

Concours de l'A.C.P.

12 Avril 2010

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 ou école: _____ Année: _____

Professeur(e) de physique: _____

Date de naissance: _____ Sexe: M F

Citoyenneté: _____

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

Préférez-vous recevoir votre correspondance en français ou en anglais? _____

Commandité par:

L'Association Canadienne des Physiciens
Les Olympiades canadiennes de chimie et de physique
Le Département de Physique de l'Université de Toronto

Association canadienne des physiciens Concours de physique 2009

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. La partie A comporte 22 questions à choix multiples. 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 les étudiants puissent terminer cet examen à temps. Chaque question à développement peut comporter une partie très 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·m²/kg²
 Accélération gravitationnelle $g = 9,80$ m/s²
 Densité de l'eau douce $\rho = 1,00 \times 10^3$ kg/m³
 Chaleur massique de l'eau $c = 4,186 \times 10^3$ J/(kg·K)
 Pression atmosphérique normale $P_0 = 1,01 \times 10^5$ Pa
 Charge élémentaire $e = 1,60 \times 10^{-19}$ C
 Masse de l'électron $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$ kg
 Masse du proton $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$ kg
 Constante de Coulomb $1/(4\pi\epsilon_0) = 8,99 \times 10^9$ N·m²/C²
 Constante de Boltzmann $k = 1,38 \times 10^{-23}$ J/K

Partie A: Choix Multiples

Question 1

Une balle tombe au sol d'une hauteur h . Elle rebondit avec une perte d'impulsion de 10%. Après son rebond, la balle atteint une hauteur maximum de

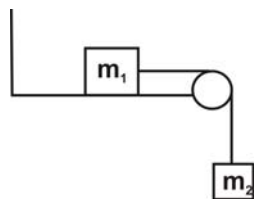
- a) $0,90 h$; b) $0,81 h$; c) $0,949 h$; d) $0,3 h$.

Question 2

Un objet de masse m_1 repose sur une surface lisse. Il est relié à un autre objet de masse m_2 par une corde de masse nulle passant sur une poulie sans frottement ni masse, tel que le montre le schéma. Le système est libéré.

L'accélération initiale a de m_2 est

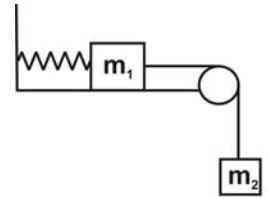
- a) $a = g$; b) $a = \frac{m_2}{(m_1 + m_2)} g$;
 c) $a = (m_2 - m_1)g$; d) $a = \frac{m_1}{(m_1 + m_2)} g$.



Question 3

Le système de la question précédente est fixé à un ressort de constante de rappel k attaché à une paroi verticale, comme indiqué dans la figure ci-contre. Initialement, le ressort est détendu. Le système est alors libéré. La masse m_2 tombe et oscille autour d'un déplacement moyen x par rapport à sa position initiale donné par

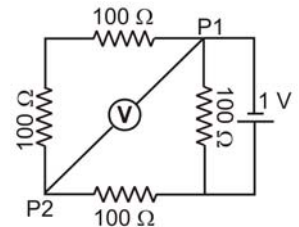
- a) $x = \frac{m_2 g}{k}$; b) $x = \frac{m_1 g}{k}$;
 c) $x = \frac{(m_1 + m_2)g}{k}$; d) $x = \frac{k}{m_2 g}$.



Question 4

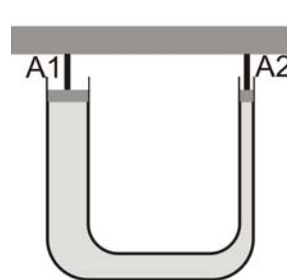
Quatre résistances de 100 ohms et une batterie de 1V sont reliées comme le montre le schéma ci-contre. La différence de potentiel entre les points P1 et P2 est

- a) 0,250 V; b) 0,333 V; c) 0,500 V; d) 0,667 V.



