



Commandité par :

Association canadienne des physiciens  
et physiciennes;  
Olympiades canadiennes de physique;  
Département de physique et  
d'astronomie, University of British  
Columbia.

**Prix de l'Association canadienne des  
physiciens et physiciennes 2022  
(secondaire et collégial)**

Cet examen dure trois heures. Le classement national et les prix seront basés sur la performance des étudiants dans les sections A et B de l'examen. Le rendement obtenu aux questions de la section A déterminera ceux qui verront leur travail de la section B corrigé par le Comité national du Prix de l'ACP. La section A se compose de 25 questions à choix multiples. Les questions de la section B couvrent une vaste gamme de difficultés et peuvent nécessiter une représentation graphique. Essayez d'accumuler le plus de points possibles avec les problèmes plus faciles avant de vous attaquer aux plus difficiles. Si vous n'êtes pas en mesure de résoudre une partie d'une question, vous pouvez choisir une solution probable pour cette partie et essayer de résoudre le reste de la question quand même. Les calculatrices non programmables peuvent être utilisées. Veuillez répondre aux questions à choix multiples *sur la feuille de réponses fournie*. Note importante : écrivez vos solutions aux trois problèmes longs sur *trois feuilles séparées*, car elles seront corrigées par des personnes dans différentes parties du Canada. Bonne chance !

**Remarque :** Des notes complètes seront données aux étudiants qui fournissent des solutions correctes aux problèmes longs. Des notes partielles seront données pour des solutions partielles. Il n'y a aucune pénalité pour les réponses incorrectes. Les questions ne sont pas de difficultés égales. Rappelez-vous que nous mettons au défi les meilleur(e)s étudiant(e)s en physique au Canada; il est possible que même les meilleur(e)s ne parviennent pas à obtenir un score global de 80 %. Cet examen est censé être difficile !

**Données**

Vitesse de la lumière  $c = 3,00 \times 10^8$  m/s  
Vitesse du son dans l'air = 343 m/s  
Constante de gravité  $G = 6,67 \times 10^{-11}$  N·m<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>  
Accélération due à la gravité  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>  
Pression atmosphérique normale  $P_0 = 1,01 \times 10^5$  Pa  
Densité de l'eau douce  $\rho = 1,00 \times 10^3$  kg/m<sup>3</sup>  
Densité de la glace  $\rho_i = 916$  kg/m<sup>3</sup>

Chaleur spécifique de l'eau  $C_w = 4186$  J/(kg·K)  
Chaleur spécifique de la glace  $C_i = 2050$  J/(kg·K)  
Chaleur latente de l'eau  $L_w = 2260$  kJ/kg  
Chaleur latente de la glace  $L_i = 334$  kJ/kg  
Charge fondamentale  $e = 1,60 \times 10^{-19}$  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  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J·s  
 $1 \text{ eV} \approx 1.602 \times 10^{-19}$  J  
Constante électrostatique  $k = 1/4\pi\epsilon_0 = 8,99 \times 10^9$  N·m<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>  
Permittivité du vide  $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12}$  C<sup>2</sup>/N·m<sup>2</sup>  
Constante de Boltzmann  $k_B = 1,38 \times 10^{-23}$  J/K  
Constante de Stefan-Boltzmann  $\sigma = 5,6704 \times 10^{-8}$  W/(m<sup>2</sup>·K<sup>4</sup>)  
Unité astronomique (distance approximative du Soleil à la Terre) 1 U.A. =  $1,49598 \times 10^{11}$  m  
Rayon de la Terre  $R_E = 6,371 \times 10^6$  m  
Rayon du Soleil  $R_S = 6,96 \times 10^8$  m  
Masse de la Terre  $5,97 \times 10^{24}$  kg  
Masse du Soleil  $1,99 \times 10^{30}$  kg  
Masse molaire H<sub>2</sub> 2,016 g/mol  
Masse molaire O<sub>2</sub> 31,998 g/mol  
Masse molaire N<sub>2</sub> 28,013 g/mol

## Section A

1) Une balle frappe un bloc de bois en mouvement, qui a été projeté en l'air en tant que cible. La balle reste logée dans le bloc. Pour quel objet la quantité de mouvement change-t-elle le plus ?

