

פיזיקה חשמל הוראות

א. משך הבחינה: שעתיים ורבע.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:

בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש לענות על שלוש בלבד.

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

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

ד. הוראות מיוחדות:

(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 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 במחברת הבחינה בלבד. 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!

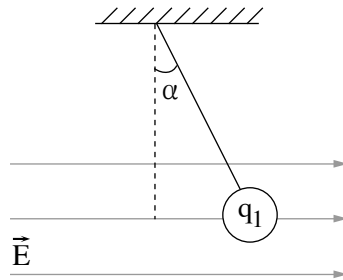
השאלות

ענו על שלוש מן השאלות 1-6.

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

1. מורה לפיזיקה ערך שני ניסויי הדגמה באלקטרוסטטיקה.

בניסוי הראשון תלה המורה כדור פלסטיק שמסתו m בקצה חוט המחובר לתקרה, והטעין אותו במטען q_1 . באזור הכדור הפעיל המורה שדה חשמלי אחיד ואופקי \vec{E} שכיוונו ימינה. בעקבות הפעלת השדה, הכדור המחובר לחוט סטה ימינה בזווית α יחסית לאנך, כמתואר בתרשים 1.



תרשים 1

א. (1) פתחו ביטוי הקושר בין זווית הסטייה α ובין עוצמת השדה החשמלי E .

השתמשו בפרמטרים m , q_1 ובקבועים פיזיקליים בהתאם לצורך.

(2) נתון: מסת הכדור היא $m = 0.2 \text{ gr}$.

כאשר עוצמת השדה החשמלי הייתה $E = 5700 \frac{\text{N}}{\text{C}}$, סטה הכדור המחובר לחוט בזווית $\alpha = 14^\circ$.

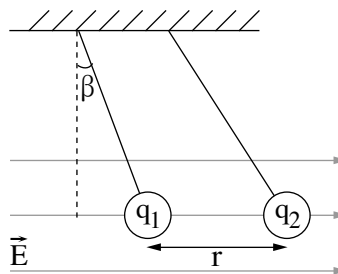
קבעו את הסימן של המטען החשמלי, q_1 , וחשבו את גודלו של המטען באמצעות הביטוי שפיתחתם.

נמקו את תשובתכם.

(7 נקודות)

בניסוי השני תלה המורה בתוך השדה \vec{E} כדור פלסטיק נוסף בעל אותה מסה m , הטעון במטען חיובי q_2 . בעקבות זאת השתנתה זווית הסטייה של הכדור הראשון (הטעון במטען q_1) ל- β . המרחק בין מרכזי הכדורים הוא r ,

כמתואר בתרשים 2.



תרשים 2

במהלך הניסוי השני המורה שינה כמה פעמים את המרחק בין מרכזי הכדורים, ובכל פעם הוא התאים את עוצמת השדה החשמלי E כך שגודל זווית הסטייה β של הכדור הראשון נשאר קבוע.

בכל פעם רשם המורה את המרחק r בין מרכזי הכדורים ואת עוצמת השדה החשמלי E המתאימה.

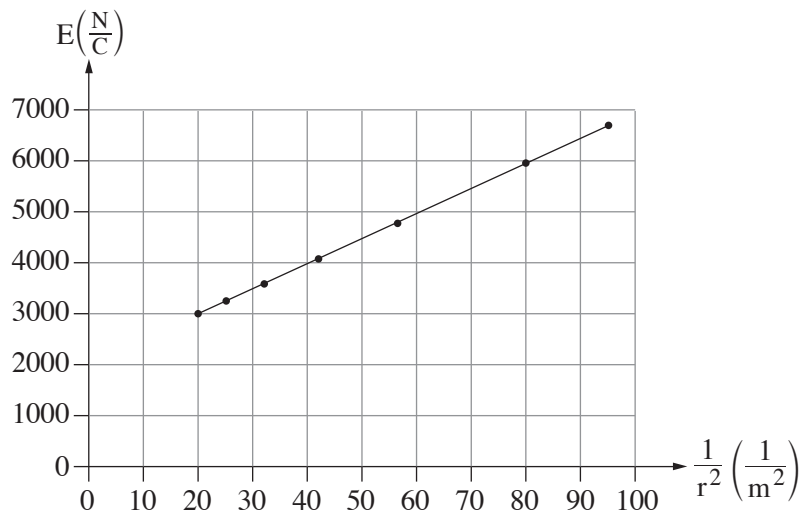
בכל מדידה הקפיד המורה שהגובה של מרכזי הכדורים יישאר קבוע (באמצעות שינוי אורך החוט של הכדור השני).

