

Prix de l'ACP — Concours du secondaire (collégial au Québec)

20 avril 2016

9h00 - 12h00

Feuille d'information du candidat

L'information fournie ci-dessous est utilisée pour communiquer aux candidats et aux écoles (Cégeps au Québec) 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 ces copies lors de la correction.

Code du candidat :

SVP ne rien écrire dans cet espace

PRIÈRE D'ÉCRIRE LISIBLEMENT EN LETTRES MAJUSCULES.

Nom: _____ Prénom: _____

Adresse (domicile): _____

_____ Code Postal: _____

Téléphone: () _____ Courriel: _____

Collège ou école: _____ Année d'études: _____

Professeur(e) de physique: _____

Date de naissance: _____ Sexe: M F

Citoyenneté: _____

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

Si vous n'êtes pas citoyen canadien, quel est votre statut d'immigration ? _____

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

Commandité par :

L'Association canadienne des physiciens et physiciennes (ACP),
La Fondation de l'ACP,
Les olympiades canadiennes de physique,
Le département de physique et d'astronomie de l'Université de la
Colombie-Britannique

**L'Association canadienne des physiciens
et physiciennes
Concours de physique 2016**

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 25 questions à choix multiples. Les réponses de la partie B ne seront corrigées que pour les candidats ayant obtenu les meilleurs résultats à la partie A. Les questions de la partie B présentent un spectre varié de difficulté, et des graphiques peuvent être nécessaires pour leur solution. 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) d'une question 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).

Les calculatrices non programmables sont autorisées. Ayez bien soin d'indiquer les réponses aux questions à choix multiples *sur la feuille-réponse* qui vous est fournie, et surtout, écrivez vos solutions aux trois problèmes à développement sur *trois feuilles séparées*, ces questions étant corrigées par des personnes différentes en des endroits différents. Bonne chance!

Remarque : La totalité des points d'une question sera attribuée pour toute solution complète et exacte, et une partie des points sera attribuée pour une solution partielle. Il n'y a aucune pénalité pour une solution incorrecte. Notez bien que les questions ne comportent pas toutes le même niveau de difficulté, et qu'il est possible que même les meilleurs candidats n'arrivent pas à obtenir une note supérieure à 80%. Cet examen est difficile !

Données

Vitesse de la lumière $c = 3.00 \times 10^8$ m/s
Constante gravitationnelle $G = 6.67 \times 10^{-11}$ N · m²/kg²
Accélération gravitationnelle $g = 9.81$ m/s²
Pression atmosphérique normale $P_0 = 1.01 \times 10^5$ Pa
Masse volumique de l'eau douce $\rho = 1.00 \times 10^3$ kg/m³
Chaleur massique de l'eau $C_{eau} = 4186$ J/(kg · K)
Chaleur massique de la glace $C_{glace} = 2050$ J/(kg · K)
Chaleur latente de l'eau $L_{eau} = 2260$ kJ/kg
Chaleur latente de la glace $L_{glace} = 334$ kJ/kg
Masse volumique de la glace $\rho_{glace} = 916$ kg/m³
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 Planck $h = 6.63 \times 10^{-34}$ Js
Constante de Coulomb $k = 8.99 \times 10^9$ N · m²/C²
Constante de Boltzmann $k_B = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K
Unité astronomique (UA) = 1.49598 × 10¹¹ m: Distance approximative entre le Soleil et la Terre.
Rayon de la Terre $R_T = 6.371 \times 10^6$ m

Masse de la Terre $M_T = 5.972 \times 10^{24}$ kg
Rayon du Soleil $R_S = 6.96 \times 10^8$ m
Mass du Soleil $M_S = 1.989 \times 10^{30}$ kg
Constante de Stefan $\sigma = 5.6704 \times 10^{-8}$ W/(m² · K⁴)
Nombre d'Avogadro $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ mol⁻¹

Partie A: Choix multiples

Chaque question à choix multiples vaut 1 point.

