

Commandité par :

Association canadienne des physiciens
et physiciennes;
Olympiades canadiennes de physique;
Département de physique et
d'astronomie, University of British
Columbia.

Cet examen dure trois heures. Le classement national et les prix seront basés sur la performance des étudiant(e)s dans les sections A et B de l'examen. Le rendement obtenu aux questions de la section A déterminera ceux qui verront leur travail de la section B corrigé par le Comité national du Prix de l'ACP. La section A se compose de 25 questions à choix multiples. Les questions de la section B couvrent une vaste gamme de difficultés et peuvent nécessiter une représentation graphique. Essayez d'accumuler le plus de points possibles avec les problèmes plus faciles avant de vous attaquer aux plus difficiles. Si vous n'êtes pas en mesure de résoudre une partie d'une question, vous pouvez choisir une solution probable pour cette partie et essayer de résoudre le reste de la question quand même.

Les calculatrices non programmables peuvent être utilisées. Veuillez répondre aux questions à choix multiples *sur la feuille de réponses* fournie. Note importante : écrivez vos solutions aux trois problèmes longs sur *trois feuilles séparées*, car elles seront corrigées par des personnes dans différentes parties du Canada. Bonne chance !

Remarque : Des notes complètes seront données aux étudiant(e)s qui fournissent des solutions correctes aux problèmes longs. Des notes partielles seront données pour des solutions partielles. Il n'y a aucune pénalité pour les réponses incorrectes. Les questions ne sont pas de difficultés égales. Rappelez-vous que nous mettons au défi les meilleur(e)s étudiant(e)s en physique au Canada; il est possible que même les meilleur(e)s ne parviennent pas à obtenir un score global de 80 %. Cet examen est censé être difficile !

Data

Vitesse de la lumière $c = 3,00 \times 10^8$ m/s
Vitesse du son dans l'air = 343 m/s
Constante de gravité $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N·m²/kg²
Accélération due à la gravité $g = 9,81$ m/s²
Pression atmosphérique normale $P_0 = 1,01 \times 10^5$ Pa
Densité de l'eau douce $\rho = 1,00 \times 10^3$ kg/m³
Densité de la glace $\rho_i = 916$ kg/m³
Chaleur spécifique de l'eau $C_w = 4186$ J/(kg·K)
Chaleur spécifique de la glace $C_i = 2050$ J/(kg·K)
Chaleur latente de l'eau $L_w = 2260$ kJ/kg
Chaleur latente de la glace $L_i = 334$ kJ/kg
Charge fondamentale $e = 1,60 \times 10^{-19}$ C

Masse de l'électron $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$ kg
Masse du proton $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$ kg
Constante de Planck $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J·s
1 eV $\approx 1,602 \times 10^{-19}$ J
Constante électrostatique $k = 8,99 \times 10^9$ N·m²/C²
Permittivité du vide $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12}$ C²/N·m²
Constante de Boltzmann $k_B = 1,38 \times 10^{-23}$ J/K
Constante de Stefan-Boltzmann $\sigma = 5,6704 \times 10^{-8}$ W/(m²·K⁴)
Unité astronomique (distance approximative du Soleil à la Terre) 1 U.A. = $1,49598 \times 10^{11}$ m
Rayon de la Terre $R_E = 6,371 \times 10^6$ m
Rayon du Soleil $R_S = 6,96 \times 10^8$ m
Masse de la Terre = $5,97 \times 10^{24}$ kg
Masse du Soleil = $1,99 \times 10^{30}$ kg
Masse molaire H₂ = 2,016 g/mol
Masse molaire O₂ = 31,998 g/mol
Masse molaire N₂ = 28,013 g/mol