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 עוצמת השדה החשמלי E המופעל, כתלות במרחק r בין מרכזי הכדורים, הוא

$$E = k \frac{q_2}{r^2} + \frac{mg}{q_1} \tan \beta \quad (8 \text{ נקודות})$$

בגרף שבתרשים 3 מוצג גודל השדה החשמלי כתלות ב- $\frac{1}{r^2}$.



תרשים 3

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

ה. אחת התלמידות בכיתה הציעה להטעין את הכדור השני במטען q_2 אחר, כך ששני הכדורים יסטו ימינה באותה זווית יחסית לאנך. האם זה אפשרי?

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

1. כן. במקרה זה $q_2 > q_1$.

2. כן. במקרה זה $q_2 = q_1$.

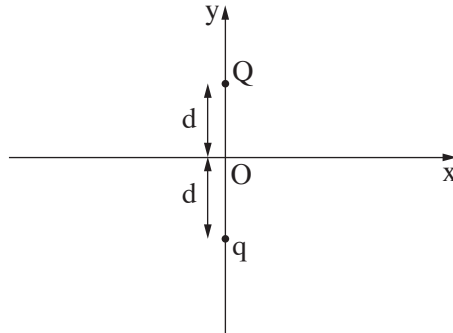
3. כן. במקרה זה $q_2 < q_1$.

4. כן. שוויון זוויות יתקיים עבור כל ערך של q_2 .

5. לא. אי אפשר.

($\frac{1}{3}$ 5 נקודות)

2. בתרשים 1 מוצגת מערכת צירים ושני מטענים נקודתיים חיוביים q ו- Q .
 המטענים ממוקמים לאורכו של הציר האנכי (ציר y), כל אחד במרחק d מראשית הצירים O .
 נתון: $Q > q$.
 בשאלה כולה יש להזניח את השפעת כוח הכבידה.



תרשים 1

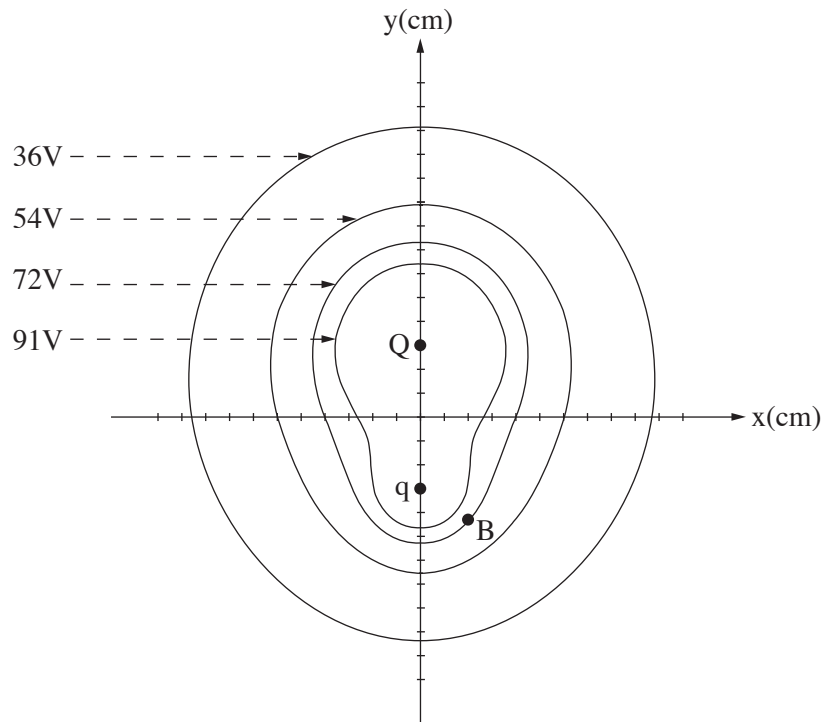
- א. בטאו את גודל השדה החשמלי הנוצר בראשית הצירים, O , באמצעות הפרמטרים q , Q , d וקבועים פיזיקליים בהתאם לצורך. ציינו את כיוון השדה. (6 נקודות)
- הפוטנציאל באינסוף נבחר להיות אפס.
- ב. האם יש נקודה כלשהי במרחב (מלבד באינסוף) שבה הפוטנציאל החשמלי שווה לאפס? אם כן – בטאו את המיקום של נקודה זו. אם לא – הסבירו מדוע. (6 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

בתרשים 2 מוצגים קווים המְתָארים משטחים שווי פוטנציאל של מערכת המטענים.
 ערך הפוטנציאל של כל קו מסומן בתרשים באמצעות חץ.

