

**Association canadienne des physiciens
Concours 1999**

Partie A: Choix multiples

La durée de cet examen est de trois heures. Le rang d'un candidat et le prix accordé seront basés sur les réponses aux 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 varié de difficulté. Essayez d'accumuler 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 que tous les étudiants puissent terminer cet examen à temps. Chaque question à développement comporte une partie plus difficile.

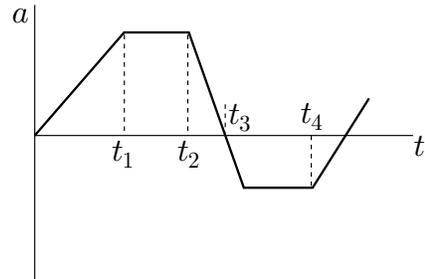
Les calculatrices non programmables sont autorisées. Prenez soin de bien indiquer les réponses aux questions à choix multiples sur la carte-réponse qui vous est fournie et, surtout, écrivez vos solutions écrites aux différents problèmes à développement sur des feuilles différentes, puisque ces questions 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 ² /kg ²
Rayon de la Terre	$R_T = 6,38 \times 10^6$ m
Rayon de la Lune	$R_L = 1,70 \times 10^6$ m
Masse de la Terre	$M_T = 5,98 \times 10^{24}$ kg
Masse de la Lune	$M_L = 7,35 \times 10^{22}$ kg
Masse du Soleil	$M_S = 1,99 \times 10^{30}$ kg
Rayon de l'orbite lunaire	$R_{TL} = 3,84 \times 10^8$ m
Rayon de l'orbite terrestre	$R_{TS} = 1,50 \times 10^{11}$ m
Accélération gravitationnelle	$g = 9,81$ m/s ²
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 ² /C ²
Perméabilité du vide	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ N/A ²
Vitesse du son dans l'air	340 m/s
Densité de l'air	$\rho = 1,2$ kg/m ³
Constante de Boltzmann	$k = 1,38 \times 10^{-23}$ J/K
Zéro absolu	0°K = -273° C
Conversion calorie/joule	1 cal = 4,184 J
Nombre d'Avogadro	$N_A = 6,02 \times 10^{23}$ mol ⁻¹

Question 1

Le graphique ci-dessous représente l'accélération d'une voiture en fonction du temps. Quand la vitesse de la voiture atteint-elle un maximum?



- (a) t_1
- (b) t_2
- (c) t_3
- (d) t_4

Question 2

On alimente deux haut-parleurs identiques avec un même signal sinusoïdal. Ils sont placés l'un près de l'autre dans une même salle et on note que l'intensité du son perçu varie d'un endroit à l'autre, en augmentant ou en diminuant, au voisinage des haut-parleurs. Laquelle des actions ci-dessous ne changera pas ce patron d'intensité?

- (a) Déplacer l'un des haut-parleurs.
- (b) Changer l'amplitude du signal.
- (c) Changer la fréquence du signal.
- (d) Remplacer l'air de la salle par de l'hélium.

Question 3

Deux objets noirs de même diamètre, une sphère et un disque, sont placés face à un faisceau de lumière uniforme. Le plan du disque est perpendiculaire au faisceau. La force que la lumière exerce sur ces objets est :

- (a) nulle
- (b) plus grande sur le disque.
- (c) plus grande sur la sphère.
- (d) la même sur les deux objets.

Question 4

Une masse de 1 kg est au repos sur le sol, au niveau de la mer, à l'équateur. Quel serait son poids si la Terre tournait sur elle-même dix fois plus vite que maintenant?

- (a) 9,80 N
- (b) 3,37 N
- (c) 6,43 N
- (d) 9,76 N

Question 5

Un ampèremètre idéal – destiné à mesurer le courant d'un circuit électrique – devrait avoir une résistance interne...

- (a) nulle.
- (b) infinie.
- (c) égale à la résistance de la charge du circuit.
- (d) égale à la résistance interne de l'alimentation.

Question 6

Un avion de 100,000 kg relâche un paquet de 1000 kg au-dessus d'une station de recherche dans l'Arctique. Quelle force approximative est ressentie par le pilote de 100 kg au moment où le paquet est relâché?

