

**Association canadienne des physiciens  
Concours 1997**

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. 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 <sup>2</sup> /kg <sup>2</sup>
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 <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**

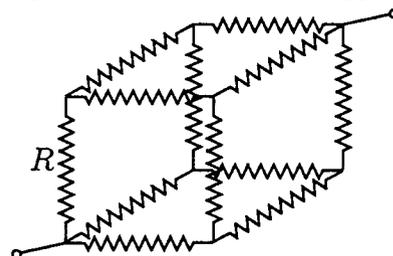
Deux astronautes, chacun de masse 75 kg, flottent l'un

à côté de l'autre dans l'espace, près de la navette spatiale. L'un des deux pousse l'autre sur une distance de 1 m (la longueur d'un bras) avec une force de 300 N. Quelle est la vitesse relative finale des deux astronautes?

- (a) 2,0 m/s
- (b) 2,83 m/s
- (c) 4,0 m/s
- (d) 16,0 m/s

**Question 2**

Douze résistances identiques (chacune de grandeur  $R$ ) sont placées le long des douze arêtes d'un cube. Quelle est la résistance équivalente entre les coins opposés du cube?



- (a)  $2R/3$
- (b)  $5R/6$
- (c)  $R$
- (d)  $12R$

**Question 3**

Un madrier de longueur  $L$  gît sur le sol. Vous devez le transporter avec une amie qui est deux fois plus forte que vous (elle peut soutenir un poids deux fois plus grand avec le même effort). Si vous tenez le madrier à l'une de ses extrémités, à quelle distance de vous votre amie devrait-elle porter le madrier pour que la charge soit équitablement répartie?

- (a)  $2L/3$
- (b)  $3L/5$
- (c)  $3L/4$
- (d)  $L$

**Question 4**

Une automobile se déplaçant à 80 km/h requiert une distance de freinage de 50 m. Quelle devrait être la distance de freinage de la même voiture allant à 160 km/h? Supposez que la même force de freinage est appliquée dans les deux cas.

- (a) 70,7 m
- (b) 100 m
- (c) 141 m
- (d) 200 m

**Question 5**

Quelle serait la durée du jour terrestre si un pendule suspendu quelque part à l'équateur n'oscillait pas (c'est-à-dire qu'il ne retournerait pas à son point d'équilibre s'il était déplacé)?

- (a) 24 h
- (b) 1,2 h
- (c) 1,4 h
- (d) 2,4 h

**Question 6**

Deux électrons sont à une certaine distance l'un de l'autre. Quel est l'ordre de grandeur du rapport de leur force électrique mutuelle à leur force gravitationnelle mutuelle?

- (a)  $10^8 : 1$
- (b)  $10^{28} : 1$
- (c)  $10^{31} : 1$
- (d)  $10^{42} : 1$

**Question 7**

Une montgolfière s'élevant à une vitesse de 5 m/s relâche un sac de sable quand elle est à 20 m du sol. Combien de temps le sac prend-il pour atteindre le sol? Négligez la résistance de l'air.

- (a) 2,01 s
- (b) 2,59 s
- (c) 2,81 s
- (d) 3,01 s

**Question 8**

Une corde est attachée à un seau d'eau et celui-ci est mis en rotation sur un cercle vertical de 1 m de rayon. Quelle est la vitesse minimum du seau à son point le plus haut pour que l'eau reste dans le seau?

- (a) 3,1 m/s
- (b) 5,6 m/s
- (c) 20,7 m/s
- (d) 100,5 m/s

**Question 9**

Un objet de 5 kg est suspendu à un ressort et oscille avec une période de 0,5 s. De combien la longueur d'équilibre du ressort sera-t-elle réduite si l'objet est enlevé?

- (a) 0,75 cm
- (b) 1,50 cm
- (c) 3,13 cm
- (d) 6,20 cm

**Question 10**

Un tuyau d'orgue produit un son de fréquence 400 Hz dans l'air. Si le tuyau est rempli d'hélium à la même température et la même pression, quelle fréquence sera produite? La vitesse du son dans l'hélium est trois fois plus grande que dans l'air.

- (a) 147 Hz
- (b) 440 Hz
- (c) 880 Hz
- (d) 1320 Hz

**Question 11**

Une échelle de 20 kg (avec une masse uniformément distribuée) et de 10 m de long repose sur un mur vertical sans frottement. L'échelle fait un angle de  $30^\circ$  par rapport à la verticale. C'est le frottement entre l'échelle et le sol qui l'empêche de glisser. Quelle est la grandeur de la force exercée par l'échelle sur le mur?

- (a) 0 N
- (b) 0,57 N
- (c) 5,7 N
- (d) 57 N

**Question 12**

Une balle de 1,0 kg, tenue à l'extrémité d'une corde de 1,5 m, est en rotation sur un cercle, à une vitesse constante de 2,0 m/s. Le travail effectué sur la balle par la tension de la corde en une révolution est

- (a) 0 J
- (b) 2,7 J
- (c) 8,0 J
- (d) 25,1 J

**Question 13**

Une source sonore émettant à fréquence constante se déplace le long d'un cercle, à vitesse constante. Un observateur éloigné entend une note qui fluctue en hauteur dans un intervalle de 20 Hz, une fois par seconde. Si le taux de rotation de la source est doublé, alors l'intervalle dans lequel fluctue la note. . .