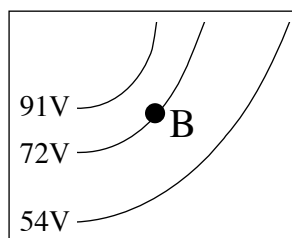
בצירים שבתרשים, המרחק בין כל שתי שנתות סמוכות מייצג מרחק של 2cm.

מטען Q ממוקם בנקודה (0, 6 cm) ומטען q בנקודה (0, -6 cm), כמתואר בתרשים 2.
 נתון: $Q = 6 \cdot 10^{-10} \text{ C}$.

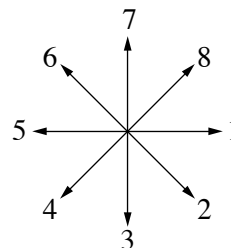


תרשים 2

- ג. היעזרו בתרשים 2 וחשבו את הגודל של המטען q. פרטו את חישוביכם. (8 נקודות)
- ד. מעניקים לחלקיק חיובי (פוזיטרון, המסומן e^+), הנמצא בראשית הצירים O, מהירות שגודלה $v_O = 5.2 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.
 נתון: מסתו של פוזיטרון $m_{e^+} = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, מטענו $q_{e^+} = +1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
 הפוזיטרון נע במסלול כלשהו בהשפעת הכוחות החשמליים המופעלים עליו על ידי המטענים q ו-Q, ובמהלך תנועתו הוא חולף בנקודה B הנמצאת על אחד הקווים שווי הפוטנציאל, כמתואר בתרשים 2.
 חשבו את גודל המהירות של הפוזיטרון, v_B , בחולפו בנקודה B. (8 נקודות)
- ה. בתרשים 3 מוצגת שושנת כיוונים ובה שמונה כיוונים (1-8).
 היעזרו בתרשים 3 וקבעו איזה מן הכיוונים 1-8 מתאים בקירוב לתיאור כיוון התאוצה של הפוזיטרון בחולפו בנקודה B.
 נמקו את קביעתכם. (5 $\frac{1}{3}$ נקודות)



3: הגדלה של האזור שבקרבת נקודה B

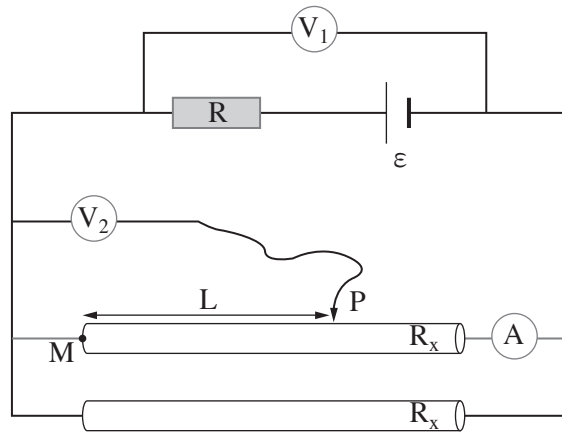


3: שושנת כיוונים

תרשים 3

3. תלמידה הרכיבה את המעגל החשמלי המתואר בתרשים 1 מן הרכיבים האלה:

- סוללה שהכא"מ שלה $\varepsilon = 12V$ והתנגדותה הפנימית זניחה.
- נגד R שהתנגדותו קבועה.
- שני מוטות מוליכים זהים שהתנגדות כל אחד מהם R_x . למוטות התנגדות אחידה ליחידת אורך, λ .
- מכשירי מדידה אידיאליים – מד-זרם A , מד-מתח V_1 ומד-מתח V_2 .
- מגע נייד P המחובר בין מד-מתח V_2 למוט R_x העליון.
- תילים שהתנגדותם זניחה.



תרשים 1

נתון: הוריית מד-הזרם במעגל (ראו תרשים 1) היא $I = 1.25A$, והוריית מד-המתח V_1 היא $V_1 = 8V$.

א. חשבו את ההתנגדות R_x של כל אחד מן המוטות. פרטו את שלבי הפתרון. (6 נקודות).

