

פיזיקה י"א, פתרון מתכונת שנייה 2015

פרק ראשון – מכניקה

שאלה 1

א. בהתייחס לגרף המתון:

i. כיוון הזריקה הוא אנכית מעלה מאחר והכדור נע תחילה במהירות שגודלה קטן, נעצר ואז נע במהירות שגודלה גדל. סדר זה מתאים לגוף הנזרק מעלה במהירות התחלתית ונגד כיוון התאוצה.

ii. 320 מטר מאחר ועל פי הגרף הנקודה בה מהירות הכדור מתאפסת, כלומר הוא נעצר כתוצאה מתאוצת הכבידה, היא הנקודה $t = 2_{sec}$ וגובה הכדור בה הוא $y = 320_m$.

iii. כעבור 10 שניות מרגע זריקתו מאחר והכדור מפסיק את תנועתו כלפי מטה ומגיע לגובה אפס בזמן $t = 10_s$.

ב. הגוף נע בתנועה שוות תאוצה, בתאוצה $-g$. מרגע זריקתו ועד שיא הגובה העתקו של הכדור הוא 20 מטר. נציב נתונים אלו במשוואה המקוצרת למציאת מהירותו של גוף בתאוצה קבועה:

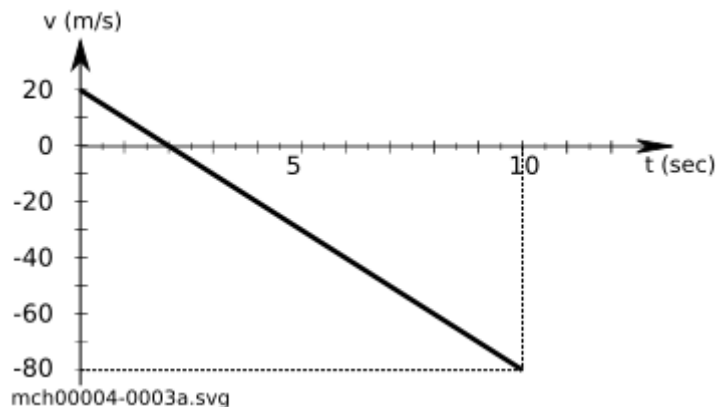
$$v^2 = v_0^2 + 2a \Delta y$$

$$0 = v_0^2 - 2 \cdot 10 \cdot 20$$

$$v_0 = 20_{m/s}$$

מהירותו ההתחלתית של הכדור היא 20 מטר לשנייה כלפי מעלה.

ג. להלן הגרף:



ד. הזמן יהיה זהה לזמן נפילתו של הכדור בניסוי הראשון מאחר ותאוצת הנפילה החופשית אינה תלויה במסת הגוף ומאחר ונתון שמהירותם ההתחלתית של שני הכדורים זהה.

ה. מהירותו של הכדור בניסוי השלישי תהייה זהה למהירות פגיעתו של הכדור בניסוי הראשון. נתון שניתן להזניח את החיכוך לכן הכדור בניסוי הראשון, עלה לשיא הגובה וחזר לגובה ממנו יצא (300 מטר) במהירות שגודלה זהה למהירות יציאתו אך הפוכה בכיוון, כלומר כלפי מטה. לפי התיאור של הניסוי השלישי מהירות זו היא בדיוק המהירות שנתנה לכדור בניסוי זה ומאחר והתאוצה הפועלת על שני הכדורים זהה הם יפגעו בקרקע במהירות זהה.

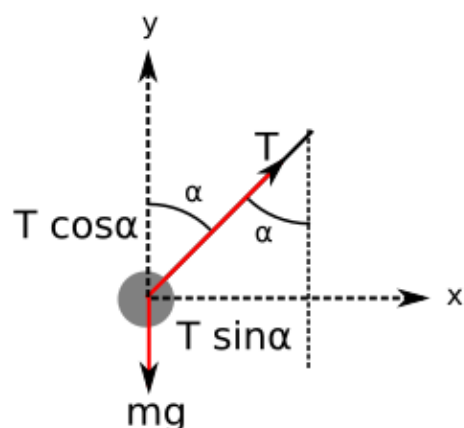
שאלה 2

א. הכדור אינו נמצא בשווי משקל בציר האופקי מאחר ופועל עליו שקול כוחות שונה מאפס. בציר האנכי לעומת זה הכדור בהתמדה. נרשום את משוואות הכוחות בהתאם. נבחר את הכיוון מעלה וימינה ככיוון החיובי של צירי התנועה.

