

סוג הבחינה: בגרות

מועד הבחינה: קיץ תשפ"ג

מספר השאלון: 036386

שם התלמיד/ה: _____

פיזיקה

מעבדת חקר - 5 יחידות לימוד

הוראות

- א. משך הבחינה: שעה וחצי.
 - ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שתיים-עשרה שאלות. עליכם לענות על כל השאלות. סך-הכול - 100 נקודות.
 - ג. חומר עזר מותר בשימוש: מחשבון, סרגל ושעון עזר.
 - ד. הוראות מיוחדות: כתבו את כל התשובות בגוף השאלון, במקומות המיועדים לכך.
- השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

השאלות

1. חלק א': חקירת זמן המחזור של מטוטלות (75 נקודות)

ענו על כל השאלות 1-10.

שלב ראשון - השוואה בין זמן המחזור של מטוטלות שונות, המתנוודות במישור אנכי

אנכי

מטוטלת מתמטית

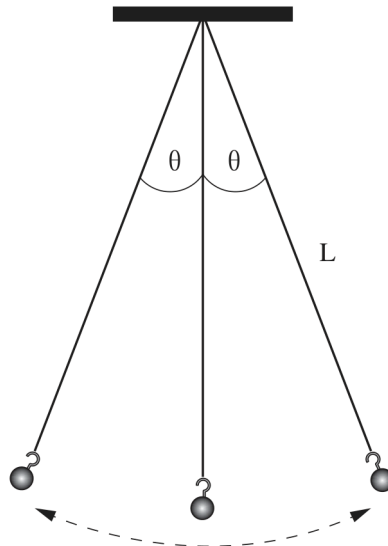
מטוטלת מתמטית היא:

1. חוט דק שאורכו L

2. על החוט תלויה מסה נקודתית m

3. בהסתת המסה מנקודת שיווי המשקל בזוויות קטנות, נוכח כי המסה מתנדנדת במישור שיוצר החוט המוסט ויוצרת קשת של מעגל שרדיוסו L (ראו תרשים 1).

4. כוח החיכוך זניח



תרשים 1

עבור מטוטלת מתמטית המוסטת בזווית תנודה θ קטנה זמן המחזור נתון בנוסחה 1:

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

T - זמן המחזור

g - תאוצת הכובד

L - אורך החוט

שימו לב: זמן המחזור אינו תלוי במסת הגוף המתנווד.

רשימת הציוד**ערכת הניסוי מכילה:**

- שני לוחות אנכיים שגובהם 38 ס"מ;
- לוח אופקי תחתון שאורכו 32 ס"מ;
- לוח אופקי עליון שאורכו 32 ס"מ, עם חורים הנמצאים במרחק של 2 ס"מ זה מזה, שאליו מתחברים החוטים;
- כדור גומי שמסתו 20 גרם וקוטרו כ-2 ס"מ;
- פס מתכת שמסתו 195 גרם. על הפס מסומנים פסים במרחק של 2 ס"מ זה מזה;
- 4 מהדקים (2 בצבע אדום ו-2 בצבע כחול) ומוט עץ;
- זוג חוטים באורך זהה.
- בנוסף, עליכם להשתמש ב:
- שעון עצר
- סרגל

בניית מערכת הניסוי

- הרכיבו את המסגרת, כמתואר בתצלום 1. הכניסו את הלוחות האופקיים (הצרים יותר) אל הלוחות האנכיים דרך המגרעות (החריצים). הקפידו לדחוף את הלוחות עד קצה המגרעת, לקבלת מסגרת יציבה יותר.



תצלום 1

- השחילו את הווי שבקצהו של אחד משני החוטים לחור מספר 0 ותלו עליו את הכדור.
- כרכו את הגומייה מסביב למסגרת, כך שתהיה בגובה מרכז הכדור, כמתואר בתצלום 2.



תצלום 2

ביצוע הניסוי

שאלה 1 (5 נקודות)

מדדו את זמן המחזור באופן הבא:

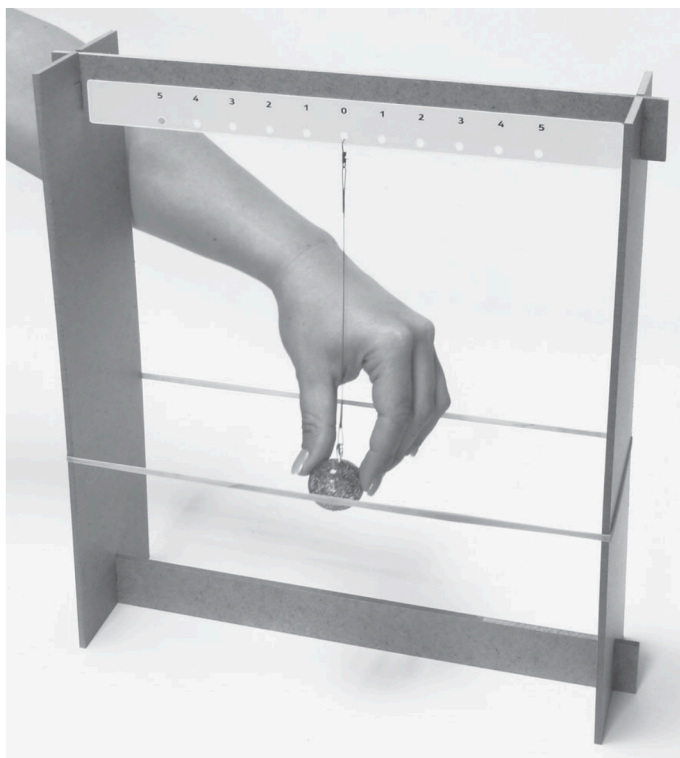
- הוציאו את המערכת מעט מנקודת שיווי המשקל, באמצעות משיכת הכדור לכיוונכם עד קרוב לגומייה (במקביל לפס הגומייה), והחזיקו את הכדור במנוחה לפני שחרורו לתנועה, כמתואר בתצלום 3.

