

**Association canadienne des physiciens  
Concours 1996**

La durée de cet examen est de trois heures. Le rang d'un candidat et le prix accordé seront basés sur les réponses données dans les parties A et B. Les résultats de la partie A seront utilisés pour déterminer les candidats dont les réponses écrites à la partie B seront corrigées.

Les questions de la partie B présentent un spectre variable de difficulté. Essayez de récolter le plus de points possible dans les problèmes plus faciles avant de vous attaquer aux plus difficiles. Dans certains cas, par exemple, la réponse à la partie (a) est prérequis à la solution de la partie (b); si vous ne pouvez répondre rigoureusement à la partie (a), vous pouvez tout de même passer à la partie (b) en admettant une solution hypothétique à la partie (a). On ne s'attend pas à ce qu'aucun étudiant puisse terminer cet examen à temps. La partie (d) de chaque question à développement est particulièrement difficile.

Les calculatrices non programmables sont autorisées. Prenez soin de bien indiquer les réponses aux questions à choix multiples sur la carte-réponse qui vous est fournie et, surtout, écrivez vos solutions écrites aux différents problèmes à développement sur des feuilles différentes, puisque ces questions seront corrigées par des personnes différentes en des endroits différents. Bonne chance!

**Données**

Vitesse de la lumière	$c = 3,00 \times 10^8$ m/s
Constante de gravité	$G = 6,67 \times 10^{-11}$ N.m <sup>2</sup> /kg <sup>2</sup>
Rayon de la Terre	$R_{\oplus} = 6380$ km
Masse de la Terre	$M_{\oplus} = 5,98 \times 10^{24}$ kg
Masse de la Lune	$M_L = 7,35 \times 10^{22}$ kg
Rayon de l'orbite lunaire	$R_{TL} = 3,84 \times 10^8$ m
Accélération gravitationnelle	$g = 9,81$ m/s <sup>2</sup>
Charge élémentaire	$e = 1,6 \times 10^{-19}$ C
Masse de l'électron	$m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ kg
Masse du proton	$m_p = 1,673 \times 10^{-27}$ kg
Masse du neutron	$m_n = 1,675 \times 10^{-27}$ kg
Constante de Planck	$h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s
Constante de Coulomb	$1/4\pi\epsilon_0 = 8,99 \times 10^9$ N.m <sup>2</sup> /C <sup>2</sup>
Perméabilité du vide	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ N/A <sup>2</sup>
Vitesse du son dans l'air	340 m/s
Constante de Boltzmann	$k = 1,38 \times 10^{-23}$ J/K
Zéro absolu	0°K = -273° C

**Partie A: Choix multiples**

**Question 1**

Un canon jouet est fait d'un ressort vertical comprimé sur une longueur de 0,10 m. Une force de 10,0 N est requise pour maintenir le ressort dans cet état de compression. Si une balle de 0,050 kg est placée sur le ressort comprimé et que celui-ci est relâché, à quelle hauteur (par rapport à sa position initiale) la balle s'élèvera-t-elle?

- (a) 1,0 m
- (b) 1,2 m
- (c) 1,4 m
- (d) 1,6 m

**Question 2**

Un avion de secours est en vol horizontal à une vitesse de 30 m/s et à une altitude de 125 m au dessus de la mer lorsqu'il relâche un feu de secours. En négligeant la résistance de l'air et en supposant que l'avion ne change pas de trajectoire, de vitesse ou d'altitude, à quelle distance de l'avion se trouve le feu lorsqu'il tombe à l'eau?

- (a) 146 m
- (b) 195 m
- (c) 125 m
- (d) 150 m

**Question 3**

Un haut-parleur est placé sur l'extrémité ouverte d'un tuyau. En changeant la fréquence du son provenant du haut-parleur, on trouve que le tuyau entre en résonance à 700 Hz et à 900 Hz, mais pas à 800 Hz. Ceci signifie que :

- (a) Le tuyau est fermé à un bout et la fréquence fondamentale est de 100 Hz.
- (b) Le tuyau est fermé à un bout et la fréquence fondamentale est de 200 Hz.
- (c) Le tuyau est ouvert aux deux bouts et la fréquence fondamentale est de 100 Hz.
- (d) Le tuyau est ouvert aux deux bouts et la fréquence fondamentale est de 200 Hz.