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = ma$$

$$T \cos \alpha = mg \quad T \sin \alpha = ma$$

נחלק את המשוואות אחת בשנייה ונקבל את תאוצת הכדור: $a = g \tan \alpha$
מאחר והכדור נייח ביחס לקרונית, תאוצה זו מבטאת גם את תאוצתה של הקרונית.
מ.ש.ל



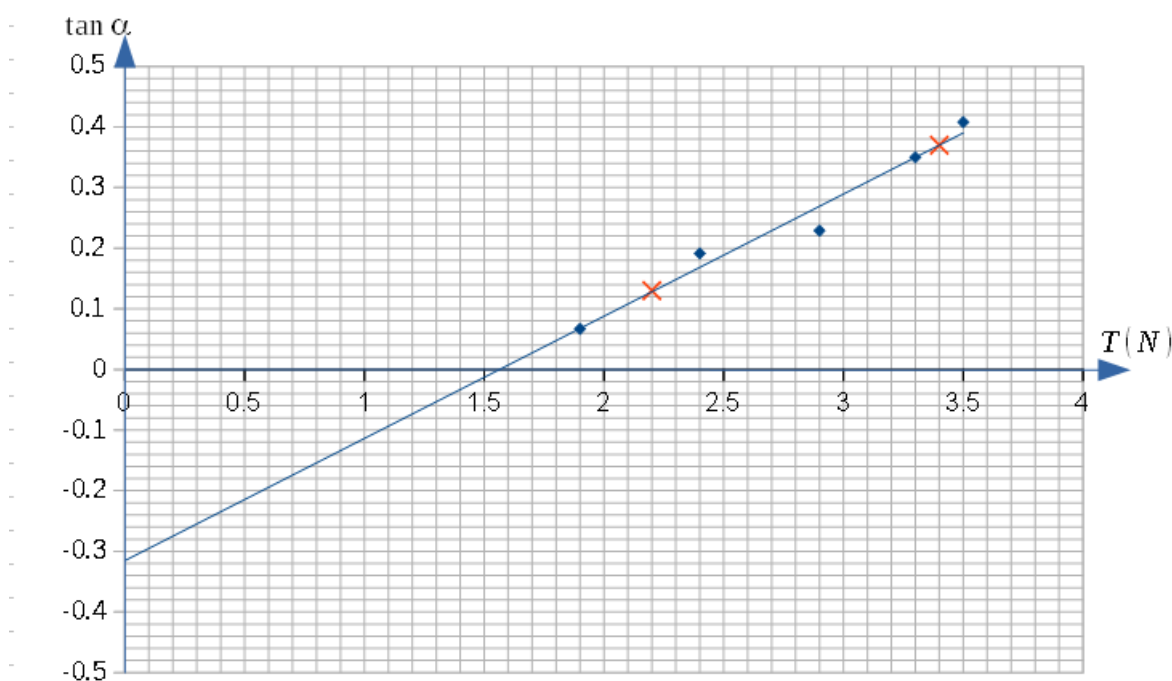
mch00005-0006a.svg

ב. נעבד את נתוני הניסוי

i. נשלים את הטבלה:

מדידה מספר	1	2	3	4	5
$T(N)$	1.9	2.4	2.9	3.3	3.5
$\alpha(^{\circ})$	4.0	10.8	15.6	19.3	22.2
$\tan \alpha$	0.07	0.19	0.28	0.35	0.41

טנגס זווית הטיית הכדור כתלות במתיחות בחוט

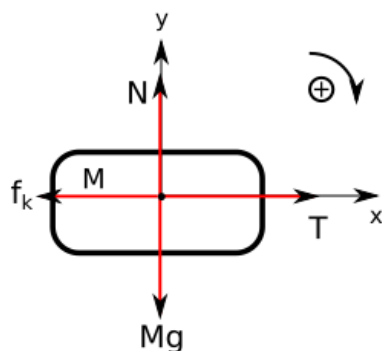


mch00005.ods

הערה: כדאי להתחיל את שרטוט הגרף בראש העמוד על מנת שבמקרה הצורך ניתן יהיה להמשיכו לכוון השלילי של הציר האנכי.

ii. נשרטט את תרשימי הכוחות המבוקשים ונפתח את הביטוי לטנגס הזווית.

