

שאלה 1

א. תנועת הכיסא היא מואצת מאחר ועל פי דיאגרמת הפיזור הנתונה שיפוע גרף מקום-זמן אינו קבוע, כלומר מהירות הגוף משתנה ולכן חייבת להיות לו תאוצה.

ב. נחשב את המהירות הרגעית על ידי חישוב המהירות הממוצעת לשתי הנקודות הסמוכות לנקודות המדוברות.

$$\bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \text{ כאשר } x_1 \text{ הוא ההעתק של הנקודה הקודמת לנקודה המדוברת ו- } x_2 \text{ הנקודה העוקבת לה.}$$

את נתוני הנקודות נקרא מתוך הטבלה (ניתן לעשות זאת מאחר ואנו מעוניינים במהירות הרגעית לנקודה ספציפית) ולכן:

$$v_{0.36} = \frac{0.204 - 0.095}{0.4 - 0.32} = 1.36 \text{ m/s} \quad v_{0.80} = \frac{0.822 - 0.756}{0.84 - 0.76} = 0.825 \text{ m/s}$$

ג. נתוני הנקודה C :

i. השיפוע בנקודה $t = 0.52_{\text{sec}}$ הוא מרבי ביחס לכל הנקודות האחרות בגרף ולכן המהירות בנקודה זו היא הגבוה ביותר.

$$\text{ii. נחשב מהירות זו כמו בסעיף הקודם } v_{0.52} = \frac{0.473 - 0.327}{0.56 - 0.48} = 1.83 \text{ m/s}$$

ד. המעבר בין שתי הקטעים בעלי התאוצות הקבועות קורה גם כן בנקודה C מאחר וגרף נראה שבנקודה זו משתנה השיפוע.

$$\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} : C \text{ : נחשב את התאוצות הממוצעות בין הנקודות שמצאנו בסעיף ב' לבין הנקודה C}$$

$$a_I = \frac{1.83 - 1.36}{0.52 - 0.36} = 2.94 \text{ m/s}^2 \quad a_{II} = \frac{0.825 - 1.83}{0.8 - 0.52} = -3.59 \text{ m/s}^2$$

והשנייה נגד כוון זה.

ii. ניתן להגדיל את דיוק חישוב התאוצות על ידי שרטוט גרף מהירות-זמן של כל הנקודות שבטבלה וחישוב שיפוע הגרף. יש לעשות פעולה זו פעמים עבור כל אחד מקטעי התאוצה השונים. בקטע הראשון יש להתחיל את החישוב החל מ $t = 0.08_{\text{sec}}$ שהוא הרגע בו התחיל הכיסא לנועה בפועל.

ה. המהירות ממוצעת נתונה על-ידי: $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ נחשב אותה עבור הקטע שבו הכיסא היה בתנועה החל מ $t = 0.08_{\text{sec}}$:

$$\bar{v} = \frac{0.858}{0.88 - 0.08} = 1.073 \text{ m/s}$$

i. השיפוע בנקודה $t = 0.88_{\text{sec}}$ עדיין שונה מאפס ולכן הכיסא עדיין לא נעצר שם. נחשב את מהירותו ב $t = 0.90_{\text{sec}}$ באמצעות המשוואה לחישוב המהירות בתנועה בתאוצה קבועה, באמצעות התאוצה של הקטע שחישבנו והמהירות ההתחלתית של הקטע שהיא המהירות ב- C .

$$v = v_0 + a \Delta t \quad \text{המהירות עדיין כלפי ימין.} \quad v_{.90} = 1.83 - 3.59(0.9 - 0.52) = 0.466 \text{ m/s}$$

שאלה 2

א. על מנת לתאר את תנועת המערכת עלינו לחשב את תאוצתה בכל אחד משלבי התנועה. מאחר ונתון שמסת החוטים זניחה ומאחר ואורכם קבוע, נתייחס אל שני הגופים כאל מערכת אחת. שקול הכוחות הפועל על המערכת נתון על ידי:

$$\sum F = F + mg - Mg \sin \alpha$$

על פי החוק השני של ניוטון:

$$a = \frac{\sum F}{m_{total}} = \frac{F + mg - Mg \sin \alpha}{m + M}$$

נחש את התאוצה לשני הקטעים.

$$a_I = \frac{20 + 20 - 60 \cdot 0.5}{2 + 6} = 1.25 \text{ m/s}^2 \quad a_{II} = \frac{20 + 10 - 30}{8} = 0$$

לכן בחלק הראשון של התנועה מתחילת התנועה ועד 4 שניות הקרונית נעה בתאוצה קבועה ימינה וגודל מהירותה גדל. בחלק השני של התנועה הקרונית נעה ימינה ללא תאוצה כלומר היא מתמידה במהירות שבה סיימה את הקטע הראשון.

