

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

14 avril 2015

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 2015**

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 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, 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 soin de bien 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 $g = 9.80$ 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 $1/(4\pi\epsilon_0) = 8.99 \times 10^9$ N · m²/C²
Constante de Boltzmann $k = 1.38 \times 10^{-23}$ 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

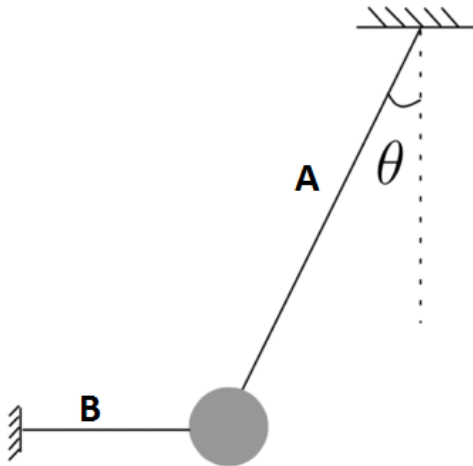
Rayon du Soleil $R_S = 6.96 \times 10^8$ m
Constante de Stefan $\sigma = 5.6704 \times 10^{-8}$ W/(m² · K⁴)
Masse molaire H_2 2.016 g/mol
Masse molaire O_2 31.998 g/mol
Masse molaire N_2 28.013 g/mol

Partie A: Choix multiples

Chaque question à choix multiples vaut 1 point.

Question 1

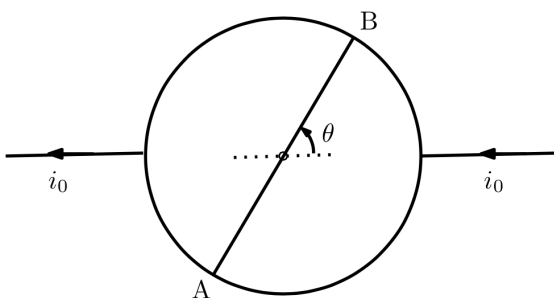
Une boule est attachée au plafond par une corde A et à un mur par une corde B, tel qu'indiqué dans la figure ci-dessous. La corde A forme un angle θ avec la verticale, la corde B est horizontale et le système est au repos. Si l'on coupe la corde B, quel est le rapport entre la tension dans la corde A juste après par rapport à juste avant que l'on ait coupé la corde B? Les deux cordes n'ont aucune masse.



- a) 1
- b) $\cos \theta$
- c) $1/\cos \theta$
- d) $\cos^2 \theta$
- e) $\cos \theta \sin \theta$

Question 2

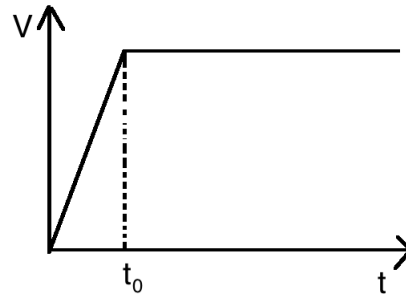
La figure ci-dessous représente un circuit électrique qui consiste en un fil de résistance uniforme et de forme circulaire. Le cercle est connecté en diagonale du point A au point B avec un autre fil de composition identique. Si le courant qui circule dans le circuit est i_0 , quel est le courant qui circule dans le fil AB en fonction de l'angle θ ?



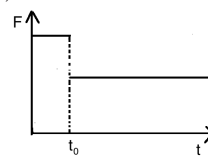
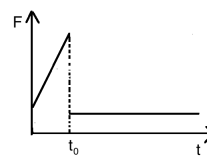
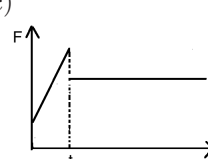
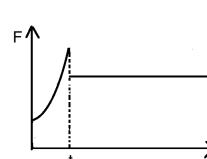
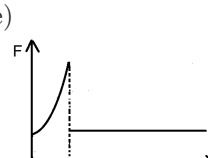
- a) 0
- b) $\frac{\theta}{\pi - \theta} i_0$
- c) $\frac{\pi - 2\theta}{\pi + 2} i_0$
- d) $\frac{\pi - 2\theta}{\pi + 4} i_0$

Question 3

Le graphique ci-dessous représente la vitesse d'une voiture en fonction du temps. On sait que lorsque la voiture accélère il y a une force de frottement avec l'air qui est environ proportionnelle à la vitesse de la voiture.



