

סוג הבחינה: מבחן מתכונת
מבחן: מתכונת 5
מספר השאלון: 036371
שם התלמיד/ה: _____

פיזיקה

חשמל ומגנטיות - 5 יחידות לימוד

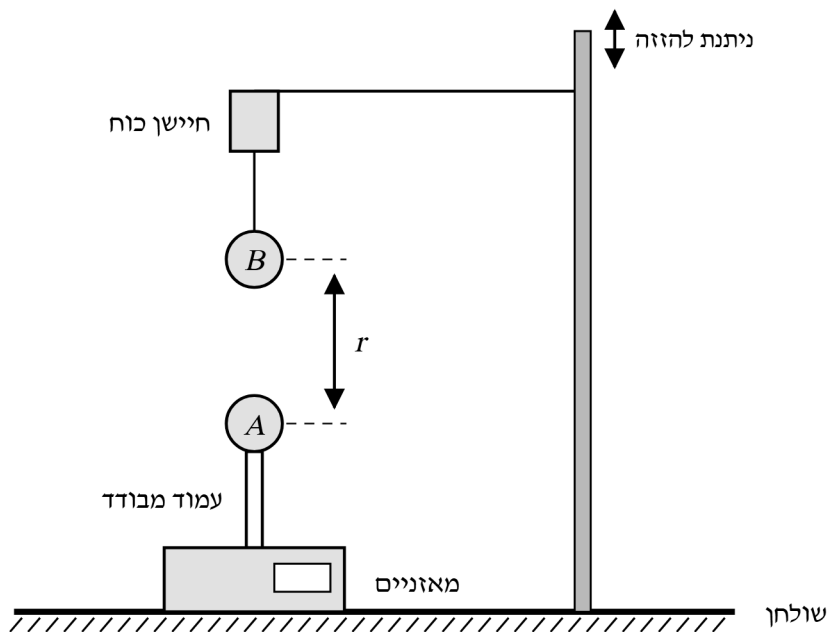
הוראות

- 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 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. תלמידים ביצעו ניסוי במעבדה וירטואלית (סימולציה ממוחשבת) העוסק באלקטרוסטטיקה. בסימולציה שני כדורים קטנים A ו- B , שמסת כל אחד מהם m , שני הכדורים טעונים במטען זהה, q (גודל וסימן). המערכת נמצאת בריק, ותנאי הכבידה זהים לאלה שעל פני כדור הארץ. כדור B תלוי בחוט מבודד מחיישן כוח, המחובר לזרוע שאפשר להזיז מעלה ומטה לאורך מעמד. חיישן הכוח מורה את מתיחות החוט, T .
- כדור A מקובע בראש עמוד מבודד, והעמוד עומד על מאזניים. כדור A נמצא בדיוק מתחת לכדור B , ומרכזי הכדורים על קו אנכי אחד (ראו תרשים).



הסימולציה מציגה את מתיחות החוט T ואת המרחק r בין מרכזי הכדורים. הניחו שהמטען על כל כדור קבוע ומפולג באופן אחיד.

- א. (1) סרטטו את תרשים הכוחות שפועלים על כדור B . ליד כל כוח רשמו את שמו וציינו מי מפעיל אותו.

- (2) פתחו ביטוי של מתיחות החוט, T , כפונקצייה של המרחק r . השתמשו בפרמטרים m , q ובקבועים פיזיקליים, אם יש צורך.

(7 נקודות)

התלמידים שינו כמה פעמים את גובה הזרוע, וכך את המרחק r בין מרכזי הכדורים, ורשמו בכל פעם את המתיחות T שהסימולציה מציגה:

r (m)	0.21	0.24	0.27	0.31	0.38
T (N)	0.021	0.047	0.073	0.088	0.112

התלמידים סרטטו גרף של המתיחות T כפונקצייה של משתנה חדש שנבחר כך שהגרף יהיה ליניארי.

ב. קבעו מהו המשתנה החדש, ומה הן יחידות המידה שלו. העתיקו למחברתכם את השורה של T מן הטבלה, הוסיפו מתחתיה שורה חדשה, ורשמו בה את הערכים והיחידות של המשתנה החדש.

(4 נקודות)

ג. (1) סרטטו במחברתכם דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת הצירים) של המתיחות T כפונקצייה של המשתנה החדש.