- שחררו את המערכת ממנוחה לתנועה בניצב למישור המסגרת. הפעילו את שעון העצר, מנו עשרה זמני מחזור והפסיקו את פעולת שעון העצר.

את תוצאת המדידה כתבו בטבלה 1, בשורה הראשונה, בעמודה "הזמן של 10 מחזורים".

הערות:

- יש להקפיד שהכדור המתנווד לא יפגע בגומייה.
- השורה השנייה בטבלה (פס מתכת) תמולא בהמשך.



תצלום 3

א. חשבו את זמן המחזור, וכתבו אותו בטבלה 1, בשורה הראשונה, בעמודה "זמן מחזור T".

זמן מחזור T [sec]	הזמן של 10 מחזורים $10T$ [sec]	
		כדור $m = 20$ [gr]
		פס מתכת $M = 195$ [gr]

טבלה 1

(1 נקודות)

ב. הסבירו מדוע התבקשתם למדוד 10 זמני מחזור ולא למדוד זמן מחזור אחד.

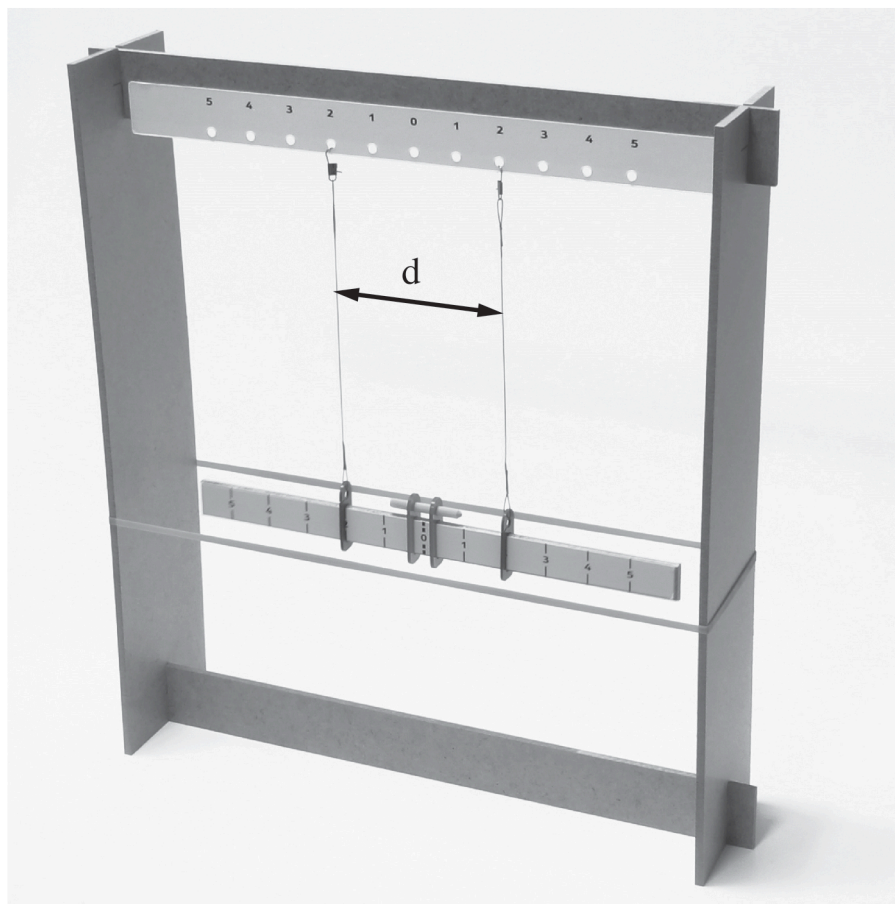
(4 נקודות)

2. מטוטלת דו-חוטית

מודדים את זמן המחזור של מטוטלת דו-חוטית, המורכבת משני חוטים קלים זהים שעליהם תלוי פס מתכתי שאינו נקודתי ומסתו M .

