

PHYSQ 130 LEC EA1 : Ondes, optique et son
EXAMEN FINAL - consolidé avec PHYS 130 LEC EA1-EA4
Automne 2012

Nom _____ **REPOSES** _____

Numéro d'étudiant.e _____

Professeur Marc de Montigny
Date Samedi, 15 décembre 2012, de 14 h à 17 h
Lieu Local 366, Pavillon McMahon

Instructions

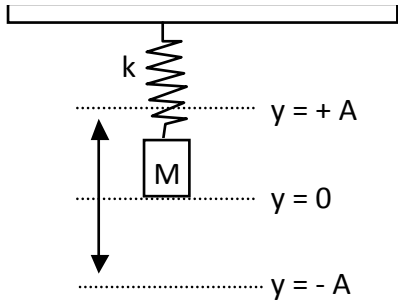
- Ce cahier contient **20 pages**. Écrivez-y directement vos réponses. Les trois dernières pages sont vides; vous pouvez les détacher pour vos calculs. Pour vos calculs, vous pouvez aussi utiliser le verso des pages et l'espace entre les questions.
- L'examen vaut 50% de la note finale du cours. Il vaut **43 points**. Un point par question.
- L'examen contient **43 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.
- Cet examen est à livre fermé. Vous pouvez utiliser un aide-mémoire (une feuille 8.5×11, recto verso). Vous pourrez le garder après l'examen.
- Une fois l'examen commencé, vous ne pouvez pas quitter avant que 30 minutes se soient écoulées. Les étudiant.es en retard de 30 minutes ou plus ne pourront pas faire l'examen.
- 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.

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

Question 1. Parmi les déclarations suivantes, laquelle est FAUSSE ?

- (A) Les ondes ne sont pas toutes de nature mécanique.
- (B) Dans une onde longitudinale, les particules oscillent dans la même direction que l'onde.
- (C) Les ondes transportent de l'énergie et de la matière d'une région à une autre.
- (D) La vitesse d'une onde est une propriété différente de la vitesse des particules qui constituent cette onde.
- (E) Dans une onde transversale, le mouvement des particules est perpendiculaire à la vitesse vectorielle de l'onde.

Les questions 2 et 3 réfèrent à la situation suivante :



Un bloc de masse M est attaché à un ressort idéal vertical (de constante k) et peut effectuer un mouvement harmonique simple autour de la position d'équilibre $y = 0$. La période des oscillations du bloc est de 10.0 secondes.

Question 2. En partant du repos à $y = -10.0$ cm, combien de temps faut-il au bloc pour parcourir une distance totale de 100.0 cm ?

- (A) 25.0 secondes
- (B) 50.0 secondes
- (C) 100.0 secondes
- (D) 150.0 secondes
- (E) 200.0 secondes

Question 3. Supposez qu'on arrête le bloc. Puis on le relance avec des conditions initiales différentes: à $t = 0$ sec, le déplacement est $y = 3.75$ cm, la vitesse est -4.08 cm/s et l'accélération est -1.48 cm/s². Quelle équation décrit le mieux le déplacement en fonction du temps ?

- (A) $y(t) = (7.50 \text{ cm}) \cos\left(\frac{\pi}{5}t + 1.047\right)$
- (B) $y(t) = (7.50 \text{ cm}) \sin\left(\frac{\pi}{5}t + 1.047\right)$
- (C) $y(t) = (7.50 \text{ cm}) \cos\left(\frac{\pi}{5}t - 1.047\right)$
- (D) $y(t) = (3.75 \text{ cm}) \cos\left(\frac{\pi}{5}t + 1.047\right)$
- (E) $y(t) = (3.75 \text{ cm}) \sin\left(\frac{\pi}{5}t + 1.047\right)$

Les questions 4 à 6 réfèrent à la situation ci-dessous :

Un oscillateur harmonique simple situé à $x = 0$ génère des ondes transversales qui se propagent sur une longue corde le long de l'axe x (La corde va de $x = -\infty$ à $x = \infty$. Négligez les réflexions aux extrémités.). Sa fréquence est de 120 Hz et l'amplitude vaut 5.00 mm. La corde a une densité linéique de masse de 1.00 g/m et est étirée avec une tension de 75.0 N.