Lequel des graphiques suivants pourrait représenter la force exercée par le moteur de la voiture en fonction du temps?

- a) 
- b) 
- c) 
- d) 
- e) 

Question 4

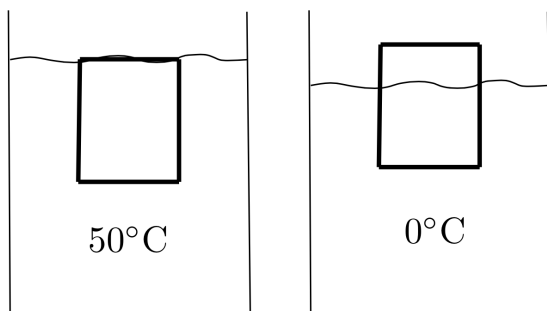
Lorsqu'une radiation électromagnétique d'intensité I (puissance par unité d'aire) est absorbée par une surface, elle exerce une pression sur la surface égale à $\frac{I}{c} \cos \theta$, où c est la vitesse de la lumière et θ est l'angle entre la normale de la surface et le rayon lumineux. Le Soleil a une puissance de radiation de $P = 3.9 \times 10^{26} W$ et l'absorption de la lumière solaire par la Terre engendre une force sur la Terre qui l'éloigne du soleil. Laquelle des valeurs suivantes est la plus proche de la grandeur de cette force?

- a) $10^7 N$
- b) $10^9 N$
- c) $10^{11} N$
- d) $10^{13} N$

Question 5

Tel qu'indiqué dans la figure, un cylindre avec un coefficient d'expansion thermique volumique de $\beta_c = 3 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ est complètement submergé et flotte dans un liquide porté à une température de $50^{\circ}C$. Le coefficient d'expansion thermique volumique du liquide est $\beta_l = 8 \times 10^{-5}/^{\circ}C$. Si l'on refroidit le cylindre et le liquide à $0^{\circ}C$, quel pourcentage de la hauteur du cylindre sera à l'extérieur du liquide?

- a) 0.39 %
- b) 0.42 %
- c) 0.78 %
- d) 0.84 %



Question 6

On peut considérer que la quantité de lumière solaire absorbée par l'atmosphère terrestre est approximativement proportionnelle à la distance dans l'air que la lumière traverse pour atteindre le sol. Laquelle des réponses suivantes est la plus proche du ratio de l'absorption de la lumière solaire au coucher de Soleil par rapport à l'absorption lorsque le Soleil est au milieu du ciel? L'épaisseur effective de l'atmosphère est d'environ 10 km.

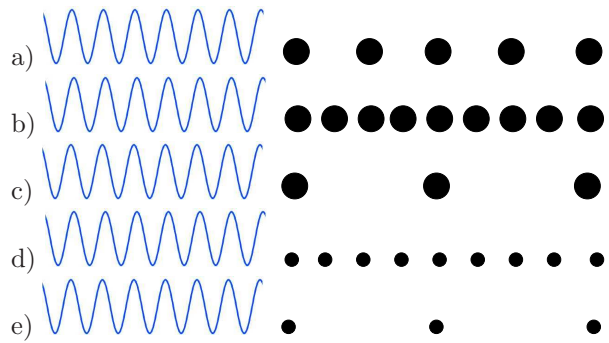
- a) 22
- b) 36
- c) 45
- d) 64

Question 7

Un rayon de lumière rouge est composé d'un flot de photons :



Si l'on remplace ces photons par des photons de fréquence deux fois plus grande tout en gardant l'intensité constante, à quoi ressemblera le flot de photons? La taille d'un point représente l'énergie d'un photon et l'espace entre les points représente la distribution spatiale des photons.



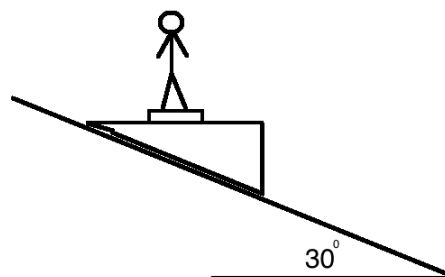
Question 8

Il nous faut 100 seaux pour peindre la surface d'une sculpture de métal (pleine). Si l'on fait fondre le métal de la sculpture pour former 1000 sculptures miniatures avec le métal obtenu, chacune ayant la même forme que l'originale, combien de seaux de peinture nous faut-il pour toutes les peindre? L'originale et les miniatures sont toutes pleines (sans vide à l'intérieur).