Question 5

Une plaque lourde est soutenue horizontalement par deux pistons bien lubrifiés, chacun placé dans l'une des ouvertures d'un tube en U asymétrique rempli d'un fluide incompressible, comme le montre la figure. Une fois la plaque libérée, on observe que



- a) le piston A1 monte et A2 descend;
 b) le piston A2 monte et A1 descend;
 c) la plaque reste horizontale et ne bouge pas;
 d) la plaque reste horizontale et descend d'une distance égale des deux côtés.

Question 6

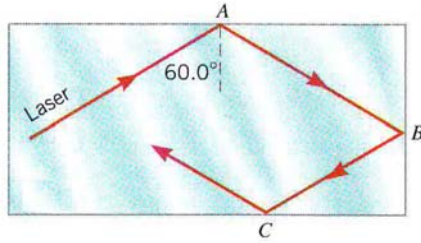
Deux verres identiques, l'un rempli d'eau, l'autre de vodka, sont observés d'un point situé directement au-dessus de l'un ou de l'autre. L'indice de réfraction de la vodka est légèrement supérieur à celui de l'eau. Quel verre paraît avoir la plus grande profondeur de liquide?

- a) le verre d'eau;
 b) le verre de vodka;
 c) ni l'un ni l'autre, car la profondeur apparente est la profondeur réelle dans les deux verres;
 d) ni l'un ni l'autre, parce que l'effet du liquide transparent est de diminuer la profondeur apparente par le même facteur dans les deux verres.

Question 7

Le dessin montre une plaque de verre crown avec indice de réfraction de 1,5. Un faisceau laser est dirigé sur la surface

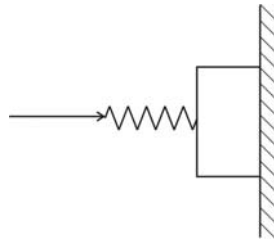
supérieure à un angle de 60° . Le faisceau est réfléchi par la surface supérieure, puis sur le côté et par la surface inférieure comme le montre le dessin. Si le verre est entouré d'air, déterminer à quel point une partie du faisceau émerge du verre.



- a) A; b) B; c) C; d) Aucune de ces réponses.

Question 8

Un bloc de masse m se trouve coincé entre une paroi verticale rugueuse et un ressort (avec constante de rappel k), comme le montre la figure. Si le ressort est comprimé sur une distance x par rapport à son état non comprimé, le coefficient minimum de frottement statique qui empêche le bloc de tomber est



- a) $\frac{mg}{kx}$; b) $\frac{kx}{mg}$; c) $\frac{kx}{mg + kx}$; d) $\frac{mg}{mg + kx}$.

Question 9

Une onde lumineuse possède une fréquence suffisamment élevée pour ioniser un atome. Si l'amplitude de l'onde lumineuse est triplée, la probabilité qu'un atome soit ionisé augmente d'un facteur de

- a) 1; b) $\sqrt{3}$; c) 3; d) 9.

Question 10

Un étudiant de 100 kg mange un beignet de 200 calories. Pour compenser l'effet de sa gourmandise, il décide de monter l'escalier d'un immeuble de plusieurs étages. A quel hauteur faut-il qu'il monte pour dépenser l'équivalent en travail? (1 calorie alimentaire = 10^3 calories ~ 4200 J).

- a) 273 m; b) 428 m; c) 857 m; d) 8400 m.

Question 11

Dans un vase isolé, 250 g de glace à 0° C est ajoutée à 600 g d'eau à 18° C. La chaleur latente de fusion d'eau est de $\sim 3,33 \times 10^5$ J/kg. La quantité de glace lorsque le système atteint l'équilibre thermique est

- a) 0 g; b) 114 g; c) 136 g; d) 45,2 g.

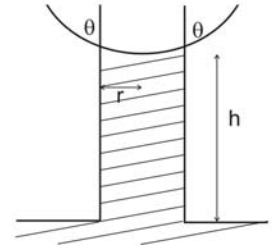
Question 12

Un liquide monte (par capillarité) dans un tube étroit lorsque les forces d'adhérence entre les molécules du liquide et celles du tube sont plus importantes que les forces de cohésion entre les molécules du liquide. La hauteur d'une colonne de liquide de densité ρ dans un tube de rayon r est donnée par

$$h = \frac{2\gamma}{\rho g r} \cos \theta$$

où θ est l'angle de contact entre la surface du liquide et le tube, g est l'accélération due à la pesanteur, et γ est une constante qui dépend d'un certain nombre de paramètres. Les dimensions de γ sont données par

- a) ML^{-2} ; b) MLT^{-2} ; c) $M^{-1}LT^{-2}$
d) MT^{-2} ; e) Aucune de ces réponses.