בניית מערכת הניסוי

- הסירו את הכדור והחוט מהמסגרת.
 - חברו את הקצה האחד של כל חוט לשני החורים שמספרם 2 בלוח האופקי העליון, כך שהמרחק, d , בין החוטים יהיה 8 ס"מ.
 - הכניסו את שני המהדקים האדומים למרכזו של הפס כך שיהיו צמודים. הכניסו את מוט העץ הקטן אל תוך החור שבחלק העליון של המהדקים, כך שיבלוט במידה שווה משני צידי המהדקים.
 - הכניסו את שני המהדקים הכחולים לפס המתכת, אחד מכל צד. מקמו את המהדקים שעל הפס המתכתי באמצעות הזיזים, כך שכל אחד מהם יהיה על פס מספר 2.
 - חברו את החוטים למהדקים הכחולים שעל הפס המתכתי, כמתואר בתצלום 4.
 - ודאו שהגומייה ממוקמת מסביב למסגרת, ונמצאת בגובה של מרכז הפס.
- הערה:** ניתן לחבר תחילה את המהדקים לפס, אליהם לחבר את החוטים, ולבסוף לחבר את החוטים לחורים.



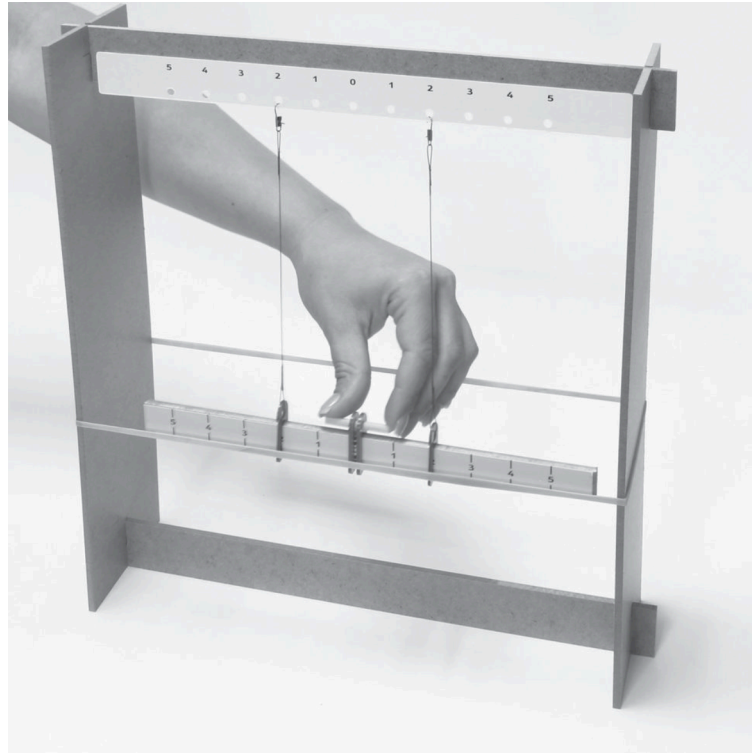
תצלום 4

ביצוע הניסוי

שאלה 2 (4 נקודות)

מדדו את זמן המחזור באופן הבא:

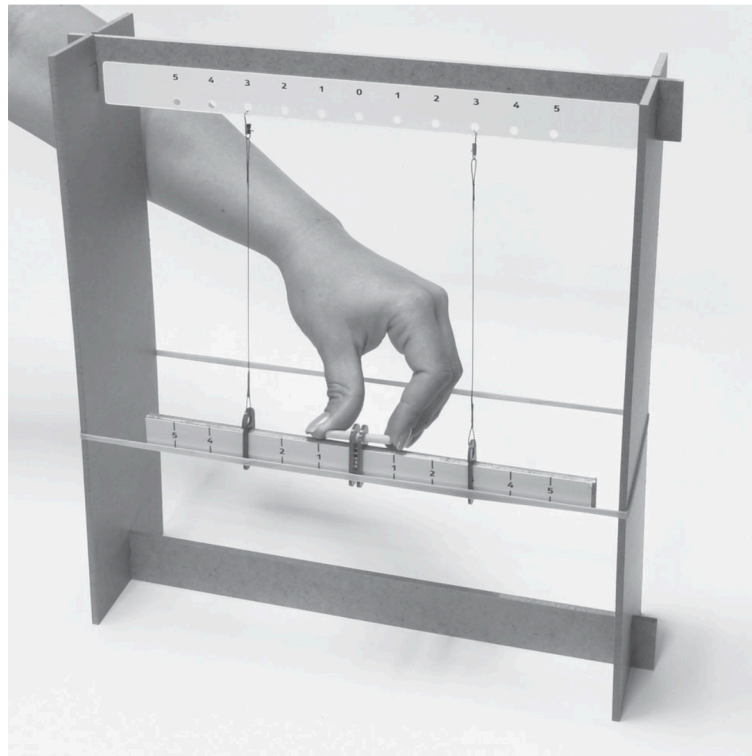
- הוציאו את המערכת מעט מנקודת שיווי המשקל באמצעות משיכת פס המתכת לכיוונכם עד קרוב לגומייה (במקביל לפס הגומייה), והחזיקו את פס המתכת במנוחה לפני שחרורו לתנועה, כמתואר בתצלום 5.