- (a) 1 N
- (b) 10 N
- (c) 100 N
- (d) zéro

Question 7

Une lentille convergente forme l'image d'un objet sur un écran. L'image est réelle et est deux fois plus grande que l'objet. Si les positions de l'image et de l'objet sont échangées, en laissant la lentille là où elle était, quelle sera la nouvelle taille de l'image sur l'écran?

- (a) Deux fois la taille de l'objet.
- (b) Identique à la taille de l'objet.
- (c) La moitié de la taille de l'objet.
- (d) Impossible à dire, puisque cela dépend de la longueur focale de la lentille.

Question 8

Un seau rempli d'eau est attaché par une corde à un support fixe et oscille comme un pendule. Un trou est pratiqué au fond du seau, ce qui entraîne une perte progressive d'eau. Comment la période de l'oscillation change-t-elle avec la perte d'eau?

- (a) Elle ne change pas.
- (b) Elle décroît de manière continue.
- (c) Elle croît de manière continue.
- (d) Elle croît jusqu'à un maximum et décroît ensuite.

Question 9

Un crayon est placé verticalement sur une table, la mine vers le haut et la gomme à effacer vers le bas, en contact avec la table. Quand le crayon tombe en quittant cette position instable, alors que son point de contact avec la table reste stationnaire, l'accélération de la mine...

- (a) reste inférieure à g en tout temps.
- (b) dépasse g à un moment donné.
- (c) devient égale à g juste avant de frapper la table.
- (d) est constante.

Question 10

Deux vers de 20 g chacun surmontent une mince barrière verticale de 10 cm de haut. L'un des vers est mince et a 20 cm de long. L'autre est plus gras (mais quand même mince en comparaison de sa longueur) et ne fait que 10 cm de long. Quel est le rapport de l'énergie potentielle du ver mince sur celle du ver plus gras quand chacun est exactement à cheval sur le sommet de la barrière?

- (a) 1:1
- (b) 2:1
- (c) 2:3
- (d) 1:2

Question 11

Supposons qu'un skieur descendant le mont Everest sur une pente de 40° (par rapport à l'horizontale) est sujet à un coefficient de friction de 0,10. En partant du repos, en combien de temps atteint-il une vitesse de 50 km/h (négligez la résistance de l'air).

- (a) 2,5 s
- (b) 9,0 s
- (c) $1,5 \times 10^2$ s
- (d) 2,0 s

Question 12

Une pierre est jetée à la verticale vers le bas, du haut d'un précipice, à une vitesse de 10 m/s. Au moment de toucher le sol, sa vitesse est de 30 m/s. Si, au contraire, la pierre avait été lancée horizontalement du haut du précipice, avec la même vitesse (10 m/s), quelle aurait été sa vitesse au moment de toucher le sol?

- (a) 10 m/s
- (b) 20 m/s
- (c) 30 m/s
- (d) 40 m/s

Question 13

Deux objets de masses égales, se dirigeant l'un vers l'autre à la même vitesse, subissent une collision frontale. Laquelle des affirmations suivantes est généralement correcte?

- (a) Leurs vitesses finales doivent être nulles.
- (b) Leurs vitesses finales peuvent être nulles.
- (c) Chacun doit avoir une vitesse finale égale à la vitesse initiale de l'autre.
- (d) Leurs vitesses doivent être réduites en grandeur.

Question 14

Une charge ponctuelle positive $+Q$ est placée en $x = 0$ et une charge ponctuelle négative $-Q$ en $x = a$. La grandeur de la force électrostatique mutuelle est F . Si une autre charge ponctuelle $+Q$ est placée en $x = -a$, la force nette sur la charge située à l'origine est...

- (a) $2F$ dans la direction $-x$.
- (b) F dans la direction $+x$.
- (c) $5F/4$ dans la direction $+x$.
- (d) $2F$ dans la direction $+x$.

Question 15

Un circuit simple est formé d'une pile idéale et d'une résistance R . Si une autre résistance est placée en parallèle avec la première,

- (a) La différence de potentiel aux bornes de R diminue.
- (b) Le courant traversant R diminue.
- (c) Le courant fourni par la pile augmente.
- (d) La puissance dissipée par R augmente.

