

פיזיקה – מעבדת חקר

הוראות לנבחנים

א. משך הבחינה: שתיים וחמישים דקות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שלוש עשרה שאלות. סך-הכול – 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר בשימוש: שעון עצר, מחשבון, מספריים, סרגל ודפי נתונים ונוסחאות (מצורפים).

ד. הוראות מיוחדות:

- כתבו את כל התשובות במחברת הבחינה.
- כתבו בעט בלבד. מותר להשתמש בעיפרון לסרטטים בלבד.
- בחישובים יש להשתמש בערך $9.8 \frac{m}{sec^2}$ לגודל g , תאוצת הנפילה החופשית (סמוך לפני כדור הארץ).

הוראות למשגיחים:

ודאו שנבחנים שהשתמשו בגיליון האלקטרוני הדביקו את מדבקת הנבחן שלהם על תדפיס המחשב, וצירפו אותו למחברת הבחינה.

כתבו במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונכם לכתוב כטייטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).

כתבו "טייטה" בראש כל עמוד טייטה. כתיבת טייטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה!

בשאלון זה 11 עמודים.

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

בהצלחה!

המשך מעבר לדף

השאלות

חלק א': מציאת הערך של תאוצת הנפילה החופשית g באמצעות מטוטלת (80 נקודות)

ענו על השאלות 1–11.

סך הנקודות שתצברו בחלק זה לא יעלה על 80 (מתוך 88 הנקודות לכל השאלות).

שלב ראשון – מטוטלת מתמטית

מטוטלת מתמטית מורכבת מ-

1. חוט דק שמסתו זניחה

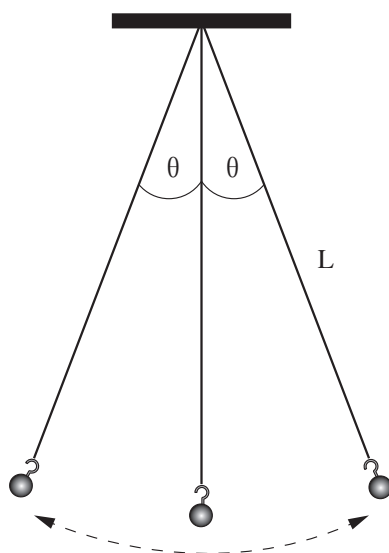
2. מסה נקודתית m התלויה על החוט

בהסטת המסה מנקודת שיווי המשקל בזוויות קטנות (עד 10°),

ניווכח כי המסה מתנדנדת במישור שיוצר החוט

כך שנוצרת קשת של מעגל שרדיוסו L (ראו תרשים 1).

כוח החיכוך זניח.



תרשים 1

עבור מטוטלת מתמטית המוסטת בזווית תנודה קטנה, θ ,

זמן המחזור נתון בנוסחה 1:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad (\text{נוסחה 1})$$

T – זמן המחזור

g – תאוצת הנפילה החופשית

L – אורך המטוטלת

שימו לב: זמן המחזור אינו תלוי במסת הגוף המתנדנד.

מטרת השלב הראשון

למצוא את הערך של תאוצת הנפילה החופשית, g , בעזרת מדידת זמן המחזור של המטוטלת והצבתו בנוסחה 1.