תצלום 5

- שחררו את המערכת ממנוחה לתנועה בניצב למישור המסגרת. הפעילו את שעון העצר, מנו עשרה זמני מחזור והפסיקו את פעולת שעון העצר.
 - הערה:** יש להקפיד שהפס המתנודד לא יפגע במסגרת או בגומייה.
 - את התוצאה שהתקבלה כתבו **בטבלה 1** (בעמוד 6) - בשורה השנייה, בעמודה "הזמן של 10 מחזורים".
 - א. חשבו את זמן המחזור, וכתבו אותו **בטבלה 1**, בשורה השנייה, בעמודה "זמן מחזור T".
- (2 נקודות)

שנו את המרחק בין ההדקים הכחולים למספרי 3 בלוח האופקי העליון ולמספרי 3 בפס המתכתי, בהתאם, כמתואר בתצלום 6.



תצלום 6

שחררו את המערכת ממנוחה לתנועה בניצב למישור המסגרת. הפעילו את שעון העצר, מנו עשרה זמני מחזור והפסיקו את פעולת שעון העצר. את התוצאה כתבו בטבלה 2, בשורה השנייה, בעמודה "הזמן של 10 מחזורים".

ב. מדדו את זמן המחזור, וכתבו את תוצאות המדידה בשורה השנייה בטבלה 2.

מספר מדידה	המרחק בין החוטים d [cm]	הזמן של 10 מחזורים $10T$ [sec]	זמן מחזור T [sec]
1	8 (חורים מספר 2)		
2	12 (חורים מספר 3)		

טבלה 2

העתיקו את תוצאת המדידה שביצעתם עבור פס המתכת (שורה 2 בטבלה 1, עמוד 6 בשאלון) לשורה הראשונה בטבלה 2.
(2 נקודות)

3. כדי לקבוע אם זמני המחזור בכל אחד מהמקרים הם דומים, נהוג לחשב את ההפרש היחסי ביניהם (באחוזים) באופן הבא:

$$\frac{|T_1 - T_2|}{\left(\frac{T_1 + T_2}{2}\right)} \cdot 100$$

T - זמן המחזור

במערכת הנתונה ניתן לקבוע שזמני המחזור דומים אם ההפרש היחסי ביניהם קטן או שווה ל-5%.

א. חשבו את ההפרש היחסי בין זמני המחזור של המטוטלת המתמטית לזו של המטוטלת הדו-חוטית בעזרת תוצאות המדידה שבטבלה 1, וקבעו האם ניתן לקבוע שזמני המחזור של שני הגופים דומים. הסבירו.

(5 נקודות)

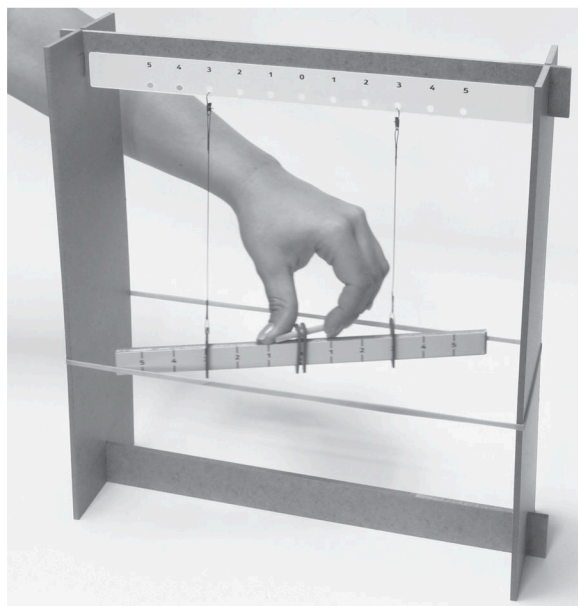
ב. האם ניתן לקבוע על סמך המדידות שבטבלה 2 שהשינוי במרחק בין החוטים השפיע על זמן המחזור של המטוטלת הדו-חוטית? פרטו כיצד קבעתם זאת.

(5 נקודות)

4. | שלב שני - חקירת זמן המחזור של מטוטלת פיתול דו-חוטית

רקע עיוני

מטוטלת פיתול דו-חוטית היא מוט ישר, התלוי אופקית על שני חוטים מקבילים, המאפשרים למוט להסתובב בחופשיות סביב ציר אנכי של המטוטלת. במקרה שלהלן פס המתכת משמש כמוט. מומנט ההתמד הוא תכונה פיזיקלית המבטאת את יכולתו של גוף לא נקודתי להתנגד לסיבובו. דוגמה: בזמן החלקה על הקרח או ריקוד בלט, קל יותר לרקדנים להסתובב סביב עצמם כאשר הידיים צמודות לגוף מאשר כשהן פרושות לצדדים. הסיבה לכך היא השינוי בפיזור המסה של הגוף סביב ציר הסיבוב, שאותו מבטא מומנט ההתמד. בתצלום 7 מוצגת המערכת רגע לפני שחרורה ממצב מנוחה לתנועה סביב ציר הניצב למישור הפס.