- La balle
- Le bloc de bois
- Ils ont le même changement.
- La réponse dépend de l'angle des vitesses initiales.
- La réponse dépend de la vitesse finale.

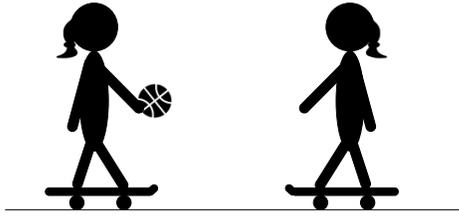
2) Tom monte seul en montgolfière. Il y a une échelle de corde suspendue du sommet du ballon jusque dans le panier. Au moment où le ballon est immobile dans les airs, Tom commence à gravir l'échelle à une vitesse  $s$  par rapport à l'échelle. Supposez que Tom ait une masse  $m$  et que le ballon ait une masse  $M$ . Quelle est la vitesse du ballon par rapport au sol si la résistance de l'air peut être négligée ?

- $s$
- $\frac{m}{M} s$
- $\frac{m}{M+m} s$
- $\sqrt{\frac{m}{M+m}} s$
- 0

3) Ann et Betty sont douées pour lancer et attraper des ballons. Elles peuvent toujours lancer un ballon pour que l'autre l'attrape avec une quantité de mouvement négligeable. Cette fois, elles veulent s'amuser et jouer le jeu sur des planches à roulettes tel qu'indiqué. Au départ, elles sont toutes les deux immobiles. Ann lance le ballon à Betty à une vitesse  $u$ . Après avoir attrapé le ballon, Betty renvoie le ballon à Ann à la même vitesse. Après qu'Ann ait attrapé le ballon, de combien plus vite qu'Ann Betty se déplace-t-elle ? Assumez que

la masse de la balle =  $m$

la masse d'Ann et de la planche à roulettes = la masse de Betty et de la planche à roulettes =  $M$



- a)  $\frac{Mm+2m^2}{M(M+m)}u$
- b)  $\frac{2m^2}{M(M+m)}u$
- c)  $\frac{2m}{M+m}u$
- d)  $-\frac{2m}{M+m}u$
- e)  $\frac{m}{M}u$

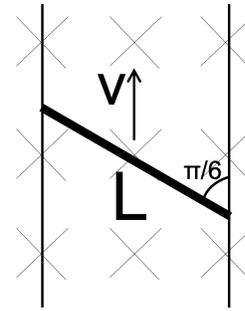
4) Deux objets reposent immobiles sur une surface plane et lisse. Supposez que la masse de l'objet  $B$  est le double de celle de l'objet  $A$ . Si la même force horizontale est appliquée aux objets pendant la même durée, quel est le rapport entre le gain d'énergie de l'objet  $A$  et celui de  $B$  ?

- a) 1:4
- b) 1:2
- c) 1:1
- d) 2:1
- e) 4:1

5) La résistance de l'air affecte un satellite en orbite autour de la Terre sur une orbite presque circulaire. Lequel des suivants ne se produit pas ?

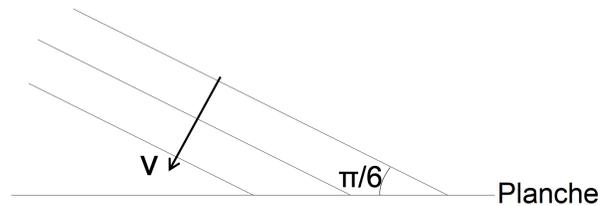
- a) Une augmentation du temps nécessaire au satellite pour terminer une révolution
- b) Une diminution de l'énergie mécanique totale
- c) Une augmentation de la vitesse linéaire
- d) Une diminution de la distance à la Terre

6) Une tige métallique de longueur  $L$  est inclinée sur les rails dans un champ magnétique uniforme de densité de flux  $B$  tel qu'indiqué sur l'image. Si la tige se déplace avec une vitesse constante  $v$  vers le haut, quelle est la force électromotrice induite sur la tige ?