ב. חשבו את ההתנגדות של הנגד R . פרטו את שלבי הפתרון. (7 נקודות)

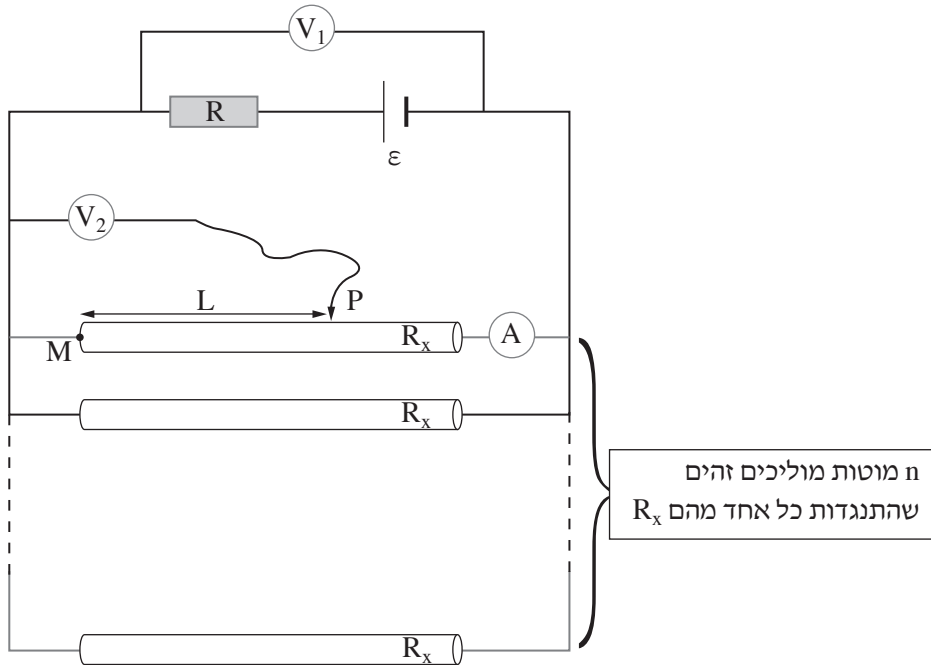
נקודה M שבתרשים היא הקצה השמאלי של מוט R_x העליון.

כאשר המגע הנייד P נמצא במרחק $L = 40\text{ cm}$ מימין לנקודה M , הוריית מד-המתח V_2 היא $V_2 = 6V$.

ג. חשבו את λ (ההתנגדות ליחידת אורך של מוט מוליך). פרטו את שלבי הפתרון. (7 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

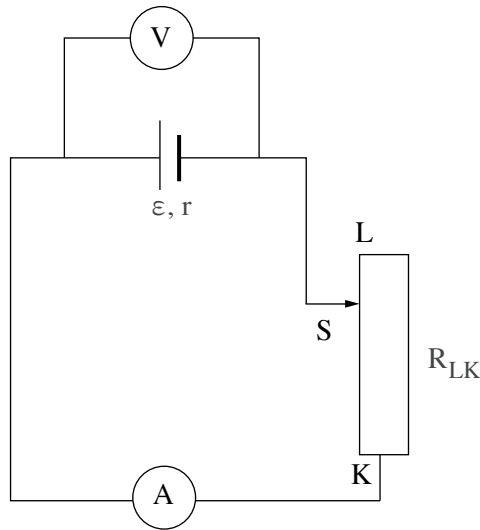
במקביל לשני המוטות הקיימים במעגל הוסיפה התלמידה כמה מוטות מוליכים זהים למוטות הקיימים (ראו תרשים 2). בשלב זה יש במעגל סך הכול n מוטות מוליכים זהים שהתנגדות של כל אחד מהם R_x .