- a) 10
- b) 100
- c) 1000
- d) 10000

Question 9

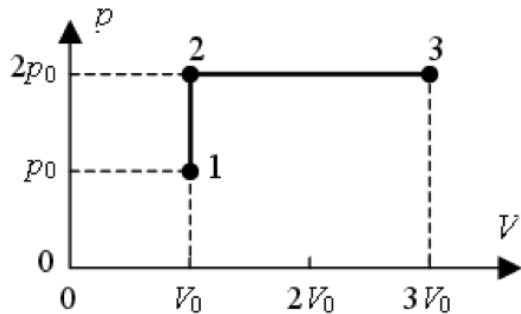
Une personne se tient sur une plateforme qui glisse vers le bas d'une pente, tel qu'indiqué dans la figure. L'angle entre la pente et l'horizontale est 30° . La personne est sur un pèse-personne qui se trouve sur la surface de la plateforme. Le pèse-personne affiche seulement 150 lbs alors que la personne pèse vraiment 160 lbs. Quel est le coefficient de frottement cinétique entre la plateforme et la pente?



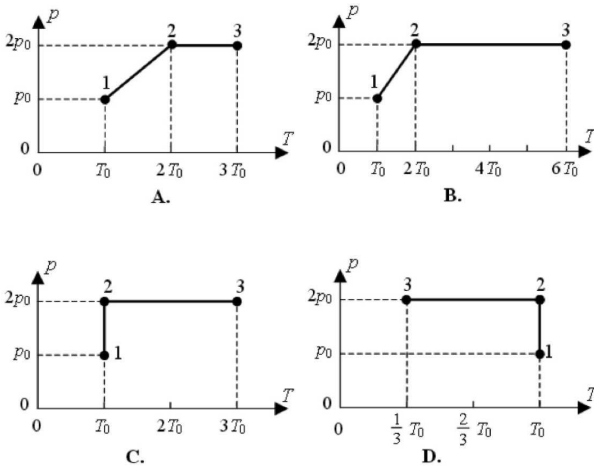
- a) $\frac{\sqrt{3}}{2}$
- b) $\frac{\sqrt{3}}{4}$
- c) $\frac{\sqrt{3}}{3}$
- d) $\frac{\sqrt{2}}{3}$
- e) Il n'y a pas assez d'information pour calculer le coefficient de frottement.

Question 10

Une quantité constante d'un gaz parfait, à température T_0 , subit un processus qui change sa pression de P_0 à $2P_0$. Ensuite, le volume augmente de V_0 à $3V_0$ tout en maintenant une pression constante, tel qu'indiqué dans le diagramme PV suivant.



Lequel des diagrammes PT ci-dessous représente correctement cette série de processus?



Question 11

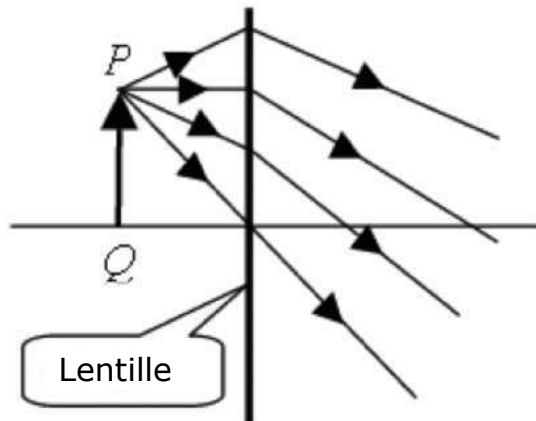
Dans un roman de l'auteur à succès Dan Brown, on peut lire:

Le pilote acquiesça: "Le mal de l'air. Nous avons volé à soixante-mille pieds d'altitude. On est trente pour cent plus léger là-haut. Heureusement pour vous, on n'a fait qu'un saut de puce. Si j'avais dû vous emmener à Tokyo, j'aurais dû monter à cent soixante kilomètres... Rien de tel pour vous mettre les boyaux à l'envers."

