



Physique
Niveau supérieur
Épreuve 3

Lundi 11 mai 2015 (après-midi)

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).
- Répondez à toutes les questions de deux des options.
- 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 **[60 points]**.

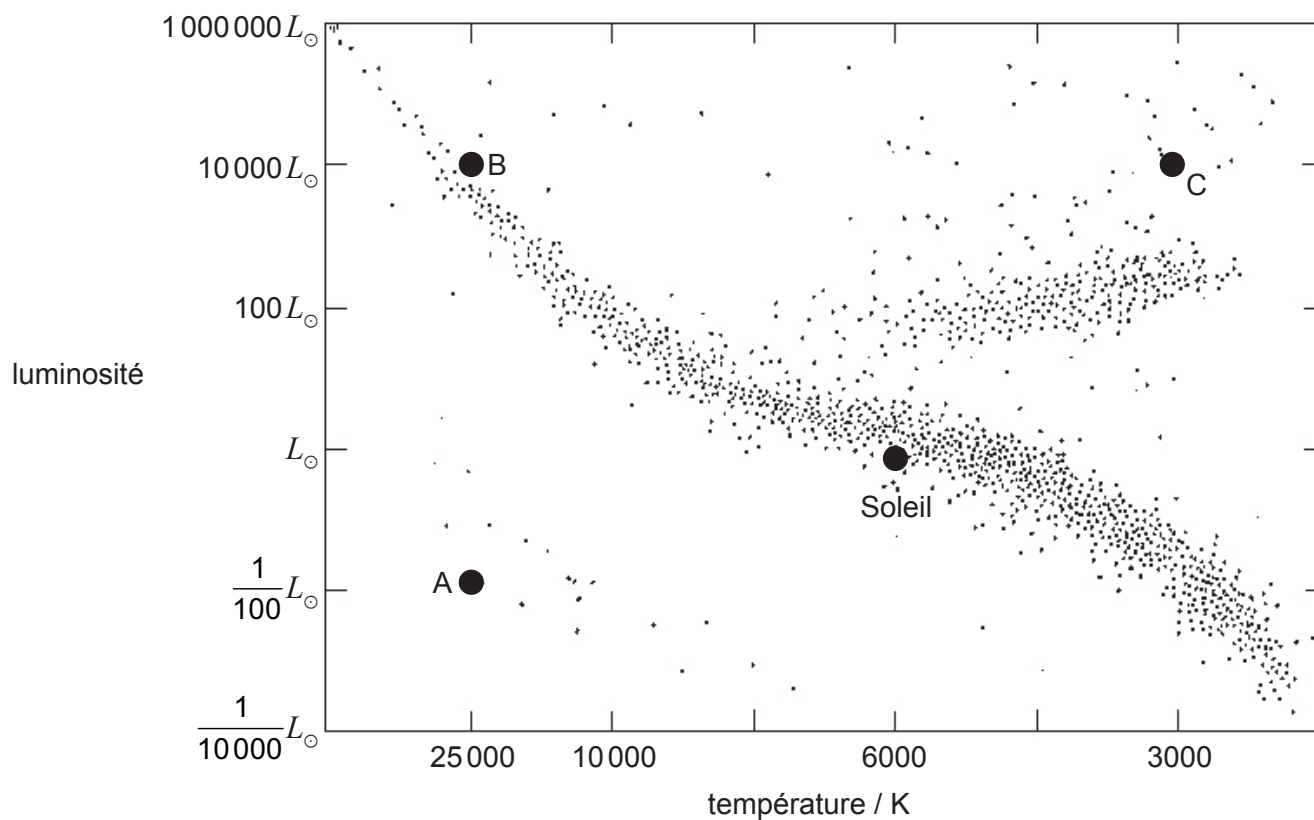
| Option | Questions |
|-------------------------------------|-----------|
| Option E — Astrophysique | 1 – 5 |
| Option F — Communication | 6 – 9 |
| Option G — Ondes électromagnétiques | 10 – 13 |
| Option H — Relativité | 14 – 18 |
| Option I — Physique médicale | 19 – 22 |
| Option J — Physique des particules | 23 – 26 |



Option E — Astrophysique

1. Cette question porte sur les étoiles.

Le diagramme de Hertzsprung–Russell (HR) montre la position du Soleil et de trois étoiles légendées A, B et C.



(a) Exprimez le type d'étoile pour A, B et C.

[3]

| | |
|-----|-------|
| A : | |
| B : | |
| C : | |

(L'option E continue sur la page suivante)



(Option E, suite de la question 1)

- (b) Déterminez le rapport $\frac{\text{rayon de B}}{\text{rayon de A}}$. [2]

.....

.....

.....

.....

- (c) La brillance stellaire apparente de C est $3,8 \times 10^{-10} \text{ W m}^{-2}$. La luminosité du Soleil est $3,9 \times 10^{26} \text{ W}$.

- (i) Exprimez ce qu'on entend par brillance stellaire apparente et par luminosité. [2]

Brillance stellaire apparente :

.....

.....

Luminosité :

.....

.....

- (ii) Déterminez la distance de l'étoile C de la Terre. [2]

.....

.....

.....

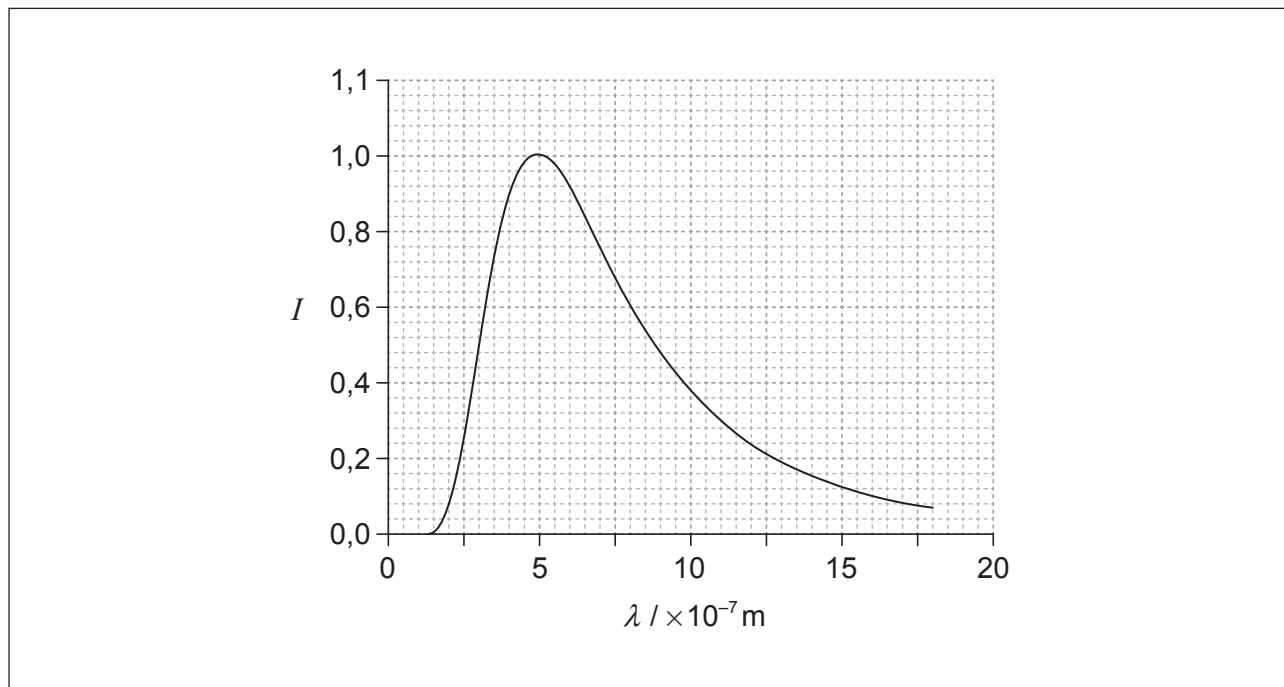
.....

