

PHYSQ 130 LEC A1/EA1 : Ondes, optique et son
Examen final - consolidé avec PHYS 130 LEC A1-A4
Automne 2010

Nom _____

Numéro d'étudiant.e _____

Professeur Marc de Montigny
Horaire Samedi, 18 décembre 2010, de 9 h à midi
Lieu Local 352, Pavillon McMahon

Instructions

- Ce cahier contient 16 pages. Écrivez-y directement vos réponses. Les deux dernières pages sont vides; vous pouvez les détacher pour vos calculs. Le verso des pages peut aussi être utilisé pour vos calculs.
- L'examen vaut 50% de la note finale du cours.
- L'examen contient 40 questions à choix multiple. Encerclez la lettre correspondant à votre réponse. Chaque question n'a qu'une seule bonne réponse. Si votre réponse n'est pas énumérée, encerclez la lettre correspondant à la valeur la plus proche. Toutes les questions ont la même valeur.
- Cet examen est à livre fermé. Vous pouvez utiliser l'aide-mémoire (une feuille 8.5×11, recto verso) que vous aurez complété avec d'autres formules.
- Vous pouvez utiliser le verso des pages pour vos calculs, ainsi que l'espace autour des questions.
- Matériel permis: crayons ou stylos, calculatrices (programmables et graphiques permises). Tout autre appareil électronique ou moyen de communication est interdit. Mettez vos téléphones cellulaires hors circuit.
- Après l'examen, veuillez remettre l'examen, les pages de calcul et votre aide-mémoire.

Constantes physiques

Accélération gravitationnelle	$g = 9.81 \text{ m/s}^2$
Vitesse de la lumière dans le vide	$c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$
Constante de Stefan-Boltzmann	$k = 5.67 \times 10^{-8} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^4$
Température en degrés Kelvin	$0 \text{ }^\circ\text{C} = 273.15 \text{ }^\circ\text{K}$
Constante des gaz parfait	$R = 8.31 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$
Seuil d'audition	$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

Si quelque chose n'est pas clair, n'hésitez pas à me le demander !

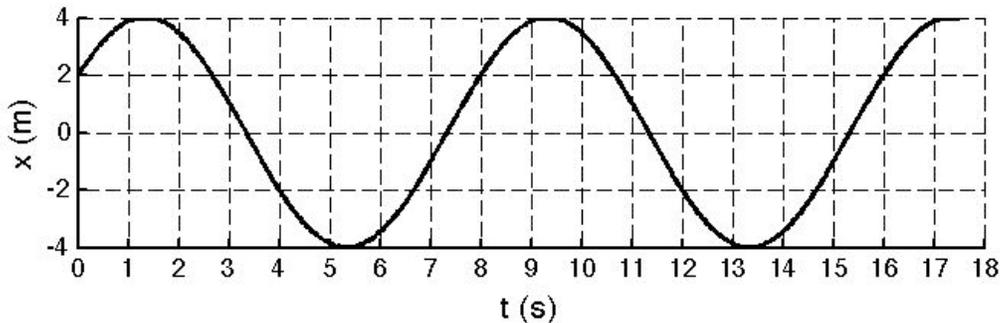
Question 1. Pourquoi la situation suivante est-elle impossible ?

Un objet en mouvement harmonique simple a sa position d'équilibre à $x = 0.00 \text{ m}$. À un instant donné, cet objet se trouve à la position $+3.00 \text{ m}$, avec la vitesse -2.00 m/s et l'accélération $+9.00 \text{ m/s}^2$.

- (A) La grandeur de la vitesse est plus petite que la position, mais la grandeur de l'accélération est plus grande que la position.
- (B) La vitesse est opposée à la position.
- (C) La position et l'accélération sont dans la même direction.
- (D) La grandeur de la vitesse est plus petite que le déplacement.
- (E) La grandeur de l'accélération est plus grande que la grandeur de la vitesse.

Question 2. Le mouvement harmonique simple d'un objet est montré à la figure ci-dessous. Quelle équation décrit sa position en fonction du temps ?