Section A

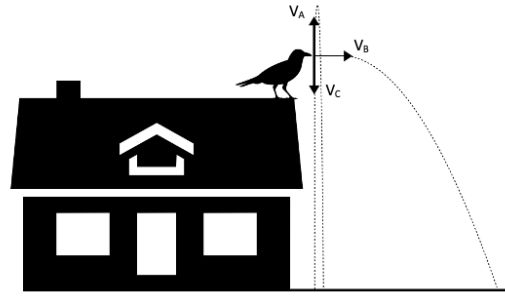
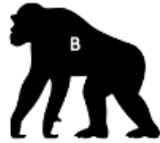
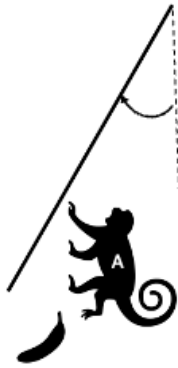
1) Un fil d'aluminium d'épaisseur variable est tiré à chaque extrémité avec une force de 30 N. Laquelle des affirmations suivantes est vraie ? Remarque : la tension est une force qui tend à étirer quelque chose, et la contrainte est la force par unité de surface.

- La tension est de 60 N tout le long du fil, et la contrainte est constante le long du fil.
- La tension est de 60 N tout le long du fil, et la contrainte varie le long du fil.
- La tension est de 30 N tout le long du fil, et la contrainte est constante le long du fil.
- La tension est de 30 N tout le long du fil, et la contrainte varie le long du fil.

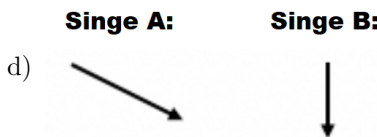
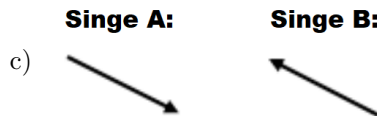
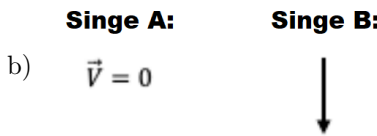
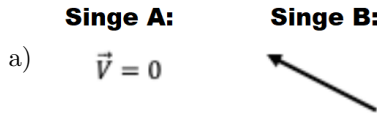
2) Un objet de 1 kg glisse sur 3,6 m le long d'une rampe avec une pente de 35°. Il a une vitesse initiale de 2 m/s et une vitesse finale de 1,06 m/s lorsqu'il atteint le bas de la rampe. Quel a été le travail effectué par le frottement cinétique ($\mu_k = 0,3$) lorsque l'objet a glissé au bas de la rampe ?

- 10,6 Nm
- 21,7 Nm
- 0 Nm
- 19,6 Nm

3) Après s'être balancé sur une liane dans la jungle, le singe A lâche la liane et laisse tomber simultanément sa banane. Le singe B est immobile sur le sol en dessous, regardant attentivement. Immédiatement après la chute de la banane, quelle est la direction du vecteur vitesse de la banane par rapport au référentiel de chaque singe ?

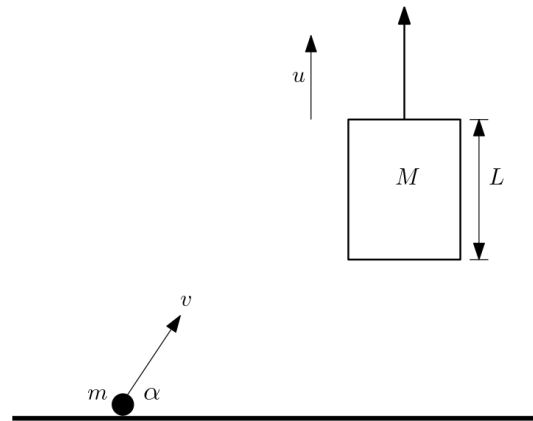


- a) Le jeter vers le haut (v_A)
- b) Le jeter horizontalement (v_B)
- c) Le jeter vers le bas (v_C)
- d) A et C produisent une vitesse finale plus rapide que B
- e) A, B et C produisent toutes la même vitesse finale



4) Un oiseau très intelligent est assis sur un toit tenant un coquillage dans son bec. Il veut lancer le coquillage pour qu'il touche le sol avec la plus grande vitesse possible. En supposant que la résistance de l'air est négligeable et que la vitesse initiale est identique dans tous les scénarios ($v_A = v_B = v_C$), comment l'oiseau devrait-il lancer le coquillage pour que sa vitesse finale avant de toucher le sol soit la plus élevée ?