(L'option E continue sur la page suivante)



(Option E, suite de la question 1)

- (d) Le graphique montre la variation, en fonction de la longueur d'onde λ , de l'intensité I du rayonnement émis par $1,0 \text{ m}^2$ de la surface du Soleil. La courbe du graphique a été ajustée de manière à ce que l'intensité maximum soit 1.



Sur le quadrillage, dessinez un graphique correspondant pour l'étoile C. Votre courbe devrait avoir une intensité maximum de 1.

[2]

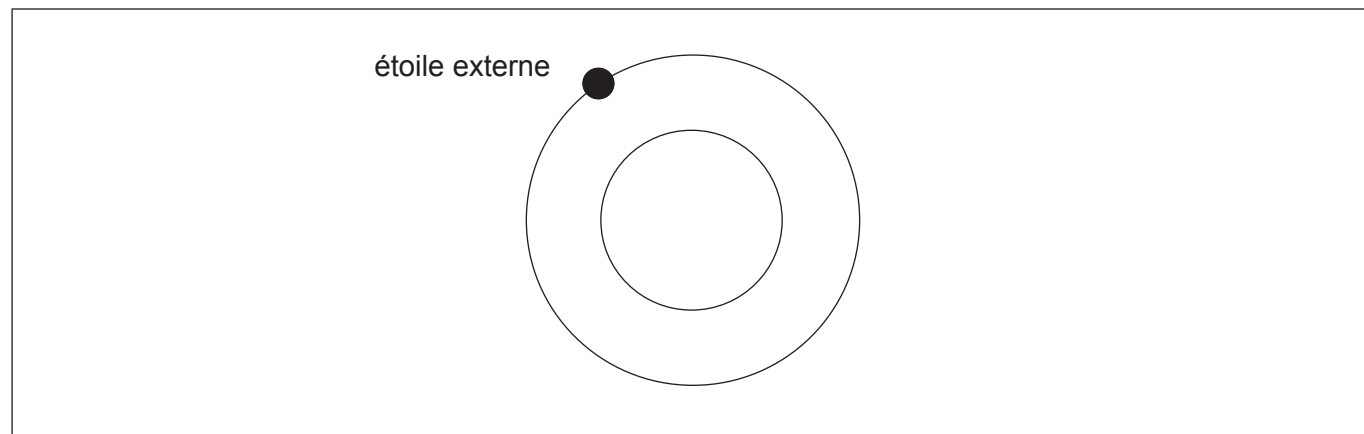
(L'option E continue sur la page suivante)



(Suite de l'option E)

2. Cette question porte sur les étoiles binaires à éclipse.

Les deux cercles dans le diagramme représentent les orbites de deux étoiles dans un système d'étoiles binaires. La position de l'étoile externe est montrée.



(a) Sur le diagramme, dessinez un point pour indiquer la position de la deuxième étoile. Légendez le S. [1]

(b) Exprimez **une** condition qui doit être remplie pour que ce système soit classé comme étant un système d'étoiles binaires à éclipse. [1]

.....

.....

(c) Ces deux étoiles ont le même rayon mais une brillance stellaire apparente différente. La période de révolution de ces deux étoiles est 10 ans. Sur les axes, esquissez un graphique pour montrer la variation, en fonction du temps t , de la brillance stellaire apparente combinée b de ces deux étoiles. [2]



(L'option E continue sur la page suivante)



48EP05

Tournez la page

(Suite de l'option E)

3. Cette question porte sur l'univers en expansion.

Depuis 1929, on pense que l'univers est en expansion.

(a) Exprimez ce qu'on entend par l'expansion de l'univers. [1]

.....

.....

.....

.....

(b) Le décalage vers le rouge de la lumière provenant de galaxies éloignées fournit la preuve d'un univers en expansion.

(i) Exprimez **une** autre preuve à l'appui d'un univers en expansion. [1]

.....

.....

(ii) Expliquez comment votre réponse à la question (b)(i) est une preuve pour le modèle du big-bang de l'univers. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(L'option E continue sur la page suivante)



(Suite de l'option E)

4. Cette question porte sur l'évolution stellaire.

- (a) La masse d'une étoile de la séquence principale est deux masses solaires. Estimez, en termes de la luminosité solaire, la plage de valeurs possibles pour la luminosité de cette étoile.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (b) L'étoile dans la question (a) finira par quitter la séquence principale.

Exprimez

- (i) la condition qui doit être satisfaite pour que cette étoile finisse par devenir une naine blanche.

[1]

.....

.....

- (ii) la source de l'énergie que cette étoile naine blanche rayonne dans l'espace.

[1]

.....

.....

- (iii) **un** élément probable, autre que l'hydrogène et l'hélium, qu'on peut trouver dans une naine blanche.

[1]

.....

(L'option E continue sur la page suivante)



(Option E, suite de la question 4)

- (c) Expliquez pourquoi une naine blanche maintient un rayon constant. [2]

.....

.....

.....

.....

5. Cette question porte sur la loi de Hubble.

- (a) Une galaxie éloignée d'une distance d émet une lumière d'une longueur d'onde λ . Montrez que le décalage de la longueur d'onde $\Delta\lambda$, tel qu'il est mesuré sur la Terre, est donné par

$$\Delta\lambda = \frac{H_0 d \lambda}{c}$$

où H_0 est la constante de Hubble. [1]

.....