תרשים 2

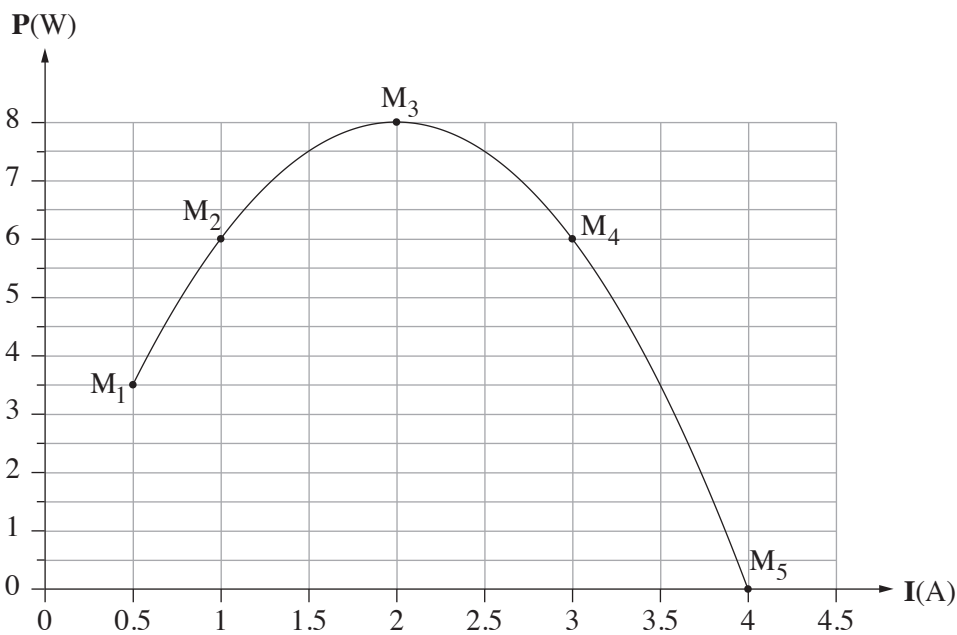
- ד. פתחו ביטוי פרמטרי לזרם שמונח מד־הזרם A (במעגל שבתרשים 2) כתלות ב־ ε , R_x , R , n , בהתאם לצורך. (8 נקודות)
- ה. לפניכם היגדים 1–4 המתארים את השינויים בהוריות של מדי־המתח ככל שמספר המוטות המוליכים גדל (ככל ש־ n גדל). קבעו מהו ההיגד הנכון, ונמקו את קביעתכם.
1. ההוריות של שני מדי־המתח קטנות.
 2. ההוריות של שני מדי־המתח גדלות.
 3. ההוריה של מד־מתח V_1 גדלה וההוריה של מד־מתח V_2 קטנה.
 4. ההוריה של מד־מתח V_1 קטנה וההוריה של מד־מתח V_2 גדלה.
- ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

4. תלמידים הרכיבו את המעגל החשמלי המתואר בתרשים 1 מן הרכיבים האלה: סוללה שהכא"מ שלה ϵ והתנגדות הפנימית r , נגד משתנה שהתנגדותו R_{LK} ונקודת המגע הנייד שלו S , תילים שהתנגדותם זניחה ומכשירי מדידה אידיאליים – מדמתח V ומדזרם A .



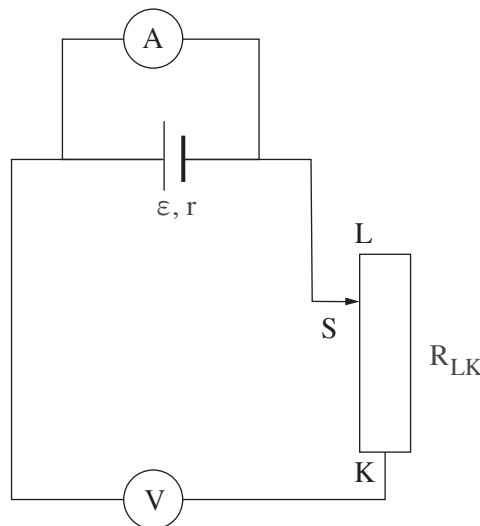
תרשים 1

- א. התלמידים הזיזו את המגע הנייד S של הנגד המשתנה R_{LK} לכיוון הקצה L . קבעו אם הוריית מדמתח V גדלה, קטנה או לא השתנתה. נמקו את קביעתכם. (5 נקודות)
- התלמידים שינו את המיקום של המגע הנייד S חמש פעמים (שניים מן המיקומים היו בקצוות K ו- L). בכל פעם הם רשמו את הוריית מדזרם A ומדמתח V , וחישבו את ההספק P המתפתח בנגד המשתנה R_{LK} . בכל אחת מחמש נקודות המדידה $M_1 - M_5$.
- התלמידים סרטטו גרף של ההספק P כפונקציה של הזרם I (ראו תרשים 2).