- a)  $\frac{2BLv}{\sqrt{3}}$
- b)  $\frac{\sqrt{3}BLv}{2}$
- c)  $BLv$
- d)  $\frac{BLv}{2}$

7) L'image ci-dessous montre les fronts d'onde d'une onde plane de fréquence de 3 Hz se déplaçant à une vitesse  $v = 6$  m/s frappant une planche à un angle  $\pi/6$ . Quelle est la différence de phase entre des vagues distantes de 1 m le long de la planche ?



- a)  $\frac{\pi}{2}$
- b)  $\frac{\pi}{3}$
- c)  $\frac{\pi}{4}$
- d)  $\frac{\pi}{6}$

8) Un fil uniforme de section transversale de  $1 \text{ mm}^2$  a une résistance de  $3 \Omega$ . Une tension électrique de 6 V est appliquée à ses deux extrémités. Étant donné que le nombre d'électrons de conduction par volume du fil est de  $1,00 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$ , quelle est la vitesse moyenne des électrons le long du fil ?

- a)  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$
- b)  $3,1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$
- c)  $3,1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
- d)  $1,3 \times 10^{-3} \text{ m/s}$

e)  $1,3 \times 10^{-4}$  m/s

9) Deux balles métalliques de même diamètre mais de masses différentes sont lancées simultanément du haut d'une falaise. Lequel des énoncés ci-dessous décrit le mieux ce qui se passe ?

- a) La plus lourde a une accélération plus élevée dès le début.
- b) La plus légère a une accélération plus élevée dès le début.
- c) Elles ont la même accélération au départ, puis la plus légère a une accélération plus élevée.
- d) Elles ont la même accélération au départ, puis la plus lourde a une accélération plus élevée.
- e) Elles ont la même accélération jusqu'au sol.

10) Une personne qui descend une pente de  $5^\circ$  sans pédaler ni freiner a remarqué que sa vitesse est constante à 25 km/h. Approximativement, de quelle puissance a-t-elle besoin pour monter cette colline à la même vitesse si son poids, incluant le vélo, est de 65 kg ?

- a) Personne ne peut descendre la pente à vitesse constante sans freiner.
- b) 800 W
- c) 1400 W
- d) 400 W
- e) 2800 W

11) Un niveau (un dispositif pour établir un plan horizontal, qui consiste d'un petit tube transparent scellé contenant du liquide et une bulle d'air) a été poussé sur la table. Lorsque le niveau a été accéléré, la bulle :

- a) n'a pas bougé par rapport au verre.
- b) s'est déplacée dans le sens de l'accélération.
- c) s'est déplacée dans la direction opposée à l'accélération.
- d) s'est déplacée vers le côté du tube.
- e) a été poussée plus profondément dans le liquide.

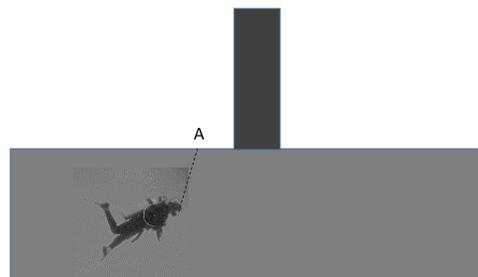
12) Des gens regardaient un film montrant une voiture roulant à l'intérieur d'un gros cylindre sur un mur vertical (voir ci-dessous une image de cette vidéo obtenue sur [www.aol.co.uk/2012/04/05](http://www.aol.co.uk/2012/04/05)). Comment expliqueriez-vous cela ?