.....

.....

.....

- (b) Une lumière d'une longueur d'onde de 620 nm est émise depuis une galaxie éloignée. Le décalage de la longueur d'onde mesuré sur la Terre est 35 nm. Déterminez la distance de cette galaxie en utilisant une constante de Hubble de $68 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$. [2]

.....

.....

.....

.....

Fin de l'option E



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

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



48EP09

Tournez la page

Option F — Communication

6. Cette question porte sur la modulation d'amplitude (AM).

(a) Décrivez ce qu'on entend par modulation d'amplitude (AM).

[2]

.....

.....

.....

.....

(b) Une onde porteuse a une fréquence de 540 kHz. Elle est modulée en amplitude par une onde signal d'une fréquence de 4,0 kHz.

(i) Exprimez la largeur de bande de cette onde porteuse modulée.

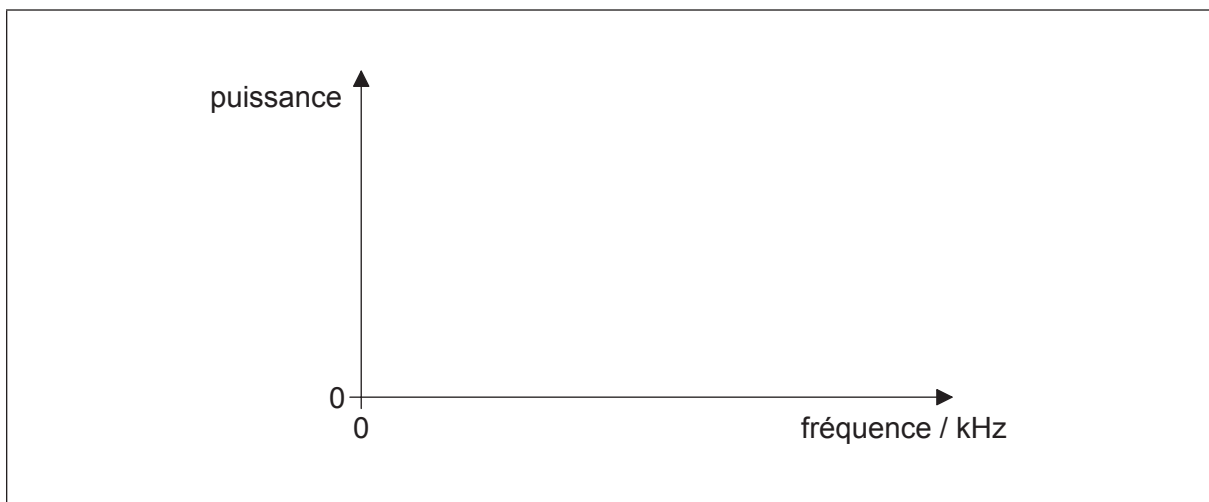
[1]

.....

.....

(ii) Sur les axes, esquissez le spectre de puissance de cette onde porteuse modulée.

[2]

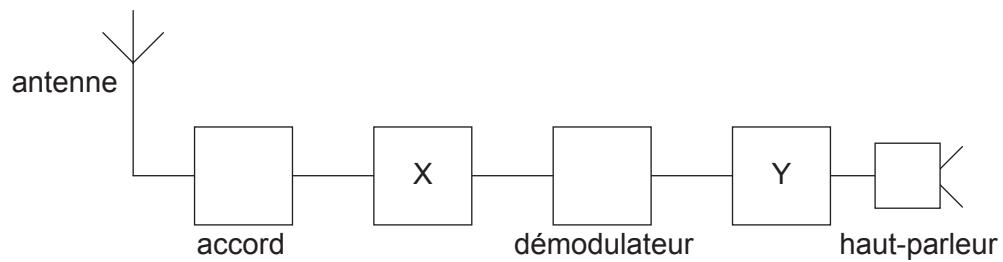


(L'option F continue sur la page suivante)



(Option F, suite de la question 6)

- (c) Le schéma fonctionnel montre un récepteur radio AM.



Identifiez les blocs légendés X et Y.

[2]

X :

Y :

7. Cette question porte sur les signaux numériques.

- (a) On fait un enregistrement sur deux canaux (stéréo) à une fréquence d'échantillonnage de 44,1 kHz, en utilisant un échantillonnage 16 bits dans chaque canal.

- (i) Déterminez le débit binaire pendant cet enregistrement.

[1]

.....

- (ii) Déterminez la durée d'un échantillon.

[2]

.....

(L'option F continue sur la page suivante)



48EP11

Tournez la page

(Option F, suite de la question 7)

- (b) Expliquez **un** changement qu'on pourrait apporter à ce processus pour améliorer la qualité de la transmission.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (c) L'échantillon est numérisé. On utilise un multiplexage temporel pour envoyer ce signal numérique à un émetteur radio. Décrivez ce qu'on entend par multiplexage temporel.

[2]

.....

.....

.....

.....

(L'option F continue sur la page suivante)



(Suite de l'option F)

8. Cette question porte sur la transmission par fibres optiques.

(a) Expliquez, en référence à l'angle critique, ce qu'on entend par réflexion totale interne. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Dans une fibre optique, l'indice de réfraction du cœur est 1,62. L'indice de réfraction pour la gaine est 1,50. Déterminez l'angle critique pour l'interface entre le cœur et la gaine. [2]

.....

.....

.....

.....

(c) Exprimez **un** effet de la dispersion sur une impulsion qui s'est propagée le long d'une fibre optique. [1]

.....

.....

(L'option F continue sur la page suivante)



(Suite de l'option F)

9. Cette question porte sur un amplificateur opérationnel (amp. op.) parfait.

(a) Exprimez **deux** propriétés d'un amplificateur opérationnel (amp. op.) parfait.

[2]

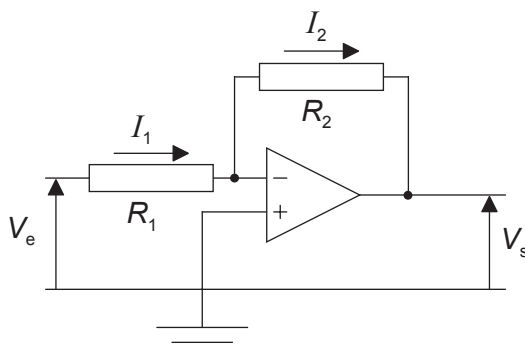
.....

.....

.....

.....