תרשים 2

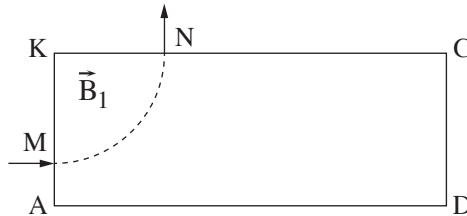
- ב. בחרו מן הגרף שבתרשים 2 את הנקודה המתאימה לחישוב ההתנגדות המקסימלית של הנגד המשתנה R_{LK} .
 חשבו את ההתנגדות המקסימלית של הנגד המשתנה R_{LK} .
 פרטו את שיקוליכם בבחירת הנקודה המתאימה ואת שלבי הפתרון. (7 נקודות)
- ג. חשבו את הכא"מ ε ואת ההתנגדות הפנימית r של הסוללה (תוכלו להיעזר בבחירת שתי נקודות מן הגרף או בכל דרך אחרת שתבחרו). פרטו את שלבי הפתרון. (9 נקודות)
- בשתי נקודות, M_2 ו- M_4 , ההספק שנוצל על ידי הנגד המשתנה R_{LK} היה זהה.
 ד. האם גם ההספק המבובז בסוללה היה אותו הספק בשתי נקודות המדידה האלה? אם כן – נמקו את קביעתכם, אם לא – קבעו באיזו נקודה ההספק המבובז גדול יותר, וחשבו פי כמה הוא גדול יותר. (7 נקודות)
- התלמידים החליפו בין המיקום של מד-הזרם A למיקום של מד-המתח V במעגל (ראו תרשים 3).



תרשים 3

- ה. לפניכם ארבעה היגדים 1–4 בנוגע למעגל שבתרשים 3.
 קבעו מהו ההיגד הנכון, ונמקו את קביעתכם.
1. הוריית מד-הזרם היא 0 וגם הוריית מד-המתח היא 0.
 2. מאחר שלא צוין המיקום של המגע הנייד S על הנגד המשתנה R_{LK} , אי אפשר לדעת מהי הוריית מכשירי המדידה.
 3. ההוריות של מכשירי המדידה (במעגל שבתרשים 3) זהות להוריות של מכשירי המדידה עבור הנקודה M_5 בגרף שבתרשים 2.
 4. הוריית מד-הזרם היא 0 והוריית מד-המתח היא ε .
- ($\frac{1}{3}$ נקודות)

5. חלקיק בעל מסה m ומטען חיובי q נכנס לאזור מלבני $AKCD$ שבו שדה מגנטי אחיד \vec{B}_1 שכיוונו מאונך לדף. החלקיק נכנס לשדה המגנטי בנקודה M במאונך לצלע AK , ויוצא ממנו בנקודה N במאונך לצלע KC , כמתואר בתרשים 1. בשאלה כולה יש להזניח את השפעת כוח הכבידה.

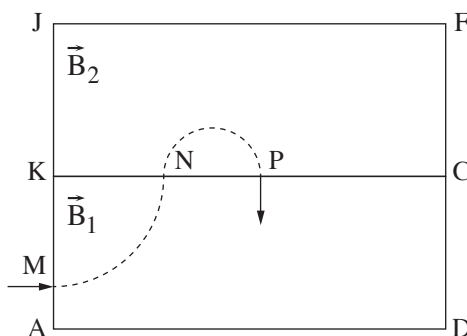


תרשים 1

נתון: מהירות הכניסה של החלקיק לשדה המגנטי: $v_0 = 2 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$, מטען החלקיק: $q = 1.6 \cdot 10^{-19} C$, גודל השדה המגנטי: $B_1 = 0.05 T$, זמן שהייה של החלקיק בשדה המגנטי: $t_1 = 3.279 \cdot 10^{-7} s$.

- א. מצאו את כיוון השדה המגנטי \vec{B}_1 , פרטו את שיקוליכם. (5 נקודות)
 ב. חשבו את מסת החלקיק m . (8 נקודות)

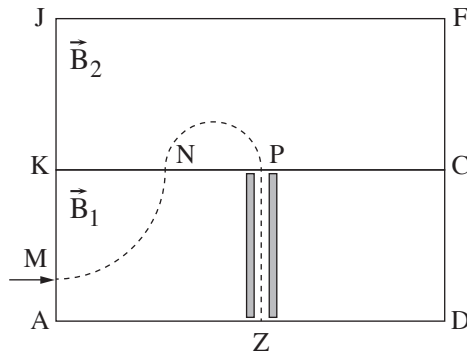
יוצרים שדה מגנטי אחר, \vec{B}_2 , גם הוא אחיד ומאונך לדף, באזור מלבני $KJFC$ שנמצא מעל האזור המלבני הראשון, כמתואר בתרשים 2. מעניקים לחלקיק שוב את אותה המהירות ההתחלתית v_0 , והוא נע במסלול המתואר בתרשים 2. הוא יוצא מן המלבן $KJFC$ בנקודה P במאונך לצלע KC . נתון כי המרחק KP הוא 62.6 cm .



