

(1) זמן הנפילה של אבן שנופלת בנפילה חופשית לעומק של h נתון לפי:

$$h = \frac{1}{2}gt_1^2 \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

בנוסף קול הפגיעה צריך לעבור את הדרך h בחזרה במהירות הקול באוויר c_s לכן לוקח לו עוד:

$$t_2 = \frac{h}{c_s}$$

הזמן הכולל מתחילת הנפילה עד הגעת הקול חזרה הוא:

$$t = t_1 + t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}} + \frac{h}{c_s}$$

והתשובה הנכונה היא א'

(2) כאן צריך למצוא את h שמקיים את המשוואה לזמן שנמצאה בשאלה הקודמת, לפיכך צריך להפוך נושא נוסחה בין h ל- t כאשר g, c_s הם פרמטרים קבועים וידועים:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} + \frac{h}{c_s} \Rightarrow \left(t - \frac{h}{c_s}\right)^2 = \frac{2h}{g} \Rightarrow \frac{h^2}{c_s^2} - \left(\frac{2t}{c_s} + \frac{2}{g}\right)h + t^2 = 0 \Rightarrow$$

$$h_{1,2} = \frac{\left(\frac{2t}{c_s} + \frac{2}{g}\right) \pm \sqrt{\left(\frac{2t}{c_s} + \frac{2}{g}\right)^2 - 4 \cdot \frac{1}{c_s^2} \cdot t^2}}{\frac{2}{c_s^2}} = \left(c_s t + \frac{c_s^2}{g}\right) \pm \sqrt{\left(c_s t + \frac{c_s^2}{g}\right)^2 - c_s^2 \cdot t^2}$$

עכשיו אפשר להציב:

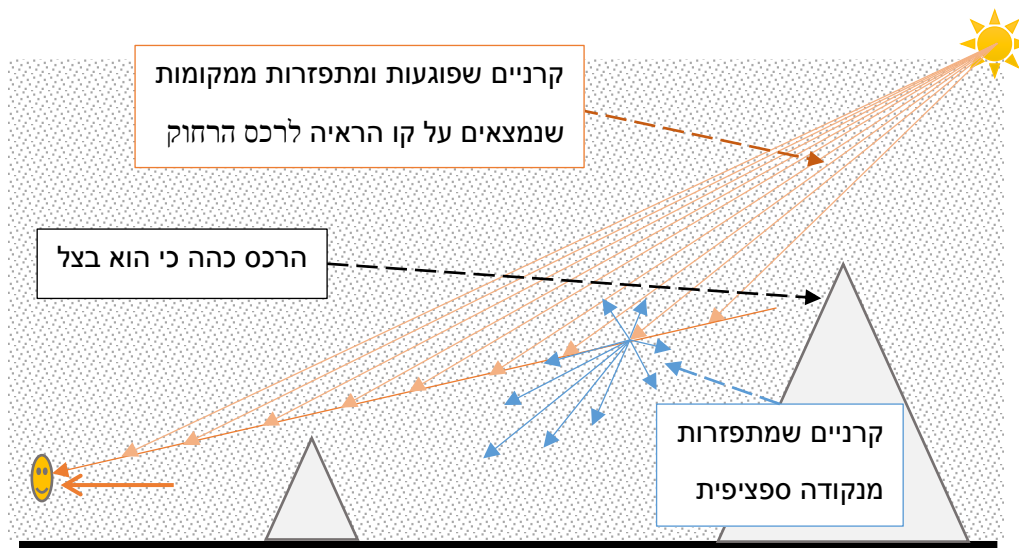
$$h_{1,2} = \left(340\text{m/s} \cdot 4\text{s} + \frac{(340\text{m/s})^2}{10\text{m/s}^2} \right) \pm \sqrt{(\text{''})^2 - (340\text{m/s})^2 \cdot (4\text{s})^2} = 71.77\text{m}$$

הכי קרוב ל-ב' 71 מטרים

דרך אלטרנטיבית שמנצלת את העובדה שזהו שאלון רב ברירה היא להציב את התוצאות של המסיחים לנוסחה המקורית:

[illegible]

(3) תשובה א' נפסלת משום שבמדבר בצהרי היום אין ערפל. המנגנון של פיזור אור באטמוספירה שגורם לרכסים הרחוקים יותר להיות בהירים יותר עובד ככה:



הרכס הרחוק נראה יותר בהיר (דומה לבהירות השמיים) כי הדרך לכיוון קו הראיה מהצופה אל הרכס יותר ארוכה לכן יותר אור מתפזר מהשמש לכיוון הצופה.