שני הגופים מאיצים בתאוצה שווה מאחר והחוט בניהם הוא בעל מסה זניחה ואינו משנה את אורכו. נקבע את הכוון החיובי של המערכת להיות עם כוון התנועה כלומר ימינה לעגלה ומטה למשקולת. על פי החוק השני של ניוטון עבור העגלה:



mch00005-0007a.svg

$$\begin{aligned} \sum F_x &= Ma & \sum F_y &= 0 \\ T - f_k &= Ma & N &= Mg \\ f_k &= N\mu & \tan \alpha &= \frac{T}{Mg} - \mu \end{aligned}$$

נציב את הביטוי שקיבלנו לתאוצה בסעיף א ואת כוח החיכוך: $\tan \alpha = \frac{T}{Mg} - \mu$ ונקבל את הביטוי המבוקש:

הקשר שהתקבל הוא לינארי בין T לבין $\tan \alpha$ על פי התבנית הבאה:

$$\tan \alpha = \frac{1}{Mg} T - \mu$$

$$Y = AX + B$$

ג. נחלץ מהגרף את השיפוע מתוך שתי הנקודות המסומנות בצלב:

$$A = \frac{0.37 - 0.13}{3.4 - 2.2} = 0.21/N$$

ואת נקודת החיתוך עם הציר האנכי $B = -0.32$ (חסר יחידות).

i. מהשיפוע נמצא את מסת העגלה: $A = 0.2 = \frac{1}{Mg} \Rightarrow M = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ kg}$

ii. ונקודת החיתוך עם הציר האנכי שווה למקדם החיכוך בסימן שלילי: $-\mu = -0.32 \Rightarrow \mu = 0.32$

שימו לב: הגרף חותך את ציר המתיחות כאשר $\tan \alpha = 0$ שמשמעותו $\alpha = 0$ כלומר הכדור מאונך כלומר אין תאוצה המערכת בהתמדה, הכוח המופעל על ידי המשקולת שווה לכוח החיכוך.

ד. לפי סעיף א' ובהצבת הנתונים שבעמודה הראשונה שבטבלה נקבל את תאוצת המערכת במצב

$$a = g \tan \alpha = 10 \tan 4 = 0.70 \text{ m/s}^2 \text{ זה:}$$

כלומר תאוצה של **0.70 מטר לשנייה בריבוע ימינה.**

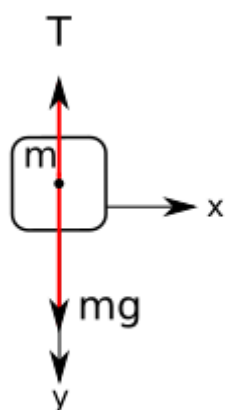
נמצא ביטוי למס m מתוך תרשימי הכוחות שמאל:

$$\begin{aligned} \sum F_y &= ma \\ mg - T &= ma \\ T &= m(g - a) \end{aligned}$$

$$m = \frac{T}{g - a} = \frac{1.9}{10 - 0.7} = 0.204 \text{ kg}$$

ונחלץ את מסת המשקולת: 0.204 kg

מסת המשקולת היא 204 גרם.



mch00005-0007a.svg

שאלה 3

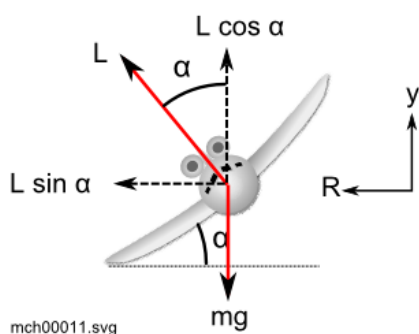
א. הכוח שמקיים את התנועה המעגלית הוא הרכיב האופקי של כוח העילוי $L \sin \alpha$.
 ב. נרשום את החוק השני עבור המטוס:

$$\sum F_R = m a_R \quad \sum F_y = 0$$

$$L \sin \alpha = m \frac{v^2}{R} \quad L \cos \alpha = mg$$

נחלק את המשוואות ונקבל ביטוי לרדיוס:

$$\tan \alpha = \frac{v^2}{g R} \Rightarrow R = \frac{v^2}{g \tan \alpha} \quad [1]$$