- (A) $x(t) = (4.0 \text{ m}) \sin\left(\frac{2\pi}{8.0 \text{ s}} t + \frac{\pi}{3.0}\right)$
- (B) $x(t) = (4.0 \text{ m}) \cos\left(\frac{2\pi}{8.0 \text{ s}} t + \frac{2\pi}{3.0}\right)$
- (C) $x(t) = (4.0 \text{ m}) \cos\left(\frac{2\pi}{8.0 \text{ s}} t + \frac{\pi}{3.0}\right)$
- (D) $x(t) = (4.0 \text{ m}) \cos\left(\frac{2\pi}{8.0 \text{ s}} t - \frac{\pi}{3.0}\right)$
- (E) $x(t) = (8.0 \text{ m}) \cos\left(\frac{2\pi}{8.0 \text{ s}} t + \frac{\pi}{3.0}\right)$



Question 3. Une masse est attachée à un ressort vertical. On la déplace de sa position d'équilibre et elle se met à osciller. À quelle position l'énergie potentielle est-elle minimale ?

- (A) Au point le plus haut.
- (B) À un quart de la distance séparant le point le plus haut et le point le plus bas.
- (C) Au point le plus bas.
- (D) Au point où le ressort n'est pas étiré.
- (E) Au point d'équilibre.

Question 4. Un pendule simple de longueur égale à 3.0 m oscille avec un angle maximal de 4.8° . Quelle est la grandeur de sa vitesse au moment où l'angle vaut 2.4° ?

- (A) 0.39 m/s
- (B) 0.45 m/s
- (C) 3.0 m/s
- (D) 23 m/s
- (E) 26 m/s

Question 5. Un oscillateur harmonique amorti, dont la force d'amortissement est proportionnelle à la vitesse, oscille avec une amplitude de 0.500 cm au temps $t = 0$ s. À $t = 8.20$ s, l'amplitude vaut 0.400 cm. Pour quelle valeur de t l'amplitude vaut-elle 0.250 cm ?

- (A) 5.13 s
- (B) 16.5 s
- (C) 18.5 s
- (D) 20.5 s
- (E) 25.5 s

Question 6. Considérez l'équation d'onde :

$$A \frac{\partial^2 z(x,t)}{\partial x^2} = B \frac{\partial^2 z(x,t)}{\partial t^2}$$

où A et B sont des constantes positives. Quelle est la vitesse des ondes décrites par cette équation?

- (A) \sqrt{A}
- (B) \sqrt{B}
- (C) $\sqrt{\frac{A}{B}}$
- (D) $\frac{1}{\sqrt{B}}$
- (E) $\frac{B^2}{A^2}$

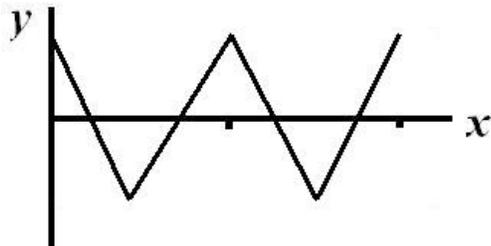
Question 7. Les longueurs d'onde des harmoniques d'une corde fixée à ses deux extrémités sont telles que la longueur de la corde doit être égale à

- (A) un nombre impair de quarts de longueur d'onde
- (B) un nombre impair de tiers de longueur d'onde
- (C) un nombre impair de demi longueurs d'onde
- (D) un nombre entier de demi longueurs d'onde
- (E) un nombre entier de longueurs d'onde

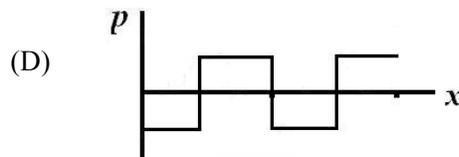
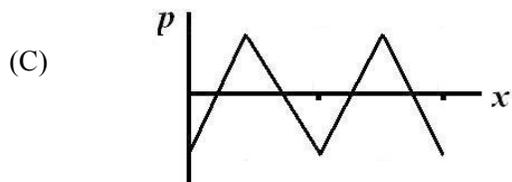
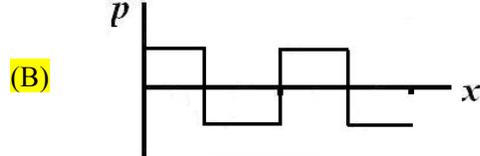
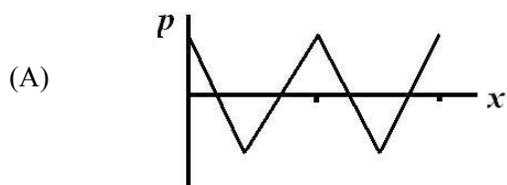
Question 8. Les marées sur l'océan sont des ondes dont la période vaut 12 heures et la vitesse est 750 km/hr. Quelle est leur longueur d'onde ?

