

NOM :.....

PRENOM :.....

NUMERO APB DE CANDIDAT :.....



EPREUVE DE PHYSIQUE

DUREE : 1h30mn

Coefficient 5

CONSIGNES SPECIFIQUES

Lire attentivement les consignes afin de vous placer dans les meilleures conditions de réussite de cette épreuve.

Cette épreuve comporte volontairement plus d'exercices que vous ne pouvez en traiter dans le temps imparti. La raison en est que votre enseignant n'a pas forcément traité l'ensemble du programme de Terminale S.

Vous devez répondre à 45 questions au choix parmi les 60 proposées pour obtenir la note maximale.

Si vous traitez plus de 45 questions, seules les 45 premières seront prises en compte.

Aucun brouillon n'est distribué. Les pages blanches de ce sujet peuvent être utilisées à l'usage de brouillon.

L'usage de la calculatrice ou de tout autre appareil électronique est interdit.

Aucun document autre que ce sujet et sa grille réponse n'est autorisé.

Attention, il ne s'agit pas d'un examen mais bien d'un concours qui aboutit à un classement.

Si vous trouvez ce sujet « difficile », ne vous arrêtez pas en cours de composition, n'abandonnez pas, restez concentré(e). Les autres candidats rencontrent probablement les mêmes difficultés que vous !

Barème :

Une seule réponse exacte par question. Afin d'éliminer les stratégies de réponses au hasard, **chaque réponse exacte est gratifiée de 3 points**, tandis que **chaque réponse fautive est pénalisée par le retrait d'1 point.**

Exercice 1

L'échographie est une technique d'imagerie médicale en coupe : des ultrasons sont envoyés dans l'organisme par une sonde appliquée contre la peau. En changeant de milieu de propagation (en entrant ou en sortant d'un organe par exemple), une partie de l'onde est réfléchiée et retourne vers la sonde.

1) Les ultrasons sont :

- A) des ondes mécaniques progressives
- B) des ondes mécaniques stationnaires
- C) des ondes électromagnétiques progressives
- D) des ondes électromagnétiques stationnaires

2) Les ultrasons :

- A) se propagent plus rapidement dans les gaz que dans les liquides
- B) se propagent en ligne droite, sauf quand ils sont réfléchis
- C) se propagent à la même vitesse que le son (*en considérant que dans l'organisme, les sons graves et les sons aigus ont la même vitesse*)
- D) sont constamment déviés, la diffraction étant dans ce cas plus importante que pour les sons

3) La diffraction limite la taille des plus petits détails qu'il est possible d'observer avec cette technique. Le demi-angle θ de la tache centrale de diffraction produite, quand une onde de longueur d'onde λ arrive sur un objet de diamètre a , est :

- A) $\theta = \frac{a}{\lambda}$
- B) $\theta = \frac{\lambda}{a}$
- C) $\theta = \frac{\lambda}{a^2}$
- D) $\theta = \frac{a^2}{\lambda}$

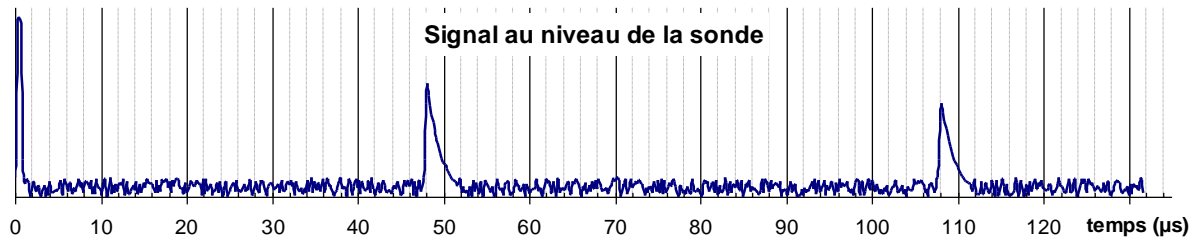
4) Les ultrasons utilisés ici ont une fréquence de l'ordre de $f = 10$ MHz. Dans le corps humain (majoritairement constitué d'eau), leur célérité est d'environ $v = 1\,500$ m.s⁻¹. La longueur d'onde des ultrasons dans le corps humain est :

- A) $\lambda = v \cdot f$
- B) $\lambda = \frac{v}{f}$
- C) $\lambda = \frac{f}{v}$
- D) $\lambda = \frac{1}{v \cdot f}$

5) Les plus petits détails observables produisent alors une tache de diffraction dont l'angle θ est de l'ordre de 1 radian (soit $\theta \approx 1$ rad). La taille a_{limite} des plus petits détails observables est donc :

- A) $a_{limite} = 150 \mu\text{m}$
- B) $a_{limite} = 1,5 \text{ mm}$
- C) $a_{limite} = 6,7 \text{ mm}$
- D) $a_{limite} = 1,5 \text{ cm}$

Pour permettre la mesure du signal renvoyé au niveau de la sonde, les ultrasons ne sont pas émis en continu : on envoie des salves de durée très courte (sur l'oscillogramme ci-dessous, c'est le premier pic, à l'extrémité gauche). De cette façon on visualise clairement le ou les échos qui reviennent au capteur (ici il y en a deux : les deux pics reçus à 48 μs et 108 μs). L'axe vertical du graphe correspond à la tension aux bornes du capteur. (*En pratique, un balayage de la région à analyser donne une série de mesures qui permettent de reconstituer une image entière, mais nous resterons sur le principe d'une seule mesure, réalisée dans une direction précise*).



