

Concours de l'A.C.P.

8 avril 2004

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 2004

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	$c = 3,00 \times 10^8$ m/s
Constante de gravitation	$G = 6,67 \times 10^{-11}$ N·m ² /kg ²
Accélération gravitationnelle	$g = 9,80$ m/s ²
Charge élémentaire	$e = 1,60 \times 10^{-19}$ C
Masse de l'électron	$m_e = 9,11 \times 10^{-31}$ kg
Masse du proton	$m_p = 1,673 \times 10^{-27}$ kg
Constante de Planck	$h = 6,63 \times 10^{-34}$ J·s
Constante de Coulomb	$1/4\pi\epsilon_0 = 8,99 \times 10^9$ J·m/C ²
Constante de Boltzmann	$k = 1,38 \times 10^{-23}$ J/K

Partie A : Choix multiples

Question 1

Debout devant un miroir vertical, vous ne pouvez voir en tout que les deux tiers de votre corps. Vous souhaitez vous voir en entier. Laquelle des trois combinaisons suivantes de manœuvres vous permettront d'y arriver ?

- (I) Vous éloigner du miroir ;
- (II) vous approcher du miroir ;
- (III) vous servir d'un miroir dont la longueur vous permettra de vous voir en entier à votre position initiale.

- (a) (I) seulement ;
- (b) (II) seulement ;
- (c) (III) seulement ;
- (d) soit (I) ou (III).

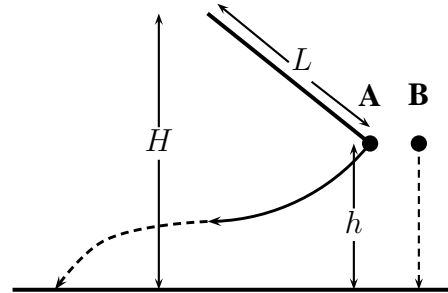
Question 2

Un chariot de 5 kg entre en collision avec un chariot de 20 kg sur une surface horizontale. Lequel des deux chariots subit la force la plus petite au cours de la collision ?

- (a) Le chariot de 5 kg ;
- (b) les forces sont égales ;
- (c) le chariot de 20 kg ;
- (d) cela dépend si la collision est élastique.

Question 3

Deux singes de même masse sont debout sur une branche située à hauteur h au-dessus du sol horizontal de la jungle. Le singe A se laisse tomber, à partir du repos, en tenant une corde inextensible de longueur L dont l'autre bout est attaché à une autre branche située à hauteur H . Il lâche la corde au bas de sa trajectoire, puis tombe en chute libre jusqu'au sol, tel qu'illustré ci-dessous. Le singe B, quant à lui, se laisse tomber de la branche jusqu'au sol. Si on néglige la résistance de l'air mais pas la tension dans la corde, le travail W effectué sur chacun des singes et la grandeur de la vitesse v avec laquelle il touche le sol sont comme suit :



- (a) $W_A < W_B, v_A < v_B$;
- (b) $W_A = W_B, v_A < v_B$;
- (c) $W_A = W_B, v_A = v_B$;
- (d) $W_A < W_B, v_A = v_B$.

Question 4

Une personne debout dans un train qui accélère vers l'avant à $3,3$ m/s² lance une balle verticalement. Si on néglige la résistance de l'air, la grandeur de l'accélération de la balle, par rapport au train, est de...

- (a) $9,8$ m/s² ;
- (b) $10,3$ m/s² ;
- (c) $7,0$ m/s² ;
- (d) $13,1$ m/s².

Question 5

Je dois traverser, dans le plus court temps possible, une rivière dont l'eau coule à une vitesse de $5,0$ m/s par rapport aux rives parallèles. Si mon bateau se déplace à une vitesse maximale de 10 m/s, il devra être orienté, par rapport à la direction du courant, à...

- (a) 90° ;
- (b) 120° ;
- (c) 150° ;
- (d) 27° .