(b) Le schéma montre un amp. op. connecté comme un amplificateur inverseur. La tension d'entrée est V_e et la tension de sortie est V_s .



Montrez que le gain de cet amplificateur est $\frac{V_s}{V_e} = -\frac{R_2}{R_1}$.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(L'option F continue sur la page suivante)



(Option F, suite de la question 9)

- (c) L'amp. op. dans la question (b) est alimenté en courant par une alimentation à $\pm 15\text{ V}$.
La résistance R_1 est $50\text{ k}\Omega$ et la résistance de R_2 est $600\text{ k}\Omega$.

- (i) Déterminez la tension de sortie V_s lorsque la tension d'entrée V_e est $0,70\text{ V}$. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Estimez la tension de sortie V_s lorsque la tension d'entrée V_e est $1,7\text{ V}$. [1]

.....

.....

- (iii) Résumez le raisonnement pour votre réponse à la question (c)(ii). [2]

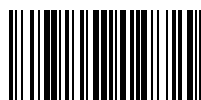
.....

.....

.....

.....

Fin de l'option F



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

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



Option G — Ondes électromagnétiques

10. Cette question porte sur les ondes électromagnétiques (EM) et les lasers.

(a) Résumez la nature des ondes électromagnétiques (EM). [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Distinguez entre l'absorption et la dispersion du rayonnement EM. [2]

.....

.....

.....

.....

(c) Exprimez **une** application de la technologie laser. [1]

.....

.....

.....

.....

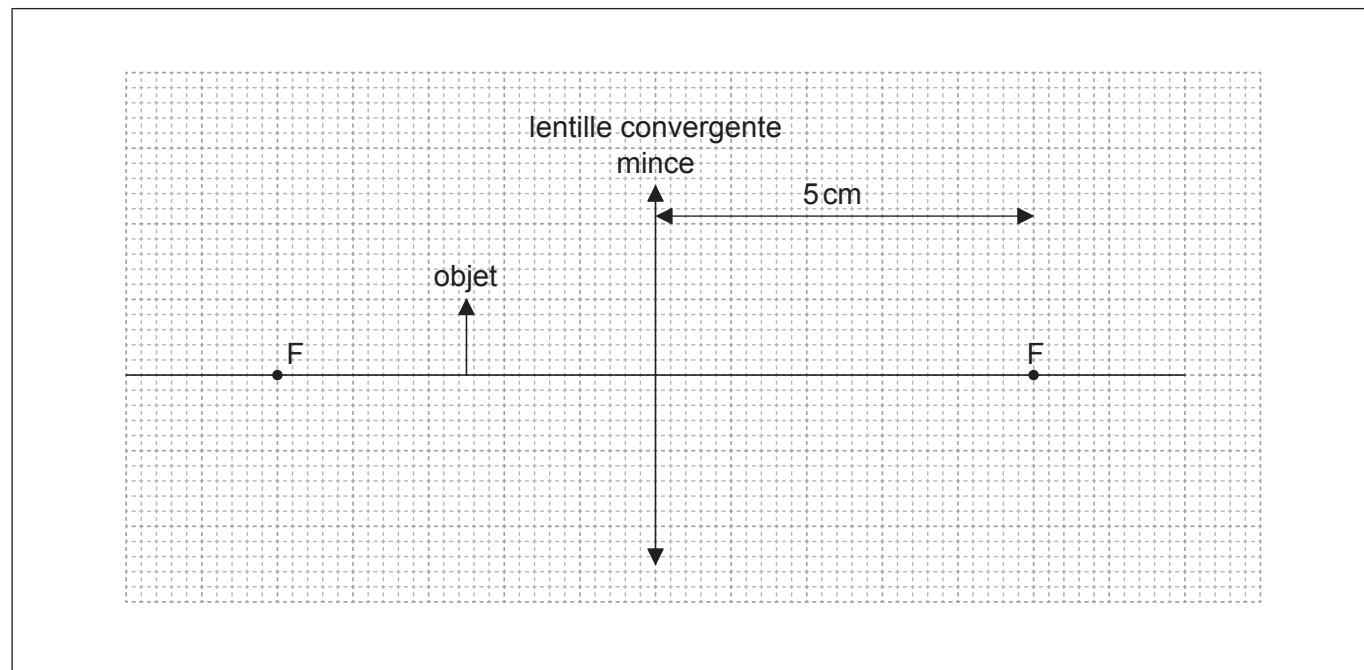
(L'option G continue sur la page suivante)



(Suite de l'option G)

11. Cette question porte sur une lentille convergente (convexe) mince.

Le diagramme montre un objet placé devant une lentille convergente mince.



Les foyers de cette lentille sont légendés F.

(a) (i) En utilisant le diagramme, déterminez la puissance de cette lentille. [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) Sur le diagramme, construisez des lignes pour montrer comment l'image de l'objet est formée par la lentille. [3]

(L'option G continue sur la page suivante)



(Option G, suite de la question 11)

- (iii) Exprimez et expliquez si cette image est une image réelle **ou** une image virtuelle. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Argus utilise un télescope astronomique pour observer une tour de télécommunications. La hauteur de cette tour est 82 m et la distance entre Argus et la tour est 4,0 km. L'image formée par le télescope a un diamètre angulaire de 0,10 rad et elle est formée à l'infini.

- (i) Déterminez le grossissement angulaire du télescope. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) La distance focale de l'oculaire est 15 cm. Calculez la distance focale de l'objectif. [1]

.....

.....

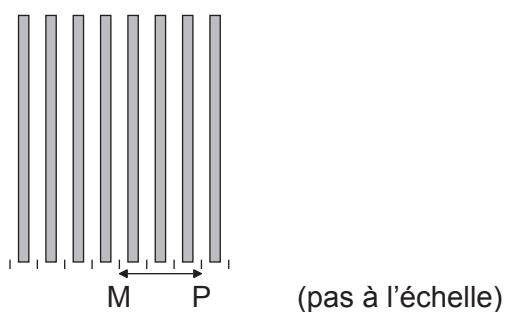
(L'option G continue sur la page suivante)



(Suite de l'option G)

12. Cette question porte sur une expérience avec deux fentes.

Une lumière monochromatique cohérente est incidente sur deux fentes rectangulaires étroites. Le schéma montre les franges produites sur un écran qui est à une certaine distance des fentes. M est le milieu de la frange claire centrale et P est le milieu de la troisième frange claire.



(a) Expliquez pourquoi un phénomène d'interférence est produit sur l'écran. [2]

.....

.....

.....

.....