Question 4. Quelle est la vitesse des ondes générées?

- (A) 3.77 m/s
- (B) 5.10 m/s
- (C) 8.66 m/s
- (D) 212 m/s
- (E) 274 m/s

Question 5. Trouvez l'accélération transversale maximale des points de la corde.

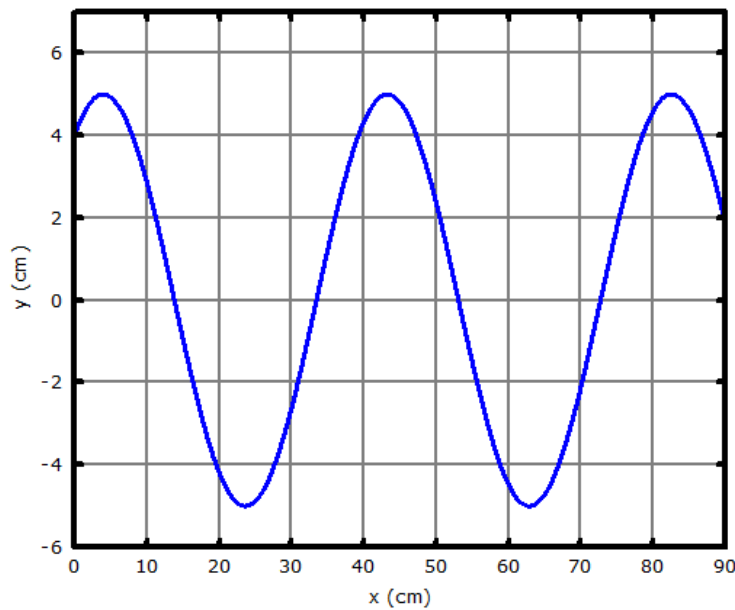
- (A) 3.77 m/s²
- (B) 5.01 m/s²
- (C) 335 m/s²
- (D) 2840 m/s²
- (E) 3770 m/s²

Question 6. Trouvez la puissance moyenne qui doit être fournie par l'oscillateur pour générer ces ondes. (Remarquez que les ondes se propagent dans les deux directions: x positif et x négatif, en s'éloignant de la source.)

- (A) 1.95 W
- (B) 3.89 W
- (C) 283 W
- (D) 566 kW
- (E) 20.5 kW

Question 7. Une onde sinusoïdale transversale se propage le long d'une corde vers les x négatifs. Le graphique ci-dessous montre le déplacement en fonction de la position, à l'instant $t = 0$ s. L'ordonnée à l'origine est $y = 4.0$ cm. Si la corde a une tension de 3.6 N et une densité linéique de 25 g/m, l'onde est décrite (avec x en mètres, t en secondes) le mieux par

- (A) $(5.0 \text{ cm})\cos(16x + 190t - 0.64)$
- (B) $(5.0 \text{ cm})\cos(16x - 190t + 0.64)$
- (C) $(5.0 \text{ cm})\cos(0.16x + 19t - 0.64)$
- (D) $(5.0 \text{ cm})\cos(0.16x - 19t - 0.64)$
- (E) $(5.0 \text{ cm})\cos(16x + 190t + 0.64)$

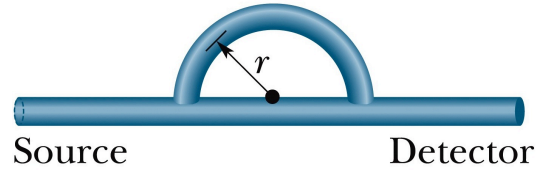


Question 8. Deux cordes, de longueurs $L_1 = 5.00$ m et $L_2 = 15.0$ m, sont reliées ensemble pour former une seule corde de longueur $L = 20.0$ m. Le premier morceau de corde a une densité de masse de 5.00 g/m, et le second morceau a une densité de 10.0 g/m. Si une onde transversale prend 0.250 s pour franchir la longueur (20.0 m) des cordes combinées, quelle est leur tension ?