תצלום 7

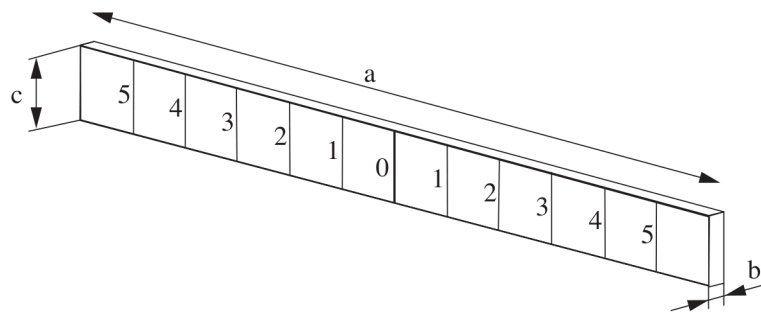
הנוסחה הכללית עבור מומנט ההתמד (נוסחה 2) היא:

$$I = \int r^2 dm \quad (\text{נוסחה 2})$$

I - מומנט ההתמד, ויחידותיו $\text{kg} \cdot \text{m}^2$

dm - אלמנט מסת הגוף, הנמצא במרחק r מציר הסיבוב

מפתרון האינטגרל מתקבל שמומנט ההתמד קשור למסתו ולממדיו הגיאומטריים של הגוף המסתובב, וחישובו נעשה באמצעות נוסחה 3 ביחס לציר הניצב למישור הפס ab , כמתואר בתרשים 2.



תרשים 2

$$I = \frac{M \cdot (a^2 + b^2)}{12} \quad (\text{נוסחה 3})$$

a [m] - אורך הפס

b [m] - רוחב הפס

M [kg] - מסת פס המתכת

חישוב מומנט ההתמד על ידי מדידת גודל פס המתכת

- א. מדדו באמצעות הסרגל את אורכו של הפס (a) ואת רוחבו (b).
 חשבו באמצעות נוסחה 3 את מומנט ההתמד של פס המתכת ביחידות $\text{kg} \cdot \text{m}^2$.
 הערה: ניתן למדוד את האורך והרוחב של הפס באמצעות הסרתו מהמערכת.
 (4 נקודות)
- ב. הסבירו מדוע אי־הוודאות היחסית (השגיאה היחסית) לגודל הנמדד במדידת הרוחב (b) גדולה יותר מאשר אי־הוודאות היחסית לגודל הנמדד במדידת האורך (a).
 (4 נקודות)

5. מדידת מומנט ההתמד של פס המתכת, באמצעות חקירת תלות זמן המחזור של מטוטלת פיתול דו־חוטית במרחק (d) בין החוטים

בשלב זה נחשב את מומנט ההתמד של פס מתכת, באמצעות מדידת זמן המחזור, T , של מטוטלת פיתול דו־חוטית.

הכנת המערכת

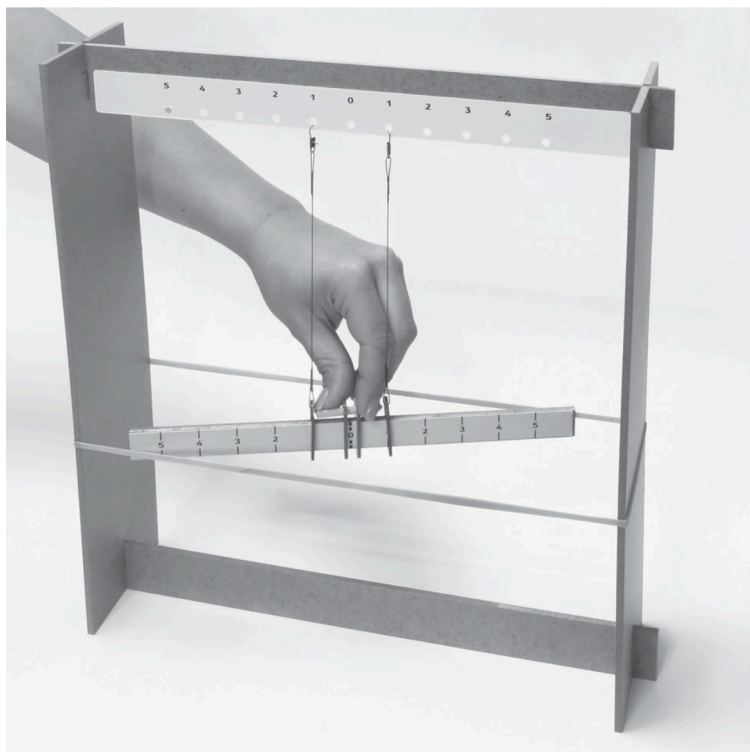
חברו את הקצה האחד של כל אחד משני החוטים לחורים שמספרם 1 בלוח האופקי העליון, כך שהמרחק בין החוטים (d) יהיה 4 ס"מ. מקמו את המהדקים הכחולים באמצעות הזיזים, כך שכל אחד מהם יהיה על פס מספר 1 בפס המתכת, וחברו את החוטים למהדקים הכחולים שעל הפס, כמתואר בתצלום 8.