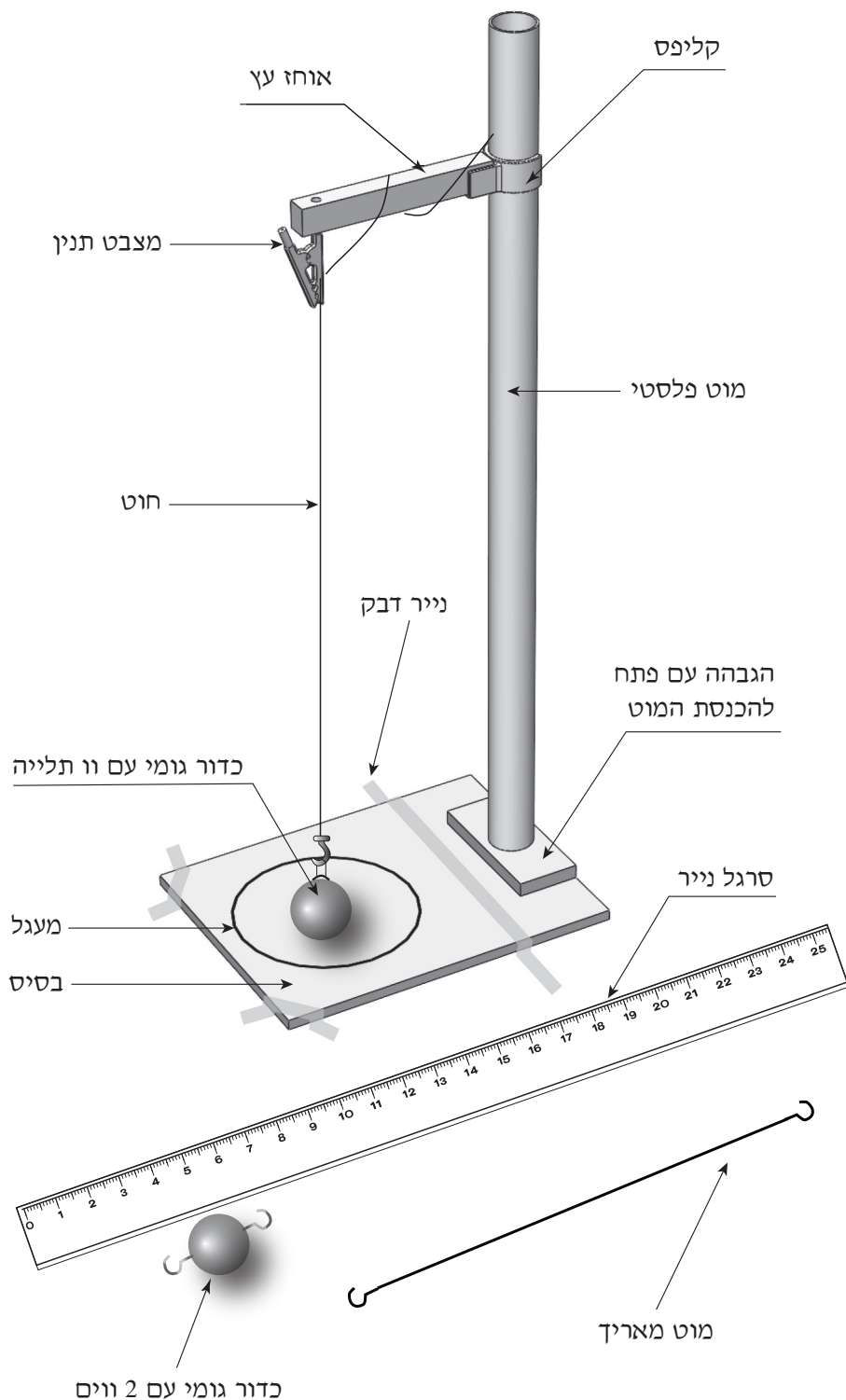
ציוד הניסוי

ערכת הניסוי מכילה:

- לוח עץ המשמש כבסיס, שעליו מסורטט מעגל, ובקצהו הגבהה עם פתח להכנסת מוט
- מוט פלסטי
- סרגל נייר
- (יש להוציאו מתוך המוט)
- אוחז עץ עם קליפס
- ומצבט תנן לאחיות החוט
- מוט מאריך ממתכת
- כדור גומי שמסתו 20 גרם
- עם וו תלייה אחד
- כדור גומי שמסתו 20 גרם
- עם 2 ווי תלייה
- נייר דבק
- (ראו תרשים 2)

