

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

8 avril 2014
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 ses 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,
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 2014**

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)

Partie A: Choix Multiples

Chaque question à choix multiples vaut 1 point.

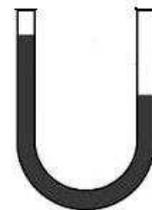
Question 1

Lequel des changements suivants n'affecte pas la puissance électrique dissipée par une résistance dans un circuit?

- a) Doubler la tension électrique et diviser l'intensité du courant par 2.
- b) Doubler la tension électrique et multiplier l'intensité du courant par 4.
- c) Doubler l'intensité et réduire la résistance d'un facteur 4.
- d) Aucune de ces réponses.
- e) Les réponses b) et c)
- f) Les réponses a), b) et c).

Question 2

Un tube de verre en forme de U, fermé aux deux bouts et en position verticale, est partiellement rempli d'eau. À un moment donné, le niveau d'eau est différent dans chacune des branches à cause d'une différence dans la pression de l'air au dessus de chaque branche. S'il n'y a pas de changement de température, qu'arrivera-t-il au niveau d'eau de chaque côté?



- a) Les deux niveaux demeureront les mêmes.
- b) Les deux niveaux s'égaliseront rapidement (en quelques secondes).
- c) Les deux niveaux s'égaliseront lentement (en quelques jours).
- d) La différence entre les niveaux dans chaque branche augmentera.

Question 3

Comment est-ce que l'intensité de la force gravitationnelle avec laquelle la Lune attire la Terre se compare-t-elle avec l'intensité de la force gravitationnelle avec laquelle la Terre attire la Lune?

- a) Elles sont égales.
- b) La première est plus grande.
- c) La première est plus petite.

Question 4

La force de friction qui agit sur un vélo est de 20 N. Quelle puissance un cycliste doit-il fournir afin de rouler à 18 km/h ?

- a) 50 W
- b) 100 W
- c) 1800 W
- d) 3600 W

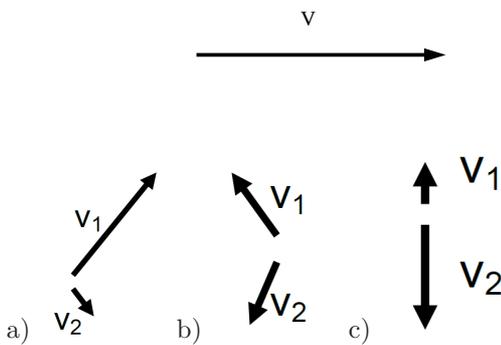
Question 5

Quelle est la force horizontale moyenne qui agit sur une balle lorsqu'elle rebondit de manière élastique contre un mur, en supposant que le temps de collision est de 0.1 s et que la quantité de mouvement de la balle avant de rebondir était de $2 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, perpendiculaire au mur?

- a) 0.2 N
- b) 0.4 N
- c) 40 N
- d) 20 N

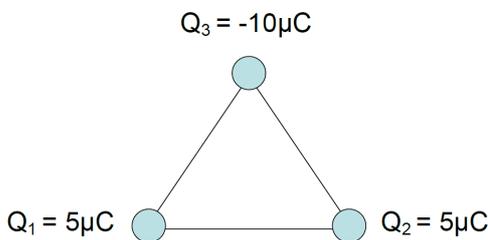
Question 6

Une petite explosion dans un modèle réduit d'avion le casse en deux morceaux. La maquette volait à une vitesse v au moment avant l'explosion. Quelles valeurs de v_1 et v_2 représentent des vitesses possibles des deux morceaux après l'explosion?



Question 7

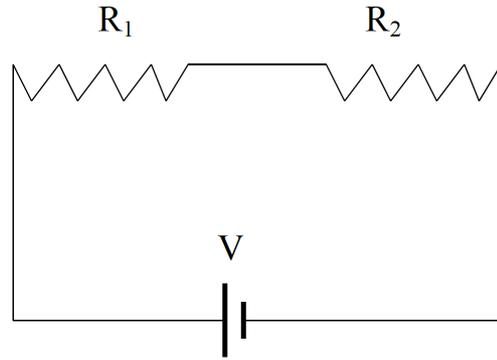
Trois balles de ping-pong électriquement chargées sont disposées dans le plan de la page tel qu'indiqué ci-dessous. Quelle est la direction de la force agissant sur la balle de ping-pong ayant une charge $Q_3 = -10 \mu\text{C}$?