- a) Impossible – c'est un trucage de film.
- b) La seule façon de le faire serait d'ajouter des aimants très puissants dans les roues et de rouler sur une paroi en fer. La force d'attraction entre les aimants et la paroi en fer fait en sorte que la force de friction est plus grande que la force de gravité qui pousse la voiture vers le bas.
- c) Il y a très probablement une énorme pompe à vide sous la voiture, qui l'aspire vers le mur et entraîne une force de friction plus grande que la force de gravité qui pousse la voiture vers le bas.
- d) La voiture se déplace à grande vitesse, donc la force centripète la forçant à tourner en cercle à l'intérieur du cylindre entraîne une force qui pousse la voiture vers le mur. Cette force entraîne une force de friction plus grande que la force de gravité qui pousse la voiture vers le bas.

13) Un plongeur dirige le faisceau d'un laser à  $80^\circ$  par rapport à la surface tel qu'indiqué ci-dessous. À quelle hauteur au-dessus de la surface de l'eau le faisceau laser touchera-t-il la paroi verticale placée à 2 m du point A (l'endroit où le faisceau laser touche la surface de l'eau) ?

- a) Environ 15 m
- b) Environ 8 m
- c) Environ 2 m
- d) Environ 0,2 m
- e) Il n'ira jamais au-dessus de l'eau.



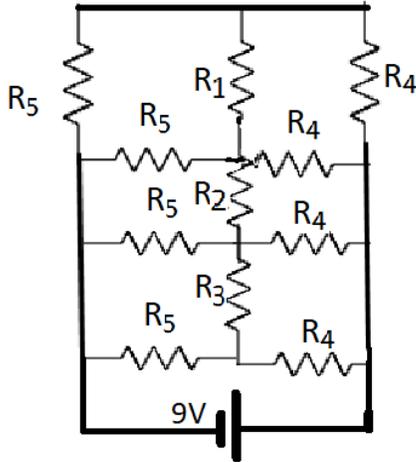
14) S'il dirige le faisceau (de la question précédente) à  $20^\circ$  par rapport à la surface, à quelle hauteur au-dessus de la surface de l'eau le faisceau laser touchera-t-il la paroi verticale placée à 2 m du point A (l'endroit où le faisceau laser touche la surface de l'eau) ?

- a) Environ 15 m
- b) Environ 8 m
- c) Environ 2 m
- d) Environ 0,2 m
- e) Il n'ira jamais au-dessus de l'eau.

15) Nous utilisons des rayons X (une longueur d'onde de l'ordre de 0,1 nm) pour mesurer l'espacement entre les atomes ou les molécules dans des cristaux. Si nous utilisons un faisceau de neutrons dans le même but, leur énergie devrait être de l'ordre de :

- a)  $10^{-15}$  J
- b)  $10^{-10}$  J
- c)  $10^{-20}$  J
- d)  $10^{-5}$  J
- e)  $10^{-25}$  J

16) Quelle est le potentiel électrique aux bornes de la résistance  $R_1$  dans le circuit ci-dessous ?



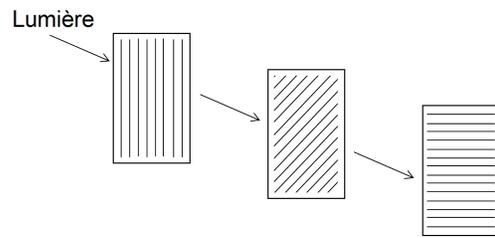
- a)  $(9R_5/(R_5 + R_4)) * R_1/(R_1 + R_2 + R_3)$
- b)  $(9R_4/(R_5 + R_4)) * R_1/(R_1 + R_2 + R_3)$
- c) 0
- d)  $9R_1/(R_1 + R_2 + R_3)$
- e)  $(36R_4/(R_5 + R_4)) * R_1/(R_1 + R_2 + R_3)$

