

פיזיקה מכניקה, אופטיקה וגלים

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שעותיים וחצי (150 דקות).

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שני פרקים.

פרק ראשון	—	מכניקה	—	25×3	—	75 נקודות
פרק שני	—	אופטיקה וגלים	—	12 $\frac{1}{2}$ ×2	—	25 נקודות
	—	סה"כ	—		—	100 נקודות

ג. חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון.

(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. הוראות מיוחדות:

(1) ענה על מספר שאלות כפי שהתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו.

(התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה.)

(2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן.

כאשר אתה משתמש בסימן שאינו בדפי הנוסחאות, כתוב במילים את פירוש הסימן.

לפני שאתה מבצע פעולות חישוב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות.

רשום את התוצאה שקיבלת ביחידות המתאימות. אי־רשום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רשום היחידות

עלולים להפחית נקודות מן הציון.

(3) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או חלקם;

במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או המטען היסודי e.

(4) בחישוביך השתמש בערך 10 m/s^2 לתאוצת הנפילה החופשית.

(5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור.

מותר להשתמש בעיפרון לסרטטים בלבד.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב בטייטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טייטה" בראש כל עמוד טייטה. רשום טייטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

השאלות

פרק ראשון — מכניקה (75 נקודות)

ענה על שלוש מן השאלות 1-5.

(לכל שאלה — 25 נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו).

1. בעבודת חקר של תלמידי מגמת פיזיקה בבית ספר תיכון, החליטו התלמידים לבחון את מאפייני התנועה של גופים

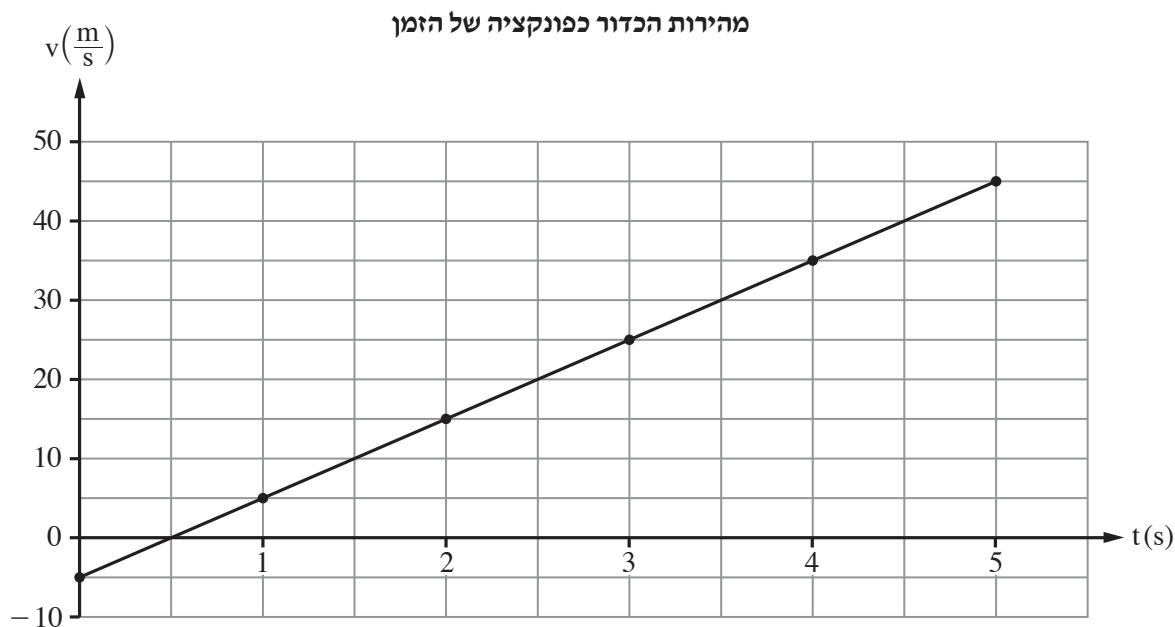
הנזרקים אנכית. לשם כך הם עלו על מגדל שגובהו H וזרקו באותו רגע שלושה כדורים זהים: A, B ו-C.

כדור A נזרק כלפי מטה במהירות התחלתית שגודלה v_0 , כדור B נזרק כלפי מעלה במהירות התחלתית שגודלה זהה

לגודל המהירות ההתחלתית של כדור A, וכדור C שוחרר ממנוחה. שלושת הכדורים לא התנגשו במהלך תנועתם.

