מיקודית בפיזיקה לכיתה יא



תוכן העניינים:

פרק 1 - פתרון בגרויות במכניקה 1
פרק 2 - אופטיקה גיאומטרית-כל הפרק ירד מבחינת הבגרות במיקוד קיץ 2021 127
פרק 3 - בגרויות בגלים 189

מיקודית בפיזיקה לכיתה יא

פרק 1

פתרון בגרויות במכניקה

מבחני בגרות במכניקה 1

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות
מועד הבחינה: קיץ תשפ"ד, 2024
מספר השאלון: 36361
נספח: דפי נוסחאות ונתונים ל־5 יחידות לימוד

פיזיקה
מכניקה
הוראות

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים ורבע.

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרויות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות.
(2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(1) יש לענות על שלוש שאלות בלבד. אם תענו על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברת. יש לציין באופן ברור את מספר השאלה שבחרתם ואת הסעיף.
(2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, יש להציג את השלבים האלה:
רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני ובו מספר מתאים של ספרות משמעותיות וכן יחידות המידה.
(3) את הגרפים יש לסרטט בגודל של חצי עמוד לפחות. יש להשתמש בסרגל לסרטוט קווים ישרים.
(4) כאשר נדרשים להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, יש לרשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות והנתונים או בגודל תאוצת הנפילה החופשית g.
(5) בחישובים יש להשתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לגודל של g – תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).
(6) יש לכתוב את התשובות בעט. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים וגרפים בלבד.
(7) במקרה של טעות, אפשר להסתפק בהעברת קו חוצה כפול על המילים או המשפטים השגויים.

יש לכתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>. יש לרשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.
כתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

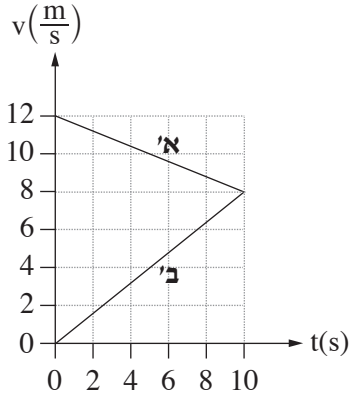
/המשך מעבר לדף/

השאלות

ענו על שלוש מן השאלות 1 – 6.

(לכל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. שתי מכוניות, א' ו־ב', נסעו על כביש ישר. ברגע $t = 0$ שתי המכוניות היו בנקודה $x = 0$. הגרפים בתרשים שלפניכם מתארים את המהירויות של המכוניות א' ו־ב' כפונקצייה של הזמן, החל מרגע $t = 0$ ועד רגע $t = 10s$. הכיוון ימינה מוגדר חיובי.



א. חשבו את התאוצה (גודל וכיוון) של כל אחת משתי המכוניות בפרק הזמן $0 < t < 10s$. (8 נקודות)

ב. ענו על שני התת־סעיפים (1) ו־(2) עבור הרגע $t = 10s$.

(1) קבעו אם שתי המכוניות נעו באותו כיוון או בכיוונים מנוגדים. נמקו את קביעתכם.

(2) קבעו אם המרחק של מכונית א' מן הנקודה $x = 0$ היה גדול מן המרחק של מכונית ב' מנקודה זו, קטן ממנו או שווה לו. נמקו את קביעתכם.

(6 נקודות)

לאחר רגע $t = 10s$, מכונית א' המשיכה לנוע באותה התאוצה כפי שחישבתם בסעיף א, עד שהגיעה לתחנת אוטובוס ונעצרה.

ג. **(1)** חשבו את המרחק של תחנת האוטובוס מן הנקודה $x = 0$.

(2) חשבו את משך הזמן שעבר מרגע $t = 0$ ועד לרגע שמכונית א' הגיעה לתחנת האוטובוס.

(8 נקודות)

ברגע $t = 10s$, מכונית ב' התחילה להאט בתאוצה קבועה עד שנעצרה באותה תחנת אוטובוס שבה נעצרה מכונית א'.

ד. חשבו כמה זמן עבר מרגע שנעצרה מכונית א' בתחנת האוטובוס, ועד הרגע שנעצרה בה מכונית ב'. (7 נקודות)

ה. בתחתית מכונית ב' קרוב מאוד לכביש, הורכב התקן מיוחד ששיחרר טיפת צבע לכביש בהפרשי זמן קבועים, טיפה אחת בכל פעם.

קבעו איזה מבין האיורים 1 – 4 שלפניכם מתאר באופן הטוב ביותר את תרשים העקבות שהתקבל מטיפות הצבע במהלך תנועתה של מכונית ב' **מרגע $t = 0$** ועד הרגע שנעצרה בתחנת האוטובוס. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

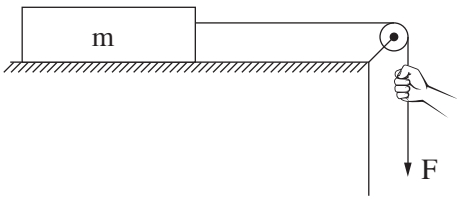


/המשך בעמוד 3

2. תלמידת פיזיקה ערכה ניסוי ובו תיבה שמסתה m מונחת על משטח אופקי מחוספס. התיבה קשורה בחוט העובר דרך גלגלת, כמתואר בתרשים שלפניכם.

מסת החוט ומסת הגלגלת ניתנים להזנחה. מקדם החיכוך (הסטטי והקינטי) בין התיבה למשטח הוא μ.

במהלך הניסוי משכה התלמידה את הקצה של החוט בכוח F כלפי מטה ומדדה את גודל התאוצה a של התיבה במהלך תנועתה. התלמידה חזרה על המדידות פעמים אחדות, ובכל פעם היא שינתה את גודל הכוח F ומדדה את גודל התאוצה a.



תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניכם:

$\mathbf{F}$(N)	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
$\mathbf{a}\left(\frac{m}{s^2}\right)$	1.9	2.7	3.4	4.2	5.0

א. סרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על התיבה. ליד כל כוח רשמו את שמו וציינו מי מפעיל אותו. (6 נקודות)

ב. בלי להסתמך על תוצאות המדידות של התלמידה, פתחו ביטוי של תאוצת התיבה a כפונקצייה של הכוח F.

בטאו את תשובתכם באמצעות הפרמטרים m , μ , g. (8 נקודות)

ג. **(1)** סרטטו דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) המתארת את גודל תאוצת התיבה a כפונקצייה של הכוח F.

(2) הוסיפו לדיאגרמת הפיזור את הישר המתאים לה ביותר (קו מגמה).

(8 נקודות)

ד. היעזרו בגרף שסרטטתם וענו על שני התת־סעיפים (1)–(2).

(1) חשבו את מסת התיבה m.

(2) חשבו את מקדם החיכוך μ בין התיבה למשטח.

(7 נקודות)

ה. התלמידה ערכה מדידה נוספת, ובה היא משכה את החוט בכוח של $F = 1.5N$.

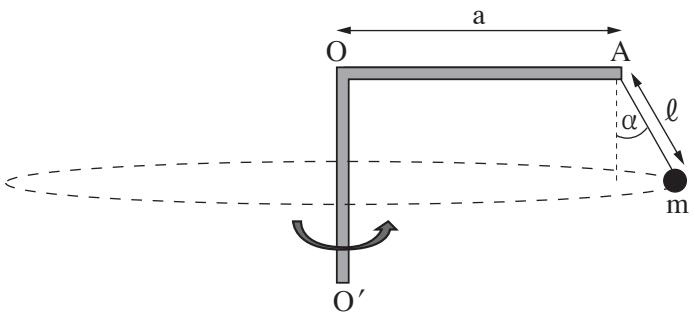
קבעו מה הייתה תאוצת התיבה במקרה זה. הסבירו את קביעתכם. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 4/

3. באיור שלפניכם מתואר מתקן הבנוי ממוט אופקי AO שאורכו $a = 3m$ המחובר לציר אנכי OO'. בנקודה A של המוט מחובר חוט שבקצהו קשור גוף קטן m.

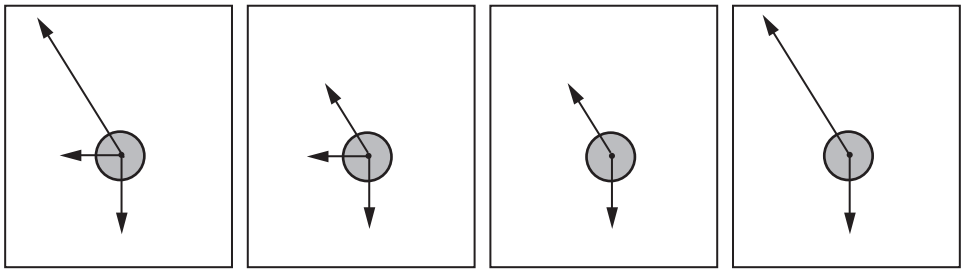
נתון: $m = 2kg$, אורך החוט הוא $\ell = 1m$. מסת החוט ניתנת להזנחה.

המתקן מסתובב בתדירות קבועה f, והגוף m נע במסלול מעגלי אופקי. במצב זה, הזווית שבין החוט ובין הכיוון האנכי היא $\alpha = 30^o$.



א. לפניכם ארבעה תרשימי כוחות, 1–4. אורכי הווקטורים הם יחסיים (פרופורציונים) לגודלי הכוחות.

קבעו מהו התרשים המתאר באופן הטוב ביותר את הכוחות הפועלים על הגוף m בזמן שהמתקן מסתובב. (5 נקודות)



ב. חשבו את מתיחות החוט בזמן שהמתקן מסתובב. (8 נקודות)

ג. קבעו אם מתיחות החוט כאשר המתקן <u>אינו</u> מסתובב גדולה מן המתיחות שחישבתם בסעיף ב, קטנה ממנה או שווה לה. נמקו את קביעתכם. (8 נקודות)

ד. חשבו את f, תדירות הסיבוב. (8 נקודות)

ה. נתון שהמתיחות המרבית שהחוט יכול לשאת בלי להיקרע היא $45N$.

חשבו את תדירות הסיבוב המרבית שבה המתקן יכול להסתובב בלי שהחוט ייקרע. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 5/

4. שתי תיבות A ו־ B שמסותיהן m_A ו־ m_B בהתאמה, נעות זו לקראת זו על משטח אופקי חסר חיכוך כמתואר בתרשים 1.

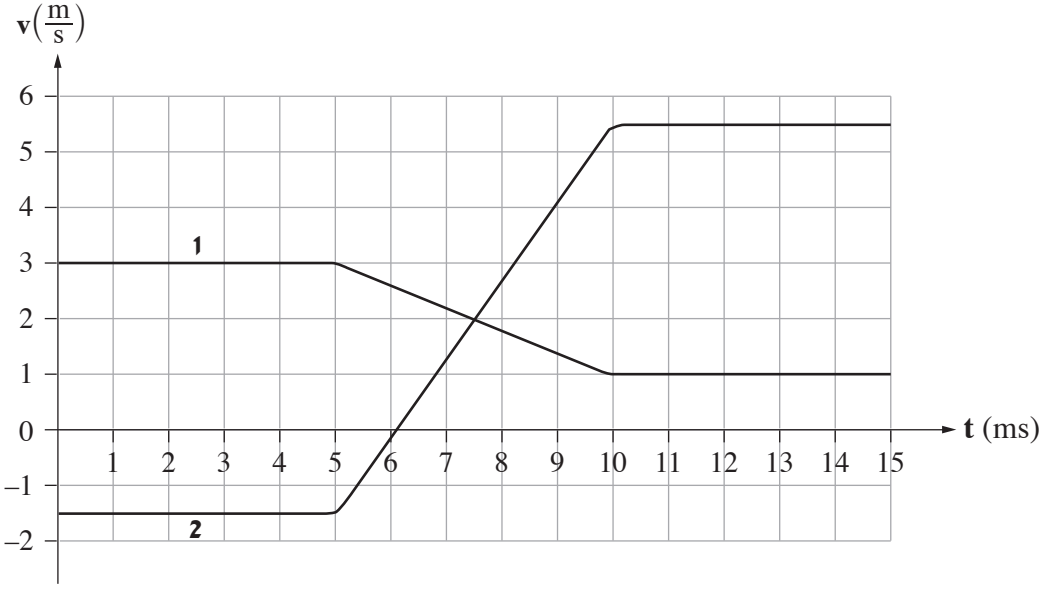


תרשים 1

נתון: $m_A = 0.14kg$. מסתה של תיבה B אינה נתונה.

חיישן תנועה עוקב אחרי תנועת התיבות ומודד את מהירותן כתלות בזמן. הכיוון החיובי נקבע ימינה.

תוצאות המדידות של החיישן מוצגות בגרפים 1, 2 שבתרשים 2.



תרשים 2

שימו לב: הערכים של ציר הזמן נתונים ביחידות ms (מילי־שניות).

א. קבעו איזה מן הגרפים, 1 או 2, מייצג את מהירותה של תיבה B . הסבירו את קביעתכם. (4 נקודות)

ב. חשבו את m_B , מסת תיבה B . (9 נקודות)

ג. חשבו את המתקף (גודל וכיוון) שהפעילה תיבה B על תיבה A . (8 נקודות)

ד. חשבו את הכוח הממוצע (גודל וכיוון) שהפעילה תיבה B על תיבה A . (8 נקודות)

ה. שני תלמידים נשאלו בנוגע לגודל המתקף שהפעילה תיבה A על תיבה B .

תלמיד א' טען שעל התיבה שמסתה גדולה יותר פעל מתקף שגודלו גדול יותר.

תלמיד ב' טען שעל כל אחת משתי התיבות פעל מתקף בגודל שווה, ללא קשר למסה של התיבות.

מי מבין שני התלמידים צודק? הסבירו את תשובתכם. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 6/

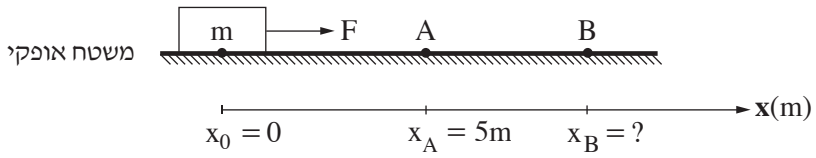
5. גוף שמסתו $m = 2kg$ מונח על משטח אופקי מחוספס. מקדם החיכוך הקינטי בין הגוף לבין המשטח הוא $\mu = 0.2$.

מגדירים ציר מקום, x , שראשיתו $x_0 = 0$ במיקום שבו הגוף מונח, וכיוונו החיובי ימינה (ראו תרשים א).

מפעילים על הגוף כוח אופקי F שכיוונו ימינה והגוף מתחיל לנוע על המשטח. כאשר הגוף מגיע לנקודה A ששיעורה $x_A = 5m$, הכוח F מפסיק לפעול.

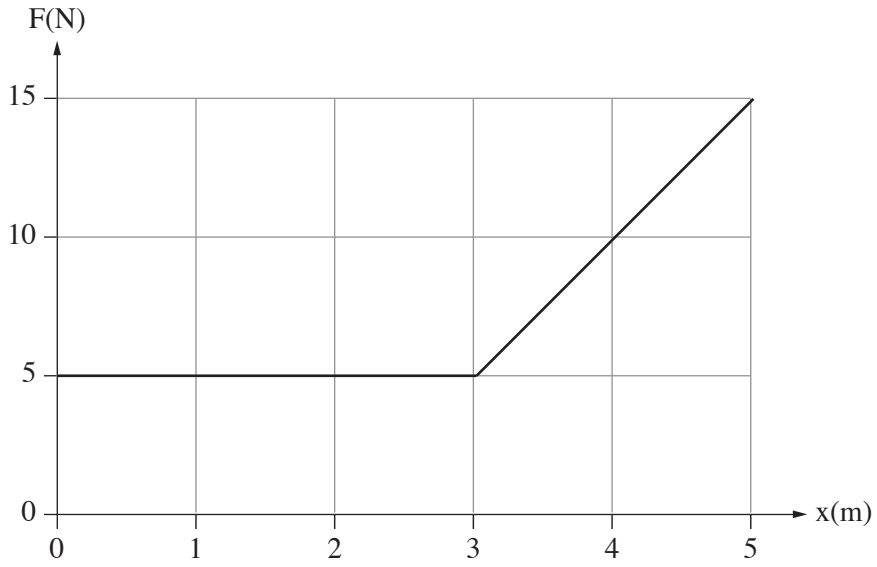
מן הנקודה A הגוף ממשיך לנוע על המשטח עד שהוא נעצר בנקודה B . נסמן ב־ x_B את המיקום של הנקודה B .

שימו לב: תרשים א אינו בקנה מידה.



תרשים א

בגרף שבתרשים ב מוצג גודלו של הכוח F כפונקצייה של מיקום הגוף.



תרשים ב

א. קבעו מהו הגודל הפיזיקלי שמבטא השטח הכלוא בין הגרף לבין ציר המקום (x) כאשר הכוח F פועל, וחשבו את גודלו של השטח הכלוא. (6 נקודות)

ב. חשבו את עבודת כוח החיכוך מתחילת תנועתו של הגוף עד להגעתו לנקודה A . (8 נקודות)

ג. חשבו את מהירות הגוף בחולפו בנקודה A . (8 נקודות)

ד. חשבו את x_B , שיעור הנקודה B שבה נעצר הגוף. (7 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 7/

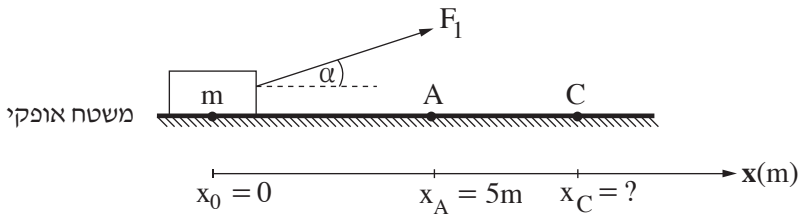
במקרה אחר, מפעילים על הגוף כוח F_1 שאינו אופקי, אלא מוטה בזווית α כלפי מעלה (ראו תרשים ג), כך שהגוף אינו מתנתק מן המשטח במהלך תנועתו.

הגרף שבתרשים ב מתאר גם את גודל הרכיב האופקי של הכוח F_1 כפונקצייה של מיקום הגוף.

בהשפעת הכוח F_1 הגוף מתחיל לנוע על המשטח מן הנקודה $x_0 = 0$. כאשר הגוף מגיע לנקודה A הכוח F_1 מפסיק לפעול.

מן הנקודה A הגוף ממשיך לנוע על המשטח עד שהוא נעצר בנקודה C. נסמן ב־ x_C את המיקום של הנקודה C.

שימו לב: תרשים ג אינו בקנה מידה.



תרשים ג

ה. לפניכם ארבעה ביטויים, 1–4. קבעו מהו הביטוי הנכון. נמקו את קביעתכם.

1. $x_C < x_B$
2. $x_C = x_B$
3. $x_C > x_B$
4. אי אפשר לקבוע את הקשר בין x_B לבין x_C ללא מידע נוסף.

($4\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 8/

כבידה

6. בשנת 1781 גילה האסטרונום סר ויליאם הרשל את כוכב הלכת אורנוס.

נתונים על אודות כוכב הלכת אורנוס מוצגים בנספח שברשותכם: "נוסחאות ונתונים בפיזיקה" (נוסחאון).

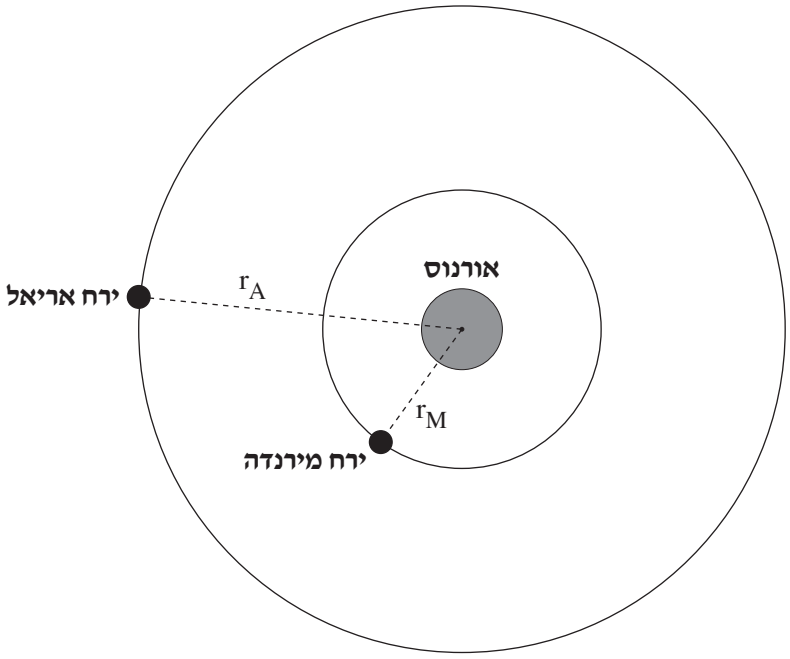
א. חשבו את גודל תאוצת הנפילה החופשית על פני כוכב הלכת אורנוס. (6 נקודות)

סביב כוכב הלכת אורנוס נעים שניים מן הירחים שלו, אריאל ומירנדה, כמתואר בתרשים שלפניכם (הניחו שמסלוליהם מעגליים).

התרשים אינו בקנה מידה.

מירנדה מקיף את אורנוס במסלול שרדיוסו $r_M = 13 \cdot 10^7 \text{ m}$ וזמן המחזור שלו T_M.

אריאל מקיף את אורנוס במסלול שרדיוסו $r_A = 19 \cdot 10^7 \text{ m}$ וזמן המחזור שלו T_A.



ב. חשבו את גודל התאוצה הרדיאלית של **מירנדה** בתנועתו סביב אורנוס. (8 נקודות)

ג. חשבו את זמן המחזור T_M של **מירנדה** בתנועתו סביב אורנוס. (8 נקודות)

ד. חשבו את היחס בין זמן המחזור של אריאל לבין זמן המחזור של מירנדה, $\frac{T_A}{T_M}$. (7 נקודות)

רוצים לשגר שני לווייני מלאכותיים שינועו <u>סביב כדור הארץ</u>:

לוויין א שינוע במסלול מעגלי שרדיוסו שווה לזה של מירנדה סביב אורנוס,

ולוויין ב שינוע במסלול מעגלי שרדיוסו שווה לזה של אריאל סביב אורנוס.

ה. קבעו אם היחס בין זמן המחזור של לוויין ב לבין זמן המחזור של לוויין א $\left(\frac{T_{\text{ב}}}{T_{\text{א}}}\right)$ בתנועתם סביב כדור הארץ, יהיה שווה ליחס בין זמני המחזור של הירחים אריאל ומירנדה $\left(\frac{T_A}{T_M}\right)$ שחישבתם בסעיף ד או שונה ממנו.

נמקו את קביעתכם. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות
מועד הבחינה: קיץ תשפ"ג, 2023
מספר השאלון: 36361
נספח: דפי נוסחאות ונתונים ל־5 יחידות לימוד

פיזיקה
מכניקה
הוראות

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים.

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרויות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות.
(2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(1) יש לענות על שלוש שאלות בלבד. אם תענו על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברת. יש לציין באופן ברור את מספר השאלה והסעיף שבחרתם.
(2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, יש להציג את השלבים האלה:
רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני ובו מספר מתאים של ספרות משמעותיות וכן יחידות המדידה.
(3) את הגרפים יש לסרטט בגודל של חצי עמוד לפחות. יש להשתמש בסרגל לסרטוט קווים ישרים.
(4) כאשר נדרשים להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, יש לרשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות והנתונים או בגודל תאוצת הנפילה החופשית g.
(5) בחישובים יש להשתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לגודל של g – תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).
(6) יש לכתוב את התשובות בעט. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים וגרפים בלבד.
(7) במקרה של טעות, אפשר להסתפק בהעברת קו חוצה כפול על המילים או המשפטים השגויים.

יש לכתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>. יש לרשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.
כתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

/המשך מעבר לדף/

השאלות

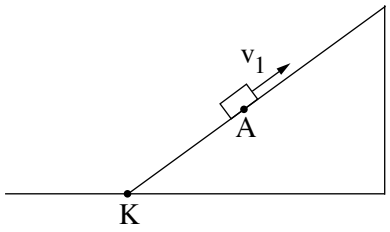
ענו על שלוש מן השאלות 1–6.

(לכל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

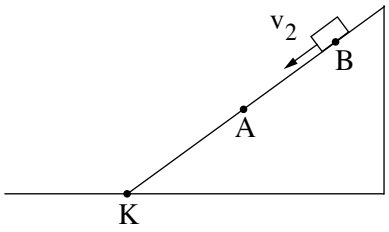
1. עורכים שני ניסויים באמצעות גוף קטן ומישור משופע חלק. תחתית המישור המשופע מסומנת באות K , כמתואר בתרשים 1 שלפניכם.

בניסוי הראשון הגוף מוחזק במנוחה בנקודה A על המישור המשופע. ברגע מסוים מקנים לגוף מהירות התחלתית שגודלה v_1 בכיוון מעלה המישור (ראו תרשים 1 – ניסוי ראשון).

בניסוי השני הגוף מוחזק במנוחה בנקודה B על המישור המשופע. ברגע מסוים מקנים לגוף מהירות התחלתית שגודלה v_2 בכיוון מורד המישור (ראו תרשים 1 – ניסוי שני).



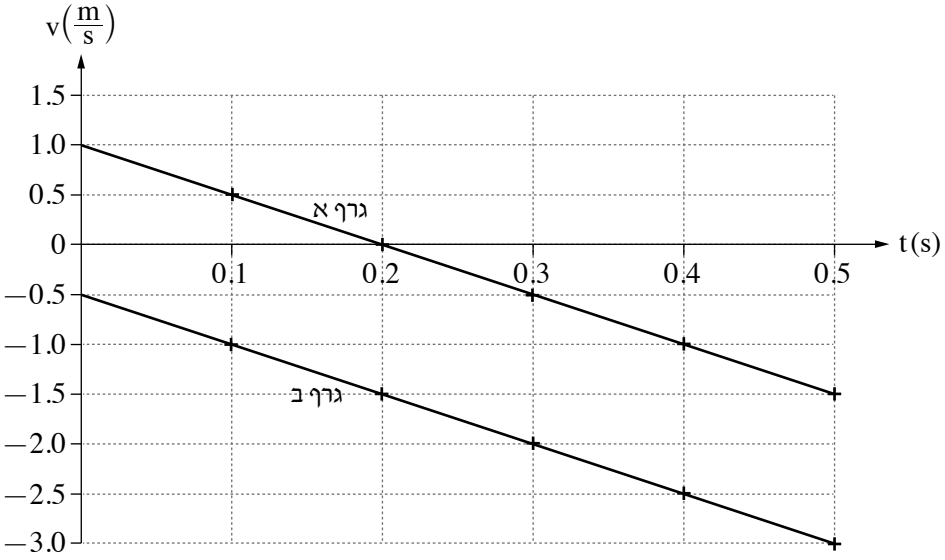
תרשים 1 – ניסוי ראשון



תרשים 1 – ניסוי שני

הגרפים א–ב בתרשים 2 שלפניכם מתארים את מהירות הגוף בכל אחד מן הניסויים במשך חצי השנייה הראשונה של התנועה. $t = 0$ הוא רגע תחילת התנועה של הגוף בכל אחד משני הניסויים.

מהירות הגוף בשני הניסויים כפונקצייה של הזמן



תרשים 2

א. קבעו אם הכיוון החיובי של המהירות נקבע במעלה המישור המשופע או במורדו. נמקו את קביעתכם. (6 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 3/

בניסוי הראשון הגיע הגוף לנקודה K (הנקודה התחתונה של המישור המשופע), ברגע $t = 0.5s$.

ב. חשבו את המרחק בין הנקודה הגבוהה ביותר שאליה הגיע הגוף בניסוי הראשון לבין הנקודה K. (7 נקודות)

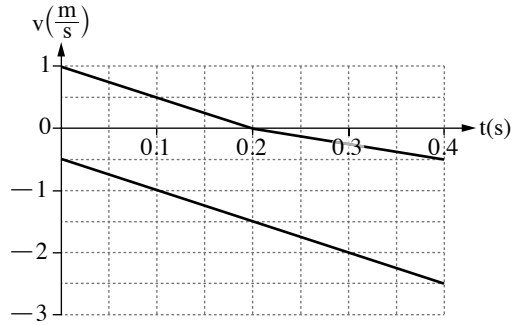
ג. חשבו את המרחק AK. (7 נקודות)

בניסוי השני הגיע הגוף לנקודה K ברגע $t = 0.62s$.

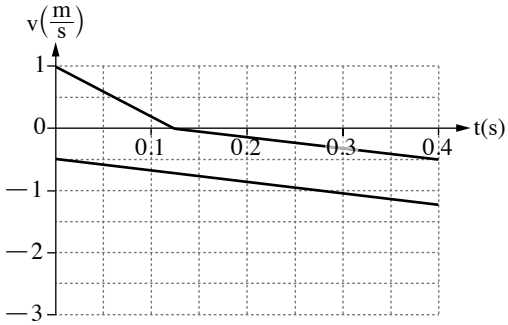
ד. חשבו את AB (המרחק בין מיקומי הגוף ברגע תחילת התנועה בכל אחד משני הניסויים). (8 נקודות)

חוזרים על שני הניסויים במערכת דומה לזו המתוארת בתרשים 1, אך הפעם יש חיכוך בין הגוף ובין המישור המשופע.
אחד מן התרשימים א–ד שלפניכם מתאר נכון את מהירות הגוף בשני הניסויים האלה כפונקצייה של הזמן עבור חלק מזמן התנועה.

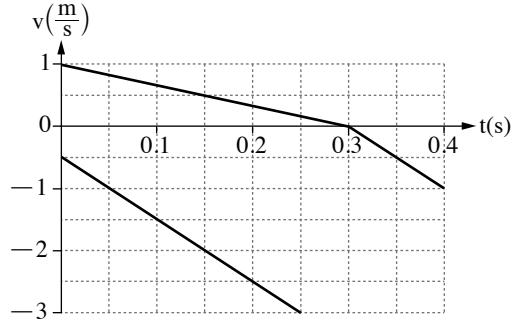
ה. קבעו איזה מן התרשימים א–ד מתאר נכון את תנועת הגוף בשני הניסויים הנוספים בהשפעת החיכוך. נמקו את קביעתכם.
($5\frac{1}{3}$ נקודות)



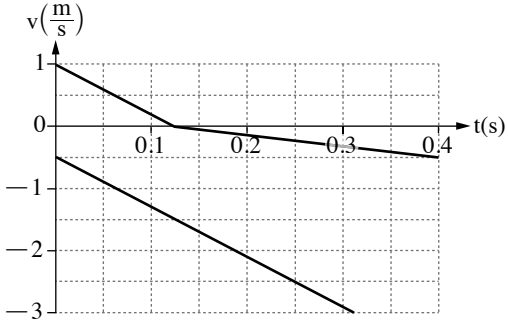
תרשים א



תרשים ב



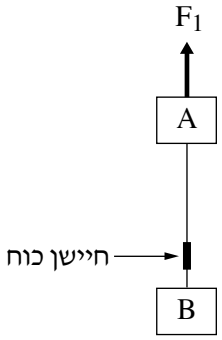
תרשים ג



תרשים ד

/המשך בעמוד 4/

2. שני גופים, A ו־ B , שהמסות שלהם m_A ו־ m_B בהתאמה, קשורים זה לזה בחוט, כמתואר בתרשים 1 שלפניכם.
גוף A נמשך אנכית כלפי מעלה על ידי כוח חיצוני F_1 שגודלו יכול להשתנות.
על החוט המחבר את שני הגופים מותקן חיישן כוח המודד את המתיחות בחוט.
בכל השאלה יש להניח כי מסת החוט, מסת החיישן וכוחות החיכוך הפועלים על הגופים זניחים.
הכיוון החיובי של הציר האנכי מוגדר כלפי מעלה.



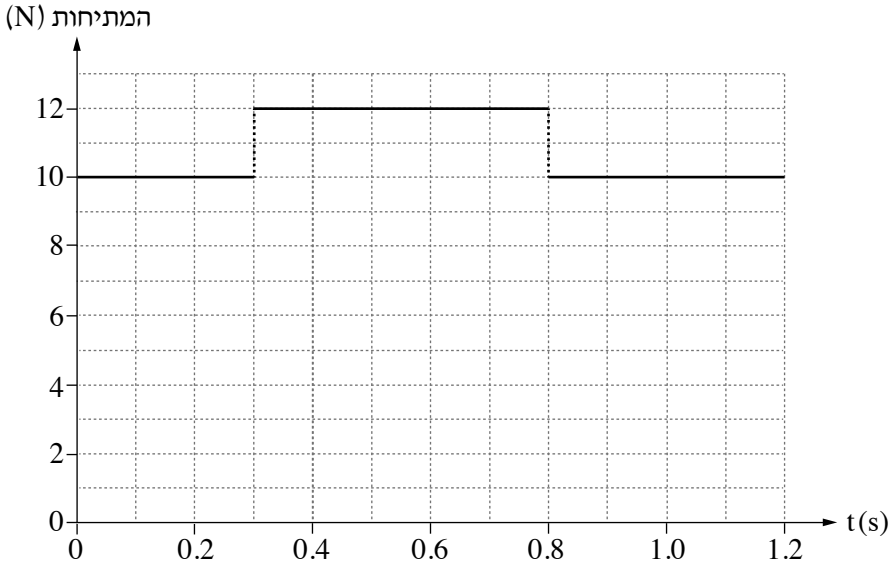
תרשים 1

א. סרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על הגוף A ואת תרשים הכוחות הפועלים על הגוף B .
ליד כל כוח ציינו את שמו ומה מפעיל אותו (עבור הכוח F_1 רשמו "כוח חיצוני"). (4 נקודות)

ב. רשמו את משוואת הכוחות עבור כל אחד משני הגופים, ופתחו באמצעותן ביטוי לתאוצת המערכת כתלות בפרמטרים F_1 , m_A , m_B וקבועים פיזיקליים ידועים. (6 נקודות)

לפניכם גרף המתאר את המתיחות שנמדדה על ידי החיישן, כפונקצייה של הזמן, מן הרגע $t = 0$ ועד $t = 1.2s$. להזכירכם, גודל הכוח F_1 אינו בהכרח קבוע בזמן.

המתיחות כפונקצייה של הזמן



(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 5/

נתון כי עד לרגע $t = 0.3s$ הייתה המערכת במנוחה. מסת הגוף A היא $m_A = 3\,kg$.

ג. היעזרו בגרף וחשבו את m_B, המסה של גוף B. (5 נקודות)

ד. היעזרו בגרף וחשבו את גודל הכוח החיצוני F_1 בכל אחד משלושת פרקי הזמן המתוארים בגרף: $0 < t < 0.3s$, $0.3s < t < 0.8s$, $0.8s < t < 1.2s$. (8 נקודות)

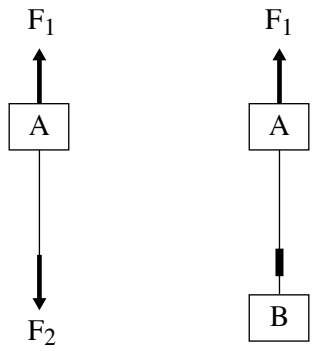
ה. קבעו בעבור כל אחד משני פרקי הזמן $0.3s < t < 0.8s$ ו־ $0.8s < t < 1.2s$, מהו סוג התנועה (מנוחה / תנועה קצובה / תנועה בתאוצה). הסבירו את קביעותיכם. (6 נקודות)

לאחר ביצוע המדידות האלה, ערכו באמצעות המערכת שני ניסויים:

בניסוי הראשון הפעילו על המערכת כוח F_1 מסוים ומצאו כי תאוצת המערכת היא $a_1 \neq 0$ כלפי מעלה (ראו תרשים 2א).

בניסוי השני ניתקו את גוף B ואת חיישן הכוח מן החוט, והפעילו על קצהו התחתון של גוף A כוח F_2 אנכית כלפי מטה, נוסף על הכוח F_1 הזהה לזה שבניסוי הראשון (ראו תרשים 2ב).

מדדו ומצאו כי גם בניסוי השני הייתה התאוצה a_1 (כלפי מעלה).



תרשים 2א **תרשים 2ב**

ו. קבעו מהו ההיגד הנכון מבין ההיגדים 1–4 שלפניכם, ונמקו את קביעתכם. (4 $\frac{1}{3}$ נקודות)

1. $F_2 < m_B g$

2. $F_2 = m_B g$

3. $F_2 > m_B g$

4. אי אפשר לקבוע את הקשר בין F_2 ו־ $m_B g$ מן הנתונים.

/המשך בעמוד 6/

3. רחפן צעצוע מסוגל לשחרר כדורים קטנים תוך כדי תנועתו באוויר.

הרחפן נע אופקית בגובה 6 מטרים מעל קרקע מישורית במהירות שגודלה $3\frac{m}{s}$ ושחרר שלושה כדורים, בזה אחר זה.

הזמן בין שחרור כדור לשחרור הכדור הבא אחריו היה $0.5s$.

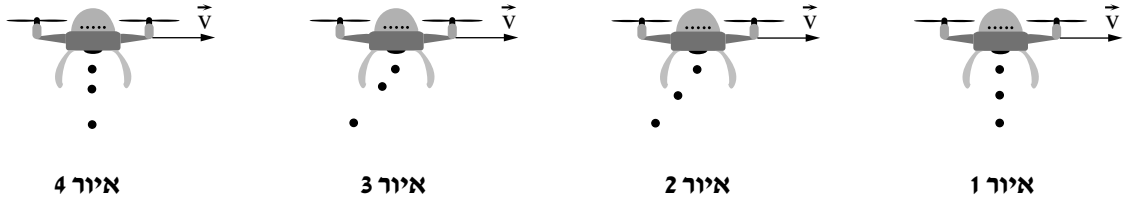
בשאלה זו יש להזניח את התנגדות האוויר לתנועת הכדורים.

א. חשבו כמה זמן עבר מרגע השחרור של אחד הכדורים ועד לרגע פגיעתו בקרקע. (7 נקודות)

ב. חשבו את מהירות הפגיעה של הכדור בקרקע (גודל וכיוון). (9 נקודות)

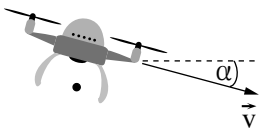
ג. קבעו מהו המרחק בין נקודות הפגיעה בקרקע של שני כדורים ששוחררו זה אחר זה. פרטו את שיקוליכם. (7 נקודות)

ד. קבעו איזה מן האיורים 1–4 שלפניכם מתאר בצורה הטובה ביותר את מיקומי הרחפן והכדורים לאחר שחרור הכדור השלישי. נמקו את קביעתכם. (5 נקודות)



איור 1 **איור 2** **איור 3** **איור 4**

במקרה שני הרחפן נע במהירות שגודלה זהה לגודל הנתון במקרה הראשון, אך הפעם הוא לא נע אופקית אלא בזווית α מתחת לאופק (ראו תרשים). גם במקרה זה שחרר הרחפן כדור מגובה 6 מטר מעל פני הקרקע.



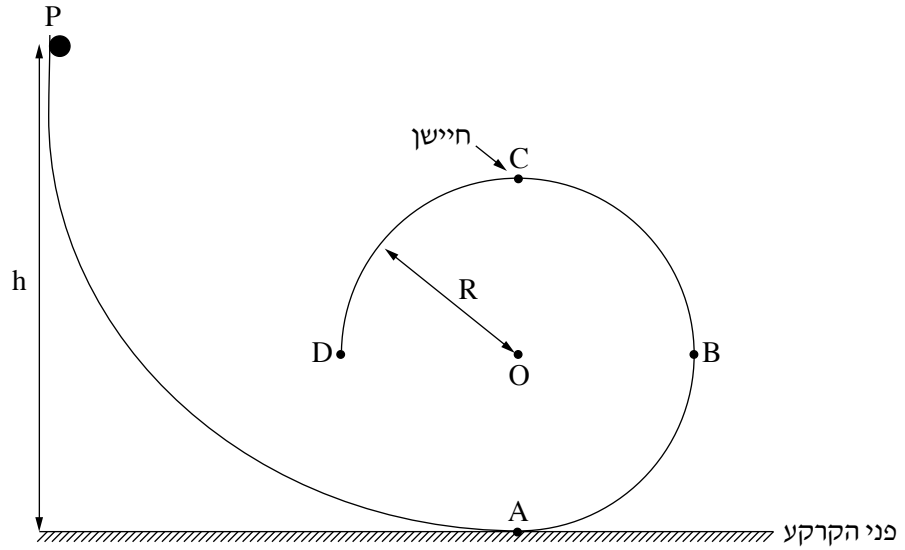
יוסף טוען כי במקרה השני, גודל מהירות הפגיעה של הכדור בקרקע גדול מגודל מהירות פגיעתו במקרה הראשון, ואילו דנה טוענת כי בשני המקרים גודל מהירות הפגיעה זהה.

ה. קבעו מי מהם צודק ונמקו את תשובתכם. תוכלו להיעזר בשיקולי אנרגייה. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 7/

4. בתרשים שלפניכם מוצגת מערכת המורכבת ממסילה חלקה PABCD . קטע המסילה ABCD הוא חלק ממעגל אנכי שרדיוסו R . בנקודה C , הנקודה הגבוהה ביותר במסילה, יש חיישן, וברגע שמופעל עליו כוח שגודלו לפחות $N_{C,min}$ נסגר מעגל חשמלי שמדליק נורה.

בשאלה זו יש להזניח את התנגדות האוויר.



מחזיקים כדור קטן שמסתו m על המסילה בגובה h מעל פני הקרקע, ומשחררים אותו ממנוחה. הכדור נע על המסילה וברגע שהוא מגיע לנקודה C החיישן מציג את ערך הכוח המופעל עליו, N_C .

א. **(1)** סרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על <u>הכדור</u> בחולפו בנקודה C . ליד כל כוח ציינו את שמו ומה מפעיל אותו.

(2) בטאו את גודל הכוח N_C המופעל על <u>החיישן</u> כפונקצייה של הגובה h . השתמשו בפרמטרים R , m ו־ g .

(9 נקודות)

חוזרים ומשחררים את הכדור ממנוחה כמה פעמים, בכל פעם מגובה h אחר, ורושמים את ערכי הכוח שמציג החיישן, N_C . תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניכם.

h(m)	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
N_C(N)	0.20	0.55	0.75	0.95	1.20

ב. **(1)** סרטטו את דיאגרמת הפיזור של הכוח N_C כפונקצייה של הגובה h .

(2) הוסיפו קו מגמה לדיאגרמת הפיזור שסרטטתם.

(8 נקודות)

ג. היעזרו בגרף וחשבו את רדיוס המעגל R ואת מסת הכדור m . (8 נקודות)

נתון: הכוח המינימלי שצריך להפעיל על החיישן כדי שהנורה תידלק הוא $N_{C,min} = 0.6N$.

ד. קבעו או חשבו את הגובה המינימלי h_{min} שממנו יש לשחרר את הכדור כדי שהנורה תידלק. (4 נקודות)

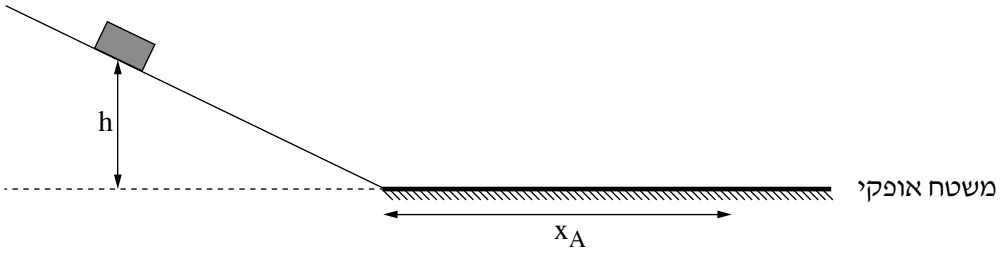
מסמנים ב־ h_1 את שיעור ה־ x של נקודת החיתוך בין קו המגמה לבין הציר האופקי.

ה. אילו היו משחררים את הכדור מגובה h_1 , האם גודל מהירות הכדור בנקודה C היה שווה לאפס?

אם כן – נמקו את תשובתכם, אם לא – חשבו את גודל המהירות של הכדור בנקודה זו. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 8/

5. בתרשים 1 שלפניכם מתוארת מערכת המורכבת ממישור משופע חלק וממשטח אופקי מחוספס.
משחררים ממנוחה גוף מנקודה כלשהי על גבי המישור המשופע. הגוף נע במורד המישור ונעצר על גבי המשטח האופקי.
בשאלה זו יש להזניח את התנגדות האוויר.



תרשים 1

א. **(1)** קבעו אם האנרגייה המכנית של הגוף נשמרת בכל אחד משני קטעי התנועה (המישור המשופע והמשטח האופקי).
נמקו את קביעותיכם.

(2) קבעו אם תנע הגוף נשמר בכל אחד משני קטעי התנועה (המישור המשופע והמשטח האופקי). נמקו את קביעותיכם.
(6 נקודות)

נתונים שני גופים: גוף A שמסתו $m_A = 0.4kg$ וגוף B שמסתו $m_B = 1.2kg$.
נתון כי מקדם החיכוך בין כל אחד מן הגופים לבין המשטח האופקי הוא זהה.
משחררים את גוף A מגובה $h = 0.6m$. הגוף נעצר על המשטח האופקי לאחר שעבר על גביו מרחק $x_A = 1.5m$.

ב. חשבו את מקדם החיכוך בין המשטח האופקי לבין הגוף A . (8 נקודות)

ג. אילו היו משחררים את גוף B מאותו הגובה, האם המרחק שהוא היה עובר על פני המשטח האופקי היה גדול מ־ x_A ,
שווה לו או קטן ממנו? נמקו את תשובתכם. (6 נקודות)

משאירים את גוף A על המשטח האופקי ומשחררים את גוף B מנקודה כלשהי על המישור המשופע. גוף B מתנגש בגוף A התנגשות אלסטית לחלוטין. גודל המהירות של גוף B רגע לפני ההתנגשות הוא $4\frac{m}{s}$.
הניחו כי זמן ההתנגשות קצר מאוד וכי הכיוון החיובי נקבע בכיוון ימין.

ד. מהו המתקף (גודל וכיוון) שפעל על גוף B בהתנגשות זו? (8 נקודות)

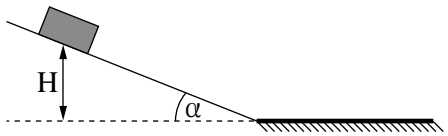
(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

במקרה אחר משחררים את גוף A פעמיים:

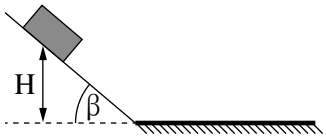
בפעם הראשונה משחררים את גוף A ממנוחה מגובה מסוים H במעלה המישור המשופע כעת בזווית α (ראו תרשים 2א).

בפעם השנייה מגדילים את זווית הנטייה של המישור המשופע לזווית β, ומשחררים את גוף A ממנוחה מאותו הגובה H כמו בפעם הראשונה (ראו תרשים 2ב).

בשתי הפעמים הגוף נע על המסלול בלי להתנגש בגופים אחרים.



תרשים 2א



תרשים 2ב

נסמן ב- J_1 את גודל המתקף שפעל על הגוף מרגע תחילת התנועה ועד תחתית המישור המשופע בפעם הראשונה.

נסמן ב- J_2 את גודל המתקף שפעל על הגוף מרגע תחילת התנועה ועד תחתית המישור המשופע בפעם השנייה.

ה. קבעו מהו הביטוי הנכון מבין הביטויים 1–4 שלפניכם. נמקו את קביעתכם. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

1. $J_1 > J_2$

2. $J_1 = J_2$

3. $J_1 < J_2$

4. אי אפשר לדעת איזה מתקף גדול יותר ללא ערכים מספריים של הזוויות.

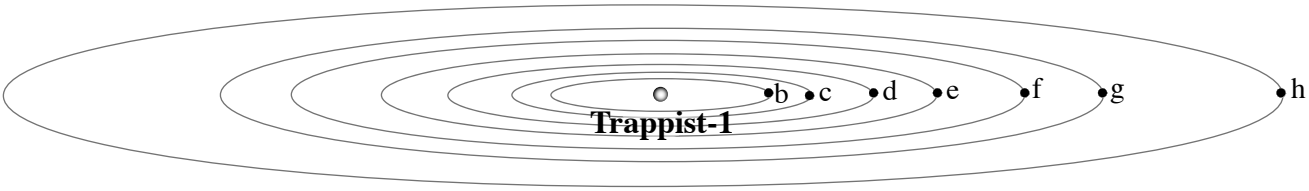
/המשך בעמוד 10/

6. בשנים 2016–2017 התגלו שבעה כוכבי לכת המקיפים כוכב ננסי בשם Trappist-1 ודומים בגודלם לגודל כדור הארץ.

נכנה את כוכבי הלכת שהתגלו b, c, d, e, f, g, h. כוכב הלכת b הוא הקרוב ביותר לכוכב הננסי Trappist-1 ו־ h הוא הרחוק ביותר ממנו.

לצורך החישובים בשאלה יש להניח שהמסלולים של כוכבי הלכת מעגליים וכי ההשפעה של שבעת כוכבי הלכת זה על זה זניחה.

מערכת TRAPPIST-1



בטבלה שלפניכם מוצגים חלק מן הנתונים של רדיוס המסלול ושל זמן המחזור עבור שלושת כוכבי הלכת הקרובים ביותר לכוכב Trappist-1.

כוכב הלכת	r רדיוס מסלול $(10^9\,\mathrm{m})$	T זמן מחזור (ימים)
b	1.73	1.51
c	2.36	
d		4.05

א. חשבו את הערכים החסרים בטבלה. (7 נקודות)

איתן, תלמיד במגמת פיזיקה, טוען כי ככל שכוכב הלכת רחוק יותר מן הכוכב הננסי Trappist-1 כך מהירותו גדולה יותר.

ב. האם איתן צודק? נמקו את תשובתכם. (6 נקודות)

ג. **(1)** בטאו את g_b, תאוצתו של כוכב הלכת b הנגרמת על ידי Trappist-1.

השתמשו בפרמטרים r, T ובקבועים בסיסיים.

(2) האם משקלו של גוף שמסתו m הנמצא על פני כוכב הלכת b הוא mg_b? נמקו את תשובתכם.

(8 נקודות)

ד. חשבו את מסת הכוכב Trappist-1. (7 נקודות)

נתונות שתי חלליות שהמסות שלהן שוות, m_s. חללית I מקיפה את השמש שלנו, וחללית II מקיפה את הכוכב Trappist-1, במסלולים מעגליים שהרדיוס שלהם זהה.

תוספת האנרגייה הדרושה לחללית I כדי להימלט מהשפעת הכבידה של השמש שלנו היא ΔE_I, ותוספת האנרגייה הדרושה לחללית II כדי להימלט מהשפעת הכבידה של Trappist-1 היא ΔE_{II}.

ה. חשבו את היחס $\frac{\Delta E_I}{\Delta E_{II}}$. (5$\frac{1}{3}$ נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות
מועד הבחינה: **קיץ נבצרים**, תשפ"ב, 2022
מספר השאלון: 036361
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ברמה של 5 יח"ל

פיזיקה
מכניקה
הוראות

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים.

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרויות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות.
(2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(1) יש לענות על שלוש שאלות בלבד. אם תענו על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברת. יש לציין באופן ברור את מספר השאלה והסעיף שבחרתם.
(2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, יש להציג את השלבים האלה:
רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני ובו מספר סביר של ספרות משמעותיות ויחידות המדידה המתאימות.
(3) בשאלות שהתשובה עליהן מילולית, יש לענות בקצרה אך ורק בנוגע למה שנשאלתם.
(4) בגרפים, יש לסרטט קווים ישרים באמצעות סרגל.
(5) כאשר אתם נדרשים להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, יש לרשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות והנתונים או בגודל תאוצת הנפילה החופשית g.
(6) בחישובים יש להשתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לגודל תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).
(7) יש לכתוב את התשובות בעט. אם תכתבו בעיפרון או תמחקו בטיפקס, לא תוכלו לערער.
מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים וגרפים בלבד.

יש לכתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>. יש לרשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.
כתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

/המשך מעבר לדף/

השאלות

ענו על שלוש מן השאלות 1–6.

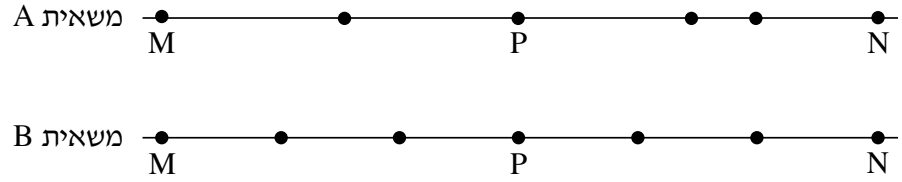
(לכל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. שתי משאיות A ו־ B נכנסות באותו הזמן לשני מסלולים מקבילים זה לזה בקטע כביש ישר.

בכל אחת מן המשאיות מותקן מכשיר המחשב בהפרשי זמן שווים את מיקומה (GPS).

הנקודות בתרשים שלפניכם מייצגות את מיקומי המשאיות A ו־ B , לאורך הקטע MN שאורכו 189 ק"מ.

הנקודה P היא האמצע של הקטע MN .



היעזרו בתרשים וענו על הסעיפים א–ה שלפניכם.

א. נתון כי זמן הנסיעה של משאית B מנקודה M לנקודה N היה 3 שעות.

חשבו את מהירות הנסיעה הממוצעת של משאית זו בקטע MN .

בטאו את התשובה ביחידות של $\frac{\text{קילומטר}}{\text{שעה}}$ וגם של $\frac{\text{מטר}}{\text{שנייה}}$. (7 נקודות)

ב. קבעו אם מהירות הנסיעה הממוצעת של משאית A בקטע MN גדולה ממהירות הנסיעה הממוצעת של משאית B בקטע זה, קטנה ממנה או שווה לה. נמקו בלי לחשב. (7 נקודות)

ג. חשבו את מהירות הנסיעה הממוצעת של משאית A במחצית הראשונה של קטע הנסיעה (הקטע MP).

(7 נקודות)

נתון כי גודל מהירות הנסיעה של משאית A בקטע השלישי של נסיעתה קבוע, והוא שווה למהירות הממוצעת שחישבתם בסעיף ג. כמו כן נתון כי גודל מהירות הנסיעה של משאית A בקטע האחרון של נסיעתה קבוע, והוא שווה למהירות הממוצעת של משאית B בקטע האחרון של נסיעתה (ראו תרשים).

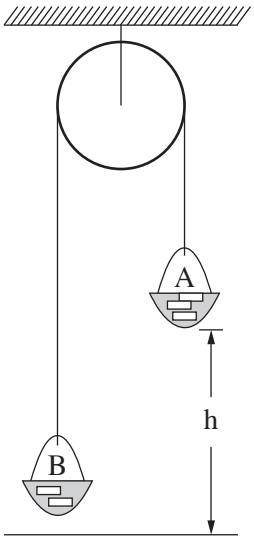
ד. חשבו את התאוצה הממוצעת של משאית A בקטע הרביעי של נסיעתה. (7 נקודות)

ה. קבעו אם יש רגע שבו המהירות הרגעית של שתי המשאיות שווה. נמקו. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 3/

2. לפניכם שני קטעים (קטע א וקטע ב) של דוח מעבדה שהגיש צוות תלמידים. עליכם לקרוא כל אחד מן הקטעים ולענות על סעיפי השאלה שאחרי כל קטע.

– קטע א –



נושא הניסוי: **יישום החוק השני של ניוטון**

בתרשים מוצגת מערכת ("מכונת אטווד") המורכבת מגלגלת מקובעת לתקרה, ועליה כרוך חוט. בשני קצות החוט קשורים סלים A ו־ B , ובתוכם מונחות משקולות. מסת הסל A עם המשקולות שבתוכו היא m_A , ומסת הסל B עם המשקולות שבתוכו היא m_B . הסלים יכולים לנוע מעלה ומטה.

בתחילת הניסוי הסל A (הכבד יותר) נמצא במנוחה בגובה h מעל הרצפה (ראו תרשים).

במערכת זו מסת החוט והגלגלת וכל כוחות החיכוך זניחים.

במהלך הניסוי משחררים את המערכת ממנוחה. באמצעות שעון עצר מודדים את זמן התנועה t של המערכת מרגע שחרורה ועד פגיעת הסל A ברצפה.

על פי מדידת הגובה והזמן מחשבים את התאוצה a של הסל A .

ניסוי 1

מטרת הניסוי: לאמת את ההשערה שהסל A יורד בתאוצה קבועה.

מהלך הניסוי: שחררנו את הסל A כמה פעמים, בכל פעם מגובה אחר, בלי לשנות את מסות הסלים. אחר כך חישבנו את התאוצה a . התוצאות והחישובים של שלוש מדידות מוצגים בטבלה.

h (m)	t (s)	a ($\frac{m}{s^2}$)
0.5	1.01	0.98
1.0	1.40	1.02
1.5	1.72	1.01

א. הסבירו בקצרה מדוע על פי חוקי ניוטון נכון להניח שהסל A יורד בתאוצה קבועה.
בתשובתכם על סעיף זה אין להתבסס על תוצאות המדידות. (5 נקודות)

ב. הראו כיצד חישבו התלמידים את התאוצה בניסוי זה. (4 נקודות)

ג. קבעו אם הממצאים המוצגים בטבלה אכן מאמתים את ההשערה שהסל A יורד בתאוצה קבועה.
נמקו את קביעתכם. (5 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

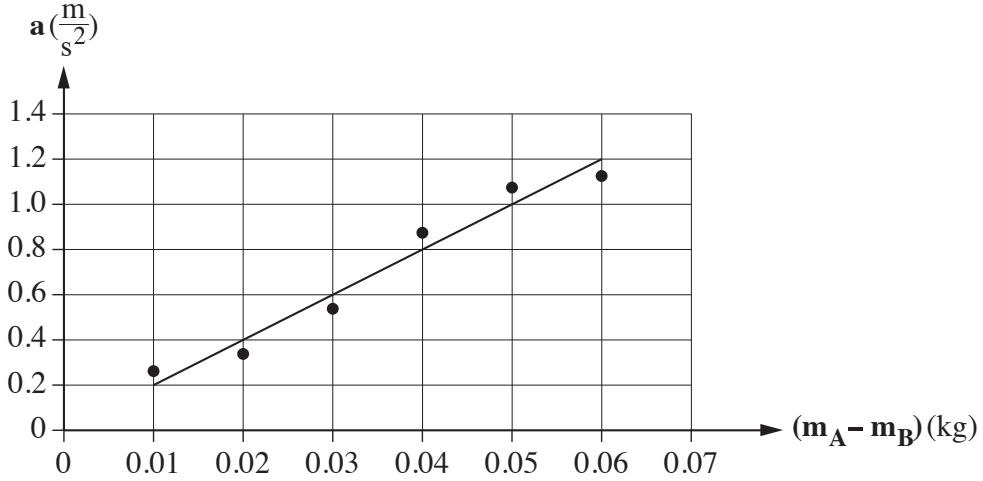
/המשך בעמוד 4/

– קטע ב –

ניסוי 2

מטרת הניסוי: בדיקת התלות של התאוצה בהפרש המסות של הסלים, בעוד המסה הכוללת של המערכת נשארת קבועה.

מהלך הניסוי: חזרנו על המדידות שבניסוי 1 כמה פעמים, ובכל פעם העברנו משקולת מן הסל B לסל A. תוצאות המדידות וקו המגמה מוצגים להלן.



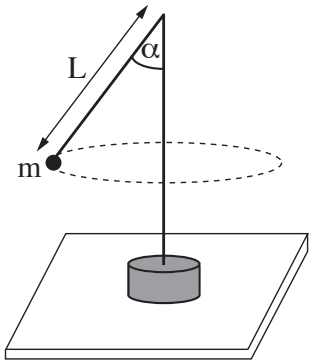
ד. סרטטו במחברתכם את תרשים הכוחות הפועלים על כל אחד מן הסלים. כתבו ליד כל כוח את שמו. (5 נקודות)

ה. התבססו על חוקי ניוטון, ופתחו משוואה המקשרת בין התאוצה ובין הפרש המסות של הסלים. (8 נקודות)

ו. על פי הגרף שבקטע ב והמשוואה שפיתחתם בסעיף ה, חשבו את המסה הכוללת $(m_A + m_B)$ של הסלים במערכת. פרטו את חישוביכם. $(6\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 5/

3. אסף ערך ניסוי עם מנוע חשמלי שיש לו ציר אנכי. הוא חיבר לראש הציר חוט שאורכו L, ולקצה החוט קשר כדור קטן שהמסה שלו m. רדיוס הכדור קטן מאוד ביחס לאורך החוט. כאשר המנוע פועל, הכדור נע בתנועה מעגלית אופקית (ראו תרשים). אסף שינה כמה פעמים את תדירות הסיבוב f של הציר, ומדד בעבור כל תדירות את זווית הנטייה α של החוט.



תוצאות המדידות מוצגות בטבלה.