Question 1

Une horloge de parquet, habituellement nommée pendule grand-père, mesure le temps en comptant le nombre d'oscillations d'un pendule simple. Vous prenez cette horloge qui est ajustée pour donner l'heure exacte au niveau de la mer (où $g = 9.81$ m/s²) au sommet d'une montagne. Après deux jours, l'horloge a pris cinq minutes de retard. Quelle est l'accélération gravitationnelle au sommet de la montagne?

- a) 9.74 m/s²
- b) 9.78 m/s²
- c) 9.84 m/s²
- d) 9.81 m/s²
- e) Il n'y a pas assez d'information pour répondre à la question.

Question 2

Le télescope spatial Hubble, ayant une masse de 11 110 kg, est en orbite terrestre basse avec un demi-grand axe de 6 924 km. Quelle est sa période orbitale?

- a) 95.6 minutes
- b) 3.02×10^{-3} minutes
- c) 2.22×10^{12} minutes
- d) 136 minutes
- e) 15.2 minutes

Question 3

Une personne ayant une masse de 75 kg entre dans un ascenseur. Quelle puissance additionnelle le moteur de l'ascenseur devra-t-il fournir afin que l'ascenseur maintienne la même vitesse constante de 0.5 m/s qu'il avait lorsqu'il était vide?

- a) 221 W
- b) 552 W
- c) 1470 W
- d) 368 W
- e) 92.0 W

Question 4

Une balle de 2 kg est initialement stationnaire sur une surface plane sans frottement. La balle est ensuite frappée par un morceau de mastic de 0.25 kg avec une vitesse de 25 m/s. Après la collision, le mastic reste collé à la balle. Quelle est la vitesse finale de la balle couverte de mastic?

- a) 8.83 m/s
- b) 2.78 m/s
- c) 22.2 m/s
- d) 3.13 m/s
- e) 8.33 m/s

Question 5

Vous tenez une bouteille de boisson gazeuse dans un autobus. Les bulles dans la boisson montent vers le haut. Soudainement, l'autobus freine pour éviter un danger sur la route. Qu'arrive-t-il au mouvement des bulles?

- a) Les bulles bougent vers le devant de l'autobus.
- b) La réponse dépend de la vitesse initiale de l'autobus.
- c) La direction des bulles ne change pas.
- d) Les bulles bougent vers l'arrière de l'autobus.

Question 6

Un circuit électrique composé d'une pile de tension V , d'une résistance R et d'un condensateur de capacité C , tous en série, est ouvert. Avant de fermer le circuit, le condensateur n'est pas chargé. Combien de temps après la fermeture du circuit l'intensité du courant initial dans le circuit sera-t-elle diminuée de moitié?

- a) RC/V
- b) $RC \ln 2$
- c) $\frac{1}{RC}$
- d) RC
- e) $2 RCV$

Question 7

Laquelle de ces valeurs est la plus proche de la vitesse moyenne des électrons ("vitesse de dérive") dans un fil de cuivre de rayon de 1 mm sous un courant de 3 Ampères? La masse volumique du cuivre à température de la pièce est d'environ 9 g/cm^3 et sa masse molaire est de 63.5 g/mol .

- a) $6 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
- b) $2 \times 10^{-3} \text{ m/s}$
- c) $3 \times 10^8 \text{ m/s}$
- d) $5 \times 10^0 \text{ m/s}$
- e) $8 \times 10^4 \text{ m/s}$

Question 8

Trois charges sont placées aux trois sommets d'un triangle équilatéral de côté L . Deux des charges ont une valeur $+Q$ et la troisième a une valeur $-2Q$. Quelle est la grandeur du champ électrique au centre du triangle?

- a) 0
- b) $4\sqrt{3}kQL^2$
- c) $\frac{12kQ}{L^2}$
- d) $\frac{9kQ}{L^2}$
- e) $\frac{8kQ}{L^2}$

Question 9

Une station radio FM émet un signal à une fréquence d'environ 100 MHz. Quelle est environ la longueur d'onde d'un tel signal?