- (A) 11.0 N
- (B) 27.1 N
- (C) 43.9 N
- (D) 55.0 N
- (E) 61.1 N

Question 9. À la figure ci-dessous, un son de longueur d'onde 40.0 cm se déplace vers la droite, d'une source dans un tube qui contient une partie droite et un demi-cercle. Une partie de l'onde passe par le demi-cercle puis rejoint le reste de l'onde, qui a continué tout droit. Ceci crée de l'interférence. Quel est le plus petit rayon r qui causera une intensité minimale au détecteur ?

- (A) 6.37 cm
- (B) 10.0 cm
- (C) 17.5 cm
- (D) 20.0 cm
- (E) 35.0 cm



Question 10. Quel est le déplacement maximal s_m des molécules d'air quand une onde sonore de 1000 Hz a un niveau d'intensité égal à 0 dB ? Prenez la densité de l'air égale à 1.29 kg/m^3 et la vitesse du son, 343 m/s. Rappel: $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

- (A) 0 m
- (B) $1.14 \times 10^{-22} \text{ m}$
- (C) $1.13 \times 10^{-21} \text{ m}$
- (D) $1.07 \times 10^{-11} \text{ m}$
- (E) $3.36 \times 10^{-11} \text{ m}$

Question 11. Lorsque vous êtes à 10 m d'un véhicule, son niveau d'intensité est de 90 dB. Si vous êtes à 50 m du même véhicule, son niveau d'intensité sera proche de

- (A) 58 dB
- (B) 74 dB
- (C) 76 dB
- (D) 83 dB
- (E) 104 dB

Question 12. Si un ensemble de huit (8) violons identiques produit un son dont le niveau d'intensité est 93 dB, chaque violon a un niveau d'intensité, en décibels (dB), proche de

- (A) 12 dB
- (B) 76 dB
- (C) 80 dB
- (D) 84 dB
- (E) 86 dB

Question 13. Si on considère un saxophone soprano (ci-dessous) comme un tuyau ouvert aux deux extrémités, quelle est sa longueur approximative, sachant que sa note la plus basse a une fréquence fondamentale de 208 Hz? Le son se déplace à 335 m/s à l'intérieur de l'instrument.

- (A) 12.8 cm
- (B) 40.3 cm
- (C) 52.6 cm
- (D) 74.5 cm
- (E) 80.5 cm



Question 14. Deux cordes de guitare identiques sont pincées et produisent un son de 350 Hz dans leur mode fondamental. Si la tension d'une corde est augmentée de 2%, tandis que l'autre corde reste inchangée, la fréquence du battement résultant sera proche de

- (A) 3.2 Hz
- (B) 3.5 Hz
- (C) 5.0 Hz
- (D) 6.8 Hz
- (E) 7.0 Hz

Question 15. Un tuyau de 46.0 cm, ouvert à seulement une extrémité, vibre dans le mode $n = 5$ avec une fréquence de 4674 Hz. La distance entre l'extrémité fermée et le ventre de déplacement le plus proche vaut environ

- (A) 0.0 cm
- (B) 4.6 cm
- (C) 9.2 cm
- (D) 18.4 cm
- (E) 46.0 cm

Question 16. Dans une des expériences de Doppler originales, un tuba émettant une fréquence de 75 Hz était sur un train en mouvement. Un second tuba émettait la même fréquence au repos à la station de chemin de fer. Avec une vitesse du son de 343 m/s, quelle était la fréquence de battement dans la station si le train s'approchait de la station à 12.0 m/s ?

- (A) 0.0 Hz
- (B) 2.5 Hz
- (C) 2.7 Hz
- (D) 3.2 Hz
- (E) 5.0 Hz

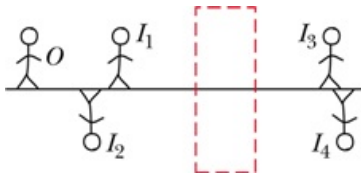
Question 17. Une sirène émet une onde sonore de 300 Hz. La vitesse du son est égale à 340 m/s. Si la sirène se déplace à 30 m/s, quelle est la longueur d'onde: (1) devant et (2) derrière la sirène, respectivement ?

- (A) 0.81 m, 0.97 m
- (B) 0.97 m, 0.81 m
- (C) 1.03 m, 1.23 m
- (D) 1.23 m, 1.03 m
- (E) 1.13 m, 1.13 m

Question 18. Le 14 octobre 2012, Felix Baumgartner est devenu la première personne à franchir le mur du son sans véhicule. Il a atteint une vitesse estimée à Mach 1.24 en chute libre. S'il avait crié de frayeur, quel angle aurait fait l'onde de choc par rapport à sa direction ?