**Question 4**

Dans un tube cathodique de téléviseur, les électrons sont accélérés à partir du repos sur une différence de potentiel de 1600 V. Quelle est la vitesse des électrons après cette accélération?

- (a) 16 000 km/s
- (b) 20 000 km/s
- (c) 24 000 km/s
- (d) 28 000 km/s

**Question 5**

L'électron-volt est une mesure de...

- (a) charge électrique
- (b) courant électrique
- (c) champ électrique
- (d) énergie

**Question 6**

Un courant de 5 A circule dans un fil de 1,0 m de long. Le fil fait un angle droit avec un champ magnétique

uniforme de grandeur 0,15 T. La force qui s'exerce sur le fil est :

- (a) 0
- (b) 0,75 N
- (c) 33 N
- (d) 0,03 N

#### Question 7

Un condensateur de  $8 \mu\text{F}$  est chargé par une différence de potentiel de 120 V. Quelle quantité de travail est requise pour effectuer cette opération?

- (a)  $2,7 \times 10^{-12}$  J
- (b)  $1,2 \times 10^{-1}$  J
- (c)  $9,6 \times 10^{-4}$  J
- (d)  $5,8 \times 10^{-2}$  J

#### Question 8

Une lampe de poche fonctionne à l'aide de quatre piles placées en série. Chaque pile possède une résistance interne  $r$ . Si l'une des piles est par erreur placée dans le mauvais sens, la résistance interne totale de la batterie de piles sera :

- (a)  $r/4$
- (b)  $3r$
- (c)  $r/5$
- (d)  $4r$

#### Question 9

Un rayon lumineux passe de l'air dans le verre. Si l'angle d'incidence (par rapport à la normale à l'interface) est augmenté, alors :

- (a) La réflexion totale interne se produira quand l'angle d'incidence est égal à l'angle critique.
- (b) La réflexion totale interne se produira quand l'angle d'incidence est inférieur à l'angle critique.
- (c) La réflexion totale interne se produira quand l'angle d'incidence est supérieur à l'angle critique.
- (d) L'angle de réfraction augmentera, mais il n'y aura pas de réflexion totale interne.

#### Question 10

Une masse de 20 g est suspendue à l'extrémité d'un ressort vertical de masse négligeable et oscille avec une amplitude de 10 cm. Son énergie totale est de 4 J. Si elle est remplacée par une masse de 40 g qui est mise en oscillation encore une fois avec une amplitude de 10 cm, l'énergie totale de la nouvelle masse sera :

- (a) 2 J
- (b) 4 J
- (c) 5,6 J
- (d) 8 J

#### Question 11

Une jeune fille de 65 kg se place sur une balance à ressort qui repose sur le plancher d'un ascenseur. Qu'indique la balance si l'ascenseur accélère vers le bas à  $2 \text{ m/s}^2$ ?

- (a) 65,0 kg
- (b) 0 kg
- (c) 51,7 kg
- (d) 78,3 kg

#### Question 12

Une courbe d'autoroute ayant un rayon de 30 m est inclinée vers l'intérieur de sorte qu'un véhicule roulant à 40 km/h peut prendre la courbe sans glisser même s'il n'y a aucune friction entre les pneus de la voiture et la surface de la route. Sans friction, un véhicule roulant plus vite glisserait vers l'extérieur de la courbe alors qu'un véhicule roulant moins vite glisserait vers l'intérieur. Trouvez l'angle d'inclinaison de la route (mesuré à partir de l'horizontale).