- a) 3m
- b) $3 \times 10^6 \text{ m}$
- c) 0.3m
- d) $0.33 \times 10^{-8} \text{ m}$
- e) Plus d'information est nécessaire pour répondre à cette question.

Question 10

Un bref éclat lumineux a une intensité de 800 W/m^2 lorsque mesurée à une distance de 1 m de son origine. Quelle sera l'intensité mesurée à une distance de 10 m de l'origine s'il s'agit d'une source ponctuelle?

- a) 80 W/m^2
- b) 8 W/m^2
- c) 800 W/m^2
- d) 0.8 W/m^2
- e) 8000 W/m^2

Question 11

Des particules élémentaires instables sont produites à une vitesse $v = 0.6c$ par rapport à un observateur du laboratoire. Ces particules ont une durée de vie intrinsèque de 100 ns. Dans le référentiel de l'observateur, combien de temps s'écoulera-t-il en moyenne avant que les particules ne se désintègrent?

- a) 125 ns
- b) 80 ns
- c) 100 ns
- d) Les particules ne peuvent pas se désintégrer si elles sont en mouvement.
- e) 175 ns

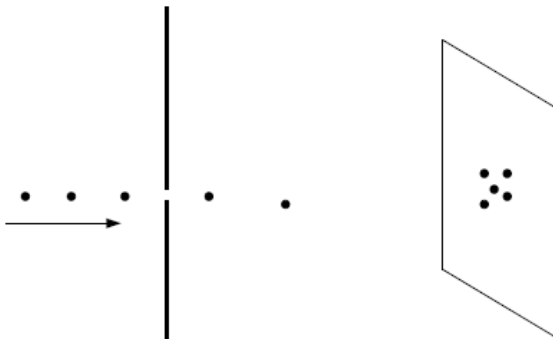
Question 12

Un rayon de lumière rouge est constitué d'un flux de photons. Si l'on double la fréquence du rayon tout en gardant son intensité constante, qu'arrivera-t-il au flux de photons?

- a) Le nombre de photons ne changera pas et l'énergie de chaque photon restera la même.
- b) Le nombre de photons ne changera pas et l'énergie de chaque photon augmentera.
- c) Le nombre de photons diminuera et l'énergie de chaque photon augmentera.
- d) Le nombre de photons augmentera et l'énergie de chaque photon restera la même.
- e) Le nombre de photons augmentera et l'énergie de chaque photon augmentera.

Question 13

Un faisceau d'électrons passe par une petite ouverture dans une feuille d'aluminium. Les endroits où les électrons frappent un écran distant sont enregistrés. Si l'ouverture est réduite, la partie de l'écran atteinte par les électrons sera:



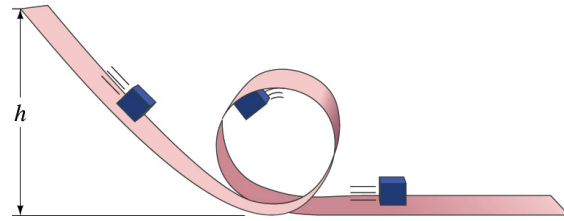
- a) agrandie
- b) inchangée
- c) rapetissée
- d) Il n'y a pas assez d'information pour répondre.

Question 14

La grandeur de la force gravitationnelle exercée par une balle de ping-pong sur la Terre est:

- a) égale à la grandeur de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur la balle de ping-pong.
- b) plus grande que la grandeur de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur la balle de ping-pong
- c) moindre que la grandeur de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur la balle de ping-pong
- d) zéro.
- e) impossible à calculer.

Question 15



Un objet au repos est relâché d'une hauteur h . Quelle est la plus petite hauteur h possible pour que l'objet soit capable de parcourir toute la boucle (de rayon r)?

