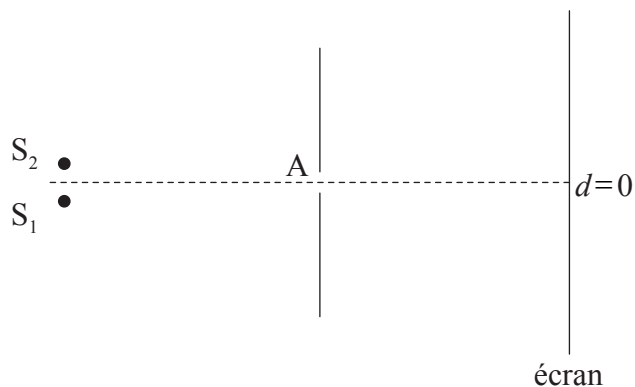
2336

Tournez la page

(Suite de la question B2, page 22)

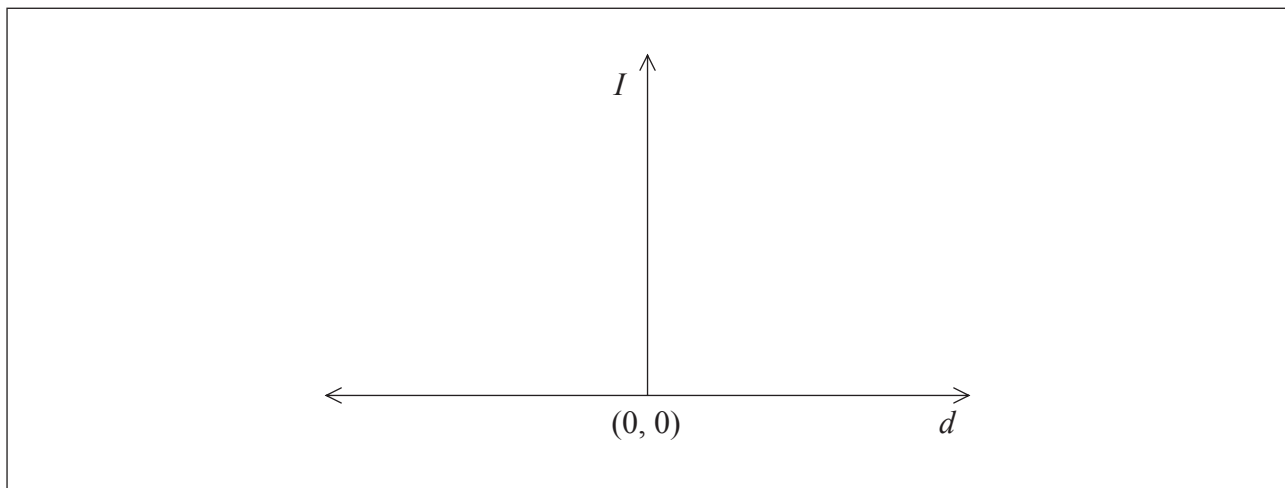
Partie 2 Résolution optique et polarisation

- (a) Une lumière émise par deux sources ponctuelles monochromatiques S_1 et S_2 est incidente sur une ouverture circulaire A.



Après être passée à travers cette ouverture, cette lumière est incidente sur un écran éloigné. Les images de S_1 et S_2 formées sur cet écran sont juste résolues selon le critère de Rayleigh. Esquissez, en utilisant les axes ci-dessous, la variation, en fonction de la distance d , de l'intensité I de la lumière émise par S_1 et S_2 sur l'écran. Légendez les deux distributions S_1 et S_2 respectivement.

[3]



(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B2, partie 2)

- (b) La Lune s'éloigne progressivement de la Terre. À l'œil nu, la pleine Lune apparaît comme un disque. Lorsque la Lune sera à une distance d de la Terre, l'œil verra la Lune comme une seule source ponctuelle de lumière et pas comme un disque. Montrez, en utilisant les données ci-dessous, que d est environ 3×10^{10} m. [3]

Diamètre de la Lune $= 3,5 \times 10^6$ m
 Diamètre de la pupille de l'œil $= 4,0$ mm
 Longueur d'onde moyenne de la lumière émise par la Lune $= 4,2 \times 10^{-7}$ m

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) La lumière de la Lune réfléchiée depuis la surface de l'eau est partiellement polarisée.

- (i) Exprimez ce qu'on entend par lumière polarisée. [1]

.....

.....

