

פיזיקה מכניקה, אופטיקה וגלים

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: שעתיים וחצי (150 דקות).
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שני פרקים.
- | | | | | | | |
|-----------|---|---------------|---|--------------------------|---|------------|
| פרק ראשון | — | מכניקה | — | 25×3 | — | 75 נקודות |
| פרק שני | — | אופטיקה וגלים | — | $12\frac{1}{2} \times 2$ | — | 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 יחידות עלולים להפחית נקודות מן הציון.
- (3) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או קבוע הכבידה העולמי G .
- (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 לסרטוטים בלבד.

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

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

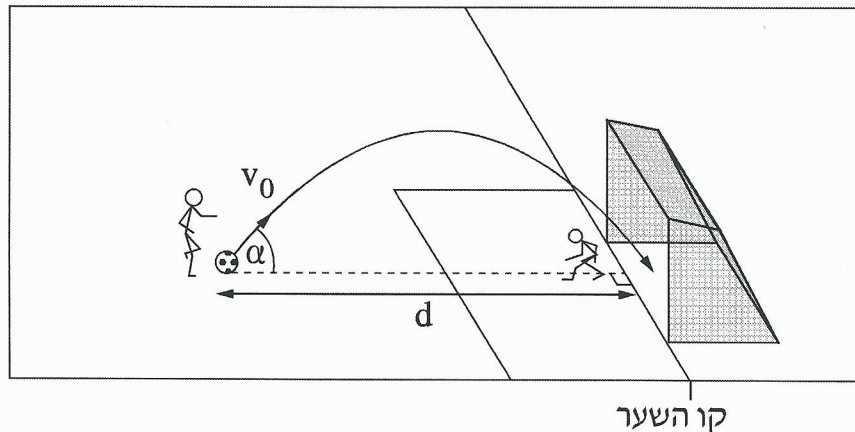
השאלות

פרק ראשון – מכניקה (75 נקודות)

ענה על שלוש מן השאלות 1-5.

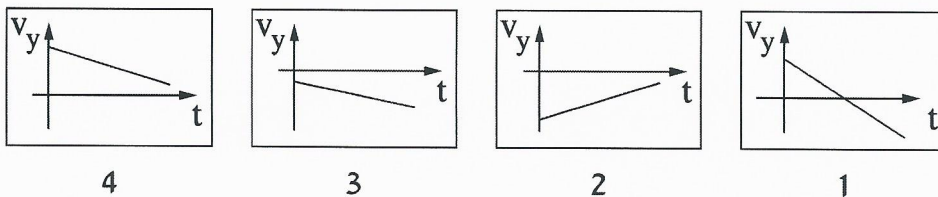
(לכל שאלה – 25 נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. במשחק כדורגל נעמד שחקן כדי לבעוט בעיטת עונשין. כדי להטעות את השוער, השחקן התבונן על אחת מפיינות השער, אולם בעט בכדור למרכז השער. שיטת בעיטה זו מכונה שיטת פננקה, על שמו של שחקן צ'כי. בעקבות בעיטה זו הכדור נע במסלול פרבולי במישור המאונך למגרש, וכך ההיטל של המסלול על המגרש ניצב לקו השער (ראה תרשים 1).
- נסמן: d – מרחק הכדור מקו השער לפני שהוא נבעט
 v_0 – גודל המהירות ההתחלתית של הכדור
 α – הזווית בין כיוון המהירות ההתחלתית לבין מישור המגרש
- התנגדות האוויר זניחה.