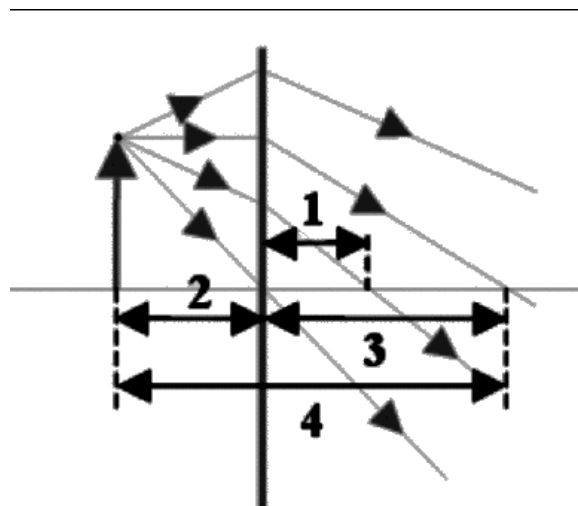
Cette affirmation est-elle correcte?

- a) Oui
- b) Non, l'altitude devrait être environ 1000 km pour que quelqu'un se sente 30% plus léger.
- c) Non, on ne se sent pas plus léger à haute altitude puisque la force pointant vers le haut exercée par les moteurs de l'avion compense pour le manque de gravité.
- d) Non, les réponses b) et c) sont correctes.

Question 12



La figure ci-dessus montre des rayons de lumière venant du point P qui passent par une lentille. Laquelle des distances dans le diagramme ci-dessous correspond à la longueur focale de la lentille?



- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4

Question 13

Un passager dans un train bougeant à une vitesse de 25 m/s voit, de son siège loin de la fenêtre, qu'un autre train (le train 2) prend 6 secondes pour traverser la fenêtre complètement. Si la longueur du train 2 est de 300 m et qu'il circulait dans la direction opposée, quelle était sa vitesse?

- a) 15 m/s
- b) 20 m/s
- c) 25 m/s
- d) 30 m/s
- e) 35 m/s

Question 14

Un observateur court vers un miroir à une vitesse de 15 km/h et le miroir avance vers l'observateur à une vitesse de 10 km/h. À quelle vitesse l'observateur voit-il son image s'approcher de lui?

- a) 10 km/h
- b) 20 km/h
- c) 25 km/h
- d) 30 km/h
- e) 50 km/h

Question 15

Trois contenants fermés identiques sont remplis de gaz à la même température. Le contenant A est rempli de 64 g d'oxygène, le contenant B est rempli de 84 g d'azote et le contenant C est rempli de 8 g d'hydrogène. Quel est l'ordre correct des pressions des contenants?

- a) $P_A > P_B > P_C$
- b) $P_A > P_C > P_B$
- c) $P_A < P_C < P_B$
- d) $P_A < P_B < P_C$
- e) $P_A = P_B > P_C$

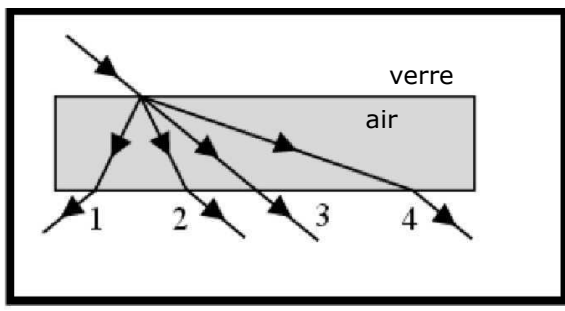
Question 16

Une boule est placée sur un ressort sans masse qui est maintenu à un angle θ par rapport à l'horizontale. Le ressort est ensuite comprimé d'une distance x puis relâché. Lorsque la boule atteint sa hauteur maximale, elle se déplace à une vitesse v . Puis, une boule différente ayant une masse 4 fois supérieure à la boule originale est placée sur le ressort qui est toujours à un angle θ . Le ressort est de nouveau comprimé d'une distance x puis relâché. La hauteur maximale atteinte par la seconde boule est, comparée à celle de la première boule :

- a) $\sin^2 \theta$ fois aussi haute
- b) $1/4$ fois aussi haute
- c) $\frac{v^2 g}{x}$ aussi haute
- d) 4 fois plus haute.

Question 17

Un rayon laser se propage dans du verre (en blanc sur la figure) avant d'atteindre une brèche remplie d'air (en gris). Laquelle des lignes indiquées dans la figure correspond à la bonne trajectoire du rayon?



- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4

Question 18

Un rayon lumineux parallèle de fréquence $6.9 \times 10^{14} \text{ Hz}$ entre dans une plaque de verre avec indice de réfraction $n = 1.5$. La fréquence de la lumière dans le verre est de :

- a) $4.6 \times 10^{14} \text{ Hz}$
- b) $6.9 \times 10^{14} \text{ Hz}$
- c) $10.36 \times 10^{14} \text{ Hz}$
- d) $13.8 \times 10^{14} \text{ Hz}$.

