

סוג הבחינה: בגרות

מועד הבחינה: קיץ תשפ"ד

מספר השאלון: 036371

שם התלמיד/ה: _____

פיזיקה

חשמל ומגנטיות - 5 יחידות לימוד

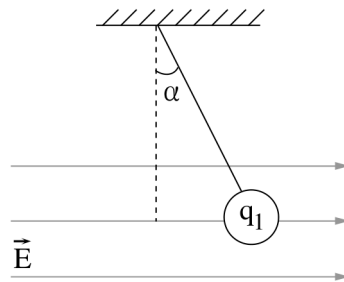
הוראות

- א. משך הבחינה: שתיים ורבע.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש לענות על שלוש בלבד. לכל שאלה - $\frac{1}{33}$ נקודות; $3 \times \frac{1}{33} = 100$ 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: 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 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. 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 E שכיוונו ימינה. בעקבות הפעלת השדה, הכדור המחובר לחוט סטה ימינה בזווית α יחסית לאנך, כמתואר בתרשים 1.

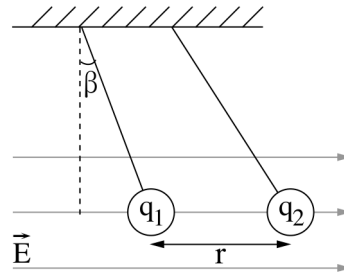


תרשים 1

- א. (1) פתחו ביטוי הקושר בין זווית הסטייה α ובין עוצמת השדה החשמלי E .
 השתמשו בפרמטרים q_1 , m 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 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).

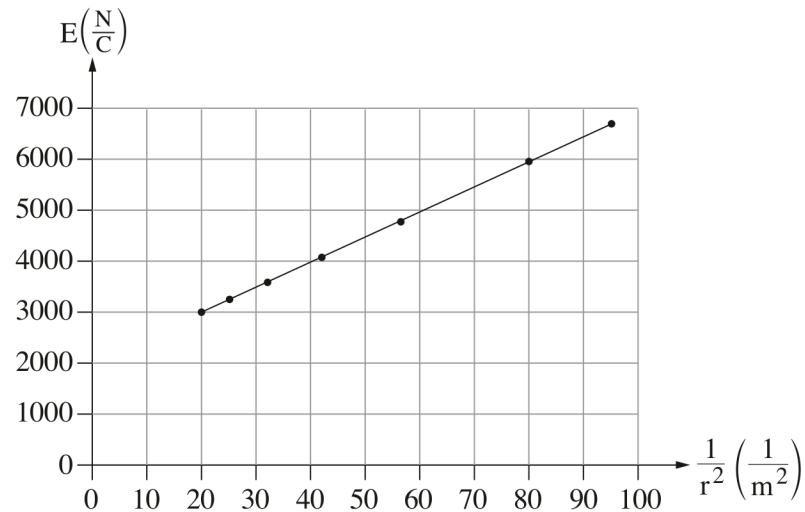
ב. סרטטו תרשים של הכוחות הפועלים על הכדור הטעון במטען q_1 בניסוי השני (תרשים 2). כתבו ליד כל וקטור את שם הכוח. עבור כל אחד מן הכוחות ציינו את הגורם המפעיל אותו. (5 נקודות)

ג. הראו שהביטוי המתאר את עוצמת השדה החשמלי E המופעל, כתלות במרחק r בין מרכזי הכדורים, הוא

$$E = k \frac{q_2}{r^2} + \frac{mg}{q_1} \tan \beta$$

(8 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.

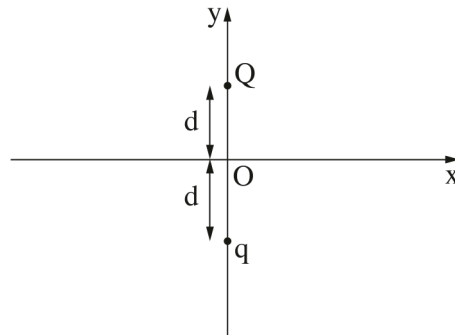
(5 1/3 נקודות)

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 , d ,

q וקבועים פיזיקליים בהתאם לצורך. ציינו את כיוון השדה.

(6 נקודות)

הפוטנציאל באינ-סוף נבחר להיות אפס.