- (a)  $67^\circ$
- (b)  $23^\circ$
- (c)  $45^\circ$
- (d)  $90^\circ$

#### Question 13

Une balle est lancée dans les airs et atteint une hauteur  $h$ . En tenant compte de conditions réelles (telles la résistance de l'air), le temps  $t_1$  que prend la balle pour atteindre sa hauteur maximale et le temps  $t_2$  qu'elle prend pour redescendre sont ainsi reliés :

- (a)  $t_1 = t_2$
- (b)  $t_1 < t_2$
- (c)  $t_1 > t_2$
- (d)  $t_1 + t_2 = \sqrt{8h/g}$

#### Question 14

Un avion vole vers le nord, d'une ville  $A$  vers une ville  $B$  en ensuite revient à  $A$ . Un vent régulier souffle vers le nord, de sorte que l'avion vole avec le vent à l'aller et contre le vent au retour. Le temps de vol total (aller-retour) est  $T_v$ , alors que le temps de vol total en l'absence de vent serait  $T_o$ . On trouve

- (a)  $T_v = T_o$
- (b)  $T_v > T_o$
- (c)  $T_v < T_o$
- (d)  $T_v = 2T_o$

#### Question 15

La navette spatiale est en orbite circulaire autour de la Terre, à une vitesse constante. Pour changer le rayon de

l'orbite, l'équipage allume temporairement le moteur principal qui accélère la navette dans la direction de son mouvement. Après que le moteur principal soit arrêté, la navette sera en orbite elliptique avec...

- (a) un rayon moyen plus grand et une vitesse moyenne plus petite.
- (b) un rayon moyen plus grand et une vitesse moyenne plus grande.
- (c) un rayon moyen plus petit et une vitesse moyenne plus petite.
- (d) un rayon moyen plus petit et une vitesse moyenne plus grande.

#### Question 16

Laquelle des expressions suivantes possède les unités correctes pour représenter le rayon de l'atome d'hydrogène dans son état fondamental? Une seule réponse est valable.

- (a)  $\epsilon_0 h^2 / \pi m_e e^2$
- (b)  $h^2 m_e e^2 / 4\pi \epsilon_0$
- (c)  $m_e c^2 / h^2 e^4$
- (d)  $e^4 m_e / 8\epsilon_0^2 h^2$

#### Question 17

Si le champ électrique est nul partout dans une certaine région de l'espace, alors le potentiel électrique dans cette région...

- (a) doit être nul.
- (b) doit être positif.
- (c) doit être négatif.
- (d) doit être constant.

#### Question 18

En comparant les propriétés de la lumière à celles des micro-ondes, lequel des énoncés suivants est FAUX?

- (a) La lumière et les micro-ondes ont la même vitesse dans le verre.
- (b) La lumière a une fréquence plus grande dans le verre que les micro-ondes.
- (c) La lumière et les micro-ondes ont la même vitesse dans le vide.
- (d) La lumière et les micro-ondes peuvent toutes les deux être réfractées par le verre.

#### Question 19

Un enfant se tient au sommet d'un monument de glace hémisphérique de rayon  $r$ . Il commence à glisser (à partir du repos) vers le bas, sans friction. À quelle hauteur au-dessus du sol perdra-t-il contact avec la surface glacée?

- (a) l'enfant ne perdra jamais contact avec la glace.
- (b)  $r/3$
- (c)  $r/2$
- (d)  $2r/3$

#### Question 20

Un véhicule spatial conçu pour récolter les petits astéroïdes a la forme d'une vaste cuiller. Il s'approche des astéroïdes à une vitesse de  $10^4$  m/s (ceux-ci sont beaucoup plus petites que le véhicule). Si le véhicule récolte les astéroïdes à un taux de 100 kg/s, quelle poussée (ou force) doit fournir le moteur pour maintenir une vitesse constante? Négligez la variation de la masse du véhicule provenant de l'éjection du carburant brûlé.

- (a)  $10^3$  N
- (b)  $10^6$  N
- (c)  $10^9$  N
- (d)  $10^{12}$  N

#### Question 21

La sensibilité de l'oreille humaine est maximale autour de 3000 Hz. La meilleure explication de ce fait est :

- (a) Le canal de l'oreille est une cavité résonnante dont la fréquence fondamentale est proche de 3000 Hz.
- (b) À une fréquence de 3000 Hz, la longueur d'onde du son est approximativement égale à la distance entre les deux oreilles.
- (c) La fréquence de résonance du crâne est de 3000 Hz.
- (d) Aucune de ces explications n'est valable.