- a) Vers le haut de la page.
- b) Vers le bas de la page.
- c) Vers la gauche.
- e) Vers la droite.
- f) Dans une autre direction.

Question 8

Dans le circuit ci-dessous, la résistance R_1 est augmentée. Qu'arrive-t-il à la tension aux bornes de R_1 ?



- a) Elle augmente.
- b) Elle diminue.
- c) Elle ne change pas.

Question 9

Deux haut-parleurs identiques, placés proches l'un de l'autre, sont alimentés par le même signal électrique sinusoïdal. On peut imaginer un motif autour des haut-parleurs avec des zones d'intensité sonore accrue et diminuée. Laquelle des actions suivantes ne changerait pas la position de ces zones?

- a) Déplacer un des haut-parleurs.
- b) Changer la tension du signal.
- c) Changer la fréquence du signal.
- d) Remplacer l'air de la pièce par un gaz ayant une masse volumique différente.

Question 10

Deux satellites artificiels, Argo et Navis, ont des orbites circulaires de rayon R et $2R$ (respectivement) autour d'une même planète. La vitesse orbitale d'Argo est v . Quelle est la vitesse orbitale de Navis?

- a) $v/2$
- b) $v/\sqrt{2}$
- c) v
- d) $v\sqrt{2}$
- e) $2v$

Question 11

Quand quelqu'un fait crisser ses ongles sur un tableau noir, un grincement aigu est produit à cause de la présence de petites bosses sur le tableau. Supposez que ces bosses soient séparées par une distance uniforme de 0.5 mm. Des audiologistes ont déterminé que les êtres humains trouvent les sons entre 2 kHz et 4 kHz particulièrement pénibles. Une méchante enseignante veut produire un son continu le plus long possible dans cet intervalle de fréquences en grattant ses ongles sur le tableau. À quelle vitesse doit-elle bouger ses ongles le long du tableau pour accomplir ce qu'elle désire?

- a) 0.28 m/s
- b) 0.56 m/s
- c) 1.00 m/s
- d) 2.00 m/s

Question 12

L'effet Hall se produit lorsqu'un courant et un champ magnétique sont tous deux présents dans un solide et perpendiculaires l'un à l'autre. Le résultat est la production d'un champ électrique et d'une tension qui lui est associée (la tension Hall) à travers la largeur du solide. Imaginez qu'un matériau rectangulaire en deux dimensions soit traversé par un courant de 0.5 A dans le sens positif de l'axe x et que le matériau baigne dans un champ magnétique de 1.4 mT orienté dans le sens négatif de l'axe z . La charge par unité de surface du matériau est de $0.2 \mu\text{C}/\text{m}^2$. Quelles sont la magnitude de la tension Hall et la direction du champ électrique produit? (Adoptez un repère direct).

- a) $70 \mu\text{V}$, sens négatif de l'axe y
- b) $70 \mu\text{V}$, sens positif de l'axe y
- c) 3.5 kV, sens négatif de l'axe y
- d) 3.5 kV, sens positif de l'axe y

Question 13

Les atomes de ^{214}Po ont une masse de 3.55×10^{-22} g et se désintègrent en ^{210}Pb avec une demi-vie de 160 μs . Un détecteur contenant 1 g de ^{214}Po compte le nombre d'atomes de ^{210}Pb produits. Un expérimentateur arrange un oscillateur pour qu'il produise de la radiation électromagnétique de même fréquence que celle à laquelle le détecteur compte la production d'atomes ^{210}Pb . Après 8 ms, quel type de radiation électromagnétique est produit par l'oscillateur?

- a) Radar
- b) Lumière rouge
- c) Ultraviolets
- d) Rayons X

Question 14

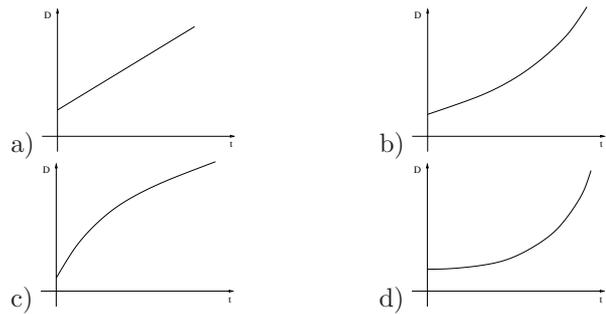
Pour submerger un bloc de bois qui est moins dense que l'eau, il faut exercer une force vers le bas qui fournit un travail positif au bloc. Lequel des énoncés suivants s'applique à cette situation?