התלמידים קבעו את כיוון הציר האנכי החיובי כלפי מטה.

הם סרטטו גרף מהירות-זמן של אחד הכדורים מרגע זריקתו עד לסף פגיעתו בקרקע, כמתואר בתרשים שלפניך.



בסעיפים א-ד הנח כי כוח החיכוך בין הכדורים לאוויר ניתן להזנחה.

א. קבע אם הגרף מתאר את מהירותו של כדור A, כדור B או כדור C. נמק את קביעתך. (5 נקודות)

ב. חשב את גובה המגדל, H. (5 נקודות)

ג. חשב את המרחק האנכי בין מיקומו של כדור A לבין מיקומו של כדור B, בזמן $t = 2s$. (6 נקודות)

התלמידים הוסיפו לאותה מערכת צירים את הגרפים המתאימים לשני הכדורים האחרים.

ד. הסבר מהי המשמעות הפיזיקלית של כל אחד מן הערכים (1)-(3) שלפניך, וקבע לאילו מן הערכים האלה יש גדלים מספריים זהים לכל שלושת הגרפים.

(1) שיפוע הגרף

(2) נקודת חיתוך הגרף עם ציר המהירות

(3) השטח הכלוא בין הגרף לציר הזמן

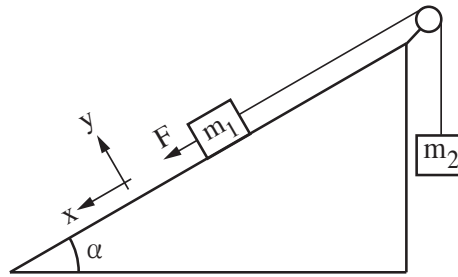
(6 נקודות)

ה. בסעיף זה הנח שבין כל כדור לאוויר פעל כוח חיכוך שגודלו קבוע וקטן ממשקל הכדור. להזכירך, כל הכדורים זהים.

קבע אם גודל המהירות של כדור A ברגע פגיעתו בקרקע קטן מגודל המהירות של כדור B ברגע פגיעתו בקרקע, גדול ממנו או שווה לו. נמק את קביעתך באמצעות שיקולי אנרגייה או שיקולי קינמטיקה.

(3 נקודות)

2. במעבדה לפיזיקה הרכיבה תלמידה את המערכת המתוארת בתרשים.



המערכת מורכבת משני גופים שהמסות שלהם m_1 ו- m_2 . גוף m_1 מונח על מדרון חלק הנטוי בזווית α . גוף m_2 תלוי וקשור לגוף m_1 בחוט העובר דרך גלגלת חסרת חיכוך (ראה תרשים). אורך החוט קבוע, והגופים אינם מגיעים אל הגלגלת בשום שלב. התנגדות האוויר, מסת הגלגלת ומסת החוט ניתנים להזנחה.

התלמידה החזיקה את המערכת במנוחה. ברגע מסוים היא שחררה את המערכת ממנוחה, ובאותו רגע התחילה להפעיל על הגוף m_1 כוח קבוע שגודלו F בכיוון מורד המדרון ובמקביל אליו, כמתואר בתרשים (כיוון זה מוגדר חיובי). הגוף m_1 נע במורד המדרון, והתלמידה מדדה את תאוצת המערכת.

א. סרטט במחברתך את תרשים הכוחות הפועלים על כל אחד משני הגופים במהלך התנועה. ליד כל כוח רשום את שמו. (4 נקודות)

ב. פתח ביטוי לינארי (מהצורה $y = Ax + B$) עבור גודל התאוצה a כפונקציה של גודל הכוח F . בטא את תשובתך באמצעות g , α , m_1 , m_2 ו- F . (6 נקודות)

התלמידה חזרה על הניסוי כמה פעמים. בכל פעם היא שינתה את גודל הכוח F ומדדה את גודל התאוצה a . התוצאות שהתקבלו מוצגות בטבלה שלפניך.