ב. האם יש נקודה כלשהי במרחב (מלבד באינ-סוף) שבה הפוטנציאל החשמלי שווה לאפס? אם כן

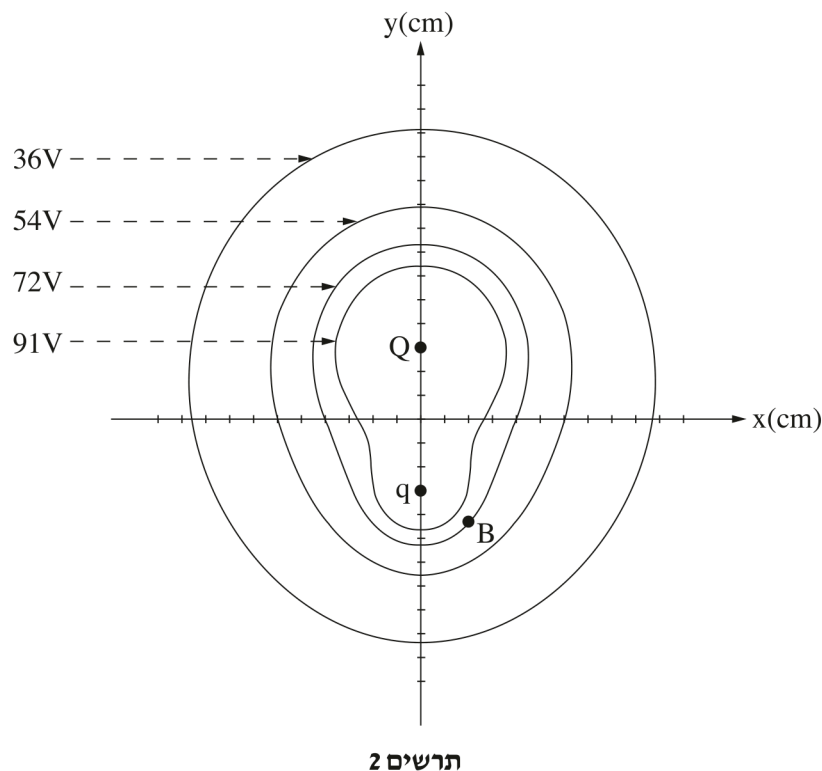
- בטאו את המיקום של נקודה זו. אם לא - הסבירו מדוע.

(6 נקודות)

בתרשים 2 מוצגים קווים המִתָּארים 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 2 cm .

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

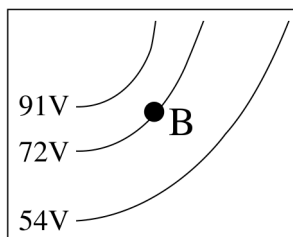


ג. היעזרו בתרשים 2 וחשבו את הגודל של המטען q . פרטו את חישוביכם.
 (8 נקודות)

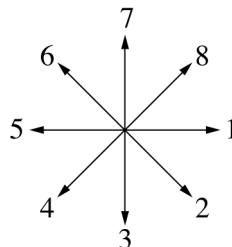
ד. מעניקים לחלקיק חיובי (פוזיטרון, המסומן e^+), הנמצא בראשית הצירים O , מהירות שגודלה $v_O = 5.2 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.
 נתון: מסתו של פוזיטרון $m_{e^+} = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, מטענו $q_{e^+} = +1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
 הפוזיטרון נע במסלול כלשהו בהשפעת הכוחות החשמליים 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 3א מוצגת שושנת כיוונים ובה שמונה כיוונים (1-8).

היעזרו בתרשים 3ב וקבעו איזה מן הכיוונים 1-8 מתאים בקירוב לתיאור כיוון התאוצה של הפוזיטרון בחולפו בנקודה B. נמקו את קביעתכם.



3ב: הגדלה של האזור שבקרבת נקודה B



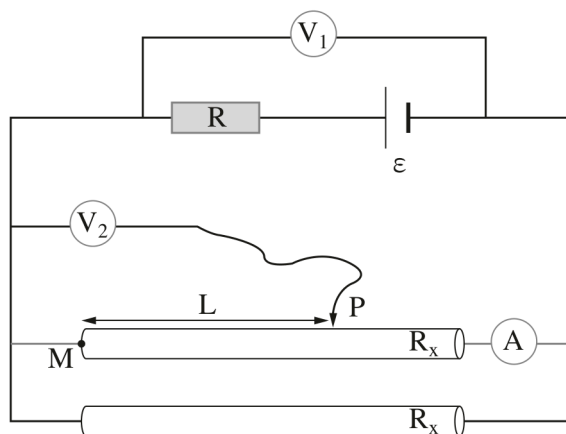
3א: שושנת כיוונים

תרשים 3

($5\frac{1}{3}$ נקודות)

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

- סוללה שהכא"מ שלה $\varepsilon = 12\text{ V}$ 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 $I = 1.25\text{ A}$, והוריית מד-המתח V_1 היא $V_1 = 8\text{ V}$.