Question 6

Un cerceau et un cylindre plein ont la même masse et le même rayon. Les deux objets roulent sans glisser sur une surface horizontale. Si leurs énergies cinétiques sont égales,

- (a) le cerceau a une plus grande vitesse de translation que le cylindre ;
- (b) le cylindre a une plus grande vitesse de translation que le cerceau ;
- (c) le cerceau et le cylindre ont la même vitesse de translation ;
- (d) le cerceau a une plus grande vitesse de rotation que le cylindre.

Question 7

Une corde fixée aux deux bouts est en train de vibrer. Au moment où la corde est droite, la vitesse transversale instantanée des points de la corde situés ailleurs qu'aux deux bouts doit :

- (a) être zéro partout ;
- (b) dépendre de la position le long de la corde ;
- (c) être non-nulle partout ;
- (d) être non-nulle et dirigée dans la même direction partout.

Question 8

Une différence de tension V est maintenue entre des points séparés par une distance d dans le vide. Le champ électrique associé, E , accélère un électron sur cette distance depuis le repos jusqu'à une vitesse v . Lequel des énoncés suivants est vrai ?

- (a) E ne dépend pas de d ;
- (b) E dépend de V , pas de d ;
- (c) E dépend de d seulement ;
- (d) v dépend de V , pas de d .

Question 9

Des ondes lumineuses se déplacent le long d'un tuyau, où on a fait le vide et dont les bouts sont des réflecteurs parfaits, et il s'y forme un patron d'ondes stationnaires, de fréquence f et de longueur d'onde λ . Si ensuite on introduit un gaz d'indice de réfraction n dans le tuyau, lequel de ces énoncés s'applique ?

- (a) λ augmente ;
- (b) f augmente ;
- (c) λ diminue ;
- (d) f diminue.

Question 10

Des étudiants affirment avoir observé une collision élastique entre deux balles, sur une surface horizontale dans le laboratoire, et que les deux balles se sont retrouvées au repos après la collision. Aucune force horizontale externe n'a agi sur les balles. Lequel des commentaires suivants est le plus approprié ?

- (a) Les masses et vitesses initiales doivent avoir été différentes ;
- (b) les masses et vitesses initiales doivent avoir été les mêmes ;
- (c) les vitesses initiales, mais pas nécessairement les masses, doivent avoir été les mêmes ;
- (d) ce processus ne peut s'être produit comme décrit.

Question 11

La chute de tension aux bornes d'un condensateur de $3 \mu\text{F}$ est de 12 V lorsque celui-ci n'est pas branché. On branche maintenant ce condensateur en parallèle avec un second, de $6 \mu\text{F}$, initialement non-charge. À l'équilibre, la charge q sur le condensateur de $3 \mu\text{F}$ et la différence de tension entre ses bornes sont :

- (a) $q = 12 \mu\text{C}$, $V = 4 \text{ V}$;
- (b) $q = 24 \mu\text{C}$, $V = 8 \text{ V}$;
- (c) $q = 36 \mu\text{C}$, $V = 12 \text{ V}$;
- (d) $q = 12 \mu\text{C}$, $V = 6 \text{ V}$;

Question 12

En physique sub-atomique, on associe souvent une longueur d'onde caractéristique à une particule de masse m . Si $\hbar = h/2\pi$ (h est la constante de Planck), et c la vitesse de la lumière, laquelle de ces expressions a le plus de chances d'être exacte ?

- (a) $\lambda = \hbar c/m$;
- (b) $\lambda = \hbar/mc^2$;
- (c) $\lambda = \hbar m/c$;
- (d) $\lambda = \hbar/mc$;

Question 13

À l'équilibre, le champ électrique en un point de la surface d'un conducteur, que celui-ci soit chargé ou non, ne peut jamais être...

- (a) tangent à la surface ;
- (b) perpendiculaire à la surface ;
- (c) zéro ;
- (d) dirigé vers l'intérieur car il doit s'annuler à l'intérieur.