ב. תאוצת הקרונית קבועה בכל הקטע הראשון לכן נשתמש במשוואת מקום-זמן בתאוצה קבועה. $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ כאשר

$$\text{נתון } x = \frac{1}{2} 1.25 \cdot 4^2 = 10_m, \text{ ולכן } t = 4_{sec}, a = 1.25_{m/s^2}, v_0 = 0$$

כלומר הקרונית תמצא במעלה המדרון מרחק 10 מטר מהנקודה בה התחילה לנועה.

ג. מהירותה של הקרונית אינה משתנה בחלק השלישי של התנועה ולכן תהייה זהה לזו שבגמר שלב ההאצה. על פי אותם שיקולים כמו בסעיף ב: $v = v_0 + a t = 1.25 \cdot 4 = 5_{m/s}$ כלומר מהירותה 5 מטר לשנייה כלפי לימין.

ד. בשלב התנועה השלישי, לאחר הפסקת הכוח החיצוני מתהפך כוון שקול הכוחות כך שעל הקרונית פועל כוח שקול במורד המדרון שיגרום לקרונית להאט, לעצור (נתון שהמדרון ארוך) ולאחר מכן להגדיל את מהירותה כלפי מטה. לכן נשתמש במשוואת מקום-זמן עבור גוף בתאוצה שווה עם תנאי ההתחלה שהם מהירותה ומיקומה של הקרונית לאחר 6 שניות.

נחשב את מיקומה של הקרונית בזמן $t = 6_{sec}$ לאחר תנועה של 2 שניות במהירות 5 מטר לשנייה.

$$\begin{aligned} x &= x_0 + v_0 t \\ x_0 &= 10_m, t = 2_{sec}, v_0 = 5_{m/s} \\ x &= 10 + 5 \cdot 2 = 20_m \end{aligned}$$

$$a_{III} = \frac{mg - Mg \sin \alpha}{m + M} = \frac{20 - 30}{8} = -1.25_{m/s^2} \quad \text{נחשב את התאוצה בירידה:}$$

$$\begin{aligned} x &= 0, x_0 = 20_m, v_0 = 5_{m/s}, a = -1.25_{m/s^2} \\ 0 &= 20 + 5t - \frac{1}{2} 1.25 t^2 \Rightarrow t_1 = 10.93_{sec}, t_2 < 0 \end{aligned} \quad \text{נחשב את הזמן בו הקרונית תחזור לנקודת המוצא}$$

כלומר הקרונית הגיע לנקודת המוצא 10.93 שניות לאחר הפסקת הכוח החיצוני.

שאלה 3

א. הכוח הפועל הוא קבוע למקוטעין לכן על פי החוק השני של ניוטון התאוצה בכל קטע היא קבועה ושווה ל- $a = \frac{\sum F}{m}$.

נקרא את ערך הכוח מתוך הגרף ונחשב את התאוצה בכל קטע:

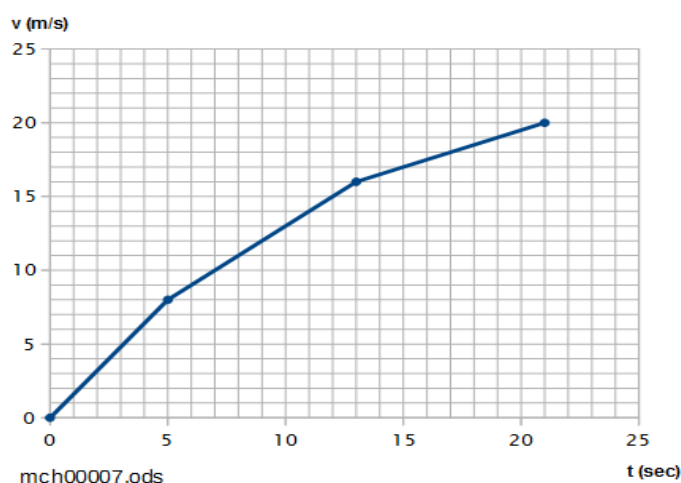
$$a_1 = \frac{8}{5} = 1.6 \text{ m/s}^2 \quad a_2 = \frac{5}{5} = 1 \text{ m/s}^2 \quad a_3 = \frac{2.5}{5} = 0.5 \text{ m/s}^2$$