- (ii) La lumière de la Lune réfléchiée à un certain angle depuis la surface de la Mer Méditerranée est complètement polarisée. Calculez la valeur de l'angle entre la lumière réfléchiée et la surface de l'eau à laquelle cela se produit. L'indice de réfraction moyen de la Mer Méditerranée pour la lumière de la Lune est 1,4. [2]

.....

.....

.....

.....



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

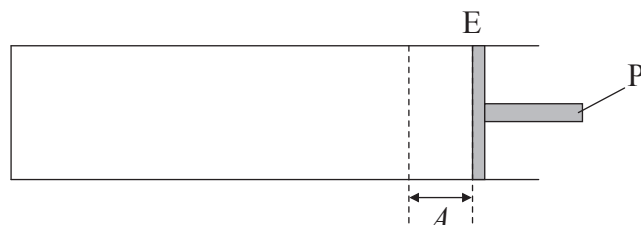
Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



- B3.** Cette question comporte **deux** parties. La **Partie 1** porte sur le mouvement harmonique simple (MHS) et les ondes. La **Partie 2** porte sur un dispositif de transfert de charge (CCD).

Partie 1 Mouvement harmonique simple (MHS) et ondes

- (a) Un gaz est contenu dans un cylindre horizontal par un piston P bougeant librement. Initialement, P est au repos dans la position d'équilibre E.



Ce piston P est déplacé d'une petite distance A à partir de E et il est relâché. Il en résulte que P exécute un mouvement harmonique simple (MHS).

Définissez *mouvement harmonique simple* tel qu'il est appliqué à P.

[2]

.....

.....

.....

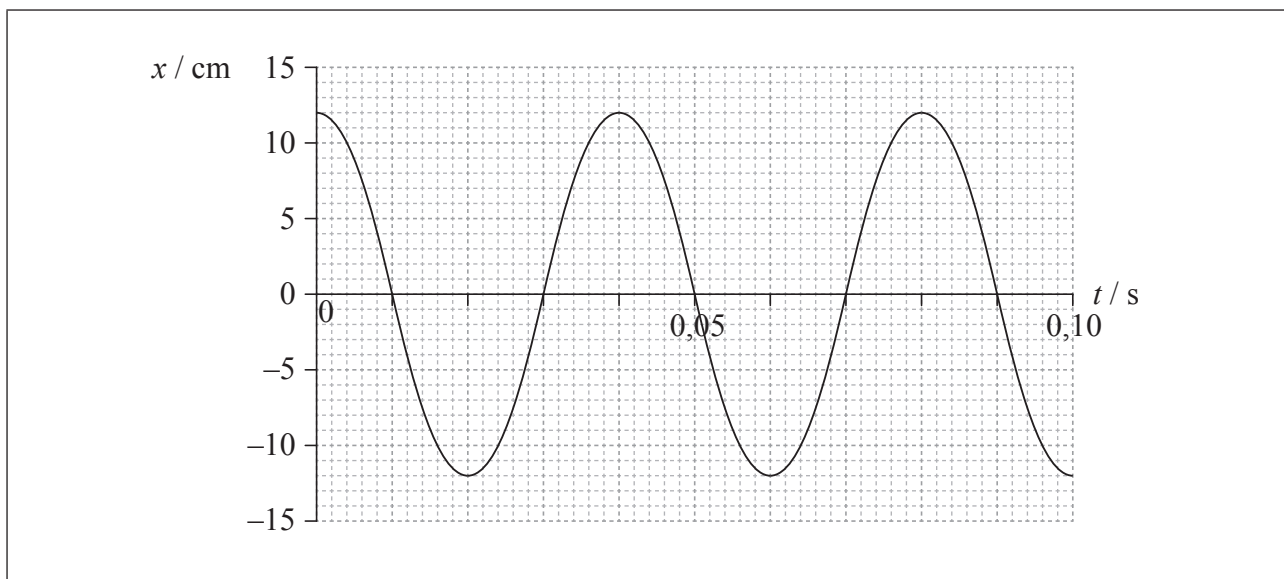
.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3, partie 1)

- (b) Le graphique ci-dessous montre comment le déplacement x du piston P dans la question (a) depuis l'équilibre varie en fonction du temps t .



- (i) Exprimez la valeur du déplacement A tel qu'il est défini dans la question (a). [1]

.....