6) Soit v la célérité des ultrasons et Δt la durée de propagation, la distance d entre la sonde et l'objet sur lequel les ultrasons se sont réfléchis, est :

- A) $d = \frac{v}{\Delta t}$
- B) $d = \frac{1}{2} \frac{v}{\Delta t}$
- C) $d = v \cdot \Delta t$
- D) $d = \frac{v \cdot \Delta t}{2}$

7) Les deux échos correspondent ici aux ultrasons réfléchis à l'entrée puis à la sortie d'un même organe. L'épaisseur e de l'organe (mesurée dans la direction de propagation de l'onde) est :

- A) $e = 1,2 \text{ cm}$
- B) $e = 2,5 \text{ cm}$
- C) $e = 4,5 \text{ cm}$
- D) $e = 9,0 \text{ cm}$

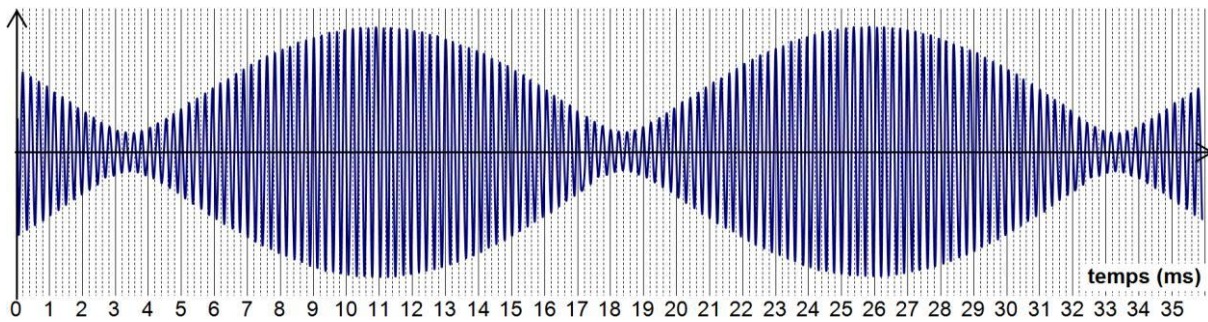
L'échographie peut aussi être associée à un capteur Doppler. Il est alors possible de détecter et de localiser d'éventuels caillots (thrombose) dans les vaisseaux sanguins. En effet, un caillot provoque un rétrécissement qui entraîne une augmentation locale de la vitesse de l'écoulement du sang.

Quand la sonde envoie des ultrasons, les globules rouges du sang, qui se déplacent à la vitesse v_{glob} , réfléchissent eux aussi les ultrasons et les renvoient vers la sonde.

8) Du fait de l'effet Doppler, la longueur d'onde λ_R des ultrasons qui reviennent au capteur est :

- A) inférieure à la longueur d'onde propre émise λ_0
- B) supérieure à la longueur d'onde propre émise λ_0
- C) invariante donc égale à la longueur d'onde propre émise λ_0
- D) tout dépend de l'orientation de la sonde par rapport au vaisseau sanguin

En pratique on ne mesure pas directement l'écart entre la fréquence reçue et la fréquence émise. Il est plus simple d'additionner l'onde émise et l'onde reçue. On obtient alors des battements, c'est à dire un signal dont l'amplitude varie périodiquement (le graphe ci-dessous présente en abscisse le temps, en ordonnée la tension totale aux bornes du capteur) :



9) La période T_{batt} des battements est :

- A) $T_{batt} = 0,23 \text{ ms}$
- B) $T_{batt} = 3,4 \text{ ms}$
- C) $T_{batt} = 15 \text{ ms}$
- D) $T_{batt} = 30 \text{ ms}$

La vitesse des globules rouges est donnée par la relation $v_{glob} = v \cdot \frac{\Delta f}{2f}$ où v est la célérité des ultrasons, f leur fréquence et Δf le décalage de la fréquence dû à l'effet Doppler.

Par ailleurs la période des battements est donnée par : $T_{batt} = \frac{2}{\Delta f}$.

On donne $v = 1\,500 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et $f = 10 \text{ MHz}$.