ביצוע הניסוי

שאלה 5 (2 נקודות)

מדדו את זמן המחזור באופן הבא:

- הוציאו את המערכת מעט מנקודת שיווי המשקל על-ידי סיבובה פנימה (קרוב לגומייה) באמצעות מוט העץ, והחזיקו אותה במנוחה לפני שחרורה לתנועה. **ראו תצלום 8.**
 - שחררו את המערכת ממנוחה לתנועה סביב הציר האנכי העובר דרך מרכז הפס.
 - הפעילו את שעון העצר. מנו עשרה זמני מחזור והפסיקו את פעולת שעון העצר.
- הערה:** יש להקפיד שהפס המתנודד לא יפגע במסגרת או בגומייה.
- את התוצאה שהתקבלה כתבו **בטבלה 3**, במספר מדידה 1, בעמודה "הזמן של 10 מחזורים". חשבו את זמן המחזור עבור מספר מדידה 1 וכתבו אותו **בטבלה 3**, בעמודה "זמן מחזור".



תצלום 8

$$d = 4 \text{ [cm]}$$

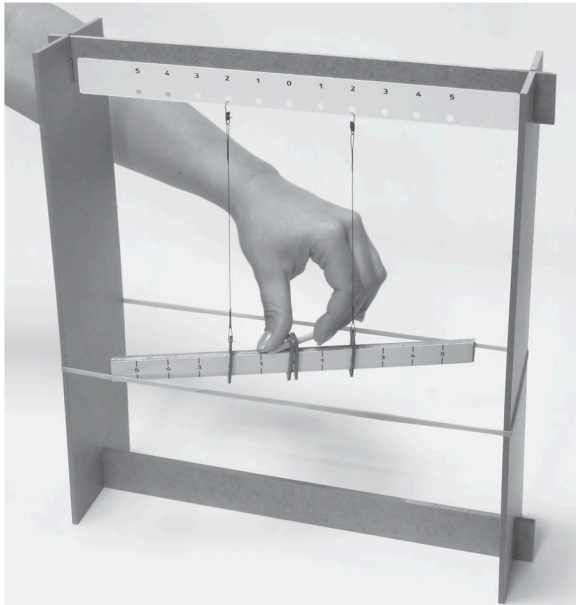
זמן מחזור $T \text{ [sec]}$	הזמן של 10 מחזורים $10T \text{ [sec]}$	אחד חלקי המרחק בין החוטים $\frac{1}{d} \left[\frac{1}{\text{m}} \right]$	המרחק בין החוטים $d \text{ [m]}$	מספר מדידה
			0.04	1
			0.08	2
			0.12	3
			0.16	4
			0.2	5

טבלה 3

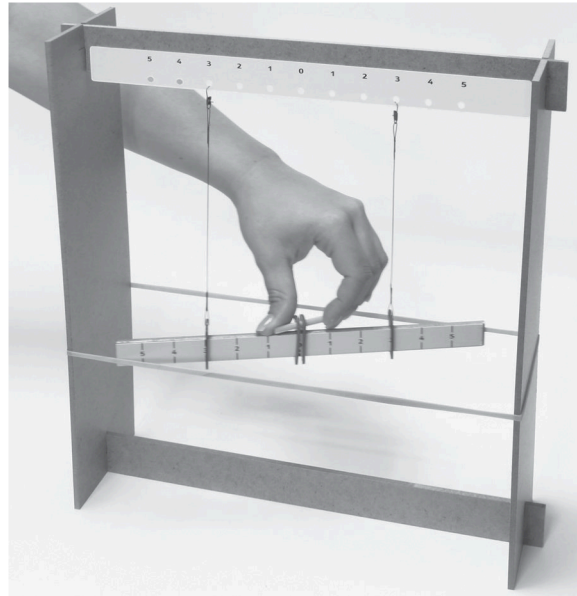
(2 נקודות)

6. שאלה 6 (6 נקודות)

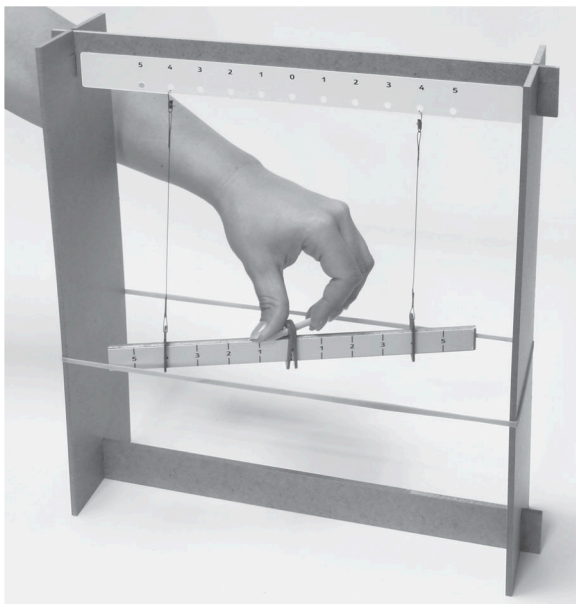
מדדו את זמן המחזור כמתואר בשאלה 5, כאשר בכל פעם שנו את המרחק (d) בין החוטים התלויים, בהתאם לערכים שבטבלה 3, ומדדו בכל פעם את הזמן של עשרה מחזורים. ראו את מצב המערכת בתצלומים 9-12. כתבו את ערכי הזמנים שהתקבלו עבור המרחקים השונים בין החוטים בטבלה 3 בעמודה "הזמן של 10 מחזורים". חשבו את זמן המחזור בכל אחד מהמקרים וכתבו אותו בטבלה 3, בעמודה "זמן מחזור".