מאחר והתאוצה קבועה נוכל לחשב את פרק הזמן הנחוץ לגוף להגיע לכל אחת מהמהירויות שבגרף בתאוצות שמצאנו על פי

$$v = v_0 + at$$

$$\Delta t_1 = \frac{8-0}{1.6} = 5_{\text{sec}} \quad \Delta t_2 = \frac{16-8}{1} = 8_{\text{sec}} \quad \Delta t_3 = \frac{20-16}{0.5} = 8_{\text{sec}}$$

והגרף המתקבל:



ב. הגוף החל את תנועתו ממנוחה ולכן כל האנרגיה הקינטית שרכש ב-5 שניות מקורן בעבודת שקול הכוחות, לכן:

$$W = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 8^2 = 160_J$$

עבודת הכוח השקול היא 160 ג'אול לכוון התנועה.

ג. על פי הגדרה האנרגיה הקינטית נתונה על ידי: $E_k = \frac{1}{2} m v^2$

נחלץ את המהירות מגרף המהירות שהתקבל: $v_{10} = 13 \text{ m/s}$ ולכן האנרגיה בזמן 10 שניות שווה $E_k = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 13^2 = 422.5_J$.

ד. לפי משפט מתקף תנע $J = \Delta P$. נחלץ מהגרף את המהירויות בקצוות פרק הזמן שבשאלה $v(3) = 5 \text{ m/s}$, $v(11) = 14 \text{ m/s}$.

ואז על פי הגדרת התנע $J = m v_f - m v_i = 5(14 - 5) = 45_{N \cdot \text{sec}}$. הכוח הפעיל על הגוף מתקף של 45 ניוטון שנייה בכוון תנועתו של הגוף.

ה. הכוח הממוצע ניתן לחישוב על ידי חלוקת המתקף הכולל בפרק הזמן הכולל או משקלול ערכי הכוח באמצעות פרקי הזמן

$$\text{שבהן הן פעלו. } J_{\text{total}} = m v_{\text{final}} = 5 \cdot 20 = 100_{N \cdot \text{sec}} \Rightarrow F = \frac{J_{\text{total}}}{t_{\text{total}}} = \frac{45}{21} = 4.76_N$$

(גרסה 1.31)

שאלה 4

$$m_1 = 60_g = 0.06_{kg} \quad m_2 = 20_g = 0.02_{kg} \quad r = 20_{cm} = 0.2_m \quad \text{נתון}$$

נחשב את מהירות הכדור A לפני ההתנגשות. בתנועה לאורך PQ כל הכוחות הפועלים הם משמרים או שהם מאונכים לכוון

$$m g h_p = \frac{1}{2} m v_Q \Rightarrow v_Q = \sqrt{2 g h_p} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0.2} = 2_{m/s} \quad \text{התנועה ולכן ניתן להשתמש בחוק שימור האנרגיה המכנית.}$$

בהתנגשות פועלים רק כוחות פנימיים ולכן התנע נשמר. ההתנגשות היא פלסטית ולכן $u_1 = u_2 = u$ וחד ממדי. לכן נרשום:

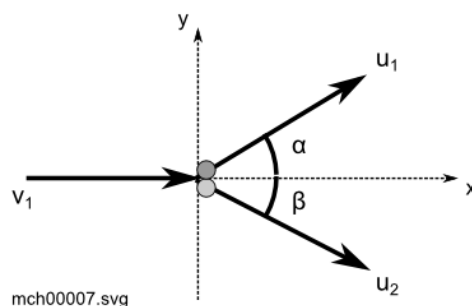
$$\begin{aligned} m_1 v_1 &= m_2 v_2 = m_1 u_1 + m_2 u_2 \\ m_1 v_1 &= (m_1 + m_2) u \\ u &= \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2} = \frac{0.06 \cdot 2}{0.06 + 0.02} = 1.5_{m/s} \end{aligned}$$

לשני הכדורים מהירות של 1.5 מטר לשנייה ימינה.

ב. מהירותו של כדור A לפני ההתנגשות עדין כמו בסעיף הקודם. כל הכוחות הפועלים הם פנימיים ולכן גם כאן התנע נשמר. ההתנגשות הפעם היא במישור ולכן נרשום את חוק שימור התנע על פי רכיביו:

נעזר בשרטוט:

$$\begin{aligned} m_1 v_1 &= m_1 u_1 \cos \alpha + m_2 u_2 \cos \beta \\ 0 &= m_1 u_1 \sin \alpha + m_2 u_2 \sin \beta \\ 0.06 \cdot 2 &= 0.06 \cdot 1.5 \cos 30 - 0.02 u_2 \cos \beta \\ 0 &= 0.06 \cdot 1.5 \sin 30 - 0.02 u_2 \sin \beta \\ u_2 \cos \beta &= \frac{0.12 - 0.27}{-0.02} = 7.5_{m/s} \\ u_2 \sin \beta &= 3.9_{m/s} \\ \tan \beta &= 0.52 \\ \beta &= 27.47^\circ \quad u_2 = 8.45_{m/s} \end{aligned}$$



מהירותו של כדור B לאחר ההתנגשות היא 8.45 מטר לשנייה בזווית 27.47 מעלות מתחת לציר האופקי.