תרשים 2

- ג. חשבו את השדה המגנטי \vec{B}_2 (גודל וכיוון). (9 נקודות)

הוסיפו למלבן AKCD שני לוחות טעונים שביניהם יש שדה חשמלי אחיד \vec{E} (בורר מהירויות). לאחר שהחלקיק עובר בנקודה P ונכנס שוב לאזור המלבן AKCD, הוא נע בקו ישר בין שני הלוחות ויוצא מן המלבן בנקודה Z, כמתואר בתרשים 3.



תרשים 3

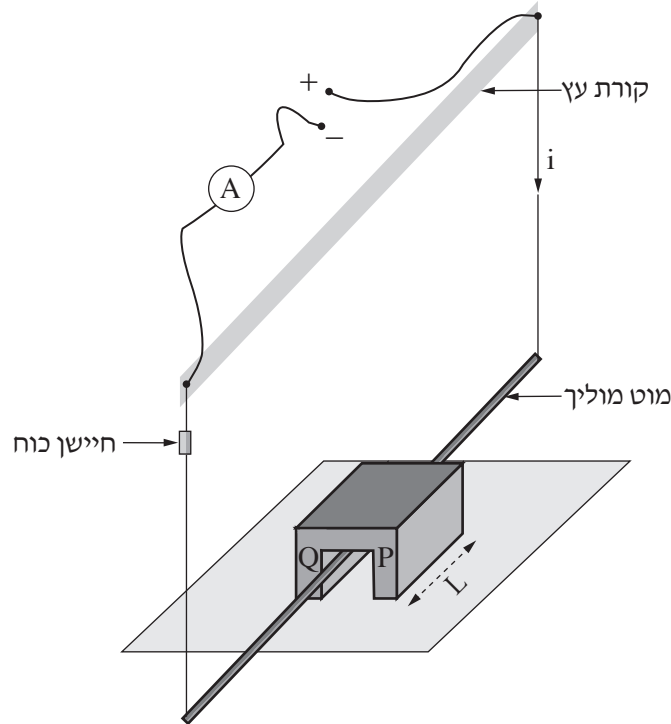
ד. חשבו את השדה החשמלי \vec{E} (גודל וכיוון). פרטו את שלבי הפתרון. (6 נקודות)

מעניקים לאותו החלקיק (m, q) את אותה המהירות ההתחלתית, $v_0 = 2 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$.

הפעם החלקיק נכנס במאונך לצלע AD, בנקודה Z (ראו תרשים 3), נע בכיוון ההפוך במסלול $M \leftarrow N \leftarrow P \leftarrow Z$ ויוצא במאונך לצלע AK, בנקודה M.

ה. קבעו אם בניסוי זה הפכו את הכיוון של אחד (או יותר) מן השדות \vec{E} , \vec{B}_2 , \vec{B}_1 . נמקו את קביעתכם. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

6. תלמידים בנו מערכת ניסוי המורכבת ממוט מוליך התלוי על קורת עץ אופקית באמצעות שני חוטים מוליכים. המוט והחוטים הם חלק ממעגל חשמלי שבו אפשר לשנות את עוצמת הזרם i (תרשים 1). המוט המוליך עובר בין הקטבים P , Q של מגנט פרסה המונח על משטח. כיוון המוט המוליך מאונך לכיוון השדה המגנטי האחד \vec{B} של המגנט, והוא אינו נוגע במשטח ובמגנט. מסתו של המוט המוליך היא m . אורך קטע המוט המוליך הנמצא בשדה המגנטי הוא $L = 10 \text{ cm}$. חישן כוח מודד את המתוחות באחד החוטים. המתוחות בשני החוטים זהה. בשאלה כולה יש להזניח את השפעת השדה המגנטי של כדור הארץ, מסת החוטים ומסת חישן הכוח.



