

Concours de l'A.C.P.

8 avril 2005

9:00 – 12:00

Feuille d'information du candidat

L'information fournie ci-dessous est utilisée pour communiquer au candidat et aux collègues les résultats du concours, pour déterminer l'éligibilité du candidat à certains concours ultérieurs, ainsi qu'à des fins statistiques. Seul le code du candidat, attribué par le coordonnateur provincial, identifie ses copies lors de la correction.

Code du candidat :

SVP ne rien inscrire dans cet espace.

PRIÈRE D'ÉCRIRE LISIBLEMENT EN LETTRES MAJUSCULES.

Nom de Famille : _____ **Prénom :** _____

Adresse (domicile) : _____

_____ **Code postal :** _____

Téléphone : () _____ **courriel :** _____

Collège/école : _____ **Année :** _____

Professeur de physique : _____

Date de naissance : _____ **Sexe :** _____

Citoyenneté : _____

Depuis combien d'années étudiez-vous dans un établissement canadien ? ____

Préférez-vous recevoir votre correspondance en français ou en anglais ? (F/E) ____

Commandité par :

L'Association canadienne des physiciens

Les Olympiades canadiennes de chimie et de physique

Association canadienne des physiciens Concours de physique 2005

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 serviront à 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 nécessaire 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 peut comporter une partie plus difficile. Les calculatrices non programmables sont autorisées. Ayez soin de bien indiquer les réponses aux questions à choix multiples sur la carte-réponse qui vous est fournie et, surtout, écrivez vos solutions à chacun des problèmes à développement sur des **feuilles séparées**, ces questions étant corrigées par des personnes différentes en des endroits différents. Bonne chance!

Données

Vitesse de la lumière	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$
Constante de gravitation	$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$
Rayon terrestre	$R_T = 6,38 \times 10^6 \text{ m}$
Masse de la Terre	$M_T = 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$
Accélération gravitationnelle	$g = 9,80 \text{ m/s}^2$
Charge élémentaire	$e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
Masse de l'électron	$m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Masse du proton	$m_p = 1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Constante de Planck	$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
Constante de Coulomb	$1/4\pi\epsilon_0 = 8,99 \times 10^9 \text{ J}\cdot\text{m/C}^2$

Partie A: Choix multiples

Question 1

Un enfant lance une balle sur la partie avant d'un train roulant en direction opposée à celle de la balle. La collision entre le train et la balle est supposée parfaitement élastique. Soit v la vitesse de la balle par rapport au train et V sa vitesse par rapport au sol. Les lettres i et f renvoyant respectivement aux instants juste avant et juste après la collision, alors:

- (a) $v_i = v_f$ et $V_i < V_f$; (b) $v_i < v_f$ et $V_i < V_f$;
 (c) $v_i > v_f$ et $V_i < V_f$; (d) $v_i = v_f$ et $V_i > V_f$.

Question 2

Un livre de physique de masse m repose à plat sur une table de masse M posée sur le sol. Soit $N_{a \rightarrow b}$ la force de contact exercée par a sur b. Laquelle des réponses suivantes contient une paire action-réaction au sens de la 3^e loi de Newton?

- (a) $(m + M)g$ et $N_{\text{table} \rightarrow \text{livre}}$; (b) mg et $N_{\text{table} \rightarrow \text{livre}}$;
 (c) $N_{\text{sol} \rightarrow \text{table}}$ et $Mg + N_{\text{livre} \rightarrow \text{table}}$; (d) $N_{\text{sol} \rightarrow \text{table}}$ et $N_{\text{table} \rightarrow \text{sol}}$.

Question 3

Au même instant t , deux balles identiques, A et B, commencent à rouler à la même vitesse, sans glisser, d'un bout à l'autre de deux pistes identiques de même longueur dans le sens horizontal, sauf qu'un creux se trouve sur la trajectoire de la balle sur la piste B, tel qu'illustré ci-dessous. Les parties droites des pistes sont horizontales. La gravité est la même partout. Laquelle des balles parvient à l'autre bout la première?



- (a) La balle A;
 (b) ni l'une ni l'autre: les deux arrivent en même temps;
 (c) la balle B;
 (d) la balle A, seulement si le creux est assez profond.