10) La vitesse des globules rouges est :

- A) $v_{glob} = 1,0 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$
- B) $v_{glob} = 6,7 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$
- C) $v_{glob} = 10 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$
- D) $v_{glob} = 67 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$

Exercice 2

On veut placer un satellite de 1,6 tonne sur une orbite géostationnaire, c'est-à-dire une orbite circulaire pour laquelle le satellite se trouve à tout moment à la verticale d'un même point de la Terre.

On donne l'énergie potentielle de gravitation E_p d'un corps de masse m à la distance r du centre de la Terre : $E_p = -\frac{G \cdot M \cdot m}{r}$ (supposée nulle à distance infinie) avec M la masse de la Terre et G la constante de gravitation universelle.

Pour les applications numériques, on prendra $G \cdot M \cdot m = 6,5 \times 10^{17}$ unité S.I.

11) Dans le système international, la grandeur $(G \cdot M \cdot m)$ peut s'exprimer en :

- A) J.m
- B) J.m²
- C) J.m⁻¹
- D) J.m⁻²

12) En orbite géostationnaire, un satellite fait le tour de la Terre en :

- A) 88 min
- B) 104 min
- C) 24 heures
- D) 1 an

13) En orbite géostationnaire, le vecteur accélération du satellite, dans le référentiel géocentrique, est :

- A) orienté vers le centre de la Terre
- B) orienté tangentiellement à la trajectoire, vers l'avant
- C) orienté tangentiellement à la trajectoire, vers l'arrière
- D) orienté en biais (une composante tangentielle et une composante radiale)

14) La vitesse d'un satellite sur une orbite circulaire de rayon R et de période T est :

- A) $v = \frac{R \cdot T}{2\pi}$
- B) $v = 2\pi \cdot \frac{T}{R}$
- C) $v = 2\pi \cdot \frac{R}{T}$
- D) aucune de ces relations : elle varie au cours du temps

15) Au cours du lancement, on installe dans un premier temps le satellite sur une orbite circulaire provisoire, à 120 km d'altitude (soit $R = 6\,500$ km). D'après la 3^{ème} loi de Kepler, la période orbitale du satellite est alors :

- A) $T = \sqrt{R^3 \frac{4\pi^2}{G \cdot M}}$
- B) $T = \sqrt[3]{R^2 \frac{4\pi^2}{G \cdot M}}$
- C) $T = \sqrt{\frac{1}{R^3} \frac{4\pi^2}{G \cdot M}}$
- D) $T = \sqrt[3]{\frac{1}{R^2} \frac{4\pi^2}{G \cdot M}}$

16) L'énergie cinétique du satellite en orbite circulaire à 120 km d'altitude (soit $R = 6\,500$ km) est $E_c = 5 \times 10^{10}$ J. Son énergie mécanique est :

- A) $E_m = -1 \times 10^{11}$ J
- B) $E_m = -5 \times 10^{10}$ J
- C) $E_m = 5 \times 10^{10}$ J
- D) $E_m = 1 \times 10^{11}$ J

On veut maintenant modifier l'orbite du satellite. Pour cela, on augmente quasiment instantanément sa vitesse (en allumant son réacteur). Le satellite passe ainsi d'une vitesse $v_1 = 7,8 \text{ km.s}^{-1}$ à une vitesse v_2 (dont il s'agira de déterminer la valeur) en une durée très réduite (en pratique, $\Delta t = 50$ s). Sa trajectoire devient alors une ellipse : au plus près de la Terre il est toujours à 120 km d'altitude mais au plus loin, il passe à 35 800 km d'altitude (à $R' = 42\,200$ km du centre de la Terre).

17) Pendant le passage de v_1 à v_2 , l'accélération due au moteur du satellite pendant Δt est constante et vaut $a = 50 \text{ m.s}^{-2}$. La valeur de la vitesse v_2 est :

- A) $v_2 = 7,9 \text{ km.s}^{-1}$
- B) $v_2 = 8,3 \text{ km.s}^{-1}$
- C) $v_2 = 9,3 \text{ km.s}^{-1}$
- D) $v_2 = 10,3 \text{ km.s}^{-1}$

Pendant cette phase d'accélération, le satellite perd une masse Δm de combustible. Les gaz de combustion sont éjectés par une tuyère à la vitesse $w = 2,4 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ par rapport au satellite. On notera $\overline{p}_{\text{gaz}}$ la quantité de mouvement totale des gaz éjectés, \overline{p}_1 la quantité de mouvement du satellite à la vitesse v_1 et \overline{p}_2 sa quantité de mouvement à la vitesse v_2 .

La durée de la phase d'accélération étant courte, ces vecteurs sont supposés colinéaires.

