

08.06.2015

פיזיקה י"א, פתרון מבחן מתכונת
מורים: בוריס באם, אורן גילת
גרסה 1.23



מכניקה – ענו על 3 מתוך 5 שאלות

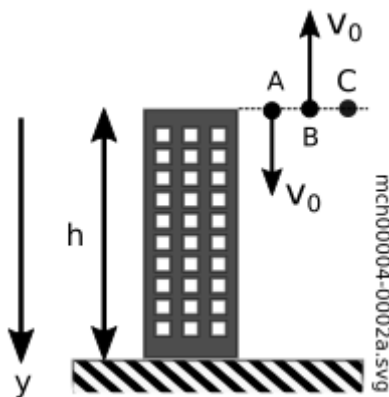
שאלה 1

א. נתון שהחיכוך עם האוויר ניתן להזנחה ולכן כל הכדורים נופלים חופשית מאחר והכוח היחיד הפועל עליהם הוא כוח הכבידה.

ב. בנפילה חופשית תאוצת הכדורים קבועה ולכן המקום של הכדורים כתלות בזמן נתונה על ידי: $y = y_0 + v_{y0}t + \frac{1}{2}at^2$

נציב את נתוני הפתיחה על פי ציר מקום שכוונו החיובי מכון כלפי מטה: $v_{0A} = v_0$, $v_{0B} = -v_0$, $v_{0C} = 0$ וגובה התחלתי $-h$:

$$y_A = -h + v_0t + \frac{1}{2}gt^2, \quad y_B = -h - v_0t + \frac{1}{2}gt^2, \quad y_C = -h + \frac{1}{2}gt^2$$



ג. $v_a = v_b > v_c$. עבור כדור B התאוצה קבועה ושווה בעליה ובירידה ולכן כשיחזור לנקודה היציאה תהיי מהירותו שווה בכוונה וגודל למהירות כדור A ברגע שיצא מנקודה זו בתנועה כלפי מטה. מאחר ולשני הכדורים תאוצה שווה ומאחר ומהירותם והעתק שיבערו זהים גם כן יפגעו שניהם בקרקע במהירות שווה. לעומת זאת לכדור C מהירות התחלתית אפס והוא נע בהשפעת אותה תאוצה לאורך העתק שווה ולכן יגיע במהירות נמוכה ממהירות שני הכדורים האחרים.

ד. נתון ש: $t_B = t_A + 5$ ו- $t_C = t_A + 2$ נסתמש במשוואת מהירות-זמן לתנועה שוות תאוצה $v = v_0 + at$ עם נתוני

הפתיחה לעיל: $v_A = v_0 + at$, $v_B = -v_0 + at$ על פי ג $v_a = v_b$ ולכן

$$v_0 + gt = -v_0 + g(t+5) \\ \vdots \\ v_0 = 25 \text{ m/s}$$

ii. נשתמש במשוואות המקום עבור הכדורים A ו- C ונשווה אותן מאחר ושני הכדורים יגיעו לאותה נקודה.

$$-h + 25t + 5t^2 = -h + 5(t+2)^2 \\ \vdots \\ t_A = 4 \text{ sec}, \quad t_B = 9 \text{ sec}, \quad t_C = 6 \text{ sec}$$

iii. נציב באחת ממשוואות המקום את הזמן המתאים ונקבל ש: $h = 180 \text{ m}$, גובה המגדל הוא 180 מטר.

ה. $v_a > v_b > v_c$. מאחר ונתון שהחיכוך עם האוויר קבוע ושווה לכל הכדורים ניתן שוב להשוות בין מהירויות יציאתם בתנועתם

כלפי מטה על מנת לדעת מה הקשר בין מהירויות הגעתם לקרקע. אם קיים חיכוך עם האוויר הכדור B יגיע לנקודת היציאה

במהירות שהיא קטנה ממהירות v_0 מאחר וחלק מהאנרגיה הקינטית שלו בעליה ולאחר מכן בירידה אבדה לטובת עבודת כוח

החיכוך. לכן כשיגיע לקרקע מהירותו תהיה קטנה מזו של A שיצא מנקודה זו במהירות v_0 . לגוף C עדיין המהירות הנמוכה

ביותר מאחר ויצא גם עתה ממנוחה.