גם כאשר אין אבק באטמוספירה יש פיזור אור חזק מהאוויר, הפיזור הזה גורם לשמיים להיראות כחולים. פיזור מאבק יהיה יותר אדום לפיכך בתמונה הפיזור הוא גם מהאוויר וגם מהאבק והצבע של הפיזור צהוב, כלומר תשובות ג', ד' נכונות ולכן תשובה ה' היא הנכונה.

(4) מאחר ובבריכה ניתן לצוף או לשקוע כאשר כל הגוף בקירוב בתוך המים הצפיפות של הגוף היא בערך שווה לצפיפות המים (זה לא מפתיע כי כ-70% ממסת הגוף הם מים) לכן עבור מסה של 65 ק"ג הנפח המתאים הוא:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{65\text{kg}}{1,000\text{kg/m}^3} = 0.065\text{m}^3 = 65\text{L}$$

לכן האומדן של 70 ליטרים הוא הכי סביר והתשובה הנכונה היא ד'

(5) שטח הפנים של טיפה שרדיוסה R הוא $S = 4\pi R^2$, לכן שטח הפנים של שתיהן הוא:

$$S_0 = 2 \cdot S = 8\pi R^2$$

הנפח של כל טיפה הוא $V = \frac{4\pi}{3} R^3$ לכן הנפח של שתיהן הוא $V_0 = 2 \cdot V = \frac{8\pi}{3} R^3$, הנפח הזה נשמר כאשר הטיפות מתאחדות (כי הצפיפות של המים קבועה) לכן אם רדיוס הטיפה המאוחדת הוא R' אז:

$$V_0 = \frac{4\pi}{3} (R')^3 \Rightarrow R' = \sqrt[3]{\frac{3V_0}{4\pi}}$$

הרדיוס החדש הוא לכן:

$$R' = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot \frac{8\pi}{3} R^3}{4\pi}} = \sqrt[3]{2} \cdot R$$

שטח הפנים החדש הוא שטח פנים של טיפה בודדת:

$$S' = 4\pi(R')^2 = 4\pi(\sqrt[3]{2} \cdot R)^2 = (\sqrt[3]{2})^2 4\pi R^2 = (\sqrt[3]{2})^2 \cdot \frac{S_0}{2} = \frac{S_0}{\sqrt[3]{2}}$$

כלומר היחס של שטח הפנים של שתי הטיפות S_0 חלקי שטח הפנים של הטיפה המאוחדת $\frac{S_0}{\sqrt[3]{2}}$ הוא $\sqrt[3]{2}$ והתשובה הנכונה היא א'

(6) פרק הזמן שעובר בחלק הראשון של התנועה הוא 25/80 של שעה, ופרק הזמן בחלק השני הוא 75/50 של שעה, לכן סה"כ הזמן הוא 25/80 + 75/50. המרחק הוא 25 + 75 ק"מ לכן המהירות הממוצעת היא:

$$V = \frac{(25\text{km} + 75\text{km})}{25\text{km}/(80\text{km/hr}) + 75\text{km}/(50\text{km/hr})} = 55.17\text{km/hr}$$

והתשובה הנכונה היא א'

(7) ההעתקים הם השטחים מעל לציר ה- x פחות השטחים מתחת לציר, כל משבצת מייצגת מטר לשנייה כפול שנייה כלומר מטר, לכן:

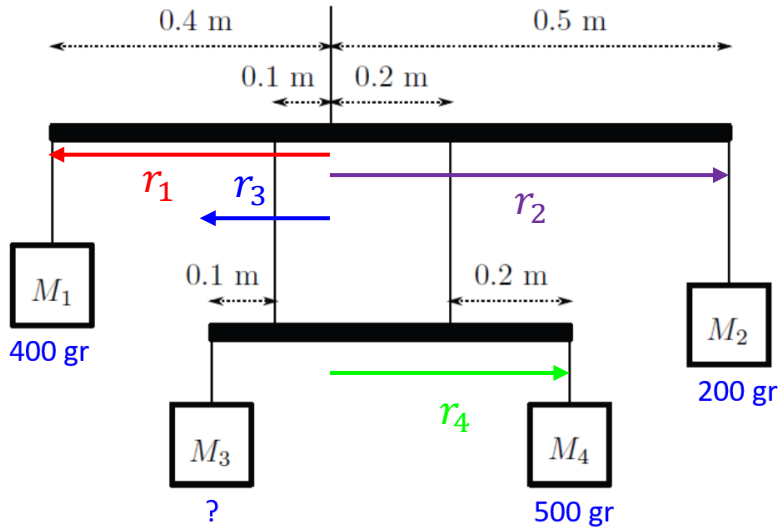
גוף A – בין שניה 0 ל-8 יש משולש שגובהו 4 מטרים לשנייה כלומר שטחו 16 מטרים, והחל משנייה 8 עד 10 משולש שגובהו 2 מטרים לשנייה מתחת לציר כלומר מינוס 2 כפול 2 חלקי 2 או סה"כ מינוס שני מטרים כך ש $\Delta x_A = 14\text{m}$

גוף B – בין שנייה 0 ל-9 יש מלבן שגובהו 2 מטרים לשנייה כך ששטחו 18 מטרים, אליו מתווסף משולש שגובהו 2 מטרים לשנייה ובסיסו בין שניה 9 ל-10 כך ששטחו 1 מטר, לפיכך $\Delta x_B = 19\text{m}$

גוף C – בין שניה 0 ל-6 יש משולש שגובהו 2 מטרים לשנייה כלומר שטחו 6 מטרים, והחל משנייה 6 עד 10 יש מלבן שגובהו 2 מטרים לשנייה כך ששטחו 8 מטרים כך ש $\Delta x_C = 14\text{m}$

לפיכך התשובה הנכונה היא ב'

(8) המערכת בשיווי משקל כאשר המומנטים משני הצדדים של החוט העליון שווים. המומנטים הללו הם הסכומים של המומנטים שכל מסה מפעילה על הציר דרך המתיחות של החוט עליה היא תלויה. המומנט הוא המרחק מהציר (זרוע) כפול הכוח, והכוח הוא המשקל של המסה כלומר המסה כפול תאוצת הכובד, לפיכך המשוואה שצריך לפתור על מנת למצוא את המסה השלישית היא:



$$M_2 g \cdot r_2 + M_4 g \cdot r_4 = M_1 g \cdot r_1 + M_3 g \cdot r_3 \Rightarrow$$

$$M_3 = \frac{M_2 \cdot r_2 + M_4 \cdot r_4 - M_1 \cdot r_1}{r_3} =$$

$$\frac{200\text{gr} \cdot 0.5\text{m} + 500\text{gr} \cdot (0.2\text{m} + 0.2\text{m}) - 400\text{gr} \cdot 0.4\text{m}}{0.1\text{m} + 0.1\text{m}} = 700\text{gr}$$

לכן התשובה הנכונה היא ד'

9) בתחילת הזריקה התאוצה של הגוף היא תאוצת הכובד פלוס התנגדות האוויר חלקי המסה שלו. מכיוון שההתנגדות של האוויר גדולה יותר במהירות גבוהה (ובשיגור המהירות גבוהה ומתחילה לרדת) התאוצה בשיגור היא מכסימלית, היא גם שלילית כי היא נגד המהירות, לכן שיפוע הגרף של המהירות בשיגור הוא שלילי אבל הוא מתחיל להיות פחות תלול כשהזמן עובר. זה פוסל את תשובות C, A. לאחר שהגוף מגיע לשיא הגובה הוא לא נשאר באוויר אלא נופל חזרה למטה והמהירות שלו נהיית שלילית, זה פוסל את תשובות E, B. בהן הגוף שואף אסימפטוטית למצב מנוחה, מה שמשאיר את תשובה D נכונה כלומר ד'.

