

סוג הבחינה: מבחן מתכונת  
מבחן: מתכונת 8  
מספר השאלון: 036371  
שם התלמיד/ה: \_\_\_\_\_

## פיזיקה

### חשמל ומגנטיות - 5 יחידות לימוד

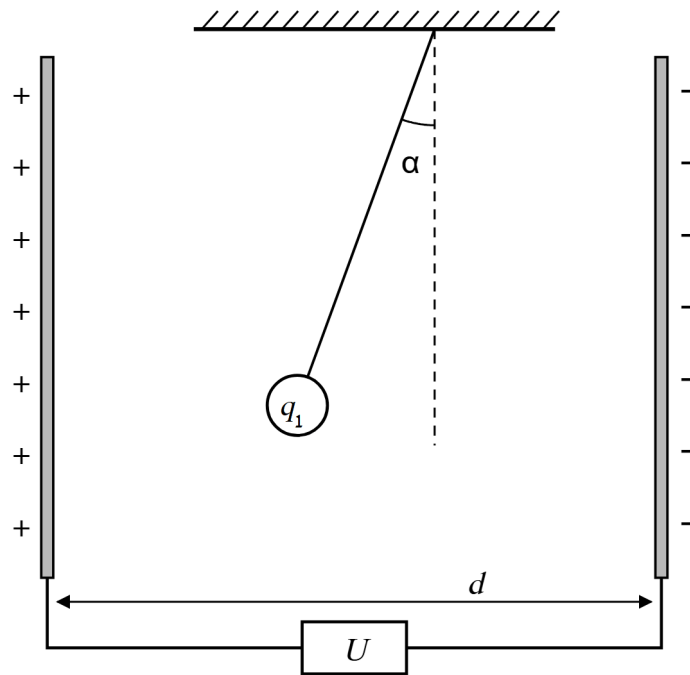
#### הוראות

- א. משך הבחינה: שתיים.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש לענות על שלוש שאלות בלבד. לכל שאלה -  $\frac{1}{3}$  נקודות;  $3 \times \frac{1}{3} = 100$  נקודות
- ג. חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרויות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות. (2) נוסחאות ונתונים בפיזיקה (מצורפים).
- ד. הוראות מיוחדות: יש לענות על שלוש שאלות בלבד; אם תענו על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברת, ויש לציין באופן ברור את מספר השאלה שבחרתם ואת הסעיף. בשאלות חישוב יש להציג את הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות, פיתוח מתמטי, הצבת הנתונים, ותוצאה כשבר עשרוני עם מספר מתאים של ספרות משמעותיות ויחידות; את הגרפים יש לסרטט בגודל של חצי עמוד לפחות. בחישובים יש להשתמש בערך  $10 \text{ m/s}^2$  לגודל של  $g$  - תאוצת הנפילה החופשית.
- השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

#### בהצלחה!

## השאלות

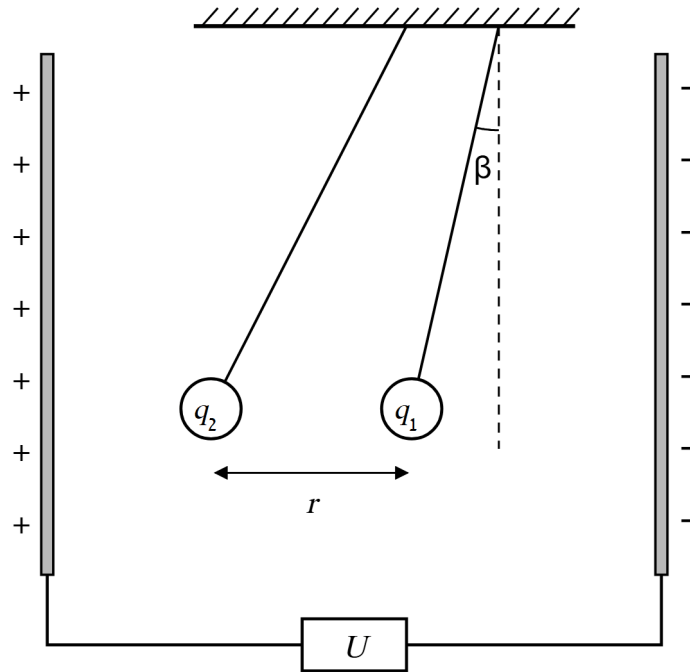
1. בניסוי הדגמה באלקטרוסטטיקה הציבה מורה שני לוחות מתכת אנכיים ומקבילים, במרחק  $d = 40 \text{ cm}$  זה מזה, וחיברה אותם לספק מתח גבוה שאת המתח שלו,  $U$ , אפשר לשנות. הלוח השמאלי טעון במטען חיובי והלוח הימני במטען שלילי, והשדה החשמלי בין הלוחות אחיד. בין הלוחות תלתה המורה בחוט מבודד כדור פלסטיק קטן שמסתו  $m$ , הטעון במטען  $q_1$ . בעקבות הפעלת המתח סטה הכדור שמאלה בזווית  $\alpha$  יחסית לאנך, כמתואר בתרשים 1.