18) L'ensemble {satellite + gaz éjectés} formant un système isolé, la relation entre les vecteurs quantité de mouvement est :

- A) $\overline{p}_{\text{gaz}} = \overline{p}_1 + \overline{p}_2$
 B) $\overline{p}_{\text{gaz}} = \overline{p}_1 - \overline{p}_2$
 C) $\overline{p}_{\text{gaz}} = \overline{p}_2 - \overline{p}_1$
 D) $\overline{p}_{\text{gaz}} = \overline{p}_1 - \frac{(m - \Delta m)}{m} \overline{p}_2$

19) En projetant cette relation sur l'axe portant les vecteurs, la relation devient (Δm étant une grandeur positive) :

- A) $\Delta m \cdot (w + v_2) = m \cdot (v_2 - v_1)$
 B) $\Delta m \cdot (w - v_2) = m \cdot (v_2 + v_1)$
 C) $\Delta m \cdot (w + v_2) = m \cdot (v_2 + v_1)$
 D) $\Delta m \cdot (w - v_2) = m \cdot (v_2 - v_1)$

20) La masse éjectée par le satellite (en pourcentage) est :

- A) $\frac{\Delta m}{m} < 5 \%$
 B) $5 \% < \frac{\Delta m}{m} < 15 \%$
 C) $15 \% < \frac{\Delta m}{m} < 25 \%$
 D) $25 \% < \frac{\Delta m}{m} < 35 \%$

On répète ensuite l'opération lorsque le satellite atteint l'altitude voulue. Une deuxième phase d'accélération permet de le stabiliser sur l'orbite géostationnaire en lui donnant sa vitesse définitive.

Exercice 3

On souhaite réaliser une vidéo-conférence. On dispose pour cela d'une webcam donnant une image de 2 mégapixels et d'un microphone mono (une seule piste) capable de capter les sons dont la fréquence est comprise entre 36 Hz et 11 000 Hz.

La numérisation de la piste audio se fait sur 16 bits (c'est à dire que la tension fournie par le microphone est codée par un nombre compris entre $-32\,768$ et $+32\,767$, soit 2^{16} valeurs).

21) La fréquence d'échantillonnage est :

- A) le nombre de mesures de la tension par seconde
 B) le nombre de valeurs possibles pour la tension après numérisation
 C) la fréquence maximale des sons pour éviter que le signal soit déformé irréversiblement
 D) la fréquence des bruits provoqués par la numérisation du signal

22) Un son sinusoïdal de niveau sonore $L = 90$ dB est utilisé pour calibrer l'amplification du microphone. L'intensité sonore correspondante est (avec l'intensité de référence $I_0 = 10^{-12}$ W.m⁻²) :

A) $I = I_0 \cdot \log\left(\frac{L}{10}\right)$

B) $I = 10 \log\left(\frac{L}{I_0}\right)$

C) $I = \frac{I_0}{10} \cdot 10^L$

D) $I = I_0 \cdot 10^{\frac{L}{10}}$

23) La puissance acoustique (en W) captée par un microphone de surface utile S est :

A) $P_{acoustique} = \frac{1}{I \cdot S}$

B) $P_{acoustique} = \frac{S}{I}$

C) $P_{acoustique} = \frac{I}{S}$

D) $P_{acoustique} = I \cdot S$

24) La surface utile du microphone est de 1 cm². Les sons captés sont transformés en signal électrique avec un rendement énergétique de l'ordre de 80 %. En recevant un son de 90 dB, le microphone délivre un signal électrique dont la puissance (avant amplification) est :

A) $P_{élec} = 80$ nW

B) $P_{élec} = 800$ nW

C) $P_{élec} = 8$ μW

D) $P_{élec} = 80$ μW

On règle l'amplification du microphone de manière à ce qu'un son de niveau sonore 90 dB produise une tension dont la numérisation, au niveau du convertisseur analogique-numérique, atteint juste la limite, soit 32 767 (avec tous les bits à 1).

Dans tout le domaine d'utilisation du microphone, on constate que l'amplitude de la tension à la sortie du microphone est proportionnelle à la racine carrée de l'intensité sonore reçue. Le nombre produit par le convertisseur analogique-numérique est donc lui-même proportionnel à la racine carrée de l'intensité sonore reçue (en W.m⁻²).

25) Par rapport à un son de niveau sonore $L = 90$ dB, l'intensité sonore d'un son de niveau sonore $L' = 70$ dB est :

A) $\frac{I_{(90 \text{ dB})}}{I_{(70 \text{ dB})}} = 1,3$ donc 1,3 fois plus faible

B) $\frac{I_{(90 \text{ dB})}}{I_{(70 \text{ dB})}} = 20$ donc 20 fois plus faible

C) $\frac{I_{(90 \text{ dB})}}{I_{(70 \text{ dB})}} = 100$ donc 100 fois plus faible

D) $\frac{I_{(90 \text{ dB})}}{I_{(70 \text{ dB})}} = 138$ donc 138 fois plus faible

26) Pour un son de niveau sonore $L' = 70$ dB, le résultat numérisé au niveau du convertisseur est :

- A) 1 638
- B) 3 277
- C) 6 553
- D) 16 383

27) Sans compression numérique, le débit binaire de la piste audio, exprimé en kilobits par seconde (kbps), pour une fréquence d'échantillonnage de 44,1 kHz est :

- A) 353 kbps
- B) 706 kbps
- C) 1 412 kbps
- D) 2 824 kbps

On s'intéresse maintenant à la piste vidéo de la webcam. La caméra fournit des images dont la résolution atteint 2 mégapixels (de qualité *full HD*) à raison de 10 images par seconde. Grâce à un algorithme de compression numérique de l'image, le "poids" de chaque image est énormément réduit, passant de 6 Mo (mégaoctets) avant compression, à 40 Ko (kiloctets) environ.