Question 4

À une bonne approximation, la Terre et Jupiter se déplacent sur une orbite circulaire de rayons respectifs $1,49 \times 10^8 \text{ km}$ et $7,79 \times 10^9 \text{ km}$. Quelle est l'erreur maximale possible dans la prédiction de la chronologie des éclipses solaires sur Jupiter causées par une de ses lunes, et observées sur Terre, si l'on omet de tenir compte de la variation de la position relative des deux planètes?

- (a) $2,6 \times 10^3 \text{ s}$; (b) $3,1 \times 10^3 \text{ s}$;
 (c) $5,0 \times 10^2$; (d) $9,9 \times 10^2 \text{ s}$.

Question 5

L'expérience démontre que deux plaques métalliques neutres séparées par une petite distance d sont attirées par une force très faible connue sous le nom de force de Casimir. La force par unité de surface des plaques, \mathcal{F} , dépend de la constante de Planck h , de la vitesse de la lumière c et de d . Laquelle des réponses suivantes est la plus susceptible de représenter \mathcal{F} ?

- (a) $\mathcal{F} = hc/d^2$; (b) $\mathcal{F} = hc/d^4$;
 (c) $\mathcal{F} = hd^2/c$; (d) $\mathcal{F} = d^4/hc$.

Question 6

Un pendule simple de longueur L et de masse m est envoyé à la Station internationale en orbite autour de la Terre. Comparée à sa valeur au sol, sa fréquence oscillatoire est:

- (a) supérieure; (b) inférieure mais non nulle;
 (c) la même; (d) zéro.

Question 7

Lorsque vous mettez un baladeur en marche, combien de temps faut-il le laisser allumé pour que les électrons provenant de la borne négative de la pile parviennent à la borne positive s'ils se déplacent dans un bon conducteur?

- (a) Quelques millisecondes; (b) quelques dixièmes de seconde;
 (c) quelques microsecondes; (d) quelques minutes.

Question 8

Un circuit A se compose de résistances raccordées en série à une pile; un autre circuit, B, se compose de résistances raccordées en parallèle à une autre pile. Soit P la puissance fournie par les piles. Lorsque le nombre de résistances dans chaque circuit augmente,

- (a) P_A augmente et P_B diminue; (b) P_A et P_B augmentent;
(c) P_A diminue et P_B augmente; (d) ni P_A ni P_B ne changent.

Question 9

Suivant un modèle simplifié mais utile, la force de traînée sur une voiture en mouvement, causée par la résistance de l'air, varie en raison du carré de sa vitesse. Supposons la vitesse maximale de la voiture limitée uniquement par cette force. Si on augmente la puissance de moteur de la voiture de 50%, cette vitesse augmente d'environ:

- (a) 50%; (b) 15%;
(c) 22%; (d) 30%.

Question 10

On lance un projectile avec une vitesse initiale v_i , v_{ix} et v_{iy} étant les composantes horizontale et verticale. Quand existe-t-il un point sur la trajectoire du projectile où sa vitesse est perpendiculaire à son accélération?

- (a) Toujours;
(b) seulement si $v_{ix} \neq 0$ et v_{iy} est dirigée vers le haut;
(c) seulement si $v_{ix} \neq 0$;
(d) toujours, sauf si $v_{ix} = 0$.

Question 11

Trois sphères en métal conducteur, chargées, de rayons R_1 , R_2 et R_3 (où $R_1 < R_2 < R_3$), sont raccordées l'une à l'autre par des fils conducteurs. À l'équilibre, lesquelles des relations suivantes entre les champs électriques E produits par les sphères, leurs potentiels V et leurs charges Q sont vraies?

- (a) $V_1 = V_2 = V_3$, $E_1 < E_2 < E_3$, $Q_1 < Q_2 < Q_3$;
(b) $V_1 = V_2 = V_3$, $E_1 > E_2 > E_3$, $Q_1 < Q_2 < Q_3$;
(c) $V_1 < V_2 < V_3$, $E_1 < E_2 < E_3$, $Q_1 = Q_2 = Q_3$;
(d) $V_1 > V_2 > V_3$, $E_1 < E_2 < E_3$, $Q_1 > Q_2 > Q_3$;

Question 12

On fait tourner une balle de masse m attachée à une corde inextensible de longueur R sur une trajectoire circulaire verticale tout juste assez vite pour que la corde reste toujours tendue. Soit ΔT la différence entre la tension dans la corde au bas et au haut du cercle; v_b et v_t sont les vitesses respectives de la balle au bas et au haut. Dépendance voulant dire par rapport à un ensemble de variables indépendantes, on a que:

- (a) ΔT est indépendant de R , v_b et v_t ;
(b) ΔT est indépendant de R mais dépend de $v_b^2 - v_t^2$.
(c) ΔT dépend de R mais ni de v_b et v_t .
(d) ΔT dépend de R et de $v_b^2 - v_t^2$.