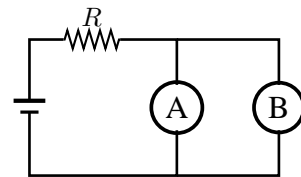
Question 14

Une boîte cubique uniforme de masse M est au repos sur un sol horizontal et un côté de sa base est appuyé contre un petit butoir fixé au sol. Une force horizontale de grandeur F , appliquée au centre du côté de la boîte opposé au butoir, peut-elle renverser cette boîte ?

- (a) Non, jamais ;
- (b) oui, seulement si $F > mg$;
- (c) oui, $F > mg/2$ suffit ;
- (d) oui, seulement si $F > 2mg$.

Question 15

Un circuit se compose d'une pile de résistance interne R et de deux ampoules A et B, tel qu'illustré ci-dessous :

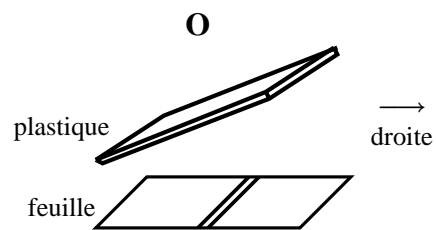


Si le filament de l'ampoule A grille, alors l'énoncé suivant s'applique à l'ampoule B :

- (a) elle s'éteint ;
- (b) elle brille d'égale intensité ;
- (c) elle brille plus faiblement ;
- (d) elle brille plus intensément.

Question 16

Exactement tel qu'illustré ci-dessous, un observateur en O regarde deux traits rapprochés tracés sur une feuille au travers d'une plaque inclinée en plastique, à faces parallèles :



Comparé à ce qui se passe en l'absence de la plaque, les traits lui paraissent...

- (a) identiques mais déplacés vers la droite ;
- (b) déplacés vers la gauche et plus écartés l'un de l'autre ;
- (c) déplacés vers la droite et plus rapprochés l'un de l'autre ;
- (d) exactement comme en l'absence de la plaque.

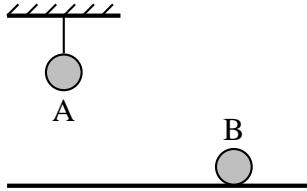
Question 17

Si toutes les glaces polaires sur Terre fondaient subitement dans les océans, à court terme la longueur du jour...

- (a) augmenterait ; (b) resterait la même ;
(c) diminuerait ; (d) décroîtrait d'abord, puis augmenterait.

Question 18

Deux balles identiques, A et B, de composition uniforme et initialement à la même température, absorbent chacune la même quantité de chaleur. A est suspendue au plafond tandis que B repose sur le sol horizontal dans la même pièce. Supposant que les balles ne subissent aucune perte de chaleur ultérieurement, lequel de ces énoncés décrit correctement leurs températures, T_A et T_B , une fois leurs dimensions stabilisées ?



- (a) $T_A < T_B$; (b) $T_A > T_B$;
(c) $T_A = T_B$; (d) $T_A \leq T_B$.

Question 19

Deux balles A et B, très légères et non-chargées, recouvertes d'un matériau conducteur, sont suspendues verticalement, tout juste en contact l'une avec l'autre. On approche une tige en verre chargée positivement de la balle A, mais sans la toucher. On éloigne ensuite A et B l'une de l'autre, puis on retire la tige. Q_A et Q_B représentant les charges électriques sur A et sur B, on en conclue que...

- (a) $Q_A < 0$ et $Q_B < 0$; (b) $Q_A < 0$ et $Q_B > 0$;
(c) $Q_A > 0$ et $Q_B < 0$; (d) $Q_A > 0$ et $Q_B > 0$;

Question 20

Vous vous trouvez dans une voiture étanche à l'air extérieur roulant à vitesse constante ; un ballon flotte immobile à vos côtés. Vous freinez brutalement pour stopper la voiture rapidement. Durant la décélération, par rapport à la voiture, le ballon...

- (a) se déplace vers l'avant ; (b) demeure immobile ;
(c) se déplace vers l'arrière ; (d) peut se déplacer soit vers l'avant, soit vers l'arrière.