28) Après compression numérique des images, le débit binaire de la piste vidéo (en mégabits par seconde) est :

- A) 0,8 Mbps
- B) 1,6 Mbps
- C) 3,2 Mbps
- D) 6,4 Mbps

L'ordinateur qui est connecté à la webcam dispose d'une connexion wifi (par ondes radio à l'intérieur des locaux). Des mesures ont montré que le débit de cette connexion est acceptable tant que l'atténuation du signal reste inférieure à 60 dB.

Dans le cas d'une onde hertzienne, l'atténuation est, par convention, supposée nulle à 1 cm de l'antenne émettrice. Ceci permet d'établir la relation approchée entre l'atténuation A du signal radio (en décibels) et la distance D de l'antenne (en mètres) : $A = 20 \times \log D + 40$ (en l'absence d'obstacles).

29) Pour que le débit soit acceptable, la distance maximum entre l'ordinateur et le récepteur wifi est :

($\log 1 = 0$; $\log 2 = 0,30$; $\log 7 = 0,85$; $\log 10 = 1,0$)

- A) $D_{\max} = 1$ m
- B) $D_{\max} = 3$ m
- C) $D_{\max} = 7$ m
- D) $D_{\max} = 10$ m

30) Le récepteur wifi récupère le signal et l'envoie dans des câbles de cuivre (liaison ADSL2+) jusqu'au répartiteur (DSLAM). Compte tenu du diamètre des câbles, l'atténuation du signal est d'environ 12 dB/km. Comme au total l'atténuation doit rester inférieure à 48 dB pour que la connexion soit de qualité suffisante, la distance maximale entre le répartiteur et l'utilisateur est :

- A) $D_{\max} = 500$ m
- B) $D_{\max} = 1\ 000$ m
- C) $D_{\max} = 2\ 000$ m
- D) $D_{\max} = 4\ 000$ m

Exercice 4

On étudie dans cette partie l'isolation thermique d'un congélateur. On l'assimilera à un cube de côté $a = 0,5$ m dont les six parois sont constituées chacune d'un panneau de polystyrène expansé, d'épaisseur $e = 5$ cm.

La conductivité thermique est une grandeur qui quantifie l'aptitude d'un corps à conduire la chaleur. On donne la conductivité thermique du polystyrène expansé : $\lambda = 0,04 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

31) La résistance thermique :

- A) augmente si on augmente la surface des parois du congélateur
- B) augmente si on remplace les parois par un matériau dont la conductivité thermique est plus faible
- C) augmente si on diminue l'épaisseur des parois du congélateur
- D) augmente si l'écart de température diminue entre l'intérieur et l'extérieur du congélateur

32) Le flux thermique Φ traversant les six parois du congélateur est :

- A) une puissance (la chaleur qui traverse les parois du congélateur par seconde)
- B) une énergie (la chaleur qui traverse les parois du congélateur)
- C) une énergie surfacique (la chaleur qui traverse les parois du congélateur par mètre carré)
- D) une puissance surfacique (la chaleur qui traverse les parois du congélateur par mètre carré et par seconde)

33) Le flux thermique Φ traversant les six parois du congélateur :

- A) augmente si l'écart de température diminue entre l'intérieur et l'extérieur du congélateur
- B) augmente si la surface des parois du congélateur diminue
- C) augmente si la résistance thermique des parois du congélateur diminue
- D) augmente si les températures intérieure et extérieure augmentent de la même valeur

34) Compte tenu de l'efficacité thermique et du rendement du compresseur électrique, le congélateur consomme à lui seul une puissance électrique $P_{elec} = 15$ W. En moyenne sur 24 heures, la consommation d'énergie électrique du congélateur est de :

- A) 0,36 kWh
- B) 0,62 kWh
- C) 1,3 kWh
- D) 1,6 kWh

Au cours d'une coupure d'électricité, le congélateur ne peut plus maintenir constante sa température intérieure. On va maintenant calculer la durée maximale de la coupure pour éviter la décongélation des aliments.

On a placé dans le congélateur une masse $m = 3$ kg d'aliments que l'on assimilera à de la glace, de capacité thermique massique $C = 2 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Les aliments ne doivent pas dépasser la température $T_{max} = 0$ °C et ne doivent pas changer d'état.