שאלה 2

א. הכוון שנבחר כחיובי הוא ימין מאחר ולפי התיאור בשאלה הגוף נע שמאלה ועל פי הגרף בתחילת תנועתו מהירות הגוף שלילית ולכן תנועה ימינה היא חיובית.

ב. נתייחס לשלושה פרקי זמן:

$0 < t < 2_{sec}$: הגוף נע שמאלה במהירות בתאוצה המנוגדת לכוון התנועה וגודל מהירותו קטן עד לעצירתו בזמן $t = 2_{sec}$.

$2_{sec} < t < 3_{sec}$: הגוף הופך את כוון תנועתו, הוא נע ימינה בתאוצה קבועה עם כוון התנועה וגודל מהירותו גדל.

$3_{sec} < t < 6_{sec}$: הגוף נע ימינה במהירות קבועה.

ג. נחשב את ההעתק על פי שטח הגרף הכלוא בין העקומה לבין ציר הזמן. $\Delta x = -\frac{2 \cdot 1}{2} + \frac{1 \cdot 0.5}{2} = 0.75_m$. המרחק שווה לגודל

ההעתק ובמקרה זה 0.75_m .

ד. המשטח חלק. מרגע שנקרע החוט הגוף נע במהירות קבועה ומאחר ולא נתון שקיים כוח נוסף במערכת בשלב זה ניתן להסיק שלא פועל כוח חיכוך אחרת הגוף היה מקטין את מהירותו.

ה. משיפוע הגרף נמצא את תאוצת המערכת: $a = \frac{0.5}{1} = 0.5_{m/s^2}$.

נסתכל על שני הגופים כמערכת אחת. הכוח היחיד המניע את המערכת הוא כוח הכבידה הפועל על גוף B. מסת המערכת שווה לסכום שתי המסות. התנועה היא כולה לאורך ציר החוט לכן על פי החוק השני של ניוטון בממד אחד התאוצה שווה ל:

$$(1) \quad a = \frac{m_B g}{m_A + m_B}$$

ומאחר ומסת הגוף A נתונה נציב את התאוצה וחלץ את m_B נקבל ש:

$$0.5 = \frac{10 m_B}{4.75 + m_B}$$

$$\vdots$$

$$m_B = 0.25_{kg}$$

ו. נחשב את תאוצת במקרה שבו $m_A = 9.5_{kg}$ על פי (1):

$$a = \frac{0.25 \cdot 10}{9.5 + 0.25} = 0.256_{m/s^2}$$

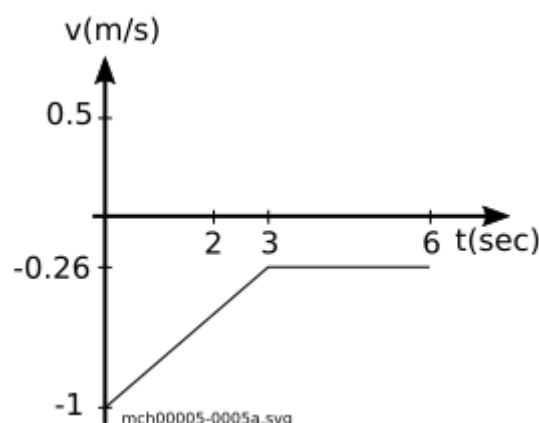
נחשב מה תהייה מהירות הגוף אם ינוע בתאוצה זו במשך שלוש שניות עד לקריעת החוט:

$$v = v_0 + a t$$

$$v = -1 + 0.256 \cdot 3$$

$$v = -0.232_{m/s}$$

והגרף המתקבל הוא:



שאלה 3

א. תנועה מעגלית קצובה לכן: $\sum F_R = ma_R$ רדיוס הסיבוב שווה לאורך החוט, נסמן את המטיחות החוט ב P ונקבל ש:

$$(1) \quad P = m \frac{v^2}{L} \Rightarrow v^2 = \frac{PL}{m}$$

לאחר עזיבת החוט בנקודה A ימשיך הגוף לנוע בקו ישר במקביל לקצה השולחן ובמהירות קבוע מאחר ונתון שניתן להזניח את החיכוך. בהגיעו לקצה השולחן יבצע הגוף תנועה המתאימה לזריקה אופקית. זמן הגעתו לרצפה יקבע על פי גובה השולחן והמרחק x אותו יעבור תלוי בזמן הנפילה ובמהירותו האופקית שנמצאה בשלב הקודם. נחשב את זמן הנפילה, נבחר מערכת צירים אנכית כך שהכיוון החיובי הוא כלפי מעלה:

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}at^2$$

$$y_0 = h, v_{0y} = 0, a = -g$$

$$0 = h - \frac{1}{2}gt^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

נציב במשוואת המקום עבור גוף הנע במהירות קבוע את המהירות שהתקבלה לעיל ואת הזמן:

$$x = x_0 + v_{0x}t$$

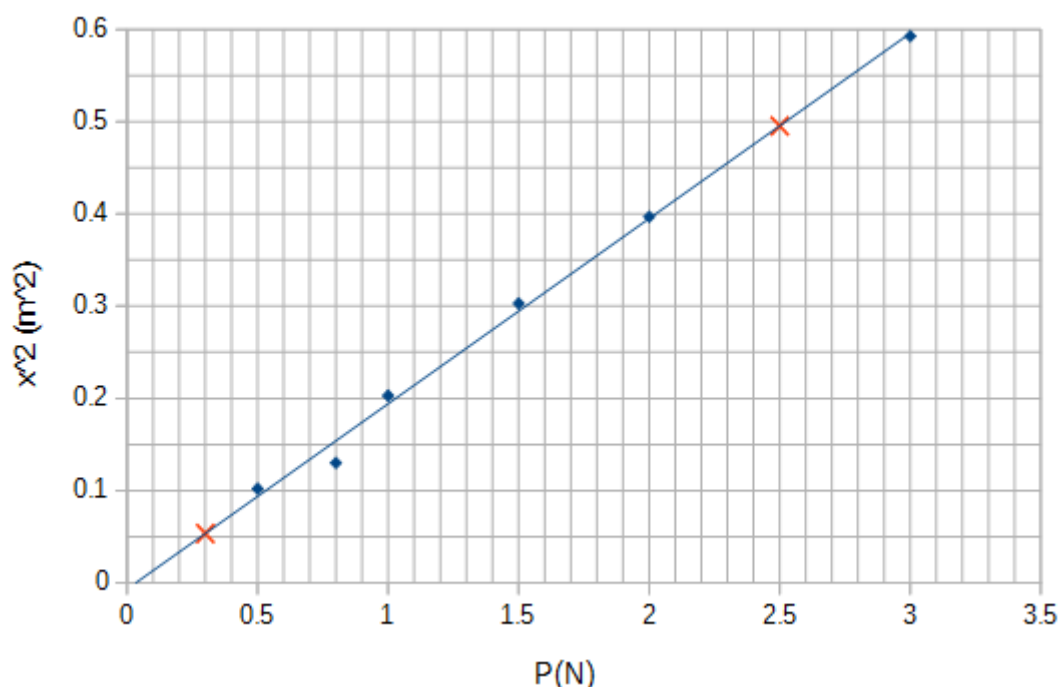
$$x_0 = 0$$

$$x = \sqrt{\frac{PL}{m}} \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$x^2 = \frac{PL}{m} \cdot \frac{2h}{g}$$