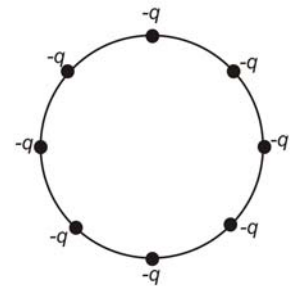
Question 13

En cas de fonte des glaciers polaires, l'eau se répartirait différemment sur la planète, et la dépression de la croûte terrestre, créée par le poids de la glace, remonterait par effet de rebond (appelé rebond post-glaciaire ou ajustement isostatique). À la suite du rebond post-glaciaire, la longueur du jour serait

- a) augmentée;
b) diminuée;
c) pareille à la durée actuelle du jour;
d) augmentée d'abord pour ensuite revenir rapidement à la durée actuelle du jour;
e) diminuée d'abord pour ensuite revenir rapidement à la durée actuelle du jour.

Question 14

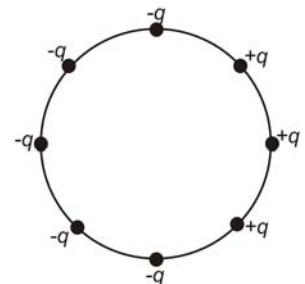
Huit particules avec charges identiques $-q$ sont disposées symétriquement sur un cercle de rayon r , à égale distance les unes des autres. Leur potentiel à l'infini est nul. k étant la constante de Coulomb, le champ électrique et le potentiel électrostatique au centre du cercle s'écrivent



- a) $E = \frac{8kq}{r^2}$, $V = \frac{-8kq}{r}$; b) $E = \frac{8kq}{(2\pi r)^2}$, $V = \frac{-8kq}{(2\pi r)}$;
c) $E = \frac{8kq}{r^2}$, $V = 0$; d) $E = 0$, $V = 0$;
e) $E = 0$, $V = \frac{-8kq}{r}$.

Question 15

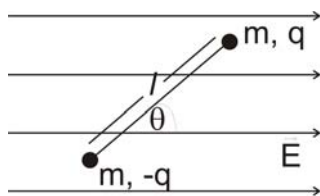
Trois des charges négatives dans la question précédente sont remplacées par des charges positives de même grandeur, disposées comme dans la figure. La grandeur du champ électrique et le potentiel électrostatique au centre du cercle sont donnés par



- a) $E = \frac{2kq}{r^2}(1 + 2\sqrt{2})$, $V = 0$;
 b) $E = \frac{2kq}{r^2}(1 + \sqrt{2})$, $V = \frac{-2qk}{r}$;
 c) $E = \frac{2kq}{r^2}(1 + 2\sqrt{2})$, $V = \frac{-2qk}{r}$;
 d) $E = 0$, $V = \frac{-2qk}{r}$;
 e) Aucune de ces réponses.

Question 16

Un dipôle électrique est composé de deux particules, chacune de masse m et de charge électrique opposée $\pm q$. Elles sont séparées par une barre non conductrice de masse nulle et de longueur l .



Le dipôle est placé dans un champ électrique uniforme de façon à former un angle θ avec la direction de \vec{E} , avant d'être libéré. Son accélération angulaire initiale autour de son centre de masse est donnée par

- a) $\frac{2qE \cos \theta}{ml}$; b) $\frac{2qE \sin \theta}{ml}$; c) $\frac{qEl \cos \theta}{m}$;
 d) $\frac{qEl \sin \theta}{m}$; e) $\frac{qE \sin \theta}{ml^2}$.