נוסף על כך, עליכם להשתמש ב:

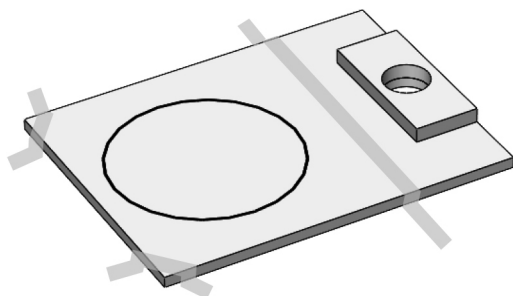
- שעון עצר
- מספריים
- (לחיתוך נייר הדבק)



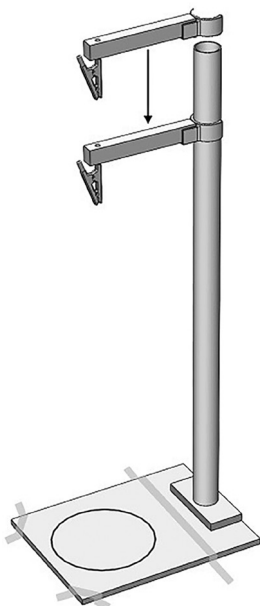
תרשים 2

בניית מערכת הניסוי

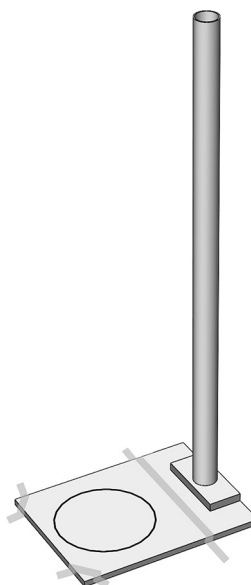
- א. הניחו על השולחן את בסיס העץ והצמידו אותו אל השולחן באמצעות נייר הדבק, כמתואר בתרשים 3.
- ב. הכניסו לפתח שבקצה בסיס העץ את המוט הפלסטי כמתואר בתרשים 4.
- ג. חברו את אווזו העץ למוט הפלסטי על ידי השחלת הקליפס מחלקו העליון של המוט והורדתו מטה, כמתואר בתרשים 5.



תרשים 3

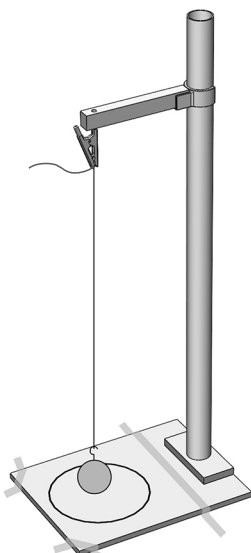


תרשים 5

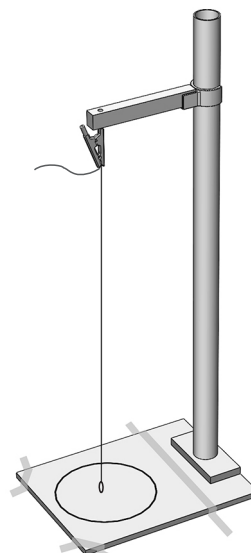


תרשים 4

- ד. חברו את קצהו האחד של החוט (הקצה שאין בו לולאה) אל מצבט התנין, כמתואר בתרשים 6.
- ה. תלו את הכדור עם היוו האחד על החוט על ידי הכנסת היוו לתוך הלולאה שבחוט, כמתואר בתרשים 7.