#### Question 22

Une morceau de caoutchouc est plus large qu'épais. Lorsqu'il est étiré dans le sens de la longueur,

- (a) Son épaisseur diminue mais sa largeur augmente.
- (b) Son épaisseur diminue mais sa largeur demeure constante.
- (c) Son épaisseur augmente mais sa largeur diminue.
- (d) Son épaisseur et sa largeur diminuent.

#### Question 23

Une nouvelle opération visant à guérir la myopie consiste à modifier la forme du cristallin (la lentille à l'intérieur de l'oeil) à l'aide d'un laser. Un oeil myope ne peut pas faire le point sur les objets lointains. Pour améliorer la vue du patient, on doit...

- (a) diminuer uniformément l'épaisseur du cristallin.
- (b) augmenter uniformément l'épaisseur du cristallin.
- (c) amincir le milieu du cristallin.
- (d) amincir les bords du cristallin.

**Question 24**

Un proton suit une orbite circulaire de rayon 1 cm dans un champ magnétique de 0.5 T. L'énergie cinétique du proton est :

- (a)  $3,35 \times 10^{-27}$  J
- (b)  $1,67 \times 10^{-27}$  J
- (c)  $3,83 \times 10^{-16}$  J
- (d)  $1,91 \times 10^{-16}$  J

**Question 25**

Une tige conductrice de 30 cm de longueur se déplace à une vitesse de 8 m/s dans un plan perpendiculaire à un champ magnétique de 0.05 T. La vitesse de la tige est perpendiculaire à son orientation. La différence de potentiel induite entre les extrémités de la tige est :

- (a) 48 V
- (b)  $6,40 \times 10^{-20}$  V
- (c) 120 mV
- (d) Dans ce cas aucune différence de potentiel ne sera induite.

**Partie B****Question 1**

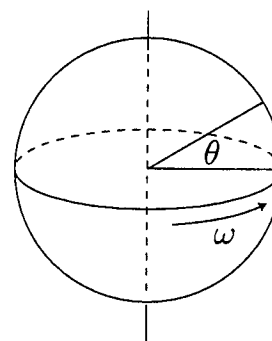
L'étude de l'accélération gravitationnelle à la surface de la Terre comporte des éléments intéressants, car un grand nombre de facteurs interviennent dans les variations locales de  $g$  sur des échelles globales, continentales et locales. La Terre n'est pas parfaitement sphérique, mais plutôt légèrement aplatie. La Terre tourne sur elle-même. L'accélération gravitationnelle dépend de l'altitude et des propriétés géophysiques locales. La Lune joue aussi un rôle mineur. Dans cette question nous allons étudier quelques uns de ces facteurs.

- (a) Supposons premièrement que la Terre est une sphère sans mouvement de rotation. Trouvez une expression pour  $g$  à la surface de la Terre en fonction de la masse de la Terre  $M_{\oplus}$ , de son rayon  $R_{\oplus}$  et de  $G$ , la constante de gravitation.
- (b) Modifiez l'expression trouvée en (a) pour obtenir l'accélération gravitationnelle à une altitude  $h$  au-dessus de la surface de la Terre. Simplifiez votre expression dans la limite où  $h \ll R_{\oplus}$  (l'altitude est beaucoup plus petite que le rayon terrestre). Comparez le poids d'un alpiniste de 90 kg au niveau de la mer à son poids au sommet de l'Everest (une altitude d'environ 8000 m). Indice: vous pouvez utiliser l'approximation

$$\frac{1}{(1+x)^2} \approx 1 - 2x$$

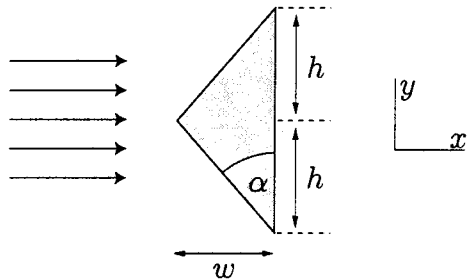
si  $|x| \ll 1$ .

- (c) L'accélération gravitationnelle apparente dépend de la latitude parce que la Terre est en rotation sur elle-même. Trouvez la différence en pourcentage entre  $g$  aux pôles et  $g$  à l'équateur due à cet effet. Indice : Considérez le poids d'un objet aux deux endroits.
- (d) Trouvez une expression pour l'accélération d'un objet en chute libre près de la surface de la Terre en fonction de la latitude  $\theta$ . Supposez que la Terre est sphérique et en rotation sur elle-même à une fréquence angulaire  $\omega$ .