10) לפי הנוסחה הנתונה וההגדרה של צפיפות:

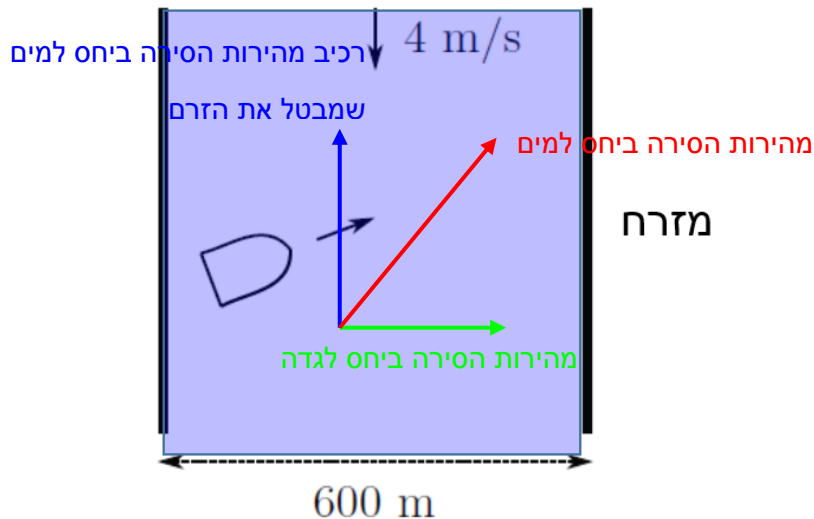
$$g(r) = \frac{GM(r)}{r^2}, \rho_0 = \frac{M}{V} \Rightarrow g_0 = \frac{G}{R_0^2} \cdot \rho_0 \cdot \frac{4\pi}{3} \cdot R_0^3 = G \cdot \rho_0 \cdot \frac{4\pi}{3} \cdot R_0$$

אחרי גדילת הענן הרדיוס שלו הוא $2R_0$, עבור אותה המסה הצפיפות יורדת לשמינית מהערך הנתון לכן התאוצה שם היא:

$$g(R_0) = G \cdot \frac{\rho_0}{8} \cdot \frac{\frac{4\pi}{3} R_0^3}{R_0^2} = G \cdot \frac{\rho_0}{8} \cdot \frac{4\pi}{3} R_0^2 = \frac{g_0}{8}$$

והתשובה הנכונה היא ג'

11) בהינתן שמהירות הסירה לאחר ההשפעה של הזרם היא בכיוון מזרח הסירה מקזזת לחלוטין את השפעת הזרם לכיוון דרום שהיא 4 מטרים לשנייה, מאחר וסך כל מהירות הסירה ביחס למים היא 5 מטרים לשנייה הרכיב שנשאר בכיוון מזרח נתון דרך משפט פיתגורס:



דרום

$$v = \sqrt{(5\text{m/s})^2 - (4\text{m/s})^2} = 3\text{m/s}$$

לפיכך עבור דרך של 600 מטרים הזמן הנדרש הוא 200 שניות והתשובה הנכונה היא ד'

12) עבור המקרה בו הפגיעה כמעט מאונכת למשטח הזווית i קטנה בהרבה מ- 90° , מחוק סנל נובע שזווית השבירה קטנה יותר ממנה לכן גם היא קטנה מאד ביחס ל- 90° . לפיכך ניתן לקרב את הפונקציות הטריגונומטריות $\sin$, $\tan$ של הזוויות הללו בקירוב זוויות קטנות:

$$\sin x \approx \tan x \approx x$$

מאחר והזוויות i, r קטנות גם ההפרשים והסכומים שלהן קטנות לכן:

$$\sin(i - r) \approx \tan(i - r) \approx i - r, \sin(i + r) \approx \tan(i + r) \approx i + r$$