תרשים 1

- א. (1) פתחו ביטוי הקושר בין זווית הסטייה  $\alpha$  ובין המתח  $U$  שבין הלוחות. השתמשו בפרמטרים  $m$ ,  $|q_1|$ ,  $d$  ובקבועים פיזיקליים בהתאם לצורך.
- (2) נתון: מסת הכדור היא  $m = 0.5 \text{ g}$ . כאשר המתח בין הלוחות היה  $U = 4.0 \text{ kV}$ , סטה הכדור בזווית  $\alpha = 20^\circ$ . קבעו את הסימן של המטען  $q_1$ , וחשבו את גודלו באמצעות הביטוי שפיתחתם. נמקו את תשובתכם.
- (7 נקודות)

בניסוי השני תלתה המורה בין הלוחות, משמאל לכדור הראשון, כדור פלסטיק נוסף בעל אותה מסה  $m$ , הטעון במטען שלילי  $q_2$ . בעקבות זאת השתנתה זווית הסטייה של הכדור הראשון (הטעון במטען  $q_1$ ) ל- $\beta$ . המרחק בין מרכזי הכדורים הוא  $r$ , כמתואר בתרשים 2.



תרשים 2

במהלך הניסוי השני שינתה המורה כמה פעמים את המרחק בין מרכזי הכדורים, ובכל פעם התאימה את המתח  $U$  כך שגודל זווית הסטייה  $\beta$  של הכדור הראשון נשאר קבוע. בכל פעם רשמה המורה את המרחק  $r$  בין מרכזי הכדורים ואת המתח  $U$  המתאים. בכל מדידה הקפידה המורה שמרכזי הכדורים יהיו באותו גובה (באמצעות שינוי אורך החוט של הכדור השני).

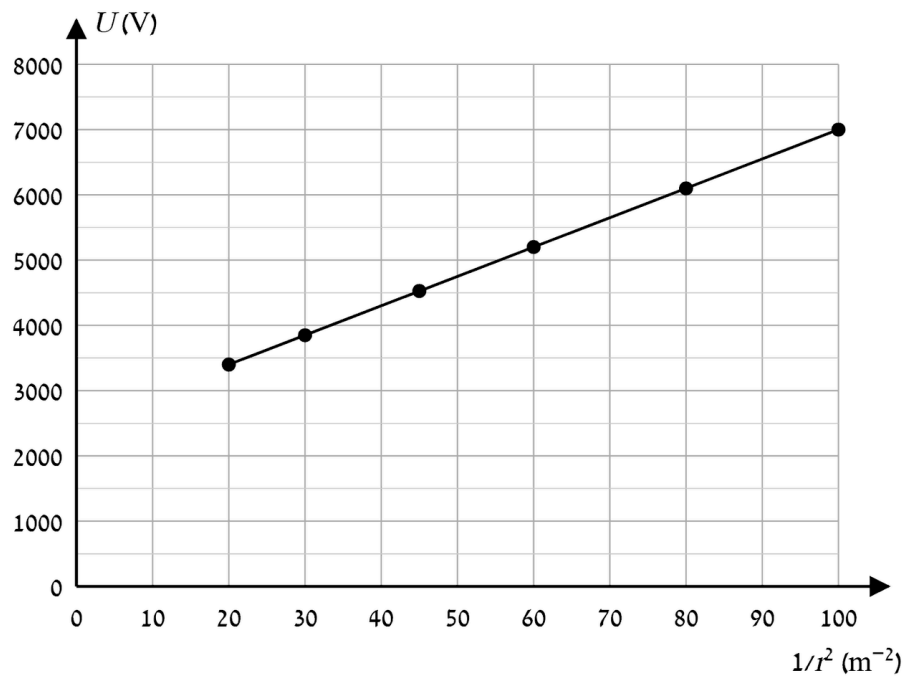
ב. סרטטו תרשים של הכוחות הפועלים על הכדור הטעון במטען  $q_1$  בניסוי השני (תרשים 2). כתבו ליד כל וקטור את שם הכוח. עבור כל אחד מן הכוחות ציינו את הגורם המפעיל אותו. (5 נקודות)

ג. הראו שהביטוי המתאר את המתח  $U$  בין הלוחות, כתלות במרחק  $r$  בין מרכזי הכדורים, הוא

$$U = \frac{k d |q_2|}{r^2} + \frac{mgd}{|q_1|} \tan \beta$$

(8 נקודות)

בגרף שבתרשים 3 מוצג המתח  $U$  כתלות ב-  $\frac{1}{r^2}$ .