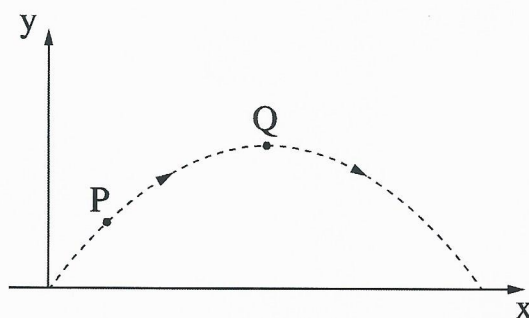


תרשים 1

- א. קבע איזה מבין ארבעת הגרפים 1-4 שלפניך מייצג נכון את הרכיב האנכי של מהירות הכדור במהלך תנועתו באוויר, כפונקציה של הזמן. נמק את קביעתך. (5 נקודות)



- ב. בתרשים 2 מוצג מסלולו של כדור שנכנס לשער. במסלול מסומנות נקודות P, Q. נתון כי הנקודה Q גבוהה מן הנקודה P.



תרשים 2

- (1) האם גודל הרכיב האופקי של מהירות הכדור בנקודה P קטן מגודל הרכיב האופקי של מהירותו בנקודה Q, גדול ממנו או שווה לו? הסבר את תשובתך.
- (2) האם גודל התאוצה של הכדור בנקודה P קטן מגודל התאוצה שלו בנקודה Q, גדול ממנו או שווה לו? הסבר את תשובתך.

(8 נקודות)

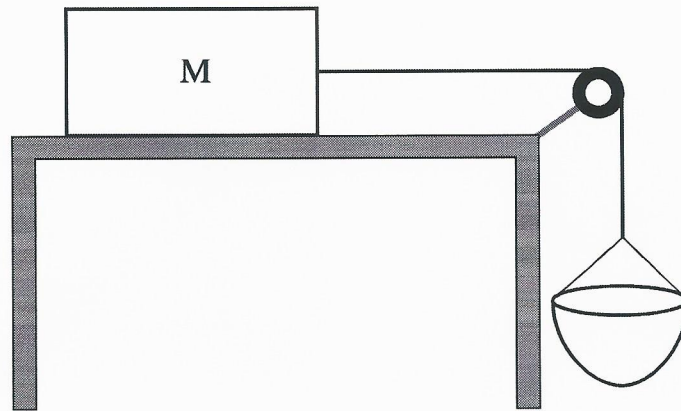
שחקן בעט בכדור בשיטת פננקה ממרחק $d = 11\text{m}$ מקו השער.

הוא העניק לכדור מהירות שגודלה $v_0 = 11.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ בזווית $\alpha = 55^\circ$ מעל האופק.

נתון: גובה השער הוא $h = 2.44\text{ m}$.

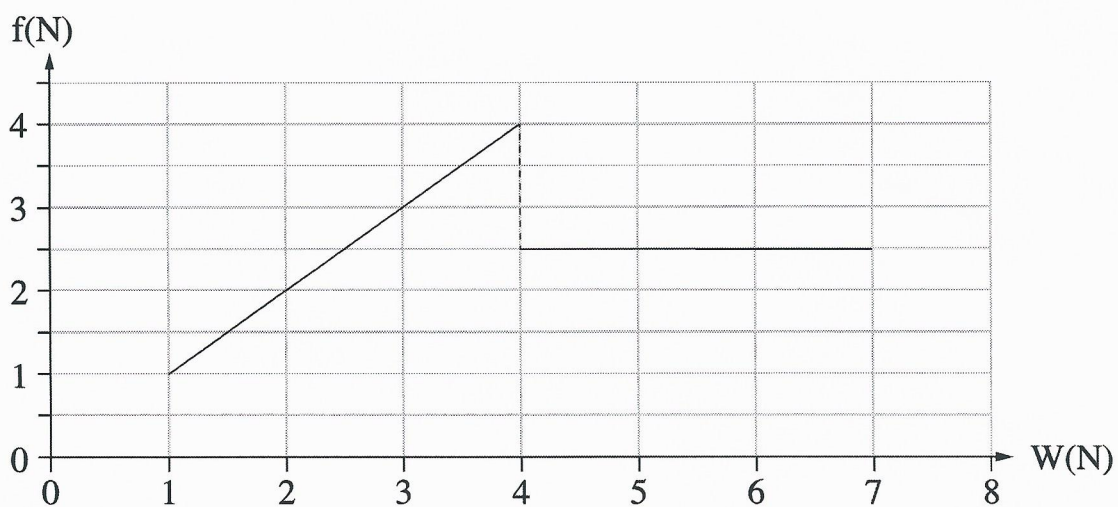
- ג. הוכח שהכדור שנבעט נכנס בוודאות לתוך השער. הנח שלא הייתה הפרעה לתנועת הכדור (לדוגמה, מן השוער). התייחס אל הכדור כאל גוף נקודתי. (7 נקודות)
- ד. שחקן אחר בעט בכדור מאותו מרחק ובאותה זווית, אבל העניק לכדור מהירות התחלתית גדולה מ- v_0 . האם בבעיטה זו הכדור נכנס בוודאות לתוך השער? הסבר את תשובתך. אין צורך לחשב. (5 נקודות)