- a) $0.5r$
- b) r
- c) $2r$
- d) $2.5r$
- e) $3r$

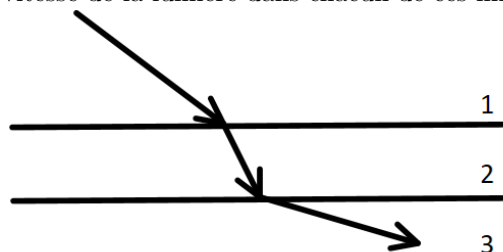
Question 16

Deux projectiles, K et Z, sont lancés du haut d'un immeuble avec des vitesses identiques. Les angles de lancement (mesurés par rapport au sol horizontal) sont $\theta_K = 45^\circ$ et $\theta_Z = -45^\circ$. Quel projectile frappera le sol avec la plus grande vitesse (ignorez le frottement de l'air)?

- a) K
- b) Z
- c) Les deux auront la même vitesse
- d) K n'atteindra jamais le sol
- e) Il n'y a pas assez d'information pour répondre.

Question 17

Un rayon de lumière passe par trois milieux, tel qu'indiqué sur la figure. Quelle est la relation entre la vitesse de la lumière dans chacun de ces milieux?



- a) $v_3 > v_2 > v_1$
- b) $v_1 > v_2 > v_3$
- c) $v_2 > v_1 > v_3$
- d) $v_3 > v_1 > v_2$
- e) $v_1 > v_3 > v_2$

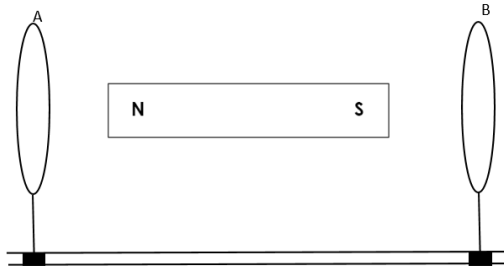
Question 18

Deux chaufferettes sont faites pour produire une puissance nominale de 1000 W et 500 W respectivement lorsqu'elles sont sous une tension de 120 V. Quelle quantité de chaleur sera produite si les deux chaufferettes sont branchées en série à une prise murale ordinaire (120 V), comparée à seulement la chaufferette de 1 000 W?

- a) Plus
- b) Moins
- c) Autant

Question 19

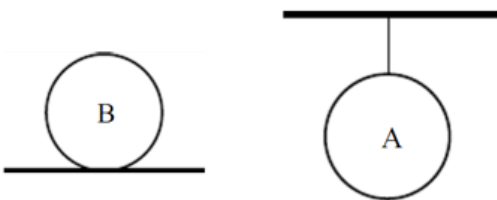
Un aimant est maintenu entre deux anneaux conducteurs qui sont attachés à un rail sans friction par deux isolants (les anneaux peuvent bouger librement vers la gauche ou la droite). Si l'on bouge l'aimant vers la gauche, qu'arrivera-t-il aux anneaux?



- a) A bougera vers la droite et B vers la gauche
- b) A bougera vers la gauche et B vers la droite
- c) Ils bougeront tous les deux vers la gauche
- d) Ils bougeront tous les deux vers la droite

Question 20

Soit A et B, deux balles homogènes identiques à la même température initiale. B est au repos sur un plan horizontal alors que A est suspendue par un fil. La même quantité de chaleur est fournie aux deux balles. Que peut-on dire des températures des deux balles?