תרשים 3

ד. היעזרו בגרף ומצאו את גודל המטען  $q_2$  ואת זווית הסטייה  $\beta$  של הכדור הראשון. (8 נקודות)

ה. אחד התלמידים הציע להטעין את הכדור השני במטען  $q_2$  אחר (בגודל או בסימן, אך לא אפס), כך שהכדור השני - הנמצא משמאל לכדור הראשון ובאותו גובה - יהיה תלוי אנכית, בלי לסטות כלל. האם זה אפשרי?

לפניכם חמש תשובות 1-5. קבעו מהי התשובה הנכונה, ונמקו את קביעתכם.

1. כן, אם  $q_2$  שלילי ו-  $|q_2| > |q_1|$ .

2. כן, אם  $q_2$  שלילי ו-  $|q_2| < |q_1|$ .

3. כן, אם  $q_2$  חיובי, במרחק  $r$  מתאים.

4. כן, עבור כל ערך של  $q_2$ , במרחק  $r$  מתאים.

5. לא. אי אפשר.

(5<sup>1/3</sup> נקודות)

2. כיפה כדורית מתכתית של מחולל מטען אלקטרוסטטי, שרדיוסה  $R_1 = 15 \text{ cm}$ , טעונה במטען

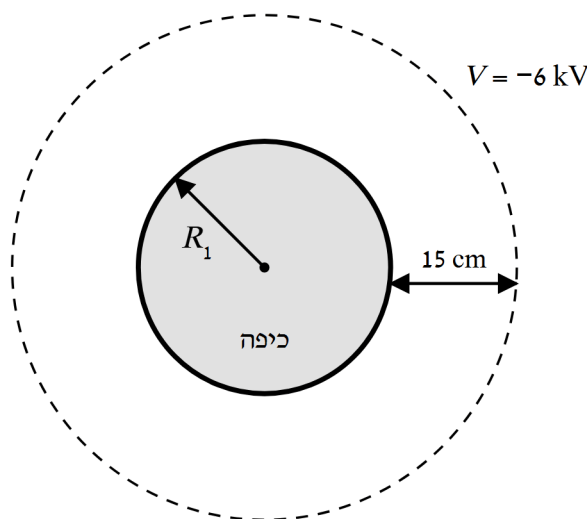
חשמלי  $Q_1$  המפוזר באחידות על פניה. גודלו וסימנו של המטען אינם ידועים.

בעזרת גשש פוטנציאל מצאו התלמידים כי הפוטנציאל על המשטח שווה הפוטנציאל המתואר

בתרשים 1 - במרחק  $15 \text{ cm}$  מפני הכיפה - הוא  $V = -6 \text{ kV}$ .

נתון: הפוטנציאל באינסוף הוא אפס. השפעת כוח הכבידה ניתנת להזנחה.

שימו לב: התרשימים בשאלה זו איכותיים ואינם בקנה מידה.



תרשים 1

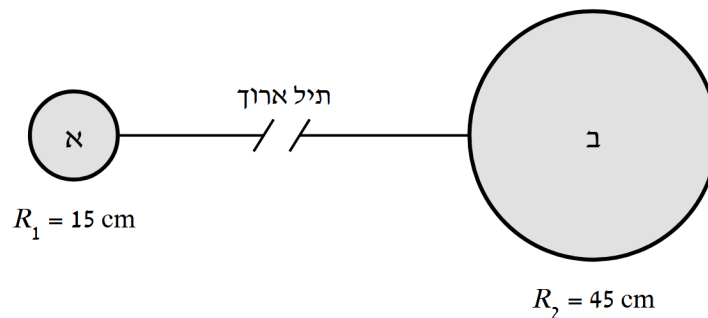
א. חשבו את המטען החשמלי  $Q_1$  (גודל וסימן) שבו טעונה הכיפה.

(6 נקודות)

אור אולטרה-סגול הפוגע בכיפה משחרר מפניה אלקטרון במהירות זניחה. האלקטרון נע הרחק מהכיפה לאורך קו ישר היוצא ממרכזה.

ב. חשבו את גודל המהירות של האלקטרון כאשר הוא נמצא במרחק גדול מאוד מהכיפה. (8 נקודות)

כדור מתכתי ב' נמצא במרחק גדול מאוד מהכיפה. רדיוסו  $R_2 = 45 \text{ cm}$ , והוא טעון במטען חשמלי  $Q_2 = -500 \text{ nC}$  המפוזר באחידות על פניו. מחברים את הכיפה ואת כדור ב' בתיל מוליך ארוך שהתנגדותו זניחה, כמתואר בתרשים 2.