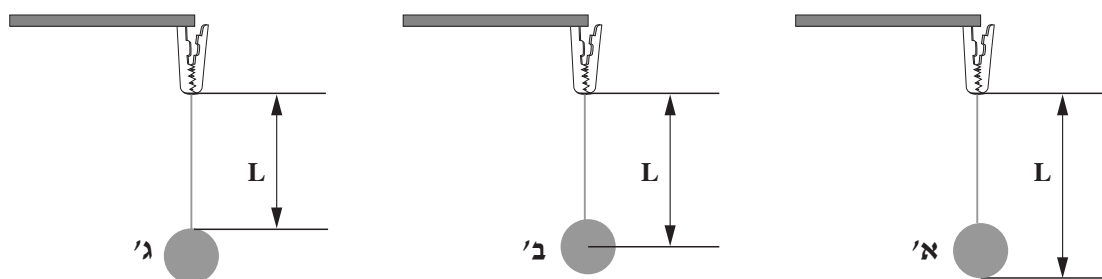
תרשים 7



תרשים 6

שאלה 1 (2 נקודות)

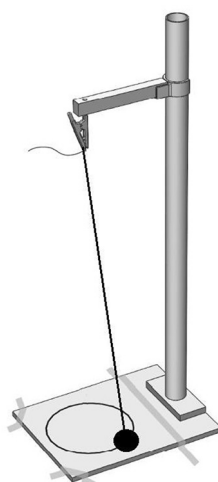
לפניכם שלוש אפשרויות למדידת אורך המטוטלת L . אפשרויות אלה מתוארות בתרשים 8.
אפשרות א' – מנקודת חיבור החוט אל מצבט התנין ועד לתחתית הכדור.
אפשרות ב' – מנקודת חיבור החוט אל מצבט התנין ועד למרכז הכדור.
אפשרות ג' – מנקודת חיבור החוט אל מצבט התנין ועד לחלקו העליון של הכדור.
בחרו באפשרות הנכונה ונמקו את בחירתכם.



תרשים 8

הנחיות לביצוע

ניתן לקבוע את גובה הכדור מעל למרכז המעגל שבבסיס על ידי **הרמה או הורדה של האוחז** לפי הצורך.
ניתן להביא את הכדור לתנועות בזווית קטנה על ידי הסטתו עד לקו המעגל שבבסיס, כמתואר בתרשים 9.
שימו לב: תחתית הכדור צריכה להיות מעט מעל למרכז המעגל.



תרשים 9

ביצוע הניסוי

בצעו מדידות ובאמצעותן חשבו את הערך של תאוצת הנפילה החופשית.

שאלה 2 (8 נקודות)

קבעו $L = 0.3$ [m], ומדדו את זמן המחזור באופן הבא:

הסיטו את הכדור עד לקו המעגל שבבסיס (כמתואר בתרשים 9) ושחררו.

מדדו את הזמן של 10 מחזורים.

T[sec]	$10T_3$ [sec]	$10T_2$ [sec]	$10T_1$ [sec]	L[m]

טבלה 1

(2 נק') א. העתיקו את טבלה 1 למחברת, וכתבו בה את תוצאת המדידה $10T_1$ עבור $L = 0.3$ [m]. חזרו על המדידה פעמיים נוספות, זמן של 10 מחזורים בכל פעם, וכתבו את התוצאות בעמודה $10T_2$ ובעמודה $10T_3$.
חשבו את זמן המחזור הממוצע T וכתבו את התוצאה בטבלה.
(כתבו את התוצאות בדיוק של 3 ספרות משמעותיות).

(6 נק') ב. באמצעות זמן המחזור הממוצע, T (שחישבתם בסעיף א'), והצבתו בנוסחה 1, חשבו את הערך של תאוצת הנפילה החופשית g .