נתון שמהירות המטוס $v = 480 \text{ km/h} = 133.33 \text{ m/s}$ ולכן: $R = \frac{133.33^2}{10 \tan 40} = 2119 \text{ m} = 2.12 \text{ km}$

ג. הקשר בין המהירות המשקית למהירות הזוויתית נתון על ידי: $v = \omega r$ כלומר $\omega = \frac{v}{r} = \frac{133.33}{2119} = 0.063 \text{ rad/sec}$

ד. זמן המחזור נתון על ידי: $\omega = \frac{2\pi}{f} = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{0.063} = 99.7 \text{ sec}$ כלומר המטוס ישלים סיבוב שלם ב 99.7 שניות.

ה. מהירות המטוס אינה נשארת קבועה מאחר וכוונה משתנה באופן קבוע למרות שגודלה אינו משתנה.

ו. הגרף מתאר את התלות בין הרדיוס לבין ריבוע המהירות המשקית. על פי הביטוי שפתחנו ב [1] יחס זה ניתן על ידי הקשר

הלינארי הבא: $R = \frac{1}{g \tan \alpha} v^2$ כלומר שיפוע הגרף הוא הביטוי $A = \frac{1}{g \tan \alpha}$ ומכאן שניתן למצוא את הזווית על ידי הצבת

השיפוע ב $\tan \alpha = \frac{1}{A g}$. נחשב את השיפוע מהגרף:

$$A = \frac{140 - 40}{1400 - 400} = 0.1 \text{ s}^2/\text{m} \Rightarrow \frac{1}{g \tan \alpha} = 0.1 \Rightarrow \tan \alpha = \frac{1}{0.1 \cdot 10} = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ$$

כלומר זווית ההטיה בחלק זה של הטיסה היא 45 מעלות מעל האופק.

ז. המטוס לא יוכל לטוס בזווית 90° מאחר ובמקרה זה לא יהיה קיים רכיב כוח שיוכל לאזן את כוח הכובד והמטוס היה נופל מטה ללא עילוי.

שאלה 4

א. - השטח מתחת לגרף הכוח כתלות במרחק (גרף א') מתאר את העבודה עבודה של הכוח השקול הנעשית על הקליע.

- השטח מתחת לגרף הכוח כתלות בזמן (גרף ב') מתאר את המתקף שהפעיל הקליע על בול העץ בעוברו דרכו.

ב. מהירותו של הקליע בתחילת התנועה היא אפס כך שהאנרגיה הקינטית ההתחלתית שלו היא אפס ומאחר והוא נורה אופקית אין שינוי במהלך תנועתו באנרגיה הפוטנציאלית שלו. לכן האנרגיה הקינטית ביציאה מהקנה תהיה שווה לסך העבודה שנעשתה

על הקליע בקנה וזאת על פי משפט עבודה אנרגיה. נחשב גאומטרית $\Delta E_k = W_{Total}$ את השטח מתחת לגרף א':

$$W_{Total} = S = \frac{(0.02 + 0.08)}{2} \cdot 500 = 25 \text{ J}$$

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 \quad v_f = ?, v_i = 0$$

$$\Rightarrow v_f = \sqrt{2 \frac{\Delta E_k}{m}}$$

$$m = 5_{gr} = 0.005_{kg}$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2 \cdot 25}{0.005}} = 100 \text{ m/s}$$

מהירות הקליע ביציאה מהקנה היא 100 מטר לשנייה ימינה.

ג. שטח כל משבצת הוא $S_{square} = 2.5_N \cdot 2_{ms} = 2.5_N \cdot 2 \times 10^{-3}_s = 5 \times 10^{-3}_{N \cdot sec}$

ד. תלמידה ספרה, במידת הדיוק האפשרית, 90 משבצות בין העקומה בגרף ב' ולבין ציר הזמן.

i. נכפיל את שטח משבצת בודדת במספר המשבצות $\Delta p = S_2 = 90 \cdot 5 \times 10^{-3} = 0.45_{N \cdot sec}$

השינוי בתנע הוא 0.45 ניוטון כפול שנייה לכיוון שמאל.

ii. נחשב את מהירות הקליע לאחר מעברו בקיר על פי הגדרת התנע:

$$-\Delta p = m \cdot v_f - m \cdot v_i \Rightarrow v_f = \frac{-\Delta p + m v_i}{m} = \frac{-0.45 + 0.005 \cdot 100}{0.005} = 10 \text{ m/s}$$

כלומר מהירותו של הקליע לאחר מעבר הקיר היא 10 מטר לשנייה ימינה.