Question 19

Des étudiants regardent un film de science-fiction où le sang versé dans une bataille à bord d'un vaisseau spatial aux moteurs éteints forme des sphères qui flottent dans l'air. Les étudiants pensent qu'il y a une erreur dans le film.

- a) Ils ont raison. Le sang ne devrait pas former des sphères.
- b) Ils ont tort. En chute libre, le liquide forme des sphères à cause de la pression atmosphérique.
- c) Ils ont tort. En chute libre, le liquide forme des sphères à cause de la tension de surface.
- d) Ils ont raison. Les forces gravitationnelles devraient immédiatement attirer le sang vers les murs ou d'autres objets dans le vaisseau.

Question 20

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

- a) Les particules ne se désintègreront pas tant qu'elles sont en mouvement.
- b) 100 ns
- c) 125 ns
- d) 175 ns
- e) 80 ns

Question 21

Un objet chargé en mouvement arrive dans une région de l'espace où un champ uniforme est présent. Après un certain temps, l'objet suit une orbite circulaire. Quel champ est présent dans la région?

- a) gravitationnel
- b) magnétique
- c) électrostatique
- d) Les réponses a) ou c) sont possibles
- e) Les réponses b) ou c) sont possibles

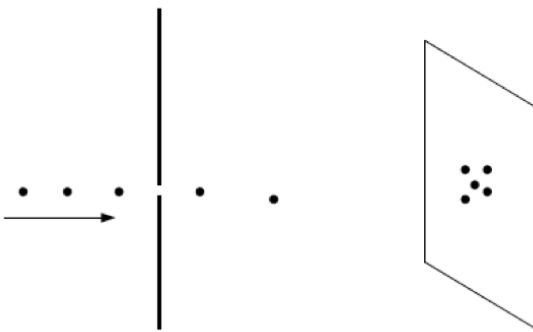
Question 22

Des étudiants regardent un film de science-fiction où l'équipage d'un vaisseau spatial voit un autre vaisseau exploser. Après un peu de temps, l'équipage entend le bruit de l'explosion. Les étudiants pensent qu'il y a une erreur dans le film.

- a) Ils ont raison. Il ne devrait pas y avoir de délai puisque le son voyage dans le vide à la vitesse de la lumière.
- b) Ils ont tort. Le conseiller scientifique du film s'est assuré que les lois de la physique soient respectées.
- c) Ils ont raison. Le fuselage en acier du vaisseau bloque le son.
- d) Ils ont raison. Le son ne peut pas se propager dans la région entre les vaisseaux.

Question 23

Un faisceau d'électrons est envoyé à travers un petit trou dans une feuille de métal. L'endroit où chacun des électrons atteint un écran éloigné est enregistré. Si on rétrécit l'ouverture, la région où les électrons frappent l'écran sera :



- a) plus grande
- b) la même
- c) plus petite

Question 24

Un astronaute amène un pendule à la station spatiale internationale (ISS). L'ISS est en orbite à une distance de 330 km au-dessus de la Terre. Le rayon de la Terre est de 6371 km. Comparée à ce qu'elle est au niveau de la mer, la période d'oscillation du pendule est :

- a) 49.3×10^{-3} fois aussi longue
- b) 0.95 fois aussi longue
- c) 1.05 fois plus longue
- d) 20.3 fois plus longue
- e) Le pendule n'oscille pas sur l'ISS.

Question 25

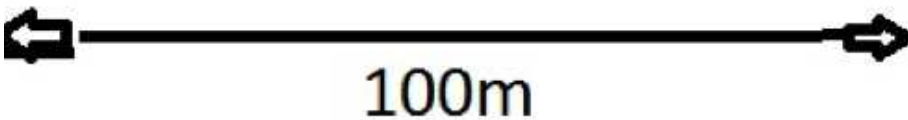
Deux objets, A et B, semblent avoir la même longueur dans un référentiel où A est stationnaire et B se déplace à une vitesse de $\frac{3}{5}c$ dans la direction de sa longueur. Dans le référentiel où B est stationnaire et A est en mouvement, quel est le rapport de leurs longueurs?