- (A) 2500 m
- (B) 9000 m
- (C) 32400 m
- (D) 9000 km
- (E) 32400 km

Question 9. Le déplacement y d'une onde sonore non-sinusoïdale est montré ci-dessous, en fonction de x , à l'instant $t = 0$.



Parmi les graphiques ci-dessous, lequel représente qualitativement la fluctuation de pression p de cette onde en fonction de x , à $t = 0$?



(E) Aucune de ces réponses

Question 10. Une onde sonore de 440 Hz a une amplitude de déplacement égale à $0.045 \mu\text{m}$. La vitesse du son dans l'air vaut 344 m/s et le module de compressibilité (en anglais, *bulk modulus*) de l'air est 142 kPa. La valeur la plus proche du niveau d'intensité sonore, en décibels, est

- (A) 31 dB
- (B) 49 dB
- (C) 65 dB
- (D) 139 dB
- (E) 150 dB

Question 11. Un tuyau d'orgue peut entrer en résonance à des fréquences de 264 Hz, 440 Hz et 616 Hz, mais à aucune autre fréquence entre ces valeurs. Quelle est la fréquence fondamentale de ce tuyau ?

- (A) 44 Hz
- (B) 66 Hz
- (C) 88 Hz
- (D) 176 Hz
- (E) 264 Hz

Question 12. Un tuyau ouvert (aux deux extrémités) de longueur 0.74 m vibre dans son harmonique $n = 3$ à une fréquence de 962 Hz. La valeur la plus proche de la vitesse du son est

- (A) 451 m/s
- (B) 459 m/s
- (C) 467 m/s
- (D) 475 m/s
- (E) 483 m/s

Question 13. Vous tenez un tuyau fermé (seulement à une extrémité) de longueur variable, proche d'une corde de longueur 85.0 cm, de masse 7.25 g, et soumise à une tension de 4110 N. Vous voulez ajuster la longueur du tuyau pour que, quand il vibre à sa fréquence fondamentale, il fasse vibrer la corde dans son harmonique $n = 3$ avec une grande amplitude. La vitesse du son dans le tuyau est de 344 m/s. La valeur la plus proche de la longueur du tuyau est

- (A) 7.02 cm
- (B) 14.0 cm
- (C) 28.6 cm
- (D) 63.2 cm
- (E) 70.4 cm

Question 14. Deux haut-parleurs séparés de 70.0 cm oscillent en phase à 690 Hz. Un observateur, initialement très proche d'un haut-parleur, se met à marcher perpendiculairement à la droite reliant les deux haut-parleurs. La vitesse du son est de 344 m/s. De quelle distance l'observateur doit-il marcher avant d'atteindre le premier minimum relatif d'intensité?

- (A) 4.63 cm
- (B) 22.5 cm
- (C) 24.2 cm
- (D) 45.1 cm
- (E) 85.8 cm

Question 15. Deux haut-parleurs sont placés l'un en face de l'autre. Ils sont branchés à la même source qui produit un son pur de 440 Hz. Une personne marche d'un haut-parleur vers l'autre à 1.8 m/s. La vitesse du son est égale à 344 m/s. La valeur la plus proche de la fréquence du battement entendu par la personne est

- (A) 2.3 Hz
- (B) 3.4 Hz
- (C) 4.6 Hz
- (D) 6.8 Hz
- (E) 9.2 Hz

Question 16. Une automobile roule sur une route parallèle et collée à un chemin de fer, et elle va en direction d'un train. L'auto roule vers l'est à 30.0 m/s alors que le train file vers l'ouest à 50.0 m/s. Il n'y a pas de vent, et la vitesse du son est de 344 m/s. L'auto klaxonne à une fréquence de 1.00 kHz et le train siffle à une fréquence de 1.50 kHz. La valeur la plus proche de la longueur d'onde du son émis par le train, telle qu'entendue par le conducteur de l'auto, est de

- (A) 0.180 m
- (B) 0.196 m
- (C) 0.229 m
- (D) 0.249 m
- (E) 0.263 m

Question 17. Le doublet de franges jaunes du sodium a des longueurs d'onde de 589.0 nm et 589.6 nm, respectivement. La lumière du doublet frappe perpendiculairement un morceau de cristal. L'indice de réfraction du cristal pour ces longueurs d'onde est $n = 1.548$. Combien d'ondes de longueur 589.0 nm sont contenues dans un cristal d'épaisseur 1.3 mm ?