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

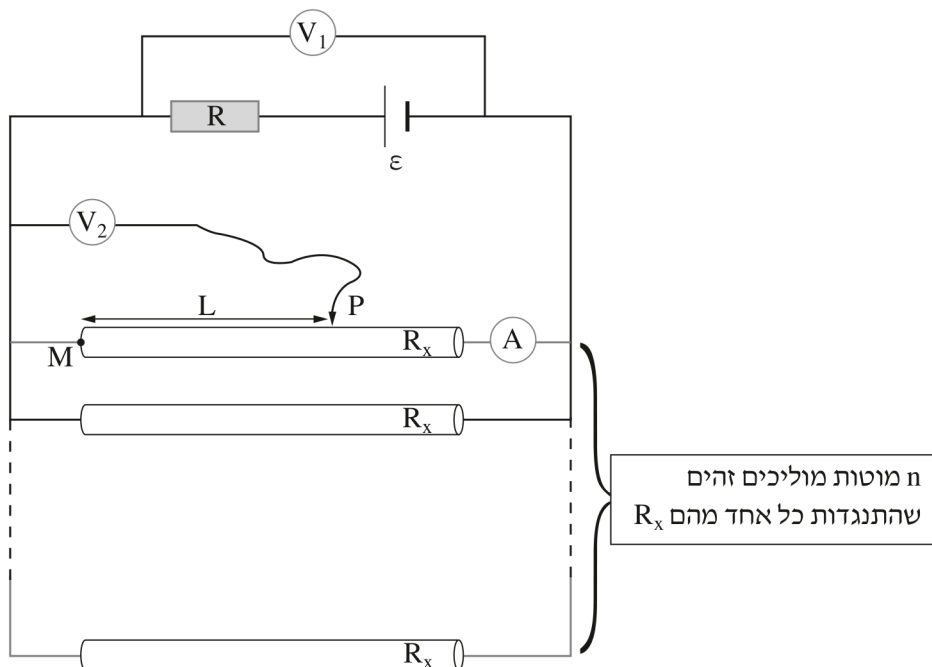
ב. חשבו את ההתנגדות של הנגד R . פרטו את שלבי הפתרון. (7 נקודות)

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 $V_2 = 6 \text{ V}$.

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

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 שההתנגדות של כל אחד מהם R_x .



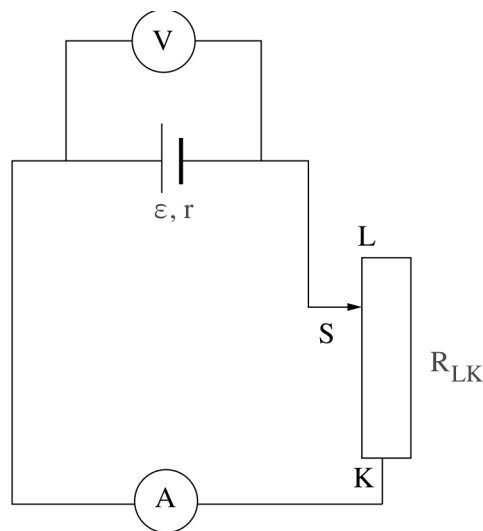
תרשים 2

ד. פתחו ביטוי פרמטרי לזרם שמזרם 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 מדי-מתח V_1 גדלה וההוריה של מדי-מתח V_2 קטנה.
 4. ההוריה של מדי-מתח V_1 קטנה וההוריה של מדי-מתח V_2 גדלה.
 (5^{1/3} נקודות)

4. תלמידים הרכיבו את המעגל החשמלי המתואר בתרשים 1 מן הרכיבים האלה: סוללה שהכא"מ שלה $\mathcal{E}$ והתנגדות הפנימית r , נגד משתנה שהתנגדותו R_{LK} ונקודת המגע הנייד שלו S , תילים שהתנגדותם זניחה ומכשירי מדידה אידיאליים - מדי-מתח V ומדי-זרם A .