- a) $\frac{L_A}{L_B} = \frac{5}{4}$
- b) $\frac{L_A}{L_B} = \frac{16}{25}$
- c) $\frac{L_A}{L_B} = \frac{4}{5}$
- d) $\frac{L_A}{L_B} = \frac{9}{25}$
- e) $\frac{L_A}{L_B} = \frac{25}{16}$

Partie B: Problèmes à développement

Problème 1

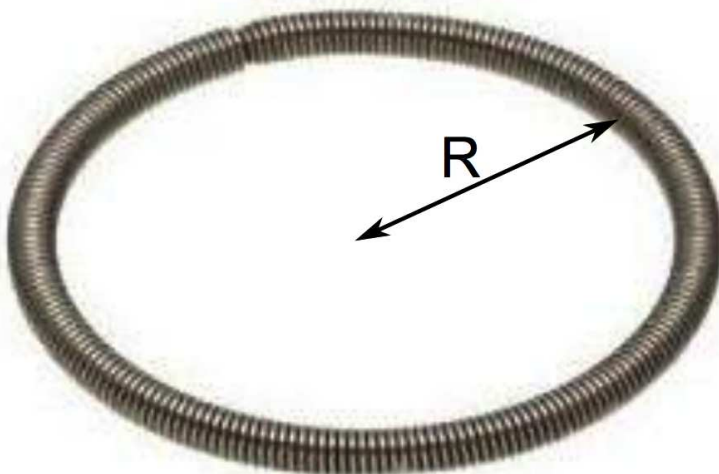
La photo ci-dessous montre un lanceur de gravier : un convoyeur rapide qui projette du gravier vers l'endroit désiré sur un chantier de construction. En prenant des mesures sur la photo, calculez la vitesse à laquelle le gravier quitte le bout du convoyeur.



- Estimez l'incertitude de vos calculs.
- Estimez l'impact de la résistance de l'air (frottement) sur la distance parcourue par le gravier.
- Quelle est la force de résistance moyenne sur le gravier?

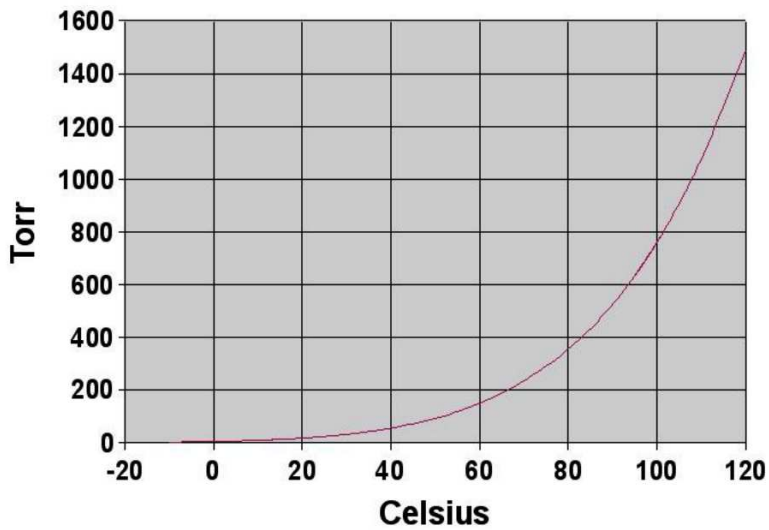
Problème 2

Lors d'une sortie dans l'espace, une astronaute perd prise et lâche un ressort circulaire (comme celui dans la photo). Elle remarque que le ressort entre en rotation autour de son axe de symétrie à une vitesse de 300 tours par minute. Cette rotation a étiré la circonférence du ressort de 1% comparé à sa circonférence lorsqu'il n'est pas en rotation. Calculez le coefficient d'élasticité k du ressort si le rayon du ressort est $R = 20\text{cm}$ lorsqu'il est en rotation et sa masse est 1 kg. On cherche le coefficient d'élasticité du ressort s'il est coupé et étiré le long d'une ligne droite.



Problème 3

La pression de vapeur est la pression à laquelle un liquide peut être en équilibre avec sa propre vapeur. Lorsque la pression dans le liquide est plus basse que sa pression de vapeur, le liquide entre en ébullition. La pression de vapeur augmente avec la température. Le graphique suivant représente la pression de vapeur de l'eau en Torr (760 Torr=1 atm.) en fonction de la température en degrés Celsius.



Imaginez une haute colonne d'eau sur la Lune, maintenue à une température de 50°C et laissée ouverte sur le vide au-dessus. Jusqu'à quelle profondeur l'eau dans cette colonne sera-t-elle en ébullition? Le rayon de la Lune est 0.273 fois celui de la Terre et sa masse est 1.23% celle de la Terre.

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
Question 25	a	b	c	d	e	f