- (A) 0.633°
- (B) 0.938°
- (C) 36.2°
- (D) 53.8°
- (E) 62.0°

Question 19. Dans le schéma ci-dessous, un bonhomme-allumettes O est devant un miroir sphérique (contenu dans la boîte hachurée). Le miroir peut être concave ou convexe. L'axe principal est illustré. Les quatre bonhomme-allumettes I_1 à I_4 indiquent la position et les orientations d'images potentielles. (Les hauteurs et les distances ne sont pas à l'échelle.)



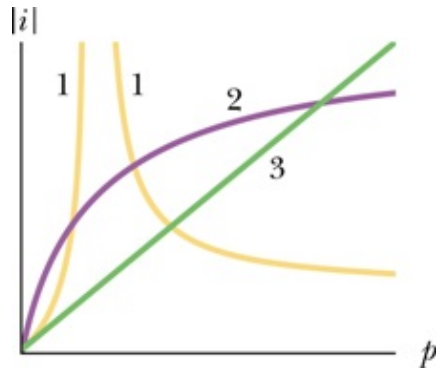
Identifiez la ou les figures qui NE peuvent PAS représenter une image.

- (A) I_1
- (B) I_4
- (C) I_3 et I_4
- (D) I_2 et I_3
- (E) I_1 et I_4

Question 20. Un objet est collé à une lentille convergente puis il est déplacé le long de l'axe principal jusqu'à 5.0 m de la lentille. Pendant le mouvement, on mesure la distance $|i|$ entre la lentille et l'image produite. On répète la procédure avec une lentille divergente.

La distance à l'image $|i|$ est tracée en fonction de la distance à l'objet p . Dans le diagramme ci-dessous, quelle courbe correspond à quelle lentille? (La courbe 1 contient deux segments).

- (A) 1 = convergente, 2 = divergente
- (B) 1 = convergente, 3 = divergente
- (C) 2 = convergente, 3 = divergente
- (D) 1 = divergente, 2 = convergente
- (E) 1 = divergente, 3 = convergente



Question 21. Une gomme à effacer de hauteur 0.84 cm est placée à 8.4 cm devant un montage de deux lentilles. La lentille 1 (proche de la gomme à effacer) a une longueur focale de -13 cm, et la lentille 2 a une longueur focale de 11 cm. Les deux lentilles sont séparées de 17 cm. Pour l'image produite par la lentille 2, trouvez la distance image i_2 (avec le signe) et la hauteur de l'image.

- (A) $i_2 = -145$ cm, $h = 0.31$ cm
- (B) $i_2 = +145$ cm, $h = -0.51$ cm
- (C) $i_2 = -22$ cm, $h = 2.6$ cm
- (D) $i_2 = +22$ cm, $h = 2.6$ cm
- (E) $i_2 = +22$ cm, $h = -0.51$ cm

Question 22. Une femme de 5.0 pieds souhaite voir une image complète d'elle-même dans un miroir plan. La longueur minimale requise du miroir sera de

- (A) 1.0 pied
- (B) 2.5 pieds
- (C) 5.0 pieds
- (D) 10 pieds
- (E) Il n'y a pas de minimum; plus elle est loin, plus le miroir sera petit.

Question 23. Un objet est situé entre un miroir concave et son foyer. Son image est

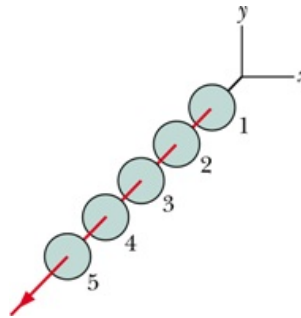
- (A) réelle, droite et plus grande que l'objet
- (B) réelle, renversée et plus grande que l'objet
- (C) virtuelle, droite et plus grande que l'objet
- (D) virtuelle, renversée et plus grande que l'objet
- (E) virtuelle, droite et plus petite que l'objet

Question 24. Un objet ponctuel est placé sur l'axe principal devant un dioptre sphérique convexe de rayon égal à 12 cm. De la lumière est incidente dans l'air ($n = 1$) et réfractée dans un milieu d'indice $n = 2$. Si les rayons réfractés sont parallèles à l'axe principal, quelle est la distance entre l'objet ponctuel et le dioptre sphérique?