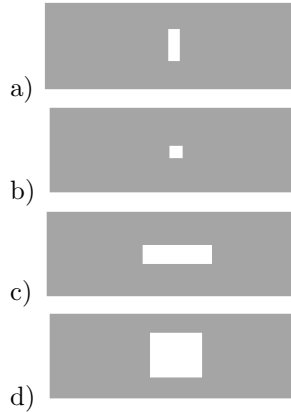


- a) $T_A = T_B$
- b) $T_A > T_B$
- c) $T_A < T_B$

Question 21

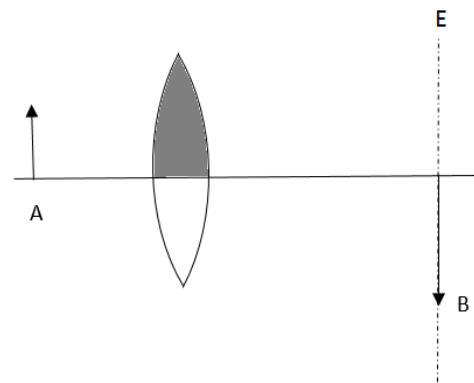


Un trou carré est découpé dans une feuille de métal rectangulaire. Quelle est la forme du trou après avoir chauffé le métal? Les images sont centrées sur le trou et ne montrent pas toute la feuille de métal.



Question 22

La lentille ci-dessous produit une image réelle (B) d'une flèche (A) sur un écran (E). Qu'arrivera-t-il à l'image si la moitié supérieure de la lentille est couverte de peinture noire?

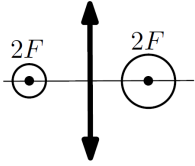


- a) L'image sera inversée
- b) La moitié supérieure de l'image disparaîtra.
- c) La moitié inférieure de l'image disparaîtra.
- d) La forme de l'image restera identique mais l'image deviendra plus sombre.

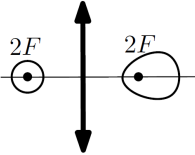
Question 23

Un anneau est placé à gauche d'une lentille de distance focale F , à une distance $2F$ le long de l'axe optique. Laquelle de ces images représente le mieux la forme de l'image de l'anneau?

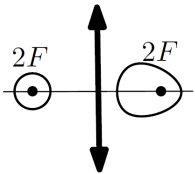
a)



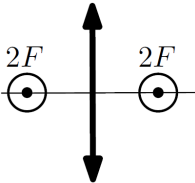
b)



c)



d)

**Question 24**

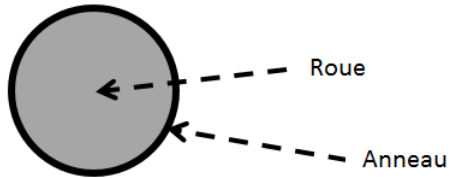
Lors d'un long vol d'avion au-dessus de l'équateur (où le rayon de la Terre est de 6 378 km), le commandant de bord annonce que l'accélération gravitationnelle locale est de 9.75 m/s^2 . Quelle est l'altitude approximative de l'avion?

- a) 5 500 m
- b) 11 000 m
- c) 16 000 m
- d) 1 100 m
- e) 22 000 m

Partie B: Problèmes à développement

Problème 1

Une roue de wagon de train est construite en recouvrant une roue en acier solide de diamètre $d = 75$ cm d'un mince anneau (0.5 cm) d'acier dur. Pour ce faire, l'anneau est chauffé à 400°C . À cette température, il a un diamètre intérieur identique à celui de la roue froide (75 cm). Après avoir mis l'anneau sur la roue, le tout est refroidi à température de la pièce. Le coefficient d'expansion linéaire de l'acier est $\alpha = 1.2 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$ et la constante d'élasticité d'une bande d'acier de la même longueur et coupe transversale que l'anneau est $k = 2.1 \times 10^7 \text{N/m}$. Quelle est la force nécessaire pour faire glisser l'anneau hors de la roue (dans la direction parallèle à l'axe de rotation)? Le coefficient de friction de l'acier sur l'acier est $\mu = 0.8$.