5) Une boîte très lourde de masse M est soulevée par une grue à vitesse constante u . Une balle de masse $m \ll M$ est lancée sur la boîte avec une vitesse v à un angle α .



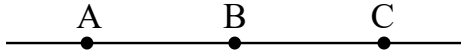
Si la balle touche le côté gauche la boîte à un instant t , quelles sont les composantes x et y de la vitesse de la balle ($v_x(t), v_y(t)$) après la collision ? Supposons une collision parfaitement élastique.

- a) $(-v \cos \alpha, |v \sin \alpha - gt|)$
- b) $(-v \cos \alpha, -|v \sin \alpha - gt|)$
- c) $(-v \cos \alpha, 2u + |v \sin \alpha - gt|)$
- d) $(-v \cos \alpha, 2u - |v \sin \alpha - gt|)$
- e) Soit a soit b.
- f) Soit c soit d.

6) Une sphère de masse 0,2 kg est suspendue au plafond par un léger ressort dont la constante de rappel est 3,2 N/m. Elle est projetée verticalement vers le bas à une vitesse de 0,5 m/s depuis sa position d'équilibre. Quelle serait son accélération maximale dans un mouvement ultérieur ?

- a) 2,0 m/s
- b) 8,0 m/s
- c) 10,0 m/s
- d) 12,0 m/s

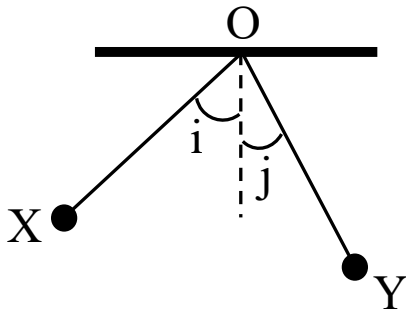
7)



Un bloc accélère uniformément le long d'une ligne droite de A à C comme indiqué ci-dessus. Sa vitesse au point A est v_A et celle au point C est v_C . Quelle est sa vitesse au point B, qui est le point médian entre les points A et C ?

- a) $\frac{2v_A v_C}{v_A + v_C}$
- b) $\frac{v_A + v_C}{2}$
- c) $\sqrt{\frac{v_A^2 + v_C^2}{2}}$
- d) $\sqrt{v_A v_C}$

8) Deux sphères chargées X et Y sont suspendues au plafond par des cordes identiques comme indiqué ci-dessous. Lorsque le système est en équilibre, l'angle entre la corde OX et la verticale est i et celui entre OY et la verticale est j . Si $i > j$, laquelle des affirmations suivantes doit être correcte ?

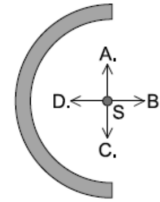


- a) X et Y portent toutes les deux des charges positives.
- b) Les charges sur X et Y sont opposées.
- c) L'amplitude des charges sur Y est supérieure à celle sur X.
- d) La masse de Y est supérieure à celle de X.

9) Lorsque les deux extrémités d'un fil circulaire uniforme sont reliées aux bornes d'une pile, quelle est l'intensité du champ magnétique au centre du cercle ?

- a) Zéro
- b) Infinie
- c) Dépend de la quantité de f.é.m. appliquée
- d) Dépend du rayon du cercle
- e) c ou d.

10) Une charge négative est uniformément répartie sur une tige en plastique semi-circulaire. Quelle est la direction du champ électrique au point S ?



- a) A
- b) B
- c) C
- d) D

11) Supposons qu'un positon (charge $+e$, masse m_e) est envoyé à une vitesse non relativiste v_0 vers un proton (charge $+e$, masse m_p) au repos. Quelle est la distance minimale entre les deux particules lorsqu'elles se rapprochent ?