- (A) 3 cm
- (B) 9 cm
- (C) 12 cm
- (D) 24 cm
- (E) Aucune de ces réponses; les rayons doivent être réfractés vers l'axe principal.

Question 25. De la lumière, initialement non polarisée, est dirigée vers un système de cinq polariseurs. Leurs directions de polarisation, mesurées dans le sens anti-horaire par rapport à l'axe y , sont les suivantes :

- Polariseur 1: 35°
- Polariseur 2: 0°
- Polariseur 3: 0°
- Polariseur 4: 110°
- Polariseur 5: 45°

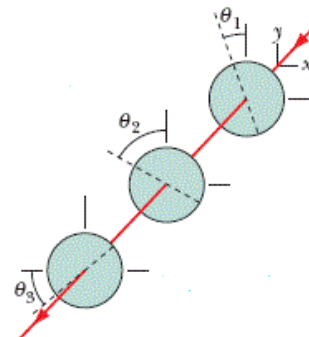


Le polariseur 3 est tourné lentement de 180° dans le sens anti-horaire. Au cours de cette rotation, à quels angles (mesurés dans le sens anti-horaire par rapport à l'axe y) est-ce que la transmission de la lumière à travers ce système est éliminée ?

- (A) 90 et 180 degrés
- (B) 20 et 90 degrés
- (C) 20 à 55 degrés
- (D) 125 et 90 degrés
- (E) 55 à 135 degrés

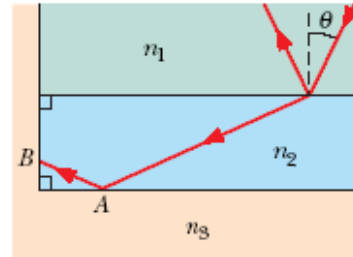
Question 26. Dans la figure ci-dessous, de la lumière non polarisée est dirigée vers trois polariseurs dont les directions de polarisation sont égales à $\theta_1 = 20^\circ$, $\theta_2 = 57^\circ$ et $\theta_3 = 38^\circ$. Quelle fraction de l'intensité lumineuse initiale émergera de cet ensemble ?

- (A) 0.0157
- (B) 0.0280
- (C) 0.0338
- (D) 0.0676
- (E) 0.1980



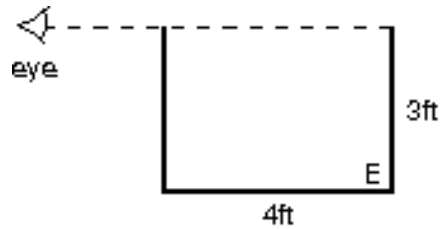
Question 27. Dans la figure ci-dessous, prenez $n_1 = 1.91$, $n_2 = 1.57$ et $n_3 = 1.36$. De la lumière est réfractée du milieu 1 au milieu 2. Au point A , la lumière est incidente à l'angle critique de l'interface entre les milieux 2 et 3. Que vaut l'angle θ , montré dans le diagramme ?

- (A) 28.0°
- (B) 32.4°
- (C) 37.6°
- (D) 45.4°
- (E) 64.3°



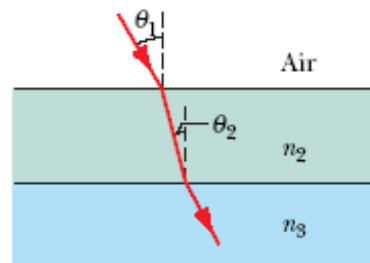
Question 28. Le réservoir métallique rectangulaire (montré ci-dessous) est rempli d'un liquide inconnu. Un observateur, dont l'œil est aligné avec le dessus du réservoir, peut tout juste voir le coin E . L'indice de réfraction du liquide vaut donc

- (A) 1.25
- (B) 1.33
- (C) 1.50
- (D) 1.67
- (E) 1.75



Question 29. Dans la figure, un rayon lumineux se déplace de l'air ($n = 1.00$) vers le milieu 2 ($n_2 = 2.80$), puis dans le milieu 3 (avec indice de réfraction n_3). À l'interface entre l'air et le milieu 2, la lumière arrive à l'angle de Brewster pour cette interface. À l'interface entre les milieux 2 et 3, la lumière arrive aussi à l'angle de Brewster pour cette interface. Quelle est la valeur de n_3 ?