- a) Tout le travail fourni par la force externe est emmagasiné dans le bloc sous forme d'énergie potentielle.
- b) Le bloc se déplace vers le bas, donc son énergie potentielle diminue et alors le travail fourni par la force externe est converti en chaleur à cause de la friction.
- c) Tout le travail fourni par la force externe est emmagasiné en énergie cinétique du bloc.
- d) L'énergie potentielle de l'eau augmente alors que l'énergie potentielle du bloc diminue.
- e) L'énergie totale du bloc est conservée.
- f) L'énergie totale du bloc et de l'eau est conservée.

Question 15

En 1929, Edwin Hubble a découvert que l'univers est en expansion. Il a observé que des galaxies lointaines se déplacent à une vitesse qui est proportionnelle à la distance entre elles et nous (vous pouvez supposer que la constante de proportionnalité ne dépend pas du temps). Pour une galaxie qui obéit à la loi de Hubble, lequel des graphes suivants peut être le graphe de la

distance (depuis la Terre) en fonction du temps? Pour chaque graphe, $t = 0$ correspond au présent.



Question 16

Quelle est l'épaisseur d'une feuille de papier? (Choisissez la réponse la plus proche)

- a) 10^{-3} m
- b) 10^{-4} m
- c) 10^{-5} m
- d) 10^{-6} m
- e) 10^{-7} m

Question 17

Le théorème du pliage de papier dit qu'afin de plier quelque chose en deux, sa longueur doit être au moins π fois son épaisseur. Combien de fois pouvez-vous plier une page de papier ordinaire ($0.216 \text{ m} \times 0.279 \text{ m}$) si vous la pliez toujours le long du milieu du côté le plus long?

- a) 5
- b) 6
- c) 7
- d) 12

Question 18

Un circuit contient uniquement une pile avec une tension V connectée à trois résistances R . Quelle puissance **ne peut pas** être dissipée par le circuit (en négligeant la résistance des fils).

- a) $P = V^2/(3R)$
- b) $P = 3V^2/R$
- c) $P = 3V^2/(2R)$
- d) $P = 2V^2/(3R)$
- e) Toutes ces puissances sont possibles.

Question 19

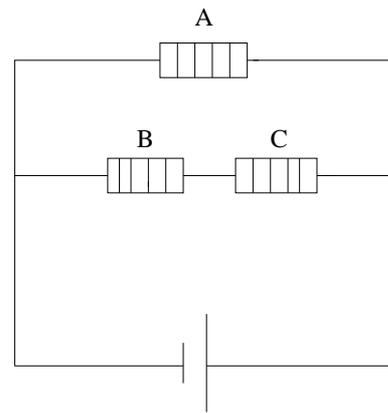
Dans un système binaire constitué de deux étoiles de même masse, à quel(s) endroit(s) le potentiel gravitationnel est-il égal à zéro? Supposez que pour une seule étoile dans le vide le potentiel est nul à l'infini.

- a) Exactement entre les deux étoiles.
- b) Le long d'une droite qui divise le segment reliant les deux étoiles en deux parties égales et qui est perpendiculaire au plan orbital des étoiles.
- c) À une distance infinie des étoiles.
- d) À n'importe quel point sur un plan qui divise le segment reliant les deux étoiles en deux parties égales et qui est perpendiculaire au plan orbital des étoiles.

Question 20

Dans l'expérience des fentes de Young, les deux fentes sont illuminées par un rayon laser et un motif de franges d'interférences est observé sur un écran. Si l'on éloigne l'écran des fentes, qu'arriverait-il aux franges?