2. תלמידים חקרו את כוח החיכוך באמצעות מערכת המורכבת מתיבה שמסתה M המונחת על משטח אופקי, גלגלת וסלסלה שאפשר להכניס לתוכה חול. התיבה קשורה אל הסלסלה בחבל העובר על פני הגלגלת (ראה תרשים 1).



תרשים 1

החיכוך עם האוויר, מסת החבל ומסת הגלגלת זניחים. בתחילת הניסוי המערכת נמצאה במנוחה. התלמידים הוסיפו בהדרגה וברציפות חול לתוך הסלסלה, וברגע מסוים המערכת התחילה לנוע. בתרשים 2 מוצג גרף של גודל כוח החיכוך, f , שהפעיל המשטח האופקי על התיבה M כפונקציה של משקל הסלסלה והחול שבתוכה, W .



תרשים 2

א. בלי להסתמך על תרשים 2, הסבר מדוע העקומה של הגרף חייבת לעבור בראשית הצירים.

(3 נקודות)

נתון: $M = 0.8 \text{ kg}$

ב. חשב את מקדמי החיכוך (הסטטי והקינטי) בין התיבה M לבין המשטח. (7 נקודות)

ג. חשב את הגודל של תאוצת המערכת כאשר $W = 6\text{N}$. (10 נקודות)

ד. כאשר המערכת עברה ממצב מנוחה למצב תנועה, האם המתיחות בחבל גדלה, קטנה או

לא השתנתה? הסבר את תשובתך, אין צורך לחשב. (5 נקודות)

3. שתי תיבות A ו-B שמסותיהן $m_A = 300\text{gr}$ ו- $m_B = 100\text{gr}$ נמצאות במנוחה על משטח אופקי חלק. בין התיבות לחוץ כדור גומי. בראשי התיבות מחוברים מוטות, וחוט הקשור לשני המוטות מונע מן התיבות לנוע (ראה תרשים 1). מסת הכדור זניחה.



תרשים 1

ברגע מסוים החוט נקרע. בעקבות זאת הכדור חוזר לצורתו המקורית, ובתוך כדי כך הוא הדף את התיבות לכיוונים מנוגדים. לאחר ההדיפה נעו התיבות A ו-B על פני המשטח האופקי במהירויות קבועות שהגדלים שלהן u_A ו- u_B , והכדור נפל אנכית ארצה. כמות האנרגייה שהשתחררה מן הכדור היא 2.4 J .

בסעיפים א-ב נדון במערכת שתי התיבות והכדור, בפרק הזמן שחלף מן הרגע שבו החוט נקרע עד לרגע שבו התיבות התנתקו מן הכדור.