- (A) 0.40
- (B) 1.00
- (C) 1.33
- (D) 1.40
- (E) 1.96



Question 30. ~~Si on bloque une des deux fentes dans l'expérience à deux fentes de Young, l'intensité qui traverse la fente ouverte vaut 1.0 mW. Si la distance entre les fentes est $d = 147 \mu\text{m}$, et que la longueur d'onde est de 700 nm, quelle sera la valeur de l'intensité à 14° , une fois les deux fentes ouvertes? (Vous pouvez supposer que la largeur de la fente $a \ll \lambda$.)~~

- (A) ~~0.10 mW~~
- (B) ~~0.44 mW~~
- (C) ~~1.00 mW~~
- (D) ~~2.30 mW~~
- (E) ~~4.00 mW~~
- 2.66 mW

Question 31. Une lentille de verre ($n = 1.6$) est recouverte d'une mince pellicule ($n = 1.3$) pour augmenter la transmission de lumière incidente de longueur d'onde λ . Quelle est la plus petite épaisseur (non nulle) de cette pellicule qui permettra d'obtenir une transmission maximale à cette longueur d'onde ?

- (A) inférieure à $\lambda/4$
- (B) $\lambda/4$
- (C) $\lambda/2$
- (D) λ
- (E) supérieure à λ

Question 32. De la lumière de longueur d'onde 425 nm dans l'air ($n = 1.00$) arrive perpendiculairement sur un film d'huile ($n = 1.40$) de 850 nm d'épaisseur. L'huile flotte sur l'eau ($n = 1.33$). Vous voulez augmenter l'épaisseur d'huile pour obtenir de l'interférence destructive entre ses deux interfaces. Quelle est l'épaisseur minimale d'huile ΔL que vous devrez ajouter pour obtenir cette interférence destructive ?

- (A) 0 nm
- (B) 60.7 nm
- (C) 75.9 nm
- (D) 91.1 nm
- (E) 152 nm

Question 33. Dans l'expérience à deux fentes de Young, on place un morceau de ruban transparent sur une des fentes. Ceci fait que le centre du patron d'interférence (vu sur un écran) se déplace de l'équivalent de 11 franges. La longueur d'onde de la lumière est 712 nm dans le vide, et l'indice de réfraction du ruban vaut 1.40. L'épaisseur du ruban est égal à

- (A) 1.8 μm
- (B) 5.6 μm
- (C) 7.8 μm
- (D) 19.6 μm
- (E) 39.2 μm

Question 34. L'expérience LIGO est un grand interféromètre de Michelson conçu pour détecter des ondes gravitationnelles. Chaque bras de l'interféromètre a une longueur de 4 km. Si la lumière fait un aller-retour le long de chaque bras avant l'interférence, de quelle distance un bras doit-il être déplacé (considérez simplement le miroir à l'extrémité d'un bras qui entre et sort) pour que la figure passe d'une frange brillante à une frange sombre à la sortie? Prenez $\lambda = 1000$ nm. Choisissez la réponse la plus proche.

- (A) 125 nm
- (B) 250 nm
- (C) 500 nm
- (D) 750 nm
- (E) 1000 nm

Question 35. De la lumière passe à travers une paire de fentes parallèles très étroites ($a \ll \lambda$). La figure d'interférence est observée sur un écran situé à 3 mètres. Si l'intensité de la frange centrale brillante (à 0 degré) vaut I , quelle est l'intensité de la frange brillante suivante de chaque côté de la frange centrale ?

- (A) $0.5 I$
- (B) $I \cos(15)$
- (C) $I \cos^2(15)$
- (D) I
- (E) $1.414 I$

Question 36. Une fente de largeur $125 \mu\text{m}$ est éclairée par de la lumière de longueur d'onde égale à 532 nm . Considérez un point P d'un écran sur lequel apparaît la figure de diffraction; le point est à 30° de l'axe central de la fente. Quelle est la différence de phase entre les ondelettes de Huygens qui arrivent à P du haut de la fente, et les ondelettes qui arrivent du milieu de la fente ?