- a) $\frac{e^2}{2\pi\epsilon_0 m_e v_0^2}$
- b) $\frac{e}{2\pi\epsilon_0 m_e v_0^2}$
- c) $\left(\frac{e^2}{2\pi\epsilon_0 m_e v_0^2}\right)^{1/2}$
- d) $\frac{e^2}{2\pi\epsilon_0 v_0^2} \frac{m_e + m_p}{m_e m_p}$

12) Un électron entre dans l'espace à l'intérieur d'un solénoïde infini porteur de courant. La vitesse de l'électron est parallèle à l'axe du solénoïde. L'électron va :

- a) Dévier vers l'extérieur
- b) Ralentir
- c) Accélérer
- d) Rester parallèle à l'axe du solénoïde

13) Un ion suit une trajectoire circulaire dans un champ magnétique uniforme. Quel changement augmente le rayon de la trajectoire ?

- a) Diminuer la masse de l'ion
- b) Diminuer la charge de l'ion
- c) Diminuer la vitesse de l'ion
- d) Augmenter la densité de flux magnétique du champ

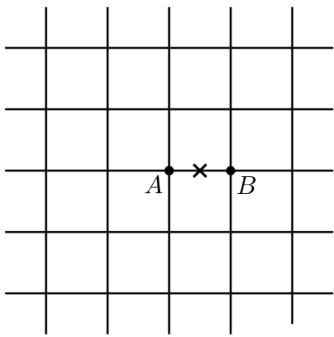
14) Le nombre de lignes de champ traversant une zone donnée est donné par le flux électrique. Pour une surface fermée (comme un cube ou une sphère), le flux électrique total est donné par la loi de Gauss :

$$\text{Flux électrique à travers une surface fermée} = Q/\epsilon_0, \quad (1)$$

où Q est la charge nette à l'intérieur de la surface fermée. Une charge ponctuelle $Q = 24q$ est placée quelque part à l'intérieur d'un cube. Le flux électrique à travers la surface inférieure du cube est mesuré à $\phi = \frac{3,98q}{\epsilon_0}$. Quel est l'emplacement approximatif de la charge ?

- a) Légèrement décentrée.
- b) Légèrement décentrée, vers la surface supérieure.
- c) Légèrement décentrée, vers la surface inférieure.
- d) Loin du centre, plus près de la surface inférieure.
- e) Au centre du cube.

15)



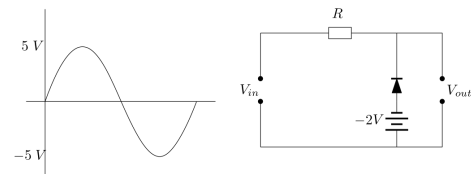
Considérons une grille *infinie* composée de fils identiques de résistance 1Ω . La résistance équivalente entre deux points adjacents A et B est R_{AB} . Si le fil reliant A et B (marqué d'un x) est coupé, R_{AB} :

- a) augmentera.
- b) diminuera.
- c) ne changera pas.
- d) deviendra zéro.
- e) deviendra infinie.
- f) ne peut pas être déterminée.

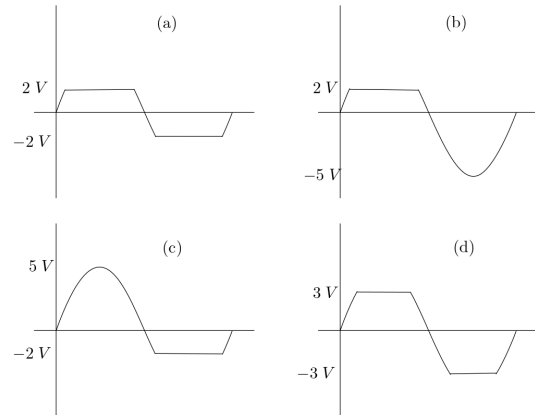
16) Une diode ne conduit le courant que lorsque le potentiel du point A est supérieur au potentiel du point B , sinon elle ne laisse pas passer le courant. Lorsqu'elle conduit, la chute de tension aux bornes d'une diode idéale est nulle.



Considérez un circuit avec une diode idéale comme indiqué ci-dessous. La tension d'entrée V_{in} est indiquée à gauche.