(2) הוסיפו לדיאגרמת הפיזור את הישר המתאים לה ביותר (קו מגמה).

(9 נקודות)

ד. היעזרו בגרף וחשבו את גודל המטען q ואת המסה m של כל אחד מן הכדורים.

(8 נקודות)

התלמידים הנמיכו באיטיות את הזרוע, וכך קירבו את כדור B אל כדור A , עד לרגע שבו החוט שכדור B תלוי בו התרופף (המתיחות בו התאפסה).

ה. קבעו אם ברגע זה גודל הכוח שכדור A מפעיל על העמוד גדול מ- $2mg$, קטן מ- $2mg$ או שווה ל- $2mg$. נמקו את קביעתכם.

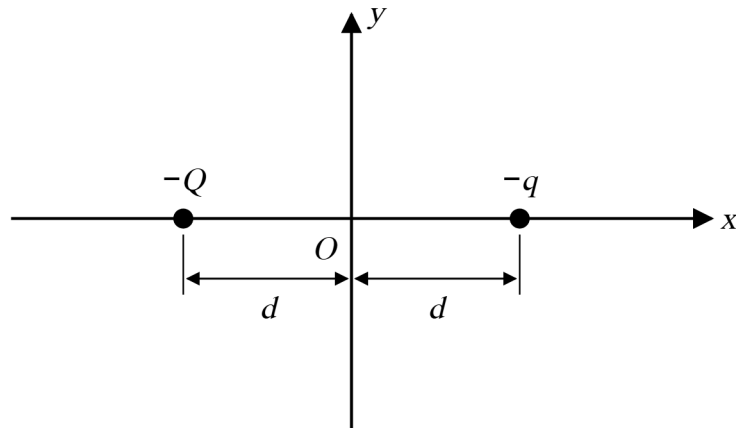
(5½ נקודות)

2. בתרשים 1 מוצגת מערכת צירים ושני מטענים נקודתיים שליליים, $-Q$ ו- $-q$ (כאשר Q ו- q הם הגדלים של המטענים).

המטענים ממוקמים לאורך הציר האופקי (ציר x), כל אחד במרחק d מראשית הצירים O : המטען $-Q$ משמאל לראשית והמטען $-q$ מימינה.

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)

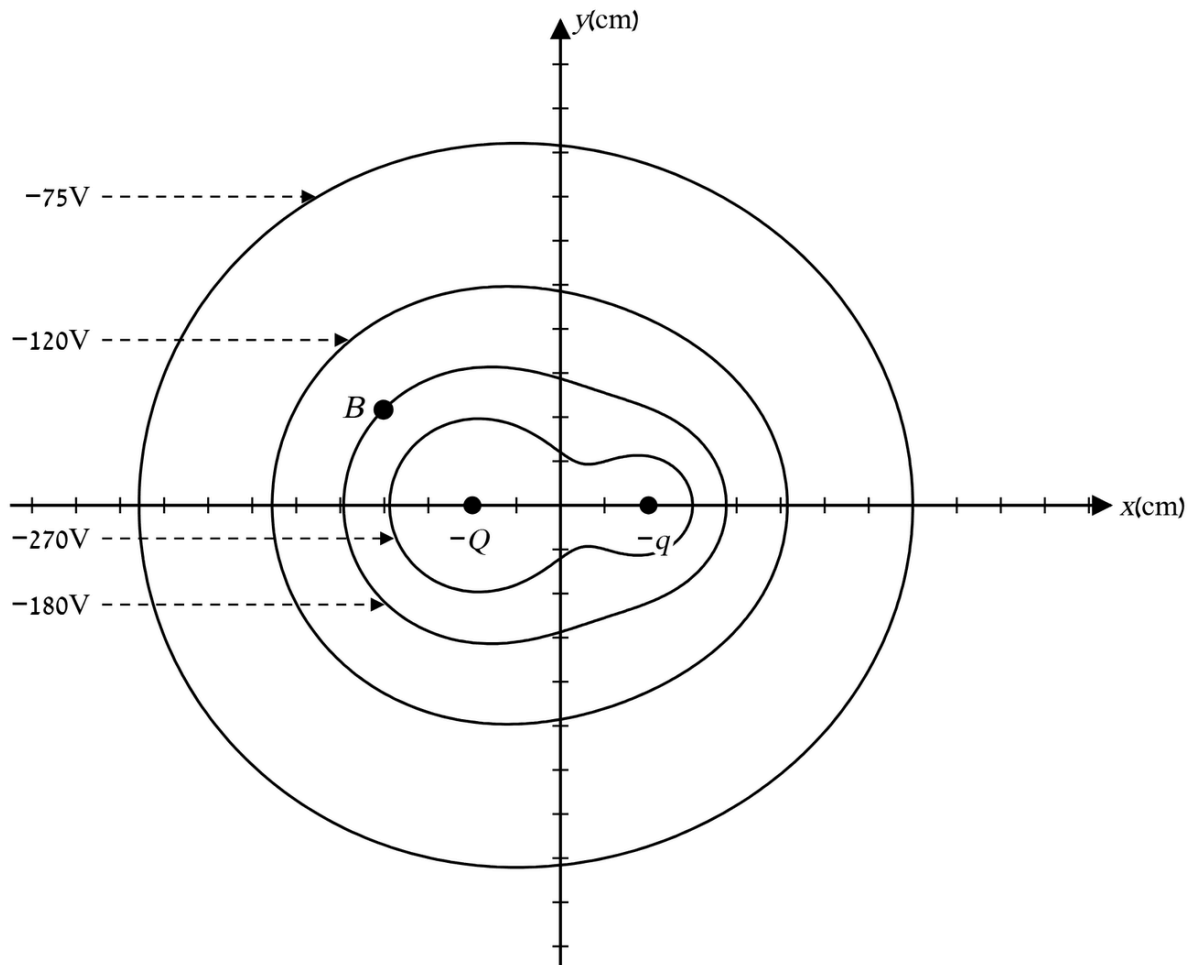
בתרשים 2 מוצגים קווים המֵתָארים משטחים שווי פוטנציאל של מערכת המטענים.

