

Association canadienne des physiciens  
Concours 1994

La durée de cet examen est de trois heures. Le rang d'un candidat et le prix accordé seront largement basés sur les réponses données aux trois questions à développement de la partie B. Cependant, 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 que les étudiants puissent terminer cet examen à temps. La partie (d) de chaque question à développement est particulièrement difficile et ne sera probablement résolue que par une poignée d'étudiants très doués à travers le pays.

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 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 du Soleil	$M_{\odot} = 1,99 \times 10^{30}$ kg
Rayon de l'orbite terrestre	$R_{orb} = 1,50 \times 10^{11}$ 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	$m_p = 1,67 \times 10^{-27}$ 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 magnétique	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ N/A <sup>2</sup>
Vitesse du son dans l'air	340 m/s

Partie A: Choix multiples

Question 1

Il a été proposé d'utiliser un puits de mine vertical de 2 km de profondeur pour des expériences de microgravité dans le vide. De combien de temps disposeraient les scientifiques pour effectuer leurs mesures en une chute?

- (a) 20 s
- (b) 63 s
- (c) 0.64 s
- (d) 198 s

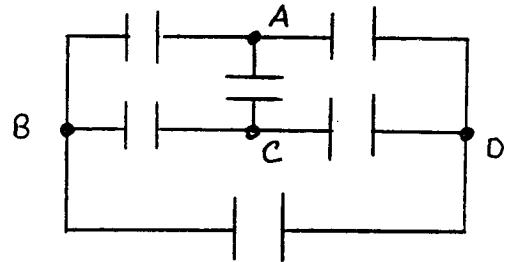
Question 2

Si la Lune était deux fois plus massive que présentement mais que le rayon de son orbite autour de la Terre demeurerait le même, la nouvelle période de son orbite (en fonction de sa période présente  $T$ ) serait

- (a)  $T$
- (b)  $T/2$
- (c)  $T/4$
- (d)  $2T$

Question 3

Dans le circuit suivant toutes les capacités sont égales. À quelles bornes devriez-vous relier une pile pour que tous les condensateurs se chargent?



- (a) AB
- (b) AC
- (c) BD
- (d) aucune de ces réponses.

Question 4

Deux résistances cylindriques, la première de longueur  $l$  et de rayon  $r$  et la deuxième de longueur  $3l$  et de rayon  $3r$ , sont faites du même matériau. Si la résistance de la première est  $R$ , quelle est la résistance de la deuxième?

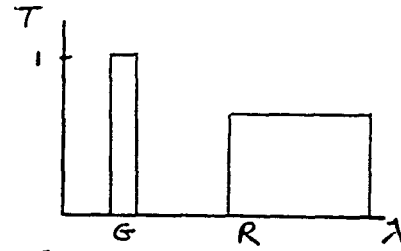
- (a)  $R/3$
- (b)  $3R$
- (c)  $9R$
- (d)  $27R$

Question 5

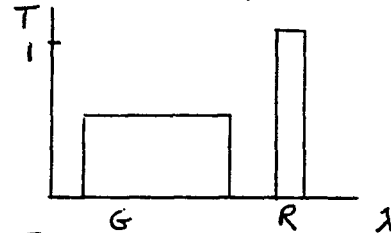
Un pendule simple consiste en une masse  $m$  attachée à une ficelle de longueur  $l$ . Si ce système oscille avec une faible amplitude, lequel des énoncés suivants est vrai?

- (a) La fréquence d'oscillation ne dépend pas de l'accélération gravitationnelle  $g$ .
- (b) La période dépend de l'amplitude de l'oscillation.
- (c) La période ne dépend pas de la masse  $m$ .
- (d) La période ne dépend pas de la longueur  $l$ .