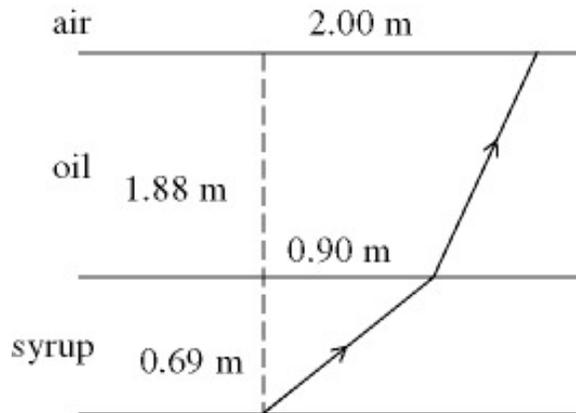
- (A) 2200
- (B) 2700
- (C) 3400
- (D) 4300
- (E) 5300

Question 18. Quand de la lumière passe de l'air à l'eau,

- (A) sa vitesse et sa longueur d'onde changent, mais sa fréquence ne change pas
- (B) sa vitesse change, mais sa longueur d'onde et sa fréquence ne changent pas
- (C) sa longueur d'onde change, mais sa vitesse et sa fréquence ne changent pas
- (D) sa vitesse, sa longueur d'onde et sa fréquence changent toutes
- (E) sa fréquence change, mais sa vitesse et sa longueur d'onde ne changent pas

Question 19. Une couche d'huile d'épaisseur 1.88 m flotte sur un sirop d'épaisseur 0.69 m sans se mélanger (voir figure). Un rayon quitte le fond de la couche de sirop à l'axe vertical hachuré et franchit l'interface huile-sirop à 0.90 m de l'axe vertical. Le rayon poursuit son trajet et traverse l'interface huile-air à l'angle critique, à 2.00 m de l'axe vertical. La valeur la plus proche de l'indice de réfraction de l'huile est

- (A) 1.94
- (B) 1.96
- (C) 1.98
- (D) 2.00
- (E) 2.02



Question 20. À quel angle, au-dessus de l'horizon, se trouve la Lune quand son image réfléchi sur de l'eau calme est complètement polarisée ?

- (A) 36.9°
- (B) 43.2°
- (C) 46.8°
- (D) 53.1°
- (E) 57.5°

Question 21. À la figure ci-dessous, la partie courbée de la lentille a un rayon de 24.0 cm, et l'indice de réfraction est de 1.75. La valeur la plus proche de la longueur focale de cette lentille est

- (A) -32.0 cm
- (B) -16.0 cm
- (C) -13.8 cm
- (D) +13.8 cm
- (E) +32.0 cm



Question 22. Vous placez votre visage devant un miroir concave, les yeux vers le miroir.

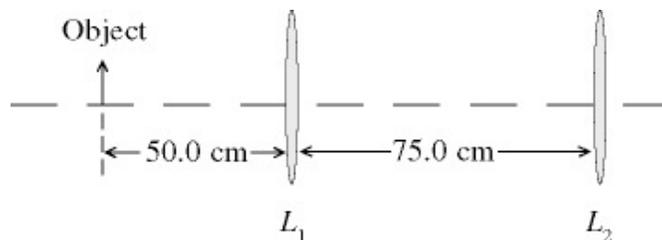
- (A) Votre image sera réduite.
- (B) Peut importe où vous vous placez, l'image sera réelle.
- (C) Si vous êtes entre le centre de courbure et le foyer, vous ne verrez pas votre image.
- (D) Votre image sera toujours renversée.
- (E) Aucune de ces réponses.

Question 23. Un objet droit se trouve à 50 cm d'un miroir concave de rayon égal à 60 cm. La valeur la plus proche de la position de l'image par rapport au miroir est

- (A) 19 cm
- (B) 35 cm
- (C) 60 cm
- (D) 75 cm
- (E) 120 cm

Question 24. À la figure ci-dessous, la distance focale de la lentille *convergente* L_1 a une valeur absolue de 85.0 cm, et la lentille *divergente* L_2 a une distance focale de valeur absolue 40.0 cm. La position de l'image finale produite par cette combinaison de lentilles, par rapport à la lentille L_2 , est à

- (A) 21.5 cm à gauche de L_2
- (B) 29.1 cm à gauche de L_2
- (C) 30.3 cm à gauche de L_2
- (D) 33.2 cm à gauche de L_2
- (E) 290 cm à gauche de L_2



Question 25. Quand un objet est à 30 cm d'une lentille convergente, l'image est à 60 cm de la lentille. Si l'objet est déplacé de 5 cm vers la lentille, la position de l'image change de 40 cm. Quelle est la distance focale de cette lentille ?