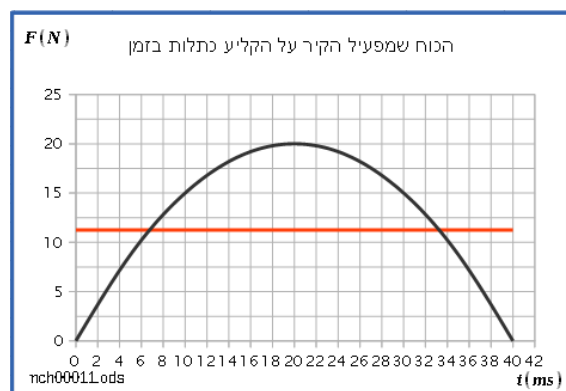
iii. גודל הכוח הממוצע ניתן על ידי חלוקת המתקף הכולל בפרק הזמן הכולל ולכן:

$$F = \frac{J}{\Delta t} = \frac{0.45}{40 \times 10^{-3}} = 11.25_N$$

הכוח הממוצע שפעל על הגוף בעוברו בקיר הוא 11.25 ניוטון שמאלה.

iv. הכוח הממוצע הוא הכוח הקבוע שעברו המתקף יהיה שווה למתקף

הנמדד בגרף.



שאלה 5

נתון $T_{Eros} = 95_{min} = 95 \cdot 60 = 5700_s$, $h_{Amos} = 35.86 \times 10^6$, $m_{Amos} = 961_{kg}$.

א. כוח הגרביטציה בין שני גופי שווה ל: $F_G = G \frac{mM}{r^2}$

רדיוס הסיבוב של עמוס שווה לרדיוס כדור הארץ (מדף הנוסחאות) ועוד גובה הלווין מעל פני כדור הארץ:

$$r_{Amos} = 6.38 \times 10^6 + 35.86 \times 10^6 = 4.254 \times 10^7_m$$

נציב במשוואה לכוח הגרביטציה ונקבל:

$$F_G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{961 \cdot 5.974 \times 10^{24}}{(4.254 \times 10^7)^2}$$

$$F_G = 212_N$$

ב. את תאוצתו של עמוס במסלולו ניתן למצוא על ידי חלוקת הכוח השקול הפועל על הלווין במסתו:

$$a = \frac{220}{961} = 0.22_{m/s^2}$$

ג. תנועה מעגלית על פי החוק השני של ניוטון:

$$\begin{aligned} \sum F_R &= m a_R \\ G \frac{mM}{r^2} &= m \frac{v^2}{r} \\ v &= \sqrt{G \frac{M}{r}} = \sqrt{6.67 \times 10^{-11} \frac{5.974 \times 10^{24}}{4.2 \times 10^7}} \\ v &= 3061_{m/s} \end{aligned}$$

מהירות הלווין 9.37×10^6 מטר לשנייה.

ד. זמן המחזור של ארוס והרדיוס של עמוס נתונים נמצא מתוך המהירות את זמן המחזור של עמוס:

$$\begin{aligned} v &= \frac{2\pi r}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi r}{v} \quad T = \frac{2\pi \cdot 4.254 \times 10^6}{3061} \\ T &= 8.73 \times 10^4_{sec} = 8.73 \times 10^4 / 3600 = 24.25_h \end{aligned}$$

מה משמעות זמן מחזור זה?

נחשב מהחוק השלישי של קפלר את רדיוסו של ארוס:

$$\begin{aligned} R_{Eros} &= \sqrt[3]{\frac{R_{Amos}^3 T_{Eros}^2}{T_{Amos}^2}} \quad R_{Eros} = \sqrt[3]{\frac{(4.254 \times 10^7)^3 (5700)^2}{(8.73 \times 10^4)^2}} \\ R_{Eros} &= 6.9 \times 10^6_m \Rightarrow h_{Eros} = R_{eros} - R_{earth} = 6.9 \times 10^6 - 6.38 \times 10^6 \\ h_{Eros} &= 5.2 \times 10^5_m = 520_{km} \end{aligned}$$

גובה הלווין ארוס הוא 520 ק"מ מעל פני כדור הארץ.