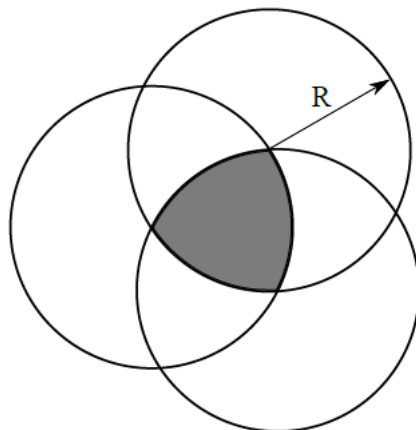
Problème 2

Certaines personnes veulent aller plus loin que de simplement conduire leurs motoneiges sur la neige et effectuent des sauts en l'air, comme dans ces photos. En vol, l'angle θ que la motoneige fait avec l'horizontale peut être changé en utilisant les freins ou l'accélérateur. Expliquez brièvement comment cela est possible, en exposant les lois physiques appropriées. En supposant que la motoneige et son conducteur ont une masse combinée de 250 kg et que la masse des pièces rotatives est de 20 kg, calculez ce que le conducteur doit faire pour abaisser le devant de la motoneige d'un angle $\theta = 5^\circ$ et maintenir la motoneige dans cette nouvelle orientation. Énoncez clairement toutes approximations et estimations de tailles que vous effectuez.



Problème 3

Un triangle de Reuleaux est une figure en deux dimensions définie comme étant l'intersection de trois disques identiques arrangés de telle façon que le centre de chaque disque soit à l'intersection de la bordure des deux autres (comme dans la figure ci-dessous).



Le moment d'inertie du triangle de Reuleaux autour de son centre de masse est donné par

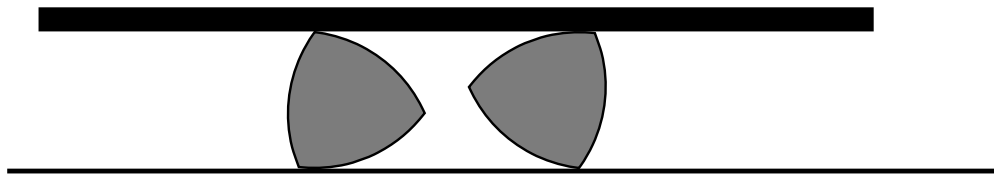
$$I = CMR^2 ,$$

où M est sa masse, R le rayon des cercles et C une constante numérique.

a) Quelle est la fréquence des petites oscillations d'une "roue" ayant la forme d'un triangle de Reuleaux de densité uniforme au repos sur une surface plane? Négligez tout glissement.



b) On place deux rondins de bois ayant comme coupe transversale des triangles de Reuleaux sur une surface plate horizontale. Une longue planche de bois plate est déposée sur les rondins, tel qu'indiqué dans l'image ci-dessous. Négligez tout glissement et ne considérez que la période avant que l'un des rondins n'atteigne le bout de la planche. Esquissez le graphe de la hauteur du centre de masse de la planche en fonction de son déplacement horizontal.



c) Existe-t-il une configuration dans la partie (b) pour laquelle le centre de masse du système complet (planche+rondins) reste à une hauteur constante pendant que la planche se déplace? Justifiez votre réponse.

Question 1	a	b	c	d	e	f
Question 2	a	b	c	d	e	f
Question 3	a	b	c	d	e	f
Question 4	a	b	c	d	e	f
Question 5	a	b	c	d	e	f
Question 6	a	b	c	d	e	f
Question 7	a	b	c	d	e	f
Question 8	a	b	c	d	e	f
Question 9	a	b	c	d	e	f
Question 10	a	b	c	d	e	f
Question 11	a	b	c	d	e	f
Question 12	a	b	c	d	e	f
Question 13	a	b	c	d	e	f
Question 14	a	b	c	d	e	f
Question 15	a	b	c	d	e	f
Question 16	a	b	c	d	e	f
Question 17	a	b	c	d	e	f
Question 18	a	b	c	d	e	f
Question 19	a	b	c	d	e	f
Question 20	a	b	c	d	e	f
Question 21	a	b	c	d	e	f
Question 22	a	b	c	d	e	f
Question 23	a	b	c	d	e	f
Question 24	a	b	c	d	e	f