- (A) 16 cm
- (B) 20 cm
- (C) 25 cm
- (D) 32 cm
- (E) 36 cm

Question 26. Quelle doit être l'épaisseur minimum d'une bulle de savon pour qu'elle paraisse verte ($\lambda_{\text{vert}} = 540 \text{ nm}$) à un enfant qui la regarde de près ? Prenez $n_{\text{savon}} = 1.35$.

- (A) 100 μm
- (B) 500 μm
- (C) 100 nm
- (D) 200 nm
- (E) 300 nm

Question 27. Dans une expérience de Young, les deux fentes sont séparées de $2.5 \times 10^{-5} \text{ m}$ et on leur projette de la lumière monochromatique. On observe que les franges brillantes sont séparées de $2.30 \times 10^{-2} \text{ m}$ sur un écran situé à 1.00 m des deux fentes. La valeur la plus proche de la longueur d'onde de la lumière incidente est

- (A) 373 nm
- (B) 454 nm
- (C) 575 nm
- (D) 667 nm
- (E) 725 nm

Question 28. Une station radio utilise deux tours qui émettent des ondes de fréquence 99.5 MHz. Quelle distance maximale doit séparer ces tours pour qu'il n'y ait pas de "zones mortes" (c.-à-d. des régions où le signal radio est complètement annulé par de l'interférence destructive) ?

- (A) 0.0 m
- (B) 0.17 m
- (C) 1.5 m
- (D) 3.0 m
- (E) 1500 km

Question 29. De la lumière blanche frappe une couche d'huile ($n = 1.25$) d'épaisseur 201 nm et qui flotte sur de l'eau ($n = 1.33$). Quelle longueur d'onde sera la plus fortement réfléchi ?

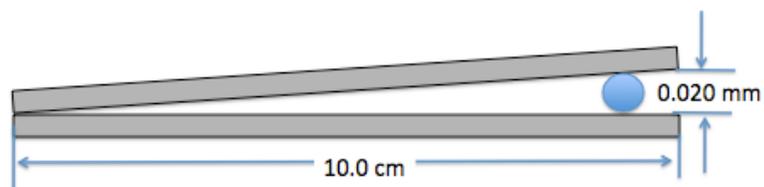
- (A) 503 nm
- (B) 535 nm
- (C) 583 nm
- (D) 1005 nm
- (E) 650 μm

Question 30. Deux émetteurs radio identiques sont séparés de 10 m. La fréquence des ondes émises est de 60 MHz. L'intensité vaut $I_0 = 0.020 \text{ W/m}^2$ à une distance de 700 m dans la direction $+x$, qui correspond à $\theta = 0^\circ$. Quelle est l'intensité dans la direction $\theta = 4.0^\circ$, pour la même distance de 700 m ?

- (A) 0.008 W/m^2
- (B) 0.016 W/m^2
- (C) 0.032 W/m^2
- (D) 0.16 W/m^2
- (E) 16.0 W/m^2

Question 31. Deux lamelles de microscope de longueur 10 cm sont placées l'une sur l'autre, puis un cheveu de diamètre 0.020 mm est coincé à une extrémité. On éclaire les lamelles du haut avec de la lumière dont $\lambda = 500 \text{ nm}$ (dans l'air). Lorsqu'on regarde directement du dessus, quel est l'espacement entre les franges d'interférence entre la lumière transmise par le dessous de la lamelle supérieure et la lumière réfléchi sur le dessus de la lamelle inférieure ?