(b) Les deux fentes sont séparées par 2,2 mm et la distance entre les fentes et l'écran est 1,8 m. La longueur d'onde de la lumière est 650 nm. Calculez la distance MP. [2]

.....

.....

.....

.....

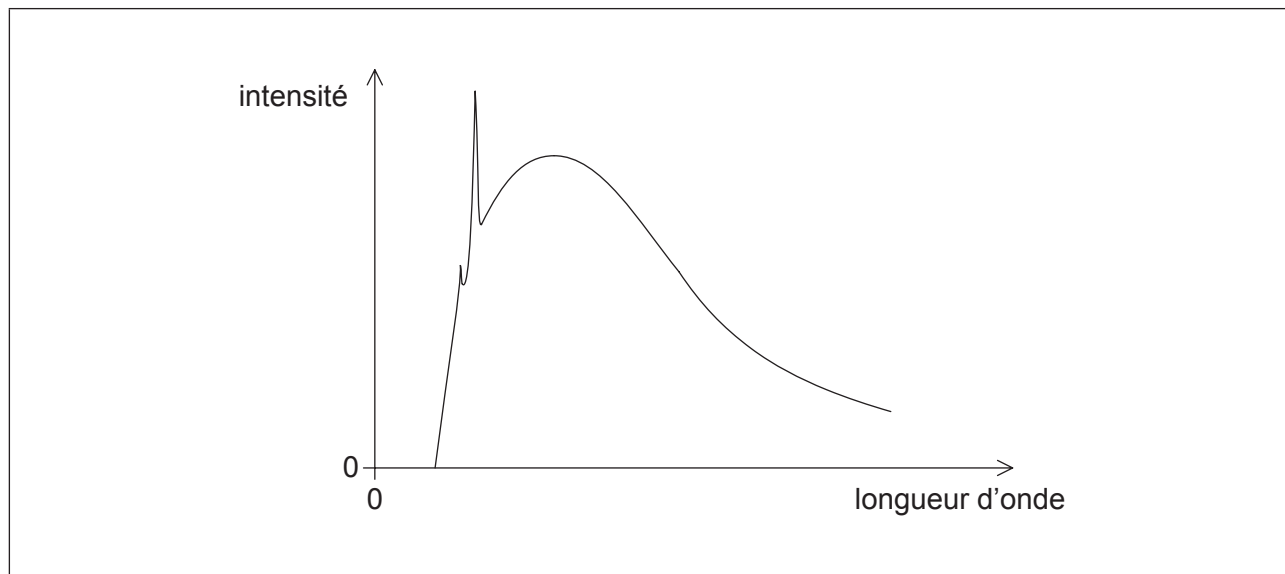
(L'option G continue sur la page suivante)



(Suite de l'option G)

13. Cette question porte sur les rayons X.

(a) Le graphique montre un spectre de rayons X.



Sur ce graphique,

- (i) annotez les caractéristiques principales de ce spectre. [3]
- (ii) esquissez le spectre qui serait observé si on augmentait la différence de potentiel accélérant. [2]
- (b) Une machine à rayons X d'imagerie médicale accélère les électrons jusqu'à une énergie cinétique de 40 keV. Montrez que la longueur d'onde minimum λ_{\min} des rayons X produits est $3,1 \times 10^{-11} \text{ m}$. [2]

.....

.....

.....

.....

(L'option G continue sur la page suivante)



(Option G, suite de la question 13)

- (c) Des rayons X d'une longueur d'onde de $3,1 \times 10^{-11}$ m sont dirigés normalement à un cristal d'un pas de réseau $d = 8,9 \times 10^{-11}$ m. Calculez la différence entre les angles auxquels les premier et troisième maxima des rayons X diffusés sont observés.

[3]

| |
|---|
| <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> |
|---|

Fin de l'option G



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

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



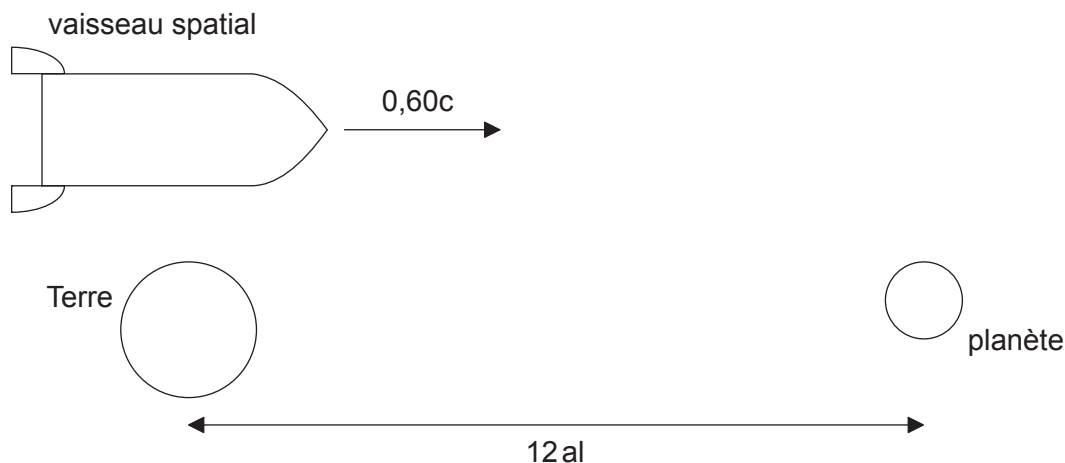
48EP23

Tournez la page

Option H — Relativité

14. Cette question porte sur la cinématique relativiste.

Un vaisseau spatial quitte la Terre et se déplace vers une planète. Ce vaisseau spatial se déplace à une vitesse de $0,60c$ par rapport à la Terre. La planète est à une distance de 12 al selon l'observateur sur la Terre.



(a) Déterminez le temps, en années, pris par le vaisseau spatial pour atteindre la planète selon

(i) l'observateur sur la Terre.

[1]

.....

.....

(ii) l'observateur dans le vaisseau spatial.

[2]

.....

.....

.....

.....

(L'option H continue sur la page suivante)



(Option H, suite de la question 14)

- (b) Le vaisseau spatial passe devant une station spatiale qui est au repos par rapport à la Terre. La longueur propre de cette station spatiale est 310 m.

- (i) Exprimez ce qu'on entend par longueur propre. [1]

.....

.....

- (ii) Calculez la longueur de la station spatiale selon l'observateur dans le vaisseau spatial. [2]

.....

.....

.....