## תרשים 2

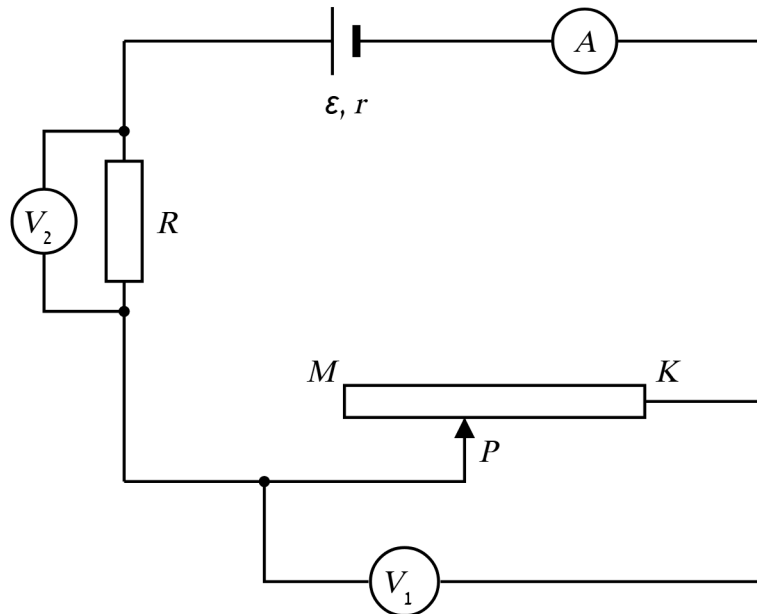
ג. חשבו את המטען (גודל וסימן) על הכיפה ועל כדור ב' זמן רב לאחר החיבור. (8 נקודות)

החיבור גרם לתנועת אלקטרונים בין הכיפה לכדור ב'.

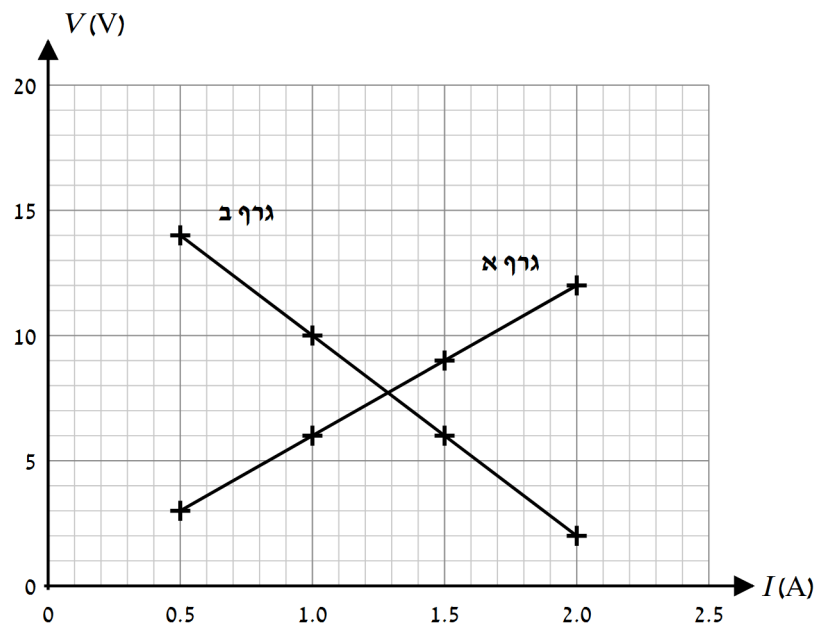
ד. ציינו אם עברו אלקטרונים מהכיפה אל כדור ב' או להפך, וחשבו את מספרם. (6 נקודות)

ה. בחישוב בסעיף ג הנחנו שהכיפה וכדור ב' רחוקים מאוד זה מזה. הסבירו מה היה משתנה בחישוב אילו היו קרובים זה לזה, ומדוע. ( $5\frac{1}{3}$  נקודות)

3. תלמידים הרכיבו מעגל חשמלי מן הרכיבים האלה: מקור מתח לא אידיאלי שהכא"מ שלו  $\mathcal{E}$  והתנגדותו הפנימית  $r$ , נגד  $R$  שהתנגדותו קבועה, נגד  $R_{MK}$  שהתנגדותו משתנה ונקודת המגע הנייד שלו היא  $P$ , מכשירי מדידה אידיאליים - מד-מתח  $V_1$  המחובר בין המגע הנייד  $P$  לבין הקצה  $K$ , מד-מתח  $V_2$  המחובר במקביל לנגד  $R$  ומד-זרם  $A$  - ותילים אידיאליים (ראו תרשים 1).



במהלך ניסוי שינו התלמידים את המיקום של המגע הנייד  $P$  ורשמו בכל פעם את הוריית הזרם במד-הזרם ואת הוריית המתח של כל מד-מתח. על פי התוצאות הם סרטטו את גרף א ואת גרף ב באותה מערכת צירים, כמתואר בתרשים 2 שלפניכם.



א. קבעו איזה מן הגרפים א-ב התקבל על פי התוצאות שנמדדו במד-מתח  $V_1$ , ואיזה - במד-מתח  $V_2$ . נמקו את קביעותיכם.

(6 נקודות)

ב. קבעו או חשבו את הכא"מ  $\varepsilon$  של מקור המתח ואת ההתנגדות של הנגד  $R$ .