הערה: בשאלה נכתב בטעות כי ההתנגשות אלסטית במקום אי-אלסטית, ולכן מלא הנקודות ניתנו לכל מי שפתר סעיף זה באמצעות רכיב אחד של התנע וחוק שימור האנרגיה. לעומת זאת לא ניתנו כל הנקודות למי שהשתמש בנוסחה $v_1 - v_2 = -(u_1 - u_2)$ מאחר ונוסחה זו נכונה רק להתנגשות חד ממדית.

ג. ההתנגשות אלסטית חד ממדית ולכן על פי שימור התנע ושימור האנרגיה מתקיים:

$$\begin{aligned} v_1 - v_2 &= -(u_1 - u_2) \\ v_1 m_1 &= m_1 v_1 + m_2 v_2 \\ &\dots \\ v_1 &= 1.33_{m/s} \end{aligned}$$

כלומר המהירות פחתה מ 2 מטר לשנייה ל 1.33 מטר לשנייה עקב החיכוך.

ולכן העבודה שעשה כוח החיכוך שווה על פי משפט עבודה אנרגיה:

$$\begin{aligned} W &= \Delta E_k \\ W &= \frac{1}{2} m (v_s^2 - v_Q^2) = \frac{1}{2} 0.06 (1.33^2 - 2^2) = -0.07_J \end{aligned}$$

על פי הגדרת העבודה והגדרה של כוח החיכוך:

$$W = f_k \Delta X \cos 180$$

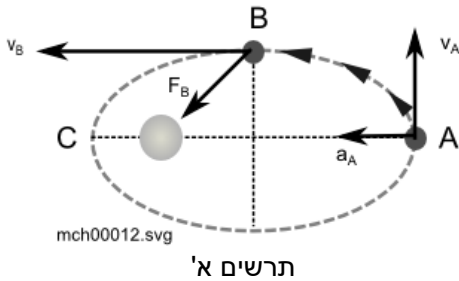
$$W = -mg\mu \Delta x \Rightarrow \mu = -\frac{W}{mg \Delta X} = -\frac{-0.07}{10 \cdot 0.06 \cdot 0.5} = 0.223$$

כלומר מקדם החיכוך הוא 0.223.

הערה: מקדם החיכוך תמיד יהיה קטן ממש (כלומר לא שווה) מאחד (מדוע?). לכן מי שקיבל ערך גדול מאחד יכל לדעת בוודאות שטעה וגם אם לא היה די זמן לתקן את הטעות מומלץ לציין שידוע לו שככול הנראה ישנה טעות.

שאלה 5

א. ראו שרטוט:



i. שני וקטורי המהירות משיקים לאליפסה בנקודות. המהירות ב- A קטנה מהמהירות ב- B מכוח החוק השני של קפלר הקובע שעל הישר המקשר את הכוכב ואת השמש לעבור גזרות שוות בזמנים שווים. לכן מאחר ומרחקו של הכוכב מהשמש ב- B קטן יותר, מהירותו שם צריכה להיות גדולה יותר.

ii. וקטור הכוח השקול נובע מכוח הכבידה שמפעילה השמש על הכוכב ולכן הוא פועל על הציר המחבר את מרכזי הגופים.

iii. על פי החוק השני של ניוטון כוון תאוצת הכוכב שווה לכוון הכוח השקול הפועל עליו ולכן גם היא מכוונת אל מרכז השמש.

ב. לאחר 25 שנה נוספות ימצא הכוכב אחרי הנקודה C מאחר ולפי א' מהירותו בכל נקודה בקטע BC גדולה ממהירותו בנקודה המקבילה בקטע AB ולכן בזמן קבוע (25 שנים) יעבור דרך ארוכה יותר.

ג.

i. החוק השלישי של ניוטון נתון על ידי: $T^2 = K R^3$.

נראה שלשלושה מהירחים קבוע K זהה ע"י שנחשב את היחס: $K = \frac{T^2}{R^3}$. מאחר ונתעניין ביחס בלבד ניתן להשתמש

ביחידות הנתונות בטבלה ללא המרות.