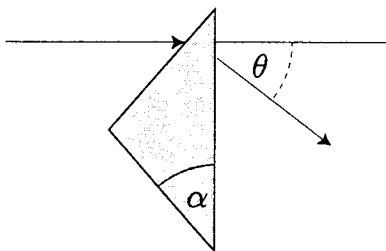


**Question 2**

Il est possible d'exercer une force contrôlée sur des petits objets à l'aide d'un laser. Considérez un faisceau laser incident sur un petit prisme de verre, comme illustré. Le prisme a une indice de réfraction  $n = 1,6$  et la fréquence de la lumière du laser est  $f$ . Le prisme est isocèle, avec une base  $2h$ , une hauteur  $w$  et un angle de base  $\alpha$ .



- (a) Esquissez les trajets possibles d'un rayon laser pénétrant dans la partie supérieure du prisme.
- (b) Trouvez le domaine de valeurs de l'angle  $\alpha$  telles que le rayon laser sortira du prisme par son côté le plus long, comme illustré, et trouvez une expression pour l'angle de déviation  $\theta$  (vous pourriez trouver utile de faire cela en premier!). Seule une valeur numérique approximative de  $\alpha$  est requise. Par la suite, vous pouvez supposer que l'angle  $\alpha$  est situé dans ce domaine.

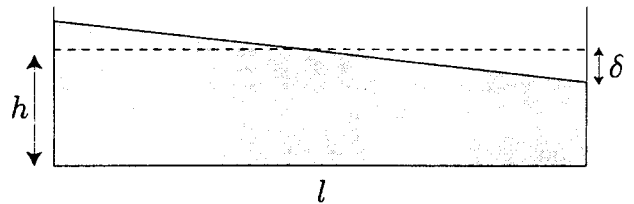


- (c) La quantité de mouvement  $p$  d'un photon est reliée à son énergie  $E$  par la formule  $E = pc$ , où  $c$  est la vitesse de la lumière. Trouvez la force verticale exercée sur le prisme par un faisceau de  $r$  photons par seconde incident sur la moitié supérieure du prisme. Vous pouvez exprimer votre réponse en fonction de l'angle de déviation  $\theta$ .

**Question 3**

Dans certains grands lacs, en particuliers ceux qui sont longs et étroits, un phénomène étrange se produit. Le niveau de l'eau oscille lentement, en étant haut à une extrémité du lac et bas à l'autre extrémité avant de s'inverser, comme l'eau d'une baignoire qui se déplace de l'avant vers l'arrière et vice-versa. Il ne faut pas confondre ce mouvement à celui des vagues ordinaires à la surface de l'eau. Ce phénomène est appelé 'seiche' (nom féminin, se prononce comme 'sèche').

- (a) Quelles sont les causes possibles de la seiche et, ensuite, les causes de son atténuation?
- (b) Élaborez un modèle physique simple pour la seiche d'un lac et trouvez une expression pour la période d'oscillation. Les facteurs pouvant être pris en considération sont la longueur  $l$  du lac, sa largeur  $w$ , sa profondeur  $h$  et l'amplitude des oscillations  $\delta$ . Les modèles les plus simples peuvent remplacer le lac par un réservoir d'eau rectangulaire, comme illustré.



Une solution exacte à cette question n'est bien sûr pas demandée. On vous demande plutôt d'utiliser un modèle simple qui comporte les caractéristiques essentielles de la seiche et qui permette d'en estimer la période.

Vous pouvez comparer vos données à celle obtenues pour le lac Léman (en Suisse) et le lac Vättern en Suède. Le lac Léman est long de 60 km et profond de 150 m en moyenne. Sa période d'oscillation est de 76 minutes avec une amplitude allant jusqu'à 2 m. La seiche du lac Léman peut durer jusqu'à une semaine. Le lac Vättern est long de 123 km, profond de 50 m en moyenne et sa seiche a une période de 3 heures.

**Les Solutions**