(7 נקודות)

ג. חשבו את ההתנגדות הפנימית  $r$  של מקור המתח.

(5 נקודות)

אחד מערכי הזרם שבהם נמדדו המתחים המוצגים בתרשים 2 נמדד במצב שבו ההתנגדות של הנגד המשתנה הייתה מקסימלית.

ד. חשבו את ההתנגדות של הנגד המשתנה ואת מתח ההדקים של מקור המתח במצב זה.

(6 נקודות)

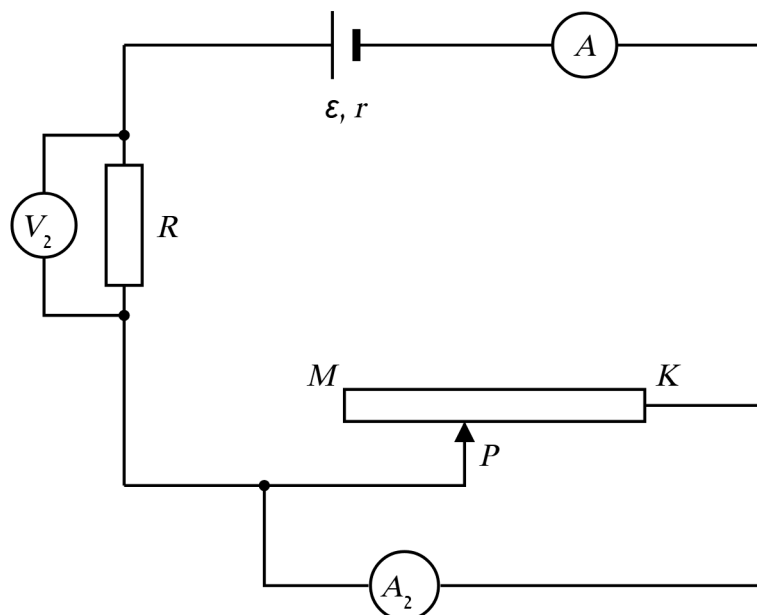
תלמיד הזיז את המגע הנייד של הנגד המשתנה לכיוון הנקודה  $M$ .

ה. קבעו אם במהלך הזזת המגע הנייד לכיוון הנקודה  $M$  מתח ההדקים של מקור המתח גדל, קטן או לא השתנה.

נמקו את קביעתכם.

(5 נקודות)

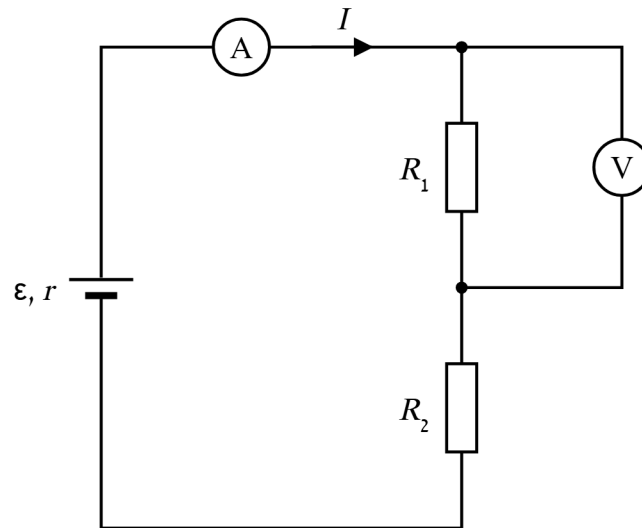
תלמידה חיברה מד-זרם אידיאלי  $A_2$  במקום מד-המתח  $V_1$ , כמתואר בתרשים 3 שלפניכם.



ו. במקרה זה, מה תהיה הוריית מד-הזרם  $A_2$  ומה תהיה הוריית  $V_2$ ? נמקו את תשובותיכם.