ב. נשלים את הטבלה ונשרטט את הגרף:

$P(N)$	0.5	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0
$x(m)$	0.32	0.36	0.45	0.55	0.63	0.77
$x^2(m^2)$	0.102	0.130	0.203	0.303	0.397	0.593



ג. $x^2 = \frac{L}{m} \cdot \frac{2h}{g} \cdot P$ נזהה את המתיחות P בביטוי כמשתנה הבלתי תלוי, את x^2 כמשתנה התלוי והביטוי בירוק כשיפוע של גרף

לינארי, האיבר החופשי בביטוי זה הוא אפס כלומר הגרף אמור לעבור בראשית. הגרף שהתקבל בסעיף הקודם הוא אכן לינארי ועובר קרוב מאד לראשית לכן ניתן לטעון שהביטוי מתאר את הגרף שהתקבל.

ד. נמדוד שתי נקודות (המסומנות בגרף) על גבי קו המגמה ונחשב מתוכן את השיפוע: $m = \frac{0.5 - 0.05}{2.5 - 0.3} = 2.01_{m^2/N}$

$$\frac{L}{m} \cdot \frac{2h}{g} = 0.201$$

נשווה בין השיפוע לבין הביטוי לשיפוע לעיל ונציב גדלים נתונים:

$$\frac{L}{1} \cdot \frac{2 \cdot 2}{10} = 0.201$$

$$L = 0.503_m$$

אורך החוט הוא 0.503 מטר.

$$f = \sqrt{\frac{P}{4\pi^2 m L}}$$

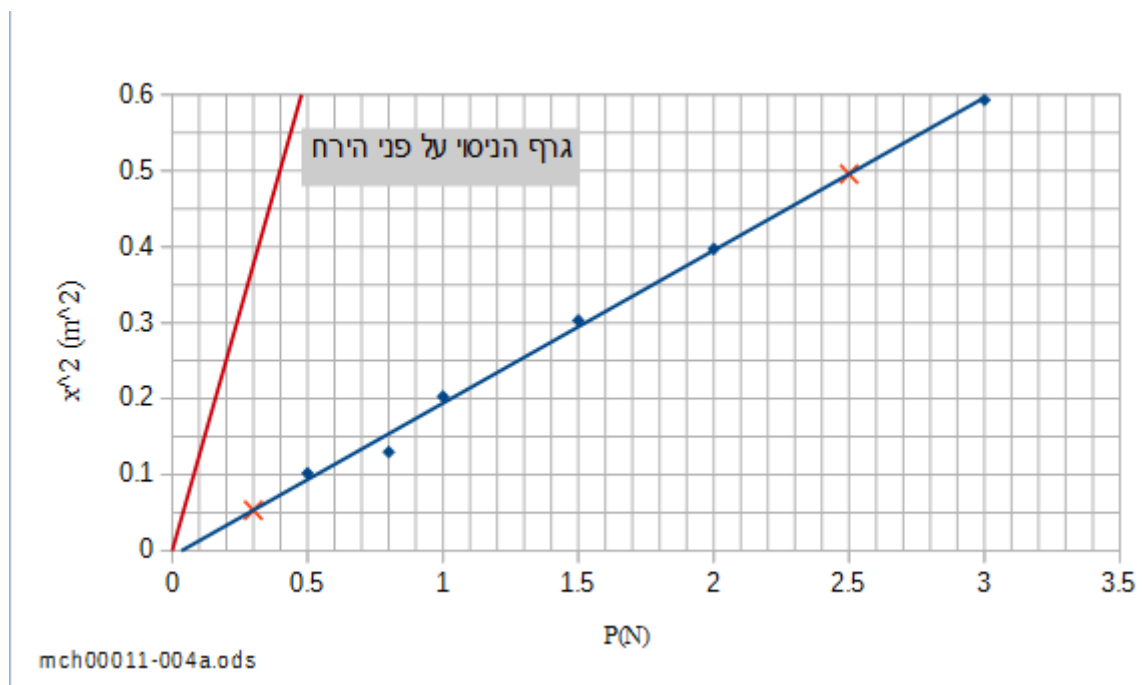
ה. נציב ב(1) שבסעיף א $v^2 = 4\pi^2 R^2 f^2$ ונקבל ש