והביטוי הנתון מקורב לפי:

$$R(i, r) \approx \frac{1}{2} \left[\frac{(i - r)^2}{(i + r)^2} + \frac{(i - r)^2}{(i + r)^2} \right] = \frac{(i - r)^2}{(i + r)^2}$$

בנוסף את חוק סנל ניתן גם לקרב:

$$i \approx nr$$

ואז הצבה נותנת:

$$R(i, r) \approx \frac{(nr - r)^2}{(nr + r)^2} = \frac{(n - 1)^2}{(n + 1)^2} = \left(\frac{n - 1}{n + 1} \right)^2$$

והתשובה הנכונה היא ב'

13) שימו לב שזווית הפגיעה גדולה לכן לא ניתן להשתמש בקירוב של הסעיף הקודם. נתחיל מחישוב זווית השבירה מחוק סנל:

$$r = \text{asin} \left(\frac{\sin i}{n} \right) = \text{asin} \left(\frac{\sin 80^\circ}{1.34} \right) = 47.3^\circ$$

הצבה נוספת:

LO		X ✓ f_x		$=1/2*((\text{TAN}(B8))^2/(\text{TAN}(B9))^2+(\text{SIN}(B8))^2/(\text{SIN}(B9))^2)$				
	A	B	C	D	E	F	G	H
	n	1.34						
	i	80 deg						
	r	47.3014 deg						
	i	1.396263 rad						
	r	0.825565 rad						
	i-r	0.570698 rad						
	i+r	2.221829 rad						
	R	0.3502						

והתשובה הנכונה היא 0.35 או 35% כלומר ד'.

(14) ההספק P_0 שהמטוס צריך להפעיל על האוויר כדי להתנגד לכוח ההתנגדות F_D ולנוע במהירות קבועה v_0 הוא:

$$P_0 = F_D \cdot v_0 = kv_0^2 \cdot v_0 = k \cdot v_0^3$$

לכן עבור הספק כפול המהירות תוכל להיות רק:

$$2P_0 = kv_2^3 \Rightarrow v_2 = \sqrt[3]{\frac{2P_0}{k}} = \sqrt[3]{2} \cdot v_0 = 1.26 \cdot v_0$$

והתשובה הנכונה היא ב'.

(15) אם התדירות f היא מספר המחזורים שהגל עובר בשנייה אז הזמן של כל מחזור הוא $1/f$.

המהירות של הגל כפול הזמן היא המרחק שהוא עובר לכן המהירות של הגל כפול זמן המחזור היא המרחק של מחזור, כלומר אורך הגל לכן:

$$v \cdot T = v \cdot \frac{1}{f} = \lambda \Rightarrow v = \lambda f$$

והתשובה הנכונה היא ב'.

(16) בקו המשווה השמש נמצאת בזנית (זווית 90 מעלות מהאופק) בצהרי היום באביב ובסתיו לכן מסיח א' לא נכון. בתוך החוג הטרופי (עד קו רוחב 23 בשני חצאי הכדור) השמש מגיעה לזנית מתישהו במהלך השנה לכן תשובות ב', ה' אינן נכונות. על מנת לדעת מי מהתשובות ג', ד' נכונה צריך לזכור שחודש יוני הוא קיץ בחצי הכדור הצפוני כלומר השמש גבוהה בשמיים ואכן ביום זה הגרף מקסימלי ותשובה ד' נכונה.

(17) ההיקף של ריבוע שצלעו a הוא $P = 4a$ ושטחו $A = a^2$ לכן:

$$SCI_{\blacksquare} = \frac{4a}{\sqrt{4\pi a^2}} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} = \frac{2}{\sqrt{3.14}} = 1.128$$

והתשובה הנכונה היא ג'.