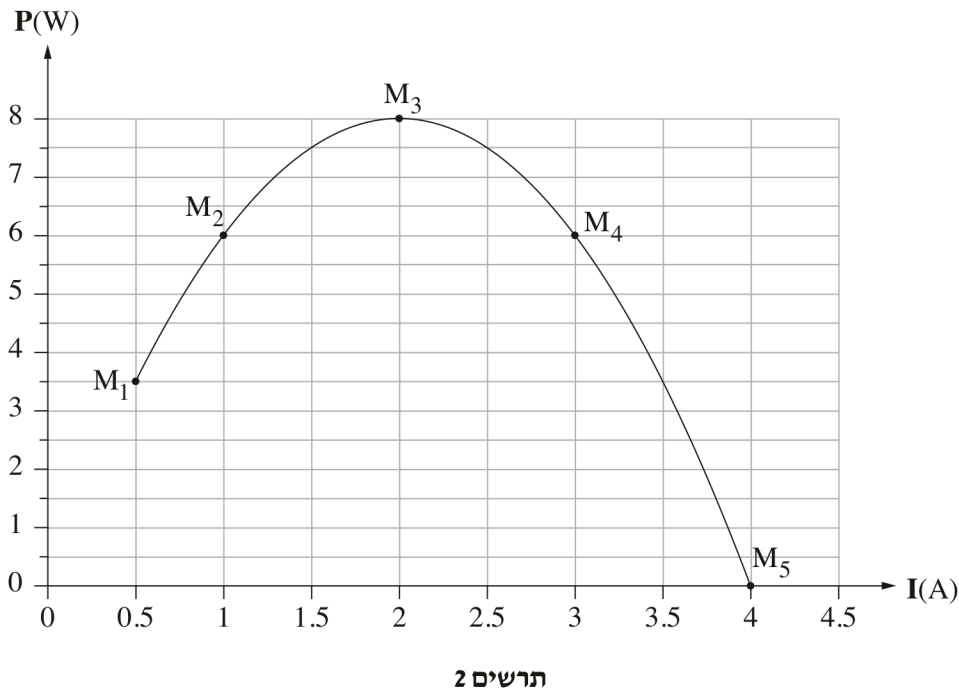


תרשים 1

- א. התלמידים הזיזו את המגע הנייד S של הנגד המשתנה R_{LK} לכיוון הקצה L .
 קבעו אם הוריית מדי-המתח 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 L ו- K).

בכל פעם הם רשמו את הוריית מד-הזרם A ומד-המתח V , וחישבו את ההספק P המתפתח בנגד המשתנה R_{LK} בכל אחת מחמש נקודות המדידה $M_5 - M_1$.
התלמידים סרטטו גרף של ההספק P כפונקציה של הזרם I (ראו תרשים 2).



ב. בחרו מן הגרף שבתרשים 2 את הנקודה המתאימה לחישוב ההתנגדות המקסימלית של הנגד המשתנה R_{LK} .

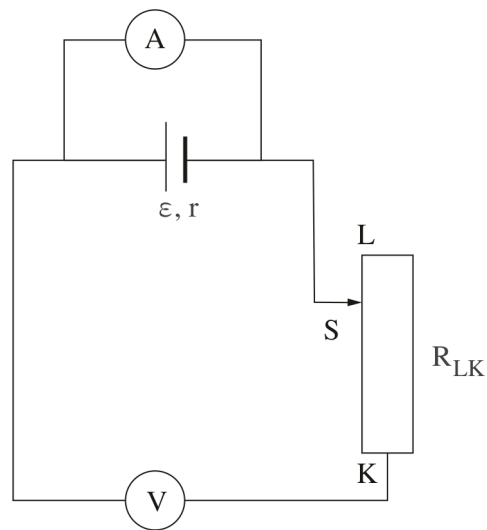
חשבו את ההתנגדות המקסימלית של הנגד המשתנה R_{LK} .
פרטו את שיקולכם בבחירת הנקודה המתאימה ואת שלבי הפתרון.
(7 נקודות)

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 המבוצע בסוללה היה אותו הספק בשתי נקודות המדידה האלה? אם כן - נמקו את קביעתכם, אם לא - קבעו באיזו נקודה ההספק המבוצע 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).