שם הירח	רדיוס סיבוב ממוצע ($\times 10^6 km$)	זמן מחזור (days)	$\frac{T^2}{R^3} \left(\frac{days^2}{(\times 10^6 km)^3} \right)$
אוברון	0.582648	13.4	$\frac{13.4^2}{0.582648^3} = 907.8$
אריאל	0.191260	2.52	$\frac{2.52^2}{0.191260^3} = 907.7$
מירנדה	0.129872	1.41	$\frac{1.41^2}{0.129872^3} = 907.6$
פוק	0.086004	0.76	$\frac{0.76^2}{0.086004^3} = 908$

לפי הטבלה ניתן לראות שלארבעת הירחים יחס זהה כמעט לחלוטין ולכן ניתן להסיק שארבעתם מקיימים את החוק.

ii. נשתמש בהנחה שהכוכב נע בתנועה מעגלית סביב השמש. נרשום את משוואת התנועה לכוכב על פי החוק השני של ניוטון כשהכוח המקיים את התנועה המעגלית הוא כוח הכבידה בין השמש לכוכב. נסמן את מסת הירח ב- m , את זמן המחזור של הירח ב- T , ואת מסת הכוכב ב- M . נפתח ביטוי עבור M :

$$\begin{aligned}\sum F_R &= m a_R \\ a_R &= \frac{v^2}{r} \quad v = \frac{2\pi r}{T} \\ G \frac{mM}{r^2} &= m \frac{v^2}{r} = m \frac{4\pi^2 r}{T^2} \\ M &= \frac{4\pi^2 r^3}{G T^2}\end{aligned}$$

נציב את נתוני אוברון מהטבלה:

$$M = \frac{4\pi^2 (0.582648 \times 10^9)^3}{G (13.4 \cdot (24 \cdot 3600))^2} = 8.7 \times 10^{25}_{kg}$$

ד. ציוני דרך באסטרונומיה:

i. חידושו העיקרי של קופרניקוס הוא בכך שטען שכדור הארץ אינו במרכז היקום אלא שהוא נע יחד עם כוכבי הלכת האחרים סביב השמש.

ii. קפלר בניגוד לקופרניקוס הניח שמסלולי הכוכבים סביב השמש אינם מעגליים אלא אליפטיים.

שאלה 6

א. את העדשה המרכזת ניתן לזהות לפי כך שהיא עבה יותר במרכז, ניתן להקרין את הדמות המתקבלת עליה על גבי מסך וכן הדמות הנראית בה תהייה הפוכה אם מרחיקים את העדשה מהעצם או ישרה אם מקרבים את העדשה לעצם. העדשה המפזרת לעומתה דקה במרכז, לא ניתן להקרין את הדמות הנוצרת בה והדמות שמתקבלת בה תמיד ישרה.

ב. ניתן למצוא את רוחק המוקד על ידי מדידת המרחק שבה מתקבלת דמות של עצם מרוחק יחסית מהעדשה. מאחר ובמקרה זה הקרניים המגיעות לעדשה הן בקרוב מקבילות והדמות תתקבל בקרוב מאד למוקד.

ג. על פי נוסחת גאוס $\frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u}$ ולכן נשרטט גרף של $\frac{1}{v}$ כתלות ב $\frac{1}{u}$. השיפוע של גרף זה אמור להיות תמיד שווה ל- -1

ולכן נתעניין בעיקר בנקודת החיתוך עם הציר האופקי שהיא שווה להופכי של רוחק המוקד.