מדידה	1	2	3	4	5
$f(Hz)$	0.45	0.5	0.6	0.7	1
$\alpha(^o)$	32	45	63	70	80
$\frac{1}{f^2}(s^2)$					
$\cos\alpha$					

א. סרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על הכדור, ופַתחו בעזרתו ביטוי המתאר את $\cos\alpha$ כפונקצייה של $\frac{1}{f^2}$. (10 נקודות)

ב. העתיקו את הטבלה למחברתכם, השלימו אותה (יש לעגל את תוצאות החישוב עד שלוש ספרות משמעותיות), וסרטטו גרף של $\cos\alpha$ כפונקצייה של $\frac{1}{f^2}$. (14 נקודות)

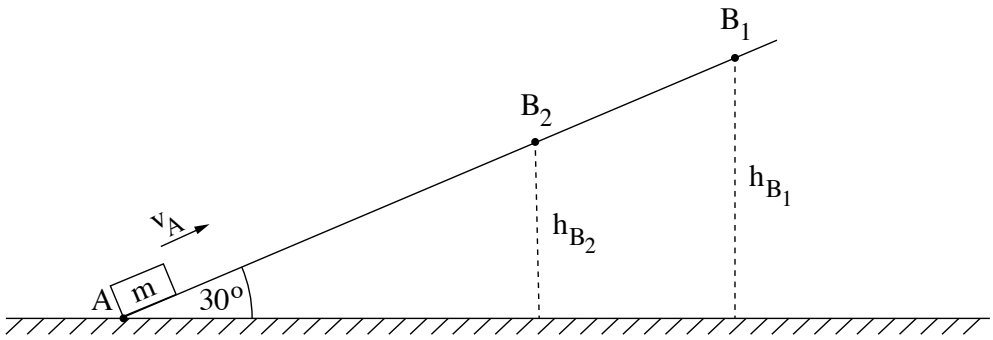
ג. חשבו בעזרת שיפוע הגרף את אורך החוט, L. (6 נקודות)

ד. קבעו על פי הגרף מהי התדירות המינימלית של סיבוב הציר שבה ינוע הכדור בתנועה מעגלית. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 6/

4. תלמיד ערך שני ניסויים בזה אחר זה. בכל אחד מן הניסויים, גוף קטן שמסתו m היה מונח בנקודה A, בתחתית מדרון הנטוי בזווית 30^o לאופק.

<u>בניסוי הראשון</u> העניק התלמיד לגוף מהירות התחלתית v_A, בכיוון מעלה המדרון ובמקביל אליו (ראו תרשים 1).



תרשים 1

הגוף עלה עד הנקודה B_1, נעצר לרגע, וירד חזרה לנקודה A. הגוף הגיע לנקודה A במהירות שגודלה v_{A_1}.

נתון: $|v_A| = |v_{A_1}|$, גובה הנקודה B_1 מעל הקרקע $h_{B_1} = 0.45m$.

א. התבססו על שיקולי עבודה ואנרגייה, וחשבו את המהירות v_A. (7 נקודות)

<u>בניסוי השני</u> החליף התלמיד את המדרון הנתון במדרון הנטוי באותה זווית אך עשוי מחומר אחר, וחזר על הניסוי.

התלמיד העניק לאותו הגוף את אותה המהירות v_A (שחישבתם בסעיף א). הפעם עלה הגוף רק עד הנקודה B_2, נעצר לרגע, וירד חזרה לנקודה A. הגוף הגיע לנקודה A במהירות שגודלה v_{A_2}.

נתון: מסת הגוף $m = 0.2kg$, $|v_A| \neq |v_{A_2}|$, גובה הנקודה B_2 מעל הקרקע $h_{B_2} = 0.3m$.

התייחסו ל<u>ניסוי השני</u> וענו על סעיפים ב–ד שלפניכם.

ב. **(1)** קבעו או חשבו את האנרגייה הקינטית ואת האנרגייה הפוטנציאלית בנקודות A ו־B_2 במהלך עליית הגוף.

(2) חשבו את העבודה של כוח החיכוך במהלך עליית הגוף מהנקודה A עד הנקודה B_2.

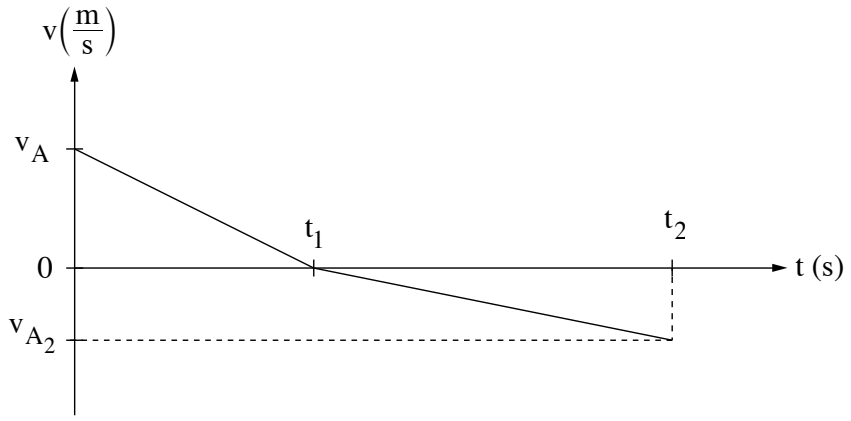
(3) חשבו את כוח החיכוך f שפעל על הגוף במהלך עלייתו.

(12 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 7/

ג. בתרשים 2 נתון גרף המתאר את גודל מהירות הגוף כפונקצייה של הזמן בכל מהלך תנועתו.



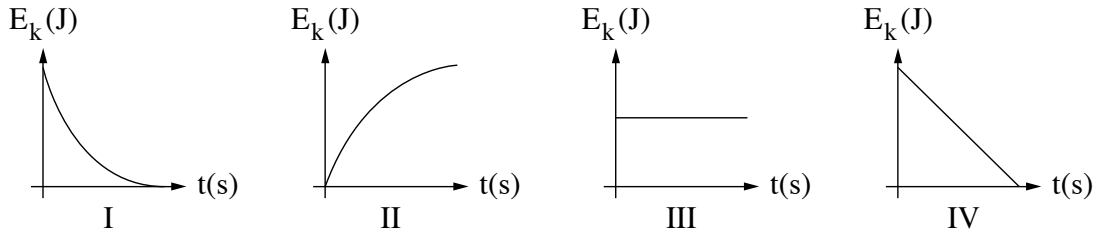
תרשים 2

(1) קבעו איזה גודל פיזיקלי מייצג השטח הכלוא בין הגרף ובין הציר האופקי (ציר הזמן).

(2) התבססו על תשובתכם על תת־סעיף (1), וחשבו את הזמן t_1 המוצג בגרף.

($8\frac{1}{3}$ נקודות)

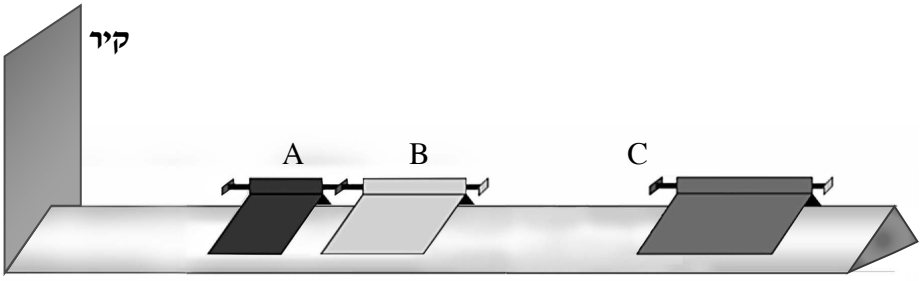
ד. קבעו איזה גרף מן הגרפים I–IV שלפניכם מתאר נכון את תלות האנרגייה הקינטית של הגוף בזמן, במהלך עליית הגוף מנקודה A עד הנקודה B_2 בניסוי השני. נמקו את קביעתכם. (6 נקודות)



תרשים 3

/המשך בעמוד 8/

5. בתרשים 1 שלפניכם מוצגת מסילה חלקה, ועליה שלושה גופים A , B ו־ C היכולים לנוע על המסילה ללא חיכוך. בקצה המסילה יש קיר.



תרשים 1

הגופים A ו־ B מחוברים זה לזה באמצעות קפיץ דרוך שמסתו זניחה.

נתון: $m_A = 0.1\,kg$

$m_B = 0.2\,kg$

א. משחררים את הקפיץ, והגופים A ו־ B מתחילים לנוע.

(1) מהו תנע המערכת של שני הגופים A ו־ B מייד לאחר שחרור הקפיץ? הסבירו.

(2) מייד לאחר שחרור הקפיץ, גוף A נע לכיוון הקיר במהירות שגודלה $v_A = 0.7\frac{m}{s}$.

חשבו את המהירות של גוף B (גודל וכיוון) מייד לאחר שחרור הקפיץ.

($7\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. גוף A מתנגש אלסטית בקיר שבקצה המסילה.

(1) מצאו את המהירות של גוף A (גודל וכיוון) מייד לאחר ההתנגשות בקיר. הסבירו.

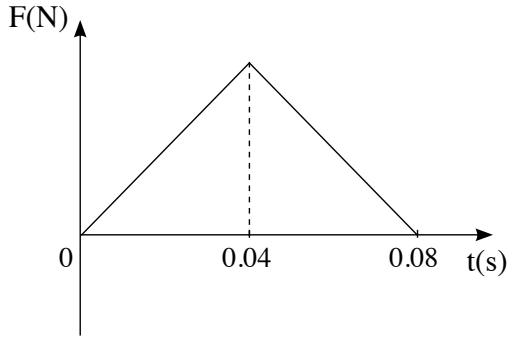
(2) חשבו את גודל המתקף שמפעיל הקיר על גוף A , וציינו את כיוונו.

(8 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 9/

ג. הגרף שלפניכם מתאר את גודל הכוח שמפעיל הקיר על גוף A , כפונקצייה של הזמן.



תרשים 2

(1) קבעו איזה גודל פיזיקלי מייצג השטח הכלוא בין הגרף ובין הציר האופקי (ציר הזמן).

(2) חשבו בעזרת הגרף את הגודל המרבי של הכוח שהפעיל הקיר על גוף A במהלך ההתנגשות בקיר.

(8 נקודות)

ד. גוף B , שאת מהירותו חישבתם בתת־סעיף א (2), מתנגש בגוף C שמסתו $m_C = 0.25kg$, הנע לקראתו במהירות שגודלה v_C .

שני הגופים נצמדים זה אל זה.

(1) נתון שהאנרגייה הקינטית של שני הגופים יחד אחרי ההתנגשות היא אפס.

חשבו את v_C , המהירות של גוף C לפני ההתנגשות.

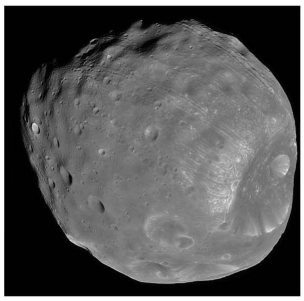
(2) אם גודל המהירות של גוף C לפני ההתנגשות יהיה קטן מגודל המהירות שחישבתם בתת־סעיף ד (1), לאיזה כיוון ינועו הגופים הצמודים B ו־ C ? קבעו והסבירו <u>בלי חישוב</u>.

(10 נקודות)

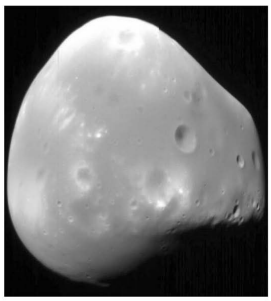
/המשך בעמוד 10/

כבידה

6. בשנת 1877 התגלו שני ירחים המקיפים את כוכב הלכת מאדים: פובוס (Phobos) ודימוס (Deimos).



פובוס



דימוס

(מקור: אתר האינטרנט של NASA)

זמן המחזור של פובוס בתנועתו סביב מאדים, T_P, הוא 0.3189 יממות ארציות, ורדיוס מסלולו הוא $r_P = 9.377 \cdot 10^6 \text{m}$.

זמן המחזור של דימוס סביב מאדים, T_D, הוא 1.262 יממות ארציות.

א. **(1)** חשבו את רדיוס המסלול של דימוס (יש להזניח את השפעת הירחים זה על זה).

(2) נתון: זמן מחזור הירח של כדור הארץ בתנועתו סביב כדור הארץ, T_m, הוא 27.3 יממות.

האם על פי נתון זה, הנתונים שבפתיח וחוקי קפלר בלבד, אפשר לחשב את רדיוס המסלול של הירח בתנועתו סביב כדור הארץ? אם כן – חשבו אותו; אם לא – הסבירו מדוע אי אפשר לחשב.

(10 נקודות)

הָניחו שצורתו של כוכב הלכת מאדים היא כדורית, וצפיפותו אחידה.

ב. חשבו את מסת כוכב הלכת מאדים, על פי נתוני השאלה בלבד. פרטו את חישוביכם. ($8\frac{1}{3}$ נקודות)

חללית קטנה שמסתה 53 kg נשלחה לחקור את מאדים, והיא ריחפה ללא נוע בגובה 20 m מעל נקודה מסוימת על פני מאדים. הָניחו שכוכב הלכת מאדים אינו מסתובב סביב צירו.

מטאורואיד שמסתו 1.3 kg נע במהירות קבועה שגודלה $12.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ וכיוונה מקביל לקרקע המאדים, התנגש בחללית וחדר לתוכה.

לאחר ההתנגשות שני הגופים האלה נעו כגוף אחד (נכנה אותו "גוף מורכב") ופגעו בקרקע המאדים.

הרדיוס של כוכב הלכת מאדים הוא $R = 3.4 \cdot 10^6 \text{m}$.

ג. חשבו את גודל המהירות של הגוף המורכב מייד אחרי ההתנגשות. (6 נקודות)

ד. **(1)** חשבו את גודל תאוצת הכובד סמוך לקרקע המאדים.

(2) כמה זמן אחרי ההתנגשות פגע הגוף המורכב בקרקע המאדים?

(9 נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות
מועד הבחינה: קיץ תשפ"ב, 2022
מספר השאלון: 036361
נספח: דפי נוסחאות ונתונים ל־5 יחידות לימוד

פיזיקה

מכניקה

הוראות

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים.

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:

בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.

לכל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות; $33\frac{1}{3} \times 3 = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרויות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות.
(2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:

(1) יש לענות על שלוש שאלות בלבד. אם תענו על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברת. יש לציין באופן ברור את מספר השאלה והסעיף שבחרתם.

(2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, יש להציג את השלבים האלה:
רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני ובו מספר סביר של ספרות משמעותיות ויחידות המדידה המתאימות.

(3) בשאלות שהתשובה עליהן מילולית, יש לענות בקצרה אך ורק בנוגע למה שנשאלתם.

(4) בגרפים, יש לסרטט קווים ישרים באמצעות סרגל.

(5) כאשר אתם נדרשים להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, יש לרשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות והנתונים או בגודל תאוצת הנפילה החופשית g.

(6) בחישובים יש להשתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לגודל תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).

(7) יש לכתוב את התשובות בעט. אם תכתבו בעיפרון או תמחקו בטיפקס לא תוכלו לערער.
מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים וגרפים בלבד.

יש לכתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>. יש לרשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.
כתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

/המשך מעבר לדף/

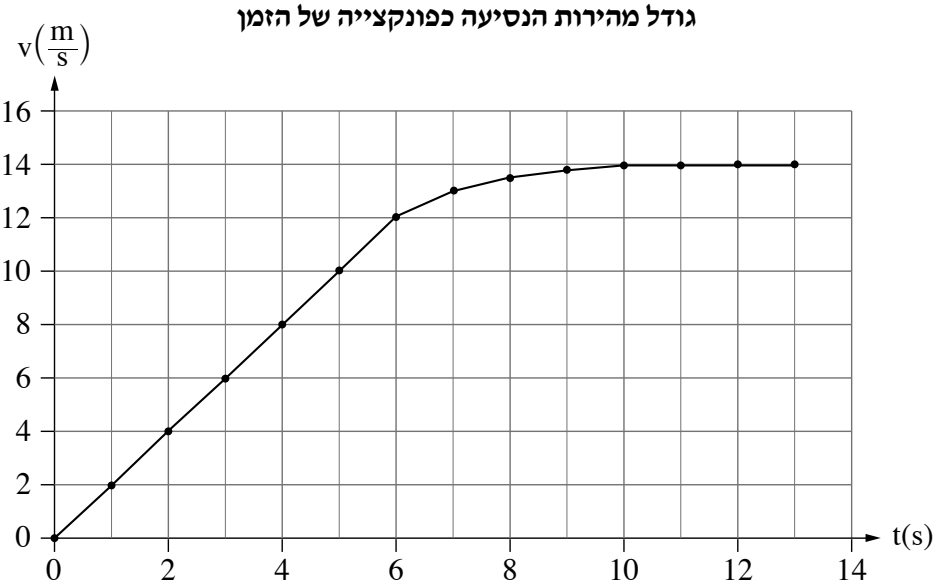
השאלות

ענו על שלוש מן השאלות 1–6.

(לכל שאלה – $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. נהג מכונית התחיל את נסיעתו ממנוחה ונסע לאורך כביש ישר. הגרף שלהלן מתאר את גודל מהירות הנסיעה של המכונית כפונקצייה של הזמן.

גודל מהירות הנסיעה כפונקצייה של הזמן



א. קבעו מהו סוג התנועה של המכונית (שוות מהירות, שוות תאוצה, תאוצה משתנה) בכל אחד משלושת השלבים העיקריים של התנועה המוצגים בגרף: $0 < t < 6s$, $6s < t < 10s$, $10s < t < 13s$. נמקו את קביעותיכם. (6 נקודות)

יצרני המכונית מצהירים כי אפשר להאיץ את המכונית מ־ 0 קמ"ש עד 100 קמ"ש ב־ 2.6 שניות.

ב. הַניחו כי התאוצה שעליה הצהירו היצרנים קבועה, וחשבו פי כמה גדולה תאוצה זו מן התאוצה המקסימלית שבה נסע הנהג. (6 נקודות)

ג. חשבו בקירוב את המהירות הממוצעת של המכונית ב־ 13 השניות הראשונות של נסיעתה. (6 נקודות)

המכונית המשיכה לנסוע לאורך כביש ישר במהירות שגודלה $14\frac{m}{s}$. ברגע מסוים הבחין הנהג בכדור המתגלגל לרוחב הכביש ולא רצה לפגוע בו. הזמן שעבר מן הרגע שהוא הבחין בכדור ועד שלחץ על דוושת הבלם (זמן התגובה) הוא 0.75s . גודל תאוצת הבלימה של המכונית הוא $3.5\frac{m}{s^2}$.

ד. חשבו את משך הזמן שעבר מן הרגע שהנהג לחץ על דוושת הבלם ועד שהמכונית נעצרה. (6 נקודות)

ה. חשבו את המרחק הכולל שעברה המכונית מן הרגע שהנהג הבחין בכדור ועד שהמכונית נעצרה. (6 נקודות)

בכרזה של הרשות הלאומית לבטיחות בדרכים נכתב: "10 קמ"ש פחות – פי שניים סיכוי לחיות".

הנהג הבין שכוונת הדברים היא שאם יקטינו את גודל המהירות של המכונית ב־ 10 קמ"ש, מרחק הבלימה שלה יִקטַן פי שניים. מרחק הבלימה הוא המרחק הקטן ביותר שעוברת המכונית מן הרגע שבו הנהג לוחץ על הבלמים ועד לעצירתה.

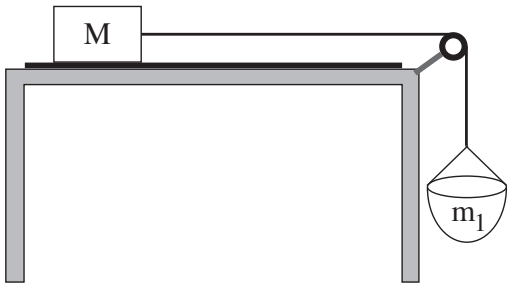
ו. האם הקטנת גודל המהירות של המכונית ב־ 10 קמ"ש תקטין את מרחק הבלימה שלה פי שניים, ללא תלות בגודל מהירות הנסיעה? נמקו את תשובתכם. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 3/

2. תלמיד ערך שלושה ניסויים באמצעות תיבה שמסתה M , ומסילה חלקה.

בניסוי הראשון הציב התלמיד את המסילה בכיוון אופקי והניח עליה את התיבה (ראו תרשים 1). הוא החזיק את התיבה בַּמקום וקשר אליה משקולת שמסתה m_1 באמצעות חוט העובר על פני גלגלת. התלמיד שחרר את המערכת ממנוחה. הַניחו כי מסת החוט ומסת הגלגלת זניחים, וכי במהלך התנועה המשקולת לא מגיעה לקרקע והתיבה לא מגיעה אל הגלגלת.

נתון כי גודל תאוצת המערכת הוא $\frac{g}{4}$.



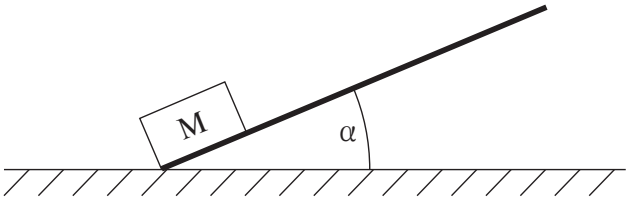
תרשים 1

א. סרטטו במחברת את תרשים הכוחות שפעלו על התיבה M , ואת תרשים הכוחות שפעלו על המשקולת m_1 . ליד כל כוח רשמו את שמו. (5 נקודות)

ב. בטאו את מסת המשקולת m_1 באמצעות מסת התיבה M . (6 נקודות)

ג. חשבו את היחס בין גודל המתיחות בחוט כל עוד המערכת הוחזקה במנוחה ובין גודל המתיחות בחוט לאחר שחרור המערכת. (7 נקודות)

בניסוי השני העלה התלמיד קצה אחד של המסילה כך שהמסילה הייתה משופעת בזווית α ביחס לאופק. הוא הוציא את המשקולת m_1 מן המערכת, הניח את התיבה M בקצה התחתון של המסילה והדף אותה בכיוון מעלה המסילה המשופעת (ראו תרשים 2). גם בניסוי זה גודל תאוצת התיבה הוא $\frac{g}{4}$.



תרשים 2

ד. חשבו את α , זווית השיפוע. (7 נקודות)

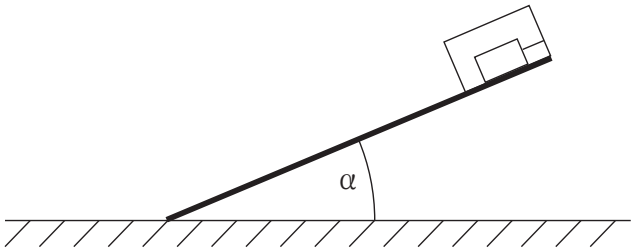
לאחר שהתיבה עלתה במעלה המסילה היא נעצרה רגעית, והתחילה לנוע בחזרה במורד המסילה.

ה. קבעו אם גודל תאוצת התיבה ברגע שבו היא נעצרה רגעית שווה לאפס. נמקו את קביעתכם. (5 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 4/

בניסוי השלישי הניח התלמיד גוף בתוך התיבה, וקשר אותו לדופן התיבה באמצעות חוט המקביל למסילה.
הוא הניח את התיבה והגוף בתוכה במעלה המסילה ושחרר אותם ממנוחה (ראו תרשים 3).



תרשים 3

ו. מה היה גודל המתיחות בחוט במהלך ירידתה של התיבה? נמקו את תשובתכם. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

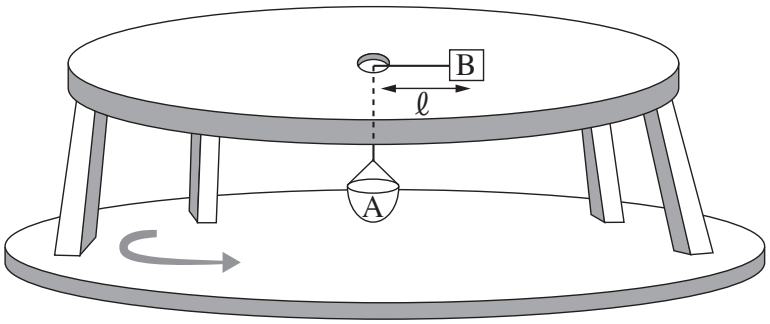
/המשך בעמוד 5/

3. נתונה מערכת המורכבת משולחן אופקי שבמרכזו יש חור, ושני גופים A ו־ B (ראו תרשים). גוף B מונח על השולחן וגוף A הוא סלסלה התלויה מתחת לשולחן, באמצעות חבל העובר דרך החור ומחובר לגוף B . החיכוך בין החבל ובין שפת החור שבשולחן ניתן להזנחה.

המרחק בין גוף B לבין מרכז החור שבשולחן הוא ℓ .

השולחן וגוף B , המונח עליו, מוצבים על משטח המסתובב בתדירות קבועה, f . מרכז השולחן הוא מרכז הסיבוב.

גודל המרחק ℓ ותדירות הסיבוב של המערכת, f , נשארים קבועים בכל מהלך השאלה.



נתון: $m_A = 0.1kg$, $m_B = 0.3kg$, $\ell = 0.4m$.

במצב המתואר לא פועל כוח חיכוך בין גוף B לבין השולחן.

א. התייחסו למצב זה, וסרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על כל אחד משני הגופים. ליד כל כוח רשמו את שמו. (5 נקודות)

ב. חשבו את התדירות f . (7 נקודות)

במקרה אחר הוסיפו לסלסלה A משקולת שמסתה שווה למסת הסלסלה. המרחק ℓ והתדירות f לא השתנו.

במצב זה פועל כוח חיכוך סטטי בין גוף B לבין השולחן.

ג. מהו גודלו ומהו כיוונו של כוח החיכוך הסטטי הפועל על גוף B ? (7 נקודות)

ד. חשבו את מקדם החיכוך הסטטי μ_s המינימלי הקיים בין השולחן לגוף B , המאפשר תנועה זו. (6 נקודות)

בלי להוריד את המשקולת שהוסיפו לסלסלה, חיברו מעל גוף B גוף נוסף, C , שמסתו m_C .

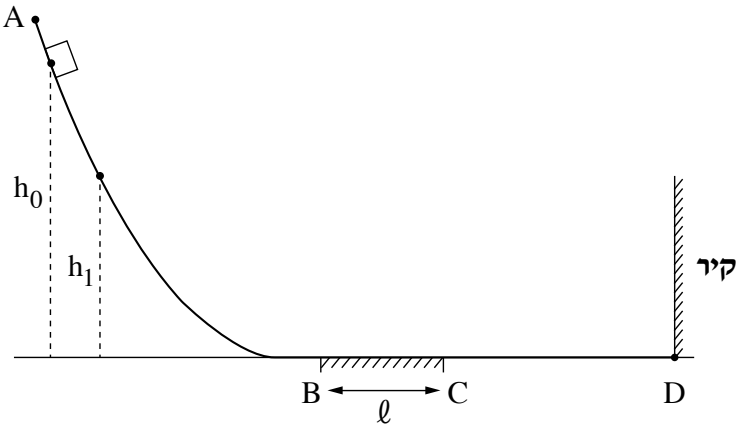
במצב זה שני הגופים, B ו־ C , מסתובבים כעת יחד בתנועה מעגלית שרדיוסה ℓ ותדירותה f .

ה. אִילו מסת גוף C הייתה שווה למסת גוף B ($m_B = m_C$), הסבירו מדוע במצב זה לא היה פועל כוח חיכוך סטטי בין גוף B לבין השולחן. (5 נקודות)

ו. אִילו מסת גוף C הייתה גדולה ממסת גוף B ($m_B < m_C$) , קִבעו את כיוון כוח החיכוך הסטטי שהשולחן היה מפעיל על גוף B . נמקו את קביעתכם. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 6/

4. גוף קטן שמסתו m מחליק על גבי מסילה $ABCD$ המחוברת לקיר בנקודה D (ראו תרשים).
הקטעים AB ו־CD של המסילה הם חלקים. אורכו של הקטע האופקי BC הוא ℓ, ומקדם החיכוך בינו לבין הגוף הוא μ.



שִׁחררו את הגוף ממנוחה מגובה h_0 (ראו תרשים). הגוף נע על גבי המסילה לכיוון הקיר, התנגש בו בנקודה D התנגשות אלסטית (לחלוטין), וחזר חזרה על גבי המסילה. בדרכו חזרה הגיע הגוף לגובה מרבי h_1.

א. סַרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על הגוף כשהוא נע בקטע BC, בתנועתו מן הנקודה B לנקודה C. ליד כל כוח רשמו את שמו. (4 נקודות)

ב. פַּתחו ביטוי לעבודת כוח החיכוך במהלך תנועת הגוף מגובה h_0 ועד להגעתו לגובה h_1 בדרכו חזרה במעלה המסילה. השתמשו בפרמטרים m, ℓ ו־μ. (4 נקודות)

לאחר שהגיע הגוף לגובה h_1 הוא המשיך לנוע על גבי המסילה $ABCD$ <u>הלוך ושוב</u> כמה פעמים. בכל פעם הגיע הגוף לגובה מרבי אחר, h_n. הגובה h_n שאליו הגיע הגוף נמדד $n=5$ פעמים.

ג. פַּתחו ביטוי של הגובה h_n כפונקצייה של n. השתמשו בפרמטרים h_0, ℓ ו־μ. (6 נקודות)

תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניכם:

מספר המדידה n	1	2	3	4	5
$h_n(m)$	1.30	1.12	0.88	0.73	0.53

ד. **(1)** סרטטו דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) של h_n כפונקצייה של n.

(2) הוסיפו לדיאגרמת הפיזור את הישר המתאים לה ביותר (קו מגמה).

(8 נקודות)

נתון: $\ell = 0.25m$.

ה. היעזרו בגרף שסרטטתם ומִצאו:

(1) את הגובה ההתחלתי h_0 שממנו שוחרר הגוף.

(2) את מקדם החיכוך μ.

(8 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 7

בניסוי נוסף ציפו את הקיר בחומר מסוים ושחררו שוב את הגוף ממנוחה מגובה h_0 . העֵרך של הגובה h_1' שנמדד בניסוי הנוסף היה קטן מן הערך h_1 שנמדד בניסוי הקודם.

ו. קבעו אם עבודת הכוח הנורמלי שהקיר הפעיל על הגוף במהלך ההתנגשות בניסוי הנוסף הייתה חיובית, שלילית או שווה לאפס. נמקו את קביעתכם. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 8/

5. לינוי אשרם, המתעמלת האומנותית הישראלית, זכתה במדליית זהב באולימפיאדת טוקיו (2021) בתחרות קרב־רב אישי. אחד מן התרגילים שהיא ביצעה בהצלחה רבה היה תרגיל עם כדור.

תלמידה המתאמנת גם היא בהתעמלות אומנותית ביצעה תרגיל ראשון באמצעות כדור שמסתו 400 גרם. היא זרקה את הכדור בכיוון אנכי כלפי מעלה מגובה 1 מטר. הכדור הגיע לגובה מרבי של 6 מטרים מעל הקרקע ונפל בחזרה על הקרקע.

הַניחו שהתנגדות האוויר זניחה בכל שלבי תנועת הכדור.

א. חשבו את גודל המהירות של הכדור ברגע פגיעתו בקרקע. (6 נקודות)

ב. האם גודל המהירות של הכדור ברגע שיצא מידיה של התלמידה היה קטן מגודל מהירות הכדור ברגע פגיעתו בקרקע, גדול ממנו או שווה לו? נמקו את תשובתכם. (5 נקודות)

לאחר שהכדור פגע בקרקע, הוא ניתר ממנה בכיוון אנכי כלפי מעלה. גודל המהירות של הכדור מייד לאחר הניתור מן הקרקע היה שווה לגודל המהירות של הכדור כאשר הוא פגע בקרקע.

ג. האם במהלך הפגיעה בקרקע הופעל על הכדור מתקף? אם כן – חשבו את גודלו של המתקף, אם לא – הסבירו. (6 נקודות)

ד. האם במהלך הפגיעה בקרקע בוצעה על הכדור עבודה? אם כן – חשבו את גודלה של העבודה, אם לא – הסבירו. (6 נקודות)

התלמידה ביצעה תרגיל שני, הפעם עם שני כדורים זהים, כדור 1 וכדור 2. התלמידה זרקה את כדור 1 כפי שזרקה את הכדור בתרגיל הראשון, אך הפעם היא הציבה בדרכו של כדור 1, לאחר שהוא חזר מן הקרקע, את כדור 2. היא שחררה את כדור 2 ממנוחה בגובה 1 מטר, בדיוק ברגע שבו כדור 1 הגיע לגובה זה, ושני הכדורים התנגשו זה בזה.

הַניחו שההתנגשות בין הכדורים הייתה אלסטית (לחלוטין) ונמשכה זמן קצר מאוד, וכן הייתה מצחית (הכיוון של תנועת כדור 1 לפני ההתנגשות התלכד עם הקו האנכי המחבר בין המרכזים של שני הכדורים).

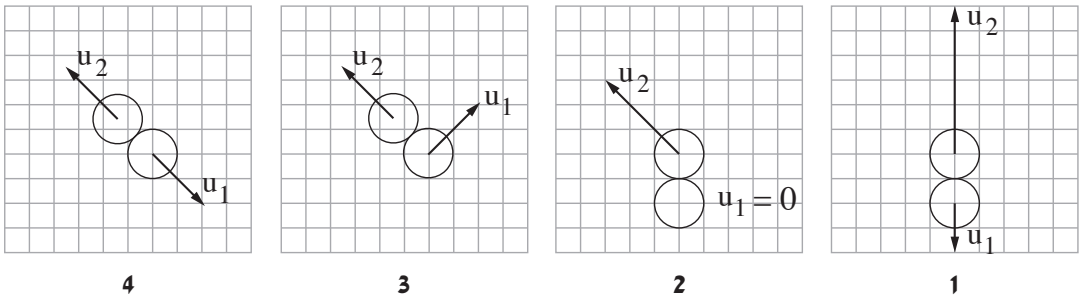
ה. חשבו את גודל המהירות של <u>כל אחד</u> משני הכדורים מייד בתום ההתנגשות. (6 נקודות)

התלמידה ביצעה את התרגיל עם שני הכדורים כמה פעמים, ובכל פעם ההתנגשות בין הכדורים הייתה אלסטית (לחלוטין). בחלק מן הפעמים ההתנגשות בין הכדורים הייתה מצחית ובחלק מן הפעמים היא לא הייתה מצחית.

ו. בכל אחד מן התרשימים 1–4 שלפניכם מוצגים שני כדורים ברגע שלאחר ההתנגשות ביניהם. החיצים שעל הכדורים שבתרשימים מייצגים את המהירויות שלהם (בקנה מידה אחיד) מייד בתום ההתנגשות.

קבעו מהו התרשים שיכול לתאר את המצב של הכדורים באחד מן התרגילים של התלמידה. נמקו את קביעתכם.

($4\frac{1}{3}$ נקודות)



/המשך בעמוד 9/

כבידה

6. "בראשית 2" הוא שמה של חללית ישראלית שמתכננים המהנדסים של חברת SPACE IL ומתכוונים לשגר לעבר הירח בעוד כמה שנים. החללית מתוכננת לשאת על סיפונה שתי נחתות שינחתו בשני אתרים שונים על פני הירח.
השאלה שלפניכם נכתבה בהשראת תוכנית השיגור של "בראשית 2", אולם הנתונים אינם זהים לאלה שבתוכנית.
חללית שעל סיפונה שתי נחתות, נחתת 1 ונחתת 2, משוגרת מכדור הארץ על גבי טיל ונעה לעבר הירח.

א. חשבו באיזה מרחק ממרכז כדור הארץ הגודל של כוח המשיכה שמפעיל כדור הארץ על הטיל שווה לגודל של כוח המשיכה שמפעיל הירח על הטיל. (7 נקודות)

בסעיפים ב–ה הַניחו שכוח המשיכה שמפעיל כדור הארץ על החללית ועל הנחתות ניתן להזנחה ביחס לכוח המשיכה שמפעיל עליהם הירח.
החללית מכניסה כל אחת מן הנחתות למסלול מעגלי אחר מסביב לירח: את נחתת 1 למסלול מעגלי שרדיוסו r_1, ואת נחתת 2 למסלול מעגלי שרדיוסו r_2. כאשר נחתת 1 משלימה תשעה סיבובים סביב הירח, נחתת 2 משלימה עשרה סיבובים סביבו.

ב. חשבו את $\frac{r_1}{r_2}$. (8 נקודות)

נחתת 2 נעה במסלול מעגלי סביב הירח בגובה $h = 260\text{km}$ מעל פני הירח.

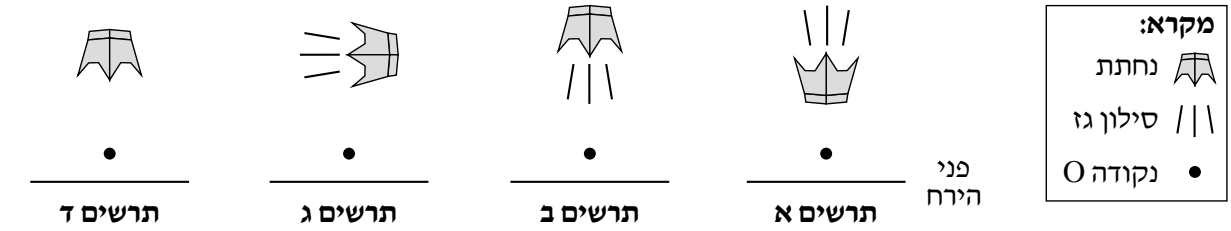
ג. האם יש לנחתת 2 תאוצה במהלך תנועתה המעגלית סביב הירח? אם כן – חשבו את גודל התאוצה של הנחתת.
אם לא – נמקו מדוע לנחתת 2 אין תאוצה. (8 נקודות)

בנוסחת הכבידה העולמית המסות של שני גופים מופיעות באופן סימטרי. הדבר נמצא בהתאמה לאחד מחוקי ניוטון.

ד. ציינו את שמו של החוק הזה (או נסחו אותו), והסבירו את הקשר בינו לבין נוסחת הכבידה העולמית.
(5 נקודות)

תנועתה של כל אחת משתי הנחתות נשלטת באמצעות מנוע סילון הפולט גז בעת פעולתו.
בשלב הנחיתה של נחתת 1 על פני הירח היא נעה לעברו לאורך מסלול ישר המאונך לפני הירח, ונעצרת (עצירה רגעית) בנקודה מסוימת O הנמצאת מעל פני הירח.
תרשימים א–ג שלפניכם מתארים מצבים שבהם המנוע פולט סילון גז בכיוונים שונים, ותרשים ד מתאר מצב שבו המנוע **אינו** מופעל ואינו פולט סילון גז.

ה. קבעו באיזה מן התרשימים א–ד מתואר מצב שמאפשר עצירה רגעית של הנחתת בנקודה O. נמקו את קביעתכם.
($5\frac{1}{3}$ נקודות)



בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

מועד קיץ

סוג הבחינה: בגרות
מועד הבחינה: קיץ תשפ"א, 2021
מספר השאלון: 036361
נספח: דפי נוסחאות ונתונים ל־5 יחידות לימוד

פיזיקה
מכניקה
הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים.

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה שש שאלות, ומהן עליך לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; $33\frac{1}{3} \times 3 = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרויות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות.
(2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(1) ענה על שלוש שאלות בלבד. אם תענה על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברתך. ציין באופן ברור את מספר השאלה והסעיף שבחרת.
(2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, הצג את השלבים האלה:
רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני ובו מספר סביר של ספרות משמעותיות ויחידות המדידה המתאימות.
(3) בשאלות שהתשובה עליהן מילולית, עליך לענות בקצרה אך ורק בנוגע למה שנשאלת.
(4) בגרפים, יש לסרטט קווים ישרים באמצעות סרגל.
(5) 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 מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות והנתונים או בגודל תאוצת הנפילה החופשית g.
(6) בחישוביך השתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לגודל תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).
(7) כתוב את תשובותיך בעט. אם תכתוב בעיפרון או תמחק בטיפקס לא תוכל לערער.
מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים וגרפים בלבד.

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>. רשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.
כתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

/המשך מעבר לדף/

השאלות

ענה על שלוש מן השאלות 1-6.

(לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. שתי מכוניות, א ו־ ב, נמצאות על כביש ישר ואופקי (ראה תרשים).

מכונית א נסעה במהירות שגודלה $30\frac{m}{s}$. ברגע $t=0$ היא חלפה בנקודה A , ומאותו רגע היא הקטינה את גודל מהירותה בקצב קבוע, עד לעצירתה.

ברגע שבו מכונית א חלפה בנקודה A , מכונית ב התחילה לנסוע ממנוחה מן הנקודה B לכיוון מכונית א, והגדילה את גודל מהירותה בקצב קבוע. שתי המכונית נעו זו לקראת זו.



הכיוון החיובי של ציר ה־ x נקבע ימינה וראשיתו בנקודה A .

א. לפניך ארבעה היגדים 1-4, רק אחד מהם נכון.

התייחס לרגע שבו מכונית ב התחילה לנסוע ולציר ה־x , וקבע איזה מן ההיגדים הוא הנכון.

נמק את קביעתך. (6 נקודות)

1. מכונית א נעה בתאוצה חיובית, ומכונית ב נעה בתאוצה שלילית.

2. מכונית א נעה בתאוצה שלילית, ומכונית ב נעה בתאוצה חיובית.

3. שתי המכוניות נעו בתאוצה חיובית.

4. שתי המכוניות נעו בתאוצה שלילית.

מכונית א הקטינה את גודל מהירותה בקצב של $2\frac{m}{s}$ בכל שנייה.

ב. חשב את הזמן מרגע $t=0$ ועד לרגע שבו נעצרה מכונית א. (4 נקודות)

ג. חשב את המרחק בין נקודת העצירה של מכונית א לבין הנקודה A . (5 נקודות)

מכונית ב הגדילה את גודל מהירותה במשך 10 השניות הראשונות של תנועתה בקצב של $3\frac{m}{s}$ בכל שנייה. לאחר מכן היא הקטינה את גודל מהירותה בקצב קבוע, ועצרה באותו הזמן ובאותו המקום שבו נעצרה מכונית א.

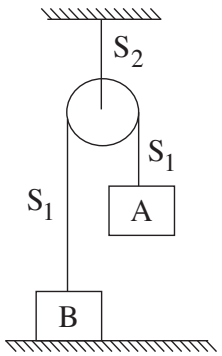
ד. חשב את גודל התאוצה של מכונית ב במהלך הבלימה. (7 נקודות)

ה. חשב את AB , המרחק שהיה בין שתי המכוניות ברגע $t=0$. (7 נקודות)

ו. התייחס לכיוון ציר ה־x שהוגדר בשאלה, וסרטט לכל אחת משתי המכוניות גרף המתאר את המהירות שלה כפונקציה של הזמן מרגע $t=0$ ועד לעצירתה. סרטט את שני הגרפים באותה מערכת צירים. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 3/

2. נתונה מערכת המורכבת משני גופים, A ו־ B , שמחוברים באמצעות חוט S_1 העובר על פני גלגלת.
הגלגלת מחוברת באמצעות חוט S_2 לתקרת חדר (ראה תרשים).
גוף A מוחזק בַּמקום והמערכת נמצאת במנוחה. במצב הזה גוף B צמוד לרצפה ולא מפעיל עליה כוח.
נתון כי $m_A > m_B$.
יש להזניח את מסת החוטים, מסת הגלגלת, התנגדות האוויר וכוחות החיכוך במערכת.



א. **(1)** סרטט תרשים של הכוחות הפועלים על הגוף B . ליד כל כוח רשום את שמו.

(2) סרטט תרשים של הכוחות הפועלים על הגלגלת. ליד כל כוח רשום את שמו.

(5 נקודות)

ב. בטא באמצעות נתוני השאלה את כוח המתיחות בחוט S_2 במצב המתואר, שבו המערכת במנוחה. (5 נקודות)

משחררים את גוף A והמערכת מתחילה לנוע. בכל מהלך התנועה שני הגופים אינם מגיעים אל הגלגלת.

ג. התייחס לפרק הזמן מרגע השחרור של גוף A ועד לרגע לפני פגיעתו בקרקע, וענה על התת־סעיפים (1)-(3) שלפניך. <u>נמק את קביעותיך</u>. (9 נקודות)

(1) קבע אם גודל התאוצה של גוף A קטן מגודל התאוצה של גוף B , גדול ממנו או שווה לו.

(2) קבע אם גודל הכוח השקול הפועל על גוף A קטן מגודל הכוח השקול הפועל על גוף B , גדול ממנו או שווה לו.

(3) קבע אם הגודל של כוח המתיחות הפועל על גוף A קטן מן הגודל של כוח המתיחות הפועל על גוף B , גדול ממנו או שווה לו.

ד. בטא את תאוצת המערכת בפרק הזמן מרגע שחרור גוף A ועד לרגע לפני פגיעתו בקרקע.
בתשובתך השתמש בפרמטרים m_A , m_B ו־ g . (5 נקודות)

נתון: $m_B = 2kg$, $m_A = 3kg$.

ה. חשב את התאוצה של גוף A (גודל וכיוון). (5 נקודות)

ו. חשב את גודל כוח המתיחות בחוט S_2 מרגע שחרור גוף A ועד לרגע לפני פגיעתו בקרקע. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 4/

3. במהלך ניסוי תלמיד זרק כדור קטן בכיוון אופקי במהירות v_0 כמה פעמים, בכל פעם מגובה אחר.
בכל פעם מדד התלמיד את הגובה h שממנו הוא זרק את הכדור, ואת המרחק האופקי d בין מקום הזריקה למקום הפגיעה של הכדור בקרקע. נוסף לכך חישב התלמיד את ריבוע המרחק האופקי, d^2 .
בשאלה זו יש להזניח את התנגדות האוויר.
בטבלה שלפניך מרוכזות תוצאות הניסוי שערך התלמיד.

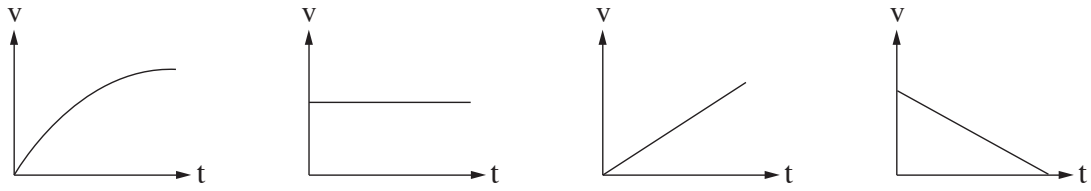
h (m)	10	20	30	40	50
d (m)	21.2	31.6	38.1	43.6	47.4
$\mathbf{d^2}$ (m^2)	449.4	998.6	1451.6	1901.0	2246.8

א. לפניך גרפים א-ד.

(1) קבע איזה מן הגרפים מתאר את גודל המהירות האופקית.

(2) קבע איזה מן הגרפים מתאר את גודל המהירות האנכית.

נמק את קביעותיך. (8 נקודות)



גרף ד **גרף ג** **גרף ב** **גרף א**

ב. בטא את ריבוע המרחק האופקי, d^2 , כפונקציה של הגובה h והפרמטרים v_0 ו־ g . (7 נקודות)

ג. **(1)** סרטט דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) של ריבוע המרחק האופקי, d^2 , כפונקציה של הגובה h .

(2) הוסף לדיאגרמת הפיזור את הישר המתאים לה ביותר (קו מגמה).

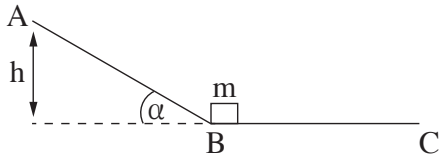
(8 נקודות)

ד. היעזר בשיפוע של הישר שסרטטת וחשב את v_0 , המהירות ההתחלתית שבה נזרק הכדור. (6 נקודות)

ה. הנח שהכדור נזרק מגובה $h = 25m$. חשב את המהירות (גודל וכיוון) של הכדור ברגע פגיעתו בקרקע.
($4\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 5/

4. נתונה מסילה ABC . הקטע AB של המסילה חלק ומשופע בזווית α ביחס לאופק, ואילו הקטע BC אופקי ולא חלק.
גוף שמסתו m נמצא במנוחה בנקודה B (ראה תרשים).
משכו את הגוף מן הנקודה B לעבר הנקודה A באמצעות כוח חיצוני F שכיוונו מקביל לקטע AB וגודלו איננו קבוע.
הגוף הגיע לנקודה A במהירות אפס. גודל הכוח F איננו נתון.



נתון: $m = 0.5kg$, $\alpha = 30^o$, גובה הנקודה A הוא $h = 2m$.

א. קבע או חשב את העבודה של הכוח הנורמלי ואת העבודה של כוח הכובד שפעלו על הגוף לאורך הקטע AB .
פרט את שיקוליך. (9 נקודות)

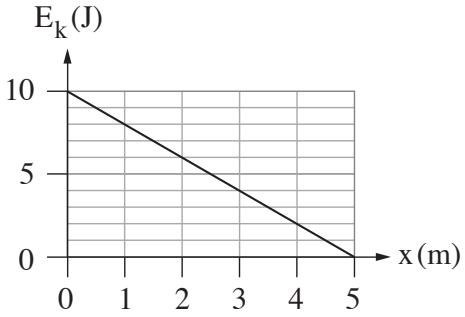
ב. חשב את העבודה הכוללת של הכוחות שפעלו על הגוף לאורך הקטע AB . (5 נקודות)

ג. חשב את עבודת הכוח החיצוני F שפעל על הגוף לאורך הקטע AB . (4 נקודות)

לאחר שהגוף הגיע אל הנקודה A , הכוח החיצוני F הפסיק לפעול, והגוף החל לנוע בחזרה על המסלול ABC .
בדרכו חזרה חלף הגוף בנקודה B , ונעצר לפני שהוא הגיע אל הנקודה C . מקדם החיכוך הקינטי בין המסילה לבין הגוף בקטע BC הוא μ_k.

ד. חשב את הגודל של מהירות הגוף בחולפו בנקודה B . (5 נקודות)

נסמן ב־ x את המרחק של הגוף מן הנקודה B במהלך תנועתו בקטע BC .
לפניך גרף המתאר את האנרגייה הקינטית של הגוף כפונקציה של x .



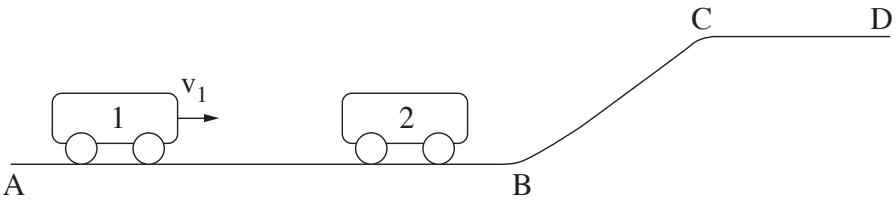
ה. בטא את האנרגייה הקינטית של הגוף במהלך תנועתו בקטע BC באמצעות x , g , h , m ו־ μ_k . (6 נקודות)

ו. היעזר בביטוי שקיבלת בסעיף ה ובגרף הנתון, וחשב את μ_k . ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 6/

5. בתרשים 1 מוצגת מסילה חלקה ABCD .

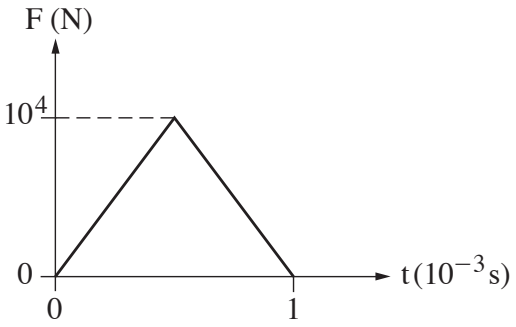
קרונית 1 שמסתה $m_1 = 2kg$ נעה ימינה על קטע המסילה האופקי AB במהירות שגודלה v_1 .



תרשים 1

קרונית 1 מתנגשת התנגשות מצח אלסטית (לחלוטין) בקרונית 2 הנמצאת במנוחה על קטע AB של המסילה.

הנח שתרשים 2 מתאר את הכוח F שהפעילה קרונית 1 על קרונית 2 במהלך ההתנגשות, כפונקציה של הזמן.



תרשים 2

א. איזה גודל פיזיקלי מייצג השטח הכלוא בין העקומה שבתרשים 2 ובין ציר הזמן? (6 נקודות)

ב. לאחר ההתנגשות קרונית 2 נעה ימינה במהירות $u_2 = 1.25\left(\frac{m}{s}\right)$.

חשב את המסה m_2 של קרונית 2. (9 נקודות)

ג. כתוב <u>שתי</u> משוואות לחישוב המהירות של קרונית 1 לפני ההתנגשות, והצב במשוואות את הערכים המתאימים.

אין צורך לפתור את המשוואות. (7 נקודות)

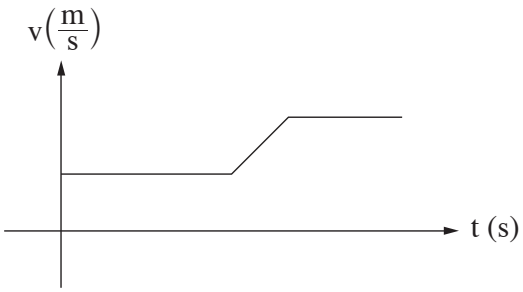
ד. העתק את תרשים 2 למחברתך. הוסף לתרשים עקומה המתארת את הכוח שקרונית 2 הפעילה על קרונית 1 במהלך ההתנגשות. (7 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

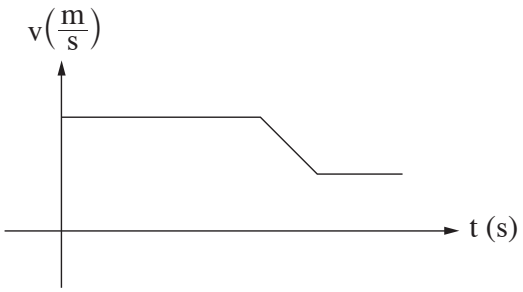
/המשך בעמוד 7/

ה. בשלב מסוים של תנועתה, עולה קרונית 2 לקטע המסילה BC ונעה לאורכו, וממשיכה לנוע על פני קטע CD של המסילה.

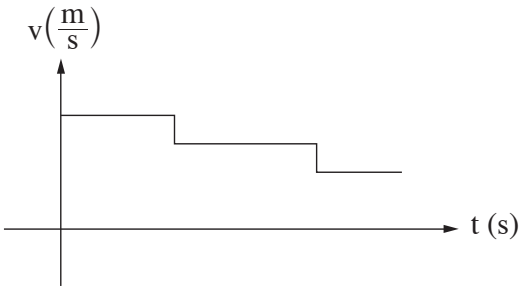
איזה מבין הגרפים (1)-(3) שלפניך מתאר נכון את גודל מהירותה של קרונית 2 כפונקציה של הזמן, מהרגע שבו הסתיימה ההתנגשות עד הרגע שבו היא הגיעה לנקודה D ? נמק. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)



(2)



(1)

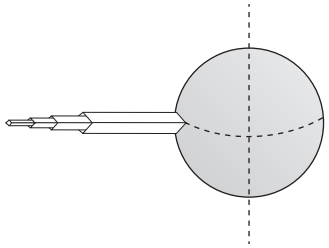


(3)

/המשך בעמוד 8/

כבידה

6. בשנת 1895 הציע המדען קונסטנטין ציולקובסקי לבנות "מגדל חלל" — מגדל בגובה עשרות אלפי קילומטר.
התברר כי רעיון זה בלתי ישים, אך כיום יש תוכניות חדשות לבניית מעלית שתגיע לחלל.
בשאלה זו נעסוק במקרה דמיוני שבו טיפס יעקב על מגדל גבוה מאוד הנמצא על קו המשווה של כדור הארץ (ראה תרשים 1). כוח הכבידה שפעל על יעקב לפני שהוא התחיל לטפס היה 700 ניוטון.



תרשים 1

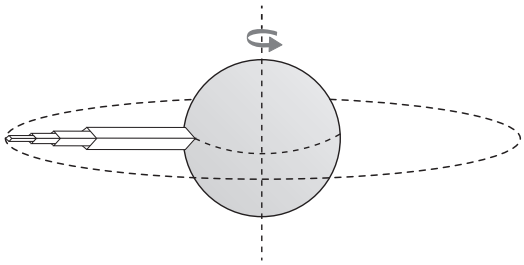
יעקב הגיע לנקודה שגובהה 3200 ק"מ מעל פני כדור הארץ.

בסעיפים א-ב הנח כי כדור הארץ אינו מסתובב סביב צירו.

א. סרטט תרשים המתאר את הכוחות הפועלים על יעקב בנקודה זו. ליד כל כוח רשום את שם הכוח, וציין מי הגורם שמפעיל כוח זה. (6 נקודות)

ב. חשב את גודל הכוח שהפעילה רצפת המגדל על יעקב בנקודה זו. (8 נקודות)

בסעיפים ג-ה עליך להתחשב בסיבוב כדור הארץ סביב צירו (ראה תרשים 2).



תרשים 2

ג. קבע אם גודל הכוח שרצפת המגדל הפעילה על יעקב כאשר כדור הארץ מסתובב סביב צירו קטן מגודל הכוח שחישבת בסעיף ב, שווה לו או גדול ממנו. נמק את קביעתך. (7 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 9/

כשהיה יעקב בגובה 3200 ק"מ הוא זרק לחלל כדור טניס. הכדור החל לנוע סביב כדור הארץ, כלוויין, במסלול מעגלי שגובהו 3200 ק"מ מעל פני כדור הארץ.

ד. חשב את זמן המחזור של כדור הטניס בתנועתו סביב כדור הארץ. (8 נקודות)

יעקב המשיך לטפס על המגדל עד לגובה שבו הכוח שרצפת המגדל הפעילה עליו התאפס (המגדל ממשיך להסתובב עם כדור הארץ סביב צירו).

ה. חשב גובה זה (מעל פני כדור הארץ). ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

בהצלחה!
זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות
מועד הבחינה: קיץ תש"ף, 2020
מספר השאלון: 036361
נספח: דפי נוסחאות ונתונים ל־5 יחידות לימוד

פיזיקה
מכניקה
הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים.

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה שש שאלות, ומהן עליך לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; $33\frac{1}{3}\times 3 = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרויות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות.
(2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(1) ענה על שלוש שאלות בלבד. אם תענה על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברתך. ציין באופן ברור את מספר השאלה והסעיף שבחרת.
(2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, הצג את השלבים האלה:
רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני ובו מספר סביר של ספרות משמעותיות ויחידות המדידה המתאימות.
(3) בשאלות שהתשובה עליהן מילולית, עליך לענות בקצרה אך ורק בנוגע למה שנשאלת.
(4) בגרפים, יש לסרטט קווים ישרים באמצעות סרגל.
(5) 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 מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות והנתונים או בגודל תאוצת הנפילה החופשית g.
(6) בחישוביך השתמש בערך $10\ \mathrm{m/s^2}$ לגודל תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).
(7) כתוב את תשובותיך בעט. אם תכתוב בעיפרון או תמחק בטיפקס לא תוכל לערער.
מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים וגרפים בלבד.

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>. רשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.
כתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

/המשך מעבר לדף/

השאלות

ענה על שלוש מן השאלות 1-6.

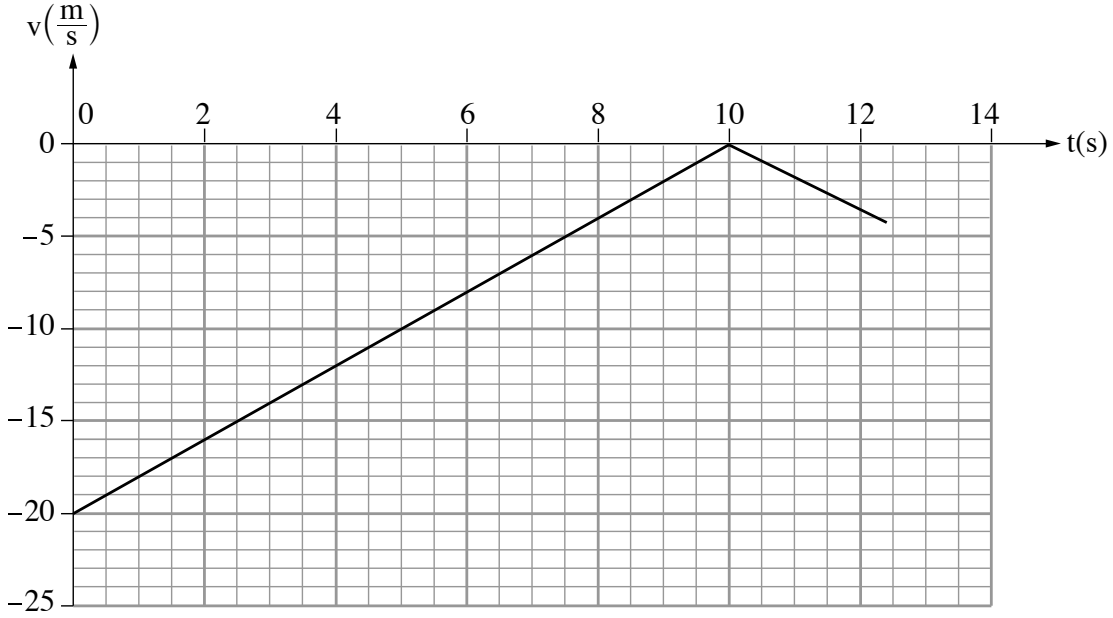
(לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. שאלה זו אינה עוסקת בנושא כבידה.