35) La quantité de chaleur à apporter aux aliments pour atteindre cette température est :

- A) $Q = \frac{C \cdot (T_{max} - T_{int})}{m}$
- B) $Q = m \cdot C \cdot (T_{max} - T_{int})$
- C) $Q = \frac{T_{max} - T_{int}}{m \cdot C}$
- D) $Q = \frac{m \cdot C}{T_{max} - T_{int}}$

36) La durée maximale t_{max} de la coupure d'électricité avant de commencer la décongélation des aliments est :

- A) $t_{max} = Q \cdot \Phi$
 B) $t_{max} = \frac{Q}{\Phi}$
 C) $t_{max} = \frac{\Phi}{Q}$
 D) aucune des relations ci-dessus, le flux thermique n'étant pas constant

37) Au bout de 57 minutes, les aliments ont atteint la température $T_{max} = 0 \text{ °C}$. La décongélation débute alors. On donne l'enthalpie de fusion (ou *chaleur latente*) de la glace : $L = 333 \text{ kJ.kg}^{-1}$. La quantité de chaleur apportée par la décongélation est alors :

- A) $Q' = \frac{L}{m}$
 B) $Q' = m \cdot L$
 C) $Q' = \frac{m}{L}$
 D) $Q' = \frac{1}{m \cdot L}$

38) Le flux thermique entrant dans le congélateur vaut alors $\Phi = 24 \text{ W}$. La durée de la décongélation est :

- A) $t_{décongé.} = 4,2 \times 10^2 \text{ s}$
 B) $t_{décongé.} = 4,2 \times 10^3 \text{ s}$
 C) $t_{décongé.} = 4,2 \times 10^4 \text{ s}$
 D) $t_{décongé.} = 4,2 \times 10^5 \text{ s}$

Exercice 5

Le neutron est une particule de masse $m = 1,7 \times 10^{-27} \text{ kg}$. Sur Terre, il est présent dans le noyau de la plupart des atomes mais il peut également exister de façon indépendante.

Louis de Broglie a démontré en 1924 que le mouvement d'une particule peut aussi être assimilé à une onde nommée "onde de matière".

On donne la valeur de la constante de Planck : $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$.

39) La relation entre la longueur d'onde λ et la quantité de mouvement p est :

- A) $\lambda \cdot p = h$
 B) $\lambda \cdot p \cdot h = 1$
 C) $\lambda \cdot h = p$
 D) $\lambda = h \cdot p$

40) Un neutron "lent" a une vitesse $v = 2,0 \text{ km.s}^{-1}$. Sa quantité de mouvement est :

- A) $p = 8,5 \times 10^{-28} \text{ kg.m.s}^{-1}$
 B) $p = 3,4 \times 10^{-27} \text{ kg.m.s}^{-1}$
 C) $p = 8,5 \times 10^{-25} \text{ kg.m.s}^{-1}$
 D) $p = 3,4 \times 10^{-24} \text{ kg.m.s}^{-1}$

41) (suite) Sa longueur d'onde de Broglie est :

- A) $\lambda = 1,9 \times 10^{-13} \text{ m}$
- B) $\lambda = 1,9 \times 10^{-10} \text{ m}$
- C) $\lambda = 1,9 \times 10^{+7} \text{ m}$
- D) $\lambda = 1,9 \times 10^{+10} \text{ m}$

42) On manipule maintenant un autre neutron, d'énergie cinétique 10 000 fois plus élevée que celle du neutron précédent. Sa vitesse est :

- A) $v = 2,0 \times 10^5 \text{ m.s}^{-1}$
- B) $v = 2,0 \times 10^7 \text{ m.s}^{-1}$
- C) $v = 2,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- D) relativiste (trop proche de la vitesse de la lumière dans le vide pour être calculée simplement avec les formules de la mécanique classique)

43) La longueur d'onde de Broglie associée à ce neutron rapide est :

- A) plus courte que celle associée au neutron lent
- B) égale à celle associée au neutron lent
- C) plus grande que celle associée au neutron lent
- D) il manque une donnée pour comparer les deux longueurs d'onde

Exercice 6

Le neutrino ("*petit neutron*" en italien) est une particule électriquement neutre et très légère, prédite par la théorie dès 1930 (*avant même la découverte du neutron*). Sa masse est estimée à 10^{-37} kg et sa vitesse est pratiquement égale à la célérité de la lumière dans le vide (*à 10^{-17} près !*).

Sur Terre, nous recevons à chaque seconde des milliards de neutrinos provenant essentiellement du Soleil. Ils nous traversent sans même être ralentis, comme si la Terre était transparente (seuls quelques-uns sont absorbés).

On étudie la durée de la propagation des neutrinos provenant du Soleil.