- (a) est supérieur à 20 Hz, une fois par seconde.
- (b) est de 20 Hz, deux fois par seconde.
- (c) est inférieur à 20 Hz, une fois à toutes les deux secondes.
- (d) est supérieur à 20 Hz, deux fois par seconde.

**Question 14**

Quatre charges identiques sont situées aux quatre coins d'un carré. Le champ électrique est nul. . .

- (a) à chacun des quatre coins.
- (b) au milieu de chaque côté.
- (c) au centre du carré.
- (d) en aucun point à l'intérieur ou sur le carré.

**Question 15**

L'unité de charge électrique peut s'exprimer comme

- (a) ampère-newton-mètre/watt
- (b) ampère-volt
- (c) ampère/seconde
- (d) ampère-ohm

**Question 16**

Une bobine conductrice rectangulaire est en rotation uniforme par rapport à un axe, dans un champ magnétique uniforme. À l'instant où le plan de la bobine est parallèle aux lignes de champ magnétique, la force électromotrice induite est...

- (a) minimum.
- (b) maximum.
- (c) zéro.
- (d) constante (la même à tous les temps).

**Question 17**

Un avion effectue un vol d'une ville  $A$  à une ville  $B$  en l'absence de vent et le voyage aller-retour nécessite un temps  $T_o$ . Si le vent souffle de  $A$  vers  $B$ , alors la durée  $T_v$  du même vol aller-retour obéit à la condition...

- (a)  $T_o > T_v$
- (b)  $T_o < T_v$
- (c)  $T_o = T_v$
- (d) Cela dépend de la distance entre les deux villes.

**Question 18**

Vous disposez d'une bonne provision de condensateurs à  $3 \mu f$ . Quel est le nombre minimum de condensateurs requis pour construire un circuit ayant une capacité équivalente de  $2,25 \mu f$ ?

- (a) 3
- (b) 4
- (c) 5
- (d) 6

**Question 19**

Trois ampoules de 100 W sont reliées en série à une source de 120 V. Si deux des ampoules sont remplacées par

des ampoules de 60 W, la luminosité de l'ampoule de 100 W restante sera...

- (a) plus grande qu'avant.
- (b) plus petite qu'avant.
- (c) la même qu'avant.
- (d) nulle.

**Question 20**

La Terre suit une orbite elliptique autour du Soleil. Parmi les affirmations suivantes, laquelle ou lesquelles sont vraies?

- I La vitesse orbitale de la Terre est constante.
  - II Le moment cinétique de la Terre par rapport au Soleil est constant.
  - III La force exercée par le Soleil sur la Terre est constante.
  - IV La vitesse orbitale de la Terre est plus grande au printemps et en automne qu'en hiver et en été.
- (a) I seulement.
  - (b) II et IV.
  - (c) IV seulement.
  - (d) I, II, III et IV.

**Question 21**

Une balle est lancée verticalement dans les airs. En tenant compte de la résistance de l'air, les forces agissant sur la balle pendant sa montée sont...

- (a) Une force décroissante vers le haut et une force constante vers le bas.
- (b) Une force décroissante vers le haut et une force décroissante vers le bas.
- (c) Une force décroissante vers le bas.
- (d) Une force croissante vers le bas.

**Question 22**

Une balle de fusil de 100 g et de vitesse 500 m/s vient se loger dans un poids de plomb de 5 kg. Le poids est suspendu à un support fixe par une corde de 5 m et peut osciller comme un pendule. Si le poids était initialement au repos, quelle est la période d'oscillation du système immédiatement après la collision et comment varie-t-elle quand l'amplitude de l'oscillation diminue en raison de la résistance de l'air?

- (a) 4,5 s et constante.
- (b) 4,5 s et croissante.
- (c) 0,7 s et constante.
- (d) aucune de ces réponses.

**Question 23**

Une force agit sur un objet selon la loi  $F = -cx^3$ , où  $x$  est la position de l'objet par rapport à l'origine et  $c = 1 \text{ N/m}^3$ . Quel est le travail effectué par cette force sur l'objet quand celui-ci se déplace de  $x = -2 \text{ m}$  jusqu'à  $x = +2 \text{ m}$  ?

- (a) 16 J
- (b) 8 J
- (c) 4 J
- (d) 0 J

**Question 24**

À quelle vitesse, par rapport à la Terre, doit un objet être lancé pour échapper à l'attraction gravitationnelle du système solaire? Vous pouvez négliger l'effet de la Lune et des planètes.