- (A) $\Delta\phi = 6.3$ radians
- (B) $\Delta\phi = 203.4$ radians
- (C) $\Delta\phi = 369$ radians
- (D) $\Delta\phi = 738$ radians
- (E) Aucune de ces réponses

Question 37. Deux fentes identiques, chacune de largeur $a = 2 \mu\text{m}$, sont séparées de $d = 37 \mu\text{m}$. Si on dirige de la lumière de $\lambda = 575 \text{ nm}$ sur les fentes, combien de franges brillantes au total seront contenues dans le pic central de l'enveloppe de diffraction (dûe à la largeur des fentes) si l'écran est à 2 mètres des fentes ?

- (A) 9
- (B) 19
- (C) 35
- (D) 37
- (E) 43

Question 38. Pour diminuer la séparation angulaire entre les minima de diffraction avec une fente simple, que peut-on faire ?

- (A) Augmenter la largeur de la fente.
- (B) Réduire la largeur de la fente.
- (C) Augmenter la distance entre la fente et l'écran.
- (D) Diminuer la distance entre la fente et l'écran.
- (E) Aucune de ces réponses.

Question 39. On sait qu'à $\lambda = 532 \text{ nm}$, le télescope spatial Hubble (dont le diamètre vaut 2.5 mètres) a une résolution angulaire, limitée par la diffraction, de $\theta_R = 260$ nanoradians. Si le futur télescope spatial James Webb a un diamètre de 6.5 mètres, quelle sera sa résolution angulaire, limitée par la diffraction, pour une longueur d'onde de 532 nm ?

- (A) 2.6 nanoradians
- (B) 40 nanoradians
- (C) 100 nanoradians
- (D) 260 nanoradians
- (E) Aucune de ces réponses

Question 40. Deux fentes de largeur a et séparées d'une distance d sont éclairées par un faisceau de lumière de longueur d'onde λ . La séparation entre des franges brillantes adjacentes sur un écran à une distance D est égale à

- (A) $\lambda a / D$
- (B) $\lambda d / D$
- (C) $\lambda D / a$
- (D) dD / λ
- (E) $\lambda D / d$

Question 41. De la lumière monochromatique tombe perpendiculairement sur un réseau de diffraction qui a une largeur de 1 cm et contient 10 000 traits. Si la ligne de premier ordre est déviée à un angle de 30° , quelle est la longueur d'onde, en nm, de la lumière incidente ?

- (A) 300
- (B) 400
- (C) 500
- (D) 600
- (E) 1000

Question 42. La lumière d'un laser bleu collimaté, avec $\lambda = 445 \text{ nm}$, est dirigée sur un fil mince afin de déterminer son diamètre. Si le minimum d'ordre $m = 11$ est à 17 cm du centre de la figure de diffraction, sur un écran éloigné de 11 mètres, quel est le diamètre du fil ?

- (A) 32 nm
- (B) 39 microns
- (C) 211 microns
- (D) 317 microns
- (E) 443 microns

Question 43. Dans une expérience avec une fente unique, pour quelle largeur de la fente a le premier minimum se trouve-t-il à $\theta = \pi/2$ radian, mesuré par rapport à la normale, si $\lambda = 500 \text{ nm}$?

- (A) 500 nm
- (B) 750 nm
- (C) 1000 nm
- (D) 1500 nm
- (E) 2000 nm

Question 44. Une fente de largeur égale à $1.3 \mu\text{m}$ est utilisée dans une expérience à fente unique avec de la lumière de longueur d'onde 398 nm. Si l'intensité au maximum central vaut I_m , quelle est l'intensité à un angle de $\pi/6$ radian par rapport au maximum central ?

- (A) $0.0052 I_m$
- (B) $0.0317 I_m$
- (C) $0.1627 I_m$
- (D) $0.9119 I_m$
- (E) $0.9549 I_m$

Feuille pour vos calculs

Feuille pour vos calculs

Feuille pour vos calculs



Joyeux Noël!
Marc de Montigny