44) La vitesse du neutrino dans le référentiel héliocentrique est :

- A) $v = 2,97 \times 10^5 \text{ m.s}^{-1}$
- B) $v = 3,00 \times 10^5 \text{ m.s}^{-1}$
- C) $v = 2,97 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- D) $v = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

45) La distance Soleil-Terre est environ :

- A) $d = 1,5 \times 10^6 \text{ m}$
- B) $d = 1,5 \times 10^8 \text{ m}$
- C) $d = 1,5 \times 10^9 \text{ m}$
- D) $d = 1,5 \times 10^{11} \text{ m}$

46) Dans le référentiel héliocentrique, la durée Δt du parcours du neutrino du Soleil à la Terre est :

- A) $\Delta t = 200 \text{ s}$
- B) $\Delta t = 500 \text{ s}$
- C) $\Delta t = 2000 \text{ s}$
- D) $\Delta t = 5000 \text{ s}$

On donne la relation entre la durée du parcours Δt mesurée dans le référentiel héliocentrique, et Δt_0 mesurée dans le référentiel propre de la particule : $\Delta t = \gamma \cdot \Delta t_0$ (où le facteur relativiste γ a pour expression, en fonction de la vitesse v de la particule et de la célérité c de la lumière dans le

vide : $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$).

47) Chaque neutrino d'origine solaire porte une énergie d'environ 10 MeV (avec 1 eV = 1 électronvolt = $1,6 \times 10^{-19}$ J). Dans l'unité fondamentale, cette énergie vaut :

- A) $1,6 \times 10^{-13}$ J
- B) $6,2 \times 10^{-13}$ J
- C) $1,6 \times 10^{-12}$ J
- D) $6,2 \times 10^{-12}$ J

48) L'énergie des neutrinos permet d'estimer leur facteur relativiste γ : $\gamma \approx 10^8$. Quelle est la seule affirmation vraie ?

- A) La durée du parcours, dans le référentiel propre du neutrino, est de 20 μ s.
- B) La durée du parcours, dans le référentiel propre du neutrino, est de 2×10^{10} s.
- C) Lorsqu'ils traversent les océans, les neutrinos sont plus rapides que la lumière (dans l'eau, la vitesse de la lumière vaut 75 % de sa valeur dans le vide).
- D) Plus le facteur relativiste γ est grand, plus la célérité de la lumière dans le vide est faible, dans le référentiel propre du neutrino.

49) En "astronomie neutrino" on s'intéresse aux neutrinos venant d'autres étoiles ou d'autres galaxies. Il est possible d'identifier des neutrinos provenant du grand nuage de Magellan, une galaxie située à 150 000 années-lumière de nous (soit une distance $d = 1,4 \times 10^{21}$ m). Dans le référentiel propre des neutrinos, la durée du trajet est :

- A) $1,5 \times 10^{-6}$ an = $4,7 \times 10^1$ s
- B) $1,5 \times 10^{-5}$ an = $4,7 \times 10^2$ s
- C) $1,5 \times 10^{-4}$ an = $4,7 \times 10^3$ s
- D) $1,5 \times 10^{-3}$ an = $4,7 \times 10^4$ s

Les détecteurs actuels de neutrinos sont de grandes piscines d'eau pure, profondément enterrées sous le sol. Un neutrino qui interagit avec la matière se transforme en un muon (*particule semblable à un électron, mais 200 fois plus lourde*) que l'on détecte parce qu'il provoque dans l'eau une traînée de lumière.

Le muon est instable : en moyenne sa durée de vie propre est de l'ordre de 2 microsecondes. Des

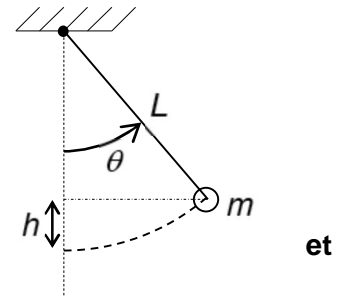
mesures ont permis d'établir sa vitesse dans le référentiel du laboratoire : $\frac{v_{muon}}{c} \approx 0,87 \approx \sqrt{\frac{3}{4}}$.

50) Dans le référentiel du laboratoire, la distance moyenne parcourue par le muon avant de se désintégrer est d'environ :

- A) 1 km
- B) 10 km
- C) 100 km
- D) 1000 km

Exercice 7

Dans un wagon fermé, on fixe au plafond un pendule constitué d'un solide supposé ponctuel, de masse m , libre d'osciller au bout d'un fil de longueur L et de masse quasi nulle.



51) La hauteur h entre la position du pendule (à un instant quelconque où il est écarté d'un angle θ par rapport à la verticale) la position d'équilibre (voir schéma) est :

- A) $h = L \cdot \sin \theta$
- B) $h = L \cdot \cos \theta$
- C) $h = L \cdot (1 - \sin \theta)$
- D) $h = L \cdot (1 - \cos \theta)$

Pour des oscillations de faible amplitude, les oscillations sont décrites au cours du temps par une loi horaire de la forme $\theta(t) = \theta_0 \cdot \cos(\omega \cdot t)$ où θ_0 représente l'amplitude des oscillations et ω leur pulsation.