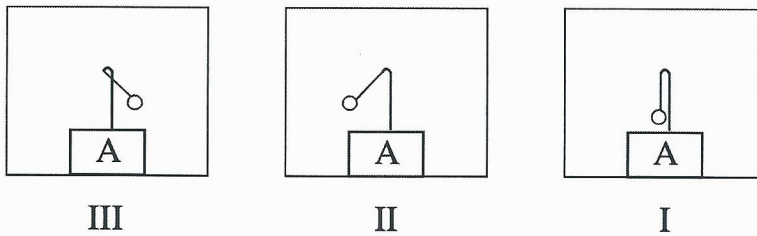
- א. קבע אם בפרק הזמן הזה נשמר התנע של המערכת. נמק את קביעתך. (4 נקודות)
- ב. קבע אם בפרק הזמן הזה נשמרה האנרגייה המכנית הכוללת של המערכת. נמק את קביעתך. (4 נקודות)

ג. חשב את גודלי המהירויות u_A ו- u_B . (7 נקודות)

בשלב מסוים של תנועתה הגיעה התיבה A למדרון משופע. התיבה עלתה עד הנקודה C שגובהה מעל למשטח האופקי $h_c = 0.1\text{ m}$ (ראה תרשים 1), וירדה בחזרה.

ד. הוכח שהמדרון אינו חלק. (6 נקודות)

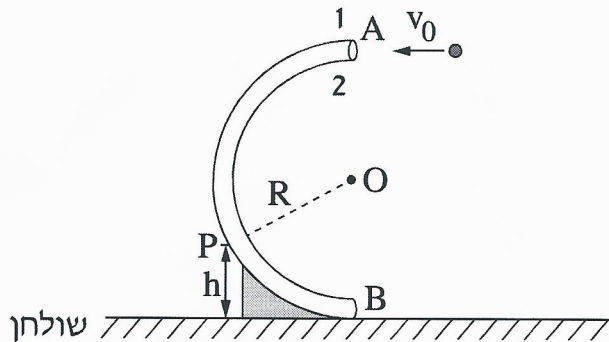
במהלך תנועתה של התיבה A על פני המשטח האופקי לאחר נפילת הכדור, תלו מטוטלת קטנה על המוט המחובר לתיבה זו. תליית המטוטלת נעשתה באופן שלא השפיע על תנועת התיבה. ה. בתרשים 2 שלפניך מוצגים איורים III-I. קבע איזה מבין האיורים מתאר נכון את מצב המטוטלת במהלך התנועה של התיבה A על פני המשטח האופקי. הסבר את קביעתך. (4 נקודות)



תרשים 2

4.

בתרשים שלפניך מוצג צינור דק הנמצא במישור אנכי הניצב לשולחן אופקי. צורת הצינור היא חצי מעגל, שמרכזו בנקודה O ורדיוסו $R = 80 \text{ cm}$. כאשר זורקים כדור דרך הפתח הגבוה של הצינור בנקודה A, הכדור נע לאורך הצינור ויוצא דרך הפתח הנמוך בנקודה B (קוטר הכדור קטן רק מעט מקוטר הצינור). כוחות החיכוך בין הכדור לצינור ניתנים להזנחה.



כדור שמסתו $m = 0.05 \text{ kg}$ נזרק בנקודה A לתוך הצינור במהירות התחלתית שגודלה $v_0 = 3.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ וכיוונה אופקי (ראה תרשים). הכדור נע בתוך הצינור ויצא ממנו בנקודה B. א. חשב את גודלו של הכוח הצנטריפטלי שפעל על הכדור בנקודה A בתחילת התנועה המעגלית. (4 נקודות)