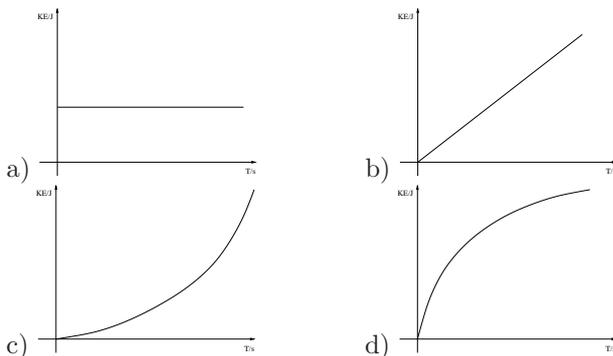
- a) Le motif deviendrait plus brillant.
- b) Le motif deviendrait plus brillant et les franges se rapprocheraient les unes des autres et se rapprocheraient de la frange centrale.
- c) Le motif deviendrait plus brillant et les franges s'éloigneraient de la frange centrale et les unes des autres.
- d) Le motif deviendrait plus sombre et les franges apparaîtraient plus séparées.
- e) Il n'y aurait pas de changement.
- f) Le motif deviendrait plus flou.



- a) Un quart de celle produite par A
- b) La moitié de celle produite par A
- c) La même que celle produite par A
- d) Deux fois plus que celle produite par A
- e) Quatre fois plus que celle produite par A

Question 21

On laisse tomber une balle vers le sol d'une hauteur de 2 m. En négligeant la résistance de l'air, lequel des graphes suivants représente l'énergie cinétique de la balle en fonction du temps?



Question 22

Qu'arrive-t-il à la vergence d'une lentille lorsqu'elle est placée dans l'eau ($n = 1.33$), comparée à sa vergence dans l'air ($n = 1$)?

- a) Elle augmente
- b) Elle diminue
- c) Elle ne change pas
- d) Cela dépend de la nature convergente ou divergente de la lentille.

Question 23

Les trois radiateurs électriques dans le circuit suivant ont tous la même résistance. Étant donné que la chaleur totale émise par un radiateur est proportionnelle à la puissance qu'il dissipe, la chaleur totale produite par B et C ensemble est:

Question 24

Une boîte se trouve sur une surface horizontale qui applique une force normale N sur la boîte. Vous appliquez une force horizontale sur la boîte et elle ne bouge pas. Si vous aviez appliqué une force deux fois plus grande, la boîte n'aurait quand même pas bougé. Soit μ_s le coefficient de friction statique de la surface. Lorsque vous appliquez la force initiale, lequel des énoncés suivants sur la force de friction est vrai?

- a) $F_f = 0$
- b) $F_f < \mu_s N$
- c) $F_f \leq \mu_s N$
- d) $F_f = \mu_s N$
- e) $F_f \geq \mu_s N$
- f) $F_f > \mu_s N$

Question 25

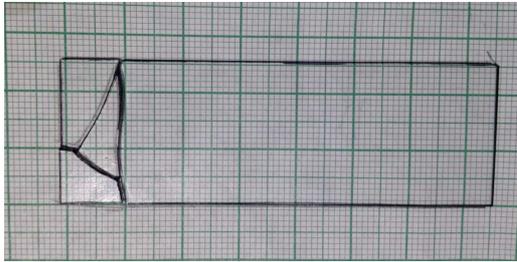
Laquelle des réponses suivantes est la plus proche des dimensions d'un panneau solaire pouvant produire assez d'énergie pour une famille à Vancouver en été? Les informations suivantes pourraient vous être utiles: Le prix de l'électricité résidentielle en Colombie-Britannique est d'environ 6.90 cents par kWh. La facture d'électricité d'un ménage typique est de \$40 par mois en été. La puissance par unité de surface provenant du Soleil qui atteint la ville de Vancouver est d'environ 0.5 kW/m^2 (en faisant la moyenne sur 24 heures) pendant la période de juin à septembre. L'efficacité d'un panneau solaire typique est d'environ 20%

- a) $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$
- b) $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$
- c) $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$
- d) $300 \text{ m} \times 300 \text{ m}$
- e) Le panneau doit être beaucoup plus grand que toutes ces réponses parce qu'il fait toujours gris à Vancouver et que la ville ne reçoit pas assez de soleil!