Question 13

Une masse m est suspendue, immobile, à un ressort vertical. Lorsqu'on fait descendre la masse jusqu'à une nouvelle position où elle est tenue immobile, l'énergie mécanique totale du système...

- (a) augmente; (b) reste inchangée;
(c) diminue; (d) augmente ou diminue, tout dépendant de la nouvelle position.

Question 14

À mesure que l'on apporte des charges négatives sur une sphère conductrice, à l'intérieur de la sphère,

- (a) le champ et le potentiel électriques augmentent;
(b) le champ électrique demeure constant et le potentiel augmente;
(c) le champ électrique demeure constant et le potentiel diminue;
(d) le champ électrique augmente et le potentiel diminue.

Question 15

Un champ magnétostatique d'une intensité d'environ 0,01 T peut effacer les données enregistrées sur la bande magnétique d'une carte de crédit. Quel serait à peu près le diamètre minimum d'un long fil droit transportant un courant de 100 A pour lequel votre carte serait en sécurité à n'importe quelle distance du fil?

- (a) 0,2 mm; (b) 1 mm;
(c) 2 mm; (d) 4 mm.

Question 16

Une ficelle de longueur L est composée de deux segments de longueur identique. L'un des segments a une densité linéaire de μ_1 et l'autre de $\mu_2 \neq \mu_1$. Un des segments est attaché à un mur, et l'autre est tendu sous une force très supérieure au poids total de la ficelle. T_i étant la tension dans le i ème segment, et v_i la vitesse d'une onde transverse se propageant dans le segment, alors:

- (a) $v_1 = v_2$ et $T_1 = T_2$; (b) $v_1 \neq v_2$ et $T_1 = T_2$;
(c) $v_1 = v_2$ et $T_1 \neq T_2$; (d) $v_1 \neq v_2$ et $T_1 \neq T_2$.

Question 17

On donne une longueur L de câble parfaitement droite, de masse M . La tension dans le câble est T_A à l'extrémité A du segment, et $T_B > T_A$ à l'autre bout B. La tension dans le câble à une distance $L/5$ du bout A est donc:

- (a) $T_B - T_A$; (b) $(T_A + T_B)/5$;
(c) $(4T_A + T_B)/5$; (d) $(T_A - T_B)/5$.

Question 18

Deux sphères sont identiques, sauf que la sphère A est de couleur blanche alors que la sphère B est de couleur noire. Après un contact thermique suffisamment long entre elles et leur environnement, dans le spectre visible,

- (a) A rayonne moins que B;
- (b) toutes deux émettent le même rayonnement;
- (c) A rayonne plus que B;
- (d) A rayonne plus que B seulement si sa température est assez élevée.

Question 19

Un avion en provenance de Montréal et à destination de Vancouver se dirige plein ouest. Le fuselage et les ailes sont recouverts d'aluminium. En un point donné de sa trajectoire de vol, le champ magnétique terrestre est dirigé vers le nord avec une composante vers le bas. La partie de l'extérieur de l'avion qui se trouve au potentiel le plus haut est:

- (a) le nez (l'avant);
- (b) la queue (l'arrière);
- (c) le bout de l'aile droite;
- (d) le bout de l'aile gauche.

Question 20

Vous êtes sur la rive d'un canal de largeur uniforme d et vous voulez atteindre le plus vite possible un point se trouvant à une distance $L > d$ le long de l'autre rive. Pour cela, vous courez d'abord le long de la rive à vitesse constante v_1 , puis vous vous jetez dans le canal et vous nagez vers votre but à vitesse constante v_2 , ces deux vitesses étant le maximum possible pour vous. L'eau du canal est immobile. L'angle θ de votre trajectoire dans l'eau par rapport à la rive doit être tel que:

- (a) $\cos \theta = v_1/v_2$;
- (b) $\cos \theta = \sqrt{v_1^2/v_2^2 - 1}$;
- (c) $\cos \theta = 1 - d/L$;
- (d) $\cos \theta = v_2/v_1$.