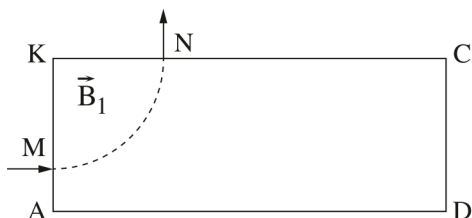


תרשים 3

- 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 .
- (5^{1/3} נקודות)

5. חלקיק בעל מסה m ומטען חיובי q נכנס לאזור מלבני $AKCD$ שבו שורר שדה מגנטי אחיד 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:

$$q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

גודל השדה המגנטי: $B_1 = 0.05 \text{ T}$, זמן שהייה של החלקיק בשדה המגנטי:

$$t_1 = 3.279 \cdot 10^{-7} \text{ s}$$

א. מצאו את כיוון השדה המגנטי B_1 , פרטו את שיקוליכם.

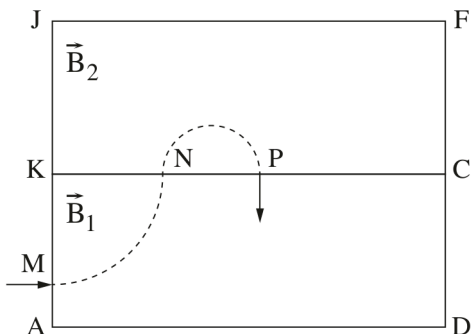
(5 נקודות)

ב. חשבו את מסת החלקיק m .

(8 נקודות)

יוצרים שדה מגנטי אחר, 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 .



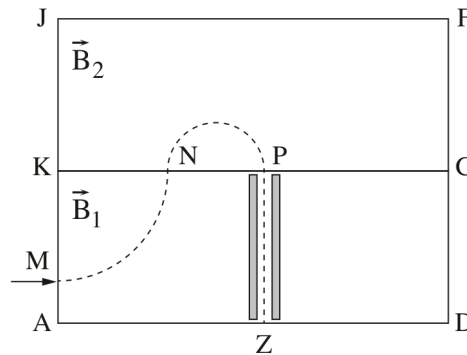
תרשים 2

ג. חשבו את השדה המגנטי B_2 (גודל וכיוון).

(9 נקודות)

הוסיפו למלבן $AKCD$ שני לוחות טעונים שביניהם יש שדה חשמלי אחיד 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 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 E, B_2, B_1 .

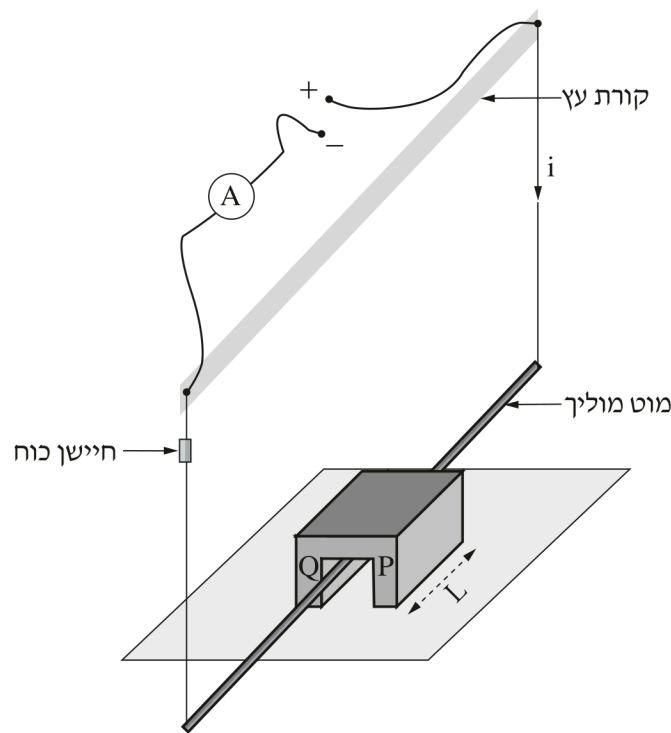
נמקו את קביעתכם.

($5\frac{1}{3}$ 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 Q , P של מגנט פרסה המונח על משטח. כיוון המוט המוליך מאונך לכיוון השדה המגנטי האחד B של המגנט, והוא אינו נוגע במשטח ובמגנט. מסתו של המוט המוליך היא m .