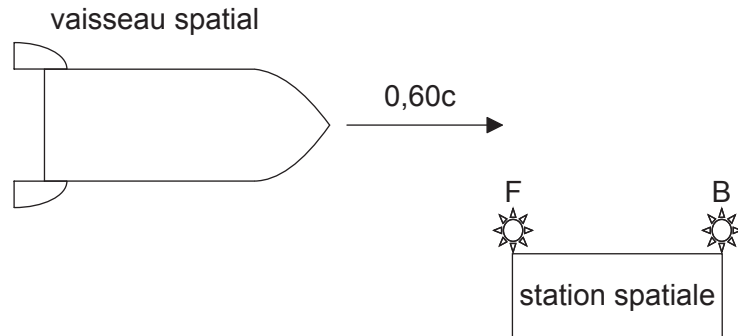
.....

(L'option H continue sur la page suivante)



(Option H, suite de la question 14)

- (c) F et B sont deux lumières clignotantes situées aux extrémités de la station spatiale, comme cela est montré. Tandis que le vaisseau spatial s'approche de la station spatiale dans la question (b), F et B s'allument. Ces lumières s'allument simultanément selon l'observateur sur la station spatiale qui est à mi-chemin entre les lumières.



Exprimez et expliquez quelle lumière, F **ou** B, s'allume la première selon l'observateur dans le **vaisseau spatial**.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(L'option H continue sur la page suivante)



(Suite de l'option H)

15. Cette question porte sur l'expérience de Michelson–Morley.

- (a) (i) Exprimez l'objectif de l'expérience de Michelson–Morley. [1]

.....

.....

- (ii) Résumez pourquoi on a tourné l'appareil expérimental de 90° comme faisant partie de cette expérience. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Résumez la pertinence de l'expérience de Michelson–Morley relativement à la théorie de la relativité restreinte. [2]

.....

.....

.....

.....

(L'option H continue sur la page suivante)



(Suite de l'option H)

16. Cette question porte sur la mécanique relativiste.

Un proton est accéléré depuis l'état de repos au moyen d'une différence de potentiel de 1,5 GV.

Calculez, pour ce proton accéléré,

(a) l'énergie totale.

[2]

| |
|---|
| <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> |
|---|

(b) la quantité de mouvement.

[2]

| |
|---|
| <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> |
|---|

(c) la vitesse.

[2]

| |
|---|
| <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> |
|---|

(L'option H continue sur la page suivante)



(Suite de l'option H)

17. Cette question porte sur la gravitation.

Les planètes se déplacent sur des orbites autour du Soleil. Expliquez cette observation selon

(a) la loi universelle de gravitation de Newton.

[2]

.....

.....

.....

.....

(b) la théorie de la relativité générale d'Einstein.

[2]

.....

.....

.....

.....

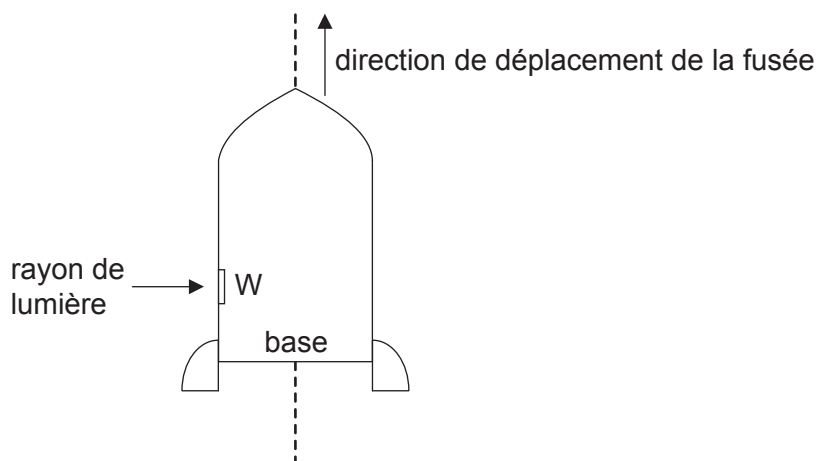
(L'option H continue sur la page suivante)



(Suite de l'option H)

18. Cette question porte sur la relativité générale.

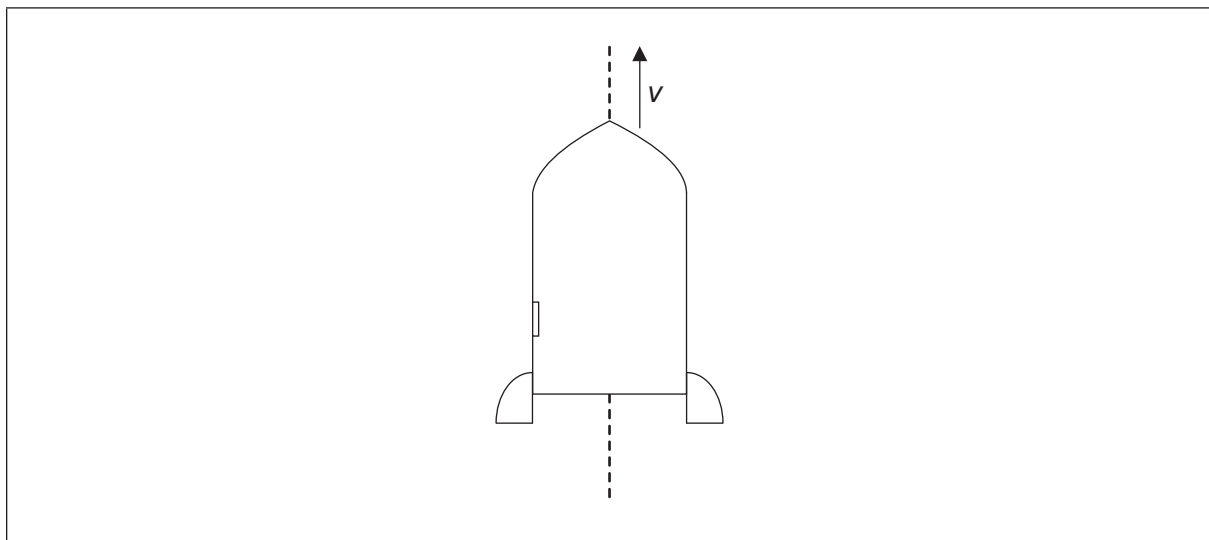
Une fusée se trouve dans l'espace extra-atmosphérique loin de toute masse. Elle se déplace le long de la ligne en tirets vers un observateur inertiel à l'extérieur de la fusée.



(a) Un rayon de lumière se déplace à angle droit de la direction de la fusée selon le même observateur inertiel. Ce rayon de lumière pénètre dans la fusée à travers une fenêtre W. Dessinez la trajectoire de ce rayon de lumière selon un observateur au repos dans la fusée,

(i) lorsque la fusée se déplace à une vitesse constante v .