$$f = \sqrt{\frac{2.5}{4\pi^2 1 \cdot 0.503}}$$

$$f = 0.35_{Hz}$$

נדירות הסיבוב כאשר המתיחות היא 2.5 ניוטון היא 0.35 הרץ.

ו. על הירח התאוצה g קטנה יותר משל זו של כדור הארץ ולכן שיפוע הגרף יהיה גבוהה יותר מאחר ובביטוי למתיחות בסעיף ג התאוצה g היא במכנה ולכן ככל שהיא קטנה יותר תהיה המנה גדולה יותר. גם גרף זה יעבור בראשית.



שאלה 4

א. אורך צלע קצרה של השולחן על פי הנתון הוא 1.5_m מרחק הכדור הניח מפינות השולחן נתון בשרטוט. נבדוק האם גדלים אלו מקיימים את משפט פיתגורס: $\sqrt{1.2^2 + 0.9^2} = \sqrt{2.25} = 1.5_m$.

ב. נניח שמתקיים חוק שימור אנרגיה אזי $\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2$

על פי הנתון $m_1 = m_2 = m$, $|v_1| = v_0$, $v_2 = 0$ לכן:

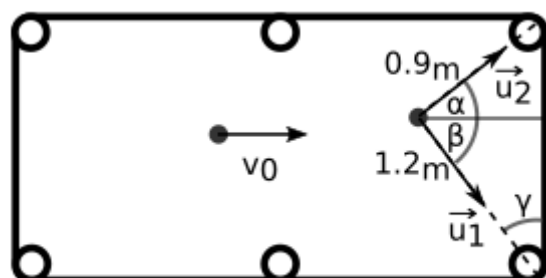
$$(1) |v_0|^2 = u_1^2 + u_2^2$$

כלומר כדי שיתקיים חוק שימור האנרגיה על הווקטורים להיות מאונכים אחד לשני כפי שנתון בשאלה.

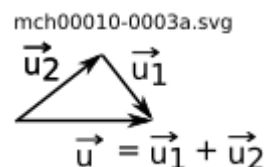
מבחינה וקטורית מתקיים $\vec{u} = \vec{u}_1 + \vec{u}_2$, מאחר והווקטורים מאונכים זה לזה $u^2 = u_1^2 + u_2^2$ נשווה ל-(1) ונתקבל ש $|u| = |v_0|$ ומכאן שגודל וקטור המהירות אחרי ההתנגשות שווה לגודל וקטור המהירות לפני ההתנגשות ומאחר והמסות זהות גם גודל התנע נשמר.

נבדוק האם כוון התנע נשמר.

על פי הנתונים הגאומטריה של השולחן נחשב את הזוויות בבעיה:



mch00010-0003a.svg



mch00010-0003a.svg

ג.

$$\tan \gamma = \frac{0.9}{1.2} \Rightarrow \gamma = 36.86^\circ, \Rightarrow \alpha = 36.86^\circ, \beta = 53.13^\circ$$

על סמך הזוויות נחשב את רכיב y של הווקטור השקול.

$$u_y = -u_1 \sin(53.13) + u_2 \sin(36.86) = -1.8 \sin(53.13) + 2.4 \sin(36.86) = 0$$

לכן וקטור המהירות השקול אחרי ההתנגשות הוא בכיוון x בלבד כלומר כוון השקול ככוון וקטור המהירות ההתחלתית ומכאן שכוון התנע נשמר.