Question 17

À l'instant $t = 0$, un bloc de masse m se déplace avec une impulsion p le long d'une surface horizontale rugueuse. S'il s'arrête complètement à l'instant t , le coefficient de frottement cinétique μ s'écrit:

- a) $\frac{p}{mgt}$; b) $\frac{pg}{mt}$; c) $\frac{ptg}{m}$; d) $\frac{pt}{mg}$;
 e) Aucune de ces réponses.

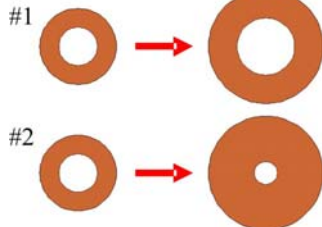
Question 18

Un poisson qui nage dans l'eau avec une vitesse constante v_0 subit une force de traînée due à la viscosité proportionnelle au carré de sa vitesse (i.e. $F_{\text{traînée}} \propto v^2$). Si le poisson double sa vitesse, la poussée F qu'il doit générer pour maintenir cette nouvelle vitesse est reliée à la force initiale F_0 par

- a) $F = 2F_0$; b) $F = \sqrt{2}F_0$; c) $F = 4F_0$; d) $F = F_0^2$;
 e) Aucune de ces réponses.

Question 19

Laquelle de ces illustrations illustre le mieux le changement de taille de l'objet et du trou lorsque la température augmente?



- a) l'illustration # 1;
 b) l'illustration # 2;
 c) cela dépend de la matière dont l'objet est fait;
 d) cela dépend de combien la température augmente;
 e) c) et d).

Question 20

Deux roues dentées de même épaisseur, mais l'une de deux fois le diamètre de l'autre, sont montées sur des axes parallèles légèrement éloignés pour ne pas engrener les dents des roues. La grande roue est mise en rotation à une vitesse angulaire Ω . Les roues sont ensuite rapprochées et les dents engrenées. Quelle est maintenant la vitesse angulaire de la grande roue?

- a) $\frac{\Omega}{2}$; b) $\frac{\Omega}{5}$; c) $\frac{2\Omega}{5}$; d) $\frac{4\Omega}{5}$.

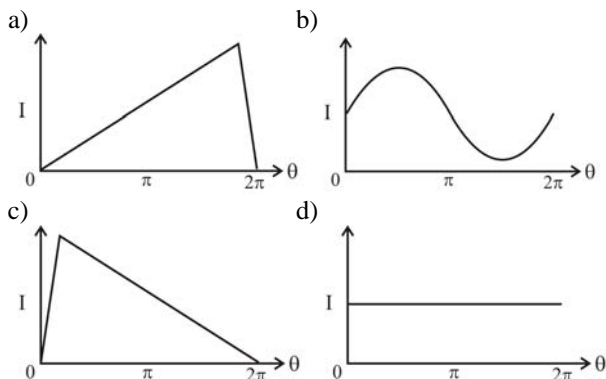
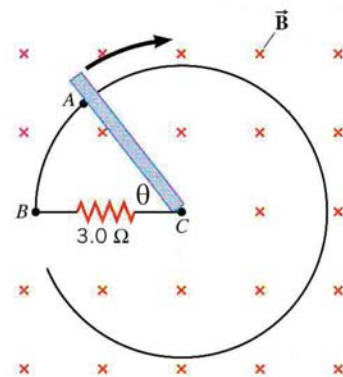
Question 21

Dans le cas des roues dentées engrenées de la question précédente, quelle est la fraction de l'énergie initiale qui est perdue?

- a) 1/4; b) 1/8; c) 1/5; d) 2/5.

Question 22

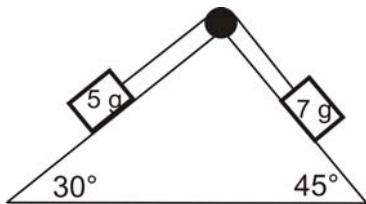
Le dessin montre un fil de cuivre (de résistance négligeable) en forme de cercle avec rayon r . La section radiale BC est fixe, tandis que la barre de cuivre AC fait le tour du cercle avec une vitesse angulaire ω . La barre est en contact électrique constant avec le fil. Le fil et la barre ont une résistance négligeable. Un champ magnétique uniforme de grandeur B existe partout, perpendiculairement au plan du cercle. Lequel des graphiques suivants montre le courant en fonction de θ ?