[1]



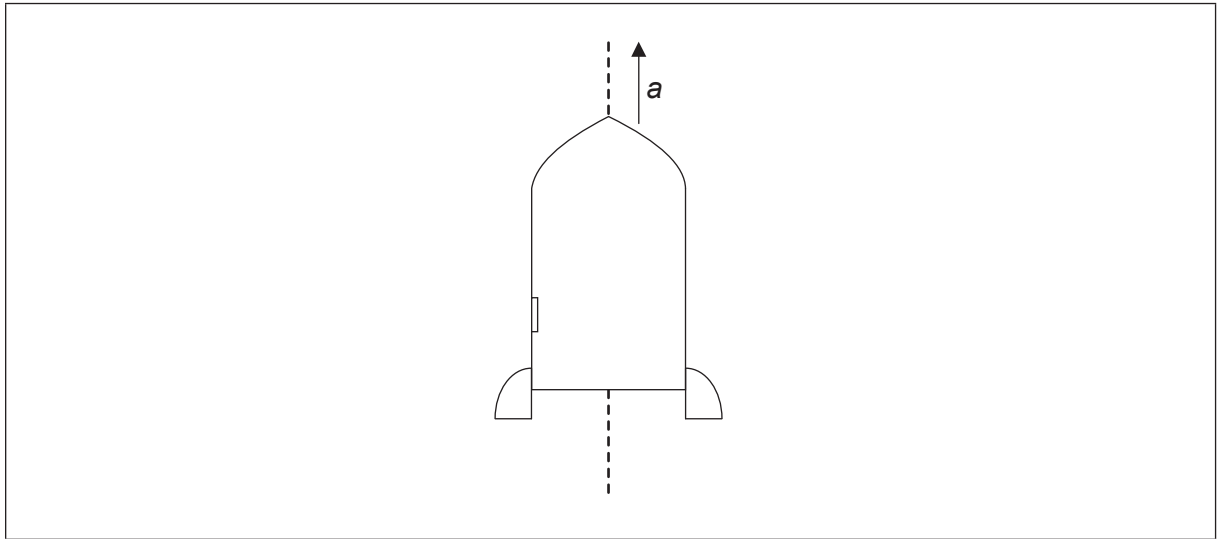
(L'option H continue sur la page suivante)



(Option H, suite de la question 18)

- (ii) lorsque la fusée se déplace à une accélération positive constante a .

[1]



- (b) L'accélération de la fusée dans la question (a)(ii) est 12 ms^{-2} . Un rayon gamma est émis depuis la base de la fusée. La fréquence à la base est $f_{\text{base}} = 3,4 \times 10^{18} \text{ Hz}$. Un détecteur dans la fusée est à une distance de 25 m au-dessus de la base. La fréquence mesurée par ce détecteur est $f_{\text{détecteur}}$. Déterminez le changement de fréquence $f_{\text{détecteur}} - f_{\text{base}}$.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fin de l'option H



Option I — Physique médicale

19. Cette question porte sur l'oreille.

- (a) Un son est incident sur le tympan d'un étudiant. C'est un jeune adulte en bonne santé. Décrivez les processus physiques qui entraînent la sensation d'audition dans son cerveau.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) Cet étudiant écoute de la musique avec un casque d'écoute connecté à un amplificateur. La puissance du son au niveau de son tympan est $0,12 \mu\text{W}$. La surface de son tympan est 65 mm^2 . Calculez, pour l'oreille de cet étudiant,

- (i) l'intensité du son.

[1]

.....

.....

- (ii) le niveau d'intensité.

[2]

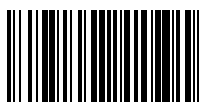
.....

.....

.....

.....

(L'option I continue sur la page suivante)



(Option I, suite de la question 19)

- (c) L'étudiant augmente alors la puissance en deux étapes : de $0,12\,\mu\text{W}$ à $0,60\,\mu\text{W}$ puis de $0,60\,\mu\text{W}$ à $3,0\,\mu\text{W}$. Expliquez pourquoi le changement du niveau de bruit observé à chaque étape sera le même.

[2]

| |
|-------|
| |
| |
| |
| |

(L'option I continue sur la page suivante)



(Suite de l'option I)

20. Cette question porte sur les rayons X.

- (a) (i) Les rayons X se propageant dans un milieu font l'objet d'une atténuation. Exprimez ce qu'on entend par atténuation.

[1]

.....

.....

- (ii) Montrez que la couche de demi-atténuation $x_{\frac{1}{2}}$ est liée au coefficient d'atténuation μ par

$$\mu x_{\frac{1}{2}} = \ln 2 .$$

[2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) Estimez la fraction de l'intensité incidente d'un faisceau de rayons X qui s'est propagé à travers 2,0 cm de muscle. La couche de demi-atténuation du muscle est 0,73 cm.

[2]

.....

.....

.....

.....

(L'option I continue sur la page suivante)



(Option I, suite de la question 20)

- (b) Comparez l'imagerie radiologique standard à la tomographie assistée par ordinateur. [3]

| |
|-------|
| |
| |
| |
| |
| |
| |

(L'option I continue sur la page suivante)



(Suite de l'option I)

21. Cette question porte sur les ultrasons.

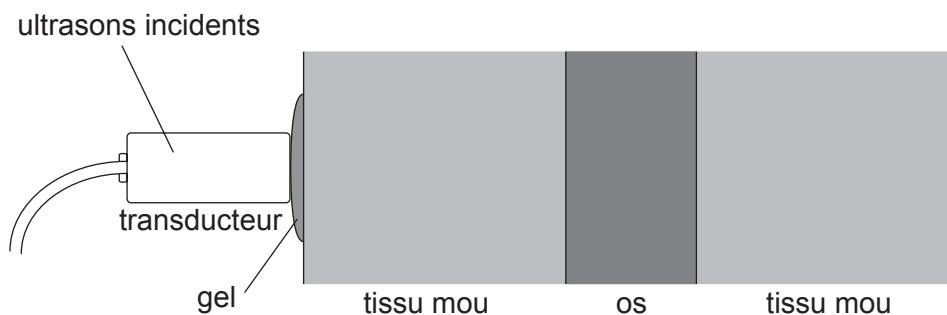
(a) Définissez *impédance acoustique* d'un milieu.

[1]

(b) Les impédances acoustiques pour divers milieux sont indiquées dans le tableau.

| Milieu | Impédance acoustique / $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ |
|-----------|---|
| tissu mou | $1,6 \times 10^6$ |
| gel | $1,6 \times 10^6$ |
| os | $6,1 \times 10^6$ |

Des ultrasons sont incidents normalement sur une couche de tissu mou. On place du gel entre la peau et le transducteur.