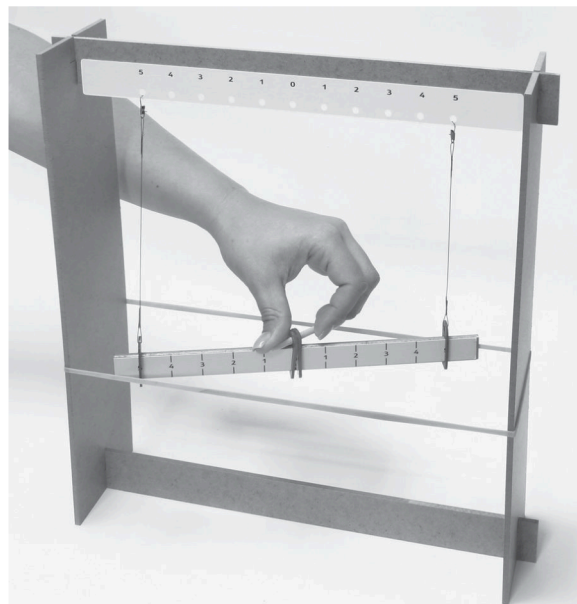
תצלום 9

 $d = 8 \text{ [cm]}$ 

תצלום 10

 $d = 12 \text{ [cm]}$ 

תצלום 11

 $d = 16 \text{ [cm]}$ 

תצלום 12

 $d = 20 \text{ [cm]}$

(6 נקודות)

7. שאלה 7 (10 נקודות)

- א. חשבו את ערכי $1/d$ עבור חמש המדידות, וכתבו את תוצאות החישוב בעמודה המתאימה בטבלה 3.
($2\frac{1}{3}$ נקודות)
- ב. סרטטו על גבי הנייר המילימטרי (שבעמוד הבא) דיאגרמת פיזור המתארת את הקשר בין זמן המחזור $[T]$ לבין המשתנה אחד חלקי המרחק בין החוטים $[d/1]$, על-פי התוצאות שמילאתם בטבלה 3.
הערה: בשאלה הזו תוכלו להשתמש גם בגיליון האלקטרוני, על-פי הוראות הבוחן.
- אם השתמשתם בו, הדביקו את מדבקת הנבחן שלכם גם על תדפיס המחשב, וצרפו אותו לשאלון.**
($7\frac{1}{3}$ נקודות)

8. שאלה 8 (8 נקודות)

- א. איזה מהגדלים שנמדדו בשלב זה של הניסוי הוא המשתנה הבלתי תלוי, ואיזה מהגדלים שנמדדו הוא המשתנה התלוי? הסבירו.
(3 נקודות)
- ב. העבירו קו מגמה בדיאגרמת הפיזור שסרטטתם (הקו הישר המתאים לה ביותר), חשבו את שיפוע הקו, וכתבו את היחידות הפיזיקליות שלו. הציגו את החישובים.
(5 נקודות)

9. שאלה 9 (17 נקודות)

בנוסחה 4 נתון זמן המחזור עבור מטוטלת דו־חוטית המוסטת בזוויות פיתול θ קטנות.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{4 \cdot L \cdot I}{M \cdot g}} \cdot \frac{1}{d} \quad (\text{נוסחה 4})$$

כלומר - זמן המחזור (T) של מטוטלת דו־חוטית נקבע באמצעות תאוצת הכובד (g) במקום המדידה, מומנט ההתמד (I), מסת הפס (M), המרחק בין החוטים (d) והאורך הממוצע של החוטים (L).

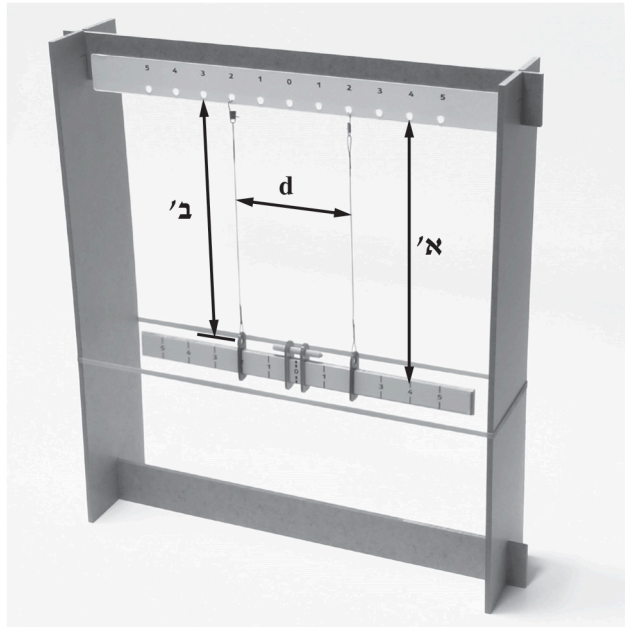
כדי למצוא את מומנט ההתמד בעזרת שיפוע הקו והקשר הנתון בנוסחה 4 יש למדוד את אורכו של כל אחד מהחוטים ולחשב את הממוצע.