Question 21

La moitié exactement d'une boucle conductrice rectangulaire se trouve dans un champ magnétique uniforme perpendiculaire au plan de la boucle. À un instant donné, l'intensité du champ se met à diminuer rapidement. Pendant ce changement, lequel des énoncés suivants décrit le mieux l'effet produit sur la boucle?

- (a) La boucle est attirée dans la région du champ;
- (b) la boucle est expulsée de la région du champ;
- (c) la boucle se met à tourner sur elle-même;
- (d) pour déterminer le comportement de la boucle, il faut connaître le sens de la direction du champ.

Question 22

Deux vaisseaux spatiaux, par ailleurs identiques, possèdent des voiles solaires différentes: la voile de A est un réflecteur parfait, alors que la voile de B est parfaitement absorbante. Chacun part de la même distance du Soleil et s'en éloigne sur une trajectoire radiale. Soit Δp la quantité de mouvement acquise par un vaisseau après un déplacement identique à l'autre. Alors:

- (a) $\Delta p_A = \Delta p_B$;
- (b) $\Delta p_A > \Delta p_B$;
- (c) $\Delta p_A < \Delta p_B$;
- (d) $\Delta p_A = \Delta p_B = 0$.

Question 23

S'il n'y avait qu'un seul émetteur, et que vous en étiez séparé par les nombreux gratte-ciels du centre-ville de Toronto, disant l'un de l'autre de 30 m en moyenne, qu'est-ce qui serait le plus susceptible de donner lieu à des zones mortes pour vous?

- (a) les chaînes radio AM (fréquences de 1 MHz);
- (b) les chaînes radio FM (fréquences de 100 MHz);
- (c) les téléphones portables (fréquences de 1 000 MHz);
- (d) tous les choix précédents sans distinction.

Question 24

Un tube cathodique horizontal est réglé pour que son faisceau d'électrons produise un point lumineux au centre de l'écran en l'absence de tout champ électromagnétique externe. En regardant l'écran, toutefois, vous constatez que le point, au lieu de se trouver au centre, est décalé un peu vers la droite. Soupçonnant la cause du phénomène, vous faites pivoter le tube de 180° autour de son axe vertical. Face à l'écran, vous observez que le point est toujours décalé de la même distance à droite du centre. Vous en concluez que le tube se trouve dans...

- (a) un champ électrique horizontal dirigé vers la gauche par rapport à la position initiale de l'écran;
- (b) un champ électrique horizontal dirigé vers la droite par rapport à la position initiale de l'écran;
- (c) un champ magnétique vertical dirigé vers le haut par rapport à la position initiale de l'écran;
- (d) un champ magnétique vertical dirigé vers le bas par rapport à la position initiale de l'écran.

Question 25

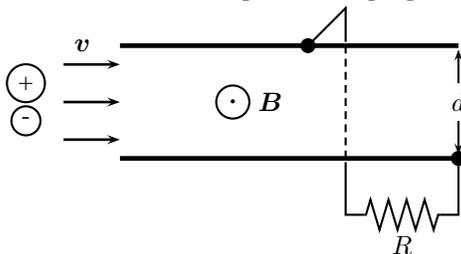
Des rayons lumineux provenant d'une source très éloignée se propagent dans la direction $+x$. Deux lentilles minces identiques, de longueur focale $f > 0$ et avec leur axe optique aligné sur l'axe des x , sont situées, l'une à $x = 0$, l'autre à $x = d < f$. Où se trouve le point focal du système?

- (a) $d + \frac{f(f-d)}{2f-d}$;
- (b) $d - \frac{f(f-d)}{d}$;
- (c) $d + \frac{f(f-d)}{2(f+d)}$;
- (d) $d + \frac{f^2}{2f-d}$.

Partie B

Problème 1

Dans un générateur magnétohydrodynamique (MHD), l'énergie cinétique d'un flux de gaz chaud est partiellement convertie en énergie électrique. À la température de fonctionnement de 2 000 à 3 000K, le gaz est largement ionisé. Tel qu'illustré dans le schéma, les ions et les électrons pénètrent dans l'interstice entre deux électrodes (dans le cas présent, des plaques conductrices parallèles de surface A séparées par une distance d) dans lequel on a établi un champ magnétique \mathbf{B} constant et uniforme, dirigé vers le haut perpendiculairement à la page. Leur vitesse initiale v est parallèle aux plaques, lesquelles sont reliées par une résistance R . Le champ magnétique est suffisamment puissant pour que plusieurs des particules chargées percutent les électrodes et les chargent avant de pouvoir s'échapper de l'interstice. Ceci donne lieu à une différence de potentiel variable dans le temps entre les plaques.