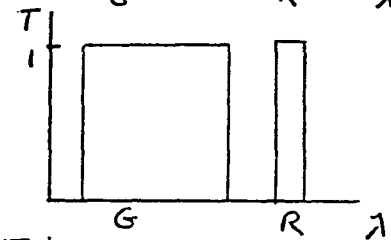
(a)



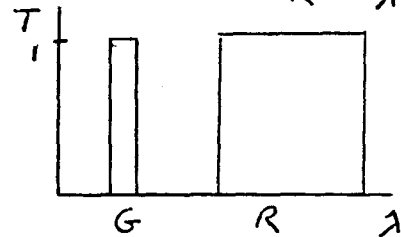
(b)



(c)



(d)



**Question 6**

Une astronaute en mission dans la navette spatiale exécute un truc pour la télévision: Dans la soute de la navette, où l'atmosphère est contrôlée, elle gonfle un ballon d'hélium et le laisse aller. Au grand étonnement des téléspectateurs, le ballon...

- (a) ...flotte dans l'espace où il a été relâché.
- (b) ...se déplace lentement en s'éloignant de la Terre.
- (c) ...se déplace lentement en se rapprochant de la Terre.
- (d) ...se déplace vers l'arrière, dans la direction contraire à la vitesse de la navette.

**Question 7**

Un navire a sur son mât une lampe émettant une lumière verte (de longueur d'onde  $\lambda = 500$  nm). Pour un plongeur immergé dans l'eau (indice de réfraction  $n = 1,33$ ) à côté du navire, quelles sont la longueur d'onde et la couleur apparente de la dite lumière?

- (a) Verte ( $\lambda = 500$  nm)
- (b) Rouge ( $\lambda = 665$  nm)
- (c) Verte ( $\lambda = 376$  nm)
- (d) Ultraviolette ( $\lambda = 376$  nm)

**Question 8**

Une station de radio émet à l'aide d'une antenne verticale. Le récepteur de votre poste de radio est un solénoïde enroulé autour d'une barre de fer. Quelle doit être l'orientation de ce récepteur pour une réception optimale?

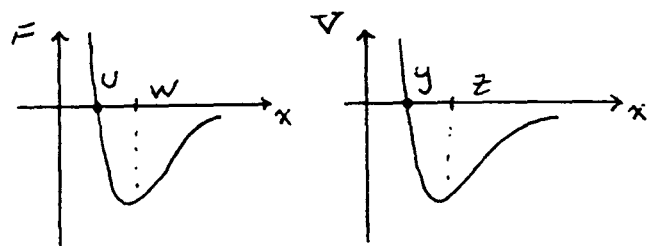
- (a) La barre pointant vers l'antenne de la station.
- (b) La barre parallèle à l'antenne.
- (c) La barre perpendiculaire à la fois à l'antenne et à la direction de la station.
- (d) La barre horizontale, directement au-dessus de l'antenne.

**Question 9**

Vous disposez de dix filtres identiques. L'un d'eux est placé devant une source de lumière blanche et la lumière apparaît rouge. Quand tous les filtres sont placés devant la même source, une pâle lumière verte est transmise. Laquelle des courbes suivantes peut représenter le coefficient de transmission d'un des filtres en fonction de la longueur d'onde?

**Question 10**

Deux atomes interagissent en vertu d'une force  $F$  et d'un potentiel  $V$ , comme illustré sur le diagramme ci-dessous. Lequel des énoncés suivants est vrai?



- (a)  $u = y$
- (b)  $u = z$
- (c)  $w = y$
- (d)  $w = z$

**Question 11**

Une balle est lancée en l'air avec une vitesse initiale  $u$ . Le temps pris par la balle pour atteindre sa hauteur maximale est  $t_1$ . Le temps qui s'écoule entre cette hauteur maximale et son retour à la position de départ est  $t_2$ . Dans des conditions réalistes, laquelle des relations suivantes est satisfaite par  $t_1$  et  $t_2$ ?