Question 21

À cause des forces de frottement induites par les marées sur Terre, le rayon R de l'orbite de la Lune augmente de quelques centimètres par an. Au cours de ce processus, le moment cinétique de la Lune...

- (a) demeure constant car sa vitesse diminue ;
(b) demeure constant mais son énergie totale augmente ;
(c) augmente en proportion de \sqrt{R} à mesure que son énergie totale augmente ;
(d) diminue en proportion de \sqrt{R} à mesure que son énergie totale diminue ;

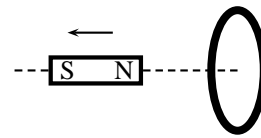
Question 22

En vue de mesurer la vitesse v du sang dans une artère, on applique un champ magnétique uniforme B perpendiculairement à l'artère ; un voltmètre orienté dans un sens perpendiculaire à B mesure la tension entre deux parois opposées, séparées par le diamètre D de l'artère. Si les ions positifs et négatifs dans le sang ne se déplacent pas par rapport au sang dans le sens de l'écoulement, la vitesse est voisine de...

- (a) $v = V/BD$; (b) $v = BD/V$;
(c) $v = VD/B$; (d) $v = B/VD$.

Question 23

Une barre aimantée dont les pôles nord (N) et sud (S) sont orientés tel qu'illustré ci-dessous se déplace initialement vers la gauche, sur l'axe d'un anneau conducteur circulaire. Un courant I est induit dans celui-ci, tandis que a est l'accélération de l'aimant résultant de ce courant. Vu de l'aimant en regardant vers l'anneau,



- (a) I circule dans le sens des aiguilles d'une montre et a est dirigée vers la gauche ;
(b) I circule dans le sens contraire des aiguilles d'une montre et a est dirigée vers la droite ;
(c) I circule dans le sens des aiguilles d'une montre et a est dirigée vers la droite ;
(d) I circule dans le sens contraire des aiguilles d'une montre et a est dirigée vers la gauche.

Question 24

Vous éloignez à petite vitesse constante une charge $q < 0$ d'une enveloppe conductrice sphérique sur laquelle se trouve une charge $Q < 0$, laquelle produit un champ électrostatique E . Soit U l'énergie totale de q , W le travail effectué par la force F_a que vous exercez sur q , et W le travail effectué sur q par la force électrostatique F_E . Au cours du déplacement de q ,

- (a) $W_a = -W_E$, donc U demeure constante ;
(b) $F_a = -F_E$, donc U demeure constante ;
(c) U augmente ;
(d) U diminue ;

Question 25

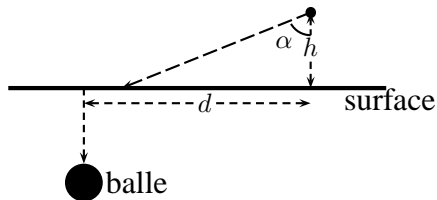
Un glaçon d'eau douce pure flotte à la surface dans un verre d'eau douce pure. Une gigantesque banquise, également d'eau douce pure, flotte sur l'océan en s'éloignant de l'Antarctique. Supposant négligeable l'effet de la densité de l'air, une fois le glaçon et la banquise complètement fondus,

- (a) le niveau d'eau a monté dans le verre et dans l'océan ;
(b) le niveau d'eau est resté identique dans les deux cas ;
(c) le niveau d'eau reste le même dans le verre mais est monté dans l'océan ;
(d) le niveau d'eau descend dans le verre mais reste le même dans l'océan.

Partie B

Problème 1

On lâche à partir du repos une balle uniforme de masse $M = 1,00 \text{ kg}$ à la surface d'un étang. La balle coule à pic. Un observateur positionné à une hauteur h au-dessus de la surface, souhaitant déterminer la densité de cette balle, mesure la dépendance dans le temps de l'angle α entre la verticale au point où il se trouve et la direction de la position instantanée apparente de la balle (voir la figure). Soit d la distance horizontale entre l'observateur et la position initiale de la balle.