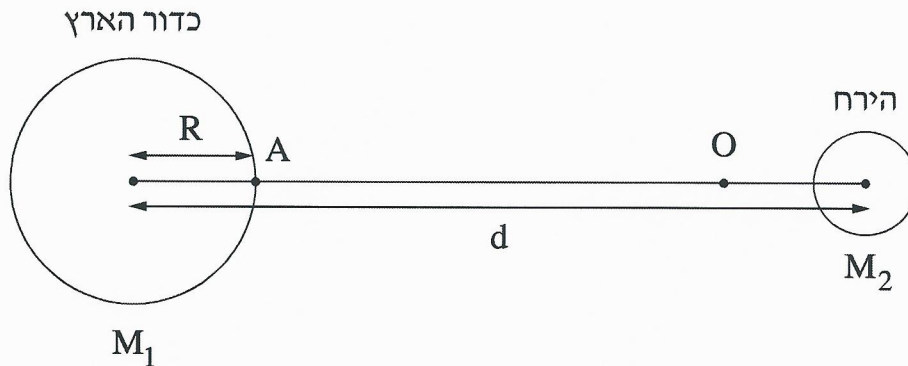
ב. (1) חשב את גודלו של הכוח שהצינור הפעיל על הכדור בחלפו בנקודה A. (2) קבע איזה דופן של הצינור — 1 או 2 (ראה תרשים) — הפעיל כוח על הכדור בחלפו בנקודה A. נמק את קביעתך. (6 נקודות)

במהלך תנועתו חלף הכדור בנקודה P, הנמצאת בגובה $h = 40 \text{ cm}$ מעל פני השולחן. עבור התנועה המעגלית של הכדור בחלפו בנקודה P:

- ג. חשב את גודל מהירות הכדור. (6 נקודות)
- ד. חשב את גודל התאוצה הרדיאלית של הכדור. (4 נקודות)
- ה. חשב את גודל התאוצה המשיקית של הכדור. (5 נקודות)

5.

שאלה זו עוסקת במערכת כדור הארץ והירח, אך מתעלמת מן התנועות שלהם ומן ההשפעות של גרמי שמים אחרים על מערכת זו. בתרשים שלפניך מוצגים חתכים של כדור הארץ ושל הירח. קנה המידה של התרשים אינו מדויק.



נסמן:

M_1 – מסת כדור הארץ, M_2 – מסת הירח, R – רדיוס כדור הארץ,

d – המרחק בין מרכז כדור הארץ לבין מרכז הירח

g – גודל תאוצת הנפילה החופשית על פני כדור הארץ

$$\text{נתון: } d = 60R ; M_2 = \frac{M_1}{81}$$

על הישר המחבר בין מרכז כדור הארץ לבין מרכז הירח נמצאת הנקודה O (ראה תרשים). בנקודה זו גוף שמוצב במנוחה – יישאר במנוחה.

א. בטא באמצעות R את מרחק הנקודה O ממרכז כדור הארץ. (8 נקודות)

משגרים חללית שמסתה m מן הנקודה A (ראה תרשים), שעל פני כדור הארץ, לירח. ב. בטא באמצעות R , m ו- g את האנרגייה המינימלית E שיש להעניק לחללית כדי להביאה לנקודה O .

שים לב: עליך להתחשב בהשפעות של כדור הארץ ושל הירח על החללית. (12 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

ב-21 בדצמבר 1968 שוגרה החללית אפולו 8, והצוות שנשאה היה הראשון שנע במסלול סביב הירח.

103 שנים לפני כן תיאר הסופר ז'ול ורן בספרו "מן הארץ אל הירח" מסע דומה לזה של אפולו 8. לשאלה "האם אפשר לשגר קליע עד הירח?", מוצגת בספרו של ז'ול ורן התשובה שלפניך (בתרגום חופשי).

"אפשר לשגר קליע עד הירח אם נותנים לו מהירות התחלתית שגודלה כ- $v = 11 \frac{\text{km}}{\text{s}}$.

מהירות זו מספיקה כדי שהקליע יגיע לנקודה שבה הכוחות שכדור הארץ והירח מפעילים על הקליע שווים בגודלם. מעבר לנקודה זו כדור הארץ כבר אינו מושך את הקליע אלא רק הירח, ולכן אם הקליע יעבור את הנקודה הזאת בדרכו לעבר הירח, הוא יצליח להגיע אליו".