60	50	40	30	20	$F(N)$
12.5	9.1	7.4	5.0	3.0	$a\left(\frac{m}{s^2}\right)$

ג. סרטט במחברתך גרף של a (תאוצת המערכת) כפונקציה של הכוח F . (7 נקודות)

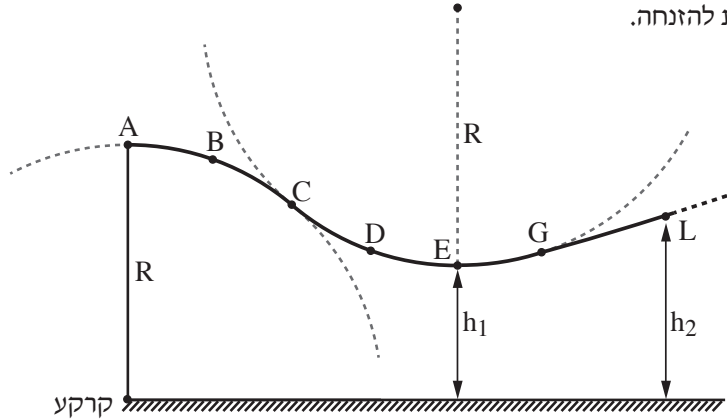
נתון: מסת שני הגופים שווה, $m_1 = m_2 = m$.

ד. התבסס על הגרף שסרטטת וחשב את המסה m . (5 נקודות)

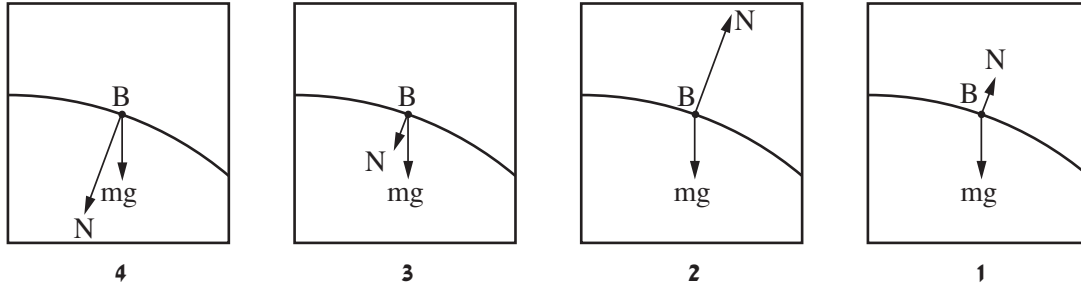
ה. היעזר בגרף וקבע מהו גודל הכוח F שעבורו תנוע המערכת בתנועה קצובה (גודל המהירות קבוע). הסבר את

קביעתך. (3 נקודות)

3. בתרשים שלפניך מוצג מסלול גלישה על קרח המורכב משלושה קטעים: AC, CG ו-GL. שני הקטעים הראשונים, AC ו-CG, הם קשתות מעגליות שרדיוסן R. הקטע השלישי, GL, הוא מסלול לא מעגלי. בקטעים AC ו-CG החיכוך בין גולש למסלול ניתן להזנחה, ואילו החל מן הנקודה G קיים חיכוך שלא ניתן להזנחה. גולש מתחיל לנוע ממנוחה בנקודה A. הוא נע בהחלקה בלבד ולא נעזר במקלות סקי. בכל מהלך תנועתו הגולש לא מתנתק מן המסלול. התנגדות האוויר ניתנת להזנחה.



א. קבע איזה מן האיורים 1-4 שלפניך מייצג נכון את תרשימי הכוחות הפועלים על הגולש בנקודה B. נמק את קביעתך. (6 נקודות)



ב. (1) קבע אם לתאוצה של הגולש בנקודה D יש רכיב משיקי. נמק את קביעתך.
 (2) העתק למחברתך (באופן מקורב) את הקטע המעגלי CG, והוסף לתרשים חץ המתאר את התאוצה הכוללת של הגולש בנקודה D. (אין צורך לחשב). (5 נקודות)

נתון: $R = 60m$, מסת הגולש עם ציוד הגלישה היא $m = 80kg$.

ג. הגובה של הנקודה E מעל לקרקע הוא $h_1 = 32m$ (הנקודה E היא הנקודה הנמוכה ביותר במסלול).

ד. חשב את גודל המהירות של הגולש בחולפו בנקודה E. (4 נקודות)

ה. חשב את הכוח (גודל וכיוון) שהגולש מפעיל על המסלול בנקודה E. (6 נקודות)

ו. נתון: סך כל העבודה של כוח החיכוך מן הנקודה G ועד לנקודת עצירתו של הגולש הוא $20kJ$.

ז. גובה הנקודה L מעל לקרקע הוא $h_2 = 36m$.

ח. קבע אם הגולש הגיע לנקודה L. הסבר את קביעתך באמצעות חישוב. (4 נקודות) /המשך בעמוד 6/

4. עד המאה השמונה-עשרה לא היה אפשר למדוד את מהירותם של גופים מהירים כגון קליע של רובה. בשנת 1742 המציא

המדען האנגלי בנג'מין רובינס שיטה למדידת מהירותם של קליעים באמצעות מטוטלת בליסטית.