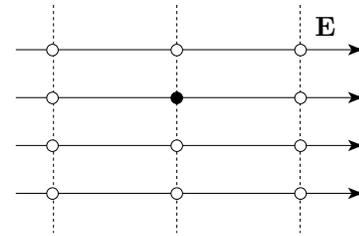
Question 16

Un isolant chargé positivement est mis à proximité, mais sans les toucher, de deux sphères métalliques en contact l'une avec l'autre. Les deux sphères sont ensuite séparées. La sphère qui était initialement la plus éloignée de l'isolant portera...

- (a) une charge nulle.
- (b) une charge négative.
- (c) une charge positive.
- (d) une charge négative ou positive.

Question 17

Considérez le champ électrique uniforme illustré. Combien de points clairs sont au même potentiel que le point noir?



- (a) 2
- (b) 3
- (c) 4
- (d) 8

Question 18

Un condensateur est formé de deux coquilles métalliques sphériques et concentriques. Le condensateur est chargé, de sorte que la coquille externe porte une charge positive, alors que la coquille interne porte une charge égale mais négative. Même si le condensateur n'est relié à aucun circuit, la charge qu'il porte va éventuellement disparaître en raison de la conductivité non nulle du matériau qui sépare les deux coquilles. Quelle est la direction du champ magnétique induit par le courant de fuite?

- (a) Radial, vers l'extérieur.
- (b) Radial, vers l'intérieur.
- (c) Les lignes du champ magnétique sont circulaires, dans un plan perpendiculaire à la direction radiale.
- (d) Aucun champ magnétique n'est induit.

Question 19

Laquelle des expressions suivantes a les unités du champ magnétique?

- (a) $\text{kg C}^{-1} \text{s}^{-1}$
- (b) $\text{kg A}^{-1} \text{s}^{-1}$
- (c) $\text{N C}^{-1} \text{m}^{-1}$
- (d) $\text{J A}^{-1} \text{m}^{-1}$

Question 20

Près du pôle nord géographique se trouve le pôle magnétique septentrional qui est, en réalité, un pôle sud magnétique : à ce point, le champ magnétique terrestre pointe vers le sol. Si un électron est projeté horizontalement vers le sud, à partir du pôle magnétique septentrional, la force magnétique sur l'électron le déviara...

- (a) Vers le haut.
- (b) Vers le bas.
- (c) Vers l'est.
- (d) Vers l'ouest.

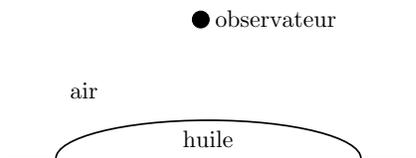
Question 21

Un réseau de diffraction comporte 300 traits par mm. Si un faisceau lumineux de 550 nm de longueur d'onde est à incidence normale sur le réseau, combien de taches claires apparaissent sur un écran situé juste derrière?

- (a) 1
- (b) 6
- (c) 12
- (d) 13

Question 22

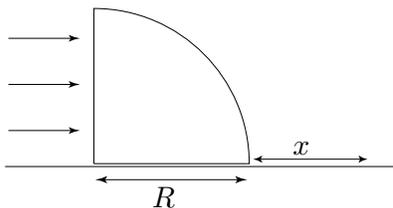
Une gouttelette d'huile ($n = 1,4$) reposant sur une plaque de verre ($n = 1,5$) est observée du haut, par réflexion d'une lumière blanche. Un certain nombre de franges d'interférence circulaires sont observées pour chaque couleur du spectre visible. Quelle est l'épaisseur approximative de la couche d'huile à l'endroit où on observe la troisième bande bleue à partir du bord? La longueur d'onde de la lumière bleue est $\lambda_b = 450$ nm.



- (a) 482 nm
- (b) 675 nm
- (c) 1125 nm
- (d) 1350 nm

Question 23

Un faisceau lumineux horizontal et uniforme est incident sur un prisme, comme illustré. Le prisme a la forme d'un quart de cylindre, de rayon $R = 5$ cm, et possède un indice de réfraction $n = 1,5$. Une portion de la table, sur une longueur x après le prisme, n'est pas illuminée. La valeur de x est



- (a) 1,71 cm
- (b) 2,24 cm
- (c) 2,50 cm
- (d) 5,00 cm

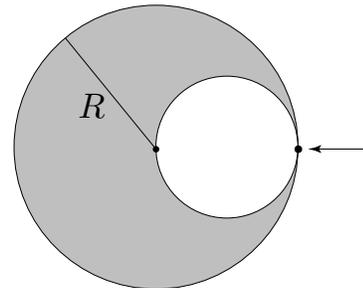
Question 24

Lequel des énoncés suivants est vrai concernant les trois types de rayonnement électromagnétique que sont les ondes radio, l'infrarouge et la lumière visible?