17) Un enfant assis sur un matelas gonflable dans une piscine avait une masse d'acier de 20 kg avec lui. Quand il l'a laissée tomber au fond de la piscine, le niveau d'eau dans la piscine :



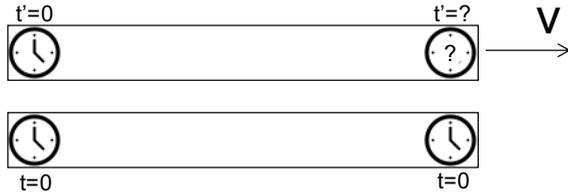
- a) a descendu.
- b) a monté.
- c) n'a pas changé.
- d) dépend de la masse de l'enfant et du matelas.

18) Un polariseur est un appareil qui permet à la composante de la lumière parallèle à la direction du polariseur de traverser et d'absorber la direction perpendiculaire. Par exemple, un polariseur orienté verticalement ne laisse passer que la composante verticale de la lumière et la lumière transmise est une lumière polarisée verticalement. Nous avons maintenant trois polariseurs tel qu'indiqué ci-dessous. Le premier polariseur est orienté verticalement et le dernier est orienté horizontalement. Celui du milieu est orienté selon un angle  $\theta$  par rapport à la direction verticale. Lorsqu'une lumière orientée de façon aléatoire d'intensité  $L$  passe dans cette série de polariseurs, quelle est l'intensité de la lumière après avoir traversé le troisième polariseur ?



- a) 0
- b)  $L/8$
- c)  $L/4\cos^2\theta$
- d)  $L/2\cos\theta\sin\theta$
- e)  $L/2\cos^2\theta\sin^2\theta$

19) La figure ci-dessous montre deux vaisseaux spatiaux rectangulaires, l'un au repos et l'autre se déplaçant à une vitesse  $v = \sqrt{3}c/2$ . Dans le référentiel stationnaire, ils ont la même longueur  $L$  et leurs deux extrémités s'alignent à  $t = 0$ . Si nous savons que l'horloge à l'extrémité gauche du vaisseau spatial en mouvement montre que l'heure est  $t' = 0$ , quelle heure afficherait l'horloge à son extrémité droite ?



- a)  $-\sqrt{3}L/c$
- b)  $\sqrt{3}L/c$
- c)  $-L/\sqrt{3}c$
- d)  $L/\sqrt{3}c$
- e) 0

20) Une voiture a une accélération maximale de  $a$  et une décélération maximale de  $-a$ . Le temps le plus court possible pour que la voiture commence au repos, puis arrive au repos à un point situé à une distance  $\Delta x$  est

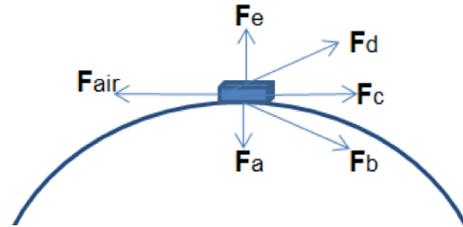
- a)  $\sqrt{\frac{\Delta x}{2a}}$
- b)  $\sqrt{\frac{4\Delta x}{a}}$
- c)  $\sqrt{\frac{2\Delta x}{a}}$
- d)  $\sqrt{\frac{3\Delta x}{2a}}$
- e)  $\sqrt{\frac{\Delta x}{a}}$

21) Un ressort uniforme est fixé à une extrémité. Une masse est attachée à l'autre extrémité et le système oscille avec la fréquence angulaire  $\omega$ . Supposez maintenant que le ressort est fixé aux deux extrémités, puis coupé en deux et que la masse est attachée entre les deux demi-ressorts. La nouvelle fréquence angulaire des oscillations est :



- a)  $\omega/2$
- b)  $2\omega$
- c)  $4\omega$
- d)  $\omega$
- e)  $\sqrt{2}\omega$

22) Une voiture roule à une vitesse constante sur une route circulaire sur un sol plat tel qu'indiqué ci-dessous.  $F_{air}$  est la force de résistance de l'air sur la voiture. Laquelle des autres forces est la force horizontale de la route sur les pneus de la voiture ?