- (a) Montrez sur un diagramme toutes les forces agissant sur un ion positif se trouvant à une position quelconque entre les plaques. À l'aide de ce diagramme, montrez que l'ion subit une force de freinage dès que sa vitesse acquiert une composante transverse par rapport aux plaques.
- (b) Supposez ensuite, de façon très approximative, que le champ électrique suscité par ce processus est uniforme partout entre les plaques. Supposez également que la composante transverse de la vitesse des charges demeure partout très inférieure à sa composante longitudinale, et que cette dernière est donc à peu près uniforme. Le gaz obéit à une loi d'Ohm généralisée: $\mathbf{J} = \sigma(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$, où \mathbf{J} est la densité du courant transversal entre les plaques et σ est la conductivité du gaz.
Obtenez une expression donnant le courant I dans la résistance en fonction de v , B et R .
- (c) Exprimez la tension de sortie V sans dépendance explicite sur R .

Problème 2

Un satellite de 1 000 kg est en orbite autour de la Terre à une altitude de 400 km. Il est alimenté en courant électrique grâce à un panneau solaire de surface $A = 10 \text{ m}^2$. À cette altitude, l'atmosphère est très ténue, sa densité ρ n'étant environ que de 10^{-11} kg/m^3 . Néanmoins, avec le temps, la force de frottement

engendrée par les collisions entre les molécules et le panneau pourrait faire perdre de l'altitude au satellite.

- (a) Supposez que lors de ces collisions les molécules sont absorbées par le panneau solaire. Le satellite se déplaçant à une vitesse v , exprimez la force maximale s'opposant au mouvement du panneau en fonction de ρ et du rayon de l'orbite du satellite. Faites toute autre hypothèse raisonnable.
- (b) Estimez combien d'altitude le satellite est susceptible de perdre en une semaine à cause de ce frottement. Justifiez de votre mieux toute hypothèse dont vous auriez éventuellement besoin.
- (c) Quelqu'un prétend qu'en perdant de l'altitude, le satellite perd aussi de la vitesse à cause du frottement. Commentez brièvement.

Problème 3

En regardant voguer un voilier sur un lac, il vous prend une envie furieuse de physique qui vous amène à vous demander si le voilier peut rester stable sous la poussée d'un fort vent latéral. Le vent fait pencher le bateau, et la question est de savoir si la quille du bateau peut l'empêcher de chavirer. Vous analyserez la stabilité du voilier à l'aide du modèle simplifié suivant. Considérez la coque du voilier comme un cylindre fermé creux. Planté perpendiculairement au cylindre, le mât porte une voile carrée qui, en toutes circonstances, demeure parallèle au sens de la longueur de la coque. Sous l'eau, la quille est lestée d'un poids en plomb situé au point le plus bas. Négligez les poids du mât, de la voile, de la coque et de la quille, ne retenant que celui du plomb. Pour simplifier encore plus, vous pouvez aussi supposer (même si cela rendrait le louvoyage difficile) que la voile a la même hauteur que le mât.

- (a) Établissez une relation entre la vitesse v du vent et l'angle θ duquel penche le mât lorsque le vent souffle perpendiculairement à la voile à l'instant initial. D'autres suppositions peuvent être faites en autant qu'elles sont mentionnées et, dans la mesure du possible, justifiées.

Selon ce modèle simplifié, le bateau est-il stable quelle que soit la vitesse du vent? Comme il vous sera peut-être difficile de trouver une solution générale pour θ en fonction de v , vous pouvez toujours obtenir des solutions valables seulement pour θ petit ou grand. L'approximation $(1 + x)^n \approx 1 + nx + \dots$ pour $x \ll 1$ peut vous être utile.

- (b) Les données suivantes, basées sur celles du *Catalina Capri* – 16, peuvent s'appliquer à un petit voilier: surface A de la voile: 12 m^2 ; masse M du poids en plomb: 190 kg; profondeur d de la quille (ou tirant d'eau) sous la ligne de flottaison, : 0,75 m; hauteur h du mât: 6,6 m, densité relative du plomb, le lest au bas de la quille servant de stabilisateur: 11,3. La densité de l'air est de $1,2 \text{ kg/m}^3$.

Avec ces données, à quelle vitesse du vent aura-t-on $\theta = 30^\circ$? 60° ?