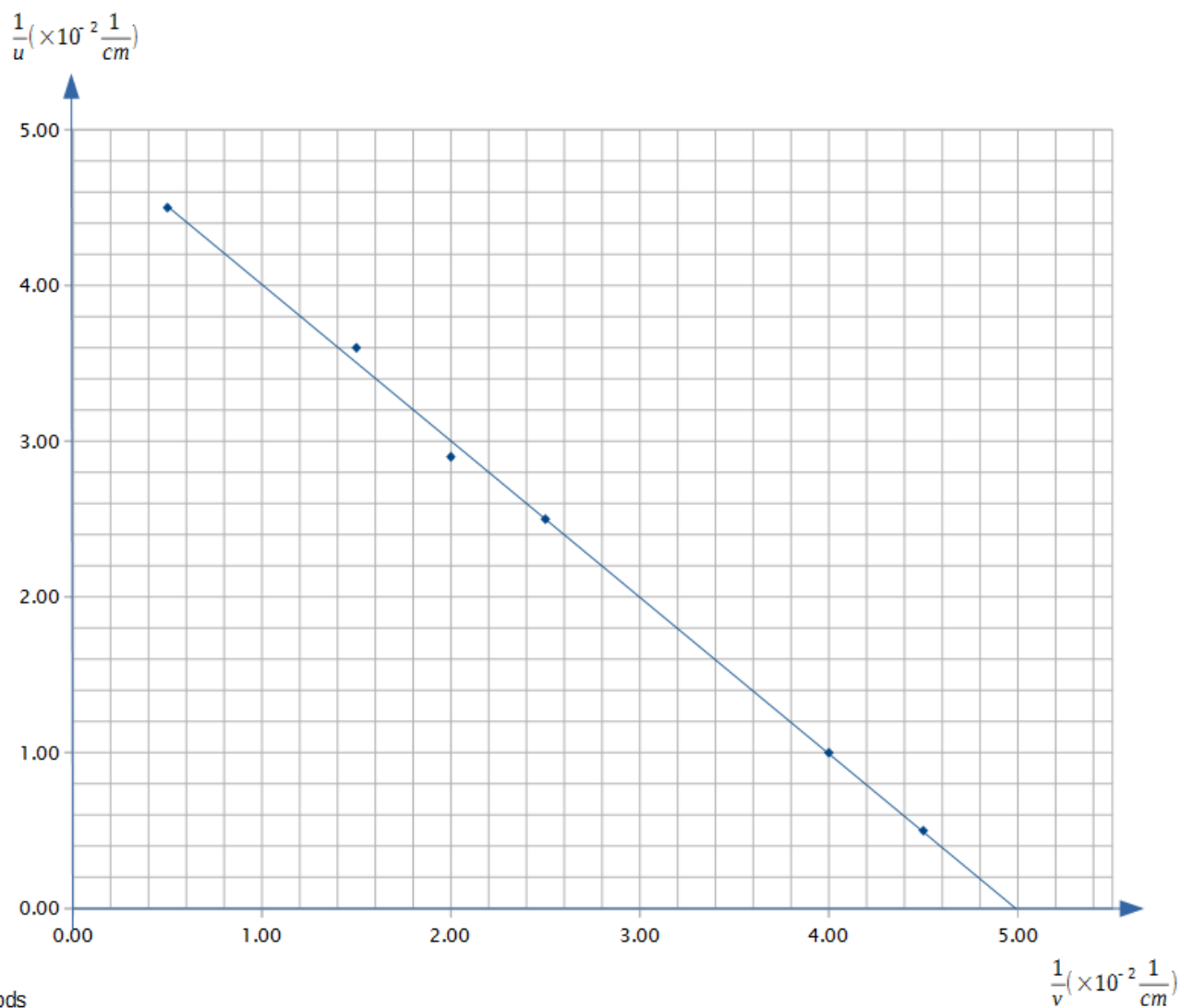
נמלא את הטבלה, יש להקפיד על מספר קבוע של ספרות דיוק גם כאשר הספר מסתיים באפס.

$u(cm)$	$v(cm)$	$\frac{1}{u}(\frac{1}{cm})$	$\frac{1}{v}(\frac{1}{cm})$
200	22	0.005	0.045
67	28	0.015	0.036
50	34	0.020	0.029
40	40	0.025	0.025
25	100	0.040	0.010
22	200	0.045	0.005

על פי הטבלה נשרטט גרף (בעמוד הבא) על גבי חצי עמוד לפחות.

מתוך הגרף נמצא שנקודת החיתוך עם הציר האופקי היא $0.05_{1/cm}$ ולכן רוחק המוקד של העדשה שווה 20 סנטימטר על פי:

$$f = \frac{1}{B} = \frac{1}{0.05} = 20_{cm}$$



opt00005.svg

עדשה שבורה

ד. בהנחה שהעדשה נשברה במקביל לציר האופטי שלה (ראו תרשים) התקבלו שני חלקים שלשניהם אותם רדיוסי עקמומיות וודאי ששניהם עשויים מחומר זהה ולכן גם רוחק המוקד של שני החלקים זהה. המצב דומה למצב בו מכסים חלק מעדשה על ידי חומר אטום ובכל זאת מתקבלת דמות מהעדשה אם כי בעצמה פחותה.