(18) ביחידות של שנה ויחידה אסטרונומית השוויון של חוק קפלר עבור כדור הארץ הוא:

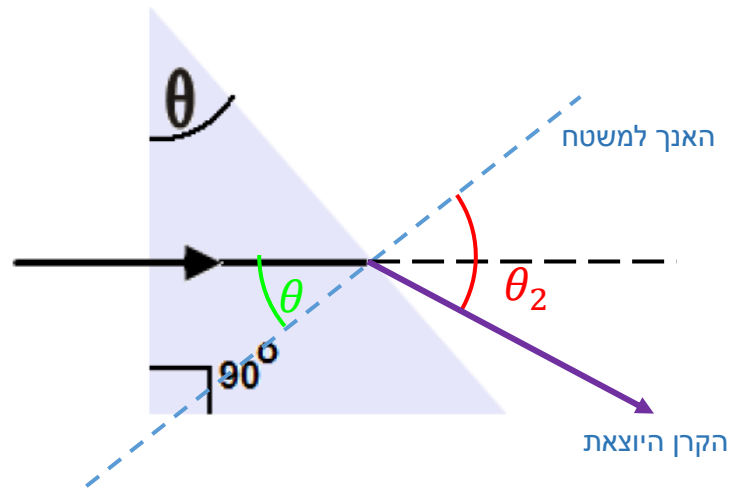
$$T^2 \propto r^3 \Rightarrow T^2 = k \cdot r^3 \Rightarrow (1\text{yr})^2 = k \cdot (1\text{AU})^3 \Rightarrow k = 1\text{yr}^2/\text{AU}^3$$

עבור המאדים:

$$T_m = \sqrt{k \cdot r_m^3} = \sqrt{1\text{yr}^2/\text{AU}^3 \cdot (1.52\text{AU})^3} = 1.52^{3/2} \cdot \text{yr} = 1.873 \text{ yr}$$

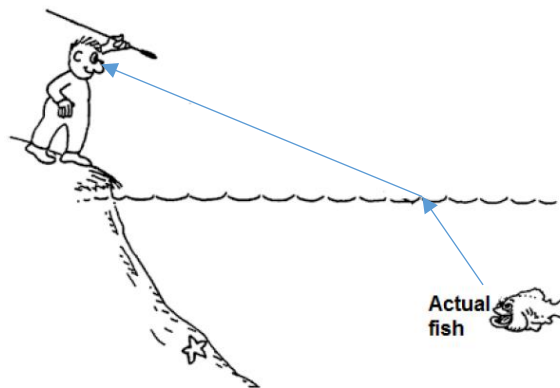
והתשובה הנכונה היא ד'

(19) מאחר והזווית קטנה מהזווית הקריטית הקרן מצליחה לצאת החוצה מהמנסרה. בהגעה לדופן המשופעת של המנסרה זווית הפגיעה בין הקרן לאנך היא גם כן θ זווית השבירה החוצה $\theta_2 = \text{asin}(n \cdot \sin \theta)$ תהיה לכן גדולה יותר מ- θ אבל קטנה מ- 90° כי זווית הפגיעה קטנה מהזווית הקריטית:

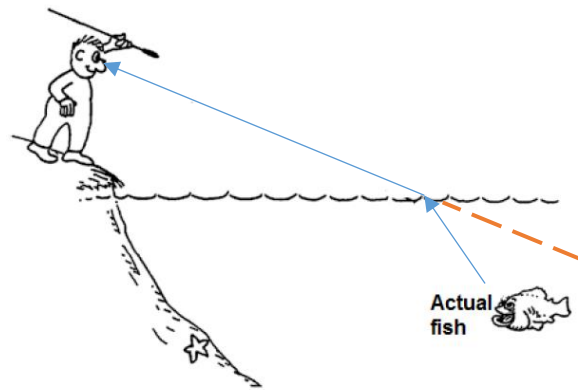


ולכן התשובה הנכונה היא ג'

(20) הקרן שנעה מהדג ומגיעה לילד נעה לפי חוק סנל במסלול כזה:



לפיכך הדג נראה לילד כאילו הוא נמצא על ההמשך לקרן שמגיעה לילד:



התשובה היחידה שמתאימה לקו הזה היא ב'.