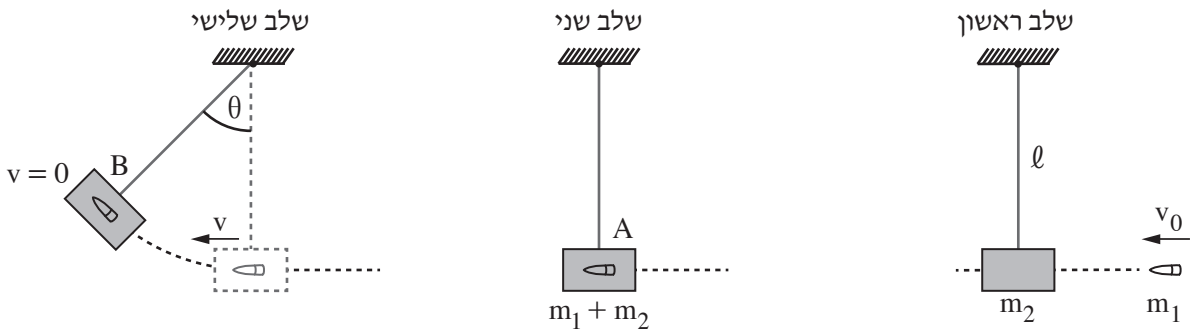
התרשים שלפניך מתאר שיטה זו בשלושה שלבים.

בשלב הראשון נורה קליע שמסתו m_1 לכיוון גוף שמסתו m_2 התלוי על חוט שאורכו ℓ .

בשלב השני הקליע פוגע בגוף בנקודה A במהירות אופקית שגודלה v_0 , חודר לגוף ונעצר בתוכו. משך זמן החדירה של הקליע לתוך הגוף קצר ביותר ולכן תזוזת הגוף בזמן זה ניתנת להזנחה.

בשלב השלישי הגוף (עם הקליע בתוכו) עולה עד לנקודה B ושם נעצר רגעית. בנקודה זו זווית הסטייה של החוט מהאנך היא θ .

יש להזניח את התנגדות האוויר ואת מסת החוט.



הסעיפים שלפניך מתייחסים למערכת גוף + קליע.

א. קבע אם התנע והאנרגייה המכנית נשמרים בפרק הזמן שבין רגע פגיעת הקליע בגוף ועד לעצירתו בתוך הגוף.

הסבר את קביעותיך. (4 נקודות)

ב. קבע אם התנע והאנרגייה המכנית נשמרים בפרק הזמן שבין תחילת תנועת הגוף ועד לעצירתו הרגעית בנקודה B.

הסבר את קביעותיך. (4 נקודות)

נתוני המערכת: מסת הקליע $m_1 = 0.015\text{kg}$, מסת הגוף $m_2 = 4.985\text{kg}$, אורך החוט $\ell = 0.6\text{m}$, זווית הסטייה המרבית של החוט $\theta = 12^\circ$.

ג. חשב את האנרגייה הקינטית של המערכת, מיד לאחר שהגוף (עם הקליע בתוכו) התחיל את תנועתו בנקודה A.

(7 נקודות)

ד. חשב את v_0 , מהירות הקליע ברגע פגיעתו בגוף. (6 נקודות)

ה. חשב את האנרגייה המכנית ש"אבדה" בגלל החיכוך. (4 נקודות)

.5

סוכנות החלל הישראלית בשיתוף עם סוכנות החלל הצרפתית שיגרו באוגוסט 2017 לוויין זעיר שמכונה VEN μ S (Vegetation & Environment on a New Micro Satellite) למטרות תצפית ומחקר מדעי ייחודי. הלוויין מצויד באמצעים טכנולוגיים משוכללים, שחלקם פותחו ויוצרו בישראל. הלוויין יצלם מהחלל, בין השאר, שדות וחלקות אדמה לצורך מחקרים של ניטור מצב הקרקע, הצמחייה ואיכות המים.

הנח כי הלוויין ינוע במסלול מעגלי שרדיוסו $r = 7100\text{km}$.

- א. חשב את תאוצת הנפילה החופשית של הלוויין במהלך תנועתו (גודל וכיוון). (6 נקודות)
- ב. חשב את זמן המחזור ואת המהירות המשיקית של הלוויין. (8 נקודות)

ייתכן שבעתיד יוכנס לוויין זה למסלול מעגלי סביב כוכב הלכת מאדים.