Pour une vitesse v suffisamment faible, la force de traînée exercée sur la balle en train de couler est donnée en bonne approximation par $F_{tr} = -bv$, où b est un coefficient constant. On pose que la densité de l'eau est donnée par $\rho_{eau} = 1000 \text{ kg/m}^3$ et son indice de réfraction par $n_{eau} = 1.33$.

- Obtenir une expression donnant la profondeur instantanée y de la balle en fonction de α , h et d .
- Une fois calculée la profondeur de la balle en fonction du temps, l'observateur est en mesure de construire le tableau suivant des valeurs de la vitesse de la balle en fonction du temps.

Temps [s]	Vitesse [m/s]	Temps [s]	Vitesse [m/s]
0.000	0.000	0.225	0.8425
0.010	0.0910	0.275	0.8767
0.025	0.2086	0.325	0.8966
0.075	0.5081	0.375	0.9082
0.125	0.6823	0.425	0.9145
0.175	0.7836	0.475	0.9155

À partir de ces données, trouver l'accélération initiale de la balle et estimer la valeur à laquelle va se stabiliser sa vitesse. Calculer ensuite la densité de la balle ainsi que le coefficient de traînée b .

Problème 2

Les phares de vélo sont souvent alimentés par un générateur dont l'arbre roule contre la jante du pneu du vélo, entraîné par la rotation de la roue. À l'intérieur du générateur, l'arbre se prolonge d'une bobine tournant dans un champ magnétique B .

Supposons donc une bobine de 125 tours de fil avec une section de $0,0010 \text{ m}^2$, tournant dans un champ de $0,080 \text{ T}$. Au point de contact avec le pneu, l'arbre a un renflement d'un diamètre de $1,25 \text{ cm}$. Le pneu a un diamètre de 66 cm .

- On donne que pour produire un éclairage suffisant, l'ampoule du phare consomme une puissance électrique moyenne de $5,0 \text{ W}$, correspondant à une tension de $4,0 \text{ V}$ d'amplitude. Calculer la vitesse à laquelle doit rouler le vélo, en excluant tout patinage ou dérapage.
- Calculer le couple que doit fournir la roue de vélo pour produire la puissance moyenne requise par l'ampoule dans les conditions ci-dessus. Donner un bref énoncé de deux autres suppositions nécessaires pour simplifier le problème.
- Dans ces conditions, quelle est l'amplitude du courant induit dans la bobine ?
- En supposant que l'ampoule suit la loi d'Ohm et que sa résistance demeure constante, de quel facteur augmenterait la puissance délivrée à l'ampoule si le cycliste triplait sa vitesse (sans doute en descente ou au Tour de France) ?

Problème 3

Le saut en longueur en tant que sport olympique remonte au moins jusqu'en 700 av. J.-C. Toutefois, on ne le pratiquait pas seulement en prenant d'abord son élan à la course, comme c'est le cas actuellement aux Olympiques, mais aussi sans élan. On mesurait la longueur du saut à partir du point où le talon touchait le sol à l'arrivée. Des vases peints de l'Antiquité grecque représentent les athlètes sautant sans élan en tenant un poids dans chaque main. Des exemples de ces poids ont été retrouvés lors de fouilles archéologiques ; typiquement fabriqués de pierre ou de plomb, ils avaient chacun une masse d'environ 3 kg .

- Expliquer qualitativement en un paragraphe comment les athlètes arrivaient à sauter plus loin grâce à ces poids. En particulier, décrire ce qu'ils faisaient des poids lors des différentes étapes de leur saut. Vous pouvez supposer que, comme les recherches en biomécanique l'ont démontré, un athlète pouvait sauter du même angle et à la même vitesse avec ou sans charge.
- Estimer de combien la longueur d'un saut de 3 m pouvait être augmentée dans le cas d'un athlète de 65 kg sautant à un angle de 50° sans élan (et non en courant d'abord comme cela se passe de nos jours). Supposer que le centre de masse du corps se trouve à 1 m au-dessus du sol et que la longueur des bras est de 65 cm . Au moment de sauter, l'athlète est penché avec les épaules à 15 cm en avant du centre de masse de son corps.

* * *