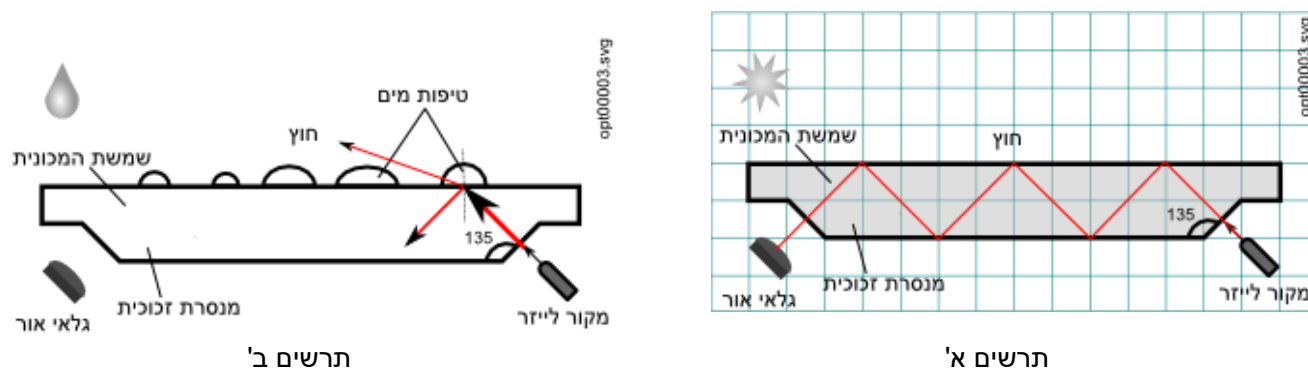
שאלה 7

א. הזווית הקריטית היא זווית השבירה המרבית למעבר אור מחומר בעל מקדם שבירה נמוך לחומר בעל מקדם שבירה גבוה. או הזווית המרבית עבורה תהייה שבירה במעבר אור בין חומר בעל מקדם שבירה גבוה לחומר בעל מקדם שבירה נמוך, מעבר לזווית זו תתקיים החזרה פנימית מלאה.

$$\theta_{c, glass/air} = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1.53}\right) = 40.81^\circ$$

הזווית הקריטית למעבר אור בין הזכוכית הנתונה והאוויר היא על פי חוק סנל:

ב. בכניסה למנסרה פוגעת האלומה בזווית 0° ולכן אינה נשברת. משיקולים גאומטריים האלומה פוגעת בדופן החיצונית של השמשה בזווית 45° , כשאין גשם, זווית הפגיעה גבוהה מהזווית הקריטית ולכן האלומה מוחזרת בהחזרה מלאה לעבר הדופן המקבילה של המנסרה פוגעת שם באותה זווית וכך עד ליציאתה בזווית אפס סמוך לגלאי – תרשים א'.



ג. במקרה שהשמשה רטובה, תרשים ב', גדלה הזווית הקריטית מאחר וקטן ההפרש בין מקדמי השבירה של שני החומרים:

$$\theta_{c, glass/water} = \sin^{-1}\left(\frac{1.33}{1.53}\right) = 60.38^\circ$$

מאחר וזווית הפגיעה לא השתנתה לא תתקיים הפעם החזרה מלאה. לכן חלקה

מהאלומה הפוגעת בשמשה ישבר על פי חוק סנל ויצא מחוץ לשמשה לעבר הטיפה וחלקה יוחזר על פי חוקי ההחזרה. החלק שיצא יפגע בחלקה החיצוני של הטיפה בזווית אפס ויצא ממנה. לכן תפחת עוצמת האור המגיע לגלאי והמערכת תזהה מצב זה כמצב שבו יורד גשם ותפעיל את המגבים.

בתיאור המלא של המערכת החלק שהוחזר מאזור הטיפה יוחזר בהחזרה מלאה מהמנסרה ואם יפגע שוב באזור רטוב של השמשה יחזור התהליך על עצמו. לכן המגבים יופעלו רק אם תחול ירידה משמעותית בעוצמת האור, כלומר רק כאשר השמשה רטובה ביותר מאשר טיפה בודדת.

ד. אור המפורש על ידנו כלבן מורכב למעשה מכל הצבעים בתחום האור הנראה. נפיצה של אור לבן היא תופעה שבה לכל אחד מהצבעים מקדם שבירה שונה במקצת. כתוצאה מכך אם תהייה שבירה ישבר כל אחד מהצבעים בזווית שונה במעט מהצבעים האחרים.

ה. במנסרה א' תהייה הפרדה משמעותית יותר של הצבעים מאחר ואלומת האור נשברת פעמיים לאותו כוון, הן בכניסתה למנסרה והן ביציאתה ממנה, בעוד שב-ב' אין שבירה בכניסה מאחר והאלומה פוגעת שם בזווית אפס מעלות.