La fraction de l'intensité des ultrasons qui est réfléchi (coefficient de réflexion) à l'interface de deux milieux ayant des impédances Z_1 et Z_2 est donnée par l'équation ci-dessous.

$$\left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2$$

(L'option I continue sur la page suivante)



(Option I, suite de la question 21)

- (i) Suggérez pourquoi le gel permet aux ultrasons de pénétrer dans le tissu mou sans aucune réflexion. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Calculez le coefficient de réflexion à l'interface tissu mou–os. [1]

.....

.....

.....

- (iii) Le tissu mou entre la peau et l'os absorbe 60 % de l'intensité des ultrasons se propageant à travers lui. L'intensité des ultrasons quittant le transducteur est I_0 . Déterminez, en termes de I_0 , l'intensité des ultrasons qui sont réfléchis en arrière dans le transducteur depuis l'os. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(L'option I continue sur la page suivante)



(Suite de l'option I)

22. Cette question porte sur le rayonnement.

(a) Définissez

(i) *dose absorbée.*

[1]

.....

.....

(ii) *équivalent de dose.*

[1]

.....

.....

(b) Un radio-isotope, qui émet des rayons gamma, est injecté dans une tumeur chez un patient. Le période radioactive effective de ce radio-isotope est 8,0 heures.

(i) Exprimez ce qu'on entend par période radioactive effective.

[1]

.....

.....

(ii) Cette tumeur a une masse de 18g. L'énergie des rayons gamma émis est 3,1 MeV et le facteur de qualité est 1. Déterminez l'équivalent de dose reçu par le patient pendant **une** période radioactive effective, en supposant une activité moyenne de 0,25 MBq.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fin de l'option I



Option J — Physique des particules

23. Cette question porte sur les particules et les interactions.

- (a) (i) Exprimez ce qu'on entend par une antiparticule. [1]

.....

.....

- (ii) Certaines particules sont identiques à leurs antiparticules. Discutez si le neutron et l'antineutron sont identiques. [2]

.....

.....

.....

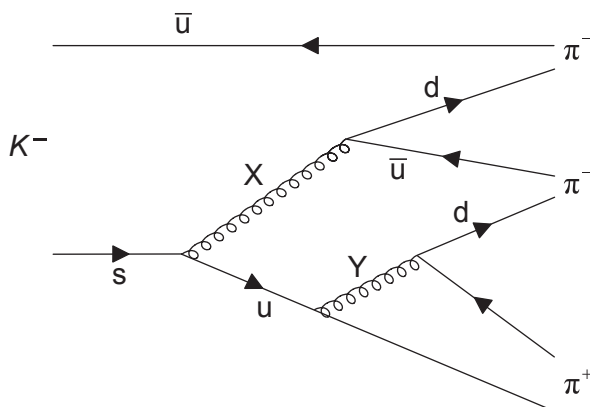
.....

(L'option J continue sur la page suivante)



(Option J, suite de la question 23)

- (b) Le diagramme de Feynman représente la désintégration $K^- \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^-$.



Les particules X et Y sont des particules d'échange.

- (i) Expliquez ce qu'on entend par une particule d'échange. [2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Identifiez X. [1]

.....

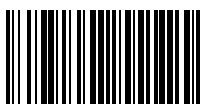
- (iii) Déterminez la charge électrique de Y. [1]

.....

- (iv) Calculez le changement de l'étrangeté dans la désintégration de K^- . [1]

.....

(L'option J continue sur la page suivante)



(Option J, suite de la question 23)

- (c) On croyait autrefois que la particule d'échange de l'interaction forte était le pion. La portée de l'interaction forte entre les hadrons est environ 10^{-15} m. Estimez la masse du pion. [2]

| |
|-------|
| |
| |
| |
| |
| |
| |

(L'option J continue sur la page suivante)



(Suite de l'option J)

24. Cette question porte sur la production de particules dans un accélérateur linéaire.

- (a) Exprimez **un** avantage et **un** désavantage d'un accélérateur linéaire par comparaison avec un synchrotron.

[2]

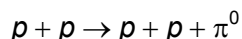
Avantage :

.....
.....

Désavantage :

.....
.....

- (b) Dans un accélérateur linéaire, des protons qui ont été accélérés jusqu'à une énergie cinétique E_K entrent en collision avec des protons immobiles selon la réaction suivante.



Déterminer l'énergie E_K minimum pour laquelle cette réaction est possible. La masse du proton est 938 MeV c^{-2} et celle du pion est 135 MeV c^{-2} .

[3]

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

- (c) L'accélérateur linéaire dans la question (b) doit en fait fournir plus d'énergie à chaque proton que l'énergie calculée E_K . Expliquez cette observation.

[1]

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

(L'option J continue sur la page suivante)



(Suite de l'option J)

25. Cette question porte sur le modèle standard et sur le principe d'exclusion de Pauli.

- (a) Exprimez **une** loi de conservation qui serait violée si les réactions suivantes se produisaient.

(i) $\pi^0 \rightarrow e^+ + \mu^-$ [1]

.....

(ii) $p^+ + \bar{n} \rightarrow e^+ + e^- + \bar{\nu}_e + \nu_e$ [1]

.....

- (b) La réaction $\bar{\nu}_\mu + e^- \rightarrow \bar{\nu}_\mu + e^-$ est un exemple d'une réaction courant neutre. Dessinez un diagramme de Feynman pour cette réaction en légendant toutes les particules impliquées. La flèche fournie indique la direction du temps. [3]

temps →

(L'option J continue sur la page suivante)



(Option J, suite de la question 25)

- (c) (i) Exprimez le principe d'exclusion de Pauli. [1]

.....

.....

- (ii) Expliquez pourquoi le baryon uuu de spin $\frac{3}{2}$ ne viole pas le principe d'exclusion de Pauli. [1]

.....

.....

- (iii) Discutez s'il est possible que les trois quarks dans le baryon uds aient la même couleur. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(L'option J continue sur la page suivante)



(Suite de l'option J)

26. Cette question porte sur l'univers primitif.

- (a) Estimez la température à laquelle une paire électron–positron pourrait être produite par des fluctuations thermiques dans le vide. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Résumez pourquoi il y a plus de matière que d'antimatière dans l'univers d'aujourd'hui. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fin de l'option J



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

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



48EP46

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

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



48EP47

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

Les réponses rédigées sur cette page
ne seront pas corrigées.



48EP48