- (a)  $t_1 > t_2$
- (b)  $t_1 < t_2$
- (c)  $t_1 = t_2$
- (d)  $t_1 > t_2$  si  $u$  est assez grand.

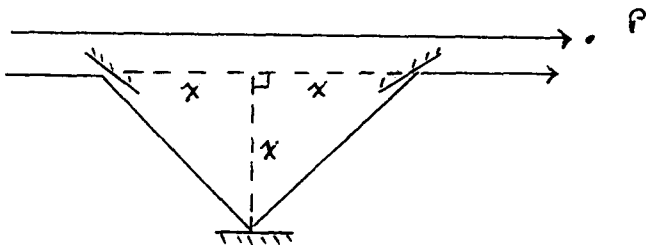
**Question 12**

Un avion vole en ligne droite de la ville A à la ville B, 500 km plus loin. La ville B est à l'est de la ville A et un fort vent souffle du nord vers le sud à une vitesse de 300 km/h. Si la vitesse de l'avion dans son milieu est de 900 km/h, lequel des énoncés suivants est vrai?

- (a) Le temps de vol est  $\frac{5}{3\sqrt{8}}$  heure.
- (b) La vitesse de l'avion par rapport au sol est de 600 km/hr.
- (c) La direction de l'avion est de  $30^\circ$  au nord de l'est.
- (d) Aucune de ces réponses.

**Question 13**

Un faisceau de micro-ondes de longueur d'onde  $\lambda = 5,0$  cm et d'intensité  $I_0$  est divisé et recombinaé à l'aide du système de miroirs illustré. Quel doit être la distance  $x$  pour que l'intensité du faisceau au point P (le détecteur) soit nulle?



- (a) 0,88 cm
- (b) 3,54 cm
- (c) 6,04 cm
- (d) 3,02 cm

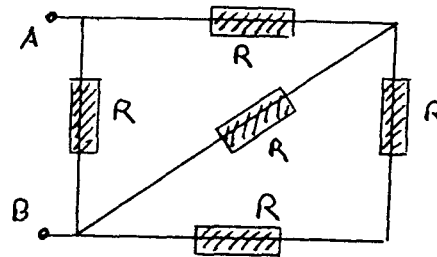
**Question 14**

Laquelle des expressions suivantes peut représenter le Rydberg, une unité d'énergie?

- (a)  $e^4/8m_e\epsilon_0h^2$
- (b)  $\epsilon_0^2h^2/8m_e e^4$
- (c)  $m_e e^4/8\epsilon_0^2h^2$
- (d)  $m_e c^2/\epsilon_0 h e$

**Question 15**

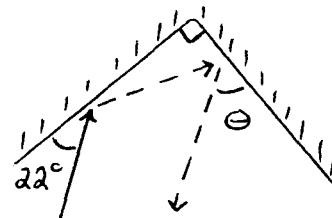
Considérez le réseau de résistances identiques illustré ci-dessous. La résistance équivalente entre les points A et B est...



- (a)  $5R$
- (b)  $R/2$
- (c)  $5R/8$
- (d)  $2R$

**Question 16**

Un faisceau lumineux est dirigé vers un miroir en coin comme illustré. Le faisceau incident fait un angle de  $22^\circ$  avec l'une des faces. Avec quel angle  $\theta$  le faisceau émerge-t-il?



- (a)  $22^\circ$
- (b)  $68^\circ$
- (c)  $44^\circ$
- (d) Aucune de ces réponses.

**Question 17**

Plusieurs personnes ont des verres correcteurs qui apparaissent bleu-vert quand ils réfléchissent la lumière. Un mince film d'une substance d'indice de réfraction  $n = 1,35$  est appliqué sur la surface extérieure des verres de sorte que l'interface film-verre ne reflète pas la lumière rouge de longueur d'onde  $\lambda = 630$  nm. Quelle doit être l'épaisseur du film pour que cela se produise? Supposez que les indices de réfraction de l'air et du verre sont respectivement 1,0 et 1,6.