Quelle est la tension de sortie V_{out} ?

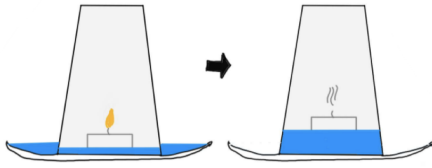


- a) a
- b) b
- c) c
- d) d

17) Une mole d'un gaz parfait ($C_p = 5R/2$) dans un piston cylindrique fermé est détendue de $T_i = 300 \text{ K}$, $P_i = 0,5 \text{ MPa}$ à $P_f = 0,1 \text{ MPa}$ par une voie adiabatique. L'énergie fournie au système ΔQ , la variation de l'énergie interne ΔU et le travail effectué par le gaz ΔW sont :

- a) $\Delta U = 0 \text{ J}$, $\Delta Q = 4014 \text{ J}$, $\Delta W = -4014 \text{ J}$
- b) $\Delta U = -4270 \text{ J}$, $\Delta Q = 0 \text{ J}$, $\Delta W = 4270 \text{ J}$
- c) $\Delta U = 4270 \text{ J}$, $\Delta Q = 0 \text{ J}$, $\Delta W = -4270 \text{ J}$
- d) $\Delta U = -5487 \text{ J}$, $\Delta Q = 0 \text{ J}$, $\Delta W = -5487 \text{ J}$
- e) $\Delta U = -5487 \text{ J}$, $\Delta Q = -5487 \text{ J}$, $\Delta W = 0 \text{ J}$

18) Une assiette est remplie d'une couche d'eau et une bougie allumée est placée au centre. Une tasse est renversée et placée pour couvrir entièrement la bougie. La flamme s'éteint et la tasse semble "boire le liquide" - l'eau est aspirée de l'assiette dans la tasse.



Rappelons que $PV = nRT$. Lequel des énoncés suivants explique pourquoi la tasse aspire le liquide ?

- a) T diminue donc V diminue
- b) P diminue donc V diminue
- c) n diminue donc V diminue
- d) n diminue donc P diminue
- e) T diminue donc P diminue

19) Un gaz parfait effectue un processus tel que

$$PV^3 = \text{const.}$$

Si le volume double pendant ce processus, la température :

- a) reste constante.
- b) augmente de quatre fois.
- c) diminue de quatre fois.
- d) augmente de huit fois.
- e) diminue de quatre fois.

20) La température d'un gaz est augmentée de la même quantité dans deux processus différents.

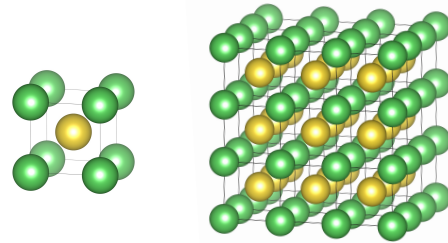
Processus A : Le volume est maintenu constant.
Processus B : La pression est maintenue constante.

Lequel des énoncés suivants est correct ?

- a) La chaleur requise dans le processus A est plus grande.
- b) La chaleur requise dans le processus B est plus grande.
- c) La même chaleur est requise dans les deux cas.
- d) Le changement d'entropie est le même pour les deux processus.
- e) La variation de l'énergie interne est la même pour les deux processus.

f) c, d et e.

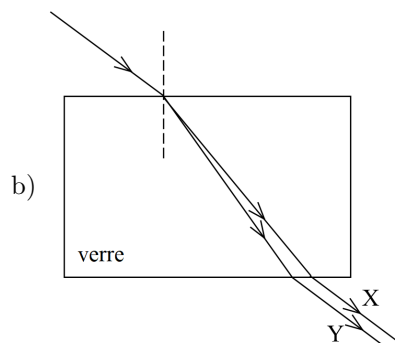
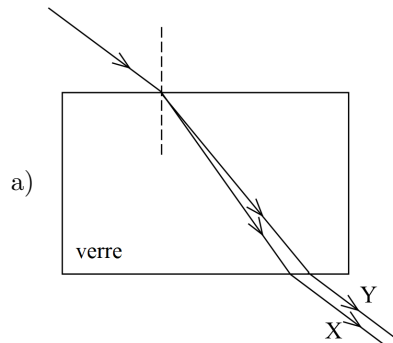
21) Le sodium a une structure cristalline (à droite) qui peut être considérée comme une répétition d'une cellule unitaire illustrée à gauche. Les différentes couleurs représentent simplement différentes positions relatives dans la cellule unitaire.