"בראשית" היא הגשושית (חללית) הראשונה מתוצרת ישראל שהייתה אמורה לנחות על הירח בנחיתה רכה. נחיתה רכה היא הגעה לקרקע במהירות נמוכה מספיק כדי שלא ייגרם נזק. לשם כך, מנועי הגשושית אמורים לפעול במהלך הנחיתה באופן שיאֵט את מהירותה, וכך כשהיא תהיה בגובה של מטרים אחדים מעל פני הירח מהירותה תהיה אפס. מרגע זה הגשושית אמורה לנוע בנפילה חופשית אל פני הירח.

השאלה שלפניך מבוססת על נתוני הדמיה (סימולציה) של גשושית דמיונית, שנחתה נחיתה רכה אנכית על פני הירח. על הגשושית הותקן חיישן מהירות. בגרף שלפניך מוצגת מהירות הגשושית כפונקציה של הזמן. בזמן $t = 0$ הגשושית הייתה בגובה H מעל פני הירח, ובזמן $t = 12.45s$ היא נחתה על פני הירח. בשלב האחרון של תנועת הגשושית היא נעה בנפילה חופשית.

הנח כי מסת הגשושית קבועה, $m = 164kg$, וכי גודל תאוצת הנפילה החופשית בקרבת הירח $g_M = 1.67\frac{m}{s^2}$.



בשאלה זו יש להתייחס רק לכוחות המופעלים על ידי הירח ולא על ידי גרמי שמיים אחרים.

א. הגדר את המושג "נפילה חופשית". (4 נקודות)

ב. סרטט את תרשים הכוחות הפועלים על הגשושית הדמיונית מרגע $t = 0$ עד $t = 10s$. ליד כל כוח רשום את שמו. (5 נקודות)

ג. חשב את גודל הכוח שמנועי הגשושית מפעילים. (7 נקודות)

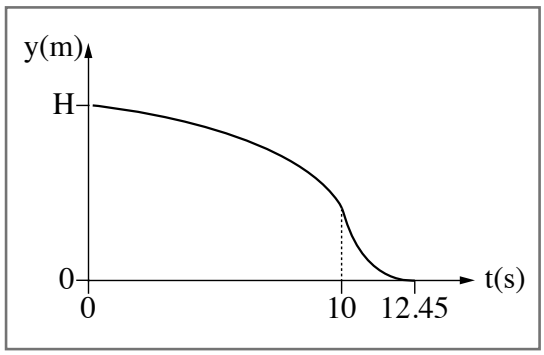
ד. חשב את הגובה מעל פני הירח שבו התאפסה מהירות הגשושית. (6 נקודות)

ה. חשב את H, הגובה מעל פני הירח ברגע $t = 0$. (6 נקודות)

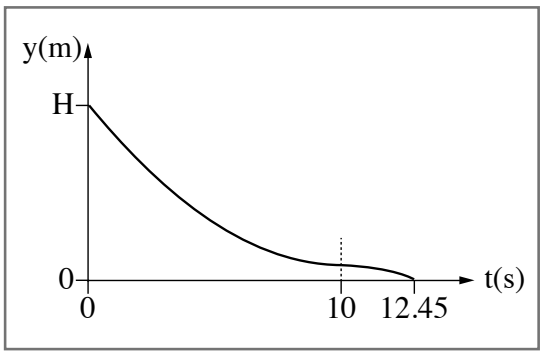
(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 3

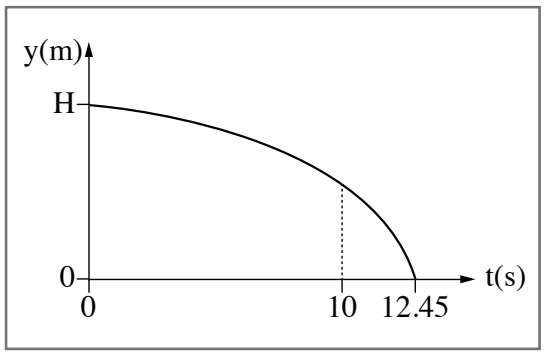
ו. קבע איזה מן התרשימים 1-4 שלפניך מתאר נכון את גובה הגשושית מעל פני הירח כפונקציה של הזמן.
נמק את קביעתך. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)



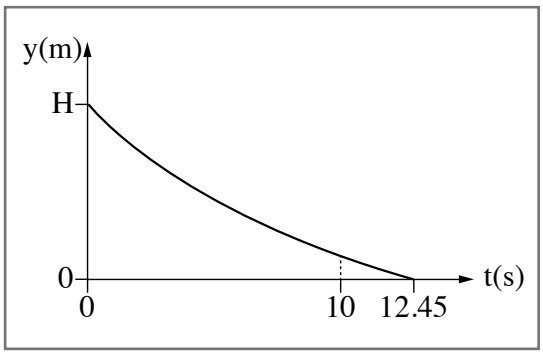
1



2



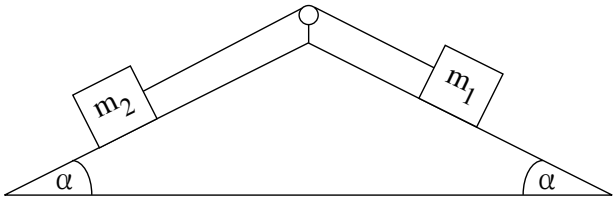
3



4

/המשך בעמוד 4/

2. בתרשים שלפניך מוצגת מערכת ובה שני גופים שמסותיהם m_1 ו־ m_2 המחוברים זה לזה בחוט העובר דרך גלגלת. הגופים מונחים על שני מישורים משופעים לא חלקים. זוויות השיפוע α של שני המישורים המשופעים שוות זו לזו. מקדמי החיכוך בין המישורים המשופעים לבין שני הגופים שווים.
מסת החוט זניחה והגלגלת אידיאלית.
נתון: $\alpha = 36.9^o$, $m_2 = 4kg$, $m_1 = 1kg$.



משחררים את מערכת שני הגופים ממנוחה, והיא מתחילה לנוע בתאוצה קבועה שגודלה $2\frac{m}{s^2}$.

א. סרטט את תרשים הכוחות הפועלים על הגוף m_1 ואת תרשים הכוחות הפועלים על הגוף m_2 . ליד כל כוח רשום את שמו. (7 נקודות)

ב. רשום את משוואות הכוחות הפועלים על כל אחד מן הגופים m_1 ו־ m_2 . (8 נקודות)

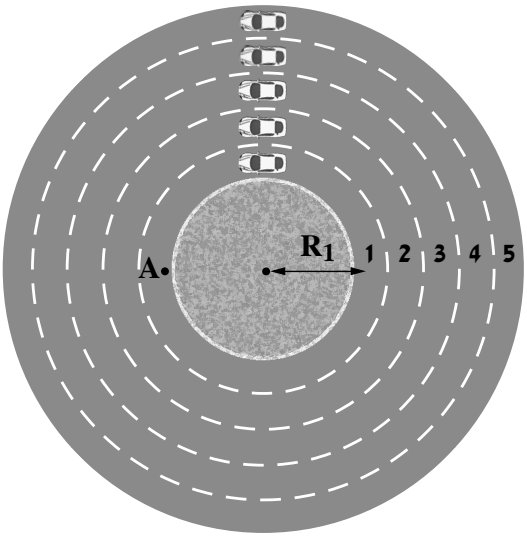
ג. חשב את מקדם החיכוך הקינטי. (9 נקודות)

במקרה אחר מעניקים לַמערכת מהירות התחלתית שגודלה $2.6\frac{m}{s}$, וברגע זה הגוף m_1 נע במורד המישור המשופע. לאורך כל התנועה שני הגופים אינם מגיעים לא לתחתית המישור המשופע ולא אל הגלגלת.

ד. חשב את התאוצה (גודל וכיוון) של גוף m_1 במהלך תנועתו במורד המישור המשופע. ($9\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 5/

3. בעיר גדולה תכננו מעגל תנועה אופקי שיש לו חמישה נתיבים מעגליים (ראה תרשים). הרדיוס R של כל נתיב הוא המרחק ממרכז מעגל התנועה לאמצע הנתיב. הרדיוסים נתונים בטבלה שבהמשך השאלה.



מכונית נוסעת בנתיב 1 בתנועה מעגלית.

א. סרטט את תרשים הכוחות הפועלים על המכונית ברגע שבו היא עוברת בנקודה A (ראה תרשים). ליד כל כוח רשום את שמו. (5 נקודות)

ב. כתוב את משוואות הכוחות הפועלים על המכונית. (6 נקודות)

בשלב תכנונו של מעגל התנועה בדקו את v_{max}, המהירות המרבית האפשרית בכל נתיב ללא חריגה מן המסלול המעגלי. המהירויות המרביות שהתקבלו נתונות בטבלה.

	נתיב 1	נתיב 2	נתיב 3	נתיב 4	נתיב 5
$\mathbf{R}\,[\mathrm{m}]$	16	20	24	28	32
$\mathbf{v_{max}}\left[\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right]$	11.31	12.65	13.86	14.97	16
$\mathbf{v^2_{max}}\left[\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}\right]$	128	160	192	224	256

ג. בטא את ריבוע המהירות המרבית, v^2_{max}, כפונקציה של רדיוסי הנתיבים, R. (5 נקודות)

ד. סרטט במחברתך גרף (דיאגרמת פיזור) של ריבוע המהירות המרבית, v^2_{max}, כפונקציה של רדיוס המסלול R, והוסף בו את קו המגמה. (7 נקודות)

ה. **(1)** חשב את השיפוע של קו המגמה על פי שתי נקודות: $R = 18\mathrm{m}$, $R = 36\mathrm{m}$.

(2) חשב את מקדם החיכוך הסטטי של המכונית עם הכביש, באמצעות השיפוע שחישבת.
(6 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא)

/המשך בעמוד 6

חמש מכוניות נעו בחמשת הנתיבים, כל אחת מהן נעה במהירות המרבית המתאימה למסלולה, כפי שמוצג בטבלה.
כל אחת מן המכוניות ביצעה הקפה שלמה.

1. קבע איזה מן ההיגדים 1-4 שלפניך נכון, ונמק את קביעתך. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

1. כל חמש המכוניות השלימו את ההקפה באותו פרק זמן.

2. המכונית בנתיב 1 (הפנימי ביותר) השלימה את ההקפה בפרק הזמן הקצר ביותר.

3. המכונית בנתיב 5 (החיצוני ביותר) השלימה את ההקפה בפרק הזמן הקצר ביותר.

4. על פי נתוני השאלה אי אפשר לדעת איזו מכונית השלימה את ההקפה בפרק הזמן הקצר ביותר.

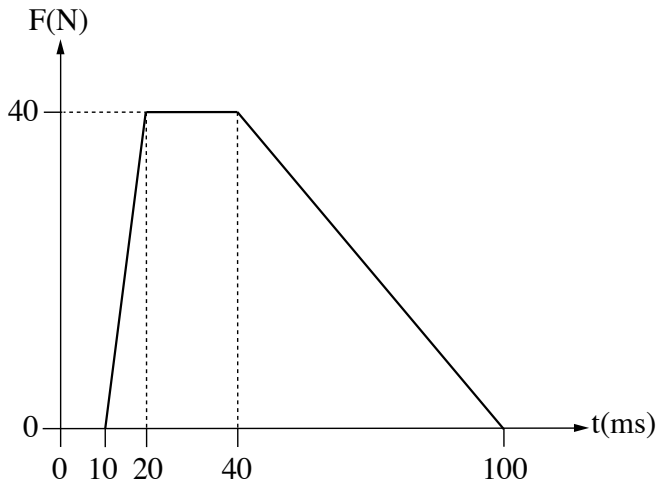
/המשך בעמוד 7/

4. תיבה שמסתה $m = 2kg$ נעה ימינה על משטח חסר חיכוך במהירות שגודלה $v = 0.8\frac{m}{s}$. התיבה התנגשה בקיר שמותקן עליו חיישן כוח המחובר למחשב (ראה תרשים 1). נתון כי לאחר ההתנגשות התיבה נעה שמאלה וכי הציר החיובי נקבע בכיוון ימין.



תרשים 1

לפניך גרף מקורב המתאר את הכוח שנמדד באמצעות החיישן במהלך ההתנגשות כפונקציה של הזמן.
שים לב: יחידות הזמן נתונות במילי שניות.



תרשים 2

א. קבע מהו הגודל הפיזיקלי שמבטא השטח הכלוא בין הגרף לבין ציר הזמן, חשב את גודלו ורשום את כיוונו (ימינה או שמאלה). (6 נקודות)

ב. סרטט במחברתך את התיבה וסמן את וקטור התנע של התיבה לפני ההתנגשות, ואת וקטור המתקף שפועל עליה בכל מהלך ההתנגשות. עליך להקפיד על היחס בין אורכי הווקטורים שסרטטת. (6 נקודות)

ג. חשב את גודל המהירות של התיבה לאחר ההתנגשות. (8 נקודות)

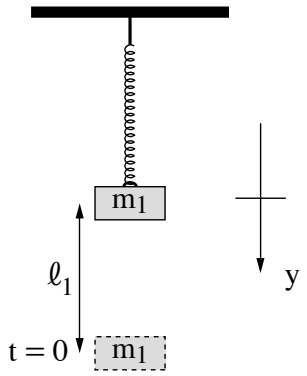
ד. סרטט גרף של תאוצת התיבה כפונקציה של הזמן בפרק הזמן שבין $t = 0$ ובין $t = 100ms$. (8 נקודות)

ה. חשב את גודלו של כוח קבוע, שיגרום לאותו השינוי במהירות התיבה אם הוא יפעל במהלך התנגשות זו. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 8

תנועה הרמונית

5. על קפיץ אידיאלי המחובר לתקרת המעבדה תלו משקולת שמסתה $m_1 = 60g$, וערכו שני ניסויים.
בניסוי הראשון משכו את המשקולת ממצב שיווי המשקל של המערכת למרחק $\ell_1 = 20cm$ (ראה תרשים).
בזמן $t = 0$ שחררו את המשקולת, והיא התחילה להתנדנד בתנועה הרמונית פשוטה שזמן מחזורה הוא $T_1 = 0.5s$.
קבעו את ראשית הצירים בנקודת שיווי המשקל של הקפיץ, ואת הכיוון החיובי של הציר האנכי , y , כלפי מטה.



יש להזניח את התנגדות האוויר, את מסת הקפיץ ואת החיכוך בין חלקי המערכת.

א. בטא את המיקום y של המשקולת כפונקציה של הזמן t , על פי נתוני השאלה. (6 נקודות)

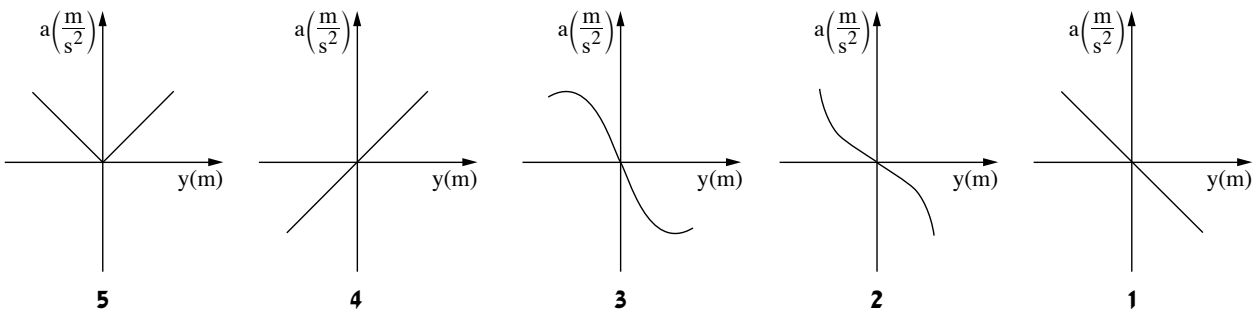
ב. חשב את מהירות המשקולת (גודל וכיוון) ברגע שבו היא עוברת בפעם הראשונה דרך הנקודה $y = \frac{\ell_1}{2}$.
(6 נקודות)

בניסוי השני הדביקו למשקולת התלויה משקולת נוספת, שמסתה m_2 . גרמו למערכת להתנדנד שוב בתנועה הרמונית פשוטה, אך הפעם זמן המחזור גדל ב- 20% .

ג. חשב את m_2 , מסת המשקולת שנוספה בניסוי השני. (8 נקודות)

ד. חשב את המרחק בין נקודת שיווי המשקל בניסוי השני לבין נקודת שיווי המשקל בניסוי הראשון. (8 נקודות)

ה. קבע איזה מן הגרפים 1-5 שלפניך מתאר נכון את התאוצה a של המשקולת כפונקציה של ההעתק y .
נמק את קביעתך. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

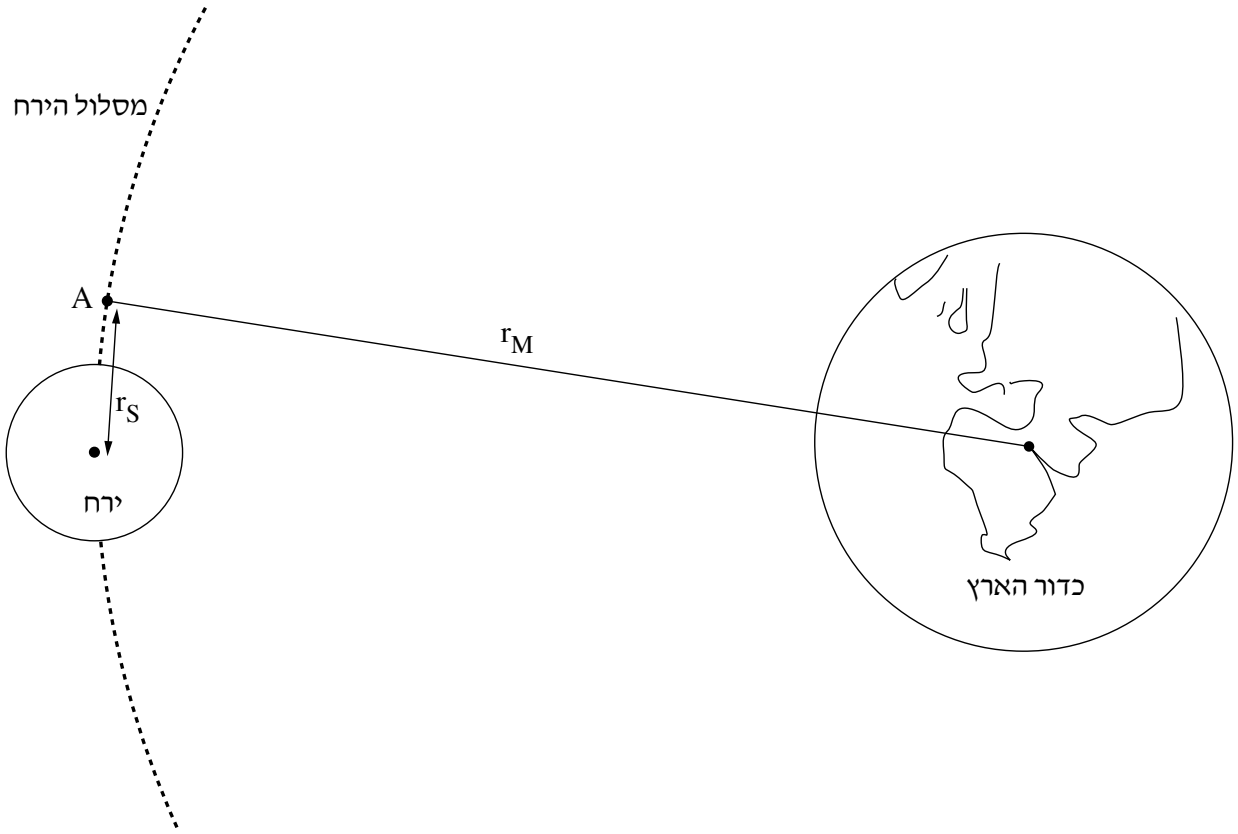


/המשך בעמוד 9/

כבידה

6. בחודש פברואר 2019 שוגרה הגשושית (חללית) הישראלית "בראשית" אל הירח. במהלך תנועתה של בראשית מכדור הארץ אל הירח היא הגיעה לנקודה A . החל מנקודה זו בראשית נעה סביב הירח (ראה תרשים — קנה המידה אינו מדויק). בהמשך תנועתה הופעלו מנועיה של בראשית כדי שהיא תאֵט ותנחת נחיתה רכה על פני הירח (מהירות אפסית בקרבת פני הירח). בפועל, בשל תקלה טכנית, המהירות של בראשית בקרבת פני הירח הייתה גבוהה מן המתוכנן, והיא התרסקה על פני הירח.

השאלה עוסקת בתנועתה של גשושית דמיונית, המבוססת על תוכנית הטיסה של הגשושית "בראשית".



r_M — הרדיוס של מסלול הירח סביב כדור הארץ.

r_S — מרחק הנקודה A ממרכז הירח.

נתון: גובה הנקודה A מפני הירח הוא $h = 200km$.

א. חשב את היחס בין הגודל של כוח הכבידה F_E שכדור הארץ מפעיל על הגשושית לבין הגודל של כוח הכבידה F_M שהירח מפעיל על הגשושית, ברגע שבו היא חולפת בנקודה A . (8 נקודות)

ב. חשב את גודל המהירות של הגשושית, v_A , במסלולה המעגלי r_S סביב הירח. (6 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 10/

עומר, תלמיד מגמת פיזיקה, טוען כי r_M ו־ T_M (זמן המחזור של הירח סביב כדור הארץ) ידועים, ולכן אפשר לחשב את זמן המחזור T_S של הגשושית במסלול המעגלי r_S בעזרת החוק השלישי של קפלר.
דנה, הלומדת עם עומר באותה הכיתה, אינה מסכימה עם טענה זו.

ג. קבע מי צודק, עומר או דנה. נמק את קביעתך. (6 נקודות)

הנח כי מסת הגשושית קבועה, $m = 164kg$, וכי הגשושית נחתה על פני הירח במהירות אפס.

ד. חשב את העבודה W המבוצעת על הגשושית בעוברה מן המסלול r_S ועד נחיתתה הרכה על פני הירח.
בחישובך הזנח את השפעת כדור הארץ על הגשושית. (8 נקודות)

נתון כי בשלב הנחיתה הרכה, המנועים של הגשושית פולטים גזים בכיוון תנועתה של הגשושית.

ה. השתמש בשיקולים פיזיקליים והסבר מדוע המנועים פולטים את הגזים בכיוון זה. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות
מועד הבחינה: קיץ תשע"ט, 2019
מספר השאלון: 036361
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ברמה של 5 יח"ל

פיזיקה
מכניקה
הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים.

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה שש שאלות, ומהן עליך לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; $33\frac{1}{3}\times 3 = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(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־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום 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 $10\ \mathrm{m/s^2}$ לתאוצת הנפילה החופשית.
(5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור.
מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>. רשום "טיוטה" בראש כל עמוד המשמש טיוטה.
כתיבת טיוטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

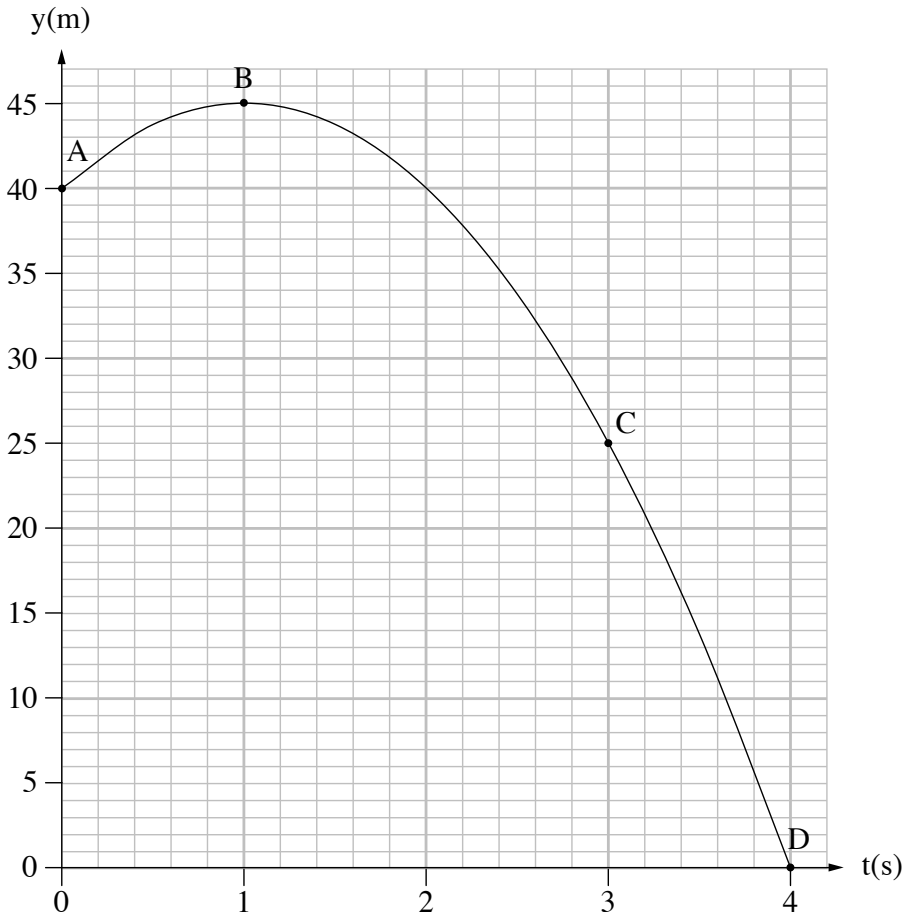
/המשך מעבר לדף/

השאלות

ענה על שלוש מן השאלות 1-6.

(לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

1. אדם עמד על גגו של בניין וזרק כדור בכיוון אנכי כלפי מעלה. הגרף שלפניך מתאר את המיקום האנכי של הכדור כפונקציה של הזמן מרגע הזריקה ועד לסף פגיעתו בקרקע. בגרף מסומנות הנקודות A, B, C ו־ D.



התנגדות האוויר ניתנת להזנחה.

א. חשב את גודל המהירות ההתחלתית שבה נזרק הכדור. (6 נקודות)

ב. **(1)** קבע אם **גודל המהירות הרגעית** של הכדור בנקודה C קטן מגודל המהירות הרגעית בנקודה A, גדול ממנו או שווה לו. נמק את קביעתך.

(2) קבע אם **התאוצה** של הכדור בנקודה B זהה לתאוצתו בנקודה A. נמק את קביעתך. בתשובתך התייחס לגודל ולכיוון של התאוצה.

(8 נקודות)

/המשך בעמוד 3/

ג. חשב את המהירות הממוצעת (גודל וכיוון) של הכדור במהלך תנועתו, מרגע הזריקה ועד לסף פגיעתו בקרקע.
(6 נקודות)

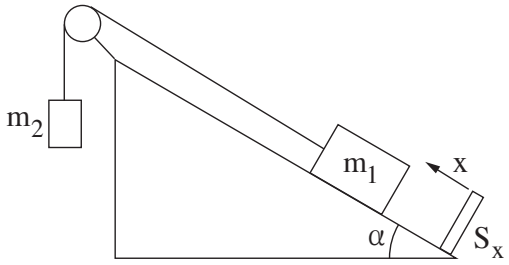
ד. סרטט במחברתך גרף של מהירות הכדור כפונקציה של הזמן במהלך תנועתו, מרגע הזריקה ועד לסף פגיעתו בקרקע. בגרף שסרטטת סמן באותיות a , b , c ו־d את הנקודות המייצגות בהתאמה את המהירות של הכדור בנקודות A , B , C ו־D. (8 נקודות)

האדם זרק את הכדור פעם נוספת מאותו מקום ובאותה מהירות התחלתית (גודל וכיוון). ברגע שהכדור חלף בנקודה C הופעל עליו כוח אופקי רגעי.

ה. קבע אם הגרף $y(t)$ הנתון בשאלה ישתנה בגלל הפעלת הכוח. נמק את קביעתך. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 4/

2. תלמידים ערכו ניסוי חקר תנועה באמצעות מערכת המורכבת משני גופים: גוף שמסתו $m_1 = 0.5kg$ וגוף שמסתו m_2. הגוף m_1 מוחזק במנוחה על מישור משופע חלק, וקשור לגוף m_2 באמצעות חוט העובר על פני גלגלת חסרת חיכוך (ראה תרשים). המישור המשופע נטוי בזווית $\alpha = 30^o$ לאופק. בתחתית המישור מצוי חיישן תנועה S_x, הניצב למישור המשופע ומחובר למחשב. הכיוון החיובי של תנועת הגוף m_2 נקבע כלפי מטה והכיוון החיובי של תנועת הגוף m_1 נקבע במעלה המישור. הנח כי התנגדות האוויר, מסת הגלגלת ומסת החוט זניחות.



ברגע $t = 0$ הפעילו את החיישן, שחררו את הגוף m_1 והגוף התחיל לנוע במעלה המישור. על מסך המחשב התקבלה טבלת הערכים שלפניך, המציגה את מהירות הגוף m_1 כפונקציה של הזמן.

$\mathbf{t}(s)$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
$\mathbf{v}\left(\frac{m}{s}\right)$	0.45	0.70	1.15	1.50	1.95	2.25

הנח כי הגוף m_1 אינו מגיע עד לגלגלת וכי הגוף m_2 אינו מגיע עד לרצפה.

א. התבסס על הטבלה הנתונה וסרטט גרף של מהירות הגוף m_1 כפונקציה של הזמן. (8 נקודות)

ב. חשב את שיפוע הגרף וציין את משמעותו הפיזיקלית. (5 נקודות)

ג. רשום את משוואות הכוחות של כל אחד משני הגופים. (6 נקודות)

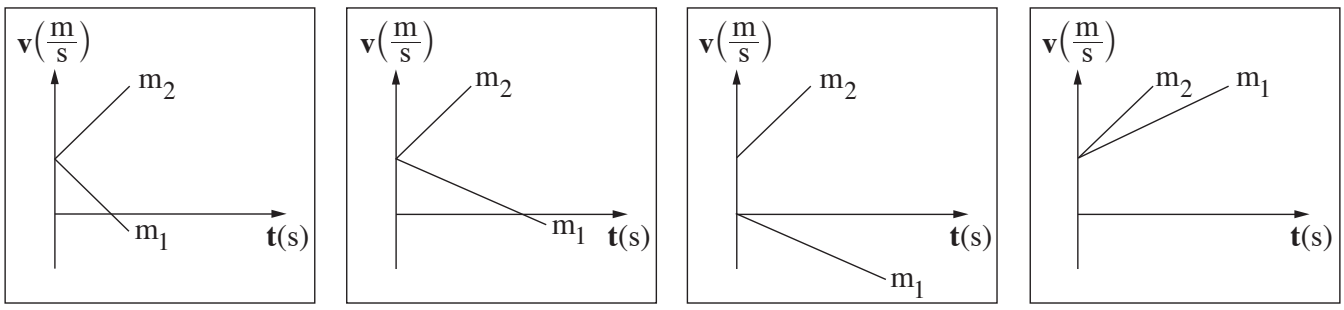
ד. חשב את מתיחות החוט במהלך התנועה. (5 נקודות)

כעבור שנייה אחת מתחילת המדידה נקרע החוט.

ה. חשב את $\frac{a_1}{a_2}$, היחס בין התאוצות של הגופים m_1 ו־ m_2, לאחר קריעת החוט. (5 נקודות)

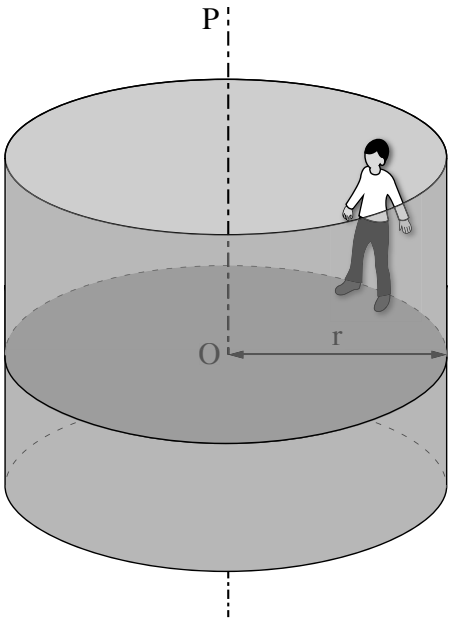
ו. קבע איזה מן הגרפים 1-4 שלפניך מתאר נכון את מהירות הגופים כתלות בזמן מרגע קריעת החוט.

נמק את קביעתך. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)



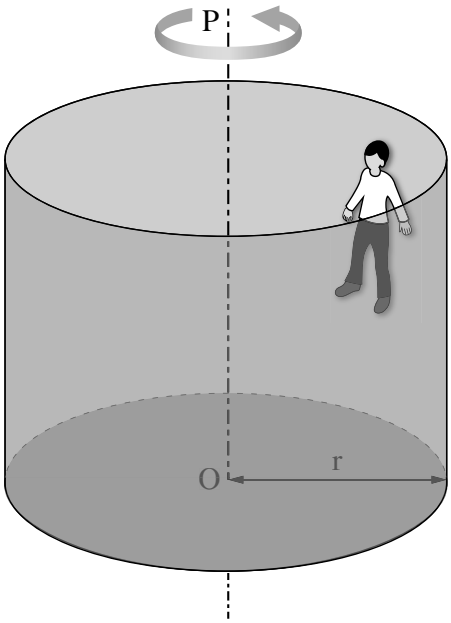
/המשך בעמוד 5/

3. בתרשים 1 מתואר מתקן בפארק שעשועים. צורתו של המתקן היא גליל שרדיוסו $r = 3m$, והוא יכול להסתובב סביב צירו האנכי OP . אדם שמסתו $m = 70\,kg$ עומד על הרצפה בתוך הגליל, צמוד בגבו אל הדופן הפנימית של הגליל. מקדם החיכוך הסטטי בין האדם לדופן הוא $\mu_s = 0.6$.



תרשים 1

מתחילים לסובב את הגליל סביב הציר OP , ומהירותו הולכת וגדלה. כאשר מהירות הסיבוב של הגליל מגיעה לערך מסוים, מורידים למטה את רצפת הגליל, אך מיקומו של האדם ביחס לדופן הגליל לא משתנה (ראה תרשים 2).



תרשים 2

(שים לב: סעיפי השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 6

הסעיפים שלפניך מתייחסים למצב המתואר בתרשים 2, שבו אין מגע בין רגלי האדם לרצפת הגליל.

א. סרטט במחברתך את תרשים הכוחות הפועלים <u>על האדם</u>. ליד כל כוח רשום את שמו. (6 נקודות)

ב. רשום את משוואת הכוחות הפועלים על האדם בכל אחד משני הצירים, הציר האנכי והציר האופקי (הרדיאלי). (7 נקודות)

ג. חשב את הגודל של המהירות <u>הזוויתית</u> המינימלית הדרושה כדי שהאדם יישאר צמוד לדופן הגליל, מבלי שמיקומו האנכי ישתנה. (8 נקודות)

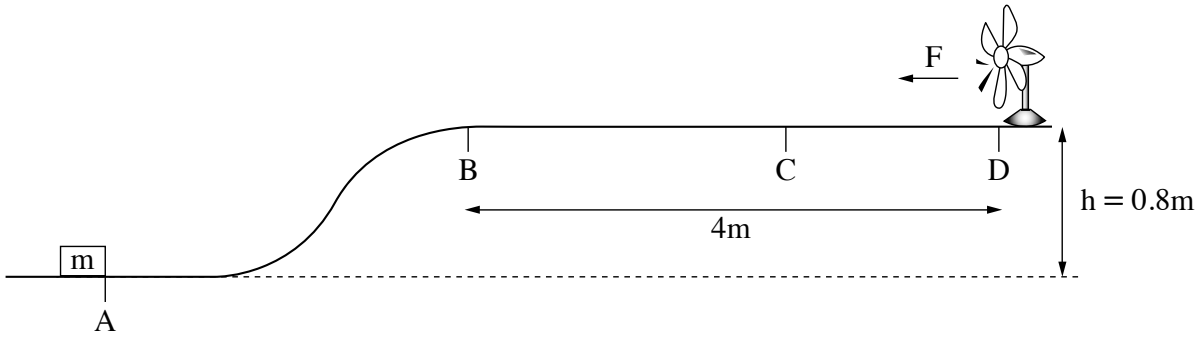
ד. קבע אם תשובתך על סעיף ג תשתנה אם מסת האדם תהיה 90kg . הנח שמקדם החיכוך לא השתנה. <u>נמק את תשובתך</u>. (6 נקודות)

מסובבים את הגליל במהירות זוויתית $\omega = 2.6\frac{1}{\text{s}}$, שבה מיקומו של האדם לא משתנה ביחס לדופן הגליל.

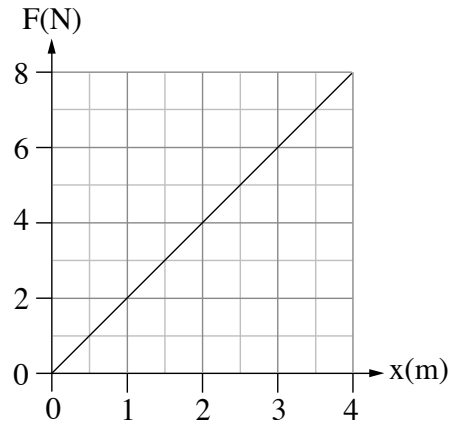
ה. חשב את הגודל של כוח החיכוך הסטטי הפועל על אדם שמסתו $\text{m} = 90\text{kg}$ במהירות זו. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 7/

4. כדי לחקור את נושא האנרגייה המכנית, תלמיד בנה מערכת ובה תיבה שמסתה $m = 2kg$, משטח AD ומאוֶורר (ראה תרשים). הקטע BD של המשטח הוא מישור אופקי שאורכו $4m$,
וגובהו מעל הקרקע הוא $h = 0.8m$. החיכוך בין המשטח ובין התיבה ניתן להזנחה.



התלמיד הציב את התיבה בנקודה A ואת המאוורר בנקודה D . המאוורר הניע את האוויר ויצר רוח אופקית. הנח כי גודל הכוח F שהרוח הפעילה על התיבה תלוי לינארית במרחק x של התיבה מן הנקודה B , כמתואר בגרף שלפניך.
גודל הכוח הוא מרבי (מקסימלי) בנקודה D ומתאפס בנקודה B . משמאל לנקודה B הרוח אינה משפיעה.



בשאלה זו יש להתחשב בהשפעת האוויר מן המאוורר בלבד, ולהזניח כל השפעה אחרת של האוויר.

א. חשב את גודל המהירות המזערית (מינימלית) שיש להעניק לתיבה הנמצאת בנקודה A כדי שתנוע במעלה המשטח ותגיע לנקודה B . (6 נקודות)

בנקודה A העניק התלמיד לתיבה מהירות התחלתית $v_0 = 5\frac{m}{s}$ שכיוונה ימינה. כאשר הגיעה התיבה לנקודה B החל להשפיע עליה הכוח $F(x)$. בנקודה C נעצרה התיבה עצירה רגעית.

ב. חשב את עבודת הכוח $F(x)$ מן הנקודה B עד לנקודה C . (7 נקודות)

ג. חשב את המרחק של הנקודה C מן הנקודה B . (8 נקודות)

לאחר העצירה הרגעית בנקודה C , התיבה נעה חזרה לכיוון הנקודה B .

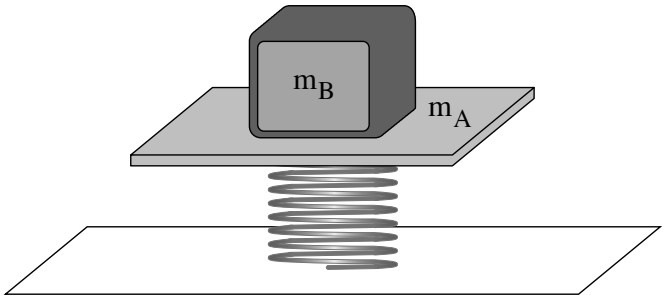
ד. תאר במילים את תנועתה של התיבה מן הנקודה C ועד לנקודה B . בתשובתך התייחס למאפיינים האלה:
תנועה קצובה או מואצת, תאוצה קבועה או משתנה, **גודל** מהירות קטן או גדל. (6 נקודות)

ה. קבע את גודל מהירות התיבה בהגיעה חזרה לנקודה A . נמק את קביעתך.
בתשובתך התייחס גם לכוחות הלא משמרים הקיימים במערכת. (6$\frac{1}{3}$ נקודות) /המשך בעמוד 8/

תנועה הרמונית

5. בתרשים שלפניך מוצגת מערכת למדידת מסה של גופים (שלא באמצעות מאזני קפיץ). המערכת מורכבת מקפיץ שהקבוע שלו k, ועליו מונח משטח A שמסתו m_A. מסת הקפיץ זניחה.

מניחים גוף B, שאת מסתו m_B רוצים למדוד, על גבי המשטח A, ומחברים ביניהם, כדי שהמשטח A והגוף B יישארו צמודים בכל מהלך הניסוי.

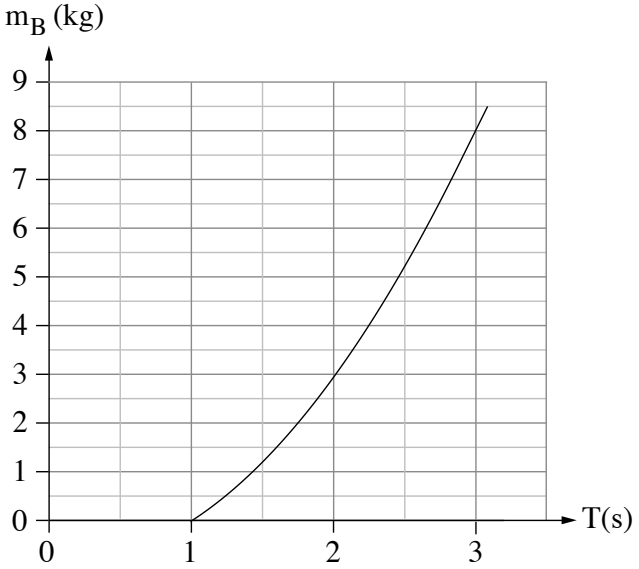


מסיטים את המערכת ממצב שיווי משקל כדי שתבצע תנועה הרמונית פשוטה (תה"פ). מודדים את הזמן של 10 מחזורי תנודה ומחשבים את זמן המחזור הממוצע T.

א. הסבר מהו היתרון במדידת זמן של 10 מחזורים לעומת מדידת זמן מחזור אחד. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. בטא את מסת הגוף m_B כפונקציה של זמן המחזור הממוצע T. (6 נקודות)

באמצעות הגרף שלפניך אפשר לקבוע את מסת הגוף m_B על פי זמן המחזור הממוצע T.



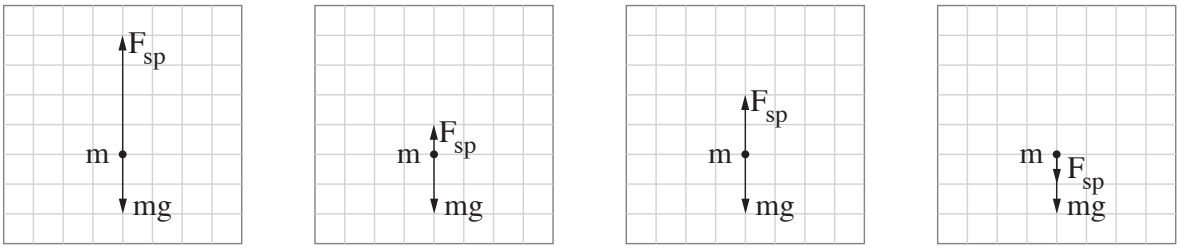
ג. בגרף שלפניך לא מופיעים זמני מחזור הקטנים מ־ $1.0\,s$. הסבר מדוע במערכת זו אי אפשר למדוד זמני מחזור הקטנים מ־ $1.0\,s$. (7 נקודות)

ד. נתון כי מסת המשטח היא $m_A = 1kg$. חשב את קבוע הקפיץ k. (7 נקודות)

/המשך בעמוד 9/

נסמן: $m = m_A + m_B$. F_{sp} — הכוח שהקפיץ מפעיל על המסה m .

לפניך ארבעה תרשימי כוחות הפועלים על המסה m בנקודות שונות במהלך תנועתה.



ה. התייחס לכל אחד מן התרשימים (1)-(4), וקבע אם המסה m נמצאת בנקודת שיווי משקל, מעליה או מתחתיה.

העתק את הטבלה ל**מחברתך** וסמן בה את קביעותיך. (8 נקודות)

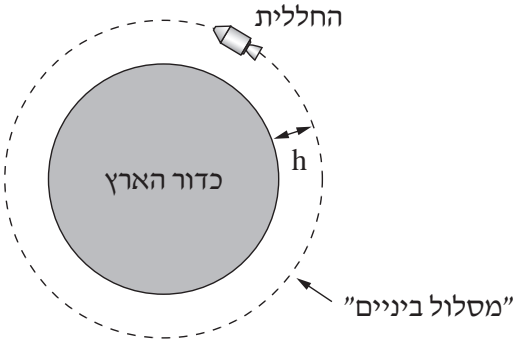
התרשים / מיקום המסה	(1)	(2)	(3)	(4)
מעל נקודת שיווי משקל				
בנקודת שיווי משקל				
מתחת לנקודת שיווי משקל				

/המשך בעמוד 10/

כבידה

6. ביולי 1969 במשימת אפולו 11 נשלחה חללית אל הירח. בדרכה הוכנסה החללית ל"מסלול ביניים" מעגלי סביב כדור הארץ, ובו היא נעה כמו לוויין (ראה תרשים 1). ממסלול הביניים המשיכה החללית אל הירח. במהלך משימה זו נחתו לראשונה אנשים על פני הירח.

הנח כי מסת החללית היא m וגובה מסלול הביניים מעל פני כדור הארץ הוא $h = 190\text{km}$.



תרשים 1

בסעיפים א-ג הנח כי רק כדור הארץ משפיע על החללית.

א. השתמש בקבועים הנתונים בדף הנוסחאות וחשב את גודל המהירות של החללית במסלול הביניים. (7 נקודות)

ב. תלמידה טוענת כי על פי החוק הראשון של ניוטון, במסלול הביניים החללית במצב התמדה, מאחר שהיא נעה במהירות שגודלה קבוע. קבע אם התלמידה צודקת ונמק את קביעתך. (7 נקודות)

ג. אילו הייתה לחללית הנעה במסלול הביניים הנתון מסה גדולה יותר:

(1) קבע אם גודל המהירות של החללית היה גדֵל, קטֵן או לא משתנה. נמק את קביעתך.

(2) קבע אם האנרגייה המכנית הכוללת של החללית הייתה גדֵלה, קטֵנה או לא משתנה. נמק את קביעתך.

(שים לב לסימן של האנרגייה.)

(8 נקודות)

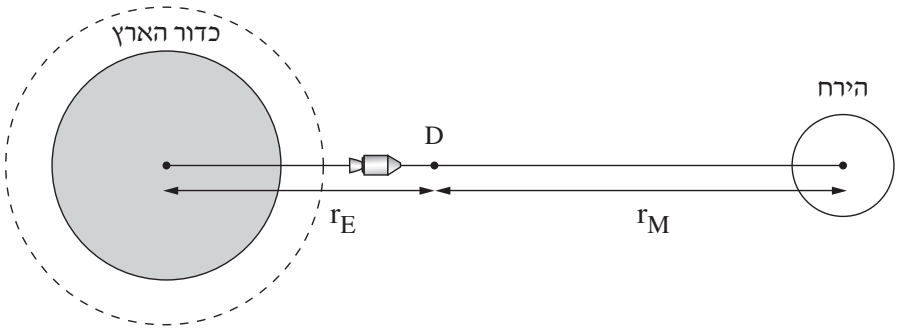
/המשך בעמוד 11/

הנח כי החללית המשיכה ממסלול הביניים למסלול סביב הירח לאורך קו ישר המחבר את מרכז כדור הארץ למרכז הירח.

הנקודה D נמצאת על ישר זה (ראה תרשים 2).

נתון: M_E — מסת כדור הארץ, M_M — מסת הירח.

r_E — המרחק ממרכז כדור הארץ עד לנקודה D. r_M — המרחק ממרכז הירח עד לנקודה D.



תרשים 2

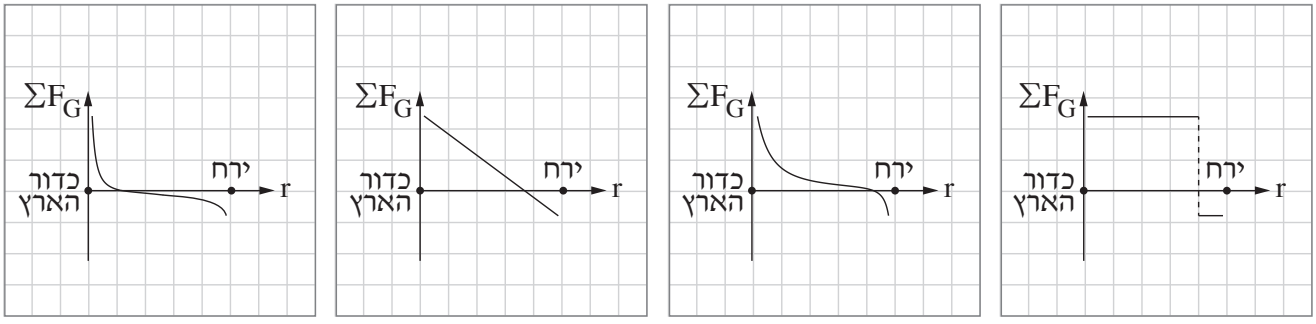
בסעיפים ד-ה הנח כי רק כדור הארץ והירח משפיעים על החללית.

ד. בטא את שקול כוחות הכבידה הפועלים על החללית, ΣF_G, בנקודה D באמצעות r_M, r_E, M_M, M_E, m, G.

(7 נקודות)

לפניך ארבעה גרפים המייצגים באופן מקורב את שקול כוחות הכבידה, ΣF_G,

כפונקציה של מרחק החללית ממרכז כדור הארץ, r.



ה. קבע איזה מן הגרפים 1-4 מתאר נכון את שקול כוחות הכבידה, ΣF_G, הפועלים על החללית במהלך תנועתה ממסלול הביניים אל הירח. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות
מועד הבחינה: קיץ תשע"ח, 2018
מספר השאלון: 656 ,036201
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל־5 יח"ל

פיזיקה
מכניקה, אופטיקה וגלים

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים וחצי (150 דקות).

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>: בשאלון זה שני פרקים.

פרק ראשון	—	מכניקה	— 25×3	—	75 נקודות
פרק שני	—	אופטיקה וגלים	— $12\frac{1}{2}\times2$	—	25 נקודות
			סה"כ	—	100 נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:

(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־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום 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 $10\ \mathrm{m/s^2}$ לתאוצת הנפילה החופשית.

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

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב <u>כטיוטה</u> (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

/המשך מעבר לדף/

השאלות

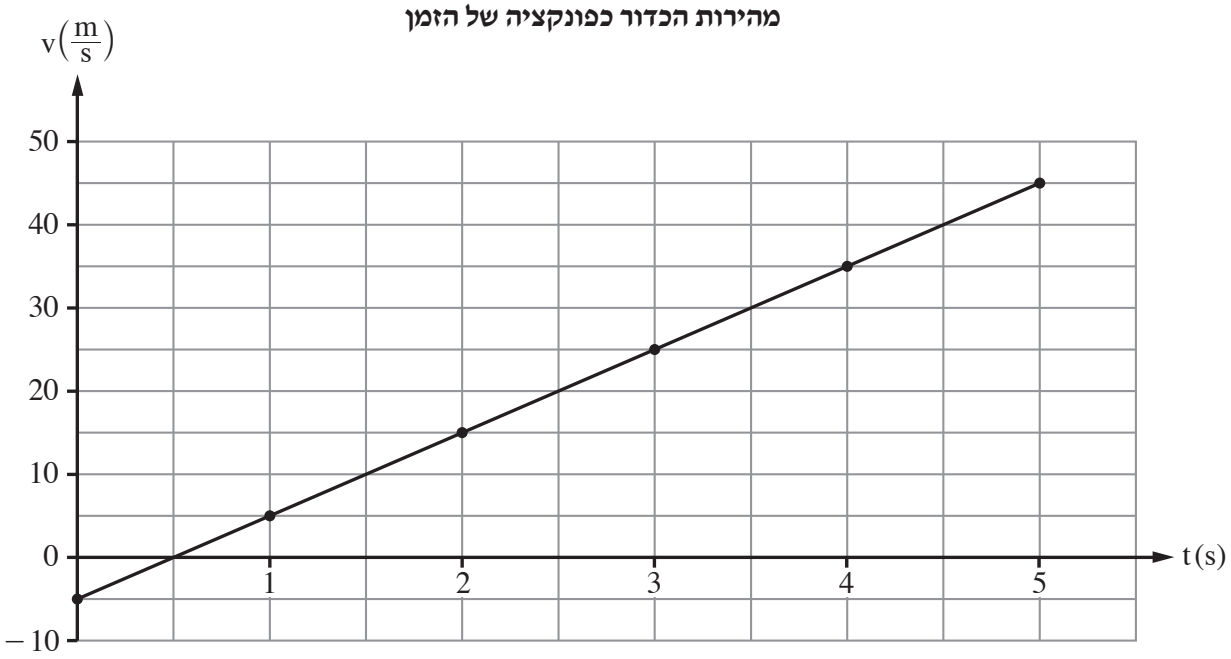
פרק ראשון — מכניקה (75 נקודות)

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.

מהירות הכדור כפונקציה של הזמן



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)

/המשך בעמוד 3/

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 לאֵילו 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)

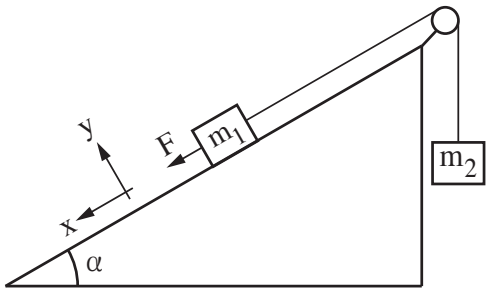
ה. בסעיף זה הנח שבין כל כדור לאוויר פעל כוח חיכוך שגודלו קבוע וקטן ממשקל הכדור. להזכירך, כל הכדורים זהים.

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)

/המשך בעמוד 4/

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. פַּתח 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.

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

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

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

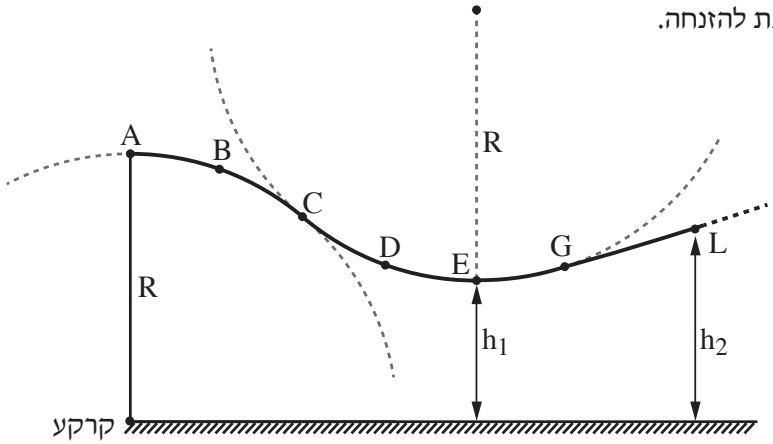
ד. התבסס על הגרף שסרטטת וחשב את המסה m. (5 נקודות)

ה. היעזר בגרף וקבע מהו גודל הכוח F שעבורו תנוע המערכת בתנועה קצובה (גודל המהירות קבוע). הסבר את קביעתך. (3 נקודות)

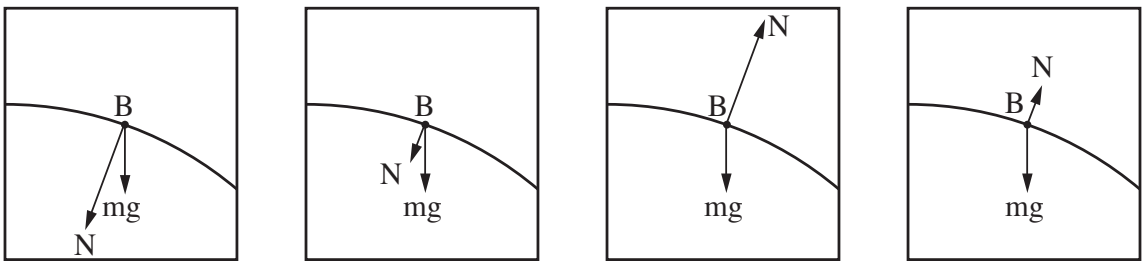
/המשך בעמוד 5/

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 תרשים 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 $m = 80kg$.
הגובה של הנקודה E מעל לקרקע הוא $h_1 = 32m$ (הנקודה E היא הנקודה הנמוכה ביותר במסלול).

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

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

נתון: סך כל העבודה של כוח החיכוך מן הנקודה G ועד לנקודת עצירתו של הגולש הוא 20kJ .
גובה הנקודה L מעל הקרקע הוא $h_2 = 36m$.

ה. 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.

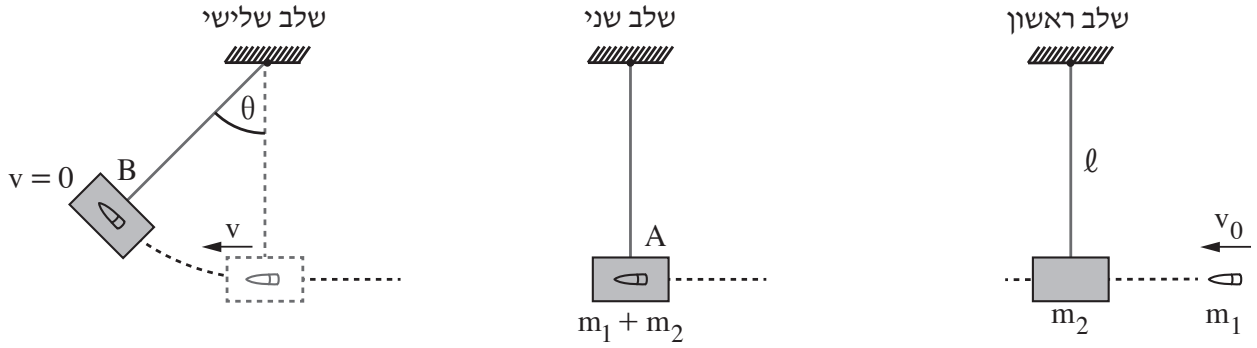
התרשים שלפניך מתאר שיטה זו בשלושה שלבים.

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 $m_1 = 0.015kg$, מסת הגוף $m_2 = 4.985kg$, אורך החוט $\ell = 0.6m$, זווית הסטייה המרבית של החוט $\theta = 12^o$.

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)

/המשך בעמוד 7/

5. סוכנות החלל הישראלית בשיתוף עם סוכנות החלל הצרפתית שיגרו באוגוסט 2017 לוויין זעיר שמכונה VENμS (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 $r = 7100km$.

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 זהה 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.

$M_E = 9.3M_M$, $R_E = 1.88R_M$.

בסעיפים ג-ד הנח שרדיוס המסלול של הלוויין הסובב סביב מאדים יהיה שווה לרדיוס המסלול של VENμS הסובב סביב כדור הארץ $(r = 7100km)$.

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 הלווייניים 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 זהה 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)

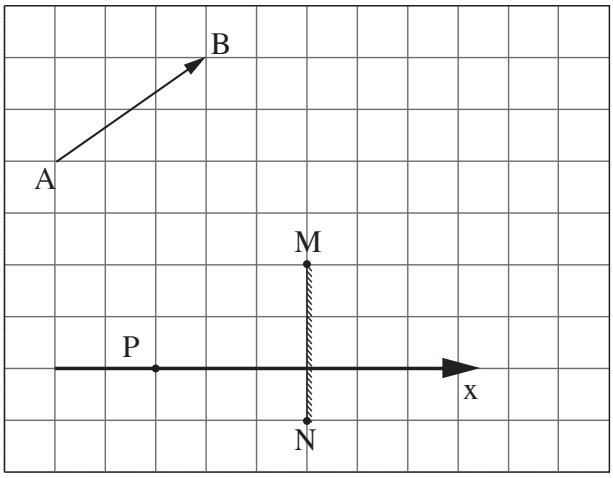
/המשך בעמוד 8/

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.