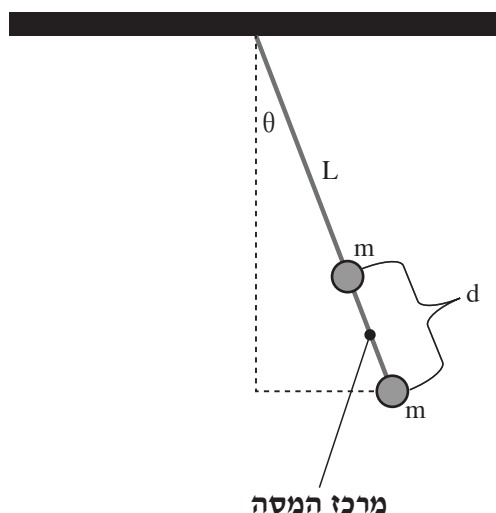
שאלה 3 (3 נקודות)

על מנת לחשב את הערך של תאוצת הנפילה החופשית g ,
רונה הציעה למדוד את הזמן של 10 מחזורים של מוטטלת אחת חמש פעמים,
ונעמי הציעה למדוד זמן של 10 מחזורים פעם אחת עבור 5 אורכי מוטטלת (L) שונים.
כתבו מה היתרון בהצעה של כל אחת מהן.

שלב שני – מטוטלת פיזיקלית דו-גופית

רקע תיאורטי

נגדיר מטוטלת פיזיקלית דו-גופית כמטוטלת המורכבת משני גופים (זהים במסתם במקרה שלנו), המחוברים זה לזה באמצעות מוט מאריך דק כך שהמרחק בין מרכזי הגופים הוא d . ניתן להתייחס אל מטוטלת זו כאל מטוטלת מתמטית פשוטה, אם נניח ששתי המסות הן מסה נקודתית אחת ($2m$), המרוכזת בנקודה דמיונית על המוט המאריך. נקודה זו נקראת מרכז המסה (ראו תרשים 10).



תרשים 10

כאשר שתי המסות מתנוודות יחד והמוט המאריך שביניהן נמצא בקו ישר בהמשך לחוט, ניתן להתייחס למטוטלת פיזיקלית זו כאל מטוטלת מתמטית שאורכה שווה לממוצע סכום המרחקים מנקודת הקצה העליונה. סימנו של אורך זה L_{eff} .

$$L_{\text{eff}} = \frac{L + (L + d)}{2} = \frac{2L + d}{2}$$

על ידי הצבה של L_{eff} בנוסחה 1 שבעמוד 2 מתקבל:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L_{\text{eff}}}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{2L + d}{2}}{g}}$$

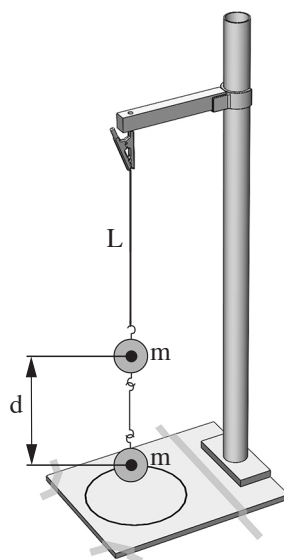
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{2L + d}{2g}} \quad (\text{נוסחה 2})$$

מהלך הניסוי

שאלה 4 (11 נקודות)

תלו חוט, וחברו אליו את הכדור אשר עליו מורכבים שני ווים. חברו אל הוו התחתון את המוט המאריך, ואליו חברו את הכדור התחתון (ראו תרשים 11).

קבעו $L = 0.25$ [m].



תרשים 11

א. (2 נק') מדדו את המרחק d שבין מרכזי שני הכדורים וכתבו את ערכו במחברת הבחינה.

מדידה מספר	L [m]	$10T_1$ [sec]	$10T_2$ [sec]	$10T_3$ [sec]	T [sec]
1	0.25				
2					

טבלה 2

מדדו את זמן המחזור באופן הבא:

הסיטו את הכדור התחתון עד לקו המעגל שבבסיס ושחררו. הקפידו שהחוט והמוט המאריך יהיו בקו ישר, כמתואר בתרשים 10.

העתיקו את טבלה 2 למחברת הבחינה. שימו לב לעמודה הריקה שבצד שמאל. בעת העתקת הטבלה, השאירו מקום להוספת שורות נוספות בהמשך.