ה. מהירותו המשקית של ארוס A גבוהה מזו של עמוס מאחר וזמן המחזור שלו קטן משל עמוס והוא נע במסלול מעגלי בעל הקף

קטן יותר מאחר ורדיוסו קטן יותר.

ו. הביטוי הנכון הוא B מאחר ולווין נע בהשפעת כוח הכבידה בלבד כלומר הוא בנפילה חופשית ולכן תאוצתו שווה לתאוצת הנפילה

החופשית בגובה מסלולו.

פרק שני – אופטיקה גאומטרית וגלים

שאלה 6

א. גלים אלקטרומגנטיים יכולים להבדל ב:

i. תדירות הגל

ii. אורך הגל

ב. אורך הגל נתון על ידי $\lambda = \frac{v}{f}$ המהירות במקרה זה היא מהירות האור (דף נוסחאות) ולכן עבור התדירות הנתונה:

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{5 \times 10^{14}} = 6 \times 10^{-7} = 600 \times 10^{-9} = 600_{nm}$$

אורך הגל הוא 600 ננומטר.

ג.

הסבר	קטן	אינו משתנה	גדל	
בתווך מהירות האור קטנה לעומת מהירות בריק לפי $v = \frac{c}{n}$	X			מהירות האור במנסרה
תדירות הקרינה תלויה רק במקור ולכן אינה משתנה במעבר לתווך.		X		תדירות האור במנסרה
מאחר והתדירות קבועה והתדירות קבועה לפי $\lambda = \frac{v}{f}$ על אורך הגל לקטון.	X			אורך הגל של האור במנסרה

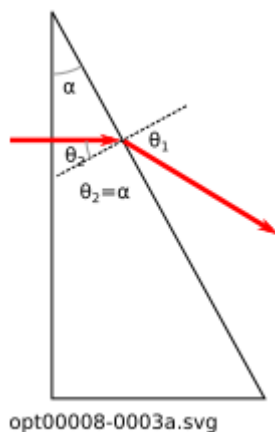
ד. לפי חוק סנל:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$n_1 = 1, \quad n_2 = 1.6, \quad \theta_2 = 30^\circ$$

$$\sin \theta_1 = 1.6 \sin 30^\circ$$

$$\theta_1 = 53.31^\circ$$



ה. העברה תתקיים כל עוד זווית הפגיעה קטנה מהזווית הקריטית בין הזכוכית לאוויר.

נחשב את הזווית הקריטית: $\theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1.6}\right) = 38.68^\circ$ ומאחר וזווית הפגיעה שווה לזווית הראש במנסרה זוהי גם הזווית

המרבית שבה יועבר אור מהמנסרה לאוויר.

שאלה 7

ו. העדשה היא מפזרת ואורך המוקד שלה הוא 10 ס"מ ($f = \frac{1}{C} = \frac{1}{-10} = -0.1_m = -10_{cm}$).

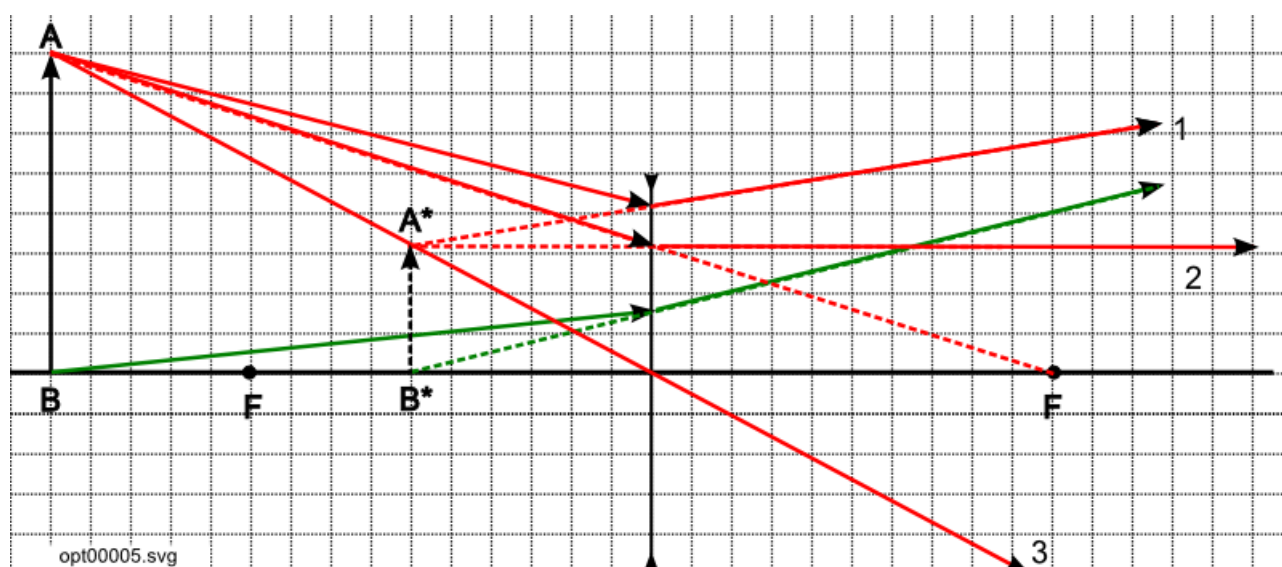
נשתמש בנוסחת גאוס לחישוב מיקום הדמות:

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{-10} - \frac{1}{15} \Rightarrow v = -6_{cm}$$

הדמות תיוצר במרחק של 6 ס"מ משמאל לעדשה (בצד העצם). הדמות היא מדומה, ישרה ומוקטנת.

ז. התרשים:



i. הקרניים היוצאות מראש העצם מסומנות באדום וממוספרות 1-3. הקרניים 2 ו-3 יכולות לעזור בשרטוט מדויק של הדמות מעבר לשימוש בקנה מידה אך שימו לב שקרן 3 אינה נשברת בעדשה אלא רק עוברת דרכה מבלי להישבר.

ii. הקרן היוצאת מתחתית העצם **ונשברת** במראה מסומנת בירוק.

ח. על פי נוסחת ההגדלה: $m = \frac{|v|}{u} = \frac{6}{15} = 0.4$ ולכן גובה הדמות יהיה 3.2 ס"מ על פי: $h_i = m h_o = 0.4 \cdot 8 = 3.2_{cm}$.

ט. לא התקבלה דמות מאחר והדמות היא מדומה ולא ניתן לראותה על גבי מסך (אין אנרגיה בנקודת היוצרות הדמות). התלמידה רואה את הדמות מאחר והעדשה שבעינה מרכזת את הקרניים היוצרות את הדמות המדומה כך נוצרת דמות ממשית על גבי הרשתית אותה רואה התלמידה.

שאלה 8

א. הפולס מתקדם שמאלה מאחר ונקודה C בירידה מאחר ועברה כבר בשיא.
 ב. הפולס מגיע ממיתר כבד/אטי למיתר קל/מהיר לכן נקודת החיבור תתנהג חלקית כקצה משוחרר ולכן הפולס החוזר ימצא באותו כוון של שיווי המשקל כמו הפולס המקורי. הפולס המועבר יהיה בכל מקרה באותו כוון של שיווי המשקל כמו הפולס המקורי. בנוסף יתקדם הפולס המועבר לתווך המהיר יותר מהר ביחס לפולס השני וימצא במרחק גדול יותר מהצומת מאשר חברו. לא ניתן לדעת בוודאות מה היחס בין המשרעות אך בכל מקרה הן יהיו נמוכות מהמשרעת של הפולס המקורי כך שסכומם שווה לה.



ג. נתון $L=2\text{m}$, $f=24\text{Hz}$. ניתן לספור בשרטוט 6 נקודות קמר.

i. אורך המיתר כפונקציה של אורך הגל המתקדם במיתר נתון על ידי $L=n\frac{\lambda}{2}$ $n=1,2,3,\dots$

נציב את הנתונים: $\lambda=2\frac{L}{n}\Rightarrow\lambda=\frac{2\cdot 2}{6}=0.67\text{m}$

אורך הגל העומד: $\lambda_{\text{Standing}}=0.67\text{m}$.

ii. תדירות הגל ואורך הגל קשורים דרך מהירות הגל על פי: $f=\frac{v}{\lambda}\Rightarrow v=\lambda f=0.67\cdot 24=16\text{m/s}$

ד. על פי הקשרים לעיל:

מספר	תצלום הגל	מספר נקודות הקמר	אורך הגל המתקבל במיתר (m)	תדירות מחולל התנודות (Hz)
1		1	4	4
2		2	2	8
3		3	1.33	12
4		4	1	16