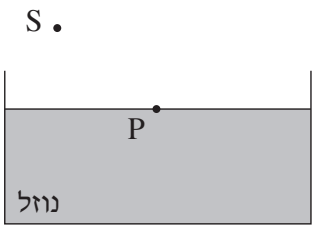
ג. קבע אם עליו להתרחק מן המראה או להתקרב אליה כדי לראות במראה חלק גדול יותר מן הדמות A_1B_1 .

(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)

/המשך בעמוד 9/

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). חלק מן האור מוחזר וחלק נשבר. מקור האור S הוא היחיד בסביבה.



תרשים 1

א. העתק את התרשים למחברתך והוסף בו:

(1) את קרן האור הנפלטת מן המקור S ופוגעת בנוזל 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)

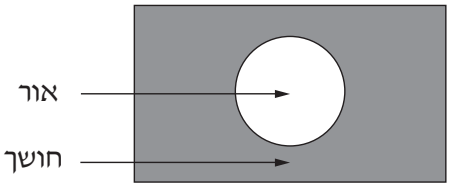
ג. קבע אם במקרה זה זווית ההחזרה β **גדולה** מזווית השבירה γ, **קטנה** ממנה או **שווה** לה. נמק את קביעתך.

(3 נקודות)

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

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).

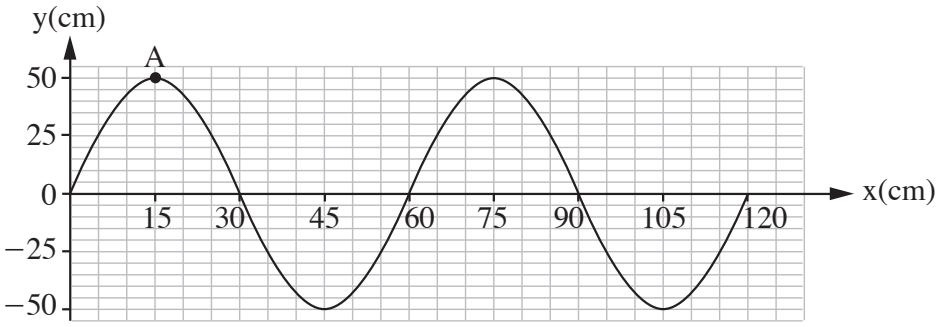


תרשים 2

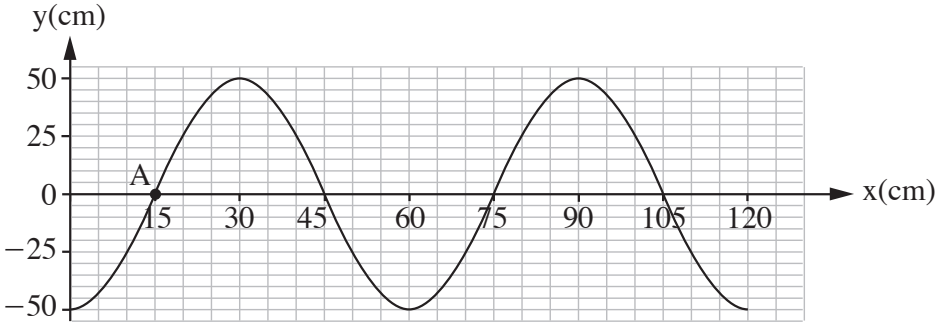
ה. הסתמך על חוקי השבירה והסבר תופעה זו. $(3\frac{1}{2}$ נקודות)

/המשך בעמוד 10/

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!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: בגרות
מועד הבחינה: קיץ תשע"ז, 2017
מספר השאלון: 656 ,036201
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל־5 יח"ל

פיזיקה
מכניקה, אופטיקה וגלים

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים וחצי (150 דקות).

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>: בשאלון זה שני פרקים.

פרק ראשון	— מכניקה	— 25×3	— 75	נקודות
פרק שני	— אופטיקה וגלים	— $12\frac{1}{2}\times2$	— 25	נקודות
		סה"כ	— 100	נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(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־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום 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 $10\ \mathrm{m/s^2}$ לתאוצת הנפילה החופשית.
(5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור.
מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב <u>כטיוטה</u> (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

/המשך מעבר לדף/

השאלות

פרק ראשון — מכניקה (75 נקודות)

ענה על שלוש מן השאלות 1-5.

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

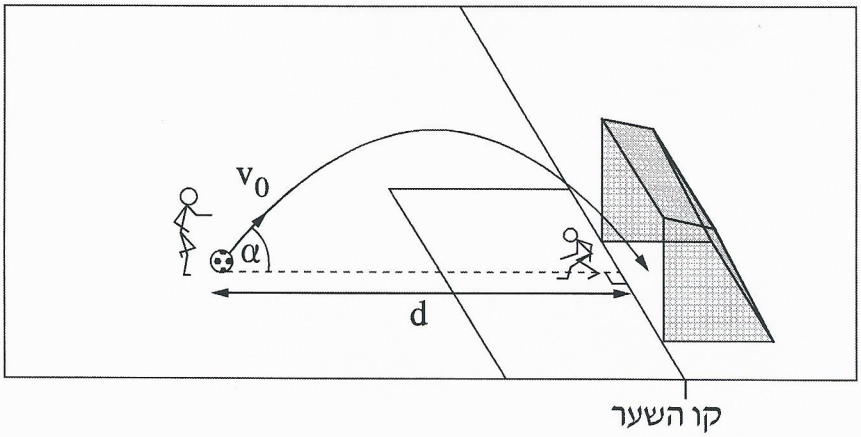
1. במשחק כדורגל נעמד שחקן כדי לבעוט בעיטת עונשין. כדי להטעות את השוער, השחקן התבונן על אחת מפינות השער, אולם בעט בכדור למרכז השער. שיטת בעיטה זו מכונה שיטת פנקה, על שמו של שחקן צ'כי. בעקבות בעיטה זו הכדור נע במסלול פרבולי במישור המאונך למגרש, וכך ההיטל של המסלול על המגרש ניצב לקו השער (ראה תרשים 1).

נסמן: d — מרחק הכדור מקו השער לפני שהוא נבעט

v_0 — גודל המהירות ההתחלתית של הכדור

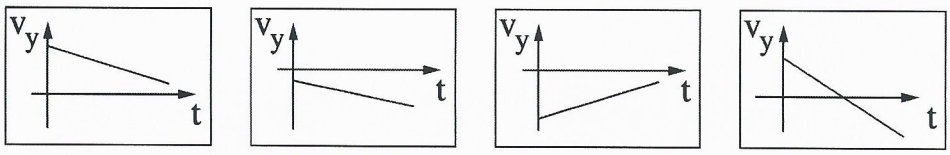
α — הזווית בין כיוון המהירות ההתחלתית לבין מישור המגרש

התנגדות האוויר זניחה.



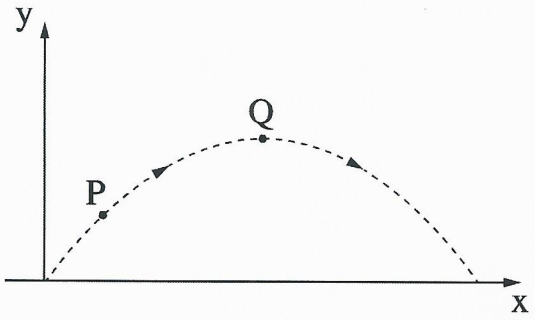
תרשים 1

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)



/המשך בעמוד 3/

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 <u>הרכיב האופקי</u> של מהירות הכדור בנקודה P קטן מגודל הרכיב האופקי של מהירותו בנקודה Q , גדול ממנו או שווה לו ? <u>הסבר את תשובתך</u>.

(2) האם <u>גודל התאוצה</u> של הכדור בנקודה P קטן מגודל התאוצה שלו בנקודה Q , גדול ממנו או שווה לו ? <u>הסבר את תשובתך</u>.

(8 נקודות)

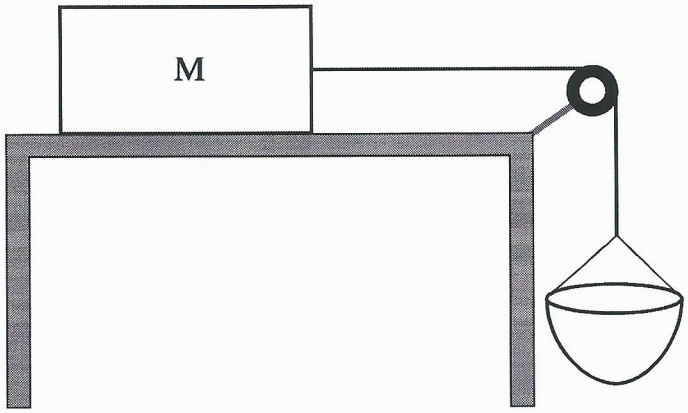
שחקן בעט בכדור בשיטת פנקה ממרחק $d = 11m$ מקו השער.
הוא העניק לכדור מהירות שגודלה $v_0 = 11.5\frac{m}{s}$ בזווית $\alpha = 55^o$ מעל האופק.
נתון: גובה השער הוא $h = 2.44\ m$.

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 <u>בוודאות</u> לתוך השער ? <u>הסבר את תשובתך</u>.
אין צורך לחשב. (5 נקודות)

/המשך בעמוד 4/

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).

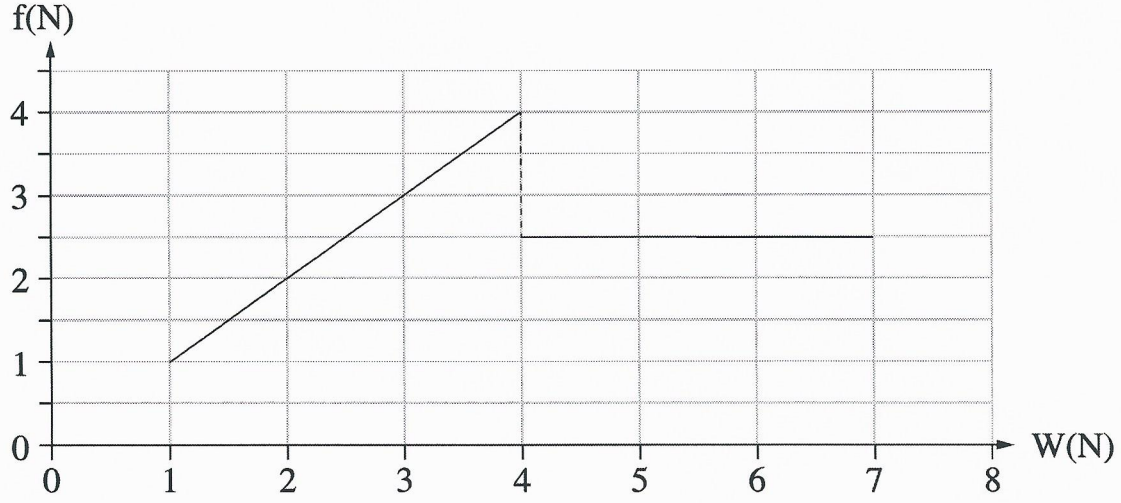


תרשים 1

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

/המשך בעמוד 5/

א. בלי להסתמך על תרשים 2, הסבר מדוע העקומה של הגרף חייבת לעבור בראשית הצירים. (3 נקודות)

נתון: $M = 0.8\ kg$

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

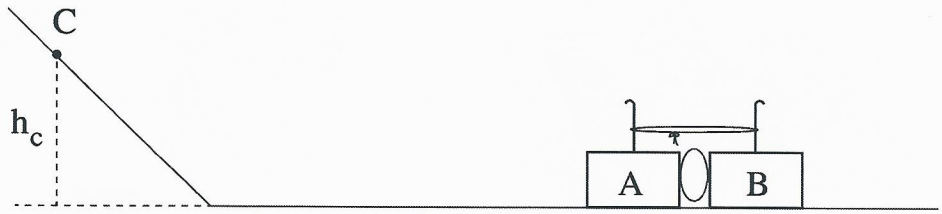
ג. חשב את הגודל של תאוצת המערכת כאשר $W = 6N$. (10 נקודות)

ד. כאשר המערכת עברה ממצב מנוחה למצב תנועה, האם המתיחות בחבל גָּדלה, קָטנה או לא השתנתה? הסבר את תשובתך, **אין צורך לחשב.** (5 נקודות)

/המשך בעמוד 6/

3. שתי תיבות A ו־ B שמסותיהן $m_A = 300gr$ ו־ $m_B = 100gr$ נמצאות במנוחה על משטח אופקי חלק. בין התיבות לחוץ כדור גומי. בראשי התיבות מחוברים מוטות, וחוט הקשור לשני המוטות מונֵע מן התיבות לנוע (ראה תרשים 1).

מסת הכדור זניחה.



תרשים 1

ברגע מסוים החוט נקרע. בעקבות זאת הכדור חזר 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 $h_c = 0.1m$ (ראה תרשים 1), וירדה בחזרה.

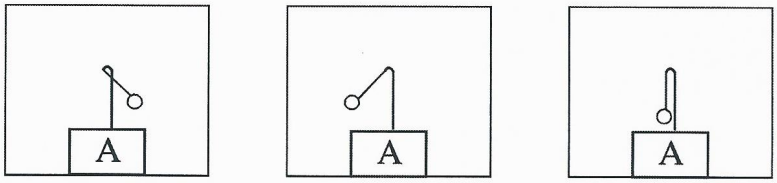
ד. הוכח שהמדרון אינו חלק. (6 נקודות)

/המשך בעמוד 7/

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 I-III. קבע איזה מבין האיורים מתאר נכון את מצב המטוטלת במהלך התנועה של התיבה A על פני המשטח האופקי. הסבר את קביעתך.

(4 נקודות)



III II I

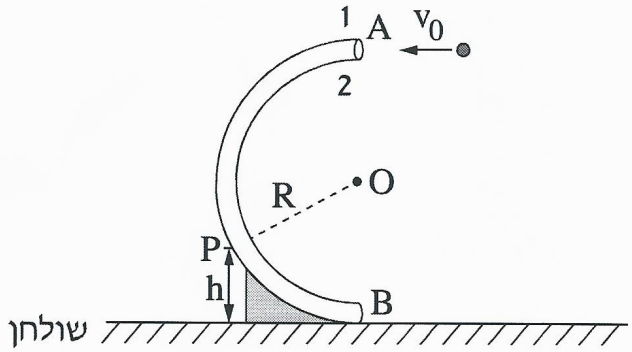
תרשים 2

/המשך בעמוד 8/

4. בתרשים שלפניך מוצג צינור דק הנמצא במישור אנכי הניצב לשולחן אופקי. צורת הצינור היא חצי מעגל, שמרכזו בנקודה O ורדיוסו $R = 80\,cm$.

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 $m = 0.05kg$ נזרק בנקודה A לתוך הצינור במהירות התחלתית שגודלה $v_0 = 3.2\frac{m}{s}$ וכיוונה אופקי (ראה תרשים). הכדור נע בתוך הצינור ויצא ממנו בנקודה B.

א. חשב את גודלו של הכוח הצנטריפטלי שפעל על הכדור בנקודה A <u>בתחילת התנועה המעגלית</u>. (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. <u>נמק את קביעתך</u>.

(6 נקודות)

במהלך תנועתו חלף הכדור בנקודה P, הנמצאת בגובה $h = 40\,cm$ מעל פני השולחן.

עבור <u>התנועה המעגלית</u> של הכדור בחלפו בנקודה P:

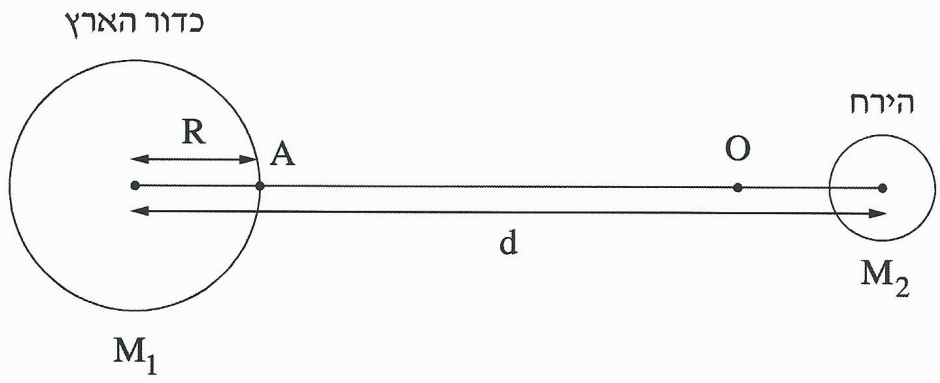
ג. חשב את גודל מהירות הכדור. (6 נקודות)

ד. חשב את גודל התאוצה הרדיאלית של הכדור. (4 נקודות)

ה. חשב את גודל התאוצה המשיקית של הכדור. (5 נקודות)

/המשך בעמוד 9/

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

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

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 m, R ו־g את האנרגייה המינימלית E שיש להעניק לחללית כדי להביאה לנקודה O .

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

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 10/

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־ $v = 11\frac{km}{s}$. 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)

/המשך בעמוד 11/

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 בְּרֵכה ריקה. בתחתית הברכה הונח מטבע, אבל ממקום מושבו של רמי לא היה אפשר לראות את המטבע כשהברכה ריקה.

הִתחילו 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)

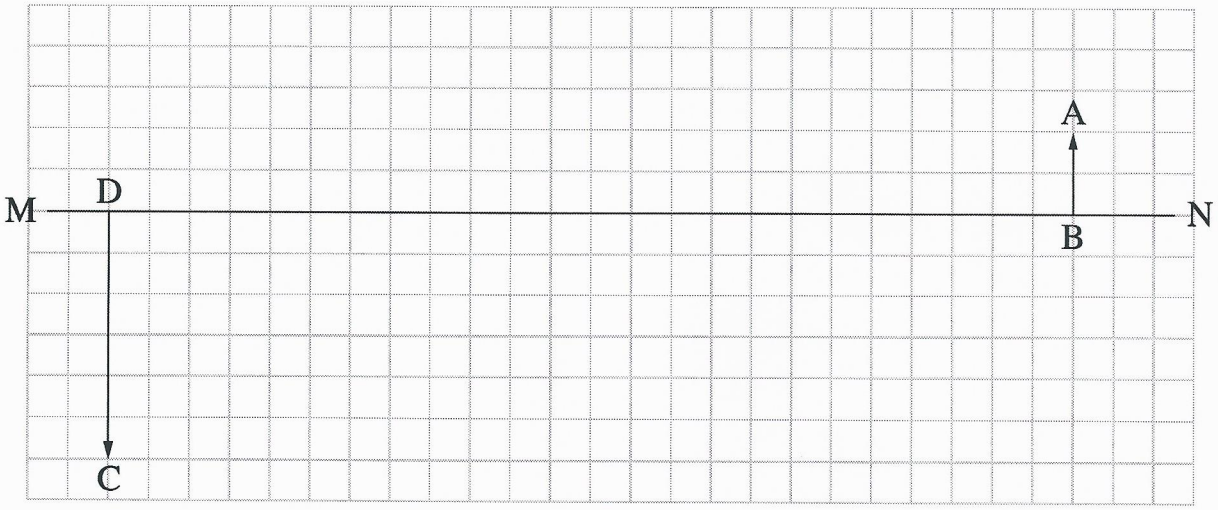
נתון: קרן היוצאת מן המטבע ומגיעה לעין של רמי עוברת בתוך המים מרחק $d = 0.61m$.

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

ג. חשב את עומק המים. (4 נקודות)

/המשך בעמוד 12/

7. בתרשים שלפניך הקטעים 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.

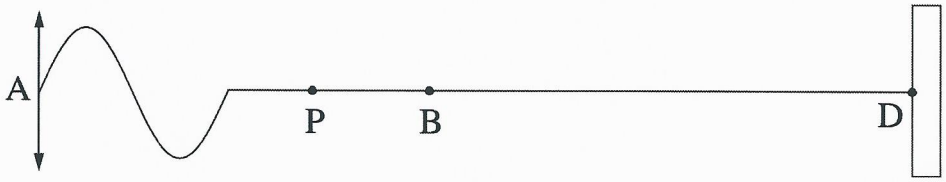
(2) מצא בעזרת סרטוט את מקום העדשה, וסרטט אותה במקום המתאים בתרשים שבמחברתך (קבע את קוטר העדשה כרצונך).

($4\frac{1}{2}$ נקודות)

ד. מצא בעזרת סרטוט מהלך קרניים את מוקדי העדשה, וסמן אותם בתרשים שבמחברתך. (4 נקודות)

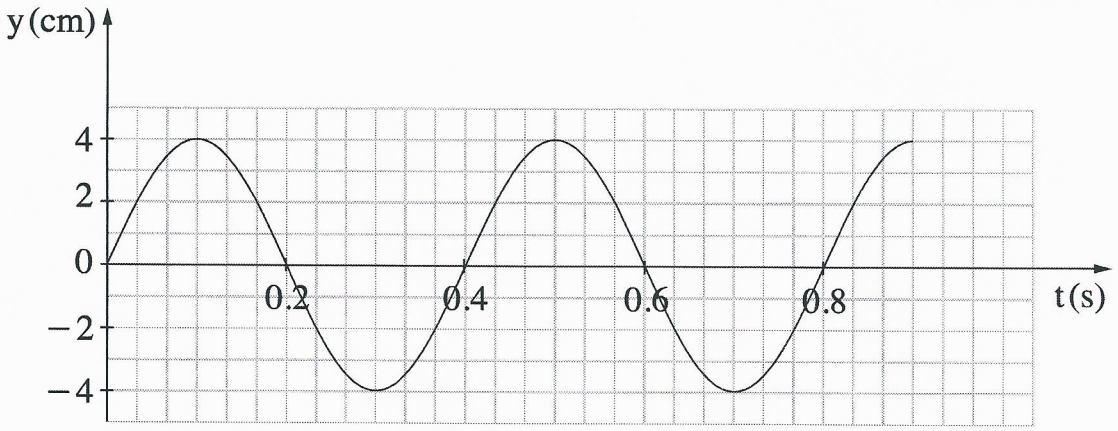
/המשך בעמוד 13/

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 $t = 0.5s$. 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!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על־יסודיים
ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים
מועד הבחינה: קיץ תשע"ו, 2016
מספר השאלון: 656 ,036201
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל־5 יח"ל

פ י ז י ק ה
מכניקה, אופטיקה וגלים

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים וחצי (150 דקות).

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>: בשאלון זה שני פרקים.

פרק ראשון	— מכניקה	— 25×3	— 75	נקודות
פרק שני	— אופטיקה וגלים	— $12\frac{1}{2}\times2$	— 25	נקודות
		סה"כ	— 100	נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(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־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום יחידות עלולים להפחית נקודות מהציון.
(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 <u>במחברת הבחינה בלבד</u>, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב <u>כטיוטה</u> (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

ב ה צ ל ח ה !

/המשך מעבר לדף/

ה ש א ל ו ת

פרק ראשון — מכניקה (75 נקודות)

ענה על שלוש מן השאלות 1-5.

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

1. שמעון והחתול שלו משחקים: שמעון הודף עכבר צעצוע על הרצפה. הצעצוע נע לאורך קו ישר מהנקודה A לכיוון הנקודה B (ראה תרשים). באותו רגע החתול מתחיל לרוץ מאותה הנקודה ולאותו כיוון. יש להזניח את התנגדות האוויר.



החתול האיץ ממנוחה בתאוצה קבועה של $1\frac{m}{s^2}$. לאחר 2 שניות הוא המשיך במהירות קבועה במשך 5 שניות נוספות, ובמהלך שנייה אחת נוספת הוא האט בקצב קבוע עד עצירתו בנקודה B.

א. סרטט במחברתך גרף של מהירות החתול כפונקציה של הזמן. (6 נקודות)

ב. חשב את המרחק של הנקודה B מהנקודה A. (4 נקודות)

לאחר ששמעון הִקנה לצעצוע מהירות התחלתית בנקודה A, הצעצוע הגיע לנקודה B שנייה וחצי **לפני** שהגיע לשם החתול. מקדם החיכוך μ בין הצעצוע לרצפה קבוע.

ג. חשב את המהירות ההתחלתית של הצעצוע. (4 נקודות)

ד. סרטט במחברתך את תרשים הכוחות הפועלים על הצעצוע, וחשב את μ. (6 נקודות)

בפעם אחרת חזר שמעון על המשחק והקנה לצעצוע את אותה המהירות התחלתית.

הפעם מקדם החיכוך μ' בין הצעצוע לרצפה גדול פי 2. $(\mu' = 2\mu)$.

ה. קבע באיזה מן הגדלים 1-4 שלפניך **לא** חל שינוי בתנועת הצעצוע. נמק את קביעתך.

1. התאוצה
2. הזמן עד העצירה
3. המרחק עד העצירה
4. המהירות הממוצעת

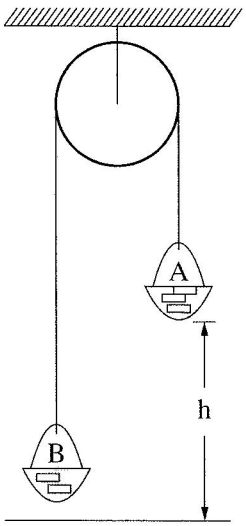
(5 נקודות)

/המשך בעמוד 3/

2. לפניך שני קטעים (קטע א וקטע ב) של דוח מעבדה שהגיש צוות תלמידים. עליך לקרוא כל אחד מן הקטעים ולענות על סעיפי השאלה שאחרי כל קטע.

-קטע א-

<u>נושא הניסוי:</u> יישום החוק השני של ניוטון



בתרשים מוצגת מערכת ("מכונת אטווד") המורכבת מגלגלת מקובעת לתקרה, ועליה כרוך חוט. בשני קצות החוט קשורים סלים A ו- B, ובתוכם מונחות משקולות. מסת הסל A עם המשקולות שבתוכו היא m_A, ומסת הסל B עם המשקולות שבתוכו היא m_B. הסל A (הכבד יותר) נמצא בגובה h מעל הרצפה (ראה תרשים). הסלים יכולים לנוע מעלה ומטה.

במערכת זו מסת החוט והגלגלת וכל כוחות החיכוך זניחים.

במהלך הניסוי משחררים את המערכת ממנוחה. באמצעות שעון עצר מודדים את זמן התנועה t של המערכת מרגע שחרורה ועד פגיעת הסל A ברצפה. על פי מדידת הגובה והזמן מחשבים את התאוצה a של הסל A.

<u>ניסוי 1</u>

<u>מטרת הניסוי:</u> לאמת את ההשערה שהסל A יורד בתאוצה קבועה.

<u>מהלך הניסוי:</u> שחררנו את הסל A כמה פעמים, בכל פעם מגובה אחר, בלי לשנות את מסות הסלים. אחר כך חישבנו את התאוצה a. התוצאות והחישובים של שלוש מדידות מוצגים בטבלה.

h (m)	t (s)	a ($\frac{m}{s^2}$)
0.5	1.01	0.98
1	1.40	1.02
1.5	1.72	1.01

א. הסבר בקצרה מדוע על פי חוקי ניוטון נכון להניח שהסל A יורד בתאוצה קבועה.
בתשובתך על סעיף זה אין להתבסס על תוצאות המדידות. (4 נקודות)

ב. הראה כיצד חישבו התלמידים את התאוצה בניסוי זה. (3 נקודות)

ג. קבע אם הממצאים המוצגים בטבלה אכן מבססים את ההשערה שהסל A יורד בתאוצה קבועה. <u>נמק את קביעתך.</u> (3 נקודות)

(שים לב: המשך סעיפי השאלה בעמוד הבא)

/המשך בעמוד 4

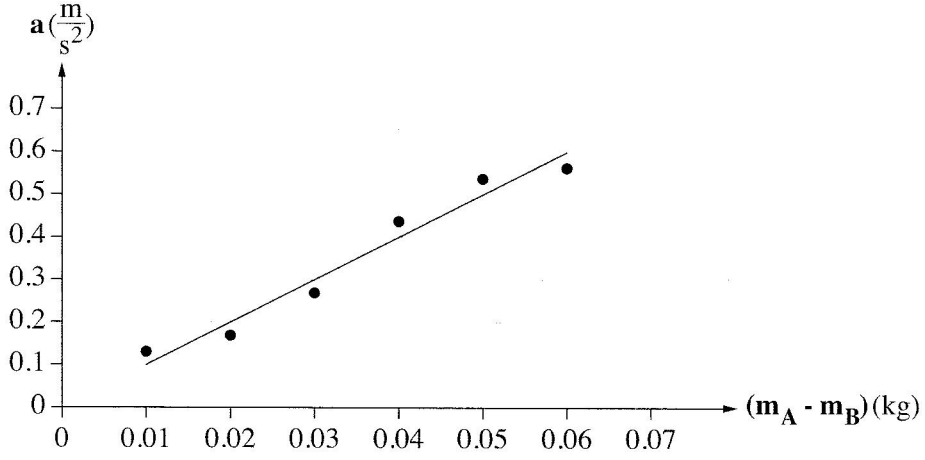
-קטע ב-

ניסוי 2

מטרת הניסוי: בדיקת התלות של התאוצה בהפרש המסות של הסלים, בעוד המסה הכוללת של המערכת נשארת קבועה.

מהלך הניסוי: חזרנו על מדידת זמן התנועה כמה פעמים, ובכל פעם העברנו משקולת מהסל B לסל A.

תוצאות המדידות וקו המגמה מוצגים להלן.



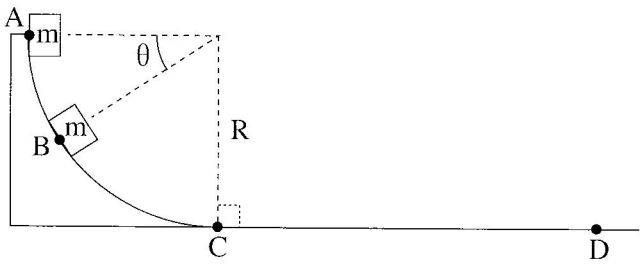
ד. סרטט במחברתך את תרשים הכוחות הפועלים על כל אחד מן הסלים. כתוב ליד כל כוח את שמו. (4 נקודות)

ה. התבסס על חוקי ניוטון, ופתח משוואה המקשרת בין התאוצה ובין הפרש המסות של הסלים. (6 נקודות)

ו. על פי הגרף שבקטע ב והמשוואה שפיתחת בסעיף ה, חשב את המסה הכוללת $(m_A + m_B)$ של הסלים במערכת. פרט את חישוביך. (5 נקודות)

/המשך בעמוד 5

3. גוף שמסתו m משוחרר ממנוחה בנקודה A , והוא נע לאורך מסלול ABCD (ראה תרשים).
הקטע ABC חלק וצורתו רבע מעגל שרדיוסו R . הקטע CD הוא מישור מחוספס.
יש להזניח את התנגדות האוויר.



ענה על סעיפים א-ג באמצעות הפרמטרים R , m , g , θ (כולם או חלקם).

א. בטא את מהירותו של הגוף בנקודה B . (6 נקודות)

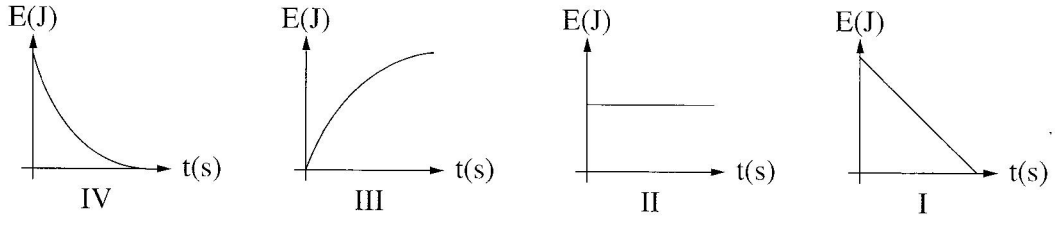
ב. בטא את התאוצה הרדיאלית של הגוף בנקודה B . (3 נקודות)

ג. בטא את התאוצה המשיקית של הגוף בנקודה B . (5 נקודות)

לאחר שהגוף עבר בנקודה C הוא נע בתאוצה קבועה עד שנעצר בנקודה D .
נתון: מרחק העצירה $CD = 2R$.

ד. השתמש בשיקולי אנרגיה וחשב את מקדם החיכוך בין הגוף למישור המחוספס.
(6 נקודות)

לפניך ארבעה גרפים המתארים אנרגיה מכנית כפונקציה של הזמן.



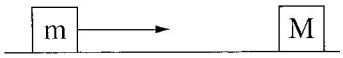
ה. **(1)** קבע איזה מן הגרפים IV-I מתאר נכון את האנרגיה המכנית של הגוף כפונקציה של הזמן, בקטע ABC .

(2) קבע איזה מן הגרפים IV-I מתאר נכון את האנרגיה המכנית של הגוף כפונקציה של הזמן, בקטע CD .

נמק כל אחת משתי הקביעות.
(5 נקודות)

/המשך בעמוד 6

4. תיבה שמסתה $m = 0.5kg$ נעה על משטח אופקי חלק לכיוון תיבה שמסתה M שנמצאת במנוחה (ראה תרשים 1).

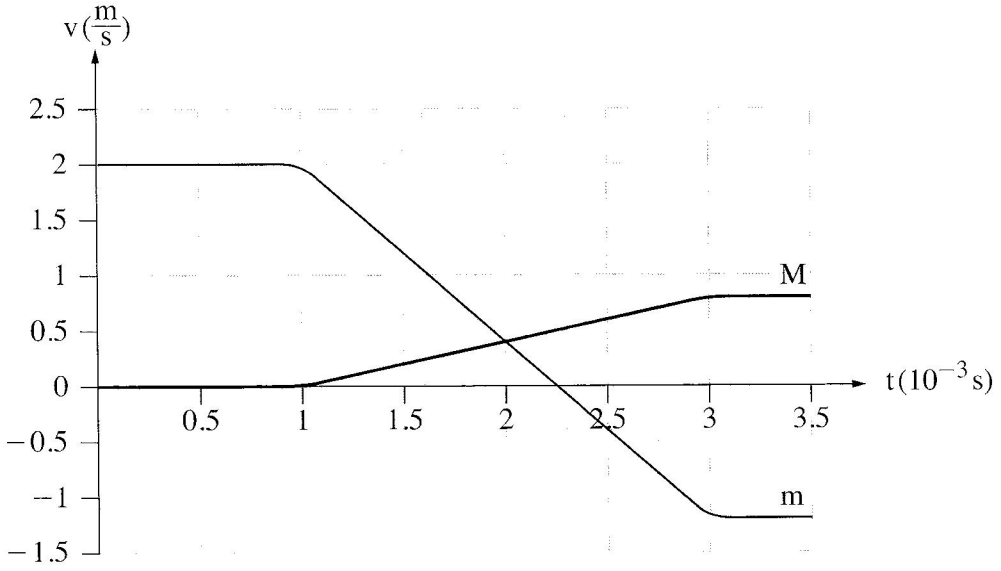


תרשים 1

שתי התיבות התנגשו התנגשות אלסטית (לחלוטין).

בגרף שלפניך מוצגות המהירויות של שתי התיבות כפונקציה של הזמן.

שים לב: הזמן בגרף נתון באלפיות שנייה.



תרשים 2

על פי הגרף ענה על הסעיפים האלה:

א. תאר במילים את תנועתה של התיבה m בפרק הזמן המתואר בגרף. (3 נקודות)

ב. חשב את מסת התיבה M. (5 נקודות)

ג. חשב את הכוח השקול הממוצע שפעל על התיבה M בזמן ההתנגשות. (5 נקודות)

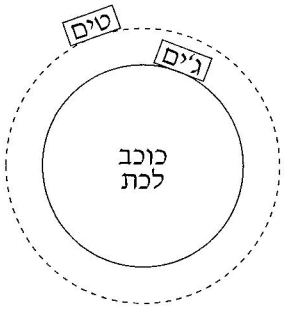
ד. בגרף אפשר לראות שבזמן ההתנגשות, השיפועים של שתי העקומות שונים זה מזה בגודל ובסימן. התבסס על חוקי ניוטון והסבר שוני זה. (5 נקודות)

ה. הוכח שההתנגשות הייתה אלסטית (לחלוטין). (4 נקודות)

ו. החליפו את התיבה שמסתה M בתיבה אחרת שמסתה M'. ההתנגשות בין התיבות נשארה התנגשות אלסטית (לחלוטין). חשב מה צריך להיות הערך המרבי של מסת התיבה M', כדי שתיבה m לא תשנה את כיוון תנועתה אחרי ההתנגשות. (3 נקודות)

/המשך בעמוד 7/

5. בתרחיש דמיוני, שני אסטרונאוטים טים וג'ים חקרו כוכב לכת שלא נע סביב צירו.
טים ישב על כיסא בתוך מעבורת שהקיפה את כוכב הלכת במסלול מעגלי במנוע כבוי.
ג'ים ישב על כיסא בתוך רכב חלל שעמד על פני כוכב הלכת (ראה תרשים).
לשני האסטרונאוטים מסה זהה $m = 100kg$.



א. קבע מיהו האסטרונאוט שהפעיל על כיסאו כוח גדול יותר: טים או ג'ים? נמק בלי חישוב.
(6 נקודות)

על הרצפה של רכב החלל שעמד על פני כוכב הלכת הותקן מד־משקל. כאשר ג'ים עמד עליו, הוריית המד־משקל הייתה $2000N$.
ג'ים התחיל בנסיעה לאורך מסלול מעגלי על קו המשווה של כוכב הלכת. הוא הבחין שככל שהגביר את מהירותו, כך קטנה הוריית המד־משקל.

ב. הסבר מדוע קטנה הוריית המד־משקל. (3 נקודות)

נתון: כאשר הגיע רכב החלל למהירות של $v = 1.25 \cdot 10^4 \frac{m}{s}$, הייתה הוריית המד־משקל $980N$.

ג. חשב את הרדיוס של כוכב הלכת. (6 נקודות)

ד. חשב את מסתו של כוכב הלכת. (6 נקודות)

ה. תאוצת המעבורת שהקיפה את כוכב הלכת בתנועה מעגלית קצובה הייתה a.
נסמן ב־ g^* את תאוצת הכובד בגובה שבו סובבת המעבורת סביב כוכב הלכת.
קבע איזה מן ההיגדים 1-3 שלפניך נכון. נמק קביעתך.

1. $a > g^*$
2. $a = g^*$
3. $a < g^*$

(4 נקודות)

/המשך בעמוד 8/

פרק שני — אופטיקה וגלים (25 נקודות)

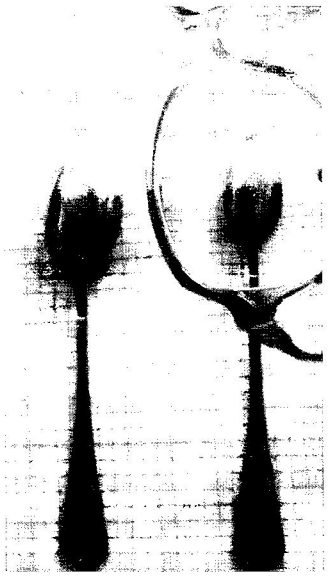
ענה על שתיים מן השאלות 6-8.

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

6. תלמידה רצתה לבדוק את סוג העדשות במשקפיים של דודתה.

לשם כך הניחה התלמידה שתי כפיות זהות על השולחן, והניחה עדשה של המשקפיים מעל אחת הכפיות.

בתרשים שלפניך נראה תצלום הכפיות והמשקפיים שצילמה התלמידה.



א. בכל אחת מן האפשרויות (1)-(3) שלפניך, קבע מהו המאפיין הנכון של דמות הכפית הנראית מבעד לעדשה:

(1) ישרה או הפוכה.

(2) ממשית או מדומה.

(3) מוגדלת או מוקטנת.

(נקודה אחת)

ב. האם העדשה מרכזת או מפזרת? נמק את תשובתך. (2 נקודות)

/המשך בעמוד 9/

ג. מצא את דמות הכפית באמצעות סרטוט מדויק של מהלך שלוש קרניים.

נתון: רוחק מוקד העדשה $|f| = 12\ cm$, מרחק העצם מהעדשה $6\ cm$,

גובה העצם $3\ cm$.

בסרטוט השתמש בקנה מידה של 1 משבצת $= 1$ ס"מ.

(5 נקודות)

ד. חשב באמצעות נוסחאות את גובה הדמות ואת מרחקה מהעדשה.

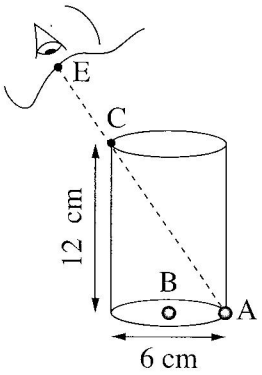
האם תוצאות החישוב מתאימות לאותם ערכים שהתקבלו בסרטוט?

($4\frac{1}{2}$ נקודות)

/המשך בעמוד 10/

7. בתרשים שלפניך מוצג כלי ריק שצורתו גליל. גובה הכלי 12 cm וקוטרו 6 cm .

בתחתית הכלי מונחים שני חרוזים קטנים מאוד: חרוז A צמוד לדופן הכלי וחרוז B במרכז התחתית של הכלי.



תלמיד הביט אל תוך הכלי בכיוון EC (הנקודה C נמצאת על שפת הכלי).

כאשר הכלי היה ריק התלמיד ראה את חרוז A בלבד.

מילאו את הכלי עד שפתו בנוזל שקוף. התלמיד הסתכל באותו כיוון וראה את חרוז B בלבד.

א. העתק את תרשים הכלי והעין למחברתך בלי הקו המקווקו.

הוסף לתרשים שבמחברתך קרן אור שמגיעה מחרוז B , עוברת בתוך הנוזל אל נקודה C ומגיעה לעין התלמיד.

סמן בתרשים שבמחברתך את זווית הפגיעה (α) ואת זווית השבירה (β) במעבר של קרן האור מהנוזל לאוויר.

(4 נקודות)

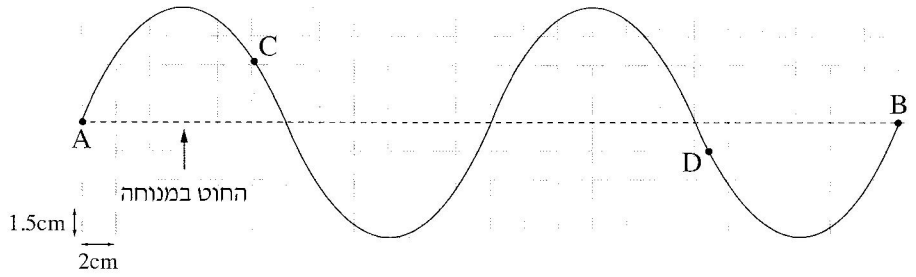
ב. חשב את מקדם השבירה של הנוזל. (4 נקודות)

ג. קבע אם חרוז B נראה לתלמיד בעומק האמִתי שהוא היה בו, גבוה יותר או נמוך יותר.

נמק את קביעתך באמצעות סרטוט תרשים נוסף של הכלי ומהלך הקרניים. ($4\frac{1}{2}$ נקודות)

/המשך בעמוד 11/

8. בתרשים שלפניך מוצג גל מחזורי שמתקדם לאורך חוט מתוח. הגל נוצר בקצה A ומתקדם במשך עשירית שנייה עד לקצה B הקשור לקיר. ממדי כל משבצת בתרשים $1.5\text{ cm} \times 2\text{ cm}$.



א. היעזר בתרשים ומצא את הגדלים האלה:

(1) משרעת (אמפליטודת) הגל

(2) תדירות הגל

(3) אורך הגל

(4) מהירות הגל

(4 נקודות)

ב. על החוט שבתרשים מסומנות שתי נקודות C ו־D. קבע את כיוון התנועה של <u>כל אחת</u> משתי הנקודות ברגע המתואר בתרשים (מעלה / מטה / ימינה / שמאלה).

(2 נקודות)

ג. מהו התנאי להיווצרות גל עומד? (2 נקודות)

ד. מה צריך להיות זמן המחזור של הגל, כדי שעל אותו החוט ייווצר גל עומד שיש לו שתי נקודות טבור (קמר)? ($4\frac{1}{2}$ נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על־יסודיים
ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים
מועד הבחינה: קיץ תשע"ה, 2015
מספר השאלון: 656 ,036201
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל־5 יח"ל

פ י ז י ק ה
מכניקה, אופטיקה וגלים

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים וחצי (150 דקות).

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>: בשאלון זה שני פרקים.

פרק ראשון	— מכניקה	— 25×3	— 75	נקודות
פרק שני	— אופטיקה וגלים	— $12\frac{1}{2}\times2$	— 25	נקודות
		סה"כ	— 100	נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:

(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־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום יחידות עלולים להפחית נקודות מהציון.

(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 $10\ \mathrm{m/s^2}$ לתאוצת הנפילה החופשית.

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

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב <u>כטיוטה</u> (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

ב ה צ ל ח ה !

/המשך מעבר לדף/

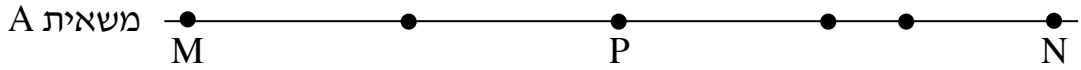
ה ש א ל ו ת

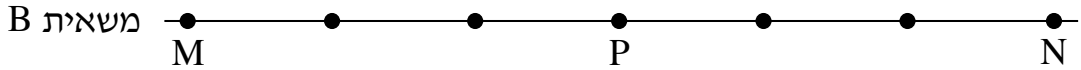
פרק ראשון — מכניקה (75 נקודות)

ענה על שלוש מהשאלות 1-5.

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

1. שתי משאיות A ו־ B נכנסות באותו הזמן לשני מסלולים מקבילים זה לזה בקטע כביש ישר. בכל אחת מן המשאיות מותקן מכשיר המחשב בהפרשי זמן שווים את מיקומה (GPS). הנקודות בתרשים שלפניך מייצגות את מיקומי המשאיות A ו־ B, לאורך הקטע MN שאורכו 180 ק"מ. הנקודה P היא האמצע של קטע הנסיעה.





היעזר בתרשים וענה על הסעיפים א-ה שלפניך.

א. נתון כי זמן הנסיעה של משאית B מנקודה M לנקודה N היה 3 שעות.
חשב את מהירות הנסיעה הממוצעת של משאית זו בקטע MN .
בטא את תשובתך ביחידות של $\frac{\text{קילומטר}}{\text{שעה}}$ וגם $\frac{\text{מטר}}{\text{שנייה}}$. (5 נקודות)

ב. קבע אם מהירות הנסיעה הממוצעת של משאית A בקטע MN גדולה ממהירות הנסיעה הממוצעת של משאית B בקטע זה, קטנה ממנה או שווה לה. נמק בלי לחשב. (5 נקודות)

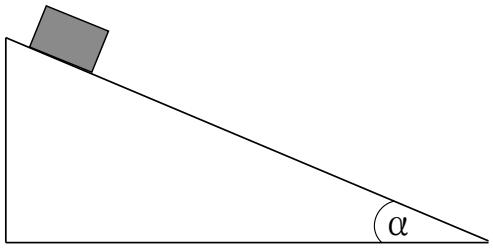
ג. חשב את מהירות הנסיעה הממוצעת של משאית A במחצית הראשונה של קטע הנסיעה (הקטע MP). (5 נקודות)

ד. חשב את מהירות הנסיעה הממוצעת של משאית A במחצית השנייה של קטע הנסיעה (הקטע PN) . (5 נקודות)

ה. קבע אם יש רגע שבו המהירות הרגעית של שתי המשאיות שווה. נמק. (5 נקודות)

/המשך בעמוד 3/

2. בניסוי בשיעור פיזיקה מדדו תלמידים את התאוצה של גוף הנע במורד מדרון שזווית שיפועו α (ראה איור).



התלמידים חזרו על המדידה כמה פעמים, ובכל פעם שינו את מקדם החיכוך בין הגוף למדרון. הנח שמקדם החיכוך הסטטי שווה למקדם החיכוך הקינטי, והתנגדות האוויר זניחה. תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניך.

$\boldsymbol{\mu}$	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
$\mathbf{a}\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)$	2.5	2.0	1.6	1.1	0.6

א. העתק למחברתך את האיור, והוסף לו תרשים של הכוחות הפועלים על הגוף בעת תנועתו במורד המדרון. רשום ליד כל כוח את שמו. (3 נקודות)

ב. השתמש בתרשים הכוחות שסרטטת בתשובתך על סעיף א, ובטא את תאוצת הגוף (a) כפונקציה של מקדם החיכוך (μ). פרט את השלבים בפיתוח הביטוי. בביטוי הסופי השתמש בפרמטרים g ו־ α בלבד. (6 נקודות)

ג. על פי הנתונים שבטבלה, סרטט במחברתך גרף המתאר את תאוצת הגוף (a) כפונקציה של מקדם החיכוך (μ). (5 נקודות)

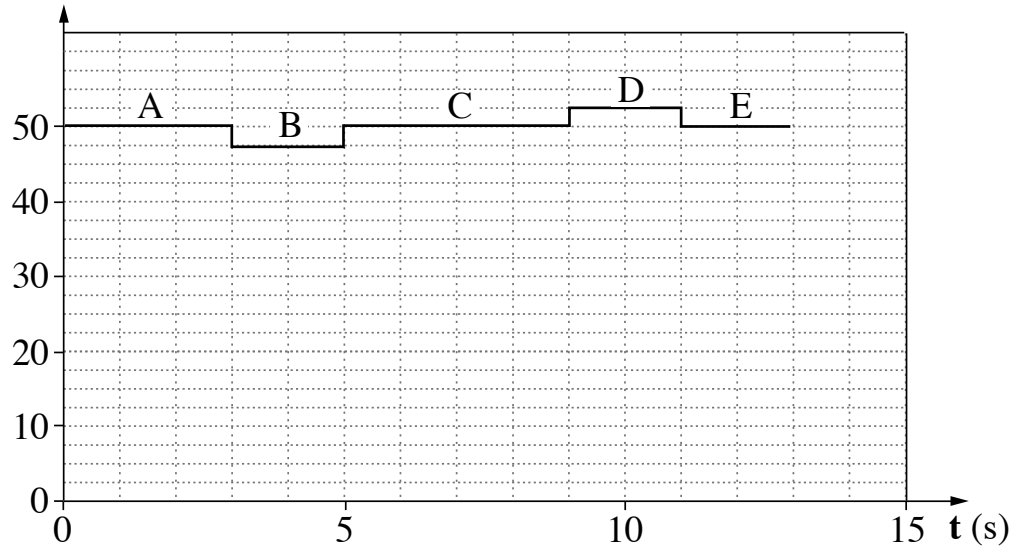
ד. הסבר את המשמעות הפיזיקלית של נקודות החיתוך של הגרף עם שני הצירים. (6 נקודות)

ה. חשב את זווית השיפוע (α) של המדרון. (5 נקודות)

/המשך בעמוד 4/

3. תמי, תלמידה במגמת פיזיקה, החליטה לחקור את השינויים החלים במהירות של מעלית בעת תנועתה. לצורך כך הוצבו במעלית מאזני רצפה ביתיים.
תמי נכנסה למעלית באחת מקומות הבניין, נעמדה על המאזניים ולחצה על לחצן קומה אחרת.
המעלית התחילה לנוע ונעצרה רק כשהגיעה לקומה האחרת.
הגרף שלפניך מתאר את הוריית המאזניים בפרק הזמן שתמי עמדה עליהם.

הוריית המאזניים (Kg)



א. לפניך רשומים שלושה כוחות (1)-(3) הפועלים על תמי במהלך תנועת המעלית.
קבע איזה מן הכוחות מיוצג על ידי הוריית המאזניים
(1) כוח הכובד המופעל על תמי על ידי כדור הארץ
(2) הכוח הנורמלי המופעל על תמי על ידי המאזניים
(3) הכוח השקול שפועל על תמי
(3 נקודות)

ב. קבע את מצב המעלית בכל אחד מן הקטעים $A\ ,B\ ,C\ ,D\ ,E$ של הגרף:
מנוחה, תנועה קצובה או תנועה במהירות משתנה. (5 נקודות)

ג. חשב את הגודל של תאוצת המעלית בכל אחד מן הקטעים. (6 נקודות)

ד. קבע אם במהלך נסיעה זו המעלית עלתה, ירדה או שאי־אפשר לקבוע זאת. <u>הסבר</u>.
(5 נקודות)

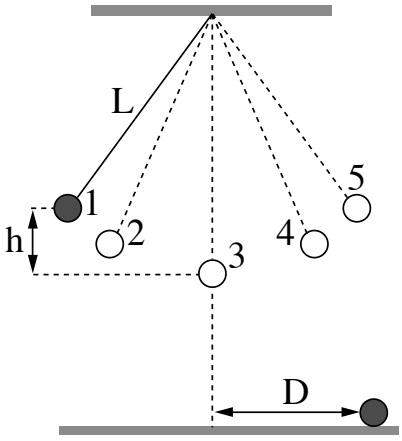
ה. סרטט במחברתך גרף המתאר את הגודל של מהירות המעלית כפונקציה של הזמן, עבור פרק הזמן $0 \le t \le 13s$. אינך נדרש לרשום את ערכי המהירות על ציר הגרף. (6 נקודות)

/המשך בעמוד 5/

4. מטוטלת פשוטה מורכבת מכדור קטן שמסתו m הקשור לתקרת חדר בחוט שאורכו L. מסת החוט זניחה.

בניסוי הסיטו תלמידים את הכדור מנקודת שיווי המשקל (נקודה 3 בתרשים) לנקודה 1 הנמצאת בגובה h מעל לנקודה 3 (ראה תרשים) ושחררו אותו.

יש להזניח את התנגדות האוויר.



במסלול תנועת הכדור מסומנות 5 נקודות (1-5).

א. קבע באיזו נקודה או באילו נקודות:

(1) גודל התאוצה המשיקית של הכדור מרבי.

(2) גודל המהירות המשיקית של הכדור מרבי.

(4 נקודות)

ב. כאשר הכדור חלף בנקודה הנמוכה ביותר של מסלולו (נקודה 3), האם המתיחות בחוט הייתה גדולה מכוח הכובד הפועל על הכדור, קטנה ממנו או שווה לו? נמק. (5 נקודות)

ג. פַּתח ביטוי של גודל הכוח השקול שפועל על הכדור בעודו חולף בנקודה הנמוכה ביותר של מסלולו. בטא את תשובתך באמצעות הפרמטרים: h , g , L , m. (6 נקודות)

התלמידים ערכו שני ניסויים נוספים במטוטלת דומה לזו המתוארת בפתיח לשאלה.

בניסוי 1 הסיטו את הכדור עד לנקודה 1 (גובה h מעל הנקודה 3) ושחררו אותו (אותו ניסוי שבפתיח).

בניסוי 2 הסיטו את הכדור עד לנקודה 2, הנמצאת בגובה $\frac{h}{2}$ מעל הנקודה 3, ושחררו אותו.

בשני הניסויים כשהכדור חלף בנקודה 3 הוא ניתק מן החוט והמשיך לנוע עד פגיעתו בקרקע.

את הזמן שחלף מרגע ניתוק הכדור מן החוט ועד שהגיע לקרקע נסמן ב־t_1 בניסוי 1, וב־t_2 בניסוי 2.

ד. האם זמן t_1 גדול מזמן t_2, קטן ממנו או שווה לו? נמק. (4 נקודות)

נסמן ב־D_1 וב־D_2 את המרחקים האופקיים שעבר הכדור בזמנים t_1 ו־t_2 בהתאמה.

ה. חשב את היחס בין המרחק D_1 למרחק D_2. (6 נקודות)

/המשך בעמוד 6/

5. בסרט "כוח משיכה" משנת 2013, האסטרונאוטים מנסים להגיע לתחנת החלל הבין־לאומית, לאחר שתיקנו לוויין הסמוך לתחנת החלל. הלוויין ותחנת החלל נעים סביב קו המשווה בגובה 400 קילומטרים מעל פני כדור הארץ.

הנח שמסלול התחנה הוא מסלול מעגלי, והכוח היחיד הפועל על התחנה הוא כוח המשיכה של כדור הארץ.

א. חשב את תאוצת התחנה בהיותה במסלול המתואר בפתיח לשאלה. (7 נקודות)

ב. לפניך ארבעה היגדים i-iv.

קבע איזה מן ההיגדים נכון, והעתק אותו למחברתך. (3 נקודות)

i תחנת החלל נעה במסלולה במהירות שגודלה קבוע.

ii תחנת החלל נעה במסלולה במהירות קבועה.

iii שקול הכוחות הפועלים על תחנת החלל הנעה במסלולה שווה לאפס.

iv תחנת החלל נעה במסלולה במהירות ובתאוצה קבועות.

ג. ידוע כי תאוצת הכובד בגובה המסלול של התחנה והלוויין היא בקירוב 90% מתאוצת הכובד על פני כדור הארץ.

כיצד אפשר להסביר את העובדה שהאסטרונאוטים שמתקנים את הלוויין נראים חסרי משקל (מרחפים)? (5 נקודות)

ד. ברגע מסוים עברה תחנת החלל במסלולה מעל נקודה כלשהי שנמצאת על קו המשווה.

כמה פעמים נוספות עברה תחנת החלל מעל נקודה זו ביממה (24 שעות)?

(אפשר להזניח את הסיבוב של כדור הארץ סביב עצמו.)

(6 נקודות)

ה. האם האנרגיה המכנית של התחנה נשמרת במהלך תנועתה במסלולה המעגלי סביב כדור הארץ? הסבר את קביעתך. (4 נקודות)

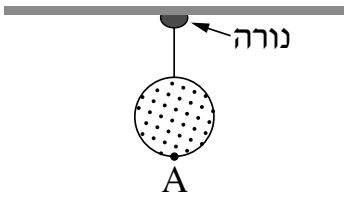
/המשך בעמוד 7/

פרק שני — אופטיקה וגלים (25 נקודות)

ענה על שתיים מהשאלות 6-8.

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

6. כדור שקוטרו 40 ס"מ קשור בחוט דק אל נורה דולקת (מקור אור נקודתי) שקבועה בתקרת החדר (ראה תרשים א. שים לב: התרשים אינו בקנה מידה מדויק).



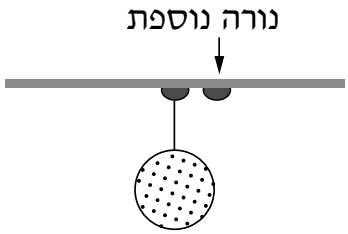
תרשים א

גובה התקרה 280 ס"מ מעל הרצפה. על הרצפה נוצרת צללית כהה של הכדור.
צורת הצללית עיגול וקוטרה 1 מטר.

א. העתק את תרשים א למחברתך וציין בו את מקום הנורה, הכדור והצל. (3 נקודות)

ב. חשב את הגובה של הנקודה הנמוכה ביותר על הכדור (נקודה A בתרשים א) מעל הרצפה. (5 נקודות)

מימין לנורה הראשונה וסמוך לה הדליקו נורה נוספת (ראה תרשים ב).

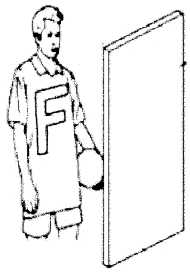


תרשים ב

ג. העתק את תרשים ב למחברתך. הסבר את ההיווצרות של אזורי צל מלא וצל חלקי באמצעות סרטוט של מהלך קרני אור מתאימות. קבע באיזה אזור (או באילו אזורים) נוצר צל מלא ובאיזה אזור (או באילו אזורים) נוצר צל חלקי. סמן את האזורים האלה בבירור בתרשים שבמחברתך. אין צורך לשמור על קנה מידה מדויק. ($4\frac{1}{2}$ נקודות)

/המשך בעמוד 8/

7. ילד הלובש חולצה שעליה מודפסת האות F עומד מול מראה מישורית התלויה על קיר (ראה איור).



א. מהי התופעה הפיזיקלית שגורמת להשתקפות הילד רק במראה ולא בקיר? (4 נקודות)

ב. המרחק של הילד מן המראה היה 1 מטר, והוא החל להתקרב אליה במהירות קבועה $v = 0.5\frac{m}{s}$.

חשב בתוך כמה זמן יהיה המרחק בין הילד ובין דמותו 0.5 מטר. (4 נקודות)

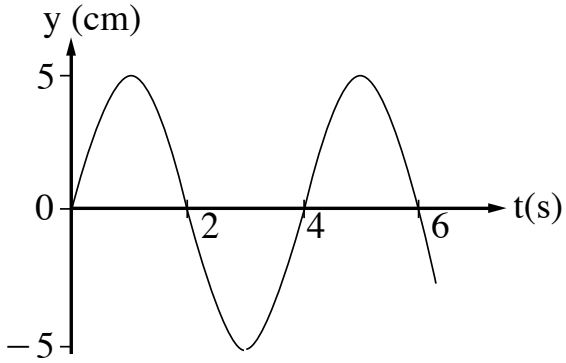
ג. לפניך ארבע צורות I-IV של האות F. העתק למחברתך את המספר של צורת הדמות של האות F, כפי שהילד שמסתכל במראה רואה אותה. ($4\frac{1}{2}$ נקודות)



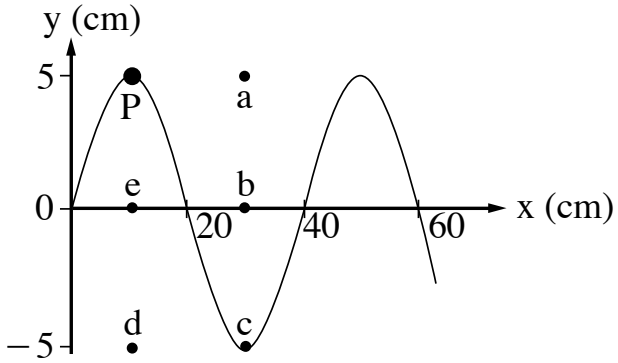
I II III IV

/המשך בעמוד 9/

8. שני התרשימים שלפניך מתארים גל מחזורי שמתקדם לאורך חבל מתוח.