ג. קבע אם כל התיאור הזה נכון. נמק את קביעתך. אין צורך לחשב. (5 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. רמי ישב ליד ברכה ריקה. בתחתית הברכה הונח מטבע, אבל ממקום מושבו של רמי לא היה אפשר לראות את המטבע כשהברכה ריקה.

התחילו למלא את הברכה במים, וברגע מסוים ראה רמי את המטבע (רמי והמטבע לא זזו). מקדם השבירה של המים הוא $n = 1.33$.

א. הגדר את תופעת השבירה של האור, וציין את סיבתה. ($3\frac{1}{2}$ נקודות)

ב. הסבר מדוע ראה רמי את המטבע רק לאחר שהברכה התמלאה חלקית במים.

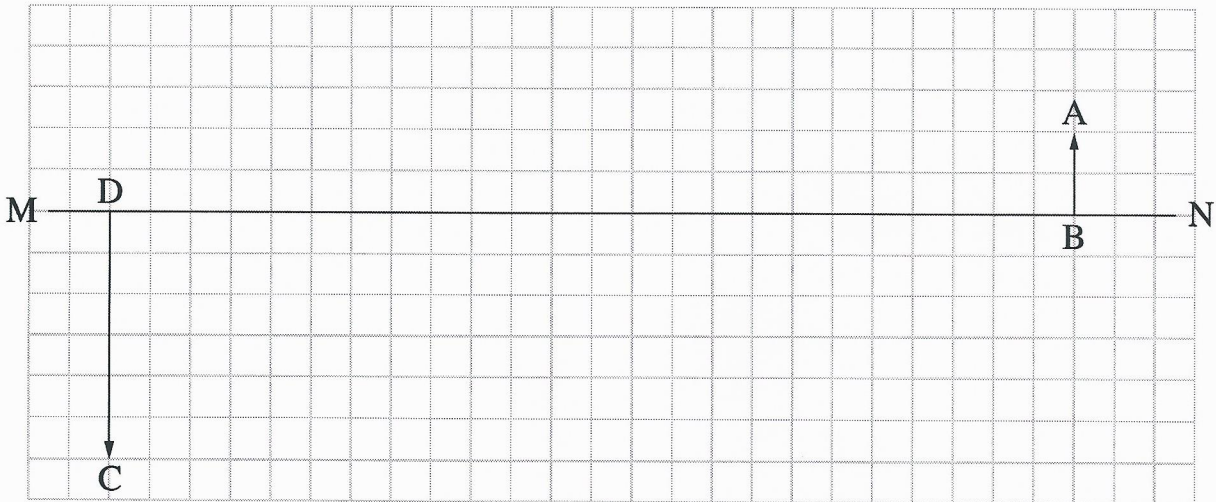
לווה את תשובתך בסרטוט מהלך קרניים. (5 נקודות)

נתון: קרן היוצאת מן המטבע ומגיעה לעין של רמי עוברת בתוך המים מרחק $d = 0.61\text{m}$.

זווית השבירה של קרן זו היא $\beta = 13.6^\circ$.

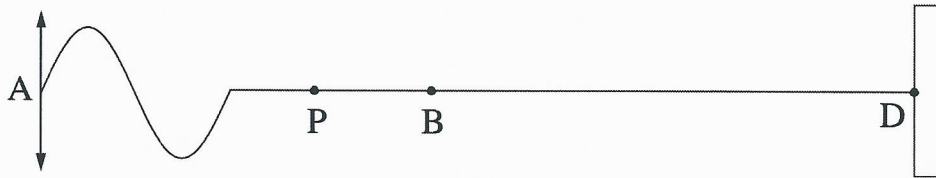
ג. חשב את עומק המים. (4 נקודות)

7. בתרשים שלפניך החצים AB ו-CD מייצגים עצם ואת דמותו המתקבלת על מסך. הדמות נוצרת באמצעות עדשה מרכזת שאינה מסומנת בתרשים. הקו MN מייצג את הציר האופטי של העדשה.