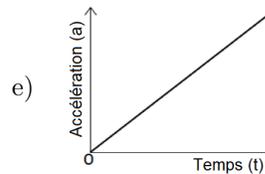
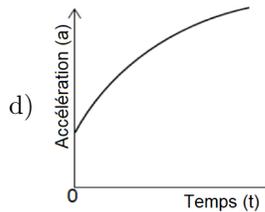
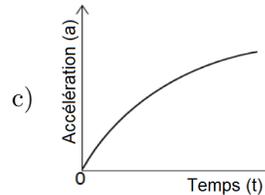
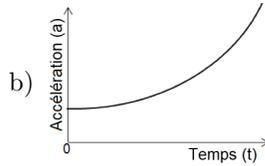
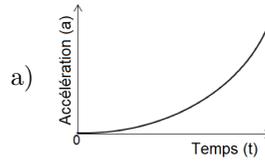
- a)  $F_a$
- b)  $F_b$
- c)  $F_c$
- d)  $F_d$
- e)  $F_e$

23) Quelle est la vitesse d'une particule qui a une quantité de mouvement de  $5 \text{ MeV}/c$  et une énergie relativiste totale de  $10 \text{ MeV}$ ?

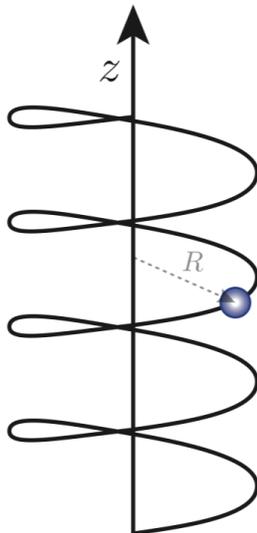
- a)  $c$
- b)  $0.75 c$
- c)  $0.5 c$
- d)  $c/\sqrt{3}$
- e)  $0,25 c$

24) Cherie fait une expérience; elle a besoin de chauffer un petit échantillon à 700 K. Il n'y a qu'un seul four disponible avec une température maximale de 400 K. Pourrait-elle chauffer l'échantillon à 700 K en utilisant une grande lentille pour concentrer le rayonnement du four sur l'échantillon ?

- a) Oui, si le volume du four est d'au moins 7/4 fois le volume de l'échantillon.
- b) Oui, si l'aire de la face avant du four est d'au moins 7/4 fois l'aire de la face avant de l'échantillon.
- c) Oui, si l'échantillon est placé au foyer de la lentille.
- d) Non, car cela violerait la conservation de l'énergie.
- e) Non, car cela violerait la deuxième loi de la thermodynamique.



25)



Une bille glisse sur un fil en forme d'hélice dont l'axe de symétrie est orienté verticalement tel qu'illustré ci-dessus. Quel graphique représente le mieux l'accélération de la bille en fonction du temps ?