תרשים א



תרשים ב

א. היעזר בתרשימים ומצא את הגדלים האלה:

(1) משרעת (אמפליטודת) הגל.

(2) תדירות הגל.

(3) אורך הגל.

(6 נקודות).

ב. חשב את המהירות של התקדמות הגל לאורך החבל המתוח. (2 נקודות)

ג. על החבל מסומנת נקודה בצבע שחור (נקודה P שבתרשים ב).

קבע באיזו נקודה (מן הנקודות a, b, c, d, e המסומנות בתרשים ב) תהיה נקודה P, כעבור 2 שניות מהרגע המתואר בתרשים. נמק. ($4\frac{1}{2}$ נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על־יסודיים
ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים
מועד הבחינה: קיץ תשע"ד, 2014
מספר השאלון: 656 ,036201
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל־5 יח"ל

פ י ז י ק ה
מכניקה, אופטיקה וגלים

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים וחצי (150 דקות).

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>: בשאלון זה שני פרקים.

פרק ראשון	— מכניקה	— 25×3	— 75	נקודות
פרק שני	— אופטיקה וגלים	— $12\frac{1}{2}\times2$	— 25	נקודות
		סה"כ	— 100	נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(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־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום יחידות עלולים להפחית נקודות מהציון.
(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 <u>במחברת הבחינה בלבד</u>, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב <u>כטיוטה</u> (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

ב ה צ ל ח ה !

/המשך מעבר לדף/

ה ש א ל ו ת

פרק ראשון — מכניקה (75 נקודות)

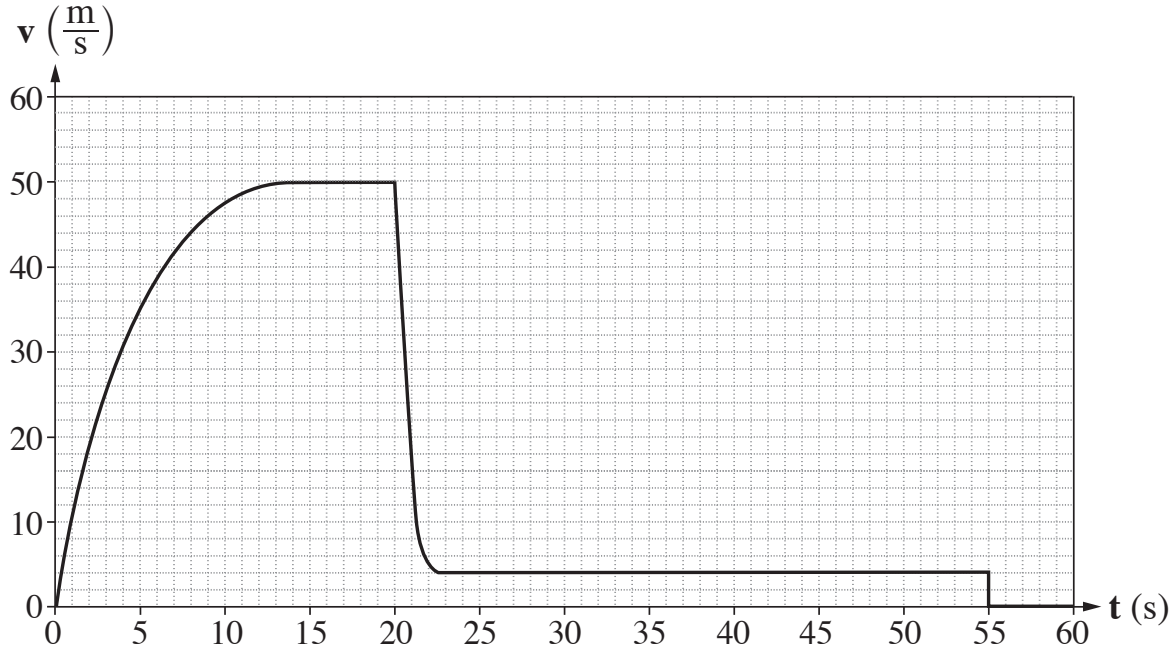
ענה על שלוש מהשאלות 1-5.

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

1. צנחן קפץ ממטוס ברגע $t = 0$. בתוך כדי נפילתו הוא פתח את המצנח.

הצנחן והמצנח ייחשבו גוף אחד שייקרא: "הצנחן".

הגרף שלפניך מתאר את גודל הרכיב האנכי של מהירות הצנחן כפונקציה של הזמן.



א. תאר במילים את תנועת הצנחן בפרק הזמן $0 \le t < 20\ s$. בתשובתך התייחס לגודל הרכיב האנכי של מהירות הנפילה של הצנחן, ולגודל של תאוצתו. (6 נקודות)

ב. ציין את הסיבה לשינוי הפתאומי בגודל הרכיב האנכי של המהירות בפרק הזמן $20\ s < t < 22\ s$. (3 נקודות)

ג. הסבר איך היית מחשב בעזרת הגרף את המרחק האנכי שעבר הצנחן מרגע $t = 0$ עד הרגע שהמצנח נפתח (אין צורך לחשב מרחק זה). (3 נקודות)

ד. הראה מתוך הגרף שהגודל של תאוצת הנפילה החופשית בגובה שהצנחן קפץ ממנו הוא $g = 10\frac{m}{s^2}$ בקירוב. (5 נקודות)

על הצנחן פועלים בתוך כדי נפילתו שני כוחות: כוח הכובד והתנגדות האוויר.

ה. עבור כל אחד משני הכוחות קבע אם הוא גדל, קטן או נשאר קבוע בפרק הזמן $0 \le t < 20\ s$. הסבר את קביעותיך. (5 נקודות)

ו. מסת הצנחן היא $m = 80\ kg$. בפרק הזמן $0 \le t < 55\ s$, קבע את הגודל המרבי (המקסימלי) של הכוח השקול שפעל על הצנחן, ואת גודלו המזערי (המינימלי) של כוח זה. הסבר את קביעותיך. (3 נקודות)

/המשך בעמוד 3/

2. תפקיד המנוע במכונית הוא לסובב את גלגלי המכונית.

א. מכונית מתחילה בנסיעה. מהו הכוח החיצוני שפועל על המכונית בכיוון תנועתה, וגורם להגדלת מהירותה? ציין מה מפעיל את הכוח הזה. (4 נקודות)

ב. כאשר יש קרח על הכביש, המכונית אינה יכולה להגיע לתאוצה שהייתה מגיעה אליה אילו לא היה קרח על הכביש. הסבר מדוע. (4 נקודות)

ג. מכונית נוסעת במהירות שגודלה $90\frac{\text{km}}{\text{h}}$ ונבלמת. בזמן בלימתה גלגליה נעצרים, והמכונית מחליקה עד לעצירה מוחלטת.

(1) חשב את המרחק שתעבור המכונית מתחילת הבלימה ועד לעצירתה בשני מצבים:

— יש קרח על הכביש, ומקדם החיכוך הקינטי הוא $\mu_k = 0.1$.

— אין קרח על הכביש, ומקדם החיכוך הקינטי הוא $\mu_k = 0.8$.

(2) על סמך תשובותיך על תת־סעיף (1) הסבר מדוע סוגרים לתנועה כבישים שהצטבר עליהם קרח.

(8 נקודות)

ד. מכונית שמסתה $1{,}000\ \text{kg}$ נעה קדימה. ברגע מסוים הכוח הפועל על מכונית בכיוון תנועתה הוא $1{,}200\ \text{N}$, והשקול של כל כוחות החיכוך הפועלים על המכונית בכיוון המנוגד לכיוון תנועתה הוא $400\ \text{N}$.

חשב את תאוצת המכונית ברגע זה. (3 נקודות)

מלבד הכוח שכתבת בתשובתך על סעיף א, על מכונית נוסעת פועלת גם התנגדות אוויר. התנגדות האוויר גדֵלה ככל שמהירות המכונית גדלה.

ה. הכוח הפועל על מכונית בכיוון תנועתה מקנה לה תאוצה, וכך לכאורה מכונית יכולה להגיע לכל מהירות אם רק תאיץ די זמן. הסבר מדוע, בכל זאת, לכל מכונית יש מהירות **מרבית** (מקסימלית), והיא אינה יכולה לעבור מהירות זו בנסיעתה לאורך כביש אופקי. (6 נקודות)

/המשך בעמוד 4/

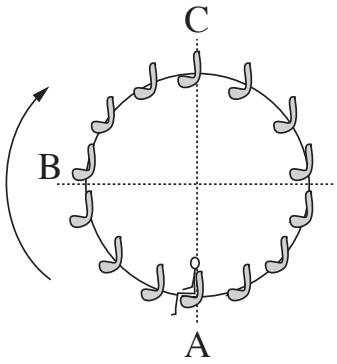
3. לרגל חגיגות תחילת האלף השלישי נבנה בלונדון פארק שעשועים ובו גלגל־ענק שקוטרו 120 m, הנקרא "העין הלונדונית". גודל מהירות הסיבוב של הגלגל־ענק הוא קבוע, וסיבוב אחד שלו נמשך 20 דקות.

לפניך תצלום של הגלגל־ענק ותרשים המתאר את האירוע הנדון בשאלה.



(צילום: Crendo)

תצלום



תרשים

על אחד הכיסאות של הגלגל־ענק יושב ילד. מסת הכיסא עם הילד $M = 120\ kg$.

ראה במערכת "כיסא + הילד" גוף נקודתי, וענה על סעיפים א-ה.

א. האם בזמן שהגלגל מסתובב התאוצה של המערכת "כיסא + ילד" שווה ל־ 0 ? נמק.
(5 נקודות)

ב. **(1)** קבע מה הם הכוחות הפועלים על המערכת "כיסא + ילד" כאשר הגלגל מסתובב.

(2) העתק למחברתך את הטבלה שלפניך. הוסף לטבלה שורה עבור כל אחד מן הכוחות שכתבת בתת־סעיף (1), והשלם בה את הנתונים המתאימים לפי הכותרות.

שים לב: הגלגל־ענק מסתובב בכיוון השעון. הנקודות A , B ו־ C מסומנות בתרשים.

שם הכוח	כיוון הכוח		
	בנקודה A	בנקודה B	בנקודה C

(3) הוסף לטבלה שבמחברתך שורה עבור הכוח השקול, והשלם בה את הנתונים המתאימים.
(5 נקודות)

ברגע $t = 0$ המערכת "כיסא + ילד" נמצאת בנקודה B והיא נעה כלפי מעלה.

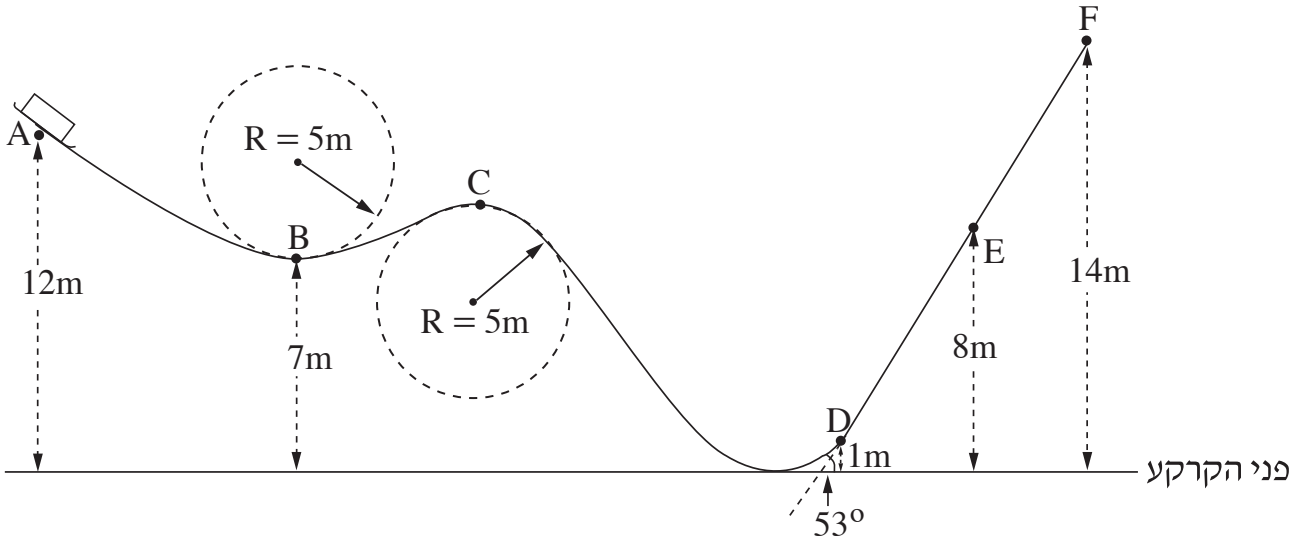
ג. סרטט במחברתך גרף מקורב של המקום האנכי של המערכת "כיסא + ילד" כפונקציה של הזמן, במשך סיבוב שלם אחד של הגלגל. (5 נקודות)

ד. חשב את שינוי האנרגיה המכנית של מערכת "כיסא + ילד" (ביחס לכדור הארץ), בפרק הזמן $0 < t < 0.375T$. T הוא זמן המחזור של סיבוב הגלגל־ענק.
(5 נקודות)

ה. קבע אם העבודה הכוללת הנעשית על המערכת "כיסא + ילד" בפרק הזמן המצוין בסעיף ד היא חיובית, שלילית או שווה לאפס. נמק את קביעתך. (5 נקודות)

/המשך בעמוד 5

4. מסלול החלקה, הבנוי מקטעים ישרים ומקשתות של מעגלים ברדיוס 5m , מכוסה שלג, לכן הוא נחשב חסר חיכוך. על המסלול, בנקודה A , נמצאת מזחלת שמסתה 35 kg (ראה תרשים). גיל, שמסתו 65 kg , התיישב במזחלת כשהיא במנוחה.



א. המזחלת שוחררה ממנוחה והיא נעה לאורך המסילה בלי להתנתק ממנה. חשב את גודל מהירותה בנקודה B . (4 נקודות)

ב. האם תשובתך לסעיף א הייתה משתנה אילו נער אחר, שמסתו שונה מזו של גיל, היה מתיישב במזחלת? נמק. (4 נקודות)

במזחלת מותקנים מאזני קפיץ, שהמשטח העליון שלהם מקביל למסלול בזמן התנועה. גיל יושב על המאזניים, רגליו באוויר והן אינן נשענות על המזחלת.

ג. מה צריך להיות הגובה של נקודה C מעל פני הקרקע, כדי שגיל יהיה חסר משקל כאשר הוא חולף בנקודה זו? פרט את חישוביך. (6 נקודות)

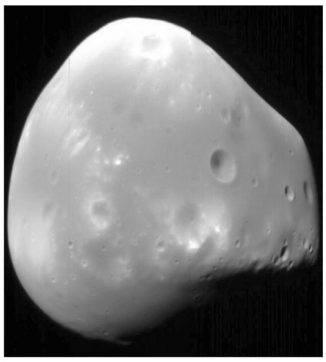
ד. חשב מה מורים המאזניים (ביחידות ניוטון) כאשר המזחלת חולפת בנקודה E . (6 נקודות)

ביום חם פחתה כמות השלג לאורך הקטע DF , ובקטע זה היה חיכוך בין המסלול למזחלת. בעקבות החיכוך המזחלת נעצרה (רגעית) בנקודה E .

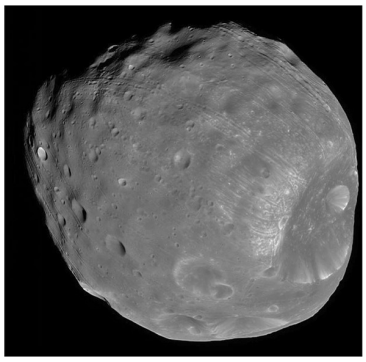
ה. חשב את הגודל של כוח החיכוך שפעל על המזחלת בקטע DE . (5 נקודות)

/המשך בעמוד 6/

5. בשנת 1877 התגלו שני ירחים המקיפים את כוכב הלכת מאדים: פובוס (Phobos) ודימוס (Deimos).



דימוס



פובוס (NASA)

זמן המחזור של פובוס בתנועתו סביב מאדים, T_P, הוא 0.3189 יממות ארציות,
ורדיוס מסלולו הוא $r_P = 9.377 \cdot 10^6\,\text{m}$.

זמן המחזור של דימוס סביב מאדים, T_D, הוא 1.262 יממות ארציות.

א. **(1)** חשב את רדיוס המסלול של דימוס (אפשר להזניח את השפעת הירחים זה על זה).

(2) נתון: זמן מחזור הירח של כדור הארץ בתנועתו סביב כדור הארץ, T_m,
הוא 27.3 יממות.

האם על פי נתון זה, הנתונים שבפתיח וחוקי קפלר בלבד, אפשר לחשב את רדיוס המסלול של הירח בתנועתו סביב כדור הארץ? אם כן — חשב אותו; אם לא — הסבר מדוע אי אפשר לחשב.

(8 נקודות)

הנח שצורתו של כוכב הלכת מאדים היא כדורית וצפיפותו אחידה.

ב. חשב את מסת כוכב הלכת מאדים, על פי נתוני השאלה בלבד. <u>פרט את חישוביך</u>.

(6 נקודות)

חללית קטנה שמסתה 53 kg נשלחה לחקור את מאדים, וריחפה ללא נוע בגובה 20 m מעל נקודה מסוימת על פני מאדים. הנח שכוכב הלכת מאדים אינו מסתובב סביב צירו.
מטאורואיד שמסתו 1.3 kg נע במהירות קבועה שגודלה $12.5\frac{\text{m}}{\text{s}}$ וכיוונה מקביל לקרקע המאדים, פגע בחללית וחדר לתוכה.

לאחר ההתנגשות שני הגופים האלה נעו כגוף אחד (נכנה אותו "גוף מורכב") ופגעו בקרקע המאדים.
הרדיוס של כוכב הלכת מאדים הוא $R = 3.4 \cdot 10^6\,\text{m}$.

ג. חשב את גודל המהירות של הגוף המורכב מיד אחרי ההתנגשות. (4 נקודות)

ד. כמה זמן אחרי ההתנגשות פגע הגוף המורכב בקרקע המאדים? (7 נקודות)

/המשך בעמוד 7/

פרק שני — אופטיקה וגלים (25 נקודות)

ענה על שתיים מהשאלות 6-8.

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

6. יאיר ישב במכונית ורצה לעיין במפה שבידיו (זה היה לפני עידן ה־ G.P.S).

בחוץ שרר חושך, ולכן יאיר הדליק נורה בתוך המכונית.

א. כדי שיראה היטב את המפה, האם על יאיר לכוון את אלומת האור מן הנורה לעבר עיניו או לעבר המפה? נמק. (3 נקודות)

לאחר שיאיר הדליק את הנורה הוא התבונן בשמשת החלון של מכוניתו. הוא לא ראה את הסביבה שבחוץ, אלא את דמותו המשתקפת בשמשת החלון.

ב. הסבר באמצעות תרשים כיצד נוצרת הדמות המשתקפת בשמשת החלון. ($3\frac{1}{2}$ נקודות)

יאיר מאס בפקקי התנועה שבכבישים, והחליט לנסוע ברכבת. בתוך קרון הרכבת דלק אור, ומחוץ לרכבת שרר חושך. יאיר הבחין בשתי דמויות שלו המשתקפות בחלון הרכבת.

חלון הרכבת מורכב משני לוחות זכוכית מקבילים וביניהם מרווח שבו שכבת אוויר.

אפשר להזניח את העובי של לוחות הזכוכית.

ג. מדוע ברכבת הבחין יאיר בשתי דמויות, ולא בדמות אחת, כפי שראה במכוניתו? פרט את תשובתך. (3 נקודות)

ד. באותם תנאי תאורה הכניסו נייר שחור למרווח שבין שני לוחות הזכוכית. הנייר אוטם את כל המרווח. כמה דמויות השתקפו בחלון? נמק.

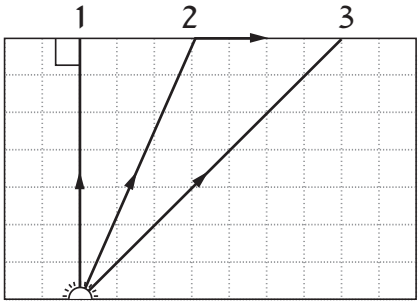
(3 נקודות)

/המשך בעמוד 8/

7. מקור אור נקודתי נמצא בתוך מנסרה מלבנית (תיבה) העשויה מחומר שקוף. המנסרה נמצאת באוויר.

בתרשים 1 מוצג חתך של המנסרה המקביל לשתיים מדופנות המנסרה, וכן מוצג בו מהלכן של שלוש קרניים 1, 2, 3 , שמקורן במקור האור.

זווית השבירה של קרן 2 היא 90^o בקירוב.



תרשים 1

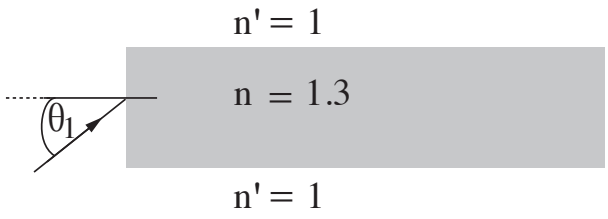
א. העתק את תרשים 1 למחברתך, והשלם בו במדויק את המשך המהלך של קרן 1 ושל קרן 3.

<u>הסבר את שיקוליך</u> ($5\frac{1}{2}$ נקודות)

ב. על פי התרשים, חשב את הזווית הגבולית (קריטית) למעבר אור מן החומר השקוף לאוויר.

(3 נקודות)

אפשר להעביר מידע למרחקים גדולים באמצעות סיבים אופטיים שאור מתפשט דרכם כמעט בלי הפסדי אנרגיה. בתרשים 2 מתואר חתך של סיב אופטי העשוי מחומר שקוף שמקדם השבירה שלו $n = 1.3$, וקרן אור נכנסת לתוכו מן האוויר בזווית פגיעה θ_1 .



תרשים 2

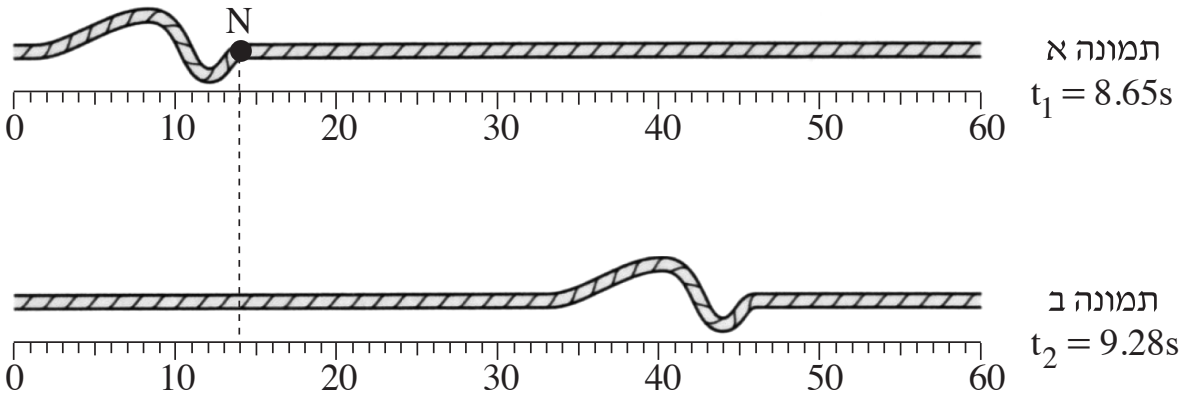
ג. כאשר האור נכנס לסיב מהצד (כמתואר בתרשים 2), זווית הפגיעה θ_1 צריכה להיות קטנה מ־ 57^o כדי למנוע דליפת (יציאת) אור מהסיב לאוויר. <u>הסבר מדוע</u>.

בתשובתך היעזר בְּתרשים.

(4 נקודות)

/המשך בעמוד 9/

8. בתרשים 1 מוצגות שתי תמונות של חבל, שלאורכו מתקדמת הפרעה (פולס).
בתמונה א מוצגת ההפרעה ברגע $t_1 = 8.65s$, ובתמונה ב מוצגת ההפרעה ברגע $t_2 = 9.28s$.
מתחת לכל תמונה מוצג סרגל המכויל בסנטימטרים.

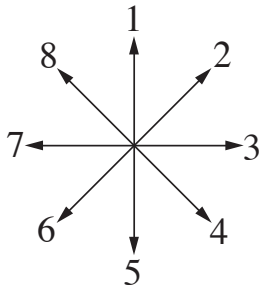


תרשים 1

א. **(1)** מהו כיוון ההתקדמות של ההפרעה (ימינה, שמאלה, מעלה או מטה)?
(2) מהו סוג ההפרעה (אורכית, רוחבית או אחרת)? נמק.
(4 נקודות)

ב. היעזר בתרשים 1 וחשב את מהירות ההתקדמות של ההפרעה. ($2\frac{1}{2}$ נקודות)

ג. N היא נקודה על החבל. קבע איזה מבין החִצים המסומנים בתרשים 2 מתאר נכון את כיוון התנועה של הנקודה N , רגע לאחר t_1 . (2 נקודות)



תרשים 2

ד. קצה החבל <u>קשור בנקודה קבועה</u> למוט אנכי שאינו נראה בתמונות.
ההפרעה מתקדמת לאורך החבל לעבר קצהו הקשור, והיא חוזרת לכיוון שהגיעה ממנו.
כאשר ההפרעה חוזרת היא מתהפכת בכיוון מעלה-מטה.
סרטט במחברתך תרשים מקורב של ההפרעה המוחזרת. (2 נקודות)

ה. במקרה אחר קצה החבל קשור לטבעת החופשייה לנוע מעלה-מטה לאורך המוט האנכי.
סרטט במחברתך תרשים מקורב של ההפרעה המוחזרת במקרה זה. (2 נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על־יסודיים
ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים
מועד הבחינה: קיץ תשע"ג, 2013
מספר השאלון: 656 ,036201
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל־5 יח"ל

פ י ז י ק ה
מכניקה, אופטיקה וגלים

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעתיים וחצי (150 דקות).

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>: בשאלון זה שני פרקים.

פרק ראשון	— מכניקה	— 25×3	— 75	נקודות
פרק שני	— אופטיקה וגלים	— $12\frac{1}{2}\times2$	— 25	נקודות
		סה"כ	— 100	נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:

(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־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום יחידות עלולים להפחית נקודות מהציון.

(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 <u>במחברת הבחינה בלבד</u>, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב <u>כטיוטה</u> (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

ב ה צ ל ח ה !

/המשך מעבר לדף/

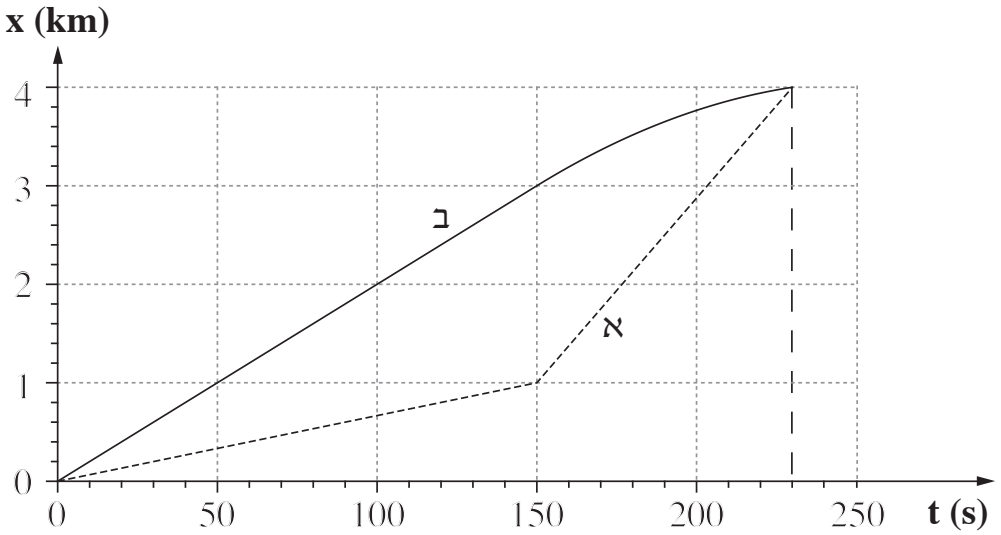
ה ש א ל ו ת

פרק ראשון — מכניקה (75 נקודות)

ענה על שלוש מהשאלות 1-5.

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

1. הגרף שלפניך מתאר את מקומן של שתי סירות, א ו־ ב, כפונקציה של הזמן.
הסירות נעות במסלולים ישרים מקבילים.



א. הגדר את המושג "מהירות ממוצעת". (5 נקודות)

היעזר בגרף וענה על הסעיפים שלפניך.

ב. הסירות שטות במשך 230 s. קבע אם במשך פרק הזמן הזה המהירות הממוצעת של סירה א גדולה מן המהירות הממוצעת של סירה ב, קטנה ממנה או שווה לה.
נמק את קביעתך.
(4 נקודות)

החל מהרגע $t = 150\ s$ ועד הרגע $t = 230\ s$ סירה ב נעה בתאוצה קבועה.

ג. האם התאוצה חיובית או שלילית? נמק. (5 נקודות)

ד. חשב את גודל התאוצה של סירה ב החל מהרגע $t = 150\ s$. (5 נקודות)

ה. סרטט במחברתך גרף מדויק של מהירות סירה ב כפונקציה של הזמן, בפרק הזמן המתואר בגרף הנתון.
ציין על הגרף שסרטטת את המהירות הסופית שסירה ב הגיעה אליה.
(6 נקודות)

/המשך בעמוד 3/

2. גוף נופל ממנוחה מראש מגדל גבוה. גודלו של כוח החיכוך עם האוויר נתון על ידי הביטוי $f = kv^2$.

k הוא קבוע התלוי במאפייני הגוף, v הוא מהירות הגוף.

א. מה הן היחידות של k ? (4 נקודות)

ב. הגדר מהי "נפילה חופשית", וקבע אם תנועת הגוף הנתון היא נפילה חופשית.

<u>נמק את קביעתך</u>.

(5 נקודות)

ג. סרטט במחברתך תרשים של כל הכוחות הפועלים על הגוף במהלך נפילתו, והסבר בעזרתו מדוע ייתכן שהחל מרגע מסוים הגוף נע במהירות קבועה. (6 נקודות)

נתון: $k = 0.25$ (ביחידות שחישבת בסעיף א.)

$m = 10\ kg$

החל מרגע מסוים הגוף נע במהירות קבועה.

ד. חשב את גודל המהירות הקבועה של הגוף מרגע זה. (5 נקודות)

ה. סרטט במחברתך גרף של מהירות הגוף כפונקציה של הזמן, מרגע שחרורו של הגוף ועד רגע פגיעתו בקרקע. בגרף זה <u>אל</u> תציין ערכים על ציר הזמן. (5 נקודות)

/המשך בעמוד 4/

3. א. מכונית הנוסעת במהירות v_0 על כביש ישר ואופקי מתחילה לבלום בתאוצה קבועה שגודלה a, ונעצרת לאחר שעברה ℓ מטרים.
פתח ביטוי המקשר בין ריבוע המהירות של המכונית (v_0^2) לבין מרחק הבלימה ℓ.
(5 נקודות)

ב. בפעם אחרת המכונית נוסעת באותו כביש במהירות כפולה $(2v_0)$, ובולמת באותה תאוצה קבועה, a.
חשב פי כמה השתנה מרחק הבלימה בפעם הזו, יחסית למרחק הבלימה המקורי, ℓ.
(5 נקודות)

לקראת החורף הוחלפו צמיגי המכונית, כדי שהמערכת למניעת החלקה תאפשר בלימה בתאוצה גדולה פי 1.5 מהתאוצה הקבועה a.

ג. המכונית נוסעת במהירות המקורית v_0. חשב פי כמה השתנה מרחק הבלימה בפעם הזו יחסית למרחק הבלימה המקורי, ℓ. (5 נקודות)

נתון כי המהירות המקורית של המכונית היא $v_0 = 15\frac{m}{s}$, והמסה שלה היא $m = 1500\ kg$.

ד. חשב את הכמות הכוללת של האנרגיה שהפכה לחום, במהלך הבלימה המתוארת בסעיף א.
(5 נקודות)

ה. שקול הכוחות הפועלים על המכונית במהלך הבלימה הוא קבוע, וגודלו $f = 3000N$.
חשב את מרחק הבלימה המקורי, ℓ. (5 נקודות)

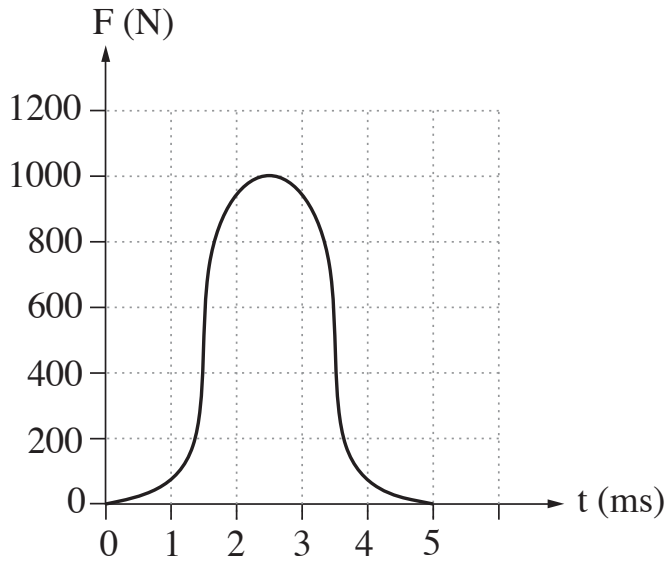
/המשך בעמוד 5/

4. א. ניוטון כתב את החוק השני באמצעות הגודל "כמות התנועה", $\vec{p} = m\vec{v}$.

הראה שכאשר מסת הגוף קבועה: $\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = m\vec{a}$

(4 נקודות)

במשחק טניס מהירותו של הכדור משתנה בהשפעת הכוח שהמחבט מפעיל עליו.
הגרף שלפניך מתאר את גודל הכוח שהמחבט מפעיל על הכדור, כפונקציה של הזמן,
במהלך חבטה אחת של שחקן טניס.



היעזר בגרף וענה על סעיפים ב ו־ ג.

ב. חשב בקירוב את גודל השינוי שחל בתנע הכדור בעקבות חבטת המחבט. (6 נקודות)

נתון: מסת הכדור היא $m = 0.06\ kg$.

השחקן חובט <u>אופקית</u> בכדור הנע כלפי <u>מעלה</u> במהירות של $v = 5\frac{m}{s}$.

ג. חשב את מהירות הכדור (גודל וכיוון) מיד <u>לאחר</u> החבטה. (9 נקודות)

ד. כדור טניס מגיע לרצפה במהירות אנכית $v_1 = 12\frac{m}{s}$, וחוזר כלפי מעלה
במהירות אנכית $v_2 = 12\frac{m}{s}$.

לכל אחד מההיגדים (1)-(3) קבע אם הוא נכון או לא נכון.

<u>נמק את קביעותיך</u>.

(1) התנע של הכדור והתנע של כדור הארץ השתנו.

(2) התנע של הכדור השתנה, ואילו בתנע של כדור הארץ לא חל שום שינוי.

(3) התנע והאנרגיה הקינטית של הכדור השתנו.

(6 נקודות)

/המשך בעמוד 6/

5. משגרים לווין לחלל באמצעות רקטה.

על כַּן השיגור מסת הרקטה עם הדלק והלווין היא $M = 7.3 \cdot 10^5 \text{kg}$.

הכוח המרבי שהמנוע מפעיל בזמן השיגור הוא $F = 1.16 \cdot 10^7 \text{N}$.

א. סרטט במחברתך תרשים של הכוחות הפועלים על הרקטה בזמן השיגור. הנח שהתנגדות האוויר זניחה. (4 נקודות)

ב. הרקטה ניתקת מכן השיגור ברגע $t = 0$. מרגע ההינתקות המנוע מפעיל את הכוח המרבי. חשב את תאוצת הרקטה ברגע ההינתקות. (4 נקודות)

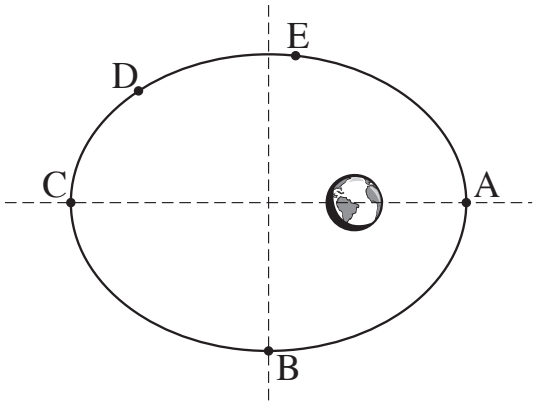
ג. **(1)** הסבר בקצרה את עקרון הפעולה של מנוע רקטי.

(2) בהנחה שהכוח F קבוע במשך השניות הראשונות, קבע אם בפרק הזמן הזה התאוצה גדֵלה, קטֵנה או לא משתנה. נמק את קביעתך.

(6 נקודות)

ברגע מסוים הלוויין מתנתק מהרקטה, וממשיך לנוע בהשפעת כוח הכובד של כדור הארץ.

ד. בתרשים שלפניך מוצג המסלול הקבוע של הלוויין, שצורתו אליפסה (התרשים אינו מסורטט בקנה מידה). הלוויין נע סביב כדור הארץ בכיוון השעון.



העתק את התרשים למחברתך, וסמן עליו חצים המייצגים את:

(1) וקטור מהירות הלוויין, בכל אחת מהנקודות B ו־ D .

(2) וקטור התאוצה של הלוויין בנקודה A .

(3) וקטור הכוח השקול הפועל על הלוויין, בכל אחת מהנקודות C ו־ E .

הסבר את שיקוליך.

(8 נקודות)

ה. קבע באיזו משתי הנקודות A ו־ E מהירות הלוויין היא מרבית. נמק את קביעתך.

(3 נקודות)

/המשך בעמוד 7/

פרק שני — אופטיקה וגלים (25 נקודות)

ענה על שתיים מהשאלות 6-8.

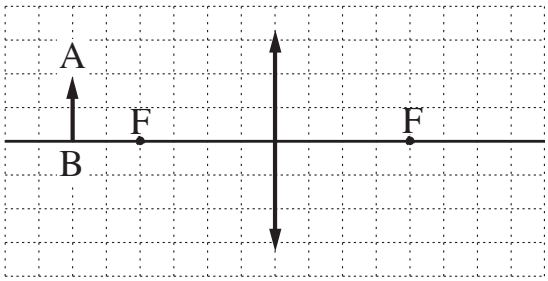
(לכל שאלה — $12\frac{1}{2}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו.)

6. אדם המרכיב משקפיים עם עדשות מרכזות זהות רואה בעזרתם את הדמות המדומה של עצם.

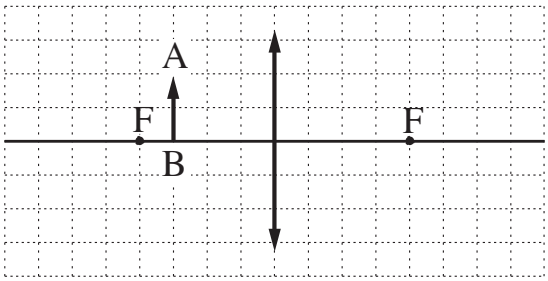
א. הסבר את המושגים "דמות ממשית" ו"דמות מדומה". בהסברך תוכל להיעזר בְּתרשימים.
(3 נקודות)

ב. בתרשימים א-ג שלפניך החץ AB מייצג את העצם.

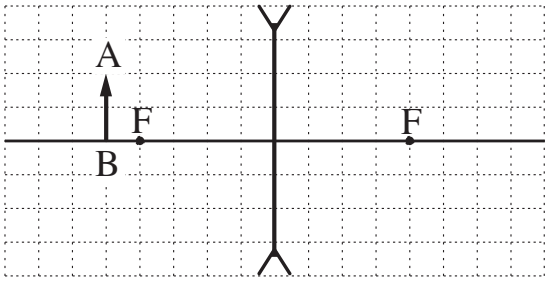
קבע איזה תרשים מתאים לתיאור שבפתיח. נמק את קביעתך. (4 נקודות)



תרשים א



תרשים ב



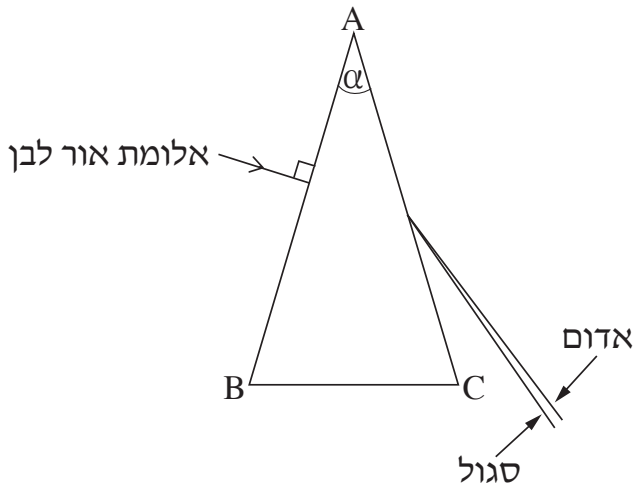
תרשים ג

ג. עוצמת העדשה היא 2 דיופטריות. מהו רוחק המוקד של העדשה? (2 נקודות)

ד. המרחק בין הדמות לעדשה הוא 60 cm . חשב את המרחק בין העצם לעדשה.
($3\frac{1}{2}$ נקודות)

/המשך בעמוד 8/

7. ABC מסמן חתך של מנסרה משולשת שוות שוקיים, בעלת זווית ראש $\alpha = 40^o$.
המנסרה עשויה זכוכית.
אלומה דקה של אור לבן פוגעת במנסרה בניצב לדופן AB . לאחר יציאת האלומה מהדופן AC ,
אפשר לראות כי האלומה מתפצלת לכל צבעי הקשת.



א. מהי זווית הפגיעה של האלומה בדופן AB ? (2 נקודות)

ב. תלמידים דנו בשאלה: באיזה מקום במנסרה מתפצלת אלומת האור?
נור טענה: האלומה מתפצלת במעבר דרך הדופן AB ובמעבר דרך הדופן AC .
אלכס טען: האלומה מתפצלת בהדרגה תוך כדי המעבר במנסרה.
אבטה טען: האלומה מתפצלת במעבר דרך הדופן AC בלבד.
מי מהתלמידים צודק? נמק את תשובתך. (3 נקודות)

ג. מקדם השבירה של המנסרה לאור אדום הוא $n = 1.513$.
חשב את זווית השבירה של האור האדום ביציאה מן המנסרה. (3 נקודות)

ד. קבע אם מקדם השבירה של המנסרה לאור סגול גדול ממקדם השבירה שלה לאור אדום,
קטן ממנו או שווה לו. נמק את קביעתך. ($2\frac{1}{2}$ נקודות)

ה. ציין תכונה פיזיקלית אחת המבדילה בין אור אדום לאור סגול. (2 נקודות)

/המשך בעמוד 9/

8. כאשר פורטים על מיתר מתוח של גיטרה, נוצרים גלי רוחב המתקדמים על המיתר.

א. הסבר בקצרה מהו ההבדל בין גלי רוחב לגלי אורך. הבא דוגמה לכל אחד מסוגי הגלים.
(3 נקודות)

ב. על מיתר מתוח יוצרים גלים בתדירות $f = 500\ \text{Hz}$. מהירות ההתקדמות של הגלים על המיתר היא $400\frac{\text{m}}{\text{s}}$.
חשב את אורך הגל של הגלים. ($3\frac{1}{2}$ נקודות)

כאשר שני הקצוות של המיתר המתוח (המתואר בסעיף ב) קבועים במקומם, מתרחשת סופרפוזיציה של הגלים הנעים על המיתר עם גלים המוחזרים מהקצוות. בעקבות זאת נוצר על המיתר גל עומד שבו שני הקצוות הם נקודות צומת (מינימום), ומרכז המיתר הוא נקודת קמר (מקסימום) יחידה.

ג. חשב את אורך המיתר. (2 נקודות)

ד. הגדילו את התדירות של הגל עד שנוצר שוב גל עומד.

(1) חשב מהי תדירות זו.

(2) כמה נקודות צומת התקבלו על המיתר (כולל הקצוות)?

(4 נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על־יסודיים
ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים
מועד הבחינה: קיץ תשע"ב, 2012
מספר השאלון: 917531, 653
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל־5 יח"ל

פ י ז י ק ה
מכניקה

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעה ושלושה רבעים (105 דקות).

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה חמש שאלות, ומהן עליך לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; $33\frac{1}{3} \times 3 = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(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־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום יחידות עלולים להפחית נקודות מהציון.
(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 <u>במחברת הבחינה בלבד</u>, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב <u>כטיוטה</u> (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

ב ה צ ל ח ה !

/המשך מעבר לדף/

השאלות

ענה על שלוש מהשאלות 1-5.

(לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו).

1. האסטרונאוטיות אליס וקורל נחתו על כוכב לכת, וערכו שם ניסוי בנפילה חופשית. הן שחררו גוף מגובה מסוים מעל פני הכוכב ורשמו את מקומו האנכי ביחס לציר ה־ y , שכיוונו החיובי כלפי מטה, כפונקציה של הזמן t . מהירות הגוף ברגע $t = 0$ אינה בהכרח אפס.

תוצאות הניסוי מוצגות בטבלה שלפניך.

$t(s)$	0	0.08	0.16	0.24	0.32	0.4	0.48
$y(m)$	0.016	0.150	0.430	0.810	1.400	2.000	2.840
$v(m/s)$							

א. העתק את הטבלה למחברתך. חשב בקירוב את מהירות הגוף בזמן $t = 0.24\ s$.
פרט את חישוביך, וכתוב את התוצאה במקום המתאים בטבלה שבמחברתך. (8 נקודות)

ב. חשב את מהירות הגוף בזמנים: $t(s) = 0.08\ ,\ 0.16\ ,\ 0.32\ ,\ 0.4$ וכתוב את התוצאות במקומות המתאימים בטבלה שבמחברתך. אין צורך לפרט את חישוביך. (4 נקודות)

ג. סרטט דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) של מהירות הגוף כפונקציה של הזמן.
הוסף לדיאגרמת הפיזור קו מגמה. (10 נקודות)

ד. חשב את השיפוע של קו המגמה. מה מייצג גודל זה? הסבר. (6 נקודות)

ה. נתון כי רדיוס הכוכב שווה לרדיוס של כדור הארץ.
היעזר בתוצאות הניסוי וחשב את היחס בין מסת כוכב הלכת ובין מסת כדור הארץ.
($5\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 3/

2. גוף שמסתו m מחליק ב<u>מהירות קבועה</u> במורד מישור משופע שזווית נטייתו θ .

א. סרטט תרשים של הכוחות הפועלים על הגוף, וציין מהו כל כוח.

מהו הכוח השקול הפועל על הגוף? <u>הסבר</u>.

(8 נקודות)

בסעיפים שלפניך **בטא** את תשובותיך באמצעות הפרמטרים m , v_0 , θ , t , F ו־ g , בהתאם לצורך.

הגוף נע במעלה המישור ממהירות התחלתית v_0 שכיוונה מקביל למישור, ובשלב מסוים הוא נעצר ונשאר במקום.

ב. הסבר מדוע הגוף אינו מחליק מטה לאחר שהוא נעצר. (8 נקודות)

ג. איזה מרחק לאורך המישור עבר הגוף בתנועתו במעלה המישור? ($9\frac{1}{3}$ נקודות)

אחרי שהגוף נעצר מפעילים עליו במשך t שניות כוח קבוע F המקביל למישור , והגוף מתחיל לנוע במורד המישור.

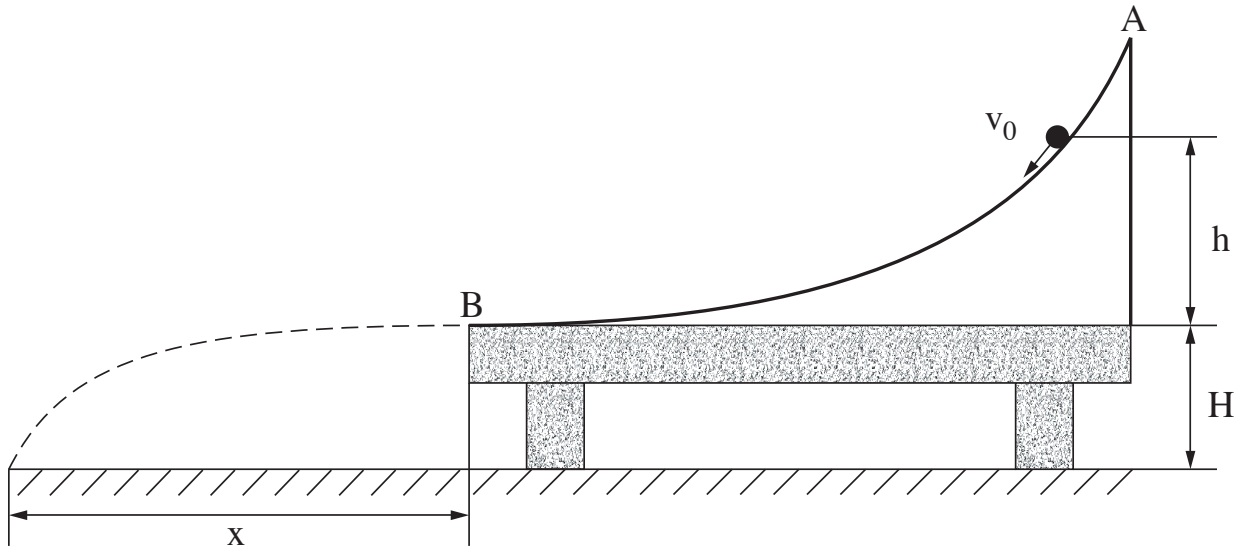
ד. **(1)** בטא את גודל המהירות שאליה יגיע הגוף כעבור פרק הזמן t . הנח שהגוף אינו מגיע לתחתית המישור בפרק הזמן t.

(2) האם הגוף יגיע לתחתית המישור במהירות שביטאת בתת־סעיף ד(1)? נמק.

(8 נקודות)

/המשך בעמוד 4/

3. אורי הידק מסילה חלקה AB לשולחן שגובהו H. הקצה התחתון של המסילה אופקי ומגיע בדיוק לקצה השולחן, כמתואר בתרשים א.



תרשים א

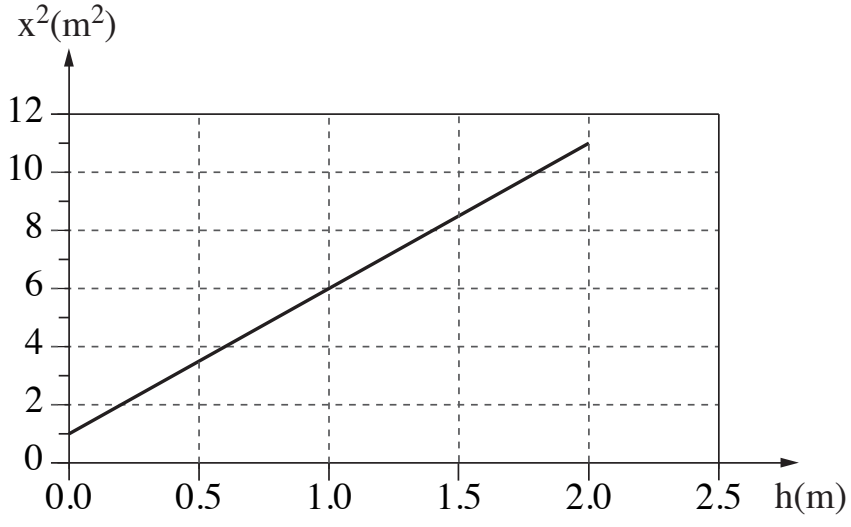
אורי ביצע ניסוי שבו הוא "ירה" כדור קטן על המסילה במהירות התחלתית שגודלה v_0 וכיוונה משיק למסילה.

הכדור נע לאורך המסילה עד שהגיע לקצה השולחן, B , והמשיך בתנועתו באוויר עד שפגע ברצפה.

אורי מדד את המרחק האופקי x מקצה השולחן עד נקודת הפגיעה (ראה תרשים א).

אורי ביצע את הניסוי כמה פעמים, ובכל פעם הוא שינה את הגובה h שממנו "נורה" הכדור, אך גודל המהירות ההתחלתית v_0 נשאר קבוע (וכיוון המהירות משיק למסילה).

בתרשים ב מוצג גרף של x^2 כפונקציה של h .



תרשים ב

(שים לב: סעיפי השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 5/

א. הוכח כי הקשר בין x^2 (ריבוע המרחק האופקי) לבין h (הגובה מעל פני השולחן)

נתון על ידי הביטוי $x^2 = \frac{2H}{g}v_0^2 + 4Hh$. (10 נקודות)

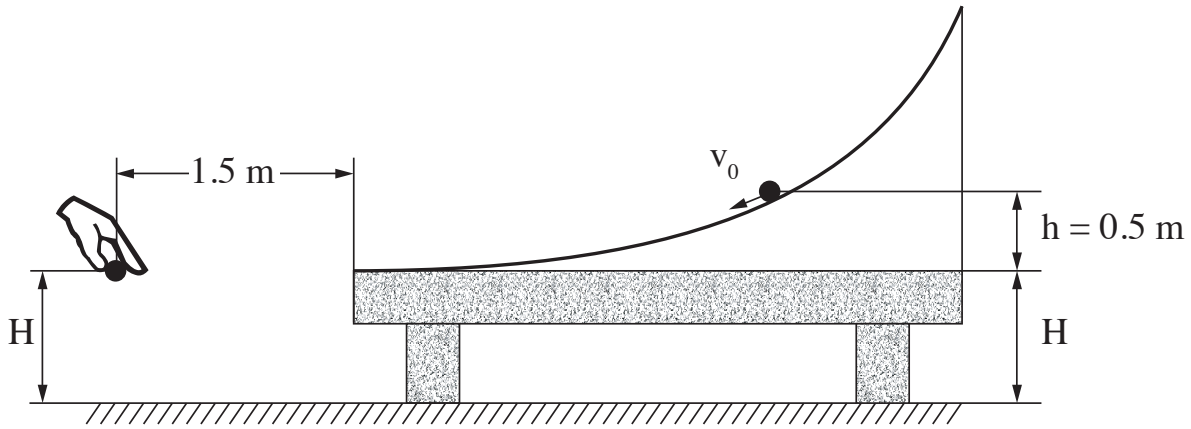
ב. הסבר מדוע $4H$ מייצג את שיפוע הגרף המוצג בתרשים ב. (4 נקודות)

ג. חשב את גובה השולחן H . (7 נקודות)

ד. חשב את גודל המהירות ההתחלתית v_0 (7 נקודות)

ה. באחת הפעמים ערך אורי את הניסוי כאשר הגובה היה $h = 0.5m$.

ברגע שהכדור עזב את קצה המסילה אורי שחרר ממנוחה כדור נוסף, מגובה H מעל הקרקע ובמרחק אופקי של $1.5m$ מקצה השולחן, כמתואר בתרשים ג.



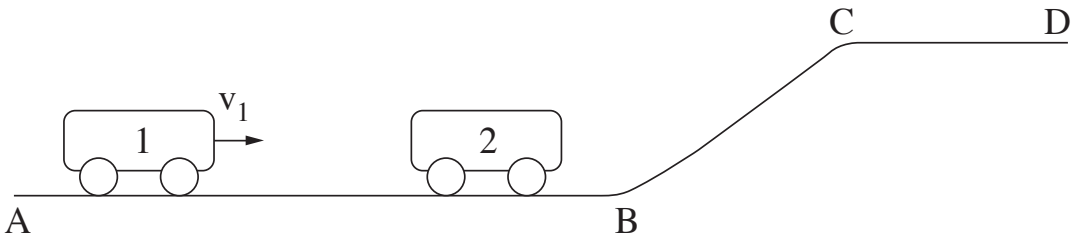
תרשים ג

הוכח שהכדורים ייפגשו לפני פגיעתם בקרקע. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 6/

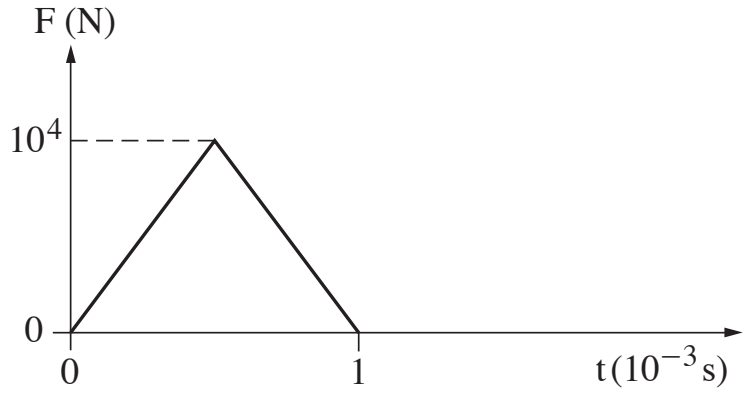
4. בתרשים א מוצגת מסילה חלקה ABCD .

קרונית 1 שמסתה $m_1 = 2kg$ נעה ימינה על קטע המסילה האופקי AB במהירות שגודלה v_1.



תרשים א

קרונית 1 מתנגשת התנגשות מצח אלסטית (לחלוטין) בקרונית 2 הנמצאת במנוחה על קטע AB של המסילה. הנח שתרשים ב מתאר את הכוח F שהפעילה קרונית 1 על קרונית 2 במהלך ההתנגשות, כפונקציה של הזמן.



תרשים ב

א. איזה גודל פיזיקלי מייצג השטח הכלוא בין העקומה שבתרשים לבין ציר הזמן?
(6 נקודות)

ב. לאחר ההתנגשות קרונית 2 נעה ימינה במהירות $u_2 = 1.25\left(\frac{m}{s}\right)$.
חשב את המסה m_2 של קרונית 2. (9 נקודות)

ג. כתוב שתי משוואות לחישוב המהירות של קרונית 1 לפני ההתנגשות, והצב במשוואות את הערכים המתאימים. אין צורך לפתור את המשוואות. (7 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 7

ד. העתק את תרשים ב למחברתך.

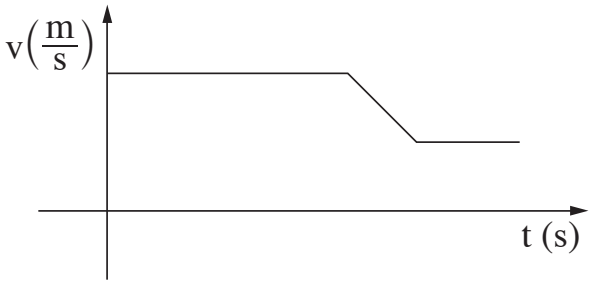
הוסף לתרשים עקומה המתארת את הכוח שקרונית 2 מפעילה על קרונית 1 במהלך ההתנגשות.

(6$\frac{1}{3}$ נקודות)

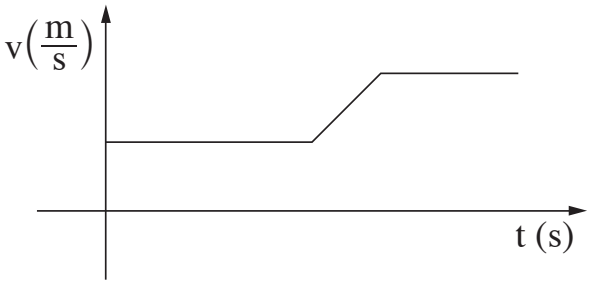
ה. בשלב מסוים של תנועתה, עולה קרונית 2 בקטע BC של המסילה, נעה לאורכו, וממשיכה לנוע על פני קטע CD של המסילה.

איזה מבין הגרפים (1)-(3) שלפניך מתאר נכון את גודל המהירות של קרונית 2 כפונקציה של הזמן, מהרגע שבו הסתיימה ההתנגשות עד הרגע שבו היא מגיעה לנקודה D? נמק.