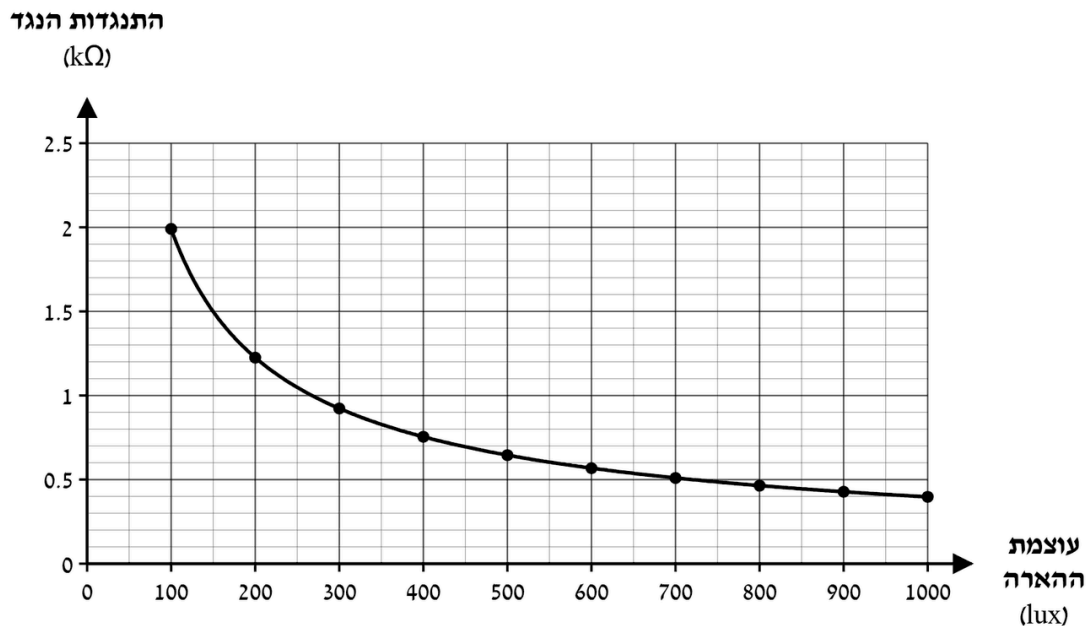
( $4\frac{1}{3}$  נקודות)

4. בתרשים שלפניכם מתואר מעגל חשמלי ובו מקור מתח שהכא"מ שלו  $\varepsilon = 21 \text{ V}$  והתנגדות הפנימית  $r = 50 \Omega$ , נגד שהתנגדותו  $R_1 = 600 \Omega$ , נגד שהתנגדותו  $R_2$ , ושני מכשירי מדידה אידיאליים - אמפרמטר ווולטמטר. הוולטמטר מחובר לקצות הנגד  $R_1$ . שני הנגדים עשויים מאותו חומר ואורכיהם שווים, אבל שטח החתך של התיל שממנו עשוי הנגד  $R_2$  גדול פי 1.5 משטח החתך של התיל שממנו עשוי הנגד  $R_1$ .



- א. חשבו את ההתנגדות החיצונית של המעגל. (5 נקודות)
- ב. חשבו את הערך שמציג האמפרמטר ואת הערך שמציג הוולטמטר. (9 נקודות)
- ג. חשבו את כמות המטען העוברת דרך הנגד  $R_2$  במשך 2 דקות. (5 נקודות)

בחממה רוצים למדוד את עוצמת ההארה (כמות האור המגיעה אל הצמחים). לשם כך משתמשים בנגד תלוי-אור – רכיב חשמלי שהתנגדותו משתנה כפונקציה של עוצמת ההארה עליו. מציבים את הנגד תלוי-האור במעגל במקום הנגד  $R_2$ . התנגדותו כפונקציה של עוצמת ההארה מתוארת בגרף שלפניכם.



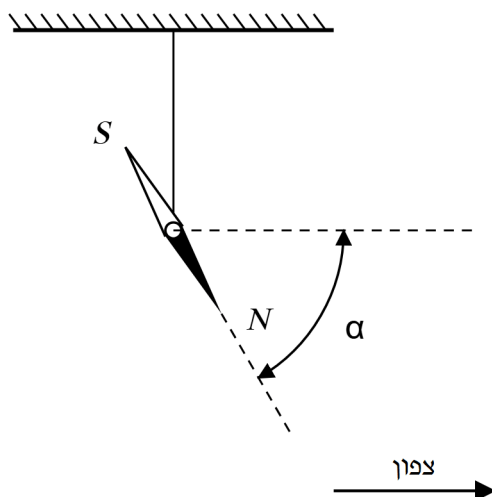
את עוצמת ההארה מחשבים על פי המתח שמציג הוולטמטר.

ד. חשבו את עוצמת ההארה כאשר הוריית הוולטמטר היא  $V_{R_1} = 9.0 \text{ V}$ .  
(7/3 נקודות)

כעת מחזירים את הנגד  $R_2$  למקומו במקום הנגד תלוי-האור, ומחליפים את הוולטמטר בוולטמטר שאינו אידיאלי.