נתון: M_E ו- R_E הם המסה והרדיוס של כדור הארץ.

M_M ו- R_M הם המסה והרדיוס של כוכב הלכת מאדים.

$$M_E = 9.3M_M, \quad R_E = 1.88R_M$$

בסעיפים ג-ד הנח שרדיוס המסלול של הלוויין הסובב סביב מאדים יהיה שווה לרדיוס המסלול של VEN μ S הסובב סביב כדור הארץ ($r = 7100\text{km}$).

- ג. קבע אם תאוצת הנפילה החופשית של הלוויין הסובב סביב מאדים קטנה מן התאוצה שחישבת בסעיף א, גדולה ממנה או שווה לה. נמק את קביעתך. (5 נקודות)

תלמיד טוען שזמני המחזור של שני הלוויינים שווים. הוא מסתמך על החוק השלישי של קפלר ועל העובדה שהרדיוסים של שני המסלולים שווים.

- ד. הסבר מדוע הטענה של התלמיד אינה נכונה. (3 נקודות)

T_1 הוא זמן המחזור של לוויין הנע במסלול שרדיוסו r_1 סביב מאדים, ו- T_2 הוא זמן המחזור של לוויין זה הנע במסלול שרדיוסו r_2 סביב כדור הארץ ($r_1 \neq r_2$).

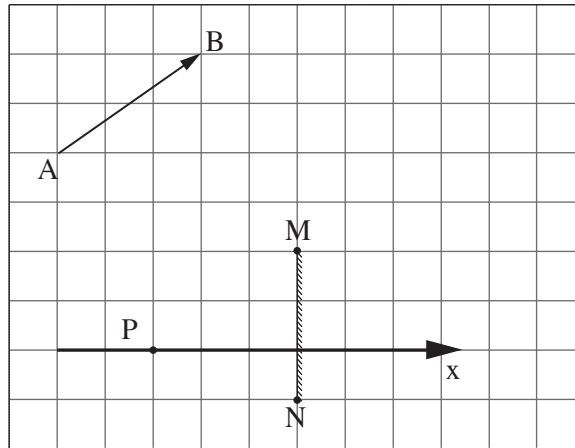
- ה. בטא את הקשר $\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$ באמצעות r_1 ו- r_2 . (3 נקודות)

פרק שני – אופטיקה וגלים (25 נקודות)

ענה על שתיים מן השאלות 6-8.

(לכל שאלה – $12\frac{1}{2}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

6. בתרשים שלפניך מוצגים חתך של מראה מישורית MN, גוף AB שצורתו חץ ונקודה P שבה נמצאת עין של צופה. אורך הצלע של כל משבצת בתרשים מייצגת אורך 20 ס"מ במציאות.



א. העתק את התרשים למחברתך. כל משבצת בתרשים תיוצג על ידי משבצת במחברתך. (נקודה אחת)

ב. הוסף לתרשים שבמחברתך:

(1) את הדמות A_1B_1 של הגוף AB הנוצרת על ידי המראה.

(2) את מהלך הקרן היוצאת מן הקצה A של הגוף, פוגעת במראה ומוחזרת ממנה לנקודה P (העין).

פרט את שיקוליך.

(5 נקודות)

הצופה (העין) יכול לנוע לאורך ציר ה-x המסומן בתרשים.

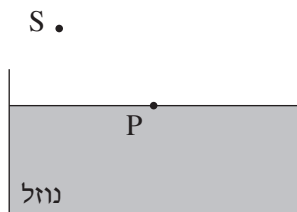
ג. קבע אם עליו להתרחק מן המראה או להתקרב אליה כדי לראות במראה חלק גדול יותר מן הדמות A_1B_1 .

(3 נקודות)

ד. היעזר בתרשים וקבע מהו המרחק המינימלי (בסנטימטרים) מן הנקודה P שהעין צריכה לעבור לאורך ציר ה-x

כדי לראות את הדמות A_1B_1 במלואה (שים לב לקנה המידה). ($3\frac{1}{2}$ נקודות)

7. מקור אור נקודתי S נמצא באוויר ($n = 1$). קרן אור שנפלטת מן המקור מתקדמת באוויר, ופוגעת בנקודה P שעל פני נוזל שנמצא בכלי (ראה תרשים 1). הוא היחיד בסביבה.