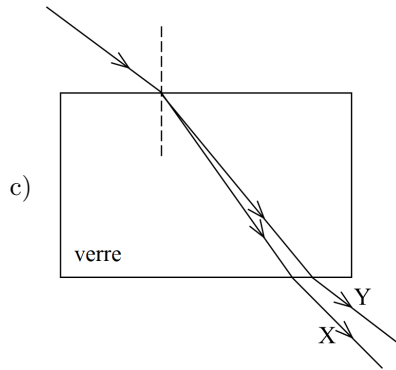


Étant donné que la cellule unitaire du sodium est un cube dont l'arête $a = 0,428 \text{ nm}$ et que sa masse atomique est 23 g/mol , quelle est la densité du sodium ?

- a) $0,47 \text{ g/cm}^3$
- b) $0,94 \text{ g/cm}^3$
- c) $1,41 \text{ g/cm}^3$
- d) $4,23 \text{ g/cm}^3$

22) Un faisceau lumineux à deux composantes monochromatiques X et Y passe dans un bloc de verre et se sépare en deux faisceaux monochromatiques lorsqu'il sort du bloc de verre. Si la fréquence de la composante X est inférieure à celle de Y, lequel des diagrammes de rayons suivants est correct ?



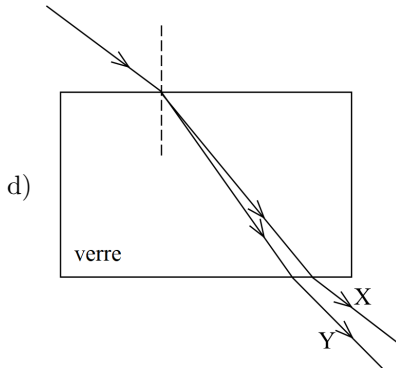


b) $\frac{\lambda R n_w}{d}$

c) $\frac{\lambda R}{dn_w}$

d) $\frac{\lambda R}{d}$

Fin de la Section A



La Section B commence à la page suivante

23) Une cellule photoélectrique émet des électrons lorsqu'elle est éclairée par une lumière verte. Nous ne savons pas si elle émet des électrons lorsqu'elle est éclairée par :

- a) rayonnement ultraviolet
- b) rayons X
- c) lumière rouge
- d) lumière bleue

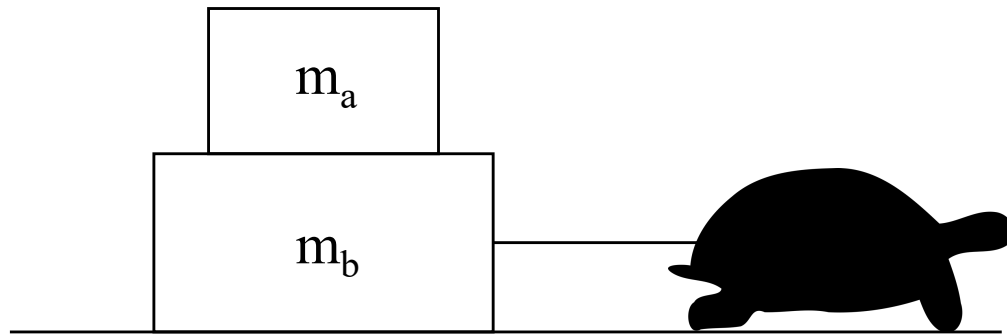
24) L'une des deux fentes d'une expérience de Young est peinte de sorte qu'elle ne transmette que la moitié de l'intensité de l'autre fente. Par conséquent :

- a) Le système des franges disparaît.
- b) Les franges claires deviennent plus claires et les franges sombres deviennent plus foncées.
- c) Les franges brillantes s'estompent.
- d) Les franges sombres deviennent plus lumineuses.
- e) Les franges sombres deviennent plus lumineuses et les plus claires deviennent plus sombres.