**Fin de la Section A**

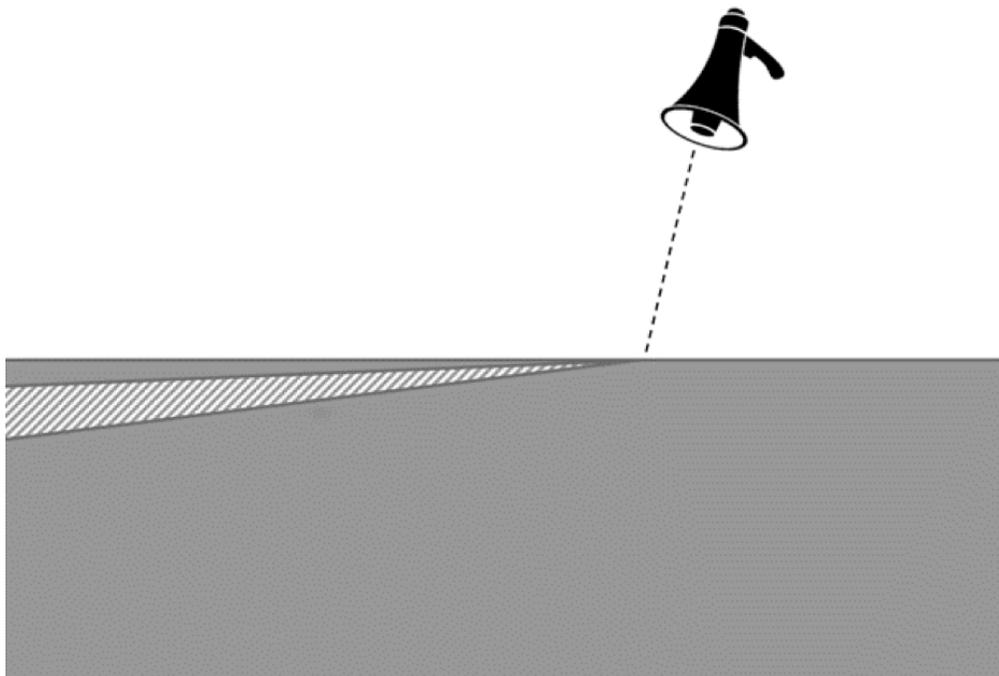
**La Section B commence à la page suivante**

1) La vitesse nécessaire pour qu'une fusée ou un autre projectile orbite autour de la Terre est appelée la "première vitesse cosmique" ( $v_1$ ). La vitesse requise pour s'éloigner définitivement de la Terre est appelée la "deuxième vitesse cosmique" ( $v_2$ ). La vitesse minimale à atteindre pour quitter le système solaire à partir de la Terre est appelée la "troisième vitesse cosmique" ( $v_3$ ). En termes du rayon de la Terre  $R$ , de la vitesse de la Terre en orbite autour du Soleil  $v$  et de l'accélération gravitationnelle près de la surface de la Terre  $g$ , trouvez

- a) la "première vitesse cosmique" ( $v_1$ )
- b) la "deuxième vitesse cosmique" ( $v_2$ )
- c) la "troisième vitesse cosmique" ( $v_3$ )

Puis, estimez les valeurs de  $v_1$ ,  $v_2$  and  $v_3$  à l'aide des valeurs de la page de formules et des expressions obtenues ci-dessus.

2) Un faisceau sonore très étroit provenant d'un haut-parleur directionnel est dirigé vers l'eau à un angle de  $77^\circ$  par rapport à la surface, comme le montre la ligne pointillée sur l'image. Il est observé que le poisson évite la zone hachurée, car il n'aime pas le bruit. À l'aide des informations de l'image, calculez la vitesse du son dans l'eau.



3) Le deutérium est l'isotope stable d'hydrogène lourd, son noyau ayant un proton et neutron (les protons et les neutrons ont approximativement la même masse). L'eau lourde est une forme d'eau qui contient du deutérium et de l'oxygène. Un réacteur nucléaire à l'eau lourde contient de l'eau lourde entre les crayons de combustible nucléaire. Supposez qu'un neutron du crayon de combustible a une collision élastique frontale avec un noyau de deutérium.

- a) Trouvez le rapport entre la vitesse finale du deutéron et la vitesse initiale du neutron.
- b) Quel pourcentage de l'énergie cinétique initiale est transféré au deutéron ?
- c) Combien de telles collisions sont nécessaires pour ralentir le neutron de 20 MeV à 0,02 eV ?
- d) Comment cette estimation changerait-elle si nous considérons des collisions sous d'autres angles?

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