תרשים 1

א. העתק את התרשים למחברתך והוסף בו:

(1) את קרן האור הנפלטת מן המקור S ופוגעת בנקודה P.

(2) את מהלך קרן האור המוחזרת מפני הנוזל בנקודה P.

(3) את מהלך קרן האור הנשברת בתוך הנוזל.

(נקודה אחת)

ב. סמן על גבי סרטוטך את זווית הפגיעה של קרן האור באות α , את זווית ההחזרה באות β , ואת זווית השבירה

באות γ . (נקודה אחת)

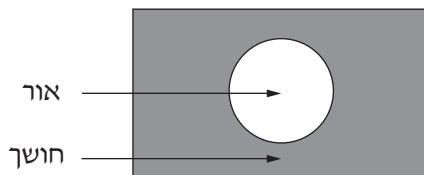
ג. קבע אם במקרה זה זווית ההחזרה β גדולה מזווית השבירה γ , קטנה ממנה או שווה לה. נמק את קביעתך.

(3 נקודות)

נתון: $\alpha = 51^\circ$, הזווית בין הקרן הנשברת לקרן המוחזרת היא 90° .

ד. חשב את מקדם השבירה של הנוזל. (4 נקודות)

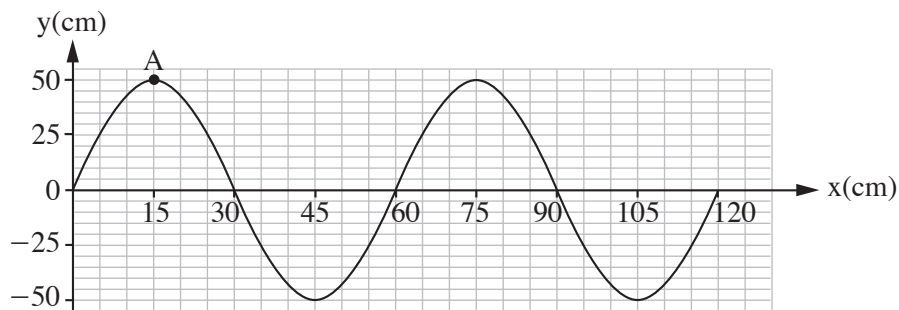
מניחים את מקור האור הנקודתי במרכז התחתית של הכלי שבו הנוזל. האור יוצא מן הנוזל לאוויר רק דרך חלק מפני הנוזל (ראה תרשים 2).



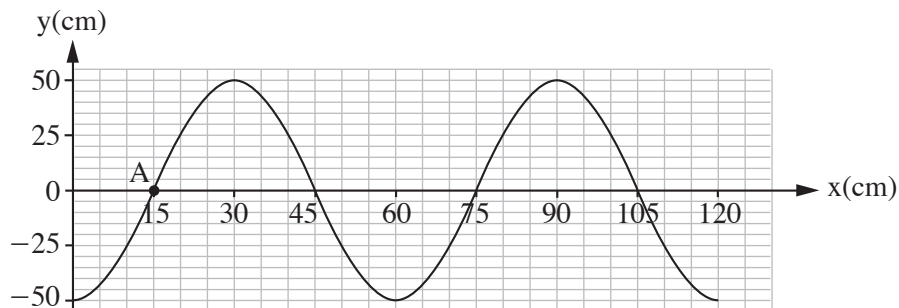
תרשים 2

ה. הסתמך על חוקי השבירה והסבר תופעה זו. (3 $\frac{1}{2}$ נקודות)

8. בתרשים 1 שלפניך מוצג קטע חבל, ובו גל רוחב הנע ימינה. בתרשים 2 מוצג אותו קטע חבל, 0.3 שניות אחרי הרגע המתואר בתרשים 1. זמן המחזור של הגל גדול מ- 0.3 שניות.



תרשים 1



תרשים 2

- א. הסבר מהו ההבדל בין גל אורך לגל רוחב. (2 נקודות)
- ב. קבע או חשב את:
- (1) משרעת הגל (האמפליטודה).
 - (2) זמן המחזור של הגל.
 - (3) תדירות הגל.
- (4 נקודות)
- ג. חשב את מהירות ההתקדמות של הגל. (3 נקודות)
- ד. סרטט במחברתך גרף מקורב המתאר את גובה הנקודה A כפונקציה של הזמן, בפרק הזמן שבין שני המצבים המתוארים בתרשים 1 ובתרשים 2. $(3\frac{1}{2}$ נקודות)

בהצלחה!