25) Un système à double fente est situé dans l'eau ($n_w = 1,33$). Quel est l'espacement approximatif entre deux franges brillantes ? Supposons que $R \gg d$ et que λ est la longueur d'onde de la lumière dans le vide.

a) $\frac{\lambda d}{R n_w}$

1)



Une tortue tire deux boîtes empilées comme le montre la figure ci-dessus. La ficelle attachée à la boîte du bas est parallèle au sol. La masse de la boîte du bas est m_b et celle de la boîte du haut est m_a . La tension de la ficelle est T . Le coefficient de frottement statique entre la boîte du bas et le sol est μ_b et celui entre les deux boîtes est μ_a . Trouvez la plage de valeurs de T avec une justification suffisante et un raisonnement mathématique lorsque :

- a) les deux boîtes sont statiques
- b) la boîte du bas bouge par rapport au sol avec la boîte du dessus qui repose dessus
- c) la boîte du bas bouge par rapport au sol, mais il y a aussi un mouvement relatif entre la boîte du haut et la boîte du bas

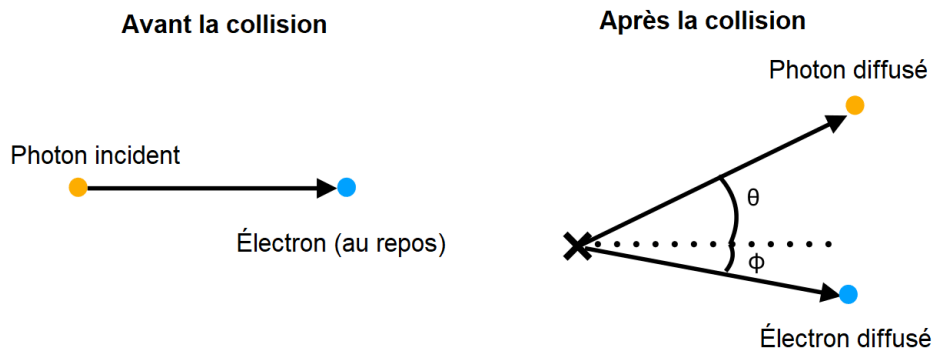
2)

Un accélérateur linéaire est une machine utilisée pour administrer une radiothérapie aux patients atteints de cancer. Il projette des faisceaux très précis de photons à haute énergie dans le corps du patient, et ces photons interagissent avec les électrons et les atomes des cellules cancéreuses pour les tuer. Il existe plusieurs manières différentes pour un photon d'interagir avec des électrons et des atomes. Dans cette question, nous allons explorer une interaction de type Compton entre un photon et un électron. Des équations relativistes historiquement acceptées sont fournies¹.

L'électron est d'abord au repos, a une masse m_o et une énergie $m_o c^2$. Un photon entrant d'énergie $\frac{hc}{\lambda}$ et d'impulsion $\frac{h}{\lambda}$, où λ est la longueur d'onde du photon, entre en collision avec cet électron et transfère une partie de son énergie, ce qui fait que l'électron et le photon se dispersent dans des directions différentes. L'électron éjecté se déplace maintenant à la vitesse v et a une masse $m = \frac{m_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ et une énergie mc^2 .

Dérivez une équation qui relie la longueur d'onde (λ) du photon entrant avec la longueur d'onde (λ') du photon diffusé sortant et son angle de diffusion (θ).