- (ii) Sur le graphique, identifiez, en utilisant la lettre M, un point où la grandeur de l'accélération de P est un maximum. [1]

- (iii) Déterminez, en utilisant les données sur le graphique et votre réponse à (b)(i), la grandeur de l'accélération maximum de P. [3]

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3, partie 1)

- (iv) La masse de P est 0,32 kg. Déterminez l'énergie cinétique de P au moment $t=0,052$ s. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Les oscillations de P établissent initialement une onde longitudinale dans le gaz.

- (i) Décrivez, en référence au transfert d'énergie, la différence entre une onde longitudinale et une onde transversale. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) La vitesse de cette onde dans le gaz est 340ms^{-1} . Calculez la longueur d'onde de cette onde dans le gaz. [2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



Tournez la page

(Suite de la question B3)

Partie 2 Dispositif de transfert de charge (CCD)

- (a) Un dispositif de transfert de charge (CCD) consiste en une puce de silicium divisée en petites parties appelées pixels. Chaque pixel a une propriété appelée capacité.

- (i) Définissez *capacité*.

[1]

.....
.....

- (ii) Expliquez comment une lumière incidente sur un pixel entraîne une accumulation de charge électrique sur ce pixel.

[3]

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

- (iii) Résumez quelles informations sont récupérées de ce pixel afin de produire une image sur le CCD.

[2]

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

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B3, partie 2)

- (b) Chaque pixel d'un CCD particulier a une surface de $1,5 \times 10^{-10} \text{ m}^2$ et une capacité de $1,2 \text{ nF}$. Une lumière d'une fréquence de $5,8 \times 10^{14} \text{ Hz}$ et d'une intensité de $4,0 \times 10^2 \text{ W m}^{-2}$ est incidente sur un CCD pendant un temps de $3,0 \text{ ms}$. En supposant que le rendement quantique de ce pixel est 70% , déterminez la différence de potentiel développée de part et d'autre de ce pixel.

[5]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



- B4.** Cette question comporte **deux** parties. La **Partie 1** porte sur la quantité de mouvement et l'énergie. La **Partie 2** porte sur l'hypothèse de Louis de Broglie et la désintégration radioactive.

Partie 1 Quantité de mouvement et énergie

- (a) Définissez *quantité de mouvement*. [1]

.....

.....

- (b) Exprimez la loi de la conservation de la quantité de mouvement. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) Éloignée de tout objet massif, une fusée spatiale se déplace avec un vecteur vitesse constant. Les moteurs de cette fusée spatiale sont mis en marche et elle accélère en brûlant du carburant et en éjectant des gaz. Discutez comment la loi de la conservation de la quantité de mouvement se rapporte à cette situation. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B4, partie 1)

- (d) Jane et Joe sont deux patineurs sur glace initialement au repos sur une patinoire horizontale. Ils sont en face l'un de l'autre et Jane tient une balle. Jane lance la balle à Joe qui l'attrape. La vitesse à laquelle la balle quitte Jane, mesurée par rapport au sol, est $8,0 \text{ m s}^{-1}$. Les données suivantes sont disponibles.

Masse de Jane = 52 kg

Masse de Joe = 74 kg

Masse de la balle = 1,3 kg

Utilisez ces données pour calculer

- (i) la vitesse v de Jane par rapport au sol juste après qu'elle a lancé la balle. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) la vitesse V de Joe par rapport au sol juste après qu'il a attrapé la balle. [2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B4, partie 1)

- (e) Jane et Joe sont initialement séparés de 4,0 m. La force de frottement moyenne entre leurs patins et la glace est 0,12 N. Montrez que la distance entre Jane et Joe après que la balle a été lancée et qu'ils sont de nouveau au repos est d'environ 20 m.

[5]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Partie 2 Hypothèse de Louis de Broglie et désintégration radioactive

- (a) Décrivez l'hypothèse de Louis de Broglie.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Suite de la question à la page suivante)



(Suite de la question B4, partie 2)

- (b) Un positron a une longueur d'onde de Louis de Broglie de $1,8 \times 10^{-10}$ m. Déterminez la fréquence d'un photon gamma (γ) qui a la même énergie que ce positron. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) Des positrons et des photons gamma sont émis lors de la désintégration de l'isotope radioactif potassium-40 (K-40) en l'isotope stable argon (Ar).

- (i) Résumez l'origine des photons gamma dans cette désintégration. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Au moment où la Terre fut formée, les roches contenaient du K-40. Dans un échantillon particulier de roches, on a trouvé que 90% des noyaux du K-40 initial s'étaient désintégrés. La demi-vie du K-40 est $1,3 \times 10^9$ an. Déterminez l'âge de la Terre. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



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

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



3636