Partie B: Problèmes à développement

Problème 1

Lorsqu'un objet se casse, plusieurs des liaisons moléculaires se brisent. Pendant ce processus, une partie de l'énergie qui a causé la cassure se transforme en chaleur et en énergie sonore. Dans ce problème, nous voulons comprendre quel pourcentage de l'énergie qui cause la cassure est utilisé afin de briser les liaisons moléculaires. Nous pouvons modéliser un morceau de verre de façon simplifiée par une structure cubique, c'est-à-dire que chaque molécule de SiO_2 occupe un cube de longueur d'arête a et chaque molécule cubique a une liaison avec chacun des cubes voisins. L'énergie nécessaire pour briser une liaison s'appelle énergie de liaison, dénotée E_l . Dans ce problème, on s'intéresse seulement à l'ordre de grandeur des valeurs obtenues. L'image suivante montre un morceau de verre de taille $25\text{ mm} \times 75\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ qui est tombé d'une hauteur de 150 cm et s'est brisé en morceaux.



- En utilisant l'image, estimez la longueur totale des fissures et donc le nombre total de liaisons brisées.
- En utilisant l'énergie de vaporisation du verre, estimez l'énergie de liaison du verre.
- Quel pourcentage de l'énergie de cette collision a été utilisé pour briser les liaisons?

Données numériques:

- Masse volumique du verre: $\rho_v = 2\text{ g/cm}^3$
- Masse moléculaire du SiO_2 : $M_{SiO_2} = 60\text{ g/mol}$
- Énergie de vaporisation du verre: $L_v = 10\text{ kJ/g}$

Problème 2

La travée principale du pont Lion Gate a une longueur de 473 m . À chaque extrémité, il y a des joints de dilatation comme ceux dans la photo ci-dessous. Les joints permettent à la travée de s'allonger horizontalement sans déformer la structure d'acier du tablier. Une journée, la température à Vancouver est passée de -4 degrés à $+15$ degrés entre 6h et 14h.



- Quelle était la vitesse moyenne d'une dent dans l'un des joints de dilatation?
- À 6h, un morceau de pneu en caoutchouc est tombé dans la fente en avant d'une dent, la remplissant complètement. Le morceau avait une longueur de 10 cm et une aire de section transversale de 4 cm^2 . Quelle était la force agissant sur le morceau de caoutchouc dans la direction de sa longueur à 14h?
- Quelle aurait été la force verticale nécessaire pour sortir ce morceau de caoutchouc en le tirant vers le haut?

Indiquez clairement toutes les hypothèses que vous avez faites pour résoudre ce problème.

Données numériques:

- Le module d'élasticité d'un tel morceau de caoutchouc comprimé dans sa longueur est de 28 N/m .
- Le coefficient de friction entre le caoutchouc et l'acier est 0.35 .
- Le coefficient de dilatation thermique linéaire de l'acier est $13 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$
- Le coefficient de dilatation thermique linéaire du caoutchouc est $77 \times 10^{-6}\text{ K}^{-1}$

Problème 3

Une planète sans atmosphère en orbite autour d'une étoile peut être considérée comme étant en équilibre radiatif avec son étoile, c'est-à-dire que la quantité d'énergie que la planète reçoit de l'étoile est égale à la quantité d'énergie que la planète rayonne, donc la température à sa surface ne change pas au cours des décennies. Imaginez qu'une planète de la taille de la Terre soit sans atmosphère et en orbite autour d'une étoile de la taille du Soleil (qui rayonne avec la même puissance que le Soleil) à une distance de 1 UA (UA est l'unité astronomique, égale à la distance Terre-Soleil).

- Quelle portion de l'énergie rayonnée par l'étoile est capturée par la planète (supposez que la planète absorbe toute l'énergie qu'elle reçoit)?
- Selon la loi de Stefan-Boltzmann, la puissance par unité d'aire émise par la surface d'un objet à température T est $I = \sigma T^4$, où σ est la constante de Stefan. En supposant que la puissance émise par l'étoile est la même que celle du Soleil ($3.85 \times 10^{26}\text{ W}$), trouvez la température de la surface de la planète. Comparez ce résultat avec la température moyenne à la surface de la Terre (288 K). Quelle est l'amplitude de la différence causée par l'atmosphère sur la température terrestre? La Terre serait-elle assez chaude pour être habitée par des humains si elle n'avait pas d'atmosphère?
- Neptune est la planète du système solaire la plus éloignée du Soleil, à une distance de 30.4 UA . Si l'on suppose que Neptune absorbe toute l'énergie qu'elle reçoit du Soleil, quelle est la température moyenne à la surface de cette planète?

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