- (a)  $5,6 \times 10^3 \text{ m/s}$
- (b)  $11,2 \times 10^3 \text{ m/s}$
- (c)  $12,2 \times 10^3 \text{ m/s}$
- (d)  $42,1 \times 10^3 \text{ m/s}$

**Question 25**

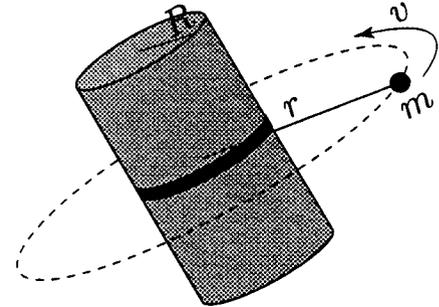
Des ondes sonores de fréquence 440 Hz provenant de la profondeur d'une pièce sont incidentes sur une fenêtre ouverte haute et étroite. Un observateur se tient au dehors de l'édifice, loin de la fenêtre en comparaison de la largeur de la fenêtre. La droite de l'observateur jusqu'à la fenêtre fait un angle de  $30^\circ$  par rapport à la normale au plan de la fenêtre. Les volets de la fenêtre commencent à être fermés et la largeur de la fenêtre diminue à une vitesse de 6 m/s. L'observateur entend...

- (a) une note à 440 Hz avec un battement à 4,29 Hz.
- (b) une note à 440 Hz avec un battement à 3,88 Hz.
- (c) une note à 440 Hz dont l'intensité diminue rapidement.
- (d) une note à 440 Hz dont la fréquence augmente.

**Partie B**

**Question 1**

Un satellite en orbite (c'est-à-dire en apesanteur) est muni d'une section centrale tournante qui permet à un objet de masse  $m$ , attaché à l'extrémité d'une corde de rayon  $r$ , de tourner autour du satellite à une vitesse  $v$ .



La vitesse initiale de la masse est  $v_0$  et le rayon initial de sa trajectoire circulaire est  $r_0$ . Un mécanisme à l'intérieur du satellite permet de tirer la corde de sorte que le rayon du cercle diminue. Le centre de rotation de l'objet peut être supposé stationnaire et le satellite est beaucoup plus massif que l'objet.

- (a) Quelle est la tension initiale  $T_0$  de la corde?
- (b) Supposons qu'on tire la corde à une vitesse constante ( $r$  décroît uniformément à partir de sa valeur initiale  $r_0$ ). Exprimez la vitesse  $v$  de la masse en fonction de  $r$ ,  $r_0$  et de la vitesse initiale  $v_0$ .
- (c) Si la corde casse au-delà d'une tension maximale  $T_{\max}$  et que le rayon du satellite est  $R$ , quelle condition doit être satisfaite pour que l'objet puisse être amené à l'intérieur du satellite?
- (d) Quelle quantité de travail est requise pour amener l'objet de son rayon initial  $r_0$  jusqu'au rayon  $R$ ?

**Question 2**

Une sphère de métal pleine, de rayon 2 cm, porte une charge négative  $-Q$ . L'air environnant la sphère est donc soumis à un champ électrique. Si un champ électrique excédant  $3,0 \times 10^6 \text{ V/m}$  est appliqué à une "molécule d'air", cette molécule sera ionisée. Cela se manifestera par des étincelles et une décharge électrique. Vous pouvez supposer qu'il y a symétrie sphérique dans ce problème, même si la décharge va briser cette symétrie.

- (a) Illustrez les lignes de champ électrique à l'intérieur et autour de la sphère et montrez sur votre croquis où la charge excédentaire de la sphère est distribuée.
- (b) Quelle est la charge minimum que doit porter la sphère pour qu'il y ait une décharge dans l'air qui l'entoure?

- (c) L'ionisation d'une "molécule d'air" nécessite environ  $1,6 \times 10^{-18}$  J d'énergie. Considérez un électron libre près de la surface de la sphère quand celle-ci porte la charge minimum trouvée en (b). Quelle distance radiale l'électron doit-il parcourir avant d'avoir une énergie cinétique équivalente à l'énergie d'ionisation d'une molécule? Un électron ne parcourt en moyenne que  $1,0 \times 10^{-6}$  m avant d'entrer en collision avec une molécule. Est-il possible que l'électron accéléré ionise d'autres molécules, plus éloignées de la surface de la sphère?
- (d) Quel est le potentiel (en volts) à la surface de la sphère quand la décharge se produit?

### Question 3

Un ballon sphérique flexible, de rayon  $R = 5$  cm, contient à l'intérieur une sphère de plomb plus petite, de masse  $m$  et de rayon  $r$ . La masse du ballon est négligeable en comparaison de celle de la sphère de plomb. Le système est en équilibre de flottaison et flotte juste au-dessous de la surface d'une piscine.

On donne au ballon une petite poussée vers le bas. Décrivez le mouvement du système de manière qualitative, et quantitative si possible.

Indice : Un objet de rayon  $r$  se déplaçant sans turbulence, à une vitesse  $v$ , dans un fluide de viscosité  $\eta$ , subit une force opposée à son mouvement (force de viscosité) de grandeur

$$F_v = 6\pi r\eta v .$$

La viscosité de l'eau est  $\eta = 1,0 \times 10^{-3}$  Pa·s et sa densité est  $\rho_0 = 1000$  kg/m<sup>3</sup>. La densité du plomb est  $\rho_p = 11,3 \times 10^3$  kg/m<sup>3</sup>.

### Les Solutions