ב. (5 נק') 1. מדדו את הזמן של 10 מחזורים, כתבו את התוצאה בטבלה 2, בשורה של מדידה מספר 1, בעמודה $10T_1$.

2. חזרו על המדידה פעמיים נוספות וכתבו את התוצאות בטבלה 2, בשורה של מדידה מספר 1, בעמודה $10T_2$ ובעמודה $10T_3$.

ג. (4 נק') חשבו את זמן המחזור הממוצע עבור מדידה מספר 1, וכתבו את ערכו בעמודה T . (כתבו את התוצאה בדיוק של 3 ספרות משמעותיות.)

שאלה 5 (20 נקודות)

בשלב זה יהיה עליכם למדוד את זמן המחזור הממוצע T עבור ערכים שונים של L .

- (1 נק') א. רשמו בטבלה ערכי L שונים, בין $L = 25$ [cm] ל- $L = 7$ [cm]. הוסיפו לטבלה שורות לפי הצורך.
- (5 נק') ב. עבור כל אורך L שבחרתם, מדדו את הזמן של 10 מחזורים וכתבו את התוצאה בעמודה $10T_1$. חזרו על המדידה פעמיים נוספות, וכתבו את התוצאות בעמודה $10T_2$ ובעמודה $10T_3$.
- (8 נק') ג. חשבו את זמן המחזור הממוצע עבור ערכי L שבחרתם והשלימו את העמודה T .
- (6 נק') ד. הסבירו מה היו השיקולים בבחירת:
1. מספר הערכים של L .
 2. פיזור הערכים של L .

שאלה 6 (9 נקודות)

- (3 נק') א. על סמך נוסחה 2 (עמוד 7), הוכיחו את הקשר $T^2 = \frac{4\pi^2}{g} \cdot L + \frac{2\pi^2}{g} \cdot d$.
- (3 נק') ב. על סמך הרקע התיאורטי, קבעו באיזה מארבעת המשתנים שלהלן יתקבל גרף שצורתו קו ישר כפונקציה של L .
1. T 2. T^2 3. $\sqrt{T}$ 4. $\frac{1}{T}$
- העתיקו למחברת הבחינה את המשתנה שקבעתם והסבירו את קביעתכם.
- (3 נק') ג. על סמך קביעתכם בסעיף ב', מלאו את העמודה הריקה שבטבלה 2. רשמו את המשתנה שקבעתם ואת יחידותיו בראש העמודה.
- השלימו את כל הערכים החסרים בעמודה זו, עבור כל המדידות.

שאלה 7 (18 נקודות)

- (14 נק') א. סרטטו במחברת הבחינה דיאגרמת פיזור של המשתנה שקבעתם בשאלה 6 כפונקציה של האורך L , על פי התוצאות שכתבתם בטבלה.
- הערה: בשאלה זו תוכלו להשתמש גם בגיליון האלקטרוני, על פי הוראות הבוחן.**
אם השתמשתם בו, הדביקו את מדבקת הנבחן שלכם גם על תדפיס המחשב, והדקו אותו למחברת הבחינה. מומלץ לכתוב מספר תעודת זהות בכותרת הגרף.
- (4 נק') ב. העבירו קו מגמה בדיאגרמת הפיזור שסרטטתם (הקו הישר המתאים לה ביותר).

שאלה 8 (8 נקודות)

מצאו את שיפוע הקו, וחשבו באמצעותו את הערך של תאוצת הנפילה החופשית g . הסבירו את החישובים.

שאלה 9 (3 נקודות)

תלמיד ביצע שתי סדרות של מדידת זמני מחזור.

בסדרה הראשונה, עבור האורך L בטווח שבין 15 ס"מ ובין 25 ס"מ, התקבל הערך $g = 10.1 \left[\frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \right]$.