מסקנה: האנרגיה בבעיה נשמרת וגם התנע נשמר בגודל ובכוון ולכן ההתנגשות אלסטית.

ד. נחשב את גודל המהירות מתוך משפט פיתגורס $v_0 = \sqrt{1.8^2 + 2.4^2} = \sqrt{9}$
 $v_0 = 3_{m/s}$

גודל המהירות הוא 3 מטר לשנייה.

ה. במקרה של ההתנגשות עם הקיר מהירות כל דסקיות לאחר ההתנגשות שווה בגודלה והפוכה בכיוונה למהירות המקורית לכן:

i. נכון, האנרגיה הקינטית נשמרת מאחר והאנרגיה הקינטית תלויה בריבוע המהירות ולכן רק גודל המהירות קובע.

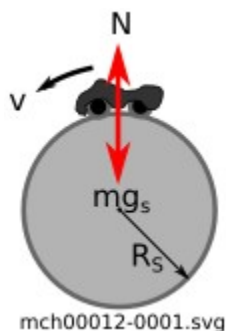
ii. לא נכון, התנע לא נשמר מאחר והקיר מפעיל על הדסקית מתקף והתנע משתנה.

iii. לא נכון, התנעים התהפכו בכיוונם ולכן סכומם ישתנה בכיוונו גם כן.

שאלה 5

א. נתון $m=100\text{ kg}$, $N=980\text{ N}$, $v=1.25\times 10^4$

המכונית נעה בתנועה מעגלית שרדיוסה $R=R_s$ במהירות קצובה לכן מתקיים:



mch00012-0001.svg

$$\sum F_R = ma_R$$

$$mg_s - N = m \frac{v^2}{R_s}$$

$$g_s = \frac{v^2}{R_s} + \frac{N}{m}$$

$$g_s = \frac{(1.25 \times 10^4)^2}{1.53 \times 10^7} + \frac{980}{100}$$

$$g_s = 20 \text{ m/s}^2$$

תאוצת הנפילה החופשית על פני הכוכב היא 20 מטר לשנייה בריבוע.

ב. נשווה את הביטוי לכוח הכבידה סמוך לפני הכוכב לביטוי לכוח הכבידה העולמי.

$$mg = G \frac{mM}{r^2}$$

$$M = \frac{gr^2}{G}$$

$$M = \frac{20(1.53 \times 10^7)^2}{6.67 \times 10^{-11}}$$

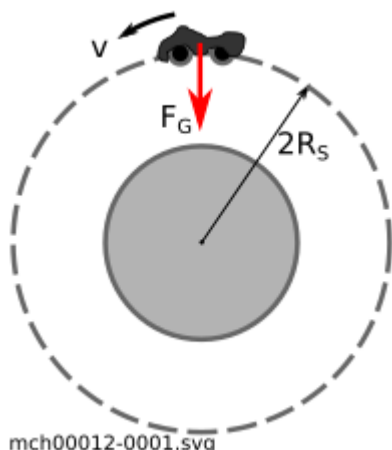
$$M = 7.02 \times 10^{25} \text{ kg}$$

מסת הכוכב שווה ל 7.02×10^{25} ק"ג.

ג. בתנועת לוויין המכונית והאסטרונאוט נמצאים בנפילה חופשית מתמדת ולכן אין האסטרונאוט מפעיל המושב כוח כלשהו.

ד. החללית נעה שוב בתנועה מעגלית אך ללא נורמל כי אינה נעה עוד על פני הכביש. נציב כעת את הביטוי לכוח הכבידה העולמי

במקום mg ונקבל:



mch00012-0001.svg

$$\sum F_R = m \frac{v^2}{r}$$

$$G \frac{mM}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

$$v^2 = G \frac{M}{r}$$

$$v = \sqrt{6.67 \times 10^{-11} \frac{7.02 \times 10^{25}}{1.53 \times 10^7}}$$

$$v = 1.75 \times 10^4 \text{ m/s}$$

מהירות המכונית/חללית 1.75×10^4 מטר לשנייה.