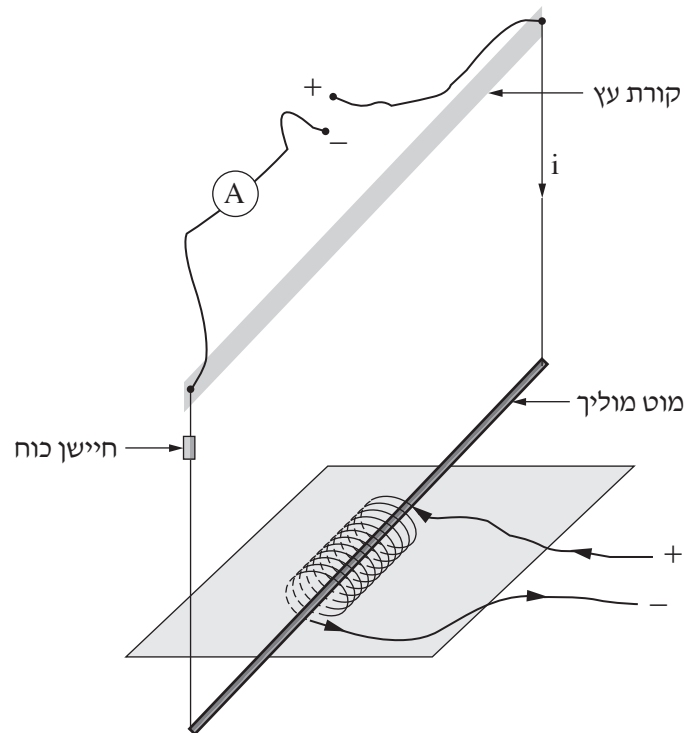
תרשים 1

- התלמידים שינו את עוצמת הזרם i כמה פעמים, ובכל פעם הם רשמו את המתוחות T הנמדדת בחישן הכוח. התוצאות מוצגות בטבלה שלפניכם.

$i(\text{A})$	1.0	3.0	5.0	7.0	9.0
$T(\text{N})$	0.090	0.075	0.045	0.035	0.010

- א. קבעו מהו הכיוון של השדה המגנטי במגנט הפרסה (מ- P ל- Q או מ- Q ל- P). הסתמכו בתשובתכם על תרשים 1 ועל תוצאות המדידות המוצגות בטבלה. נמקו את קביעתכם. (6 נקודות)
- ב. פתחו ביטוי של המתוחות בחוט כפונקצייה של עוצמת הזרם i . השתמשו בפרמטרים L , B , m וקבועים פיזיקליים בהתאם לצורך. הניחו כי מחוץ למגנט עוצמת השדה המגנטי זניחה, ובתוך המגנט היא אחידה. (6 נקודות)
- ג. (1) סרטטו במחברתכם את דיאגרמת הפיזור (נקודות במערכת צירים) של המתוחות בחוט כפונקצייה של הזרם הזורם במוט.
 (2) הוסיפו לדיאגרמת הפיזור את הישר המתאים לה ביותר (קו המגמה). (8 נקודות)
- ד. חשבו את המסה m של המוט המוליך ואת עוצמת השדה המגנטי \vec{B} של מגנט הפרסה. הסתמכו בחישוב על הביטוי שפיתחתם ועל הגרף שסרטטתם. (8 נקודות)

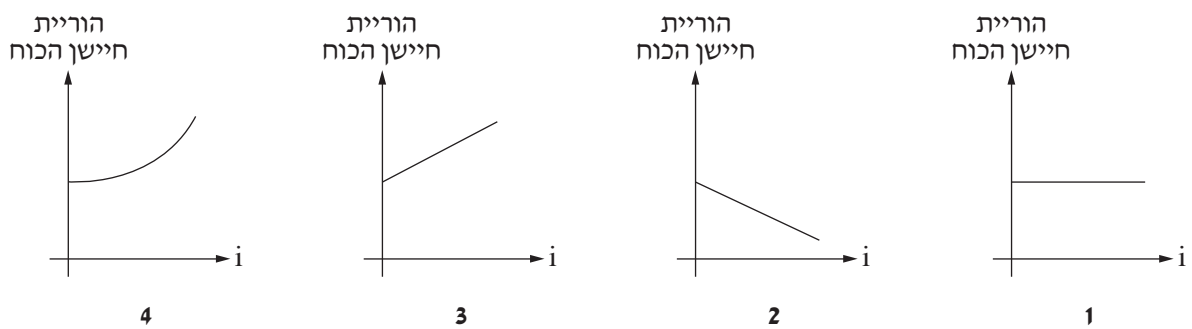
התלמידים הוציאו את מגנט הפרסה, ומיקמו את המוט המוליך לאורך הציר של סילונית שבה זורם זרם קבוע (כיוון הזרם בסילונית מסומן בתרשים 2).



תרשים 2

ה. בתרשים 3 מוצגים גרפים 1-4.

קבעו איזה גרף מתאר נכון את הוריית הכוח כפונקצייה של עוצמת הזרם העובר במוט. נמקו את קביעתכם. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)



תרשים 3

בהצלחה!