- (A) 1.25 mm
- (B) 1.75 mm
- (C) 2.00 mm
- (D) 3.20 mm
- (E) 4.40 mm

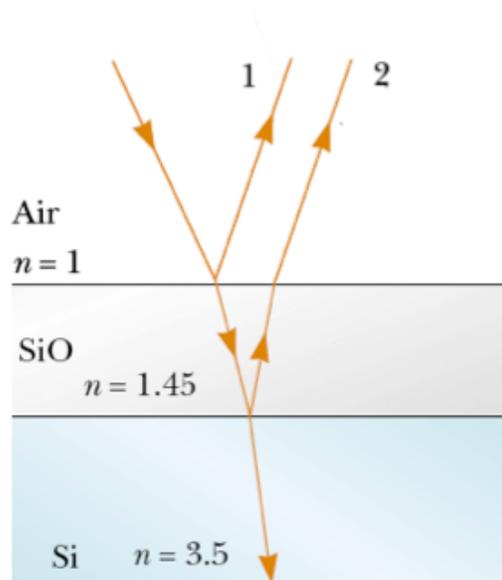


Question 32. Les deux fentes d'une expérience de Young sont séparées de 0.3 mm, et un écran est situé à 0.8 m de ces fentes. On projette de la lumière contenant deux longueurs d'onde, $\lambda_1 = 500$ nm et $\lambda_2 = 600$ nm, produisant ainsi deux patrons d'interférence sur l'écran. Quelle est la distance, sur l'écran, entre les deux franges d'interférence d'ordre $m = 3$, produites respectivement par λ_1 et λ_2 ?

- (A) 3.0×10^{-5} m
- (B) 6.0×10^{-5} m
- (C) 2.0×10^{-4} m
- (D) 8.0×10^{-4} m
- (E) 1.0×10^{-3} m

Question 33. Les piles solaires, qui génèrent de l'électricité à partir de la lumière solaire, sont souvent recouvertes d'une couche mince transparente de monoxyde de silicium ($n_{\text{SiO}} = 1.45$) pour réduire les pertes par réflexion sur la surface. Si une pile solaire au silicium ($n_{\text{Si}} = 3.5$) en est recouverte (figure ci-dessous), déterminez l'épaisseur minimale de la couche de monoxyde de silicium SiO qui réduira la réflexion pour une longueur d'onde de 550 nm.

- (A) 94.8 nm
- (B) 128.2 nm
- (C) 209.2 nm
- (D) 250.0 nm
- (E) 515.0 nm



Question 34. Considérez la figure de diffraction formée par une fente simple sur un écran éloigné. En supposant que les angles sont petits, par quel facteur la largeur du maximum central sur l'écran changera-t-elle si la fente devient deux fois plus large ?

- (A) Elle sera quatre fois plus petite.
- (B) Elle sera deux fois plus petite.
- (C) Elle sera deux fois plus grande.
- (D) Elle sera quatre fois plus grande.
- (E) Elle sera huit fois plus grande.

Question 35. De la lumière de longueur d'onde 600 nm traverse une fente simple de largeur 0.01 mm et rencontre ensuite un écran à 60 cm de la fente. Quelle est la largeur du maximum central sur cet écran ?

- (A) 0.12 cm
- (B) 0.9 cm
- (C) 1.8 cm
- (D) 3.6 cm
- (E) 7.2 cm

Question 36. Si le 5ième minimum de diffraction (par une fente simple) est situé à 40° , à quel angle sera situé le premier minimum ?

- (A) 1.7°
- (B) 3.4°
- (C) 4.0°
- (D) 7.4°
- (E) 8.0°

Question 37. Si le 5ième minimum de diffraction (par une fente simple) est situé à 40° , quel est le plus grand ordre m du minimum contenu dans le patron de diffraction ?

- (A) 6
- (B) 7
- (C) 8
- (D) 9
- (E) 11

Question 38. La limite de résolution angulaire de l'œil nu est approximativement 5×10^{-4} rad. La Lune est à environ 400 000 km de la Terre et son diamètre vaut environ 3500 km. Quelle est la taille minimum d'un objet sur la Lune pour que l'œil nu puisse le distinguer clairement ?

- (A) 1.8 km
- (B) 100 km
- (C) 200 km
- (D) 400 km
- (E) 1000 km

Question 39. Un laser à hélium-néon (ou He-Ne, $\lambda = 632.8$ nm) est utilisé pour calibrer un réseau de diffraction. Si le maximum de premier ordre ($m = 1$) se trouve à 20.5° , quel est le "pas du réseau", c.-à-d. la distance entre deux fentes successives ?

- (A) 0.905 μm
- (B) 1.81 μm
- (C) 2.20 μm
- (D) 3.62 μm
- (E) 4.52 μm

Question 40. Si l'intensité du maximum central de la figure de diffraction par une fente est égale à I_0 , que vaut approximativement l'intensité du maximum suivant ?

- (A) 0.045 I_0
- (B) 0.090 I_0
- (C) 0.22 I_0
- (D) 0.25 I_0
- (E) 0.50 I_0



Joyeux Noël!
Marc de Montigny

Page pour vos calculs

Page pour vos calculs