Part B: Problems

Problem 1

A double inclined plane is in the form of a wedge of weight 10 g, held on the ground with its base horizontal and rough faces inclined at 30° and 45° respectively to the horizontal. A 5 g particle on the face inclined at 30° is connected by a mass less, flexible, inextensible string over a smooth mass less pulley at the ridge of the wedge to a 7 g particle on the other face. If the coefficient of friction between each of the particles and the wedge is $1/5$, find the accelerations of the particles and the magnitude of the vertical force between the wedge and the ground.



Problem 2

Oceanographers have deployed an array of instruments off the west coast of Vancouver Island, connected together by cables carrying power and communication. The power is supplied through a single DC line. The return path is through the sea water. The grounds at each end of the line are large metal spheres.

Consider two copper spheres, radii a , buried in an infinite medium of resistivity ρ . Current flows out of one sphere and is collected by the second sphere. The current flow in vicinity of each sphere can be considered radially uniform as the distance between the spheres is large compared with a .

- By considering the series resistance of many thin spherical shells around a sphere show graphically (or by direct integration) that much of the resistance between the spheres is due to material within a radius $2a$ of each sphere and thereby estimate the total resistance between the spheres.
- If the current flow between the spheres is 1 A, calculate the charge in coulombs on each one.

Problem 3

Sir Ernest Rutherford, a very famous New Zealander who worked at McGill University in Montreal and the Cavendish Laboratory in Cambridge, won the Nobel Prize for his studies of the disintegration of nuclei. He established an important relationship for a nuclear reaction, in which a parent atom disintegrates into a daughter atom, which is called the Rutherford – Soddy law of radioactive disintegration. This law states that if N is the number of radioactive nuclei present at some instant, the number of nuclei ΔN that decay in a time Δt is given by:

$$\Delta N = -\lambda N \Delta t$$

where λ is called the decay constant. We can integrate this expression to get the relationship

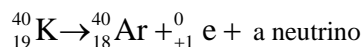
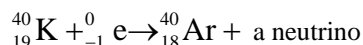
$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

where N_0 represents the number of radioactive nuclei at time $t = 0$.

- Show that the time taken for $N(t) = N_0/2$ (known as the half-life), is given by $T_{1/2} = (\ln 2)/\lambda$.

Potassium-argon (K-Ar) dating is used in earth science to determine the age of a rock sample. The potassium isotope $^{40}_{19}\text{K}$ is radioactive and decays over time to the argon isotope $^{40}_{18}\text{Ar}$. When a rock is molten the argon gas is released into the atmosphere but as the rock cools and crystallizes, the daughter argon atoms are trapped within the rock matrix. Time since crystallization is calculated by measuring the ratio of the amount of $^{40}_{18}\text{Ar}$ accumulated to the amount of $^{40}_{19}\text{K}$ remaining.

The two possible nuclear reaction for $^{40}_{19}\text{K}$ to change to $^{40}_{18}\text{Ar}$ are:



- Describe the physical process that is occurring in these reactions.
- Which of the two is the more likely to occur?
- Most of the potassium $^{40}_{19}\text{K}$ (89.1%) decays to $^{40}_{20}\text{Ca}$. What is the equation for this reaction?

The *approximate* ratio of the amount of $^{40}_{18}\text{Ar}$ to that of $^{40}_{19}\text{K}$ is directly related to the time elapsed since the rock was cool enough to trap the argon by the following equation:

$$t = \frac{t_{1/2}}{\log_e(2)} \log_e \left(\frac{K_f + \frac{Ar_f}{0.109}}{K_f} \right)$$

Where $T_{1/2}$ is the half-life of $^{40}_{19}\text{K}$, K_f is the amount of $^{40}_{19}\text{K}$ remaining in the sample, and Ar_f is the amount of $^{40}_{18}\text{Ar}$ found in the sample.

- If a rock sample has remained undisturbed for 50 million years and the half-life of $^{40}_{19}\text{K}$ is 1.248×10^9 years, what ratio of Ar/K should be measured in the sample?