שאלה 8

א. נמצא את המימדים של הגל:

i. משרעת הגל מוגדרת כהעתק המרבי של חלקיקי התווך ולכן על פי כל אחד משני התרשימים ניתן לקבוע שהמשרעת שווה ל

$$A = 0.2_m$$

ii. את אורך הגל נמצא על פי המרחק המזערי שבו חוזר הגל על עצמו בגרף העתק-מקום, תרשים א', ולכן אורך הגל הוא:

$\lambda = 0.4_m$. תדירות המקור שווה להופכי של זמן המחזור שלו. זמן המחזור של המקור שווה לזמן המחזור של כל נקודה

בתווך שנשוא את הגל הנוצר על ידי המקור. נמצא את זמן המחזור של הגל מתוך גרף העתק-זמן, תרשים ב', כזמן המזערי

$$\text{בו חוזר הגל על עצמו. במקרה זה: } T = 3.2_{\text{sec}} \text{ ולכן תדירות המקור היא: } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{3.2} = 0.31_{\text{Hz}}$$

ב. מהירות התקדמות הגל בתווך נתונה על ידי: $v = \lambda f$ ולכן: $v = 0.4 \cdot 0.31 = 0.124_{\text{m/s}}$

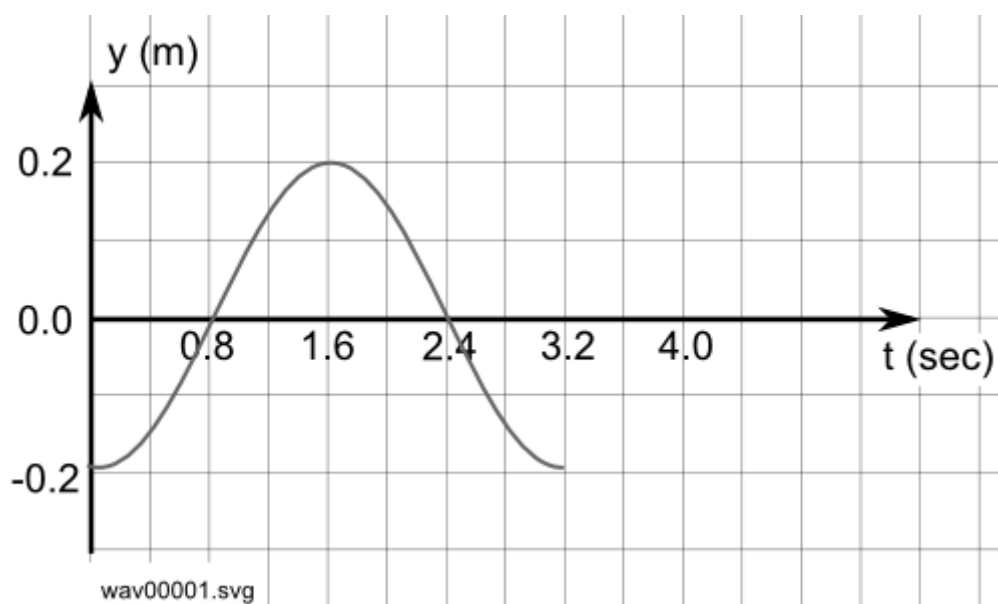
ג. הנקודה P עשויה להיות בנקודות $0.1_m, 0.5_m, 0.7_m, \dots$. ניתן לראות זאת על פי תרשים ב'. הנקודה P נמצאת בזמן

$t = 0_{\text{sec}}$ בשיווי משקל ולאחר מכן מתחילה לנועה כלפי מעלה. מאחר ועל פי הנתון הגל נע ימינה, מתרשים א' נובע שרק הנקודות

שנמנו ינועו מעלה כי הן עדיין לא הגיעו למשרעת חיובית במחזור הגל הנוכחי.

ד. בזמן $t = 0_{\text{sec}}$ נמצאת הנקודה D במשרעת מלאה שלילית ולאחר מכן מתחילה לעלות. לכן הגרף המתאר את העתקה כתלות

בזמן יראה כך:



ה. גל עומד:

i. אורך המיתר הוא 2 מטר וניתן לספור בו 6 קמרים בסך הכל או 3 קמרים בכל צד כלומר 3 אורכי גל מלאים. לכן אורך הגל

$$\text{נתון על ידי אורך המיתר חלקי מספר הגלים והוא שווה: } \lambda = \frac{L}{n} = \frac{2}{3} = 0.67_m$$

$$\text{ii. לפי הביטוי למהירות } v = \lambda f, \quad v = \frac{2}{3} \cdot 24 = 16_{\text{m/s}}$$