א. לפניכם שתי אפשרויות למדידת האורך של כל אחד מהחוטים. אפשרויות אלו מתוארות גם בתצלום 13.

אפשרות א' - מתחתית החור העליון עד לחלקו העליון של פס המתכת.

אפשרות ב' - מתחתית החור העליון עד למקום חיבורו למהדק שעל פס המתכת.

קבעו איזו מבין האפשרויות היא הנכונה. נמקו את התשובה. על-פי קביעתכם, מדדו את האורך של כל אחד מהחוטים, וכתבו את אורכם.



תצלום 13

(2 נקודות)

ב. חשבו את האורך הממוצע של החוטים, L , וכתבו אותו: $L = \underline{\hspace{2cm}}$.

(1 נקודות)

ג. מצאו את מומנט ההתמד, I , בעזרת שיפוע הקו (באמצעות הקשר הנתון בנוסחה 4).

(8 נקודות)

- ד. (1) חשבו את ההפרש היחסי (באחוזים), בין מומנט ההתמד I_1 שהתקבל בשאלה 4 ובין מומנט ההתמד I_2 שהתקבל בשאלה 9, על פי הביטוי:

$$\frac{|I_1 - I_2|}{\left(\frac{I_1 + I_2}{2}\right)} \cdot 100$$

- (2) ציינו שני גורמים אפשריים להפרש היחסי שהתקבל - גורם אחד שמקורו בקביעת הערך של I_1 וגורם שני שמקורו בקביעת הערך של I_2 . (6 נקודות)

10. שאלה 10 (5 נקודות)

בשאלה זו היעזרו בנוסחאות 3 ו-4.

עבור מטוטלות המתנוודות במישור אנכי (בשלב הראשון של הניסוי), התאוריה ניבאה שזמן המחזור אינו תלוי במסת הגוף המתנווד (נוסחה 1). האם התאוריה מנבאת שגם זמן המחזור של מטוטלת פיתול דו-חוטית (בשלב השני של הניסוי) אינו תלוי במסת הגוף המתנווד? נמקו. (5 נקודות)

11. חלק ב': שאלות מניסויי החובה (25 נקודות)

ענו על שאלות 11-12.

שאלה 11 (13 נקודות)

מכניקה

ענו עבור אחד הניסויים שביצעתם במכניקה.

א. ציינו מהו שם הניסוי ומהי מטרתו.

(3 נקודות)

ב. סרטטו תרשים של מערכת הניסוי, וציינו את השם של כל אחד מפריטי הציוד במערכת.

(5 נקודות)

ג. אם לניסוי שבחרתם חלק אחד או מספר חלקים, בחרו באחד מהחלקים ותארו את:

(1) הגדלים שנמדדו במהלך הניסוי.

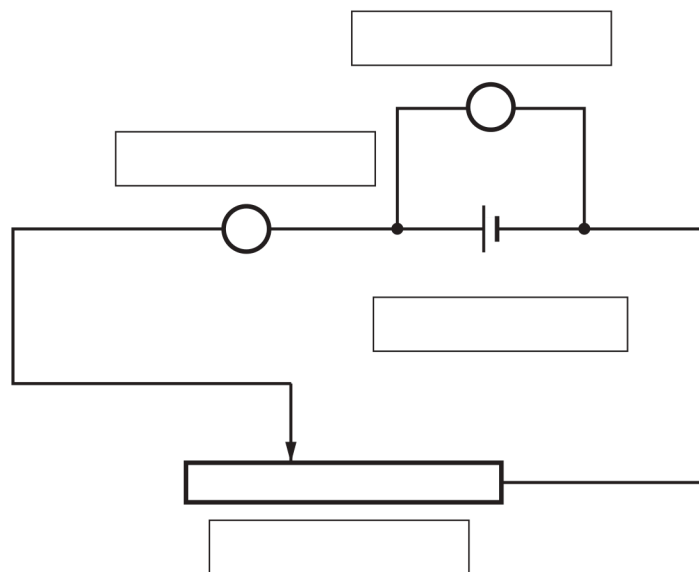
(2) אופן הצגת התוצאות (גרפים, חיבור וקטורי או אחר).

(5 נקודות)

12. שאלה 12 (12 נקודות)

כא"מ ומתח הדקים

א. בתרשים 3 נתון תרשים של מערכת הניסוי:



תרשים 3

כתבו את שמות הרכיבים בכל אחד מהמלבנים המסורטטים ליד רכיבי המערכת של המעגל החשמלי.

(4 נקודות)

ב. במהלך הניסוי ניתקתם את המגע הנייד (הגררה) מהנגד המשתנה. במצב זה, מה תהיה ההוריה של כל אחד ממכשירי המדידה? נמקו את התשובה.

(4 נקודות)

ג. האם יש חשיבות למיקום של המגע הנייד (הגררה) על הנגד המשתנה בתחילת ביצוע המדידות? נמקו את התשובה.

(4 נקודות)

כל הבגרויות בפיזיקה עם פתרונות מלאים: www.guyai.co.il/bagrut/physics