ה. המשתנים הם זמן המחזור של כל לוויין, T^2 ו-רדיוס הסיבוב שלו סביב הכוכב, R^3 מאחר ולפי החוק השלישי של קפלר

מתקיים הקשר הלינארי $T^2 = kR^3$ כאשר k הוא קבוע המאפיין מערכת גופים הנעה סביב גרם שמימי אחד. היחידות הן שנייה בריבוע ומטר בשלישית.

שאלה 6

א. כתוצאה מהמעבר במנסרה נוצרת נפיצה של האור הלבן. האור הלבן הפוגע במנסרה מורכב מכל הצבעים המרכיבים את התחום הנראה. במעבר דרך המנסרה לכל צבע יש מקדם שבירה שונה במעט ולכן לפי חוק סנל כל צבע ישבר בזווית שהיא שונה במעט ותוצר הפרדה בין הצבעים השונים.

ב. חוק סנל: $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ האור מגיעה מהמנסרה שמקדם השבירה שלה עבור אור אדום הוא 1.4. זווית הפגיעה היא 40° (שרטוט) ומקדם השבירה של האוויר הוא 1:

$$1.4 \sin 40 = \sin \theta_2 \Rightarrow \theta_2 = 64.15^\circ$$

זווית השבירה ביציאה מהמנסרה היא 64.15°

ג. נחשב מהי הזווית הקריטית עבור האור הסגול:

$$\theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{n_2}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1.6}\right) = 38.68^\circ$$

כלומר מתקיימת זווית החזרה מלאה והאור הסגול אינו יוצא מהמנסרה.

ד. נמצא מהו מקדם השבירה של האור הצהוב:

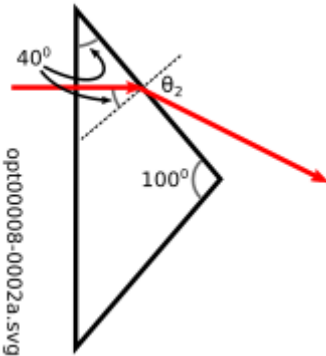
$$n_{\text{yellow}} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{\sin 84}{\sin 40}$$

$$n_{\text{yellow}} = 1.55$$

מקדם השבירה של האור הצהוב הוא 1.55.

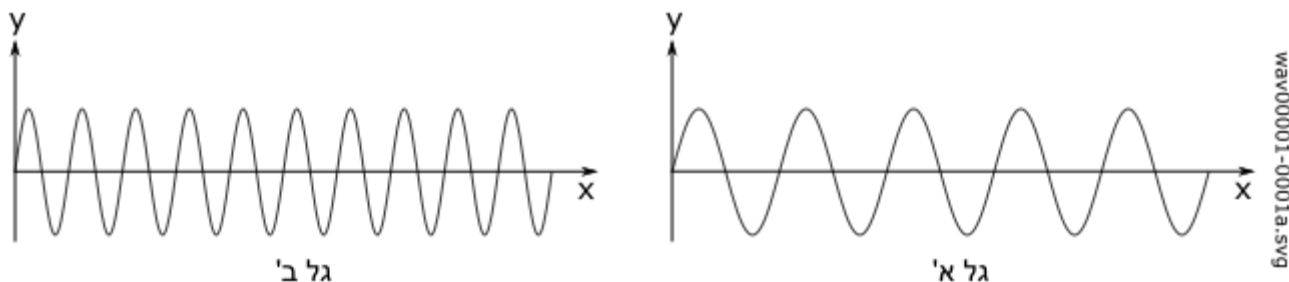
ה. מאחר וההפרש בין מקדמי השבירה קטן:

- סטיית האלומה תקטן ביחס למצב הקודם ואורך הקטע המוקרן יקטן
- האור הסגול יראה כי הזווית הקריטית היא כעת 58° .