- (a) 157,5 nm
- (b) 315,0 nm
- (c) 233,3 nm
- (d) 116,7 nm

**Question 18**

Une masse  $M$  a la même énergie cinétique qu'une masse  $m$ . Le rapport  $p_M/p_m$  de leurs quantités de mouvement est

- (a)  $\sqrt{M/m}$
- (b)  $\sqrt{m/M}$
- (c)  $(m + M)/M$
- (d)  $(m + M)^2/mM$

**Question 19**

Un faisceau de gouttelettes d'eau, chacune de masse  $m = 0,001$  kg, est projeté horizontalement avec une vitesse de 10 m/s vers une plaque d'acier. Les gouttelettes se suivent équidistantes, espacées de 1 cm. Quelle est la force moyenne exercée sur la plaque par le faisceau, en supposant que les gouttelettes ne rebondissent pas après leur collision avec la plaque?

- (a) 10 N
- (b) 100 N
- (c) 1 N
- (d) 0.1 N

**Question 20**

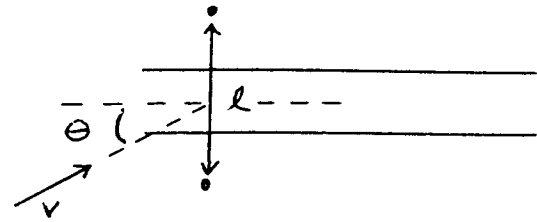
Trois balles identiques sont lancées du haut d'une falaise et quelque temps après atterrissent au pied de la falaise. La balle  $A$  est lancée vers le haut avec une vitesse  $v$ , la balle  $B$  est lancée directement vers le bas avec une vitesse  $v$  et la balle  $C$  est lancée avec une vitesse  $v$  à  $45^\circ$  au-dessus de l'horizontale. En comparant les vitesses  $v_A$ ,  $v_B$  et  $v_C$  avec lesquelles les balles frappent le sol et en ignorant la résistance de l'air, vous trouvez...

- (a)  $v_A = v_B > v_C$
- (b)  $v_A > v_C > v_B$
- (c)  $v_A = v_B = v_C$
- (d)  $v_B > v_C > v_A$

**Partie B**

**Question 1**

Dans cette question nous allons étudier un système de navigation visant à guider les avions à l'approche de la piste d'atterrissage. Supposez que deux antennes soient placées au début de la piste, de part et d'autre du pavage, séparées par une distance  $l = 100$  m. Les deux antennes émettent un signal radio de fréquence  $f_o = 12$  MHz, en phase l'une avec l'autre. Un avion volant à une vitesse  $v$  par rapport au sol se dirige vers l'aéroport et son vecteur-vitesse fait un angle  $\theta$  avec la piste, comme illustré. L'avion, encore très loin de l'aéroport, syntonise le signal et se dirige en ligne droite vers le point médian entre les deux antennes.