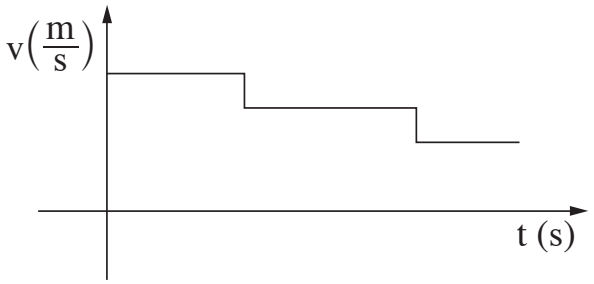
(5 נקודות)



(1)



(2)



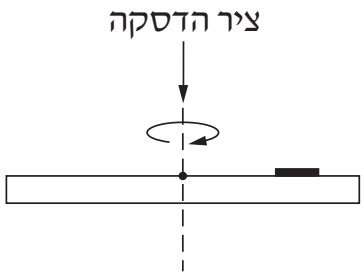
(3)

/המשך בעמוד 8/

5. דִסקה מסתובבת במישור אופקי בתדירות קבועה של 90 סיבובים לדקה. על הדסקה מונח מטבע קטן שמסתו 5gr, המסתובב עם הדסקה (ראה תרשימים א, ב). מקדם החיכוך הסטטי בין הדסקה למטבע הוא $\mu_s = 0.6$.



תרשים ב

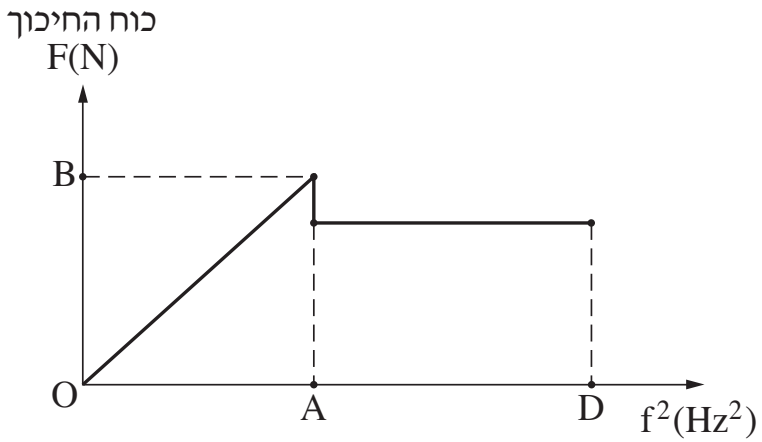


תרשים א

א. העתק למחברתך את תרשים א, והוסף לו סרטוט של כל הכוחות הפועלים על המטבע כשהדסקה מסתובבת. ציין ליד כל כוח את שמו ורשום מי מפעיל כל כוח. (9 נקודות)

ב. חשב את המרחק המרבי (מקסימלי) מציר הדסקה, שבו יכול המטבע להימצא במנוחה ביחס לדסקה בלי שהוא יחליק על פני הדסקה. ($7\frac{1}{3}$ נקודות)

מניחים את המטבע על גבי הדסקה במרחק שחישבת בסעיף ב. מתחילים לסובב את הדסקה ומגדילים באִטיות את תדירות הסיבוב שלה, החל מאפס סיבובים לדקה.
בתרשים ג מוצג הגודל של כוח החיכוך הפועל על המטבע כפונקציה של ריבוע תדירות הסיבוב של הדסקה. בתחום התדירויות AD המטבע מחליק.



תרשים ג

ג. מצא את שיעורי הנקודות A ו־ B . הסבר את תשובתך. (9 נקודות)

ד. אילו מסת המטבע הייתה גדולה מזו הנתונה, האם הגרף המוצג בתרשים ג היה משתנה? נמק. (8 נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על־יסודיים
ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים
מועד הבחינה: קיץ תשע״א, 2011
מספר השאלון: 917531, 653
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל־5 יח״ל

פ י ז י ק ה
מכניקה

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעה ושלושה רבעים (105 דקות).

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה חמש שאלות, ומהן עליך לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(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־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום יחידות עלולים להפחית נקודות מהציון.
(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 $10\ \mathrm{m/s^2}$ לתאוצת הנפילה החופשית.
(5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב <u>כטיוטה</u> (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום ״טיוטה״ בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

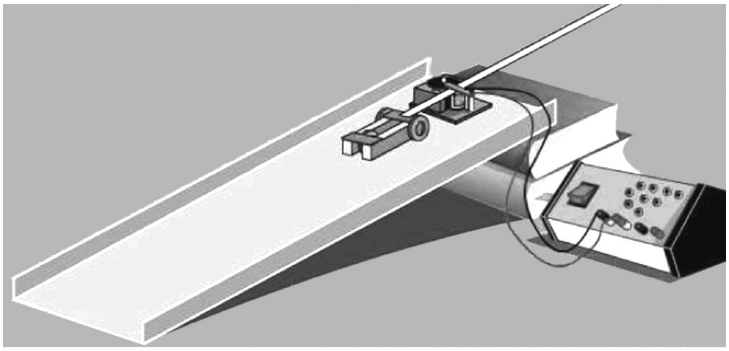
/המשך מעבר לדף/

ה ש א ל ו ת

ענה על שלוש מהשאלות 1-5.

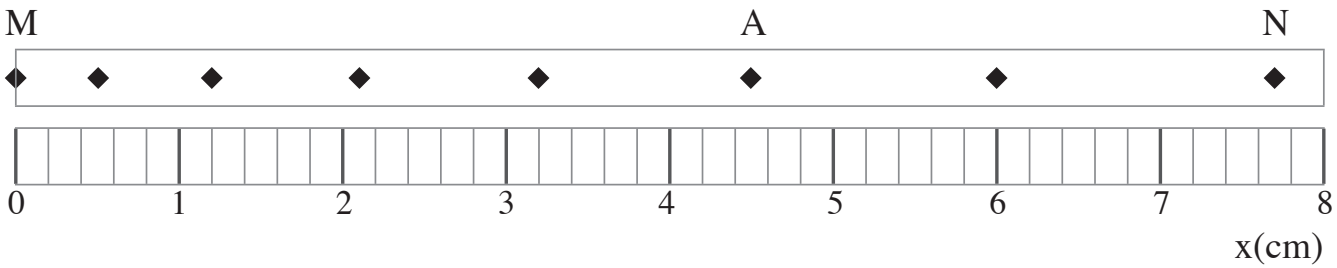
(לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו).

1. רן מבצע במעבדה ניסוי לחקירת תנועת עגלה על מישור משופע. לצורך זה הוא משתמש במכשיר המכונה "רשם זמן", המסמן על סרט נייר נקודה בכל 0.02 s . בניסוי שרן מבצע סרט הנייר מחובר לעגלה המשוחררת ממנוחה (ראה תרשים א).



תרשים א

בתרשים ב מוצג חלק מהסרט שהתקבל בניסוי.



תרשים ב

א. על סמך תרשים ב, קבע אם תנועת העגלה היא תנועה קצובה או תנועה מואצת. נמק.
(6 נקודות)

ב. חשב את המהירות הממוצעת של העגלה בקטע MN . (8 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 3/

ג. חשב את המהירות הרגעית של העגלה בנקודה A . פרט את חישוביך. (8 נקודות)

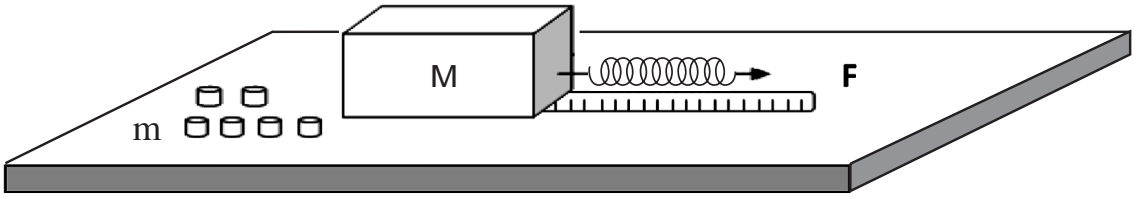
ד. חשב את תאוצת העגלה, בהנחה שהיא קבועה. (6 נקודות)

ה. חשב את המרחק בין הנקודה N לבין הנקודה P הבאה אחריה.

(הנקודה P אינה מופיעה בתרשים.) ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 4/

2. תלמידים עורכים ניסוי למדידת מקדם החיכוך הסטטי μ בין שני משטחים. בניסוי התלמידים משתמשים בקופסה ריקה שהמסה שלה M , המונחת על שולחן אופקי; בקפיץ שקבוע הקפיץ שלו k ; בסרט מדידה ובגלילים שהמסה של כל אחד מהם היא m . תלמיד מחבר את הקפיץ לאחת מפאות הקופסה ומושך אותו, כמתואר בתרשים א . הקופסה נשארת במנוחה.



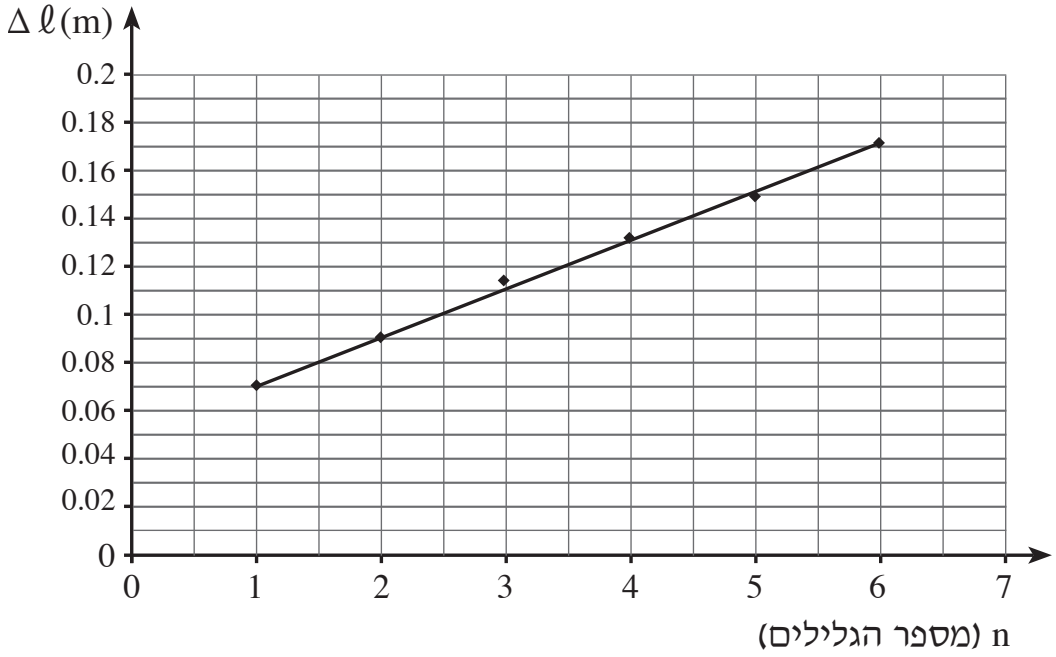
תרשים א

א. סרטט תרשים של כל הכוחות הפועלים על הקופסה הריקה במצב המתואר, ורשום ליד כל חץ את שם הכוח. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

התלמיד מכניס גליל אחד לתוך הקופסה, ומותח את הקפיץ.
ברגע שהקופסה נמצאת על סף תנועה, הוא מודד את התארכות הקפיץ $\Delta\ell$.
התלמיד מוסיף גלילים לתוך הקופסה, ובכל פעם מודד את התארכות הקפיץ ברגע שהקופסה על סף תנועה. תוצאות הניסוי מוצגות בגרף שבתרשים ב (בעמוד הבא).

(שים לב: תרשים ב והמשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 5/



תרשים ב

ב. חשב את שיפוע הגרף, וציין את משמעותו הפיזיקלית. (6 נקודות)

ג. הוכח כי הקשר בין $\Delta\ell$ (התארכות הקפיץ) לבין n (מספר הגלילים) נתון על ידי הביטוי:

$$\Delta\ell = \frac{\mu mg}{k}\cdot n + \frac{\mu Mg}{k}$$

(6 נקודות)

ד. נתון: קבוע הקפיץ $k = 12\frac{N}{m}$

המסה של כל אחד מהגלילים היא $80gr$.

מצא את מקדם החיכוך הסטטי בין הקופסה לבין המשטח. (7 נקודות)

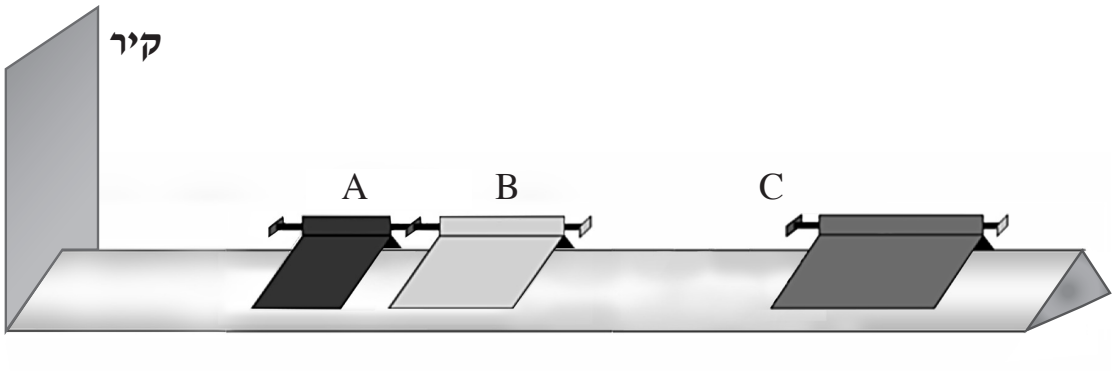
ה. היעזר בגרף ומצא את המסה של הקופסה הריקה. (5 נקודות)

ו. חשב את הגודל של כוח החיכוך הפועל על הקופסה הריקה, כאשר $\Delta\ell = 0.02m$.

(5 נקודות)

/המשך בעמוד 6/

3. בתרשים א שלפניך מוצגת מסילה חלקה, ועליה שלושה גופים A , B ו- C היכולים לנוע על המסילה ללא חיכוך. בקצה המסילה יש קיר.



תרשים א

הגופים A ו- B מחוברים זה לזה באמצעות קפיץ דרוך שמסתו זניחה.

נתון: $m_A = 0.1\,kg$

$m_B = 0.2\,kg$

א. משחררים את הקפיץ, והגופים A ו- B מתחילים לנוע.

(1) מהו תנע המערכת של שני הגופים A ו- B מיד לאחר שחרור הקפיץ?

הסבר.

(2) מיד לאחר שחרור הקפיץ, גוף A נע לכיוון הקיר במהירות שגודלה $v_A = 0.6\frac{m}{s}$.

חשב את המהירות של גוף B (גודל וכיוון) מיד לאחר שחרור הקפיץ.

($7\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. גוף A מתנגש אלסטית בקיר שבקצה המסילה.

(1) מצא את המהירות של גוף A (גודל וכיוון) מיד לאחר ההתנגשות בקיר. הסבר.

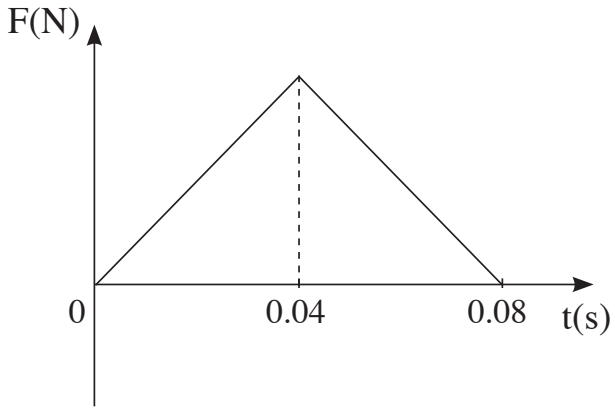
(2) חשב את גודל המתקף שמפעיל הקיר על גוף A , וציין את כיוונו.

(8 נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 7/

ג. הגרף שלפניך מתאר את גודל הכוח שמפעיל הקיר על גוף A , כפונקציה של זמן.



תרשים ב

(1) מה מייצג השטח הכלוא בין הגרף לבין ציר הזמן?

(2) חשב בעזרת הגרף את הגודל המרבי של הכוח שהפעיל הקיר על גוף A במהלך ההתנגשות בקיר.

(8 נקודות)

ד. גוף B , שאת מהירותו חישבת בתת־סעיף א (2), מתנגש בגוף C שמסתו $m_C = 0.4kg$, הנע לקראתו. שני הגופים נצמדים זה אל זה.

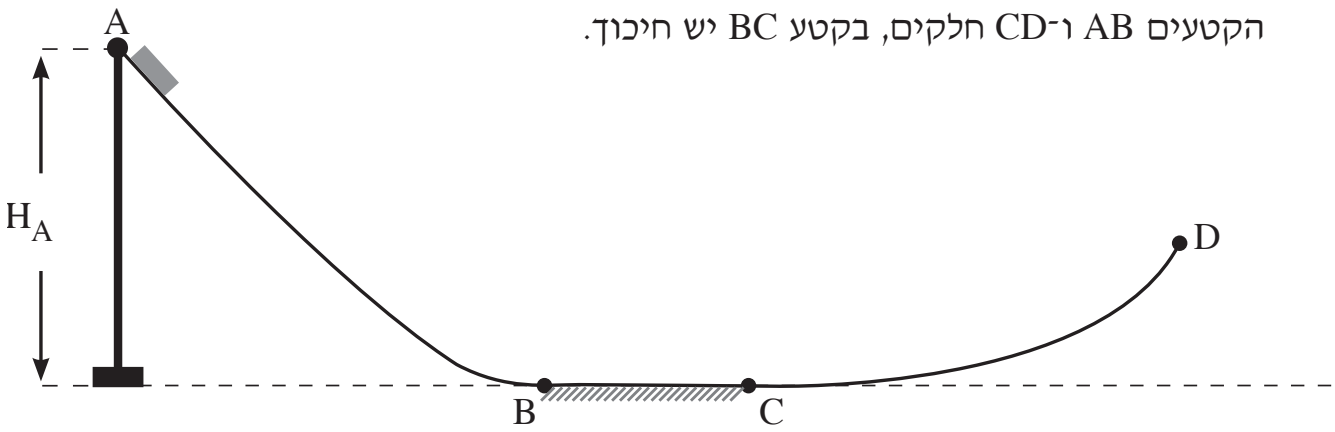
(1) נתון שהאנרגיה הקינטית של שני הגופים יחד אחרי ההתנגשות היא אפס. חשב את המהירות של גוף C לפני ההתנגשות.

(2) אם גודל המהירות של גוף C לפני ההתנגשות יהיה קטן מגודל המהירות שחישבת בתת־סעיף ד (1), לאיזה כיוון ינועו הגופים הצמודים B ו־ C ? קבע <u>בלי חישוב</u>.

(10 נקודות)

/המשך בעמוד 8/

4. תלמידה מבצעת ניסוי ובו גוף שמסתו M נע לאורך מסילה ABCD . המסילה מורכבת משלושה קטעים: קטע משופע AB , קטע אופקי BC וקטע עקום CD .
הקטעים AB ו־CD חלקים, בקטע BC יש חיכוך.



הגוף משוחרר ממנוחה מנקודה A , הנמצאת בגובה H_A מעל הקרקע (ראה תרשים).
התלמידה משנה את הגובה H_A של הנקודה A מעל הקרקע, ומחשבת בכל פעם את גודל מהירות הגוף בנקודה D , v_D .

א. **(1)** הסבר מדוע שינוי הגובה H_A משפיע על גודל המהירות v_D .

(2) משחררים את הגוף מגובה H_A השווה לגובה של נקודה D מעל הקרקע.
קבע אם הגוף יגיע לנקודה D . <u>נמק את קביעתך</u>.
($8\frac{1}{3}$ נקודות)

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 9/

בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות הניסוי של התלמידה.

$H_A(m)$	0.6	0.7	0.8	0.9	1.2
$v_D(\frac{m}{s})$	1.45	2.00	2.50	2.80	3.75
$v_D^2(\frac{m^2}{s^2})$					

ב. **(1)** העתק את הטבלה למחברתך, חשב את ערכי ריבוע המהירות v_D^2 והוסף אותם בשורה השלישית.

(2) סרטט גרף של v_D^2 כפונקציה של H_A.

(10 נקודות)

בתשובותיך לסעיפים ג-ד היעזר בגרף שסרטטת בסעיף ב (2).

ג. מצא את הגובה המינימלי שממנו יש לשחרר את הגוף כדי שיגיע לנקודה D .
הסבר את שיקוליך. (7 נקודות)

ד. כאשר שחררו את הגוף מגובה $H_A = 1.1m$ הוא הגיע לנקודה D שגובהה מעל הקרקע הוא $0.3m$. חשב את עבודת כוח החיכוך שפעל על הגוף בתנועתו במסילה אם נתון שמסת הגוף היא $M = 0.2\ kg$. (8 נקודות)

/המשך בעמוד 10/

5. עמוס 1 הוא לוויין התקשורת הישראלי הראשון, שפיתחה התעשייה האווירית של ישראל. המסלול של הלוויין עמוס 1 הוא מעגלי (בקירוב). כלוויין תקשורת עמוס 1 נמצא כל הזמן מעל אותה נקודה A שעל פני כדור הארץ.

א. קבע את זמן המחזור של הלוויין עמוס 1. נמק את קביעתך. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. חשב את גובה המסלול של הלוויין עמוס 1 מעל פני כדור הארץ. (8 נקודות)

ג. חשב את גודל התאוצה של הלוויין עמוס 1 במסלולו. (8 נקודות)

ד. לוויין אחר (לא לוויין תקשורת) מקיף את כדור הארץ במסלול מעגלי במשך 12 שעות. השתמש בחוקי קפלר וחשב באיזה גובה מעל פני כדור הארץ עובר המסלול של לוויין זה. (8 נקודות)

ה. קבע איזה מההיגדים 1-3 שלפניך אינו נכון, והסבר מדוע הוא אינו נכון.

(1) תנועת לוויין במסלולו היא נפילה חופשית.

(2) גודל המהירות הקווית של נקודה A שעל פני כדור הארץ שווה לגודל המהירות הקווית של הלוויין עמוס 1 הנע במסלולו.

(3) גודל המהירות הזוויתית של נקודה A שעל פני כדור הארץ שווה לגודל המהירות הזוויתית של הלוויין עמוס 1 הנע במסלולו.

(5 נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על־יסודיים
ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים
מועד הבחינה: קיץ תש״ע, 2010
מספר השאלון: 917531, 653
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל־5 יח״ל

פ י ז י ק ה
מכניקה

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעה ושלושה רבעים (105 דקות).

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה חמש שאלות, ומהן עליך לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(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־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום יחידות עלולים להפחית נקודות מהציון.
(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 $10\ \mathrm{m/s^2}$ לתאוצת הנפילה החופשית.
(5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב <u>כטיוטה</u> (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום ״טיוטה״ בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

ב ה צ ל ח ה !

/המשך מעבר לדף/

ה ש א ל ו ת

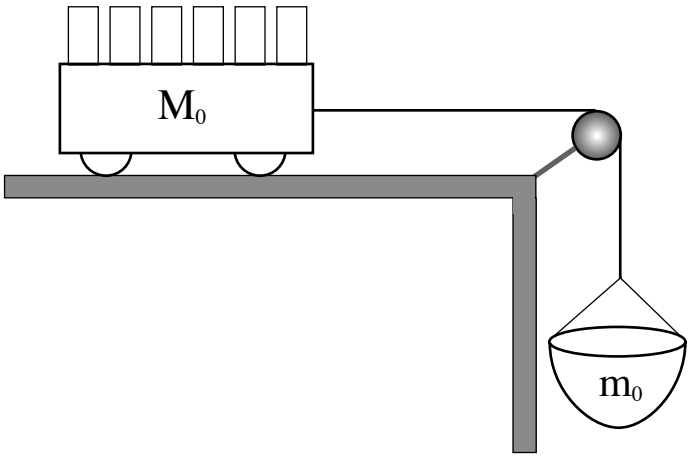
ענה על שלוש מהשאלות 1-5.

(לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו).

1. תלמיד מבצע ניסוי בעזרת המערכת המתוארת בתרשים שלפניך .

על מסילה אופקית מונחת עגלה שהמסה שלה M_0 . העגלה קשורה בחוט העובר על פני גלגלת אל סל תלוי שהמסה שלו $m_0 = 100\ gr$. כוחות החיכוך, מסת הגלגלת ומסת החוט זניחים.

לרשות התלמיד 6 משקולות, שהמסה של כל אחת מהן היא $m_1 = 300\ gr$.



התלמיד מודד את תאוצת המערכת (עגלה + סל + משקולות) בעזרת חיישן כמה פעמים.

במדידה הראשונה כל המשקולות בתוך העגלה.

בכל מדידה נוספת התלמיד מעביר משקולת אחת מתוך העגלה אל הסל וחוזר על המדידה.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 3/

תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניך.

מספר המדידה	התאוצה a $(\frac{m}{s^2})$	מספר המשקולות בסל	מספר המשקולות בעגלה
1	0.43	0	6
2	1.66	1	5
3	2.91	2	4
4	4.16	3	3
5	5.40	4	2
6	6.67	5	1

א. (1) סרטט במחברתך טבלה חדשה ובה 4 עמודות.

רשום בטבלה את הנתונים עבור כל אחת מהמדידות, לפי הפירוט הבא:

בעמודה הראשונה — את מספר המדידה.

בעמודה השנייה — מסת הסל עם המשקולות שבו, m , (ב־ kg) .

בעמודה השלישית — כוח הכובד, F_g , הפועל על הסל עם המשקולות (ב־ N) .

בעמודה הרביעית — התאוצה a (ב־ $\frac{m}{s^2}$) .

(2) סרטט גרף של a כפונקציה של F_g .

(10 נקודות)

ב. (1) בנה תרשים של כל הכוחות הפועלים על העגלה (עם המשקולות) ועל הסל (עם המשקולות), ורשום ליד כל חץ את שם הכוח. סמן את מסת העגלה עם המשקולות ב־ M ואת מסת הסל עם המשקולות ב־ m .

(2) ציין מי מפעיל כל כוח.

(7 נקודות)

ג. (1) פתח ביטוי של a כפונקציה של F_g .

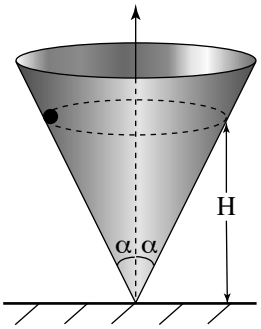
(2) האם מתקבלת פונקציה לינארית (קווית)? הסבר.

(10 נקודות)

ד. מצא בעזרת הגרף את מסת העגלה M_0 . ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 4/

2. חרוז קטן נע בתנועה מעגלית קצובה במישור אופקי בתוך חרוט שזווית הפתיחה שלו 2α (ראה תרשים). כל כוחות החיכוך זניחים.



א. (1) בנה תרשים של כל הכוחות הפועלים על החרוז ורשום ליד כל חץ את שם הכוח.

(2) ציין מי מפעיל כל כוח.

(7 נקודות)

ב. השתמש בחוקי ניוטון כדי לכתוב את שתי המשוואות הקובעות את תנועת החרוז: משוואה אחת לכיוון הרדיאלי ומשוואה אחת לכיוון האנכי. (8 נקודות)

ג. נתונה המהירות הקווית של החרוז, v . בטא בעזרתה את גובה מישור התנועה של החרוז, H (ראה תרשים). (8 נקודות)

ד. הראה כי אם החרוז יאבד (מסיבה כלשהי) אנרגיה קינטית, מישור התנועה שלו בתוך החרוט יהיה נמוך יותר (כלומר H יקטן). ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

ה. החרוז נע בתוך החרוט, כאשר נתון:

$$\alpha = 30^o$$

$$H = 20\ \text{cm}$$

חשב את:

(1) המהירות הקווית של החרוז.

(2) זמן המחזור של תנועת החרוז.

(6 נקודות)

/המשך בעמוד 5

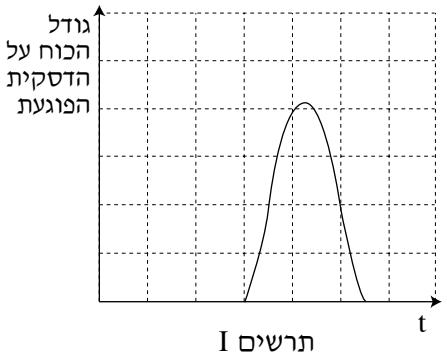
3. תלמידים עורכים ניסויים בהתנגשות של דסקיות על שולחן אופקי חלק. באחת הפעמים דסקית שהמסה שלה m_1 נעה במהירות v ופוגעת בדסקית נחה שהמסה שלה m_2 . אחרי ההתנגשות (המצחית) הדסקית הנחה מתחילה לנוע בכיוון התנועה של הדסקית הפוגעת.
הנח כי ההתנגשות אלסטית.

א. נתונות המסות $m_1 = 25\ gr$, $m_2 = 50\ gr$
ומהירות הדסקית הפוגעת (m_1) $v = 0.3\ \frac{m}{s}$.
חשב את:
(1) מהירות הדסקית הפוגעת (m_1) לאחר ההתנגשות, u_1 (גודל וכיוון).
(2) מהירות הדסקית השנייה (m_2) לאחר ההתנגשות, u_2 (גודל וכיוון).
הסבר את חישובין. (12 נקודות)

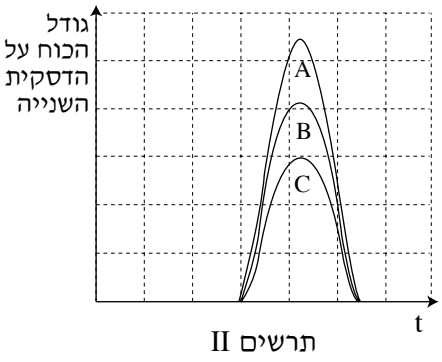
ב. פתח ביטוי עבור המהירות u_2 למקרה שהדסקית m_1 פוגעת בדסקית הנחה m_2 . בטא את תשובתך בעזרת m_1 , m_2 ו- v . (10 נקודות)

ג. הראה שכאשר $m_1 > m_2$ מהירות הדסקית m_2 אחרי ההתנגשות, u_2 , תהיה גדולה מן המהירות של הדסקית הפוגעת, v . (6 נקודות)

ד. לדסקית הפוגעת (m_1) מחובר חיישן כוח (שמסתו זניחה). גרף הכוח שפעל עליה בזמן ההתנגשות מתואר בתרשים I .
(1) קבע איזה מהגרפים A , B או C שבתרשים II מתאר נכון את גודלו של הכוח שפעל על הדסקית השנייה (m_2) כאשר $m_1 = m_2$.
(2) קבע איזה מהגרפים A , B או C שבתרשים II מתאר נכון את גודלו של הכוח שפעל על הדסקית השנייה (m_2) כאשר $m_1 > m_2$.
נמק את קביעותיך בשני המקרים.
($5\frac{1}{3}$ נקודות)



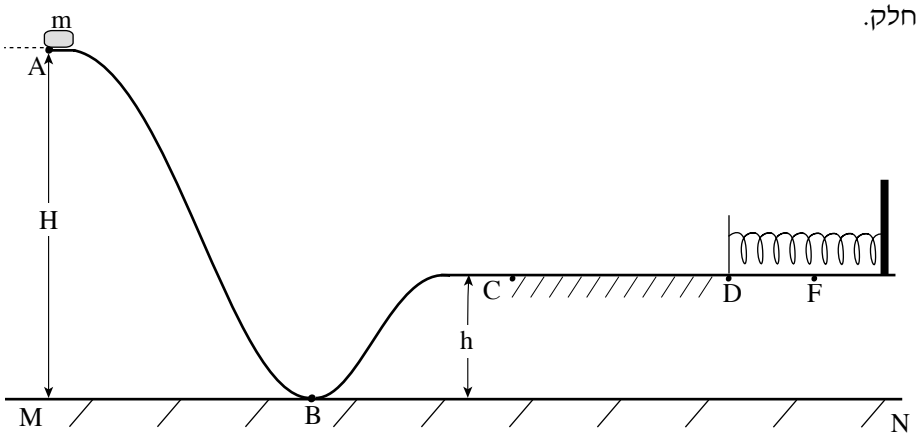
תרשים I



תרשים II

/המשך בעמוד 6/

4. בתרשים שלפניך מתוארת מסילה הנמצאת במישור אנכי ועליה נע גוף קטן שהמסה שלו m . קטע המסלול ABC הוא חלק, והקטע האופקי CD מחוספס (מקדם החיכוך הקינטי μ_k). בקצה הקטע CD נמצא קפיץ רפוי המחובר אל קיר. המשטח שהקפיץ מונח עליו הוא חלק.



הגוף משוחרר ממנוחה מהנקודה A (מגובה H ביחס למישור הייחוס MN) , ונע לאורך המסלול עד הנקודה F . בנקודה F הגוף עוצר עצירה רגעית לאחר שהוא מכווץ את הקפיץ.

א. הטבלה שלפניך מציגה את סוגי האנרגיה השונים של הגוף בכל אחת מהנקודות A , B , C , D , F שהוא עובר בהן לאורך המסילה.

העתק את הטבלה למחברתך וסמן בכל משבצת " + " אם האנרגיה המתאימה אינה מתאפסת, ו- " 0 " אם היא מתאפסת. ראה לדוגמה את העמודה של הנקודה A.

(8 נקודות)

הנקודה / האנרגיה	F	D	C	B	A
קינטית					0
פוטנציאלית כובדית יחסית למישור MN					+
פוטנציאלית אלסטית					0

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 7/

נתון: אורך הקטע CD הוא 1 m ; אורך הקטע DF הוא 0.1 m .

$\mu_k = 0.3$, $h = 1\,m$, $H = 3\,m$, $m = 1.5\,kg$.

ב. (1) חשב את מהירות הגוף בנקודה C בדרכו אל F .

(2) חשב את מהירות הגוף בנקודה D בדרכו אל F .

(8 נקודות)

ג. חשב את קבוע הקפיץ. (5 נקודות)

ד. אחרי העצירה בנקודה F , הגוף מתחיל לנוע בכיוון ההפוך ומתנתק מהקפיץ.

חשב עד איזה גובה יגיע הגוף לאחר שיתנתק מהקפיץ. (8 נקודות)

החליפו את הקפיץ בקפיץ אחר באותו אורך, אשר קבוע הקפיץ שלו גדול יותר, ושחררו שוב את הגוף ממנוחה מהנקודה A .

ה. האם הגובה שהגוף יגיע אליו לאחר שיתנתק מהקפיץ יהיה קטן מן הגובה שחישבת בסעיף ד, גדול ממנו או שווה לו? הסבר. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 8/

5. חללית שוגרה מכדור הארץ כדי לחקור את מערכת השמש. בשלב הראשון החללית נעה סביב השמש במסלול מעגלי. רדיוס המסלול שלה שווה לרדיוס המסלול של כדור הארץ סביב השמש.

הערה: בכל החישובים בשאלה זו תוכל להזניח את השפעת כדור הארץ ושאר כוכבי הלכת על החללית.

א. (1) המהירות הקווית של החללית שווה למהירות הקווית של כדור הארץ סביב השמש. הסבר מדוע.

(2) חשב את המהירות הקווית של החללית.

(10 נקודות)

בשנת 2005 התגלה במערכת השמש גוף דמוי כוכב לכת המכונה "אריס" (ERIS), שמרחקו מהשמש $1.01\cdot10^{10}\ \text{km}$.

ב. בהנחה שאריס נע סביב השמש במסלול מעגלי, חשב את זמן המחזור שלו (בשנים).

(8 נקודות)

בזמן שהחללית נעה במסלולה סביב השמש, מפעילים ברגע מסוים את המנועים שלה. נתון שמסת החללית היא $800\ \text{kg}$.

ג. חשב את האנרגיה המינימלית , E_0 , שיש להוסיף לחללית כדי שתעזוב את מערכת השמש. (9 נקודות)

רוצים לשגר את החללית ממסלולה סביב השמש אל אריס.

ד. קבע ללא חישוב מספרי, אם האנרגיה המינימלית שיש להוסיף לה לשם כך גדולה יותר מהאנרגיה E_0 שחישבת בסעיף ג, קטנה ממנה או שווה לה. הסבר את תשובתך. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על־יסודיים
ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים
מועד הבחינה: קיץ תשס"ט, 2009
מספר השאלון: 917531, 653
נספח: נוסחאות ונתונים בפיזיקה ל־5 יח"ל

פיזיקה
מכניקה

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעה ושלושה רבעים (105 דקות).

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה חמש שאלות, ומהן עליך לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(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־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה או אי־רישום יחידות עלולים להפחית נקודות מהציון.
(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 $10\ \mathrm{m/s^2}$ לתאוצת הנפילה החופשית.
(5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים בלבד.

כתוב <u>במחברת הבחינה בלבד</u>, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב <u>כטיוטה</u> (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

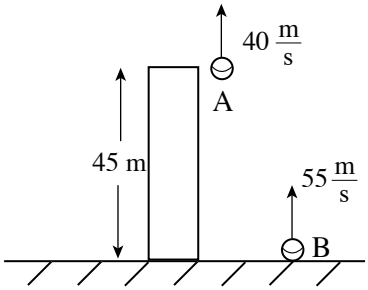
/המשך מעבר לדף/

ה ש א ל ו ת

ענה על שלוש מהשאלות 1-5.

(לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו).

1. שני כדורים A ו- B נזרקו באותו רגע כלפי **מעלה**: כדור A נזרק מגג בניין שגובהו 45 מטר במהירות שגודלה 40 m/s , וכדור B — מרגלי הבניין במהירות שגודלה 55 m/s (ראה תרשים). כאשר כדור A נע כלפי מטה, הוא חולף סמוך לגג הבניין (ואינו פוגע בו). ברגע מסוים שני הכדורים חולפים זה ליד זה, בלי שהם מתנגשים. הזנח את התנגדות האוויר.



א. באיזה גובה מעל הקרקע שני הכדורים חולפים זה ליד זה? (8 נקודות)

ב. האם במהלך התנועה של שני הכדורים באוויר יש רגע שבו **וקטורי המהירות** שלהם שווים? אם כן — מצא רגע זה. אם לא — נמק. (7 נקודות)

ג. האם במהלך התנועה של שני הכדורים באוויר יש רגע שבו **הגודל** של המהירויות שלהם שווה? אם כן — מצא רגע זה. אם לא — נמק. (6 נקודות)

ציר מקום, y^* , "צמוד" לכדור B . ראשיתו של הציר בכדור B וכיוונו החיובי כלפי מעלה.

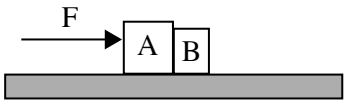
ד. מצא את תאוצת כדור A ביחס לציר y^* . (4 נקודות)

ה. מצא את המהירות של כדור A , ברגע זריקת הכדורים, ביחס לציר y^* . (4 נקודות)

ו. סרטט גרף של המקום של כדור A ביחס לציר y^* כפונקציה של הזמן, מרגע זריקת שני הכדורים עד הרגע שבו הם חולפים זה ליד זה. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 3/

2. שני גופים A ו- B צמודים זה לזה, ומונחים על משטח אופקי לא חלק. ברגע מסוים מפעילים על גוף A כוח אופקי קבוע, F , כמתואר בתרשים א, והגופים מתחילים לנוע ימינה.



תרשים א

א. האם הכוח שגוף A מפעיל על גוף B , בעת תנועת הגופים, גדול מהכוח שגוף B מפעיל על גוף A , קטן ממנו או שווה לו? נמק את תשובתך. (6 נקודות)

ב. נתון: $F = 13\,N$

$m_A = 3\,kg$

$m_B = 2\,kg$

מקדם החיכוך הקינטי בין כל גוף למשטח $\mu_k = 0.1$.

חשב את הכוח שגוף A מפעיל על גוף B . (10 נקודות)

ג. הכוח F פועל במשך כמה שניות בלבד. לאחר שכוח F מפסיק לפעול, מהו הכוח שגוף A מפעיל על גוף B ? פרט את תשובתך. (5 נקודות)

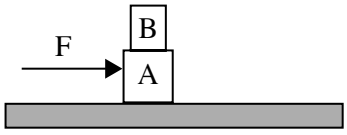
ד. לפניך שלושה היגדים (1)-(3). קבע מהו ההיגד הנכון, ונמק את תשובתך. (6 נקודות)

(1) ברגע שכוח F מפסיק לפעול, שני הגופים נעצרים מיד.

(2) אחרי שכוח F מפסיק לפעול, שני הגופים יעצרו כעבור אותו זמן (גדול מ- 0).

(3) אחרי שכוח F מפסיק לפעול, גוף A יעצור מוקדם יותר מגוף B .

ה. במקרה אחר, מדביקים את גוף B על גוף A (ראה תרשים ב). מפעילים על גוף A כוח השווה לכוח הנתון בסעיף ב.

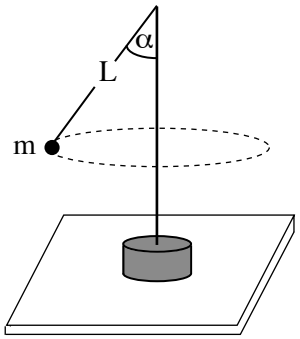


תרשים ב

האם תאוצת הגופים A ו- B במצב זה גדולה מתאוצת הגופים במצב המתואר בסעיף ב, שווה לה או קטנה ממנה? נמק את תשובתך. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 4/

3. אסף ערך ניסוי עם מנוע חשמלי בעל ציר אנכי. הוא חיבר לראש הציר חוט שאורכו L, ולקצה החוט קשר כדור קטן בעל מסה m. רדיוס הכדור קטן מאוד ביחס לאורך החוט. כאשר המנוע פועל, הכדור נע בתנועה מעגלית אופקית (ראה תרשים). אסף שינה כמה פעמים את תדירות הסיבוב f של הציר, ומדד בעבור כל תדירות את זווית הפריסה α של החוט.



תוצאות המדידות מוצגות בטבלה.

מדידה	1	2	3	4	5	6
f(Hz)	0.42	0.45	0.5	0.6	0.7	1
$\alpha(^o)$	18	32	45	63	70	80
$\frac{1}{f^2}(s^2)$						
$\cos\alpha$						

א. סרטט את תרשים הכוחות הפועלים על הכדור, ופתח בעזרתו ביטוי המתאר את $\cos\alpha$ כפונקציה של $\frac{1}{f^2}$. (10 נקודות)

ב. העתק את הטבלה למחברתך, השלם אותה (עגל את תוצאות החישוב עד שתי ספרות אחרי הנקודה העשרונית), וסרטט גרף של $\cos\alpha$ כפונקציה של $\frac{1}{f^2}$.
(14 נקודות)

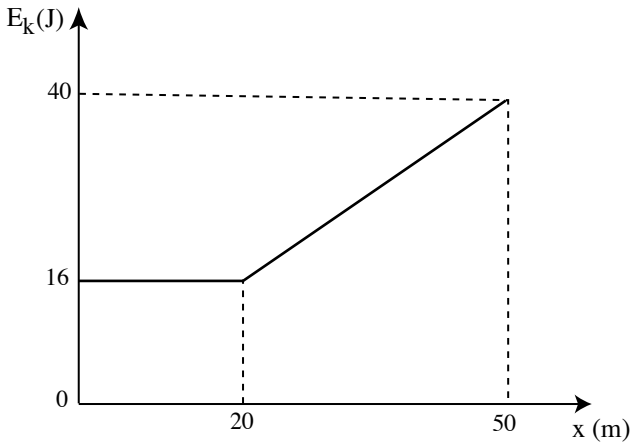
ג. חשב בעזרת שיפוע הגרף את אורך החוט, L. (6 נקודות)

ד. קבע על פי הגרף מהי התדירות המינימלית של סיבוב הציר שבה ינוע הכדור בתנועה מעגלית. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 5

4. תיבה שמסתה 0.5 ק"ג נעה לאורך קו ישר על משטח אופקי מחוספס בכיוון החיובי של ציר ה- x . מקדם החיכוך הקינטי בין התיבה למשטח הוא $\mu_k = 0.1$. בזמן $t = 0$ הייתה התיבה בנקודה ששיעורה $x = 0$.

הגרף שבתרשים א מתאר את האנרגיה הקינטית, E_k , של התיבה כפונקציה של מיקומה, x , ב- 50 המטרים הראשונים של תנועתה.



תרשים א

א. האם במהלך 20 המטרים הראשונים של התנועה פועל על התיבה כוח אופקי בנוסף לכוח החיכוך? הסבר את תשובתך. (5 נקודות)

ב. במהלך תנועת התיבה מ- $x = 20\ m$ ל- $x = 50\ m$, פועל על התיבה כוח אופקי קבוע, F_1 , בנוסף לכוח החיכוך. חשב את גודל הכוח F_1 . (8 נקודות)

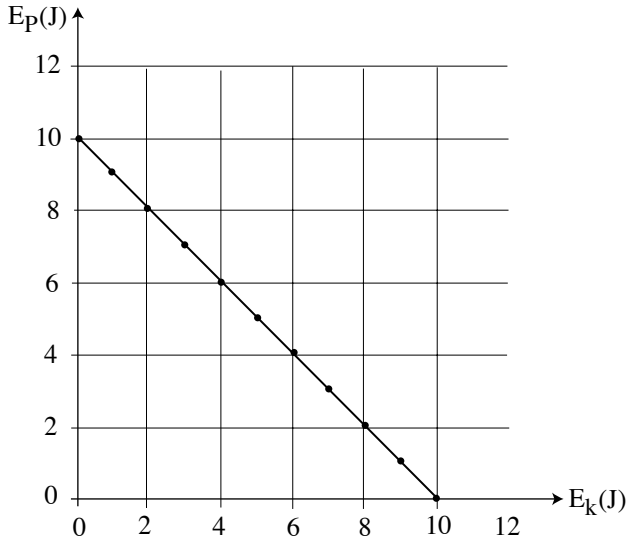
ג. הכוח F_1 הפסיק לפעול ברגע שהתיבה הגיעה ל- $x = 50\ m$. חשב את העבודה של כוח החיכוך בקטע התנועה מ- $x = 0$ עד שהתיבה נעצרת.
($8\frac{1}{3}$ נקודות)

ד. נניח שבקטע מ- $x = 20\ m$ ל- $x = 50\ m$, היו מפעילים על התיבה במקום את הכוח F_1 , כוח F_2 הנטוי בזווית α מעל האופק, כך שהרכיב האופקי שלו היה שווה ל- F_1 .
האם במקרה זה האנרגיה הקינטית של התיבה ב- $x = 50\ m$ הייתה שווה ל- / גדולה מ- / קטנה מ- 40 J? הסבר את תשובתך. (6 נקודות).

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 6/

ה. גוף קטן נע על פני משטח כלשהו. הגרף בתרשים ב מתאר את הקשר בין האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית של הגוף לבין האנרגיה הקינטית שלו.



תרשים ב

לפניך שלושה היגדים (1)-(3), המתארים את תנועת הגוף. כתוב אם הגרף שבתרשים ב מתאים או לא מתאים לכל אחד מההיגדים, והסבר מדוע. (6 נקודות)

(1) הגוף נע על משטח אופקי חלק בהשפעת כוח קבוע.

(2) הגוף נע במורד מישור משופע מחוספס.

(3) הגוף נופל חופשית.

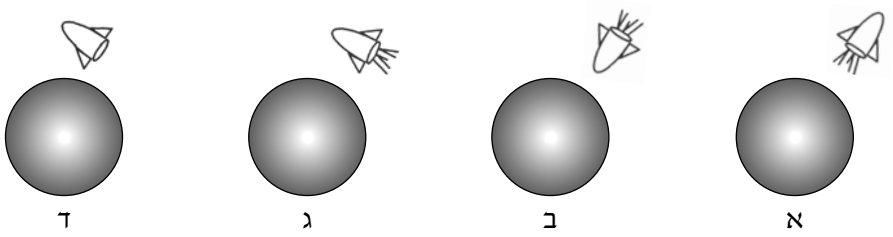
/המשך בעמוד 7/

5. אסטרונאוט בחללית רוצה לחקור כוכב לכת שצורתו כדורית.

א. בשלב מסוים של המחקר, האסטרונאוט בחללית נמצא במנוחה ביחס למרכז כוכב הלכת. איזה מהתרשימים א-ד שלפניך, מתאר נכון את מצב החללית ביחס לכוכב הלכת? נמק את תשובתך.

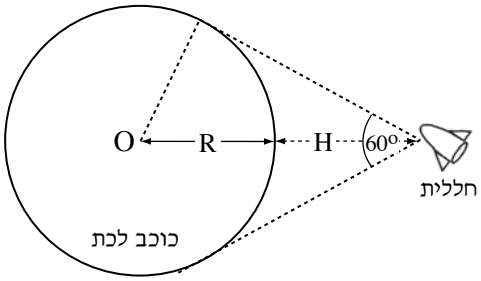
(שים לב: בתרשימים א-ג מנוע החללית פועל, ובתרשים ד מנוע החללית אינו פועל).

(7 נקודות)



האסטרונאוט מצא באמצעות מכשיר רָדָר כי החללית נמצאת בגובה $H = 10^7\ \text{m}$ מעל פני כוכב הלכת, וכי רואים את כוכב הלכת בזווית ראייה של 60^o .

O הוא מרכז כוכב הלכת (ראה תרשים ה).



תרשים ה

ב. חשב את הרדיוס, R , של כוכב הלכת.

(4 נקודות)

בעזרת מנוע החללית, האסטרונאוט מכניס את החללית לתנועה מעגלית סביב כוכב הלכת (בגובה H מעל פני הכוכב). האסטרונאט מצא כי זמן מחזור התנועה של החללית סביב כוכב הלכת הוא 150 דקות. הנח כי צפיפות כוכב הלכת אחידה.

ג. חשב את המסה של כוכב הלכת. (8 נקודות)

ד. חשב את גודל תאוצת הנפילה החופשית על פני כוכב הלכת. (8 נקודות)

ה. האם **במהלך התנועה המעגלית** נדרשת פעולת מנועי החללית כדי לקיים את התנועה המעגלית?

אם כן — הסבר את תפקיד המנועים. אם לא — הסבר מדוע התנועה המעגלית אפשרית בלי פעולת מנועי החללית.

($6\frac{1}{3}$ נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

מדינת ישראל
משרד החינוך

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על־יסודיים
ב. בגרות לנבחנים אקסטרניים
מועד הבחינה: קיץ תשס"ח, 2008
מספר השאלון: 917531, 653
נספח: נתונים ונוסחאות בפיזיקה ל־5 יח"ל

פיזיקה

מכניקה

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. <u>משך הבחינה</u>: שעה ושלושה רבעים (105 דקות).

ב. <u>מבנה השאלון ומפתח ההערכה</u>:
בשאלון זה חמש שאלות, ומהן עליך לענות על <u>שלוש</u> שאלות בלבד.
לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות

ג. <u>חומר עזר מותר בשימוש</u>: (1) מחשבון.
(2) נספח נתונים ונוסחאות בפיזיקה המצורף לשאלון.

ד. <u>הוראות מיוחדות</u>:
(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. אי־רישום הנוסחה או אי־ביצוע ההצבה עלולים להפחית נקודות מהציון. רשום ביחידות המתאימות את התוצאה שקיבלת.
(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 <u>במחברת הבחינה בלבד</u>, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב <u>כטיוטה</u> (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. רישום טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.

בהצלחה!

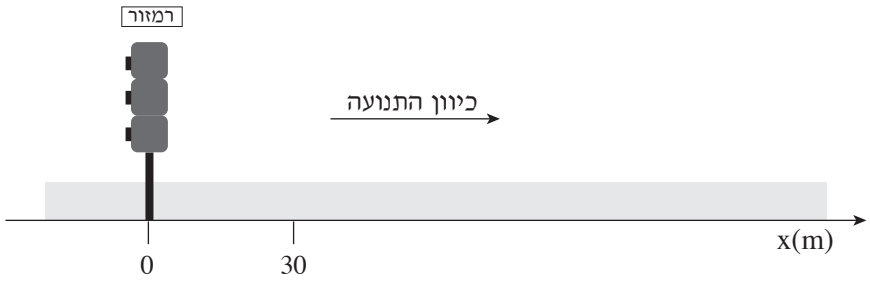
/המשך מעבר לדף/

ה ש א ל ו ת

ענה על שלוש מהשאלות 1-5.

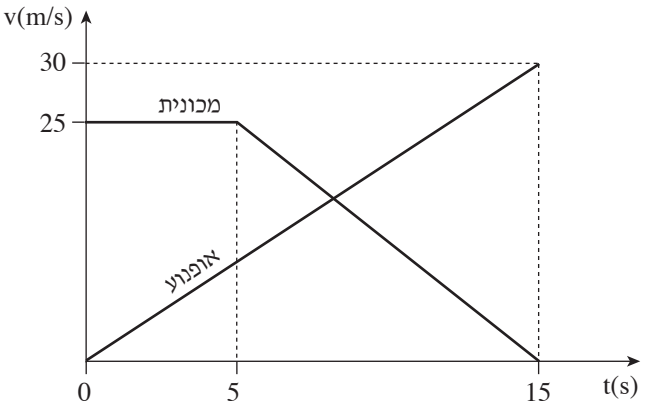
(לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; מספר הנקודות לכל סעיף רשום בסופו).

1. בתרשים א מוצגים רמזור המוצב בצומת כבישים, וציר מקום x , שראשיתו ברמזור, והמשכו לאורך כביש ישר וכיוונו החיובי מצביע ימינה. על כביש זה, בנקודה ששיעורה $x = 30$ מטר, שוטר על אופנוע אורב לעברייני תנועה הנוסעים בכיוון התנועה. נהג מכונית שאינו מבחין שהאור ברמזור אדום, חוצה את הצומת ברגע $t = 0$. השוטר מבחין במכונית ומתחיל לנסוע בכיוון התנועה ברגע $t = 0$.



תרשים א

בתרשים ב מוצגות המהירויות של המכונית ושל האופנוע כפונקציה של הזמן.



תרשים ב

(שים לב: סעיפי השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 3

א. הראה כי תאוצת האופנוע היא $2\frac{m}{s^2}$, והסבר את המשמעות הפיזיקלית של המשפט "תאוצת האופנוע היא $2\frac{m}{s^2}$ ". (5 נקודות)

ב. חשב את תאוצת המכונית בפרק הזמן $t = 5\ s$ עד $t = 15\ s$ (ביחס לציר ה-x המוגדר בתרשים א), והסבר את המשמעות הפיזיקלית של התאוצה שקיבלת. (5 נקודות)

ג. איזה משני כלי הרכב מקדים את האחר ברגע $t = 15\ s$? נמק. (9 נקודות)

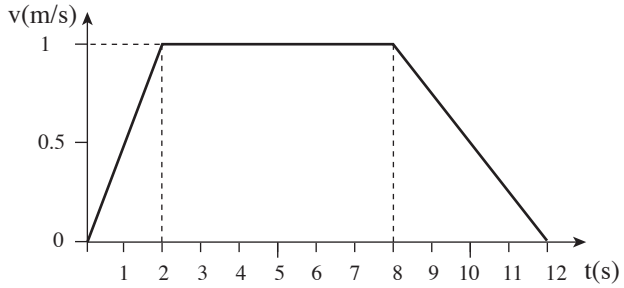
ד. כמה פעמים חלפו שני כלי הרכב זה על פני זה בפרק הזמן $t = 0$ עד $t = 15\ s$? הסבר. (4 נקודות)

ה. האם בפרק הזמן $t = 0$ עד $t = 15\ s$ המהירות הממוצעת של האופנוע גדולה מהמהירות הממוצעת של המכונית, קטנה ממנה או שווה לה? נמק. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

ו. מתי מהירות האופנוע שווה לזו של המכונית? (5 נקודות)

/המשך בעמוד 4/

2. לפניך גרף המתאר מהירות של מעלית כפונקציה של הזמן, במהלך תנועתה מקומת הקרקע לקומה העליונה. מהירות המעלית נקבעה ביחס לציר מקום שכיוונו החיובי מצביע כלפי מעלה.



א. חשב את הגובה של הקומה העליונה (הנח כי קומת הקרקע בגובה אפס).
(9 נקודות)

ב. צופה א, הנמצא במעלית, תלה אבטיח שמסתו 5 ק"ג על דינמומטר שבידו, וקרא את הוראת הדינמומטר (כלומר הוא שקל את האבטיח) בכל אחד משלושת פרקי הזמן: $0 < t < 2\ s$, $2\ s < t < 8\ s$, $8\ s < t < 12\ s$.
מצא את הוראת הדינמומטר (כלומר את תוצאות השקילה של האבטיח) בכל אחד משלושת פרקי הזמן. (12 נקודות)

ג. אילו היה נקרע כבל המעלית, המעלית הייתה נופלת נפילה חופשית.
מה הייתה הוראת הדינמומטר במהלך הנפילה החופשית של המעלית? נמק.
(7 נקודות)

(שים לב: סעיף ד של השאלה בעמוד הבא.)

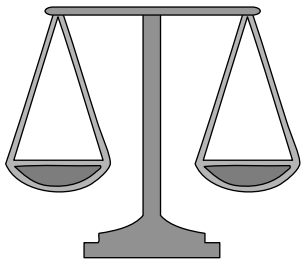
/המשך בעמוד 5/

ד. ענה על <u>אחד</u> מהתת־סעיפים (1) **<u>או</u>** (2). ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

(1) צופה ב, הניצב על הקרקע, שוקל אבטיח אחר, שגם מסתו 5 ק"ג, באמצעות דינמומטר. הוא מוצא שמשקל האבטיח שבידו שונה מהמשקל של האבטיח שמדד צופה א (הנמצא במעלית), בפרק הזמן $0 < t < 2\ s$, אף על פי שהמסות של שני האבטיחים שוות.

ב<u>עזרת עקרון השקילות</u> (עקרון האקוויוולנציה), כיצד צופה ב יכול להסביר שתוצאת השקילה של צופה א שונה מתוצאת השקילה שלו?

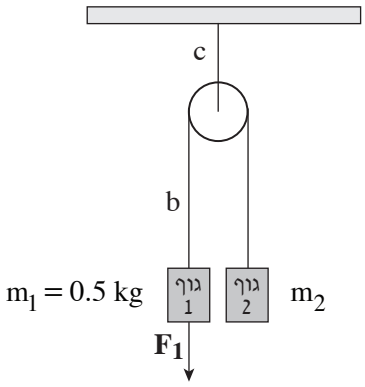
(2) נניח שלפני עליית המעלית המתוארת בגרף, היה צופה א (הנמצא במעלית) מניח את האבטיח על כף אחת של מאזניים שווי־כפות (ראה תרשים), ועל הכף השנייה הוא היה מניח משקולת של 5 ק"ג, כך שהמאזניים היו מאוזנים.



האם במהלך עליית המעלית היה מופר שיווי־המשקל של מאזני הכפות? נמק.

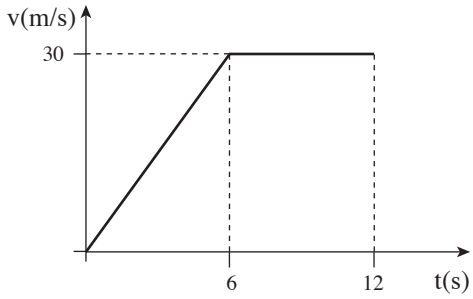
/המשך בעמוד 6/

3. שני גופים, 1 ו־2 , קשורים זה לזה באמצעות חוט b הכרוך סביב גלגלת, הקשורה אל התקרה באמצעות חוט c . מסת גוף 1 היא $m_1 = 0.5\ kg$ (ראה תרשים א).
מסות החוטים, מסת הגלגלת וכן כוחות חיכוך כלשהם ניתנים להזנחה.
במשך 6 שניות מפעילים על גוף 1 כוח קבוע שגודלו F_1 , וכיוונו כלפי מטה.



תרשים א

בתרשים ב מוצג גרף המתאר את מהירות גוף 1 (ביחס לציר מקום שכיוונו החיובי כלפי מטה) החל מרגע $t = 0$, הרגע שבו הכוח $\mathbf{F_1}$ החל לפעול, עד הרגע $t = 12\ s$.



תרשים ב

א. מצא את מסת גוף 2 , m_2 . הסבר את תשובתך. (8 נקודות)

ב. חשב את גודל הכוח F_1 . (9 נקודות)

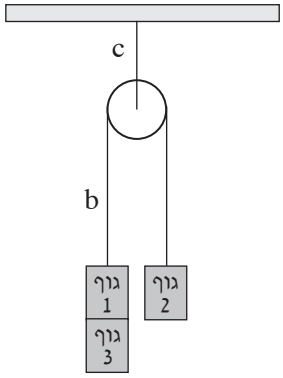
ג. חשב את המתיחות בחוט b ב־ 6 השניות הראשונות של התנועה. (6 נקודות)

ד. חשב את המתיחות בחוט c ב־ 6 השניות הראשונות של התנועה. (5 נקודות)

(שים לב: סעיף ה של השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 7/

ה. מביאים את המערכת למצב מנוחה. לגוף 1 מדביקים גוף 3 שמשקלו שווה לכוח $\mathbf{F_1}$, ומשחררים את המערכת ממנוחה (ראה תרשים ג).