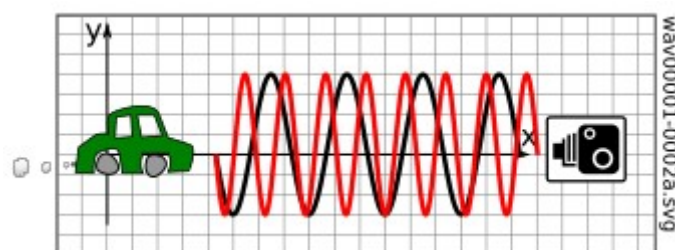
שאלה 7

א. בהתייחס לשני השרטוטים הנתונים.



תרשים 1

- i. **לא נכון**, לשני הגלים מהירות שווה כי הם נעים באותו תווך.
 - ii. **נכון**, נתון גרף העתק-מקום וניתן לראות שהמרחק בין שני שיאים ב-א גדול מזה שב-ב.
 - iii. **לא נכון**, לגל א אורך גל גדול יותר אך לשני הגלים אותה מהירות ולכן לפי $f = \frac{v}{\lambda}$ התדירות תגדל.
 - iv. **לא נכון**, לשני הגלים אותה משרעת ולכן לשניהם עצמה זהה.
- בסעיפים הבאים יש להביא בחשבון את אפקט דופלר והשימוש בו, כמפורט בתחילת השאלה.



תרשים 2

- ב. כאשר הגל פוגע במכונית בעודה מתקרבת לכוון מכשיר המדידה אורך הגל מתקצר. ראו את הגל האדום בתרשים 2

ג. עבור דוגמה זו:

- i. נשתמש שוב בקשר $f = \frac{v}{\lambda}$. אורך הגל נתון בשאלה, מהירות הגל עבור האור היא מהירות האור ולכן:

$$f_{570} = \frac{c}{570 \text{ nm}} = 5.260 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$f_{590} = \frac{c}{590 \text{ nm}} = 5.085 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

- ii. הגלקסיה מתרחקת מכדור הארץ מאחר ואורך הגל גדל בהגיעו לכדור הארץ ביחס לגודלו בעת שעזב את הגלקסיה. תופעה זו נקראת הסחה לאדום.

שאלה 8

א. נרשום את נוסחת גאוס כך $\frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u}$ כאשר f הוא רוחק המוקד u מרחק העצם מהעדשה ו- v מרחק הדמות מהעדשה.

לכן בגרף של ההופכים נקודת החיתוך עם הציר האנכי היא ההופכי למרחק המוקד: $f = 1/20 = 0.05_m = 5_{cm}$
מרחק המוקד הוא 5 ס"מ.

ב. מאפייני הדמויות:

- סוג הדמות – בעדשה מרכזת כל דמות המתקבלת מעצם שמרחקו גדול ממרחק המוקד היא ממשית.
- כוון הדמות – דמות ממשית היא הפוכה ומדומה היא ישרה.
- גודל הדמות – ניתן לחישוב על ידי $m = \frac{v}{u} = \frac{1/u}{1/v}$ כאשר ערך גדול מאחד משמעו הגדלה.

הנקודה	סוג הדמות		כיוון הדמות		גודל הדמות	
	ממשית	מדומה	ישרה	הפוכה	מוגדלת	מוקטנת
B	X			X		X
C	X			X	X	
D		X	X		X	

ג. נמצא את מרחק העצם והדמות בנקודה C על פי הגרף, נחשב את ההגדלה ואת גודל הדמות:

$$u = 8_{cm}, \quad v = 13.3_{cm}, \quad h_0 = 3_{cm}, \quad m = \frac{v}{u} = \frac{13.3}{8} = 1.66 \Rightarrow h_i = m \cdot h_o = 3 \cdot 1.66 \approx 5_{cm}$$

שימו לב שהנתון בשאלה הוא קוטר העדשה ולא רדיוסה.