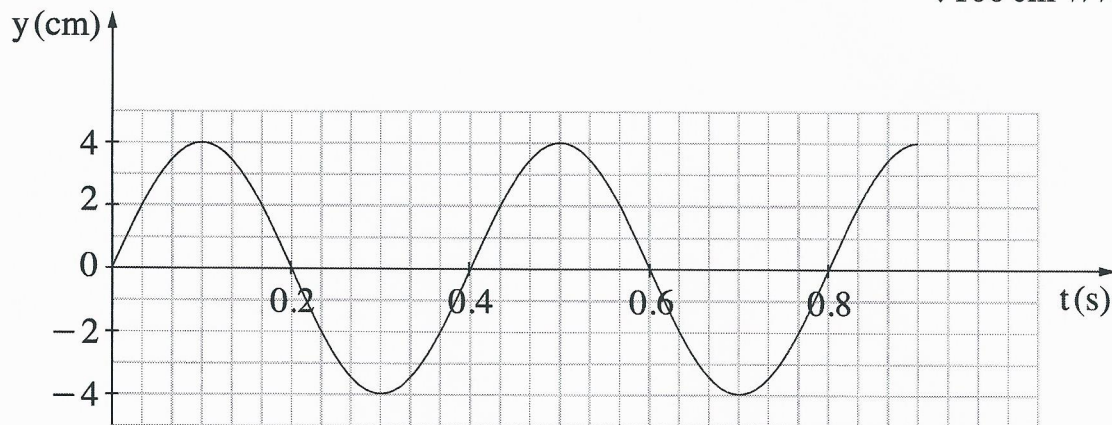
- א. האם אפשר לקבוע, על סמך התרשים, איזה משני החצים מייצג את העצם, ואיזה מהם מייצג את דמותו? נמק. (2 נקודות)
- ב. הסבר מדוע הדמות המתקבלת אינה יכולה להיות מדומה. (2 נקודות)
- ג. (1) העתק את התרשים למחברתך: כל משבצת במחברתך תייצג משבצת אחת בתרשים.
 (2) מצא בעזרת סרטוט את מקום העדשה, וסרטט אותה במקום המתאים בתרשים שבמחברתך (קבע את קוטר העדשה כרצונך).
 ($4\frac{1}{2}$ נקודות)
- ד. מצא בעזרת סרטוט מהלך קרניים את מוקדי העדשה, וסמן אותם בתרשים שבמחברתך.
 (4 נקודות)

8. תלמיד קשר קצה אחד של חבל אופקי ארוך, אחיד ואלסטי לנקודה קבועה D (ראה תרשים 1). לאחר מכן נדנד התלמיד את קצהו האחר, A, של החבל בתנועה מחזורית מעלה ומטה.



תרשים 1

- בתרשים 1 מסומנות על החבל שתי הנקודות B ו-P. תרשים 2 מתאר את מיקומה האנכי, y , של הנקודה B כפונקציה של הזמן, t , מרגע $t = 0$. בפרק הזמן המתואר בתרשים, הגל עדיין לא הגיע לנקודה הקבועה D. אורך הגל שהתקבל היה 100 cm.



תרשים 2

- א. חשב את התדירות שבה נדנד התלמיד את החבל. (2 נקודות)
- ב. חשב את מהירות ההתפשטות של הגל בחבל. (2 נקודות)
- ג. הנקודה P נמצאת על החבל במרחק 50 cm משמאל לנקודה B. קבע מה היה המקום האנכי של הנקודה P ברגע $t = 0.5$ s. הסבר את קביעתך. ($4\frac{1}{2}$ נקודות)
- ד. התלמיד המשיך לנדנד את החבל, אך למרות זאת מרגע מסוים כבר לא התקבלו יותר תנודות בנקודה B, ומיקומה האנכי נשאר $y = 0$. הסבר כיצד הדבר ייתכן. (4 נקודות)

בהצלחה!