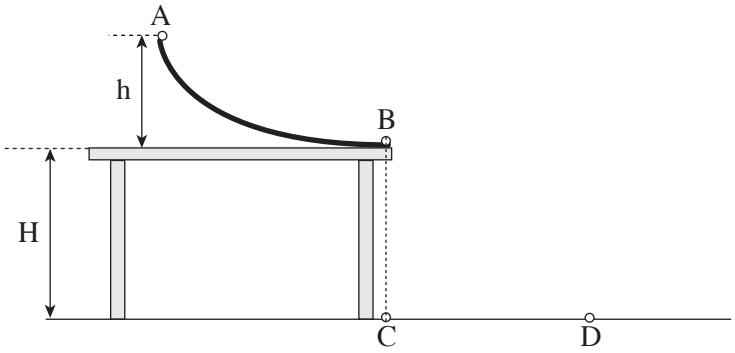


תרשים ג

המערכת מתחילה לנוע. כעבור 6 שניות מתחילת תנועתה, גוף 3 ניתק מגוף 1 .
האם הגרף מהירות-זמן של גוף 1 במצב זה זהה לגרף מהירות-זמן המסורטט בתרשים ב <u>או</u> שונה ממנו? נמק. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 8/

4. בתרשים שלפניך מוצגת מסילה חלקה AB הניצבת על פני שולחן הניצב על רצפה. גובה קצה המסילה A מעל פני השולחן הוא $h = 45\ cm$, וגובה פני השולחן מעל הרצפה הוא $H = 80\ cm$. קצה המסילה B הוא אופקי. הנקודה C היא היטל הנקודה B על הרצפה. התנגדות האוויר ניתנת להזנחה.



משחררים כדור קטן ("כדור 1") ממנוחה מהנקודה A. הכדור מחליק לאורך המסילה (ללא גלגול), ניתק ממנה בנקודה B, ופוגע ברצפה בנקודה D.

א. בסעיף זה התייחס לקטע של תנועת כדור 1 מ- B ל- D.
מהו סוג התנועה בכיוון האופקי בקטע תנועה זה (שוות-מהירות, שוות-תאוצה, תנועה אחרת), ומהו סוג התנועה בכיוון האנכי בקטע תנועה זה (שוות-מהירות, שוות-תאוצה, תנועה אחרת)? נמק את תשובותיך. (8 נקודות)

ב. חשב את המרחק CD. (8 נקודות)

ג. הכדור מתנגש ברצפה התנגשות אלסטית (לחלוטין). מהו הגובה המרבי מעל הרצפה שאליו יגיע הכדור לאחר ההתנגשות ברצפה בנקודה D? נמק את תשובתך.
(6 נקודות)

ד. במקרה שני מניחים על קצה המסילה, B, את "כדור 2" שמסתו זהה לזו של כדור 1. גם הפעם משחררים את כדור 1 ממנוחה מהנקודה A. כדור 1 מחליק לאורך המסילה ומתנגש בכדור 2 התנגשות פלסטית (כלומר הגופים נדבקים זה לזה).
חשב את המרחק בין נקודת הפגיעה של הכדורים ברצפה ובין הנקודה C. (8 נקודות)

ה. במקרה שלישי מניחים על קצה המסילה, B, את "כדור 3" שמסתו זהה לזו של כדור 1. גם הפעם משחררים את כדור 1 ממנוחה מהנקודה A. כדור 1 מחליק לאורך המסילה, ומתנגש בכדור 3 התנגשות מצח (חד-ממדית) אלסטית (לחלוטין).
האם ייתכן שכדור 3 יפגע ברצפה במרחק גדול יותר מהמרחק CD? נמק.
($3\frac{1}{3}$ נקודות)

/המשך בעמוד 9/

5. לרשות תלמיד שני קפיצים: קפיץ א שקבוע הכוח שלו $k_1 = 100\ \text{N/m}$,
וקפיץ ב שקבוע הכוח שלו $k_2 = 50\ \text{N/m}$. הנח כי מסות הקפיצים ניתנות להזנחה.

א. הסבר את המשמעות של הנתון — קבוע הכוח של קפיץ א הוא $k_1 = 100\ \text{N/m}$.
(6 נקודות)

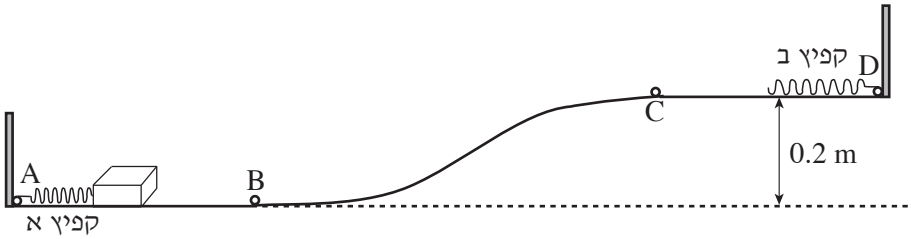
ב. שני תלמידים מושכים את הקצוות של קפיץ א — כל תלמיד מושך בקצה אחר,
בכוח שגודלו $50\ \text{N}$.
מה תהיה התארכות הקפיץ (מעבר למצבו הרפוי)? (5 נקודות)

ג. התלמיד קשר לוָו הקבוע לקיר את אחד הקצוות של קפיץ א, ואת הקצה האחר
קשר לאחד הקצוות של קפיץ ב. את הקצה החופשי של קפיץ ב הוא משך בכוח
שגודלו $25\ \text{N}$.

(1) מה הם הגדלים של הכוחות הפועלים בכל אחד משני הקצוות של קפיץ א,
ומה הם הכוחות הפועלים בכל אחד משני הקצוות של קפיץ ב? נמק. (6 נקודות)

(2) מהי ההתארכות של כל אחד משני הקפיצים (מעבר למצבם הרפוי)? (6 נקודות)

ד. בתרשים שלפניך מסלול חסר חיכוך ABCD. הקטעים AB ו־ CD אופקיים.
הגובה של הקטע CD מעל AB הוא $0.2\ \text{m}$. קפיץ א מונח על הקטע AB , ואחד
מקצותיו קשור לנקודה A . קפיץ ב מונח על הקטע CD , ואחד מקצותיו קשור
לנקודה D. שני הקפיצים ניתנים לכיווץ. תלמיד מכווץ את קפיץ א ב־ $0.2\ \text{m}$, מצמיד
לקצהו החופשי תיבה שמסתה $0.4\ \text{kg}$ (ראה תרשים), ומשחרר אותה ממנוחה. הנח כי
התיבה החליקה לאורך המסלול בלי להתנתק ממנו.



האם התיבה הגיעה לקפיץ ב? אם לא — נמק. אם כן — חשב את שיעור הכיווץ המרבי
של קפיץ ב לאחר שהתיבה התנגשה בו. ($10\frac{1}{3}$ נקודות)

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך

פרק 2

אופטיקה גיאומטרית-כל הפרק ירד מבחינת הבגרות במיקוד קיץ 2027

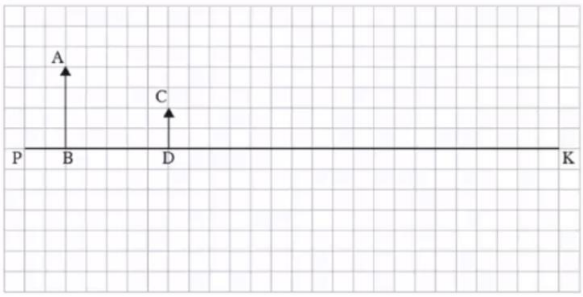
מבחני בגרות באופטיקה 171

מבחני בגרות באופטיקה:

שאלות:

1) קרינה וחומר 2020 שאלה 1

בתרשים 1 שלפניך מסורטט ציר אופטי ראשי, PK, של עדשה דקה שקוטרה 12 ס״מ. העדשה אינה מסומנת בתרשים. העמידו עצם מול העדשה – החץ AB מסמן את גודלו ואת מיקומו. החץ CD מסמן את גודלה ומיקומה של דמות העצם שנוצרה באמצעות עדשה זו. האורך של כל צלע של משבצת בתרשים הוא 1 ס״מ.



תרשים 1

א. הסבר מדוע הדמות CD יכולה להיווצר אך ורק באמצעות עדשה מפזרת.

ב. ענה על הסעיפים הבאים:

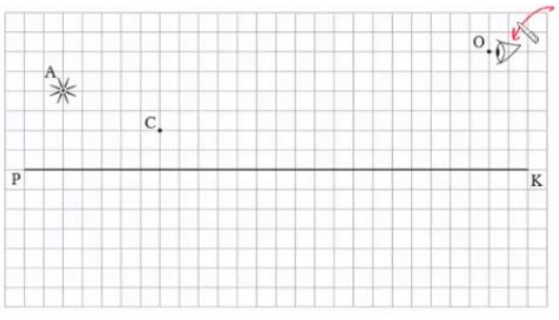
i. העתק את תרשים 1 למחברתך. כל משבצת בתרשים תיוצג על ידי משבצת במחברתך. קבע את מיקום העדשה באמצעות סרטוט של מהלך קרני האור בתרשים שבמחברתך.

ii. הוסף לתרשים שבמחברתך סרטוט של העדשה.

ג. קבע את רוחק המוקד של העדשה באמצעות הוספת סרטוט של מהלך קרני האור לתרשים שבמחברתך.

ד. השתמש בנוסחה וחשב את רוחק המוקד.

הציבו בנקודה A מקור אור נקודתי במקום העצם AB, בלי לשנות את מיקום העדשה. עין של צופה הנמצאת בנקודה O רואה דרך העדשה את דמותו של מקור האור בנקודה C (ראה תרשים 2).



תרשים 2

ה. ענה על הסעיפים הבאים:

i. העתק את תרשים 2 למחברתך. כל משבצת בתרשים תיוצג על ידי משבצת במחברתך. הוסף לתרשים שבמחברתך סרטוט של העדשה.

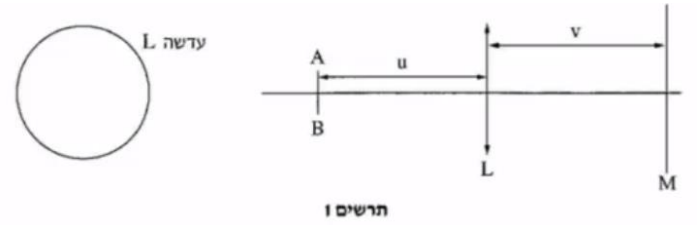
ii. סרטט בתרשים שבמחברתך מהלך של קרן היוצאת ממקור האור הנמצא בנקודה A, עוברת דרך העדשה שסרטטת ופוגעת בעין הנמצאת בנקודה O.

ו. באותו מקום שהייתה העדשה הציבו עדשה מפזרת אחרת שיש לה אותו רוחק מוקד, אך הקוטר שלה 4 ס"מ. קבע אם העין רואה את הדמות של מקור האור. נמק את קביעתך.

2) קרינה וחומר 2019 שאלה 1

תלמידה התבקשה לחקור את מאפייניה של עדשה מרכזת.

התלמידה הציבה את העדשה L בין מקור אור קווי AB (שאינו נקודתי), שגודלו קטן מקוטר העדשה, ובין מסך M, כמתואר בתרשים 1.



תרשים 1

התלמידה שינתה כמה פעמים את מיקומו של מקור האור, ובכל פעם היא מיקמה מחדש את המסך באופן שתתקבל על המסך דמות ברורה של מקור האור. בכל פעם מדדה התלמידה ורשמה את מרחק מקור האור מן העדשה, u, ואת מרחק המסך מן העדשה, v.

תוצאות המדידות של התלמידה מוצגות בטבלה שלפניך:

המדידה	1	2	3	4	5
u(m)	0.13	0.18	0.25	0.33	0.60
v(m)	0.44	0.22	0.16	0.14	0.12
$\frac{1}{u}(\ )$					
$\frac{1}{v}(\ )$					

א. רשום ביטוי של $\frac{1}{v}$ כפונקציה של $\frac{1}{u}$ והראה כי מתקיים ביניהם קשר לינארי.

ב. העתק את הטבלה למחברתך, והשלם בטבלה שבמחברתך את הערכים החסרים ואת היחידות.

ג. סרטט גרף של $\frac{1}{v}$ כפונקציה של $\frac{1}{u}$ והוסף בו את קו המגמה.

ד. על פי הגרף בלבד מצא את רוחק המוקד של העדשה. הסבר את שיקוליך.

התלמידה הציבה את מקור האור AB ואת העדשה L באופן שתיווצר דמות ברורה על המסך, ואז כיסתה חלק מן העדשה בטבעת שחורה אטומה לאור, כמתואר בתרשים 2.



תרשים 2

ה. מבין המשפטים i-vi שלפניך, העתק למחברתך את המשפט המתאר (או את המשפטים המתארים) נכון את הדמות שהתקבלה:

i. על המסך התקבלה דמות חלקית, ברורה, ועוצמת ההארה שלה לא השתנתה.

ii. על המסך התקבלה דמות חלקית, ברורה, ועוצמת ההארה שלה חלשה יותר.

iii. על המסך התקבלה דמות מלאה, ברורה, ועוצמת ההארה שלה לא השתנתה.

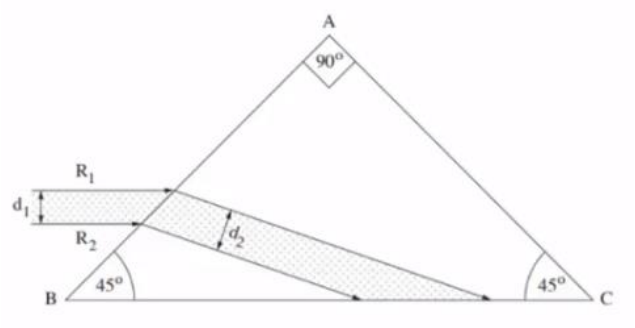
iv. על המסך התקבלה דמות מלאה, ברורה, ועוצמת ההארה שלה חלשה יותר.

v. על המסך התקבלה דמות מלאה, מטושטשת, ועוצמת ההארה שלה חלשה יותר.

vi. על המסך התקבלה דמות חלקית, מטושטשת, ועוצמת ההארה שלה חלשה יותר.

3) קרינה וחומר 2018 שאלה 1

בתרשים שלפניך מוצג חתך של אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי, החודרת מן האוויר לתוך מנסרה משולשת. האלומה הפוגעת במנסרה מקבילה לבסיס המנסרה BC. המנסרה עשויה מזכוכית, ועבור אורך הגל של האלומה מקדם השבירה של הזכוכית (ביחס לאוויר) הוא 1.6. זוויות המנסרה רשומות בתרשים.



אלומת האור נשברת בפאה AB, פוגעת בפאה BC, ומוחזרת ממנה החזרה פנימית מלאה.

א. חשב את זווית השבירה של האור בפאה AB.

ב. הוכח שמתרחשת החזרה פנימית מלאה מן הפאה BC.

R_1 ו- R_2 הן קרניים התוחמות את חתך האלומה (ראה תרשים).

ג. ענה על הסעיפים הבאים:

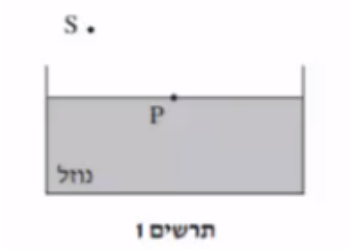
i. העתק את התרשים למחברתך. הוסף בתרשים שבמחברתך את מהלך המשכי הקרניים R_1 ו- R_2 בהתפשטותן לעבר הפאה AC, וכן את המשכי הקרניים באוויר לאחר שהן עוברות דרך הפאה AC.

ii. קבע אם האלומה שיוצאת מן המנסרה דרך הפאה AC מקבילה לאלומה הפוגעת בפאה AB. נמק את קביעתך.

ד. קבע אם באלומה שיוצאת מן המנסרה דרך הפאה AC הקרן R_1 נמצאת מעל הקרן R_2 (כמו בכניסה) או מתחתיה. נמק את קביעתך.

4) מכניקה 2018 שאלון ישן שאלה 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). חלק מן האור מוחזר וחלק נשבר. מקור האור S הוא היחיד בסביבה.



תרשים 1

א. העתק את התרשים למחברתך והוסף בו:
   i. את קרן האור הנפלטת מן המקור S ופוגעת בנוזל בנקודה P.
   ii. את מהלך קרן האור המוחזרת מפני הנוזל בנקודה P.
   iii. את מהלך קרן האור הנשברת בתוך הנוזל.

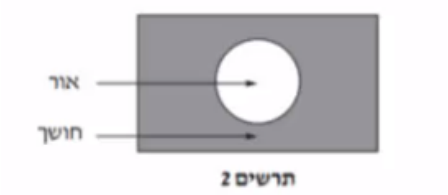
ב. סמן על גבי סרטוטך את זווית הפגיעה של קרן האור באות α, את זווית ההחזרה באות β, ואת זווית השבירה באות γ.

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

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

ד. חשב את מקדם השבירה של הנוזל.

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

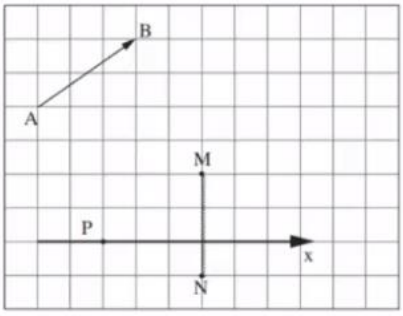


תרשים 2

ה. הסתמך על חוקי השבירה והסבר תופעה זו.

5) מכניקה 2018 שאלון ישן שאלה 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 תיוצג על ידי משבצת במחברתך.

ב. הוסף לתרשים שבמחברתך:

i. את הדמות A_1B_1 של הגוף AB הנוצרת על ידי המראה.

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

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.

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).

6) בגרות 2017 שאלה 6

רמי ישב ליד בריכה ריקה. בתחתית הבריכה הונח מטבע, אבל ממקום מושבו של רמי לא היה אפשר לראות את המטבע כשהבריכה ריקה.
התחילו למלא את הבריכה 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.

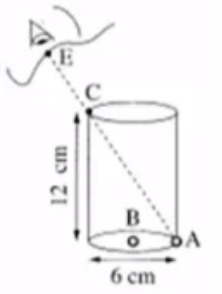
ב. הסבר מדוע ראה רמי את המטבע רק לאחר שהבריכה התמלאה חלקית במים. לווה את תשובתך בסרטוט מהלך קרניים.

נתון: קרן היוצאת מן המטבע ומגיעה לעין של רמי עוברת בתוך המים מרחק $d=0.61m$. זווית השבירה של קרן זו היא: $\beta=13.6°$.

ג. חשב את עומק המים.

7) בגרות 2016 שאלה 7

בתרשים שלפניך מוצב כלי ריק שצורתו גליל. גובה הכלי 12cm וקוטרו 6cm.
בתחתית הכלי מונחים שני חרוזים קטנים מאוד: חרוז A צמוד לדופן הכלי וחרוז B במרכז התחתית של הכלי.



תלמיד הביט אל תוך הכלי בכיוון EC (הנקודה C נמצאת על שפת הכלי).
כאשר הכלי היה ריק התלמיד ראה את חרוז A בלבד. מילאו את הכלי עד שפתו בנוזל שקוף. התלמיד הסתכל באותו כיוון וראה את חרוז B בלבד.

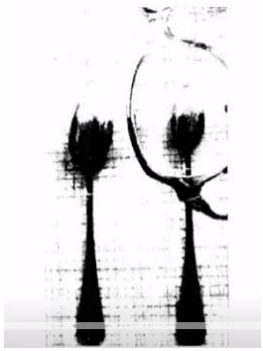
א. העתק את תרשים הכלי והעין למחברתך בלי הקו המקווקו.
הוסף לתרשים שבמחברתך קרן אור שמגיעה מחרוז B, עוברת בתוך הנוזל אל נקודה C ומגיעה לעין התלמיד.
סמן בתרשים שבמחברתך את זווית הפגיעה (α) ואת זווית השבירה (β) במעבר של קרן האור מהנוזל לאוויר.

ב. חשב את מקדם השבירה של הנוזל.

ג. קבע אם חרוז B נראה לתלמיד בעומק האמיתי שהוא היה בו, גבוה יותר או נמוך יותר. נמק את קביעתך באמצעות סרטוט תרשים נוסף של הכלי ומהלך הקרניים.

8) בגרות 2016 שאלה 6 עדשות

תלמידה רצתה לבדוק את סוג העדשות במשקפיים של דודתה.
לשם כך הניחה התלמידה שתי כפיות זהות על השולחן, והניחה עדשה של המשקפיים מעל אחת הכפיות.
בתרשים שלפניך נראה תצלום הכפיות והמשקפיים שצילמה התלמידה.



א. בכל אחת מן האפשרויות i-iii שלפניך, קבע מהו המאפיין הנכון של דמות הכפית הנראית מבעד לעדשה:

i. ישרה או הפוכה.

ii. ממשית או מדומה.

iii. מוגדלת או מוקטנת.

ב. האם העדשה מרכזת או מפזרת? נמק את תשובתך.

ג. מצא את דמות הכפית באמצעות סרטוט מדויק של מהלך שלוש קרניים.

נתון: רוחק מוקד העדשה: $|f|=12cm$, מרחק העצם מהעדשה $6cm$, גובה העצם $3cm$.

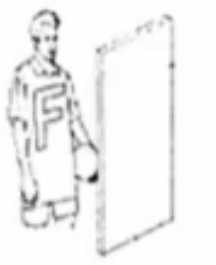
בסרטוט השתמש בקנה מידה של 1 משבצת=1 ס"מ.

ד. חשב באמצעות נוסחאות את גובה הדמות ואת מרחקה מהעדשה.

האם תוצאות החישוב מתאימות לאותם ערכים שהתקבלו בסרטוט?

9) בגרות 2015 שאלה 7

ילד הלובש חולצה שעליה מודפסת האות F עומד מול מראה מישורית התלויה על קיר (ראה איור).

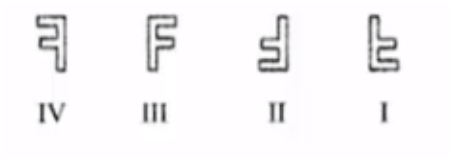


א. מהי התופעה הפיזיקאלית שגורמת להשתקפות הילד רק במראה ולא בקיר?

ב. המרחק של הילד מן המראה היה 1 מטר, והוא החל להתקרב אליה במהירות קבועה: $v=0.5\frac{m}{sec}$.

חשב בתוך כמה זמן יהיה המרחק בין הילד ובין דמותו 0.5 מטר.

ג. לפניך ארבע צורות I-IV של האות F. העתק למחברתך את המספר של צורת הדמות של האות F, כפי שהילד שמסתכל במראה רואה אותה.



10) בגרות 2014 שאלה 6

יאיר ישב במכונית ורצה לעיין במפה שבידיו (זה היה לפני עידן ה-G.P.S).
בחוץ שרר חושך, ולכן יאיר הדליק נורה בתוך המכונית.

א. כדי שיראה היטב את המפה, האם על יאיר לכוון את אלומת האור מן הנורה לעבר עיניו או לעבר המפה? נמק.

לאחר שיאיר הדליק את הנורה הוא התבונן בשמשת החלון של מכוניתו. הוא לא ראה את הסביבה שבחוץ, אלא את דמותו המשתקפת בשמשת החלון.

ב. הסבר באמצעות תרשים כיצד נוצרת הדמות המשתקפת בשמשת החלון.

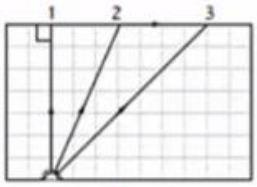
יאיר מאס בפקקי התנועה שבכבישים, והחליט לנסוע ברכבת. בתוך קרון הרכבת דלק אור, ומחוץ לרכבת שרר חושך. יאיר הבחין בשתי דמויות שלו המשתקפות בחלון הרכבת. חלון הרכבת מורכב משני לוחות זכוכית מקבילים וביניהם מרווח שבו שכבת אוויר.
אפשר להזניח את העובי של לוחות הזכוכית.

ג. מדוע ברכבת הבחין יאיר בשתי דמויות, ולא בדמות אחת, כפי שראה במכוניתו? פרט את תשובתך.

ד. באותם תנאי תאורה הכניסו נייר שחור למרווח שבין שני לוחות הזכוכית. הנייר אוטם את כל המרווח. כמה דמויות השתקפו בחלון? נמק.

11) בגרות 2014 שאלה 7

מקור אור נקודתי נמצא בתוך מנסרה מלבנית (תיבה) העשויה מחומר שקוף.
המנסרה נמצאת באוויר.
בתרשים 1 מוצג חתך של המנסרה המקביל לשתיים מדופנות המנסרה, וכן מוצג בו מהלכן של שלוש קרניים 1, 2, 3, שמקורן במקור האור.
זווית השבירה של קרן 2 היא $90°$ בקירוב.

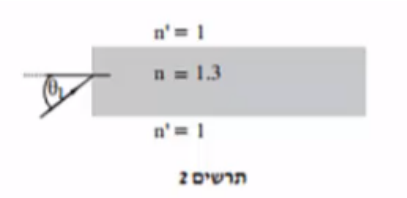


תרשים 1

א. העתק את תרשים 1 למחברתך, והשלם בו במדויק את המשך המבלך של קרן 1 ושל קרן 3. הסבר את שיקוליך.

ב. על פי התרשים, חשב את הזווית הגבולית (קריטית) למעבר אור מן החומר השקוף לאוויר.

אפשר להעביר מידע למרחקים גדולים באמצעות סיבים אופטיים שאור מתפשט דרכם כמעט בלי הפסדי אנרגיה. בתרשים 2 מתואר חתך של סיב אופטי העשוי מחומר שקוף שמקדם השבירה שלו : $n=1.3$, וקרן אור נכנסת לתוכו מן האוויר בזווית פגיעה θ_1.

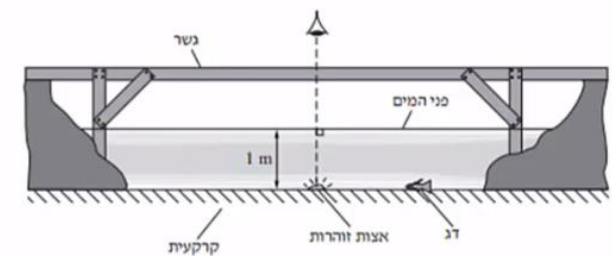


תרשים 2

ג. כאשר האור נכנס לסיב מהצד (כמתואר בתרשים 2), זווית הפגיעה θ_1 צריכה להיות קטנה מ- $57°$ כדי למנוע דליפת (יציאת) אור מהסיב לאוויר. הסבר מדוע. בתשובתך היעזר בתרשים.

12) בגרות 2013 תרגיל 1

בגן חיות יש בריכה ובה דגים ויצורי מים מיוחדים. מושבה של אצות זוהרות (פולטות אור) נחה על קרקעית הבריכה, בעומק של 1 מטר. מקדם השבירה של מי הבריכה ביחס לאוויר הוא : $n=1.33$. מעל הבריכה נמתח גשר שממנו המבקרים יכולים לצפות בבריכה (ראה תרשים). התייחס למושבת האצות כאל מקור אור נקודתי.



א. האור שנפלט ממושבת האצות לעבר פני המים עובר לאוויר דרך משטח מעגלי של פני המים. הסבר מדוע. היעזר בתרשים מתאים.

ב. חשב את הרדיוס של המשטח המעגלי שהאור עובר דרכו לאוויר.

ג. אדם הניצב על הגשר בדיוק מעל מושבת האצות רואה אותה בעומק קטן יותר מהעומק האמיתי שהיא נמצאת בו. הסבר מדוע.

ד. דג השוחה על קרקעית הבריכה, בעומק 1 מטר, רואה את השתקפות האצות באמצעות קרני אור המוחזרות מפני המים.
חשב את המרחק (האופקי) המינימלי בין הדג לבין מושבת האצות, שהוא יכול לראות בו את השתקפות האצות באמצעות קרני אור המוחזרות בהחזרה מלאה.

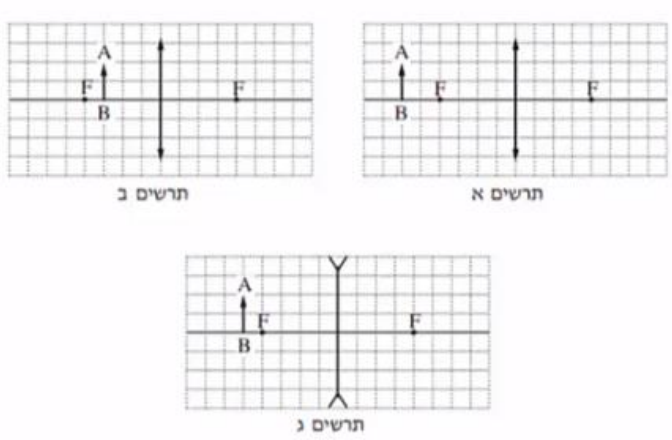
ה. כאשר הדג בעומק של 1 מטר, אבל המרחק בינו לבין מושבת האצות קטן יותר מהמרחק שחיבת בסעיף ד', הוא עדיין רואה את השתקפות האצות בפני המים. הסבר מדוע.

13) בגרות עדשות 2013 שאלה 6

אדם המרכיב משקפיים עם עדשות מרכזות זהות רואה בעזרתם את הדמות המדומה של עצם.

א. הסבר את המושגים "דמות ממשית" ו"דמות מדומה", בהסברך תוכל להיעזר בתרשימים.

ב. בתרשימים א'-ג' שלפניך החץ AB מייצג את העצם.
קבע איזה תרשים מתאים לתיאור שבפתיח. נמק את קביעתך.



ג. עוצמת העדשה היא 2 דיופטריות. מהו רוחק המוקד של העדשה?

ד. המרחק בין הדמות לעדשה הוא 60cm . חשב את המרחק בין העצם לעדשה.

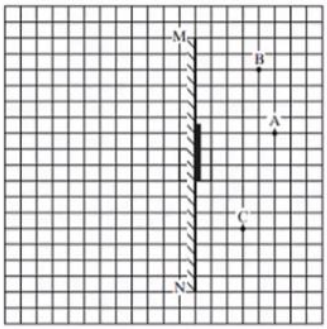
14) בגרות 2012 שאלה 1

עצם ניצב לפני משטח מישורי.

א. מה צריך להתקיים כדי שתיווצר דמות של העצם על ידי המשטח?

ב. כאשר נוצרת דמות של העצם על ידי המשטח, איזה תנאי חייב להתקיים כדי שצופה המתבונן במשטח יראה בו את הדמות של העצם?

באיור שלפניך מתואר חתך של מראה מישורית MN המכוסה במרכזה בכיסוי בד אטום. בנקודה A נמצא עצם נקודתי.
בכל אחת מהנקודות B ו-C נמצא צופה (צופה B, צופה C). הנקודות A, B, C נמצאות על אותו מישור.



העתק למחברתך את התרשים כך שכל משבצת בתרשים תיוצג בתרשים תיוצג על ידי משבצת במחברתך.

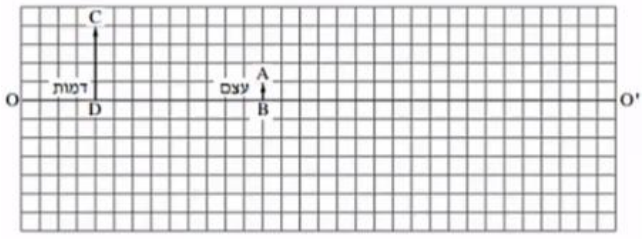
ג. האם צופה B וצופה C רואים את הדמות A באותו מקום? הסבר.

ד. צלע של משבצת אחת מייצגת מרחק של 20 ס״מ במציאות. חשב את המרחק של הצופה הנמצא בנקודה C מהדמות של העצם A.

ה. צופה C מביט אל עבר המראה, אך אינו רואה בה את דמות העין של צופה B.
האם צופה B המביט אל עבר המראה רואה בה את דמות העין של צופה C? הסבר.

15) בגרות עדשות 2011

בתרשים שלפניך הקטע OO' מסמן ציר אופטי של עדשה דקה (העדשה אינה מוצגת בתרשים). הקטע AB מסמן עצם, והקטע CD מסמן את הדמות של העצם הנוצרת בעזרת העדשה. הצלע של כל משבצת בתרשים – 1 ס״מ.



א. מדוע הדמות המתוארת בתרשים יכולה להיווצר רק בעזרת עדשה מרכזת?

העתק למחברתך את התרשים כך שכל משבצת בתרשים תיוצג על ידי משבצת במחברתך. השתמש בתרשים שסרטטת כדי לענות על סעיפים ב׳-ג׳.

ב. מצא, בעזרת סרטוט של מהלך קרני האור, את מיקום העדשה, והוסף אותה לתרשים.

ג. מצא את רוחק המוקד של העדשה בשתי דרכים:

i. סרטוט של מהלך קרני האור.

ii. חישוב.

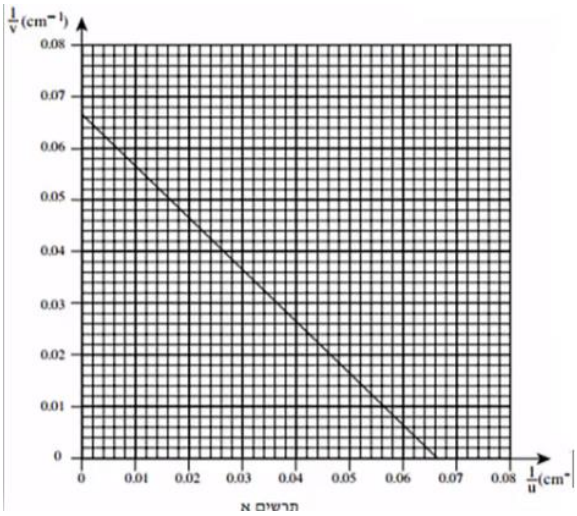
ד. כשהמרחק בין העצם לעדשה גדול מערך מסוים u_1, נוצרת דמות הפוכה ביחס לעצם. קבע מהו u_1.

ה. כשהמרחק בין העצם לעדשה שווה לערך מסוים u_2, הגדול מ-u_1, נוצרת דמות באותו גובה של הדמות CD שבתרשים. מצא את u_2.

16) בגרות עדשות 2009

ברק הציב מקור אור במרחקים שונים מעדשה דו-קמורה דקה. בכל פעם הוא מדד את המרחק של מקור האור מן העדשה (u), ואת המרחק של המסך שעליו התקבלה דמות חדה של מקור האור מן העדשה (v). לאחר מכן הוא חישב את ערכי $\frac{1}{u}$ ו-$\frac{1}{v}$, ועל פי ערכים אלה סרטט גרף של $\frac{1}{v}$ (ביחידות cm^{-1}) כפונקציה של $\frac{1}{u}$ (ביחידות cm^{-1}).

הגרף מוצג בתרשים א'.



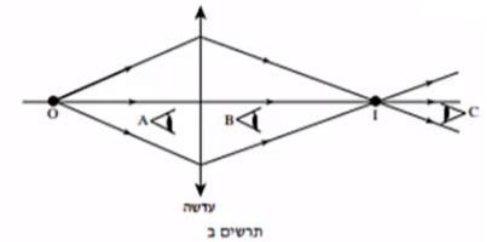
תרשים א

א. הסבר מדוע הגרף שהתקבל הוא קו ישר.

ב. מצא בעזרת הגרף את רוחק המוקד של העדשה. פרט את חישוביך.

ג. כאשר הציב ברק את מקור האור במרחק 10 ס"מ מן העדשה, הוא לא הצליח למקם את המסך כך שתתקבל עליו דמות חדה של מקור האור. הסבר מדוע.

ד. בתרשים ב' שלפניך מתואר עצם נקודתי O ודמותו I, הנוצרת על ידי עדשה מרכזת דקה.



תרשים ב

האם אפשר לראות את הדמות I גם ללא מסך?

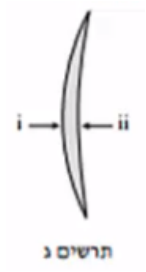
אם כן – באיזו מהנקודות A, B או C צריכה להימצא העין (על פי כיווני ההסתכלות שלה המתוארים בתרשים) כדי לראות את הדמות I?

אם לא – היעזר בתרשים ב', והסבר מדוע אי-אפשר לראות את הדמות ללא מסך.

ה. בתרשים ג' שלפניך מתואר חתך של עדשה קמורה-קעורה דקה עשויה מזכוכית. מטילים על העדשה פעמיים אלומת אור מקבילה ואופקית, המתפשטת באוויר:

במקרה i אלומת האור פוגעת תחילה במשטח הקמור.

במקרה ii אלומת האור פוגעת תחילה במשטח הקעור.



תרשים ג

העתק למחברתך את המספר של המשפט הנכון מבין המשפטים i-iv שלפניך:

i. העדשה מרכזת את האור בשני המקרים.

ii. העדשה מרכזת את האור במקרה i ומפזרת אותו במקרה ii.

iii. העדשה מפזרת את האור במקרה i ומרכזת אותו במקרה ii.

iv. העדשה מפזרת את האור בשני המקרים.

17) בגרות אופטיקה גאומטרית 2007

על ספסל אופטי המונח על שולחן, מציבים מקור אור שצורתו מלבן (מלבן מלא).

עדשה מרכזת שרוחק המוקד שלה הוא: $f = 30cm$, ומסך.

מקור האור, העדשה והמסך מקבילים זה לזה.

שתיים מהצלעות של מקור האור המלבני מאונכות לשולחן. הדמות של מקור האור מתקבלת על המסך, וגובהה גדול פי 2 מהגובה של מקור האור.

א. חשב את המרחק של מקור האור מן העדשה.

ב. פי כמה גדול שטח הדמות מהשטח של מקור האור? נמק.

ג. מציבים את מקור האור במרחק 160cm מן המסך.
באיזה מרחק ממקור האור יש להציב את העדשה, כדי שתתקבל על המסך דמות חדה שלו? אם יש יותר מאפשרות אחת, כתוב את כולן.

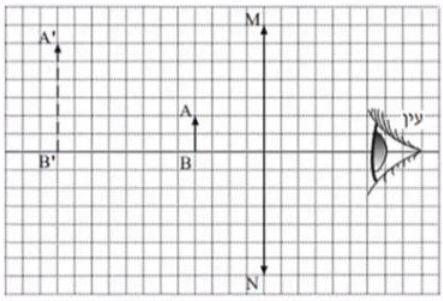
האיור שלפניך הוא העתק של תצלום שבו מראה מישורית המונחת על לוח עץ, ופנס. הפנס פולט אלומת אור הפוגעת בלוח העץ ובמראה שעליו. מלבד הפנס אין מקורות אור נוספים.



ד. מדוע המראה שבתצלום נראית חשוכה, ואילו החלק של לוח העץ שבו פוגעת אלומת האור נראה מואר?

18) בגרות עדשות 2004

בתרשים א' מוצגת מערכת, ובה עדשה מרכזת, MN, הציר האופטי שלה, בול דואר,AB, הדמות של הבול, A'B' , הנוצרת על ידי העדשה, ועין הצופה המתבונן בבול.
אורך הצלע של כל משבצת בתרשים מייצג מרחק של 5 ס"מ במציאות.



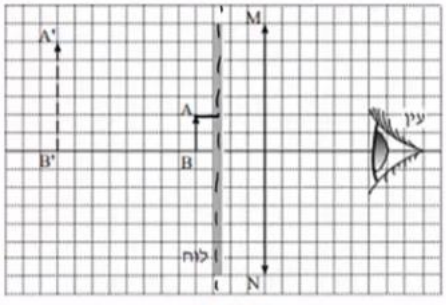
תרשים א

א. ענה על הסעיפים הבאים:

i. מצא את אורך מוקד העדשה.

ii. חשב את עוצמת העדשה. הצג את תשובתך בדיופטר.

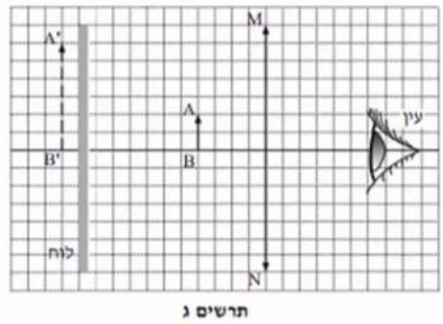
באותה מערכת מציבים לוח אטום לאור לפני הבול, בין הבול לעדשה (ראה תרשים ב').



תרשים ב

ב. האם במצב זה יוכל הצופה לראות את הבול? נמק.

את הלוח האטום לאור מעבירים אל מאחורי הבול, כמוצג בתרשים ג׳.



תרשים ג

ג. האם במצב זה יוכל הצופה לראות את הבול? נמק.

ד. מסלקים את הלוח האטום. הבול, העדשה והעין נשארים במקומם. הצופה מתבונן בבול דרך העדשה (ראה תרשים א׳), ואחר כך הוא מסלק את העדשה ומתבונן בבול.
באיזה משני המצבים (עם העדשה או בלי העדשה) הבול נראה לצופה גדול יותר? הסבר את תשובתך במונחים של זוויות ראייה.

ה. העתק למחברתך את תרשים א׳. (כל משבצת בתרשים תהיה משבצת במחברת).
סרטט קרן, המופצת מראש הבול (A), עוברת בעדשה, וחודרת למרכז האישון של עין הצופה.
תאר כיצד קבעת את מהלך הקרן שסרטטת.

תשובות סופיות:

1) א. רק בעדשה מפזרת הדמות מתקבלת ישרה, מוקטנת (ומדומה).
ב. ראה סרטון. ג. ראה סרטוט ד. $f=-10cm$
ה. ראה סרטון. ו. לא.

2) א. $\frac{1}{v}=-\frac{1}{u}+\frac{1}{f}$
ב.

המדידה	1	2	3	4	5
u(m)	0.13	0.18	0.25	0.33	0.60
v(m)	0.44	0.22	0.16	0.14	0.12
$\frac{1}{u}\left(\frac{1}{m}\right)$	7.69	5.56	4	3.03	1.67
$\frac{1}{v}\left(\frac{1}{m}\right)$	2.27	4.54	6.25	7.14	8.33

ג. ראה סרטון. ד. $f=9.74cm$ ה. iv.

3) א. $B=26.2°$ ב. הוכחה. ג.i. ראה סרטון. ii. כן.
ד. מתחתיה.

4) א. ראה סרטון. ב. ראה סרטון. ג. גדולה. ד. 1.23.
ה. ראה סרטון.

5) א. ראה סרטון. ב. ראה סרטון. ג. להתקרב. ד. 40 ס"מ.

6) א. ראה סרטון. ב. ראה סרטון. ג. $h=0.6m$.

7) א. ראה סרטון. ב. 1.85. ג. נמוך יותר.

8) א.i. ישרה. ii. מדומה. iii. מוקטנת. ב. מפזרת.
ג. ראה סרטון. ד. $V=\Theta 4cm$, $H_i=2cm$, כן.

9) א. החזרה מסודרת, מתקבלת דמות במפגש הקרניים המוחזרות.
ב. 1.5sec. ג. IV.

10) א. לעבר המפה. ב. ראה סרטון. ג. כל משטח מתפקד כמראה עצמאית.
ד. דמות 1.

11) א. ראה סרטון. ב. $\theta_c=23.2°$ ג. ראה סרטון.

12) א. ראה סרטון. ב. $r=1.14m$ ג. ראה סרטון. ד. $x=2.28m$.
ה. ראה סרטון.

13) א. דמות ממשית – מתקבלת במפגש המשכי הקרניים הממשיות.
דמות מדומה – מתקבלת בנקודת מפגש המשכי הקרניים המדומות.
ב. תרשים ב'. ג. 50cm. ד. $u=27.3cm$

14) א. 1. קרניים שיצאו מהסוף, 2. ההחזרה מהמשטח תהיה מסודרת.
ב. הצופה יימצא בשדה בראייה של הדמות. ג. כן. ד. 2m
ה. לא.

15) א. הדמות לא יכולה להיווצר בעדשה מפזרת. ב. ראה סרטון.
ג. 4cm. ד. $u > f$ ה. $u_2 = 8cm$.

16) א. ראה סרטון. ב. 15.1cm ג. ראה סרטון. ד. כן.
ה. i.

17) א. $u = 45cm$. ב. פי 4. ג. $u_2 = 40cm$, $u_1 = 120cm$.
ד. ראה סרטון.

18) א.i. $f = 30cm$ ii. $C = 3.33D$. ב. לא. ג. כן.
ד. ראה סרטון. ה. ראה סרטון.

פרק 3

בגרויות בגלים

גלי אור 189
גלי מים 205
גלים חד ממדיים 212

שאלות מבגרויות – גלי אור:

שאלות

1) בגרות 2022 – שאלה 2

תלמידים ערכו ניסוי במערכת המורכבת מלוחית שיש בה סדק יחיד שרוחבו w, מקור אור מונוכרומטי שאורך הגל שלו λ ומסך. הם הציבו את המסך במקביל ללוחית ובמרחק L ממנה, ומדדו את רוחב כתם האור המרכזי Δx שהתקבל על המסך.

התלמידים ביצעו את המדידות כמה פעמים, ובכל פעם הם השתמשו בלוחית אחרת שבה רוחב הסדק w היה שונה.

א. בטאו את רוחב כתם המרכזי Δx בתבנית העקיפה כפונקציה של רוחב הסדק w, מרחק הלוחית מהמסך L ואורך הגל λ. (6 נקודות)

תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניכם. בטבלה יש גם שורה של "המשתנה החדש" המיועדת למשתנה המבוסס על רוחב הסדק w, והתלות בינו לבין Δx היא ליניארית.

w (mm)	0.016	0.020	0.030	0.040	0.080
Δx (m)	0.040	0.035	0.025	0.017	0.010
המשתנה החדש					

ב. **(1)** קבעו את המשתנה החדש ואת היחידות שלו.

(2) העתיקו למחברת את הטבלה והשלימו בה את הערכים של המשתנה החדש ואת היחידות שלו.

(4 נקודות)

ג. **(1)** סרטטו דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) של רוחב כתם האור המרכזי Δx כפונקציה של המשתנה החדש.

(2) הוסיפו לדיאגרמת הפיזור את הישר המתאים לה ביותר (קו מגמה).

(9 נקודות)

נתון: $L = 0.75\text{m}$.

ד. היעזרו בשיפוע הגרף ומצאו את אורך הגל λ של האור. (9 נקודות)

התלמידים החליפו את הלוחית שבה סדק יחיד בלוחית אחרת, שבה שני סדקים צרים מאוד שהמרחק ביניהם הוא d. עבור שתי הלוחיות התקבל כתם האור המרכזי באמצע המסך.

נתון: $d = w$.

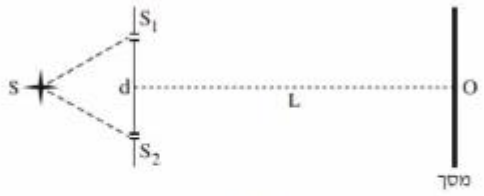
ה. קבעו איזה מן ההיגדים 1–3 שלפניכם נכון, ונמקו את קביעתכם. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

1. רוחב הכתם המרכזי שהתקבל על המסך בשתי הלוחיות שווה.
2. רוחב הכתמים המשניים שהתקבלו על המסך בשתי הלוחיות שווה.
3. מספר פסי המקסימום של האור שהתקבל על המסך הוא זוגי בשתי הלוחיות.

2) בגרות 2021– שאלה 2

אור מונוכרומטי, שאורך הגל שלו λ_1, נפלט ממקור אור נקודתי S ופוגע בלוחית שבה שני סדקים צרים מאוד, S_1 ו־S_2.
המרחק בין הסדקים הוא $d = 0.4mm$.

במרחק $L = 3.4m$ ממישור הסדקים ובמקביל לו, נמצא מסך שעליו מתקבלת תבנית התאבכות. נקודה O נמצאת על המסך, על האנך האמצעי לקטע המחבר את שני הסדקים (ראה תרשים 1).



תרשים 1

המינימום הראשון מתקבל על המסך במרחק 2.55mm מאמצע המקסימום המרכזי.

א. חשב את אורך הגל λ_1 של האור. (8 נקודות)

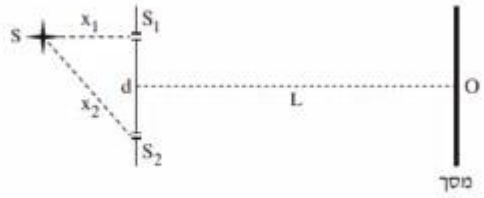
מאירים את מערכת הסדקים המתוארת בתרשים 1 באור מונוכרומטי אחר, שאורך הגל שלו הוא λ_2.
מיקום המינימום מסדר שלישי מתלכד עם מיקום המקסימום מסדר שני שהתקבל באור שאורך הגל שלו הוא λ_1.

ב. חשב את אורך הגל λ_2. (8 נקודות)

מחליפים את הלוחית שבה שני הסדקים בלוחית שבה סדק יחיד שרוחבו $w = 0.2mm$, ומאירים אותה באור שאורך הגל שלו הוא λ_1.

ג. חשב את רוחב הפס של המקסימום המרכזי שמתקבל על המסך. (6 נקודות)

מחזירים את הלוחית שבה שני הסדקים ומשנים את מיקום מקור האור שאורך הגל שלו הוא λ_1, כמתואר בתרשים 2.



תרשים 2

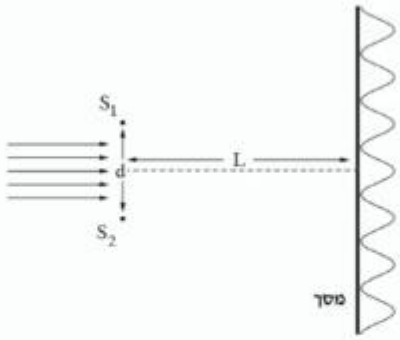
x_1 הוא המרחק בין S_1 לבין S, x_2 הוא המרחק בין S_2 לבין S.

ד. קבע אם המקסימום המרכזי נמצא בנקודה O, מעליה או מתחתיה. נמק את קביעתך. (6 נקודות)

ה. חשב מהו ההפרש בין x_2 לבין x_1 אם בנקודה O התקבל מינימום שני. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

3) בגרות 2020– שאלה 2

תלמידים ערכו ניסוי במעבדה באמצעות מערכת המוצגת בתרשים שלפניך. אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי פוגעת בלוחיות שבה זוג סדקים צרים במרחק d זה מזה. כיוון האור הפוגע ניצב למישור הסדקים. במרחק L מן הסדקים מוצב מסך במקביל ללוחיות. על המסך מתקבלת תבנית התאבכות.



באמצעות החלפת לוחיות שינו התלמידים את המרחק d בין הסדקים, ובעקבות זאת השתנה רוחב פס האור, Δx. בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות הניסוי.

d [cm]	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
Δx [cm]	0.61	0.29	0.20	0.17	0.12	0.10
המשתנה החדש						

א. (1) רשום ביטוי של רוחב פס האור, Δx, כפונקציה של המרחק בין הסדקים, d.

(2) החליפו את המשתנה d במשתנה חדש, שהקשר בינו לבין Δx הוא קשר ליניארי. מהו המשתנה החדש?

ב. העתק את הטבלה למחברתך, והוסף בה את הערכים של המשתנה החדש ואת היחידות המתאימות. (4 נקודות)

ג. סרטט גרף (דיאגרמת פיזור) של Δx כפונקציה של המשתנה החדש, והוסף בו קו מגמה ליניארי. ($10\frac{1}{3}$ נקודות)

נתון: $L = 120cm$.

ד. חשב את אורך הגל באמצעות השיפוע של קו המגמה. (7 נקודות)

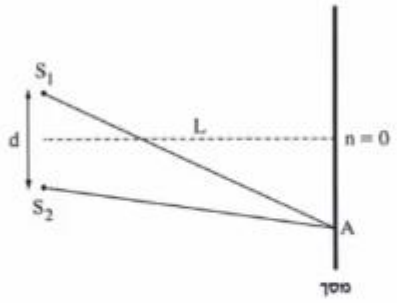
ה. (1) העתק למחברתך (בקירוב) את התרשים שבפניך, וסמן בו את המרחק בין המקסימום המרכזי ($n = 0$) לבין המקסימום מסדר 2 ($n = 2$).

(2) חשב את המרחק הזה עבור $d = 0.015cm$, באמצעות נקודה מקו המגמה.

4) בגרות 2019– שאלה 2

תלמידים עורכים שלושה ניסויים.

בניסוי הראשון, אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי בעל אורך גל $\lambda_1 = 600nm$ פוגעת בניצב בלוחית שבה שני חריצים, S_1 ו־S_2. החריצים צרים מאוד ביחס למרחק d שביניהם. על מסך המקביל ללוחית מתקבלת תבנית התאבכות. המסך נמצא במרחק L מן הלוחית (ראה תרשים 1).



תרשים 1

הנח כי מתקיים קירוב של זוויות קטנות.

א. קבע אם בנקודה שבה הפרש הדרכים משני החריצים שווה 18 חצאי אורך גל מתקיימת התאבכות בונה, התאבכות הורסת או נקודת ביניים. נמק את קביעתך. (5 נקודות)

נתון שהמרחק בין מרכז המקסימום מסדר $n = 0$ לבין מרכז המקסימום מסדר $n = 8$ שווה $12cm$.

ב. חשב את הרוחב של פס האור, Δx. (4 נקודות)

בניסוי השני, מאירים את החריצים S_1 ו־S_2 באלומה מקבילה של אור מונוכרומטי שאורך הגל שלו הוא λ_2. במקרה זה רוחב פס האור קטן פי 1.2.

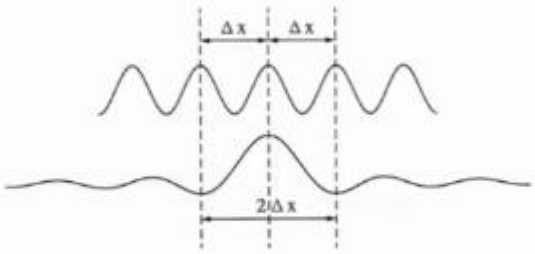
ג. חשב את אורך הגל λ_2. (7 נקודות)

הנקודה A נמצאת במרחק של $3.75cm$ ממרכז המקסימום מסדר $n = 0$.

ד. עבור כל אחד מאורכי הגל λ_1 ו־λ_2, קבע אם בנקודה A תיווצר התאבכות בונה, התאבכות הורסת או נקודת ביניים. נמק את קביעותיך. (6 נקודות)

בניסוי השלישי, האלומה המקבילה של אור מונוכרומטי, שאורך הגל שלו $\lambda_1 = 600nm$, פוגעת בניצב בלוחית שבה יש חריץ אחד בלבד, ברוחב w. על מסך המקביל ללוחית נוצר מקסימום מרכזי, שרוחבו פי 2 מרוחב פס האור שהתקבל משני החריצים S_1 ו־S_2 בניסוי הראשון (ראה תרשים 2).

המרחק בין הלוחית למסך בניסוי השלישי שווה למרחק L שבין הלוחית למסך בניסוי הראשון.



תרשים 2

ה. הוכח שבניסוי זה, רוחב החריץ w שווה למרחק d בין S_1 ו־S_2. (6 נקודות)

נתון כי המרחק בין הלוחית למסך הוא $L = 1.5m$.

ו. חשב את רוחב החריץ, w. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

5) בגרות 2018– שאלה 2

בתרשים שלפניך מוצג סרטוט של תבנית התאבכות. התבנית נוצרה על ידי אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי שעברה דרך זוג חריצים מקבילים בלוחית אטומה. אורך הגל של האלומה הוא λ.
האלומה פגעה בלוחית בכיוון ניצב למישור החריצים, והתבנית התקבלה על מסך המקביל למישור החריצים.
פסי האור שהתקבלו מסומנים באותיות א-ט. פס האור ה הוא הפס המרכזי.



א. קבע לאיזה פס אור (או לאילו פסי אור) מבין הפסים א-ט הגיע אור מאחד החריצים, במסלול שהוא ארוך בשלושה אורכי גל מן המסלול שעבר האור שהגיע מן החריץ האחר. נמק את תשובתך. (7 נקודות)

ב. קבע לאיזה מקום (או לאילו מקומות) הגיע אור מאחד החריצים, במסלול שהוא ארוך באורך גל אחד מן המסלול שעבר האור שהגיע מן החריץ האחר. בתשובתך השתמש באותיות המציינות את פסי האור. (7 נקודות)

המרחק בין החריצים הוא $d = 0.2mm$, ומרחק המסך ממישור החריצים הוא $1.2m$.
בתחתית הסרטוט של תבנית ההתאבכות הוסיפו סרגל. הערכים של הסרגל נתונים ביחידה סנטימטר.

ג. חשב את הרווח של פס האור בדרך שבה השגיאה היחסית במדידה תהיה קטנה ככל האפשר. פרט את תשובתך. (6 נקודות)

ד. חשב את אורך הגל של אלומת האור. (7 נקודות)

ה. הסבר מדוע עדיף להשתמש בסריג עקיפה במקום בזוג חריצים, כדי למדוד בצורה מדויקת ככל האפשר את אורך הגל. (3 נקודות)

נתון סריג עקיפה שבו המרחק בין כל זוג חריצים סמוכים שווה למרחק d שבין זוג החריצים המוצג בשאלה.

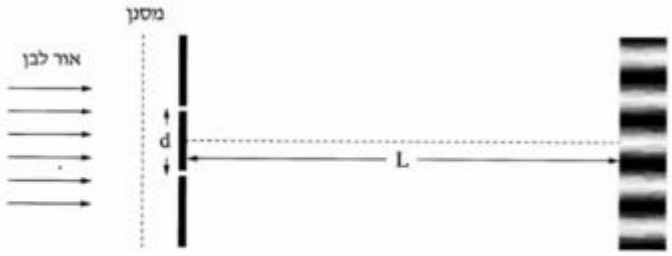
ו. קבע אם המרחק שבין נקודות המקסימום שבתבנית המתקבלת מזוג החריצים גדול מן המרחק שבין נקודות המקסימום הראשיות שבתבנית המתקבלת מסריג העקיפה, קטן ממנו או שווה לו. נמק את קביעתך. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

6) בגרות 2017– שאלה 2

בניסוי דמוי יאנג מקרינים אור לבן דרך מסנן המעביר אור באורך גל מסוים. לאחר שהאור עבר דרך המסנן, הוא עובר דרך שני סדקים זהים שהמרחק ביניהם הוא d.

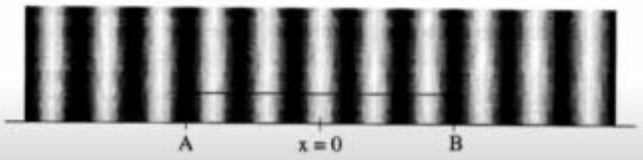
האור מגיע למסך שנמצא במרחק L מן הסדקים ועל המסך מתקבלת תבנית התאבכות (ראה תרשים 1).

חוזרים על הניסוי כמה פעמים, ובכל פעם משתמשים במסנן המעביר אור באורך גל אחר.



תרשים 1

בתבנית ההתאבכות המתקבלת בכל אחד מאורכי הגל מודדים את הרוחב של 5 פסי אור הקרובים למרכז התבנית (קטע AB). $x = 0$ מסמן את מרכז התבנית (ראה תרשים 2).



תרשים 2

בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות המדידות.

0.65	0.61	0.58	0.52	0.47	λ (μm)
19.5	18.1	17.4	15.8	14	AB (mm)

א. בלי להסתמך על תוצאות המדידות שבטבלה, בטא את המרחק AB באמצעות הפרמטרים: λ, d, L. (8 נקודות)

ב. לפי תוצאות המדידות סרטט במחברתך גרף של המרחק AB כפונקציה של אורך הגל. (9 נקודות)

נתון: $L = 3m$.

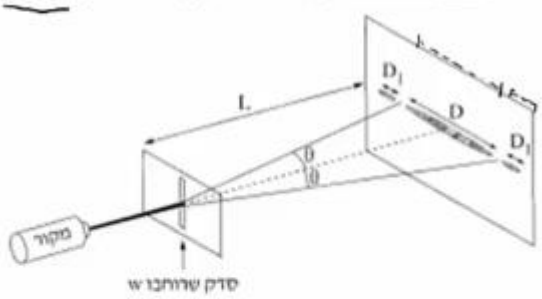
ג. היעזר בביטוי שפיתחת בסעיף א ובגרף שסרטטת בסעיף ב, וחשב את המרחק d בין הסדקים. (10 נקודות)

ד. בערכת הניסוי היה מסנן נוסף שמעביר אור באורך גל לא ידוע. כאשר משתמשים בו מתקבל $AB = 15mm$.

מצא את אורך הגל שמסנן זה מעביר. פרט את שיקוליך. (6$\frac{1}{3}$ נקודות)

7) בגרות 2016– שאלה 2

תופעת העקיפה באור ניתנת להסבר רק באמצעות המודל הגלי של האור. כשאלומה דקה של אור מונוכרומטי עוברת דרך סדק מלבני (ראה תרשים) מתקבלת על מסך תבנית עקיפה אופיינית. שים לב: התרשים שלפניך אינו מסורטט בקנה מידה מדויק ($L >> D$).



א. ציין שלושה פרמטרים המשפיעים על הרוחב D של כתם האור המרכזי הנראה על המסך.
(6 נקודות)

במעבדה לפיזיקה ערכו תלמידים סדרת ניסויים לחקירת תופעת העקיפה.
נתון: המרחק בין הסדק למסך $L = 1.7m$.
בטבלה שלפניך מוצגות תוצאות המדידות.