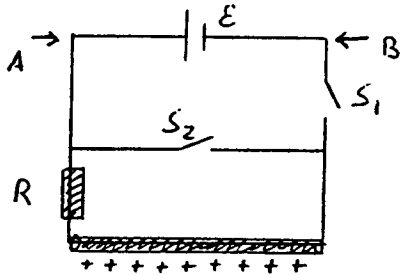


- (a) À la position présente de l'avion, l'intensité du signal émis par chaque antenne séparément est  $I_o$ . Trouvez l'intensité du signal combiné des deux antennes reçu par l'avion pour des angles d'approche de  $\theta = 0$  et de  $\theta = \pi/2$ .
- (b) Pour quel angle d'approche l'avion ne reçoit-il aucun signal? Si l'avion s'approche de l'aéroport avec un angle de  $30^\circ$ , à quelle intensité devrait s'attendre le navigateur?
- (c) L'avion s'écarte légèrement de sa trajectoire: son angle d'approche est  $\theta = 0$  mais il se dirige directement vers l'une des antennes et non vers le point médian. L'avion est encore éloigné de l'aéroport mais, en s'approchant, l'intensité du signal reçu commence à diminuer. À quelle distance de l'antenne la plus proche l'avion se trouve-t-il quand l'intensité est tombée à son minimum?
- (d) L'avion, revenu sur le droit chemin, s'approche de l'aéroport avec une vitesse  $v = 500$  km/h et un angle  $\theta = 30^\circ$ . L'avion possède un dispositif qui produit un signal de référence à 12 MHz qui est comparé au signal reçu en provenance des antennes. Un battement est observé dans la somme des deux signaux. Quelle est la fréquence de battement? Le navigateur programme l'ordinateur de bord pour calculer la vitesse  $v$  de l'avion (par rapport au sol) en fonction de la fréquence de battement  $\Delta f$ . Plus tard, quand la fréquence de battement est de 10 Hz et que le signal reçu en provenance des antennes a une fréquence légèrement plus basse que les 12 MHz de référence, quelle est la vitesse  $v$  de l'avion?

**Question 2**

Considérez le circuit illustré avec les deux interrupteurs  $S_1$  et  $S_2$ . La pile a une f.é.m. de  $\epsilon = 6$  V et la résistance est de  $R = 1.0 \Omega$ . Le fil inférieur est entouré d'une gaine isolante de masse  $M = 0,1$  kg qui porte une charge électrostatique  $Q = 10$  mC. Supposez que les masses de toutes les autres composantes sont négligeables en comparaison de la masse de la gaine isolante. Le circuit est de forme carrée, avec un côté de longueur  $l = 5$  cm. Le pont (le fil du milieu) est situé à mi-chemin, une distance  $l/2$  au-dessus du fil inférieur. Tout le dispositif est rigide, conserve sa forme quel que soit

l'état (ouvert ou fermé) des interrupteurs et est suspendu de façon à ce qu'il puisse pivoter autour de l'axe AB. Un champ magnétique  $B = 10.0 \text{ T}$  et un champ électrique  $E = 1000 \text{ N/C}$  uniformes sont appliqués, tous les deux dans la direction qui sort de la page.



- Les deux interrupteurs étant ouverts, trouvez l'angle d'équilibre  $\theta$  que le plan du circuit fait avec la verticale quand le circuit pivote vers le haut en raison du champ électrique.
- $S_1$  étant fermé et  $S_2$  ouvert, trouvez l'angle  $\theta$ .
- Si  $S_1$  est ouvert et  $S_2$  fermé, le circuit est pivoté manuellement d'un angle  $\theta = 0$  jusqu'à un angle  $\theta = \pi/2$  en un temps  $\Delta t = 5 \text{ ms}$ . Estimez le travail requis pour effectuer cette opération.
- Le circuit est relâché de l'horizontale avec les deux interrupteurs ouverts. Décrivez le mouvement du circuit et calculez les paramètres pertinents supportant votre description. Quel serait l'effet de fermer l'interrupteur  $S_2$  pendant ce mouvement?

### Question 3

Inventez un vaisseau spatial sphérique qui pourrait quitter le système solaire en mettant simplement à profit la pression du rayonnement solaire. Discutez des contraintes à imposer aux matériaux utilisés. Vous pouvez supposer que l'engin peut être lancé de la Terre à l'aide de fusées ordinaires de sorte qu'il puisse commencer son voyage en ayant déjà échappé à l'attraction de la Terre.

La quantité de mouvement (impulsion) d'un photon est  $p = E/c$ , où  $E$  est l'énergie du photon et  $c$  est la vitesse de la lumière. L'intensité du rayonnement solaire à une distance du Soleil égale au rayon de l'orbite terrestre est donnée par la constante solaire  $S = 1370 \text{ W/m}^2$ .

### Les Solutions