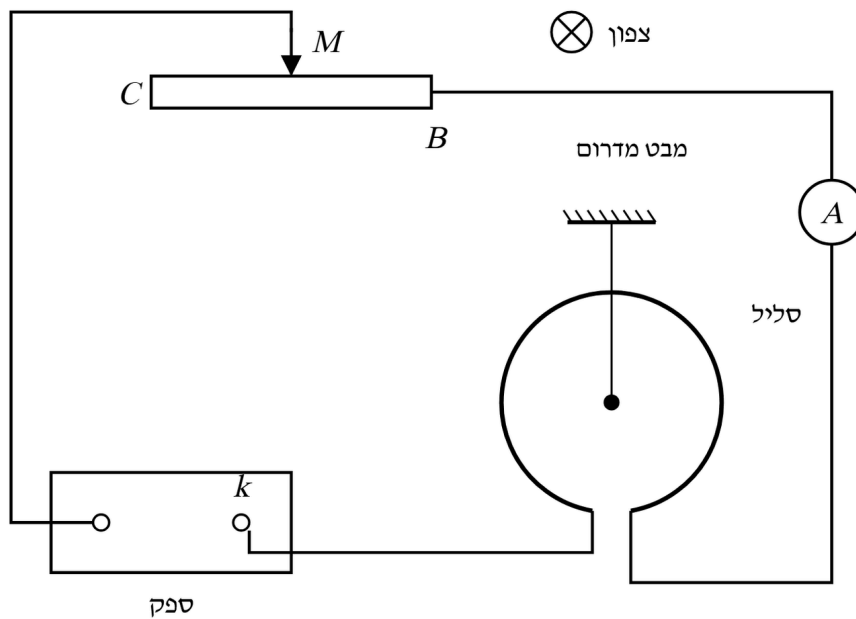
ה. האם הוריית האמפרמטר תגדל, תקטן או לא תשתנה? נמקו את קביעתכם.  
(7 נקודות)

5. תלמידה ערכה ניסוי למדידת הגודל של הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ,  $B_{E\parallel}$ , בסביבת ביתה.
- תחילה היא תלתה מחט מגנטית על חוט דק הקשור למרכז המחט. התלייה מאפשרת למחט לנוע בחופשיות. המחט התייצבה במישור האנכי צפון-דרום, כשהקוטב  $N$  שלה פונה צפונה ומטה.
- $\alpha$  היא זווית ההרכנה - הזווית בין כיוון המחט ובין המישור האופקי (ראו תרשים 1).
- התלמידה מדדה את הזווית ומצאה  $\alpha = 60^\circ$ . תוצאה זו התקבלה בהשפעת השדה המגנטי של כדור הארץ בלבד.



תרשים 1

- כדי למדוד את  $B_{E\parallel}$  הרכיבה התלמידה מעגל חשמלי ובו: ספק, נגד משתנה, מד זרם וסליל מעגלי דק. הסליל מוצב במישור אנכי המאונך לכיוון צפון-דרום, כך שציר הסליל אופקי ומכוון צפון-דרום. המחט תלויה במרכז הסליל.
- נתון: הסליל הדק עשוי 4 כריכות ( $N = 4$ ). רדיוס כל כריכה  $r = 15 \text{ cm}$ .
- בתרשים 2 המעגל מוצג במבט מדרום: כיוון צפון הוא אל תוך הדף. בתרשים מוצגת כריכה אחת של הסליל; שאר הכריכות מלופפות באותו כיוון.



## תרשים 2

- התלמידה הזיזה את הגרר  $M$  של הנגד המשתנה, וראתה שהזווית  $\alpha$  גדלה בהדרגה, עד שבנקודה מסוימת המחט המגנטית התייצבה במצב אנכי ( $\alpha = 90^\circ$ ).
- א. על פי הכיוון של השדות המגנטיים, קבעו אם ההדק  $k$  של הספק הוא חיובי או שלילי. נמקו את קביעתכם. (6 נקודות)
- ב. האם במהלך הניסוי הזיזה התלמידה את הגרר  $M$  של הנגד המשתנה מנקודה  $C$  לנקודה  $B$  או מנקודה  $B$  לנקודה  $C$ ? נמקו את תשובתכם. (6 נקודות)
- ג. כאשר המחט התייצבה במצב אנכי, מד הזרם הורה  $1.50 \text{ A}$ . חשבו את גודלו של הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ,  $B_{E\parallel}$ . (6 נקודות)

התלמידה לא הייתה מרוצה מדיוק המדידה, ולכן החליטה למצוא את  $B_{E\parallel}$  באמצעות גרף. היא חזרה על המדידה כמה פעמים, ובכל פעם שינתה את מספר הכריכות של הסליל (הרדיוס נשאר 15 cm).

בכל מדידה היא רשמה את מספר הכריכות  $N$  ואת הזרם  $I$  שהתקבל כאשר המחט התייצבה במצב אנכי ( $\alpha = 90^\circ$ ), וחישה את  $\frac{1}{I}$ . התוצאות מוצגות בטבלה.

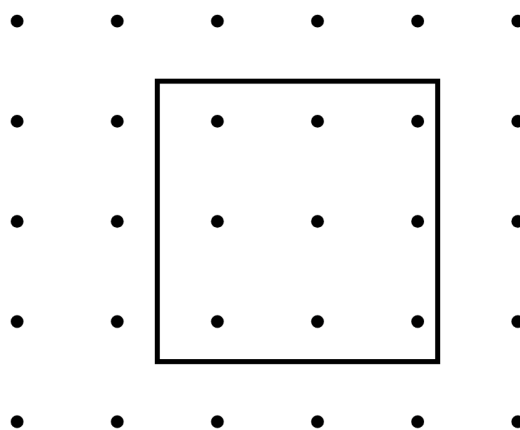
| כריכות $N$                      | 4    | 8    | 12   | 16   | 20   |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|
| $I$ (A)                         | 1.50 | 0.78 | 0.50 | 0.37 | 0.31 |
| $\frac{1}{I}$ ( $\frac{1}{A}$ ) | 0.67 | 1.28 | 2.00 | 2.70 | 3.23 |

ד. סרטטו גרף של  $\frac{1}{I}$  כפונקציה של מספר הכריכות  $N$ . (9 נקודות)

ה. חשבו באמצעות שיפוע הגרף את גודל הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ,  $B_{E\parallel}$ . (6 $\frac{1}{3}$  נקודות)

6.