אורך קטע המוט המוליך הנמצא בשדה המגנטי הוא $L = 10 \text{ cm}$. חיישן כוח מודד את המתיחות באחד החוטים. המתיחות בשני החוטים זהה. בשאלה כולה יש להזניח את השפעת השדה המגנטי של כדור הארץ, מסת החוטים ומסת חיישן הכוח.



תרשים 1

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

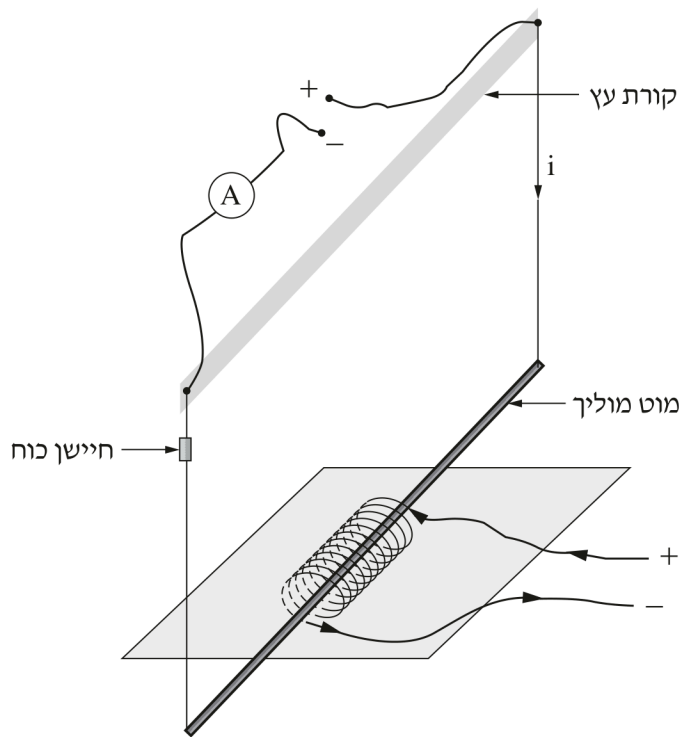
$i \text{ (A)}$	1.0	3.0	5.0	7.0	9.0
$T \text{ (N)}$	0.090	0.075	0.045	0.035	0.010

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 המתיחות בחוט כפונקצייה של עוצמת הזרם i . השתמשו בפרמטרים m , L , B 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 המתיחות 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 B של מגנט הפרסה. הסתמכו בחישוב על הביטוי שפיתחתם ועל הגרף שסרטטתם.
(8 נקודות)

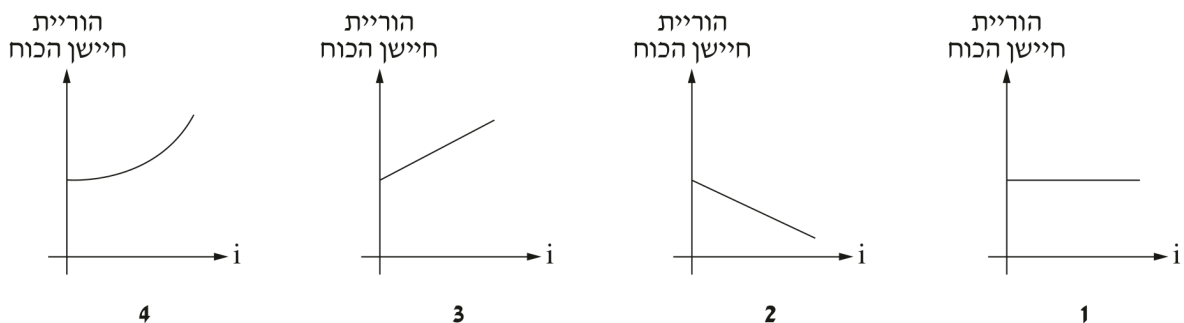
התלמידים הוציאו את מגנט הפרסה, ומיקמו את המוט המוליך לאורך הציר של סילונית שבה זורם זרם קבוע (כיוון הזרם בסילונית מסומן בתרשים 2).



תרשים 2

ה. בתרשים 3 מוצגים גרפים 1-4.

קבעו איזה גרף מתאר נכון את הוריית חיישן הכוח כפונקצייה של עוצמת הזרם העובר במוט. נמקו את קביעתכם.



תרשים 3

($5\frac{1}{3}$ נקודות)

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