52) La loi horaire décrivant l'accélération angulaire du pendule est :

- A) $\frac{d^2\theta}{dt^2}(t) = \omega^2 \cdot \theta_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$
- B) $\frac{d^2\theta}{dt^2}(t) = -\omega^2 \cdot \theta_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$
- C) $\frac{d^2\theta}{dt^2}(t) = \omega^2 \cdot \theta_0 \cdot \cos(\omega \cdot t)$
- D) $\frac{d^2\theta}{dt^2}(t) = -\omega^2 \cdot \theta_0 \cdot \cos(\omega \cdot t)$

53) La période des oscillations du pendule est :

- A) $T = 2\pi \sqrt{\frac{g}{L}}$
- B) $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$
- C) $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{g}}$
- D) $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{L}}$

54) La période des oscillations de grande amplitude du pendule est indépendante de :

- A) la masse du pendule
- B) l'amplitude des oscillations
- C) la longueur du fil
- D) la valeur du champ de pesanteur

Le wagon est maintenant en mouvement circulaire et uniforme dans un virage. Dans le référentiel lié au wagon, le pendule est maintenant à l'équilibre dans une position inclinée par rapport à la verticale d'un angle $\beta = 6^\circ$.

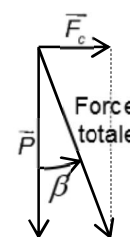
55) Dans le référentiel terrestre (considéré comme galiléen), les forces exercées sur la masse suspendue au bout du fil sont :

- A) le poids uniquement
- B) le poids et la tension du fil
- C) le poids, la tension du fil et les frottements de l'air
- D) le poids, la tension du fil, la force centrifuge et les frottements de l'air

Dans le référentiel lié au wagon, qui n'est pas galiléen, une force supplémentaire apparaît : la force centrifuge. Elle s'exprime sous la forme $F_c = \frac{m \cdot v^2}{R}$ (v est la vitesse du train, R le rayon de la trajectoire circulaire).

56) (À partir du schéma ci-contre) La relation entre l'angle β , le poids P du pendule et la force centrifuge F_c est :

- A) $F_c = P \cdot \sin \beta$
- B) $F_c = P \cdot \cos \beta$
- C) $F_c = P \cdot \tan \beta$
- D) $F_c = P \cdot \frac{\cos \beta}{\sin \beta}$



57) La vitesse du train est :

(avec $R = 400 \text{ m}$; $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$; $\sin 6^\circ \approx 0,10$; $\cos 6^\circ \approx 0,99$; $\tan 6^\circ \approx 0,10$)

- A) $v = 9 \text{ m.s}^{-1}$
- B) $v = 20 \text{ m.s}^{-1}$
- C) $v = 36 \text{ m.s}^{-1}$
- D) $v = 64 \text{ m.s}^{-1}$

On écarte le pendule de sa position d'équilibre et on le laisse osciller. On remarque que l'amplitude des oscillations décroît au cours du temps.

58) Au cours du temps, l'énergie mécanique du pendule :

- A) reste constante
- B) diminue à cause du travail du poids
- C) diminue à cause du travail des forces de frottements
- D) augmente

59) La loi horaire qui décrit les oscillations libres amorties du pendule est (avec τ une durée caractéristique) :

- A) $\theta(t) = \theta_0 \cdot e^{-t/\tau}$
- B) $\theta(t) = \theta_0 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot t}{\tau}\right) \cdot \cos(\omega \cdot t)$
- C) $\theta(t) = \theta_0 \cdot e^{-t/\tau} \cdot \cos(\omega \cdot t)$
- D) $\theta(t) = \theta_0 \cdot e^{+t/\tau} \cdot \cos(\omega \cdot t)$

CONCOURS AVENIR – 8 MAI 2015

La mesure de la pseudo-période des oscillations libres amorties est une autre méthode pour calculer la “pesanteur apparente” ressentie g' dans le wagon. La mesure fournit la valeur $T = (1,97 \pm 0,03)$ s. On mesure par ailleurs la longueur du fil du pendule : $L = (1,000 \pm 0,002)$ m.

On donne la relation permettant de calculer l'incertitude relative $\frac{\Delta g'}{g'}$ de la pesanteur apparente :

$$\frac{\Delta g'}{g'} = \frac{\Delta L}{L} + 2 \frac{\Delta T}{T} .$$

60) La valeur de la pesanteur apparente g' , avec son incertitude, est :

- A) $g' = (10,1 \pm 0,3) \text{ m.s}^{-2}$
- B) $g' = (10,17 \pm 0,03) \text{ m.s}^{-2}$
- C) $g' = (10,172 \pm 0,003) \text{ m.s}^{-2}$
- D) $g' = (10,1724 \pm 0,0003) \text{ m.s}^{-2}$

FIN DE L'EPREUVE