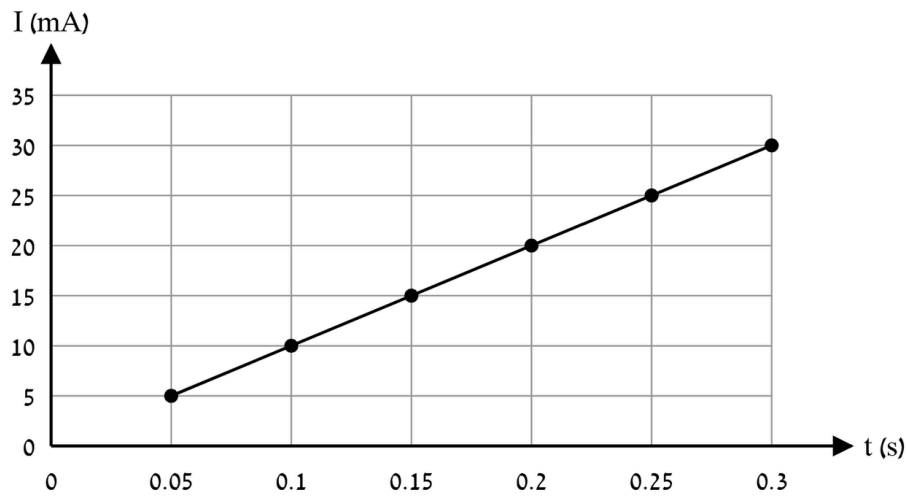
סליל ריבועי שטוח בעל  $N$  כריכות מוחזק במצב אופקי מעל קוטב של מגנט חזק. בתחום שבו נע הסליל השדה המגנטי  $B$  אנכי ומכוון כלפי מעלה, ועוצמתו גדלה ככל שמתקרבים אל המגנט על פי הקשר  $B(z) = B_0 + K \cdot z$ , כאשר  $z$  הוא המרחק מתחת לנקודה שבה הסליל מוחזק בהתחלה. רכיבי השדה בכיוונים האחרים ניתנים להזנחה. ברגע  $t_0 = 0$  משחררים את הסליל ממנוחה, והוא נופל נפילה חופשית כשמישורו נשאר אופקי. התנגדות האוויר והשפעת הזרם המושרה על תנועת הסליל זניחות. בתרשים שלפניכם מתוארים הסליל והשדה המגנטי במבט מלמעלה. הכיוון "כלפי מעלה" הוא "החוצה מן הדף".



מבט מלמעלה

- א. נתון כי ערכו של הקבוע  $K$  הוא 0.2, על פי מערכת היחידות SI. רשמו מהן היחידות של הקבוע  $K$ . (5 נקודות)
- ב. הסבירו מדוע במהלך נפילת הסליל זרם בו זרם חשמלי. (6 נקודות)
- השטח של כל כריכה של הסליל הוא  $A$ , והתנגדות הסליל היא  $R$ .
- ג. פתחו ביטוי לשטף המגנטי דרך כריכה אחת של הסליל כפונקציה של הזמן  $t$  והפרמטרים  $B_0, g, K$  ו- $A$ . (7 נקודות)
- ד. פתחו ביטוי לעוצמת הזרם בסליל כפונקציה של הזמן  $t$  והפרמטרים  $K, g, R, N$  ו- $A$ . (6 נקודות)

הזרם בסליל נמדד ברגעים שונים. תוצאות המדידות מוצגות בגרף שלפניכם. שימו לב: הזרם נמדד במיליאמפר.



נתון:  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $R = 5 \Omega$ ,  $A = 25 \text{ cm}^2$ .  
ה. על פי שיפוע הגרף, חשבו את מספר הכריכות  $N$  של הסליל.  
(5 נקודות)

ו. קבעו אם ברגע  $t = 0.2 \text{ s}$  הזרם בסליל זורם עם כיוון השעון או נגד כיוון השעון, במבט מלמעלה (כפי שהסליל נראה בתרשים). נמקו את קביעתכם.  
(4⅓ נקודות)

כל הבגרויות בפיזיקה עם פתרונות מלאים: [www.guyai.co.il/bagrut/physics](http://www.guyai.co.il/bagrut/physics)