- (i) Seules les ondes radio peuvent être utilisées pour transmettre de l'information audio.
 - (ii) Seul l'infrarouge est émis par les objets très chauds.
 - (iii) Seule la lumière visible peut être détectée par les humains.
- (a) (i) seul est vrai.
 - (b) (ii) seul est vrai.
 - (c) (iii) seul est vrai.
 - (d) Aucun des énoncés n'est vrai.

Question 25

Dans le film *Armageddon*, des astronautes peuvent marcher normalement sur un astéroïde en raison de son champ de gravitation. Supposez qu'un astéroïde sphérique de masse M et de rayon R possède une cavité sphérique de rayon $R/2$, tel qu'illustré. Quelle est l'accélération gravitationnelle au point juste au-dessus de la cavité, sur la surface de l'astéroïde?

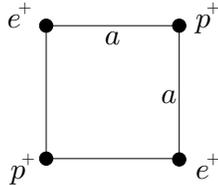


- (a) $\frac{GM}{R^2}$
- (b) $\frac{GM}{2R^2}$
- (c) $\frac{GM}{8R^2}$
- (d) $\frac{7GM}{8R^2}$

Partie B

Question 1

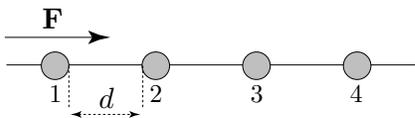
Quatre charges ponctuelles, chacune de valeur $+e$, sont fixées aux quatre coins d'un carré de côté $a = 1$ cm. La gravité ne joue aucun rôle dans cette question.



- (a) Esquissez un diagramme du champ électrique causé par cette configuration.
- (b) Quelle est la force nette agissant sur l'une des charges?
- (c) Quelle est l'énergie potentielle électrostatique de cette distribution de charges?
- (d) Supposons maintenant que deux des charges sont des protons et les deux autres des positrons. Un positron est l'antiparticule de l'électron, avec la même masse que l'électron mais une charge de $+e$. Les quatre charges, de fixes qu'elles étaient, sont soudainement relâchées. Quelles sont leurs vitesses lorsqu'elles sont assez éloignées les unes des autres?

Question 2

Considérons un ensemble de billes de masses m , également espacées (leurs surfaces sont séparées d'une distance d), libres de glisser, sans frottement, sur un mince fil de fer. Supposons qu'une force constante F agit sur la première bille, initialement au repos, ce qui lui cause une accélération le long du fil, comme illustré. Cette force n'agit que sur la première bille et pourrait être causée par un jet d'air uniforme et très bien orienté. La première bille va entrer en collision avec la deuxième, et celle-ci avec la troisième, etc. Supposons que les collisions sont élastiques.



- (a) Quelle est la vitesse de la première bille immédiatement avant et immédiatement après sa collision avec la deuxième bille?
- (b) Quelle est la vitesse de la deuxième bille immédiatement avant et immédiatement après sa collision avec la troisième bille?
- (c) Gardez en tête que la force constante agit toujours sur la première bille. Quel est l'intervalle de temps

séparant les collisions subséquentes entre la première et la deuxième bille? Quelle est alors la vitesse moyenne de la première bille? Quelle est la vitesse de l'“onde de choc” qui se propage le long du fil?

- (d) Si tout le processus est répété, mais que cette fois les collisions sont parfaitement inélastiques, quelle est la vitesse terminale de l'onde de choc ainsi générée?

Question 3

À partir de votre expérience quotidienne et de vos observations, estimez la luminosité d'une pleine Lune en comparaison de celle du Soleil à midi. La luminosité est définie comme une puissance par unité de surface. Pour parvenir à une estimation numérique raisonnable, vous devez attribuer une valeur à certains paramètres physiques. Vous devez expliquer les raisonnements qui sous-tendent vos estimations et inclure les figures qui les accompagnent.