0.15	0.10	0.08	0.04	w (mm)
14	24	26	54	D (mm)
6.7	10	12.5	25	$\frac{1}{w}$ $(\frac{1}{mm})$

ב. סרטט במחברתך גרף של $\frac{1}{w}$ כפונקציה של D. (11 נקודות)

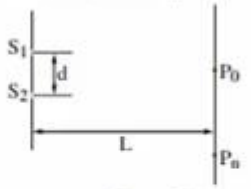
ג. הנח שהזווית θ קטנה ($\sin\theta \approx \tan\theta$). היעזר בגרף וחשב את אורך הגל λ שנפלט ממקור האור. (7 נקודות)

ד. חשב את הרוחב של כתם האור מסדר ראשון, D_1, כאשר רוחב הסדק $w = 0.04mm$.
(5 נקודות)

ה. ציין שני שינויים שיזהלו בכתם האור המרכזי, אם מקור האור המונוכרומטי יוחלף במקור אור לבן. נמק את תשובתך. (4 $\frac{1}{3}$ נקודות)

8) בגרות 2015– שאלה 2

בתרשים שלפניך מתוארת לוחית אטומה שבה שני חריצים צרים ומקבילים זה לזה: S_1 ו־ S_2.
המרחק בין החריצים הוא d. אלומה מונוכרומטית ומקבילה של אור צהוב פוגעת בניצב ללוחית.
אורך הגל של האור הצהוב מסומן ב־ $\lambda_{צהוב}$.
על מסך המקביל ללוחית, הנמצא במרחק L ממנה, מתקבלת תבנית התאבכות של האלומה.
P_0 היא מרכז תבנית ההתאבכות, ו־ P_n היא נקודת מקסימום מסדר n של התבנית.



א. בטא את הפרש המרחקים $S_1P_n - S_2P_n$ באמצעות הפרמטרים שבפתיח (או באמצעות חלק מהם).
שים לב: $S_1P_n > S_2P_n$. (7 נקודות)

ב. בניסויים של התאבכות אור (אור נראה) משני חריצים מקבילים מוצאים את אורך הגל באמצעות נוסחה מקורבת. הסבר מדוע אין משתמשים בסרגל למדידות של S_1P_n ו־ S_2P_n ובביטוי שמצאת בסעיף א, אף על פי שביטוי זה אינו מקורב. (6 נקודות)

מחליפים את האלומה של האור הצהוב באלומה של אור כחול, שאורך הגל שלו, $\lambda_{כחול}$, מקיים $\lambda_{כחול} < \lambda_{צהוב}$. גם אלומה זו מונוכרומטית, מקבילה ופוגעת בניצב ללוחית.

ג. האם המרחק בין מרכז תבנית ההתאבכות, P_0, ובין נקודת המקסימום מסדר n באור כחול גדול מן המרחק בין הנקודות האלה באור צהוב, קטן ממנו או שווה לו? נמק.
(7 נקודות)

ד. נתון: $d = 0.06\ mm$, $\lambda_{כחול} = 440\ nm$ ו־ $L = 0.8\ m$.
חשב את הרוחב של פס מקסימום בתבנית ההתאבכות שהתקבלה באור כחול.
(8 נקודות)

ה. מחליפים את אלומת האור הכחול באלומה מקבילה של אור לבן.
כיצד ייראה פס המקסימום מסדר אפס? הסבר מדוע.

9) בגרות 2014– שאלה 2

המודל הגלי של האור התבסס במאה ה־19, בעקבות תוצאות ניסויים שנמצא בהם כי לאור יש מאפיינים של גלים מכניים. הפיזיקאי הצרפתי אוגוסטין פרנל שחקר את תופעת העקיפה השתמש בניסוייו באור השמש ובתיל מתכת.

פרנל מצא שכאשר אלומה מקבילה של אור פונעת בתיל שקוטרו קטן, מתקבלת על מסך תבנית עקיפה הדומה לתבנית המתקבלת כאשר אלומת האור עוברת מבעד לסדק. כלומר שאפשר להתייחס אל התיל כאל סדק שרוחבו שווה לקוטר התיל.

א. תלמידים עורכים שלושה ניסויים (1)-(3), ובכל אחד מהם מוקרנת אלומת אור שאורך הגל שלה הוא λ על תילים בעלי קטרים שונים. לאחר פגיעת האור בתילים הוא ממשיך להתקדם ופוגע במסך.

לפניך קוטרי התילים בשלושת הניסויים:

(1) $W = 10\lambda$

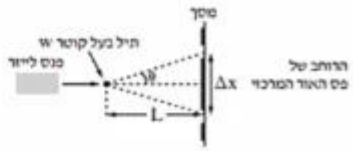
(2) $W = 100\lambda$

(3) $W = 1{,}000\lambda$

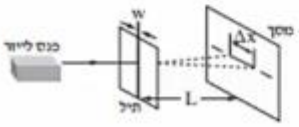
קבע באיזה משלושת הניסויים רוחב פס האור המרכזי שמתקבל על המסך הוא הגדול ביותר.

נמק את קביעתך. (4 נקודות)

התלמידים משחזרים את ניסוי פרנל באמצעות המערכת שמוצגת בתרשימים 1, 2 שלפניך.



תרשים 1: מבט מלמעלה



תרשים 2: מבט מן הצד

הזווית θ מגדירה את הרוחב של פס האור המרכזי (ראה תרשים 1).

λ — אורך הגל של מקור האור (הלייזר)

L — מרחק התיל מן המסך

W — קוטר התיל

Δx — הרוחב של פס האור המרכזי

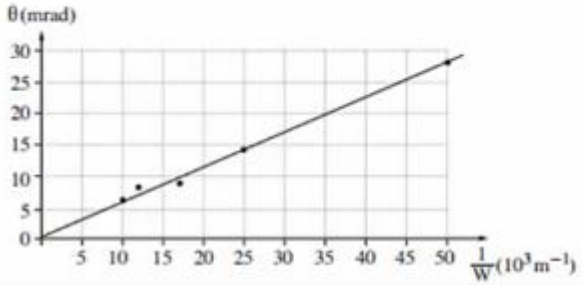
נתון כי בתנאי הניסוי $\sin\theta \approx \tan\theta$

ב. הוכח שבמערכת הניסוי מתקיים הקשר: $\Delta x = 2\frac{\lambda L}{W}$. (8 נקודות)

התלמידים משתמשים בתילים בעלי קטרים שונים, ומודדים עבור כל תיל את הזווית θ שעבורה מתקבלת על המסך נקודת הצומת הראשונה. את תוצאות המדידות הם מציגים בגרף של הזווית θ (במיליראדיאן, mrad) כפונקציה של $\frac{1}{W}$.

קוטר התיל W נמדד במיליטטרים (10^{-3} m).

שים לב: בזוויות קטנות הנמדדות ברדיאנים $\sin\theta \approx \theta$.



ג. הסבר מדוע העקומה היא קו ישר. (8 נקודות)

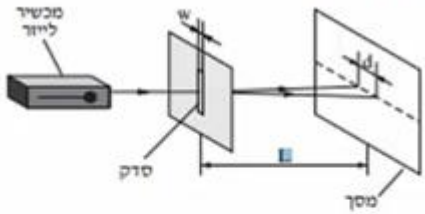
ד. חשב את אורך הגל של האור הנפלט מן הלייזר, ואת תידורתו. (10 נקודות)

ה. בסוף הניסוי אמר אחד התלמידים: "פרנל השתמש בניסוי שלו באור השמש, ולכן על המסך שלו התקבלה תבנית שאינה זהה לתבנית שאנחנו קיבלנו". האם צדק התלמיד?

נמק את תשובתך. ($3\frac{1}{2}$ נקודות)

10) בגרות 2013– שאלה 2

לצורך חקירה של קרינת לייזר (מקור אור קוהרנטי) משתמשים במערכת המוצגת בתרשים 1,
שבה קרינת הלייזר פוגעת בניצב ללוחית עם סדק יחיד.
על המסך מתקבלת התמונה שבתרשים 2.



תרשים 1



תרשים 2

א. כאשר מעבירים אור באורך גל נתון דרך סדק, לא תמיד אפשר להבחין בתופעת העקיפה
(גם אם המסך מספיק רחב).
איזה תנאי צריך להתקיים כדי שיהיה אפשר להבחין בתופעת העקיפה? (6 נקודות)

ערכו ניסוי ששינו בו את המרחק בין הסדק למסך, L, ומדדו את הרוחב של כתם האור המרכזי
שהתקבל, d. ראה תרשים 1.
תוצאות הניסוי מוצגות בטבלה שלפניך.

L(m)	0.50	1.00	1.50	1.70	2.00
d(mm)	6.5	13	19	21	24.6

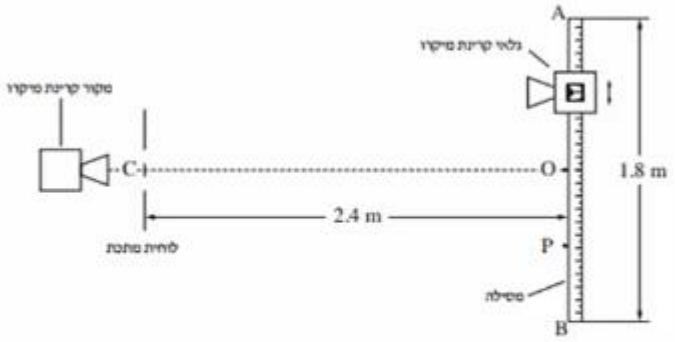
ב. סרטטו גרף המתאר את הרוחב של הכתם המרכזי, d, כפונקציה של המרחק בין הסדק למסך, L.
(10 נקודות)

ג. בעזרת הגרף שסרטטת מצא את אורך הגל כאשר רוחב הסדק הוא $w = 100\mu m$
$(100 \times 10^{-6}m)$. פרט את חישוביך. (10 נקודות)

ד. היעזר בגרף וחשב את הזווית בין האגף המרכזי לבין קו הצומת השני (מינימום מסדר שני),
שמתקבל כאשר הרוחב של כתם האור המרכזי הוא $d = 20mm$. פרט את חישוביך.
$(7\frac{1}{2}$ נקודות)

11) בגרות 2012– שאלה 2

אלומה צרה של קרינת מיקרו עוברת דרך לוחית מתכת ובה שני סדקים זהים. המרחק בין מרכזי הסדקים הוא 4 cm. גלאי של קרינת מיקרו מגוז לאורך מסילה ישרה AB שאורכה 1.8 m ונקודת האמצע שלה O. המסילה מקבילה ללוחית ומרחקה ממנה 2.4 m (ראה תרשים).



OC הוא אגף אמצעי לישר המחבר בין הסדקים. כאשר הגלאי מוזז מנקודה O לעבר הקצה B, הנקודה P היא הנקודה הראשונה שבה נקלטת בגלאי עוצמת קרינה מינימלית. המרחק OP הוא 45 cm.

א. הוכח שהתדירות של מקור קרינת המיקרו היא בקירוב $6 \cdot 10^{10}$ Hz. (7 נקודות)

ב. חשב בכמה נקודות בין A ל־ B יקלוט הגלאי עוצמת קרינה מקסימלית.
(14 נקודות)

ג. מה צריך להיות המרחק המינימלי בין המסילה ללוחית (OC), כדי שהגלאי יקלוט עוצמת קרינה מקסימלית (התאבכות בונה) בין A ל־ B רק בנקודה O? הסבר.
($7\frac{1}{3}$ נקודות)

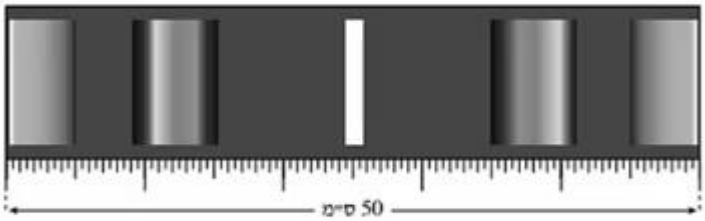
נתון כי רוחב הסדקים הוא 2 cm והמרחק בין הלוחית למסילה 2.4 m.
מכסים את הסדק התחתון (הסדק שנמצא מול הקטע OB שבמסילה).
מזיזים את הגלאי לאורך המסילה מהנקודה O אל הנקודה A.

ד. חשב באיזה מרחק מהנקודה O יקלוט הגלאי לראשונה עוצמת קרינה מינימלית.
(5 נקודות)

12) בגרות 2011– שאלה 2

כדי למצוא את תחום התדירויות של האור הנראה הנפלט מנורת להט, משתמשים בסריג עקיפה בעל 80 חריצים למ"מ. מקרינים אלומה מקבילה של האור על סריג העקיפה במאונך לו. במרחק $L = 3\ m$ מהסריג, ובמקביל לו, נמצא מסך לבן שרוחבו 50 ס"מ.

באמצע המסך מתקבל פס אור מרכזי לבן. בכל אחד מצדי פס האור המרכזי רואים שני אזורי ספקטרום רציף, כמתואר בתרשים שלפניך (צילום בשחור-לבן).



א. קצה אחד של הספקטרום הרציף מהסדר הראשון הוא אדום, וקצהו השני הוא סגול. ידוע שתדירות האור האדום קטנה מתדירות האור הסגול. האם הפס האדום הוא בקצה הספקטרום הרחוק מאמצע המסך או הקרוב אליו? <u>הסבר</u>. (8 נקודות)

ב. היעזר בתרשים וקבע את הגבולות של תחום התדירויות של האור הנראה הנפלט מהנורה. (10 נקודות)

ג. הקצה הימני והקצה השמאלי של המסך נראים ירוקים. חשב את התדירות של אור ירוק זה. (6 נקודות)

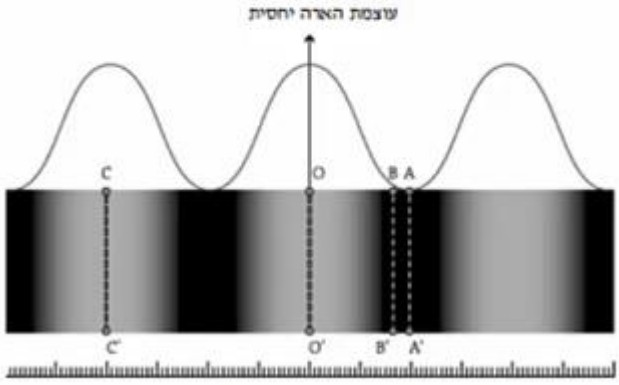
ד. מחליפים את הסריג בסריג אחר, בלי לשנות את מרחק הסריג מהמסך. כעת, בכל אחד מצדי פס האור המרכזי הלבן מתקבל על המסך אזור ספקטרום רציף <u>אחד בלבד</u>. האם קבוע הסריג החדש גדול מקבוע הסריג הקודם, קטן ממנו או שווה לו? <u>נמק</u>. (6 נקודות)

ה. אפשר לקבל הפרדה לצבעים של אור הנורה גם על ידי העברת האור דרך מנסרת זכוכית משולשת. הסבר מדוע המעבר של האור דרך המנסרה גורם להפרדתו לצבעים. (3$\frac{1}{3}$ נקודות)

13) בגרות 2009– שאלה 2

מבצעים ניסוי שבו אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי פוגעת בניצב ללוחית שבה שני חריצים מלבניים מקבילים. המרחק בין שני החריצים הוא $d = 0.02\ mm$. החריצים צרים מאוד ביחס למרחק ביניהם. תבנית ההתאבכות של האור שעובר דרך החריצים מתקבלת על מסך המקביל ללוחית, ונמצא במרחק $L = 1.5\ m$ ממנה.

בתרשים שלפניך מתואר חלק מתבנית ההתאבכות שמתקבלת על המסך – פס אור מסדר אפס ושני פסי אור מסדר ראשון. (אורי האור מסומנים בתרשים בלבן, אף על פי שאין מדובר באור לבן אלא באור מונוכרומטי). מעל התבנית מוצג גרף המתאר את עוצמת ההארה היחסית לאורך תבנית ההתאבכות שהתקבלה על המסך. מתחת לתבנית ההתאבכות מוצג סרגל שבו המרחק בין כל שתי שנתות סמוכות הוא 1 מ"מ.



א. מצא את רוחב פס האור מסדר אפס. (5 נקודות)

ב. חשב את אורך הגל של האור. (5 נקודות)

ג. עבור כל אחד מהקווים בתת־הסעיפים (1)-(4), ציין אם בנקודות שעל הקו מתרחשת התאבכות בונה או התאבכות הורסת, או אם הנקודות שעל הקו הן נקודות ביניים.
הסבר את תשובותיך באמצעות המרחקים של הנקודות על הקו משני החריצים.
(20 נקודות)

(1) הקו OO'

(2) הקו CC'

(3) הקו AA'

(4) הקו BB'

ד. חוזרים על ניסוי ההתאבכות עם אור בעל אורך גל קצר יותר. ציין הבדל אחד (מלבד הצבע) בין תבנית ההתאבכות שתתקבל ובין התבנית המוצגת בתרשים. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

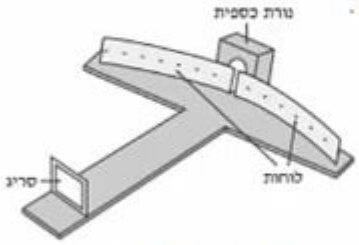
14) בגרות 2008– שאלה 2

בתרשים שלפניך מוצג ספקטרומטר סריג, המורכב משני לוחות קשתיים שביניהם רווח צר, וסריג עקיפה שחריציו אנכיים והקבוע שלו 5000 חריצים לס"מ. כל חלקי הספקטרומטר צבועים בשחור.

תלמיד מפעיל נורת כספית ורואה (ישירות, ולא דרך הספקטרומטר) שצבע הנורה סגול.

התלמיד מציב את נורת הכספית מאחורי הרווח שבין שני הלוחות הקשתיים (ראה תרשים), ומתבונן דרך הסריג בתבנית העקיפה שהסריג יוצר. בסדר הראשון הוא מבחין בארבעה קווים ספקטרליים.

זוויות הסטייה של קווים אלה מהקו המחבר את אמצע הסריג עם אמצע הרווח שבין הלוחות הן: 17.9° , 16.9° , 13.2° , 12.3°.



א. חשב את אורכי הגל של ארבעת הקווים הספקטרליים. (10 נקודות)

ב. מהו צבע האור בסדר אפס (פס המקסימום המרכזי) שהתלמיד רואה דרך הסריג?
נמק. (6 נקודות)

ג. התלמיד מחליף את נורת הכספית בנורת להט (הפולטת אור לבן) ומתבונן דרך הסריג בספקטרום שמתקבל.

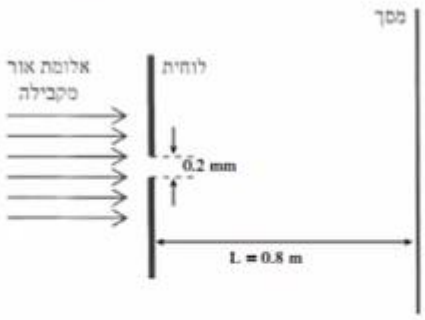
(1) איזה שינוי יחול בסדר אפס לעומת סדר האפס שהתקבל בניסוי עם נורת הכספית? (6 נקודות)

(2) האם אופי הספקטרום של הסדר הראשון בנורת להט שונה מאופי הספקטרום של הסדר הראשון בנורת כספית? אם כן – תאר את השוני;
אם לא – הסבר מדוע. (6 נקודות)

ד. ציין שימוש אחד בקרינה על־סגולה בחיי היום־יום. ($5\frac{1}{2}$ נקודות)

15) בגרות 2008– שאלה 3

אלומה מונוכרומטית ומקבילה של אור שאורך הגל שלו $\lambda = 500\ nm$ $(5000\ \text{Å})$ מוקרנת לעבר לוחית שבה חריץ מלבני שרוחבו $w = 0.2\ mm$. האלומה עוברת דרך החריץ ופוגעת במסך המקביל למישור החריץ ונמצא במרחק $L = 0.8\ m$ ממנו (ראה תרשים).



א. חשב את הרוחב (על המסך) של פס המקסימום המרכזי. (10 נקודות)

ב. חשב את הרוחב (על המסך) של פס מקסימום משני. (10 נקודות)

ג. פוח התבדל בין תבנית עקיפה זו ובין תבנית העקיפה שהייתה מתקבלת, אילו היו מחליפים את אלומת האור באלומה מקבילה של קרינה שאורך הגל שלה $0.2\ mm$ (0.2 מילימטר)? הסבר. (9 נקודות)

ד. הסבר מדוע גלי רדיו – בניגוד לגלי אור – עוקפים בניינים. $(4\frac{1}{3}$ נקודות)

16) בגרות 2007– שאלה 2

גלי מיקרו נכללים בספקטרום הגלים האלקטרומגנטיים, והתדירות שלהם היא בין $1\cdot10^9\,Hz$ לי $300\cdot10^9\,Hz$.

א. מהו אורך הגל המינימלי של גלי מיקרו בריק, ומהו אורך הגל המקסימלי של גלים אלה בריק? (6 נקודות)

ב. לפניך ארבעה היגדים (1)-(4). קבע לכל היגד אם הוא נכון או לא נכון. (4 נקודות)

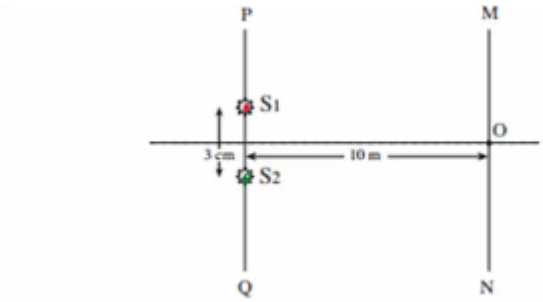
(1) המהירות של גלים אלקטרומגנטיים בריק תלויה בתדירות שלהם.

(2) גלים אלקטרומגנטיים הם גלי אורך.

(3) גלי רדיו נכללים בספקטרום הגלים האלקטרומגנטיים.

(4) גלים מחזוריים באמבט גלים נכללים בספקטרום הגלים האלקטרומגנטיים.

בניסוי בגלי מיקרו משתמשים בשני מקורות נקודתיים, S_1 ו־ S_2, שפולטים גלי מיקרו שווי־מופע ושווי־משרעת. אורך הגל של כל אחד משני הגלים הוא $1.2\,cm$. שני המקורות נמצאים על ישר PQ, במרחק $3\,cm$ זה מזה. גלאי יכול לנוע לאורך מסילה MN, שמקבילה לישר PQ (ראה תרשים). המרחק בין המסילה MN לישר PQ הוא $10\,m$. נקודה O, שעל המסילה MN, נמצאת במרחקים שווים משני המקורות.



ג. כשהגלאי נמצא בנקודה O הוא קולט עוצמת גל מקסימלית. הסבר מדוע. (5 נקודות)

ד. מזיזים את הגלאי לאורך המסילה מנקודה O לעבר הנקודה M, עד שעוצמת הגל הנקלט היא שוב מקסימלית. חשב את המרחק שהגלאי עובר. (9 נקודות)

ה. הגלאי הוזז מהנקודה M אל הנקודה N לאורך המסילה MN, שהיא ארוכה מאוד. בכמה נקודות לאורך המסילה נקלטה עוצמת גל מקסימלית? הסבר. (5$\frac{1}{2}$ נקודות)

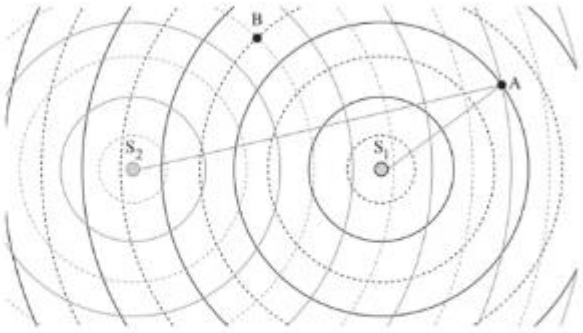
ו. ציין שני שימושים טכנולוגיים בגלי מיקרו. (4 נקודות)

שאלות מבגרויות – גלי מים:

שאלות

1) בגרות 2022 – שאלה 1

תלמידות מגמת פיזיקה בבית ספר תיכון ערכו מדידות באמבט גלים שבו הן יצרו גלים באמצעות שני כדורים מתנודדים.
S_1 ו־ S_2 הכדורים התנודדו בתדירות זהה f ופגעו במים בו־זמנית. התלמידות מדדו את המרחקים שבין הכדורים
S_1 ו־ S_2 לבין נקודה A (ראו הרשים; התרשים אינו בקנה מידה מדויק).
שימו לב: בתרשים, קו מלא מייצג שיא של גל (מקסימום) וקו מקווקו מייצג שפל של גל (מינימום).



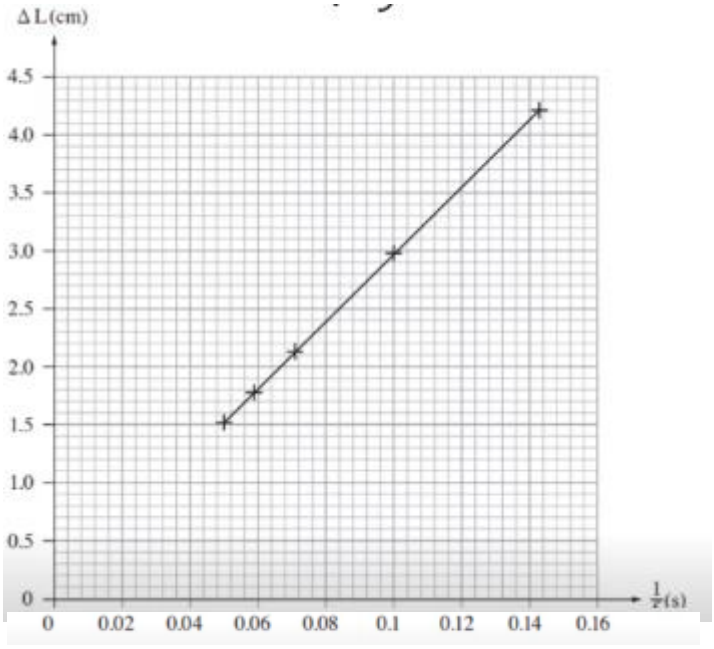
א. קבעו באמצעות התרשים מהו הסדר n של קו ההתאבכות שעליו נמצאת הנקודה A.
נמקו את תשובתכם. (6 נקודות)

ב. ΔL הוא הפרש המרחקים של הנקודה A מכל אחד משני הכדורים ($\Delta L = AS_2 - AS_1$).
רשמו ביטוי של ΔL כפונקציה של התדירות f והמהירות v, עבור התאבכות בונה. (6 נקודות)

התלמידות שינו את תדירות התנודות של שני הכדורים S_1 ו־ S_2. בכל תדירות הן מדדו את המרחקים בין הכדורים
ובין נקודה שנמצאת על אותו קו התאבכות מסדר n, הסדר שמצאתם בסעיף א. התלמידות חישבו את הפרש המרחקים

התלמידות שינו את תדירות התנודות של שני הכדורים S_1 ו־ S_2. בכל תדירות הן מדדו את המרחקים בין הכדורים
ובין נקודה שנמצאת על אותו קו התאבכות מסדר n, הסדר שמצאתם בסעיף א. התלמידות חישבו את הפרש המרחקים

ΔL וסרטטו את הגרף שלפניכם.



ג. על פי שיפוע הגרף, חשבו את v, מהירות ההתפשטות של הגלים באמבט הגלים. (6 נקודות)

ד. קבעו אם בנקודה B, המסומנת בתרשים, מתרחשת התאבכות בונה או התאבכות הורסת, או שנקודה B היא נקודת ביניים. (6 נקודות)

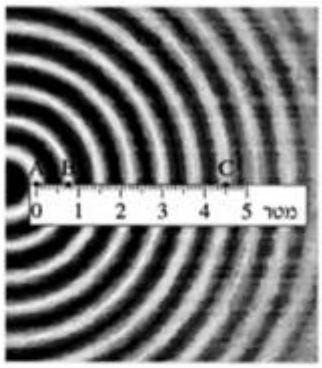
נתון: המשרעת של כל אחד משני הגלים בנקודה B היא 0.2 ס"מ.

ה. עבור התדירות $f = 12.5Hz$, סרטטו גרף של ההעתק האנכי של הגל בנקודה B כפונקצייה של הזמן במשך זמן מחזור אחד. ההעתק האנכי של הנקודה B ברגע $t = 0$ מונדר בתרשים. (5 נקודות)

ו. קבעו אם וכיצד היה משתנה סוג ההתאבכות בנקודות A ו־B הנתונות בתרשים במקרה שבו שני המקורות S_1 ו־S_2 היו הפוכי מופע. נמקו את קביעתכם. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

2) בגרות 2017– שאלה 1

תלמיד חקר גלים מכניים באמצעות תכנת סימולציה. בתכנה הוא קבע את תדירות הגל $f = 400\ Hz$, וקיבל את תבנית הגלים הנראית בתרשים 1 שלפניך.



תרשים 1

א. התלמיד חישב את אורך הגל בעזרת תרשים 1 (שים לב ליחידות של הסרגל).

(1) התלמיד מדד את אורך הקטע AB ואת אורך הקטע AC.

מבין שתי המדידות, איזו מדידה מאפשרת חישוב מדויק יותר של אורך הגל?

הסבר מדוע.

(2) חשב את אורך הגל.

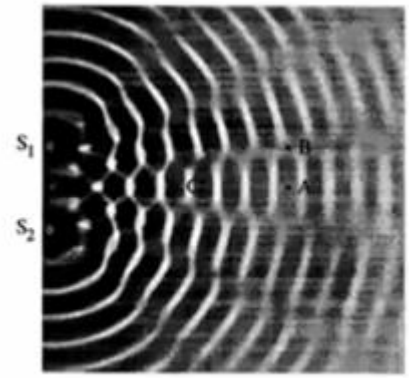
(6 נקודות)

ב. חשב את מהירות הגל. (5 נקודות)

ג. לפי התרשים, קבע אם התווך שהגלים מתקדמים בו הוא אחיד.

נמק את קביעתך. (5 נקודות)

בניסוי אחר הגדיר התלמיד בתכנת הסימולציה שני מקורות S_1 ו־S_2 המייצרים גלים זהים. הוא מדד את עוצמת האות שהתקבלה בשלוש נקודות שונות A, B, C (ראה תרשים 2).



תרשים 2

ד. (1) קבע את סוג ההתאבכות (בונה/הורסת/אחרת) בכל אחת משלוש הנקודות.

(2) עבור כל אחת מן הנקודות, בטא באמצעות אורך הגל את ההפרש בין מרחק הנקודה מן המקור S_1 ובין המרחק שלה מן המקור S_2.

(8 נקודות)

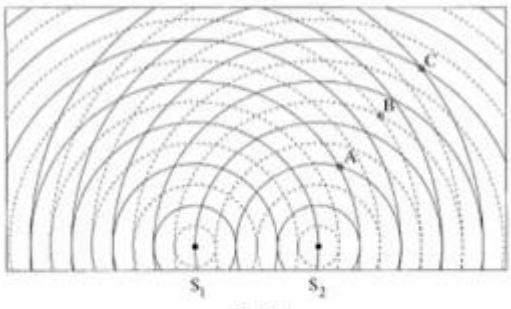
ה. דרג את שלוש הנקודות לפי עוצמת האות שנמדדה בהן, מן העוצמה הגבוהה לעוצמה הנמוכה. הסבר את תשובתך.

($6\frac{1}{3}$ נקודות)

ו. קבע מה יהיה סוג ההתאבכות בכל אחת משלוש הנקודות, אם המרחב המופיע בין המקור S_1 ובין המקור S_2 יהיה חצי זמן מחזור. (3 נקודות)

3) בגרות 2016– שאלה 1

בתרשים 1 שלפניך מוצג סדרטוט של אמבט גלים, ובו 2 כדורים קטנים S_1 ו־S_2 הרוטטים בתדירות של $f = 10Hz$. שני הכדורים הם מקורות שווי מופע לגלים. המעגלים המוצגים בקו רציף מציינים את השיאים של הגלים ברגע נתון, והמעגלים המוצגים בקו מקוטע מציינים את השפלים של הגלים באותו רגע. המרחק בין הכדור S_1 לכדור S_2 הוא $6\,cm$.



תרשים 1

א. על פי תרשים 1, מצא את אורך הגל λ של הגלים הנוצרים באמבט. פרט את חישוביך.

(5 נקודות)

ב. חשב את המהירות v של הגלים באמבט. (4 נקודות)

ג. בנוגע לכל אחת מהנקודות A, B, C המסומנות בתרשים 1, ענה על התת־סעיפים (1)-(2).

(1) בטא באמצעות אורך הגל λ את הפרשי המרחקים $AS_1 - AS_2$, $BS_1 - BS_2$, $CS_1 - CS_2$.

(2) על פי הפרשי המרחקים שמצאת, קבע את סוג ההתאבכות (בונה / הורסת / אחרת) בכל אחת מהנקודות. הסבר את קביעתך.

(12 נקודות)

ד. נקודה D, שאינה מסומנת בתרשים, נמצאת על קו מקסימום מהסדר השני.
נתון: המרחק של הנקודה D מן המקור S_2 הוא 8.2 cm.
חשב את מרחקה של נקודה D מן המקור S_1.
שים לב: יש שתי תשובות אפשריות. מצא את שתיהן. (6 נקודות)

בתרשים 2 שלפניך מוצג תצלום של אמבט גלים אחר.
נתון: התדירות של כל אחד משני המקורות $f = 10Hz$.



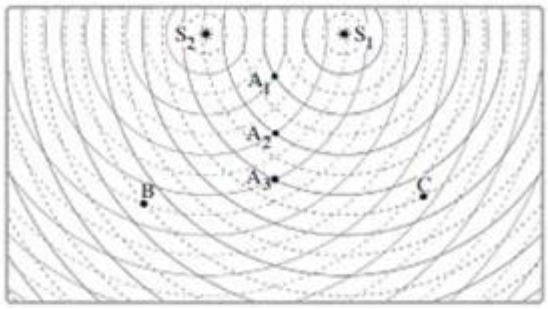
תרשים 2

צילמו את האמבט פעם נוספת 0.55 שניות לאחר הצילום הראשון. התצלום השני אינו מוצג.

ה. (1) קבע אם המיקום של הפסים האפורים בתצלום השני שונה ממיקומם בתצלום הראשון. נמק את קביעתך.
(2) קבע אם המיקום של האזורים השחורים בתצלום השני שונה ממיקומם בתצלום הראשון. נמק את קביעתך.
(6 $\frac{1}{3}$ נקודות)

4) בגרות 2014– שאלה 1

באמבט גלים נמצאים שני כדורים המתנודדים בתדירות 25 Hz. הכדורים משמשים שני מקורות נקודתיים, S_1 ו- S_2, לגלים מעגליים שווי מופע.
מקומן של נקודות השיא (מקסימום) של כל גל בנפרד ברגע מסוים מסומנות בתרשים שלפניך בקווים רציפים, ומקומן של נקודות השפל (מינימום) של כל גל בנפרד באותו רגע מסומנות בקווים מקווקווים.
הגל שיוצר כל אחד משני הכדורים מתפשט במים במהירות $50 \frac{cm}{s}$.



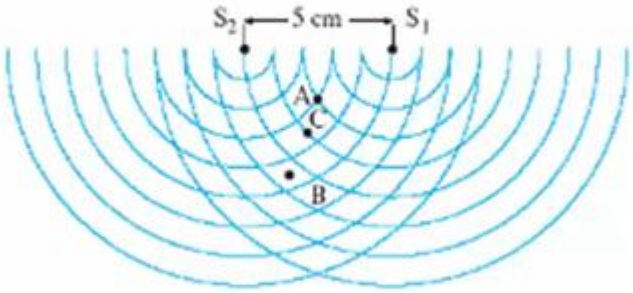
א. חשב את אורך הגל, λ, שיוצר כל אחד משני הכדורים. (8 נקודות)
ב. בתרשים מסומנות שלוש הנקודות A_1, B ו- C. קבע אם נוצרת בכל אחת משלוש הנקודות האלה התאבכות בונה או התאבכות הורסת או שהנקודה היא נקודת ביניים.
נמק את קביעותיך. (9 נקודות)
ג. (1) קבע על פי התרשים: כמה קווי מקסימום יש בתבנית ההתאבכות?
(2) מהו הסדר המרבי של קווי המקסימום?
(8 נקודות)

ד. היעזר בתרשים וקבע אם המרחק A_2A_3 גדול מאורך הגל λ, קטן ממנו או שווה לו.
נמק. ($5\frac{1}{3}$ נקודות).

ה. הנח שאין איבוד אנרגיה לסביבה, וקבע אם ברגע המתואר בתרשים נוכה פני המים בנקודה A_3 גדול יותר, קטן יותר או שווה לגובה פני המים בנקודה A_1.
(3 נקודות)

5) בגרות 2009– שאלה 1

שני כדורים מתנודדים, כל אחד בתדירות 25 Hz. הכדורים טובלים באמבט גלים, ומשמשים כשני מקורות נקודתיים S_1 ו-S_2 לגלים מעגליים. המרחק בין המקורות הוא 5 cm. התרשים שלפניך מתאר ברגע $t = 0$ את חזיתות הגלים המתאימות לנקודות שנמצאות בשיא הגובה מעל פני המים (כפי שהיו במנוחה). ברגע זה כל אחד מהכדורים נמצא בנקודת שיא הגובה מעל פני המים.



א. על-פי התרשים, הסבר מדוע אורך הגל שיוצר כל מקור הוא 1 cm. (5 נקודות)

ב. לגבי כל אחת מהנקודות שבתת-סעיפים (1) - (5) שלהלן, ציין אם נוצרת בה התאבכות בונה, התאבכות הורסת או שהיא נקודת ביניים.

(1) הנקודה A, המסומנת בתרשים. **נמק**. (7 נקודות)
(2) הנקודה B, המסומנת בתרשים. **נמק**. (7 נקודות)
(3) הנקודה C, המסומנת בתרשים. **נמק**. (7 נקודות)
(4) נקודה E, הנמצאת במרחק 38 cm מהמקור S_1 ובמרחק 39.5 cm מהמקור S_2. **נמק** (5 נקודות)
(5) נקודה F, הנמצאת במרחק 24 cm מהמקור S_1 ובמרחק 28.2 cm מהמקור S_2. **נמק** (5 נקודות)

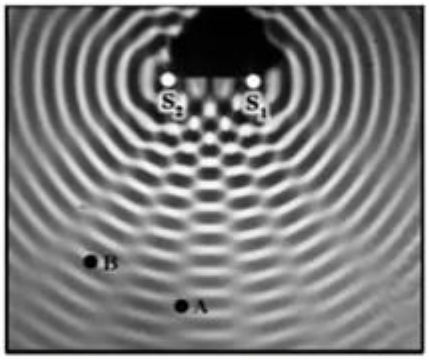
ג. (1) חשב את זמן המחזור T של הגל הנוצר על-ידי אחד המקורות. (4 נקודות)
(2) משרעת הגל (אמפליטודה) בנקודה A שיוצר כל מקור היא 0.4 cm.

סרטט גרף של העתק הנקודה A כפונקציה של הזמן מרגע $t = 0$ עד רגע $t = T$ (זמן של מחזור אחד). רשום מספרים על הצירים. נקודת האפס למדידת העתק הגל תהיה פני המים במצב שבו אין גלים באמבט.

6) בגרות 2006– שאלה 1

תלמיד הציב על שולחן אמבט גלים ובו שני כדורים קטנים, שכל אחד מהם מתנודד בתדירות של 25 Hz. הכדורים מהווים שני מקורות נקודתיים שווי־מופע ושווי־משרעת של גלי מים.

לפניך תצלום של תמונת הגלים שהתפשטו על פני המים. S_1 ו־S_2 מסמנים את שני מקורות הגלים.



א. התלמיד מצא כי מרחק הנקודה A (ראה תצלום) מ־S_1 הוא 34 ס"מ, ומרחקה מ־S_2 הוא 33 ס"מ.
מהו אורך הגל של כל אחד מהגלים הנוצרים על ידי המקורות? (7 נקודות)

ב. מהו הפרש המרחקים של הנקודה B (ראה תצלום) משני המקורות S_1 ו־S_2? (7 נקודות)

ג. מהי מהירות ההתפשטות של הגלים? (5 נקודות)

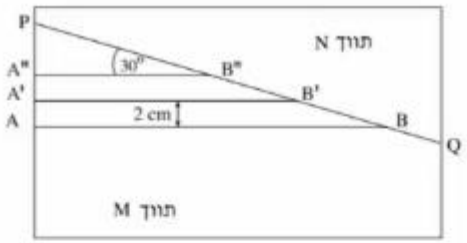
ד. אם שני מקורות הגלים יתנדדו במופע מנוגד ("אנטי פאזה"), האם תבנית ההתאבכות תהיה שונה מזו המוצגת בתצלום? אם לא – הסבר מדוע.

ה. תאר מערכת ניסוי שבאמצעותה אפשר לראות תבנית התאבכות של אור על מסך.
(4 $\frac{1}{3}$ נקודות)

ו. מדוע אי־אפשר לראות תבנית התאבכות של גלי אור על מסך כאשר הוא מואר בשני מנסים שונים, אף אם הם מונוכרומטיים והמרחק ביניהם קטן מאוד? (5 נקודות)

7) בגרות 2003– שאלה 1

התרשים שלפניך מתאר מבט מלמעלה על אמבט גלים ובו מים.



קו ההפרדה PQ מפריד בין תוך M לתוך N . עומק המים בתוך M שונה מעומק המים בתוך N . גודל מהירות הגלים הוא 10 m/s בתוך M , ו־ 15 m/s בתוך N .

הקווים AB , A'B' ו־ A"B" מתארים שלושה קווי שיא עוקבים של גל הנפלט ממקור הגלים.

המרחק בין שני קווי שיא עוקבים, לדוגמה בין AB ל־ A'B' , הוא 2 cm , והזווית בין כל אחד מקווי השיא ובין הקו PQ היא 30° .

א. מהי התדירות של מקור הגלים? (7 נקודות)

ב. מהו אורך הגל בתוך N ? (7 נקודות)

ג. חשב את זווית השבירה של הגל בתוך N . (12 נקודות)

ד. העתק את התרשים למחברתך, והוסף לו את המשך קווי השיא A'B' ו־ A"B" בתוך N . סמן בחץ את כיוון ההתקדמות של הגל בתוך N , וסמן את זווית השבירה.
(14 נקודות)

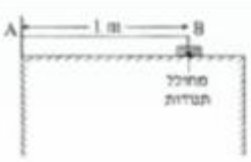
חוזרים על הניסוי במערכת שבה הזווית בין קווי השיא בתוך M ובין קו ההפרדה PQ היא 60° .

ה. ציין מהו הכיוון של התקדמות הגל במקרה זה, והסבר אותו. (אפשר להיעזר בסרטוט.)
(10 נקודות)

שאלות מבגרויות – גלים חד ממדיים:

שאלות

1) בגרות 1997



חוט AB , שאורכו 1 m , קשור בקצהו B למחולל תנודות ובקצהו A למוט קבוע (ראה תרשים).
כאשר תלמיד מפעיל את מחולל התנודות נוצר בחוט AB גל שמוחזר מהקצה A .
התלמיד מגדיל בהדרגה את תדירות מחולל התנודות ורושם את התדירויות בכל פעם שנוצר בחוט AB גל עומד. תוצאות הניסוי רשומות בטבלה שלפניך:

$\frac{1}{\lambda}$ (m^{-1})	λ (m)	צורת הגל העומד	f – תדירות התנודות (Hz)
			24
			45
			67
			88

התייחס לנקודה B כנקודת צומת.

א. העתק את הטבלה למחברתך, ורשום בעמודה המתאימה את אורך הגל λ לכל אחד מארבעת הגלים העומדים שנוצרו בחוט. (14 נקודות)

ב. רשום בעמודה המתאימה בטבלה את הערך $\frac{1}{\lambda}$ לכל אחד מארבעת הגלים, וסרטט גרף של התדירות f כפונקציה של $\frac{1}{\lambda}$. (14 נקודות)

ג. מצא בעזרת הגרף את מהירות התפשטותו של גל בחוט AB . (10 נקודות)

ד. התלמיד ממשיך להגדיל את תדירות מחולל התנודות. מהי התדירות הראשונה (הגבוהה מ־ 88 Hz) שייווצר בה גל עומד בחוט AB ? נמק. (10 נקודות)

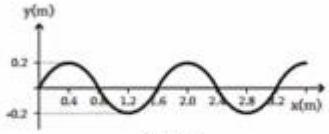
2) בגרות 2007

בניסוי במעבדה, תלמיד קושר את הקצה הימני A של חבל אלסטי לנקודה קבועה, ומותח את החבל כך שהוא אופקי.

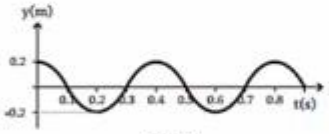
לאחר מכן הוא מניד את קצהו השמאלי, B , של החבל מעלה ומטה בתנועה מחזורית.

תרשים א מציג את ההעתקים של הנקודות השונות על קטע מהחבל, כפונקציה של המקום, ברגע מסוים ולפני שהגל הגיע לקצה החבל A. ציר המקום, x , מצביע ימינה.

תרשים ב מציג את ההעתק של קצה החבל B , כפונקציה של הזמן.



תרשים א



תרשים ב

א. מצא את מהירות הגל. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

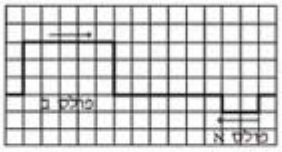
ב. חשב את המהירות של התנודות הגל בחבל. (10 נקודות)

ג. בניסוי אחר שנערך עם אותו חבל ובאותם התנאים, התלמיד מניד את קצה החבל B , אבל הפעם בתדירות גדולה פי 2 מהתדירות הקודמת, ובמשרעת קטנה פי 2 מהמשרעת הקודמת.

סרטט גרף של ההעתקים של הנקודות השונות על קטע החבל בניסוי זה, כפונקציה של המקום, עבור רגע מסוים ולפני שהגל הגיע לקצה החבל A. (9 נקודות)

ד. בתרשים ג מוצגים שני פולסים המתפשטים זה לקראת זה לאורך חבל אלסטי ברגע $t = 0$.

כל אחד מהפולסים נע במהירות של משבצת בשנייה.



תרשים ג

סרטט במחברתך שני תרשימים (צג כל משבצת מתרשים ג על ידי משבצת במחברתך):

בתרשים אחד הצג את מצב החבל ברגע $t = 5\,s$,

ובתרשים שני הצג את מצב החבל ברגע $t = 8\,s$.

הסבר את שיקוליך בקביעת מצבי החבל. (9 נקודות)

3) בגרות 2009

רחל ערכה שני ניסויים עם חבל אלסטי אחיד.

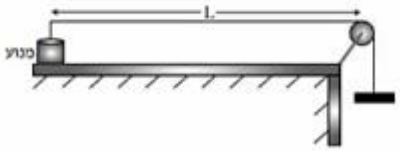
בניסוי הראשון קשרה רחל קצה אחד של החבל האלסטי לנקודה קבועה, מתחה את החבל ונדנדה את הקצה החופשי של החבל (בכיוון מאונך לחבל) בתדירות קבועה. לאורך החבל התקדם גל.

בניסוי השני היא נדנדה את הקצה החופשי של החבל (בכיוון מאונך לחבל) בתדירות כפולה מזו שבניסוי הראשון. גם הפעם התקדם גל לאורך החבל.

בשני הניסויים מהירות ההתקדמות של הגל הייתה זהה.

א. האם אורך הגל שנוצר בניסוי השני שווה לאורך הגל שנוצר בניסוי הראשון?
אם כן – נמק את קביעתך. אם לא – קבע באיזה ניסוי אורך הגל גדול יותר ופי כמה. (4 נקודות)

עידו קשר קצה אחד של חבל אלסטי למשקולת, העביר את החבל מעל גלגלת וקשר את קצהו האחר למנוע (ראה תרשים). אורך החבל שבין המנוע לבין הגלגלת הוא $L = 80\ cm$.



עידו הפעיל את המנוע והגדיל בהדרגה את תדירותו. בתדירויות מסוימות נוצרו לאורך החבל גלים עומדים עם מספר שונה של נקודות קמר (טבור). בכל פעם שנוצר גל עומד, רשם עידו בטבלה את המספר של נקודות הקמר ואת תדירות המנוע.

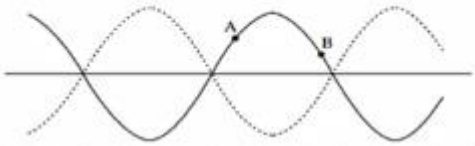
מספר נקודות קמר n	תדירות f (Hz)	אורך הגל λ בחבל (m)	ההופכי של אורך הגל $1/\lambda$ בחבל (1/m)
1	16		
2	35		
3	50		
4	65		
5	80		

ב. העתק את הטבלה למחברתך. חשב את הערכים המתאימים של אורך הגל λ, ושל ההופכי של אורך הגל $1/\lambda$, ורשום את התוצאות בעמודות המתאימות בטבלה.
עגל את תוצאות החישוב עד ספרה אחת אחרי הנקודה העשרונית. (10 נקודות)

ג. סרטט גרף של ההופכי של אורך הגל $1/\lambda$, כפונקציה של התדירות f.
(8 נקודות)

ד. חשב, על פי הגרף שקיבלת, את המהירות v של התקדמות הגל בחבל.
פרט את שיקוליך במציאת המהירות. (8 נקודות)

ה. לפניך תרשים של גל עומד בחבל. מהו הפרש המופע בין שתי הנקודות A ו- B המסומנות בתרשים? ($3\frac{1}{3}$ נקודות)



4) בגרות 2010



5) בגרות 2013

כאשר פורטים על מיתר מתוח של גיטרה, נוצרים גלי רוחב המתקדמים על המיתר.

א. הסבר בקצרה מהו ההבדל בין גלי רוחב לגלי אורך. הבא דוגמה לכל אחד מסוגי הגלים.

(3 נקודות)

ב. על מיתר מתוח יוצרים גלים בתדירות $f = 500\ Hz$. מהירות ההתקדמות של הגלים על המיתר היא $400\frac{m}{s}$.

חשב את אורך הגל של הגלים. ($3\frac{1}{2}$ נקודות)

כאשר שני הקצוות של המיתר המתוח (המתואר בסעיף ב) קבועים במקומם, מתרחשת סופרפוזיציה של הגלים הנעים על המיתר עם גלים המוחזרים מהקצוות. בעקבות זאת נוצר על המיתר גל עומד שבו שני הקצוות הם נקודות צומת (מינימום), ומרכז המיתר הוא נקודת קמור (מקסימום) יחידה.

ג. חשב את אורך המיתר. (2 נקודות)

ד. הגדילו את התדירות של הגל עד שנוצר שוב גל עומד.

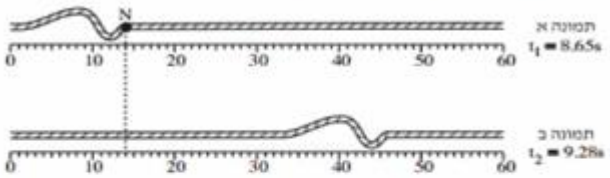
(1) חשב מהי תדירות זו.

(2) כמה נקודות צומת התקבלו על המיתר (כולל הקצוות)?

(4 נקודות)

6) בגרות 2014

בתרשים 1 מוצגות שתי תמונות של חבל, שלאורכו מתקדמת הפרעה (טולס).
בתמונה א מוצגת ההפרעה ברגע $t_1 = 8.65s$, ובתמונה ב מוצגת ההפרעה ברגע $t_2 = 9.28s$.
מותחת לכל התמונה מוצג סרגל המכויל בסנטימטרים.



תרשים 1

א. (1) מהו כיוון ההתקדמות של ההפרעה (ימינה, שמאלה, מעלה או מטה)?
(2) מהו סוג ההפרעה (אורכית, רוחבית או אחרת)? נמק.
(4 נקודות)

ב. היעזר בתרשים 1 וחשב את מהירות ההתקדמות של ההפרעה. ($2\frac{1}{2}$ נקודות)

ג. N היא נקודה על החבל. קבע איזה מבין הקצים המסומנים בתרשים 2 מתאר נכון את כיוון התנועה של הנקודה N, רגע לאחר t_1. (2 נקודות)



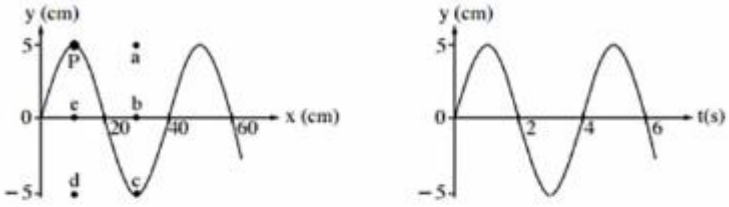
תרשים 2

ד. קצה החבל קשור בנקודה קבועה למוט אנכי שאינו נראה בתמונות.
ההפרעה מתקדמת לאורך החבל לעבר קצהו הקשור, והיא חוזרת לכיוון שהגיעה ממנו.
כאשר ההפרעה חוזרת היא מתחפכת בכיוון מעלה-מטה.
סרטט במחברתך תרשים מקורב של ההפרעה המוחזרת. (2 נקודות)

ה. במקרה אחר קצה החבל קשור לטבעת החופשייה לנוע מעלה-מטה לאורך המוט האנכי.
סרטט במחברתך תרשים מקורב של ההפרעה המוחזרת במקרה זה. (2 נקודות)

7) בגרות 2015

שני התרשימים שלפניך מתארים גל מחזורי שמתקדם לאורך חבל מתוח.



תרשים ב **תרשים א**

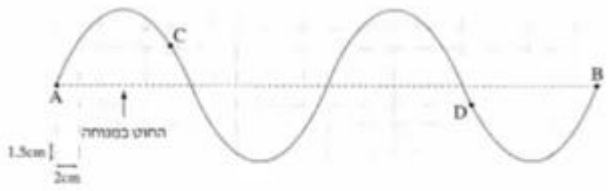
א. היעזר בתרשימים ומצא את הגדלים האלה:
(1) משרעת (אמפליטודת) הגל.
(2) תדירות הגל.
(3) אורך הגל.
(6 נקודות).

ב. חשב את המהירות של התקדמות הגל לאורך החבל המתוח. (2 נקודות)

ג. על החבל מסומנת נקודה בצבע שחור (נקודה P שבתרשים ב).
קבע באיזו נקודה (מן הנקודות a, b, c, d, e המסומנות בתרשים ב) תהיה נקודה P,
כעבור 2 שניות מהרגע המתואר בתרשים. נמק. ($4\frac{1}{2}$ נקודות)

8) בגרות 2016

בתרשים שלפניך מוצג גל מחזורי שמתקדם לאורך חוט מתוח. הגל נוצר בקצה A ומתקדם במשך עשירית שנייה עד לקצה B הקשור לקיר. ממדי כל משבצת בתרשים $1.5\text{ cm} \times 2\text{ cm}$.



א. היעזר בתרשים ומצא את הגדלים האלה:

(1) משרעת (אמפליטודת) הגל

(2) תדירות הגל

(3) אורך הגל

(4) מהירות הגל

(4 נקודות)

ב. על החוט שבתרשים מסומנות שתי נקודות C ו־D. קבע את כיוון התנועה של כל אחת משתי הנקודות ברגע המתואר בתרשים (מעלה / מטה / ימינה / שמאלה).

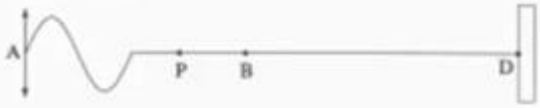
(2 נקודות)

ג. מהו התנאי להיווצרות גל עומד? (2 נקודות)

ד. מה צריך להיות זמן המחזור של הגל, כדי שעל אותו החוט ייווצר גל עומד שיש לו שתי נקודות טבור (קמר)? ($4\frac{1}{2}$ נקודות)

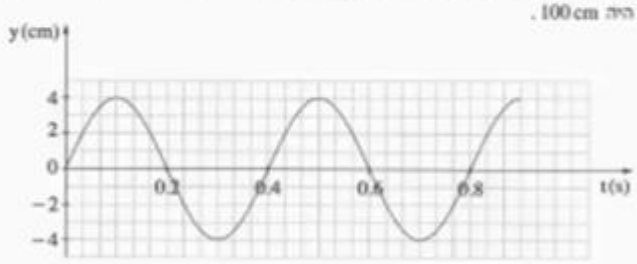
9) בגרות 2017

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 סיקומה 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)

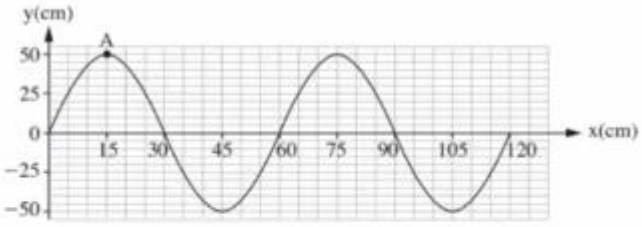
ב. חשב את מהירות ההתפשטות של הגל בחבל. (2 נקודות)

ג. הנקודה P נמצאת על החבל במרחק 50 cm משמאל לנקודה B.
קבע מה היה המיקום האנכי של הנקודה P ברגע $t = 0.5s$. הסבר את קביעתך.

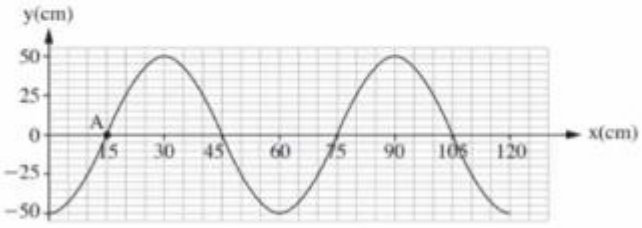
ד. התלמיד המשיך לנדנד את החבל, אך למרות זאת מרגע מסוים כבר לא התקבלו יותר תנודות בנקודה B, ומיקומה האנכי נשאר $y = 0$. הסבר כיצד הדבר ייתכן. (4 נקודות)

10) בגרות מכניקה 2018 נבחני משנה שאלה 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.

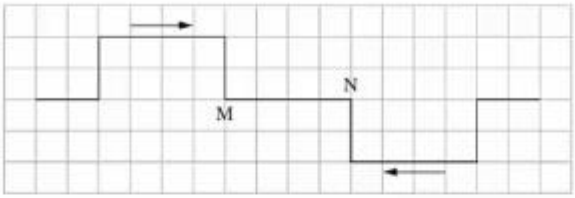
(4 נקודות)

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)

11) בגרות קרינה וחומר 2021 שאלה 1

שני פולסים נעים זה לקראת זה בחבל אלסטי מתוח. גודל מהירות ההתקדמות של כל פולס הוא $v = 2\frac{cm}{s}$.
בתרשים 1 שלפניך מתואר בקירוב מצב החבל ברגע $t = 0$. הנח כי אורך הצלע של כל משבצת הוא $1cm$.



תרשים 1

א. לפניך שלושה זמנים (1)-(3).

(1) $t_1 = 1s$

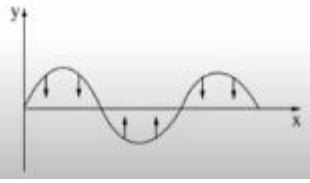
(2) $t_2 = 2s$

(3) $t_3 = 3s$

סרטט במחברתך את מצב החבל בכל אחד מן הזמנים — לכל זמן סרטט תרשים נפרד. הקפד על קנה מידה שבו כל משבצת בתרשים 1 תיוצג על ידי משבצת במחברתך. (6 נקודות)

ב. קבע אם בקטע החבל MN המתואר בתרשים 1, קיימת נקודה שלא עולה ולא יורדת במשך הזמן $0 \le t \le 3s$.
אם לא קיימת — הסבר מדוע, אם כן — ציין את המרחק של נקודה זו מן הנקודה M. (4 נקודות)

נתון חבל אלסטי מתוח שבו קיים גל. תרשים 2 שלפניך מתאר את ההעתק האנכי של כל נקודה בחבל כפונקציה של המקום x ברגע נתון.



תרשים 2

ג. הסבר מדוע הגל שמתואר בתרשים 2 הוא גל עומד. (5 נקודות)

במקרה אחר, מיתר שאורכו $0.9\ m$ מתוח בין שתי נקודות, B ו־C. בנקודה B המיתר מחובר לקיר ואילו בנקודה C מפוקם מחולל גלים (מתנד). גם נקודה C היא "קצה קשור" (נקודת צומת).

מהירות ההתפשטות של גל רוחב במיתר הזה היא $v = 27\frac{m}{s}$.

שינו בהדרגה את התדירות f של המחולל מ־ 0 עד 70 הרץ.

ד. חשב את ערכי התדירויות f שיעבורן נוצר גל עומד במיתר. (7 נקודות)

ה. ענה על התת־סעיפים (1)-(2) עבור התדירות הגבוהה ביותר שחישבת בסעיף ד.

(1) סרטט באופן איכותי את המיתר BC.

(2) כמה נקודות צומת יש בגל העומד (כולל הקצוות B ו־C)?

(6 נקודות)

ו. עבור התדירות הנמוכה ביותר שחישבת בסעיף ד, חשב את פרק הזמן Δt הקצר ביותר שבמהלכו נקודה עברה משיא הנובה לשיא השפל. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)