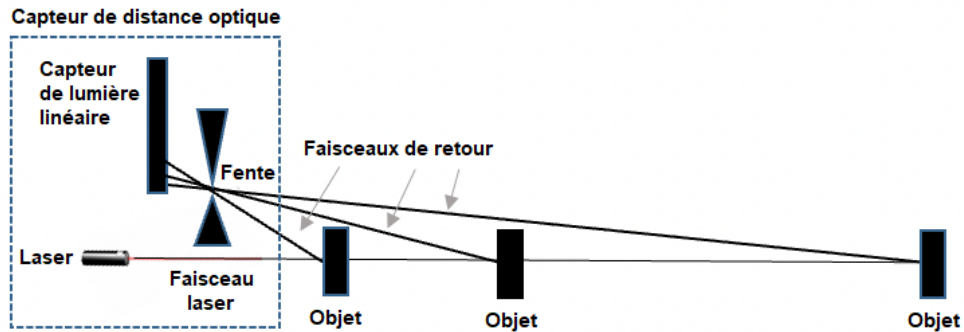
Indice: $\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$



¹Il est important de noter que les équations historiquement acceptées pour la masse relativiste d'un électron qui sont fournies ici ne sont pas exactement correctes. Elles impliquent que la masse change avec la vitesse, alors qu'en fait la masse au repos est invariante. Les équations appropriées de la masse relativiste sont beaucoup plus complexes et ne sont pas nécessaires pour résoudre ce problème ; la bonne solution peut être trouvée avec les équations fournies.

3)

Une façon de mesurer la distance à l'aide de l'optique consiste à envoyer un faisceau laser vers l'objet et à mesurer l'angle que fait la lumière diffusée avec le faisceau d'origine, comme indiqué ci-dessous :



Les composants à l'intérieur de la boîte en pointillés forment le capteur de distance optique. Le rectangle vertical représente un capteur de lumière linéaire, qui mesure le point d'impact du faisceau de retour. Les trois lignes indiquent les rayons lumineux réfléchis par des objets à différentes distances.

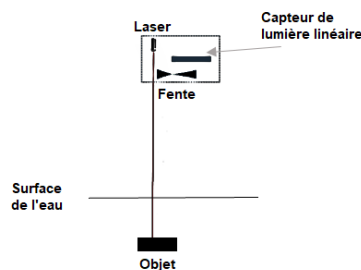
Le capteur linéaire mesure 9 mm de long et consiste en une ligne de 600 pixels espacés de $15 \mu\text{m}$.

La fente pour le faisceau de retour a une largeur de $20 \mu\text{m}$ et est située à 5 mm au-dessus du faisceau laser et à 2 mm du capteur linéaire. Le dernier pixel du capteur de lumière linéaire, celui le plus proche du faisceau laser, est à $15 \mu\text{m}$ au-dessus de la fente.

Quelle est la distance la plus courte et la plus longue que ce capteur peut mesurer dans l'air ?

Si nous voulons mesurer la distance d'un objet sous l'eau, deux pixels du capteur linéaire seront activés : un correspondant au laser se diffusant sur la surface de l'eau et un correspondant au laser se diffusant sur l'objet. Expliquez comment on peut utiliser ces deux lectures pour obtenir la bonne distance par rapport à l'objet sous l'eau.

Commencez par le cas où le faisceau laser est perpendiculaire à la surface de l'eau :



Question 1	a	b	c	d	e	f
Question 2	a	b	c	d	e	f
Question 3	a	b	c	d	e	f
Question 4	a	b	c	d	e	f
Question 5	a	b	c	d	e	f
Question 6	a	b	c	d	e	f
Question 7	a	b	c	d	e	f
Question 8	a	b	c	d	e	f
Question 9	a	b	c	d	e	f
Question 10	a	b	c	d	e	f
Question 11	a	b	c	d	e	f
Question 12	a	b	c	d	e	f
Question 13	a	b	c	d	e	f
Question 14	a	b	c	d	e	f
Question 15	a	b	c	d	e	f
Question 16	a	b	c	d	e	f
Question 17	a	b	c	d	e	f
Question 18	a	b	c	d	e	f
Question 19	a	b	c	d	e	f
Question 20	a	b	c	d	e	f
Question 21	a	b	c	d	e	f
Question 22	a	b	c	d	e	f
Question 23	a	b	c	d	e	f
Question 24	a	b	c	d	e	f
Question 25	a	b	c	d	e	f