בסדרה השנייה, עבור האורך L בטווח שבין 5 ס"מ ובין 13 ס"מ, התקבל הערך $g = 12.3 \left[\frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \right]$.

הציעו דרך לשיפור הניסוי כדי לקבל תוצאה מדויקת יותר עבור g .

שאלה 10 (3 נקודות)

בשאלות 2 ו-8 חיבתם את הערך של תאוצת הנפילה החופשית.

על סמך התוצאות שקיבלתם, ועל סמך שאלה 9, האם הקביעה שמטוטלת דו־גופית מתנהגת כמטוטלת מתמטית היא נכונה? אם כן – הסבירו באילו תנאים, אם לא – נמקו מדוע.

שאלה 11 (3 נקודות)

הסיטו את הכדור התחתון (כמתואר בתרשים 12), כך שהכדור העליון נותר מעל למרכז המעגל, והרפו מהכדור התחתון.

מומלץ להדביק בעזרת נייר הדבק את המוט המאריך לוו של הכדור התחתון.

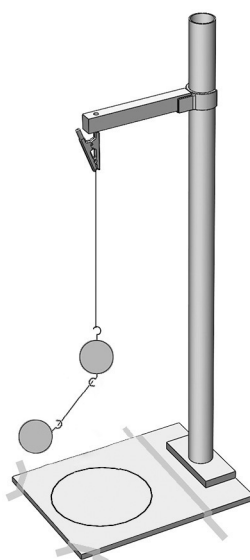
צפו בתנועה וענו על הסעיפים הבאים:

(2 נק') א. תארו את התנועה המתקבלת בשני פרקי הזמן הבאים:

1. ב-15 השניות הראשונות של התנועה

2. שתי דקות לאחר תחילת התנועה

(1 נק') ב. מה תוכלו להסיק מכך לגבי הקביעה שמטוטלת דו־גופית מתנהגת כמטוטלת מתמטית?



תרשים 12

חלק ב': שאלות מניסויי החובה (20 נקודות)

ענו על שתי השאלות 12–13.

עבור כל שאלה בחרו ניסוי אחד מרשימת הניסויים שלהלן, וענו על כל הסעיפים שבה.

לכל שאלה – בחרו ניסוי שונה.

1. "החוק השני של ניוטון"
2. אחד מניסויי התנע
3. כא"מ, מתח הדקים והתנגדות פנימית
4. השדה המגנטי של סליל דק (גלוונומטר טנגנטי)

שאלה 12 (10 נקודות)

- (2 נק') א. ציינו את שם הניסוי שבחרתם ואת מטרתו.
- (2 נק') ב. סרטטו תרשים של מערכת הניסוי, וציינו את השם של כל אחד מפריטי הציווד במערכת.
- (6 נק') ג. אם הניסוי שבחרתם בנוי מחלק אחד או מכמה חלקים, בחרו באחד מהחלקים, כתבו את בחירתכם ותארו את:
1. מה המשתנה התלוי ומה המשתנה הבלתי תלוי.
 2. איזה גורמים במערכת השארתם קבועים?

שאלה 13 (10 נקודות)

- (2 נק') א. ציינו את שם הניסוי שבחרתם ואת מטרתו.
- (2 נק') ב. סרטטו תרשים של מערכת הניסוי, וציינו את השם של כל אחד מפריטי הציווד במערכת.
- (6 נק') ג. אם הניסוי שבחרתם בנוי מחלק אחד או מכמה חלקים, בחרו באחד החלקים, כתבו את בחירתכם וענו על הסעיפים הבאים:
1. מהם הגדלים שנמדדו במהלך הניסוי?
 2. סרטטו גרף איכותי של ערכים, שבעזרתם תמצאו את הקשר שרשמתם במטרת הניסוי, והסבירו כיצד תמצאו את הקשר.
 3. איזה גודל או גדלים ניתן לחשב משיפוע הגרף או מנקודות החיתוך שלו עם הצירים?

בהצלחה!