ערך הפוטנציאל של כל קו מסומן בתרשים באמצעות חץ.

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

המטען $-Q$ ממוקם בנקודה $(-4\text{ cm}, 0)$ והמטען $-q$ בנקודה $(4\text{ cm}, 0)$, כמתואר בתרשים 2.

נתון: $Q = 1.0 \cdot 10^{-9}\text{ C}$.



תרשים 2

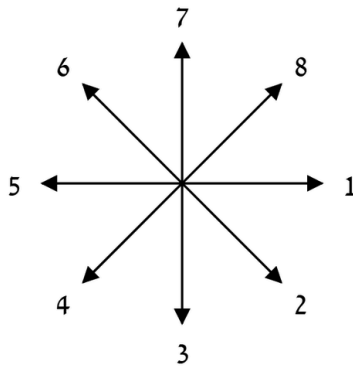
ג. היעזרו בתרשים 2 וחשבו את הגודל של המטען q . פרטו את חישוביכם.

(8 נקודות)

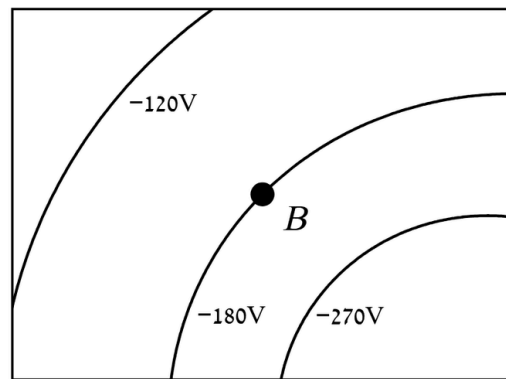
- ד. מעניקים לאלקטרון, הנמצא בראשית הצירים O , מהירות שגודלה $v_O = 4.0 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$. נתון: מסת האלקטרון $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, מטענו $-1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. האלקטרון נע במסלול כלשהו בהשפעת הכוחות החשמליים שמפעילים עליו שני המטענים, ובמהלך תנועתו הוא חולף בנקודה B הנמצאת על אחד הקווים שווי הפוטנציאל, כמתואר בתרשים 2.

חשבו את גודל המהירות של האלקטרון, 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 האלקטרון בחולפו בנקודה B . נמקו את קביעתכם.



3א: שושנת כיוונים



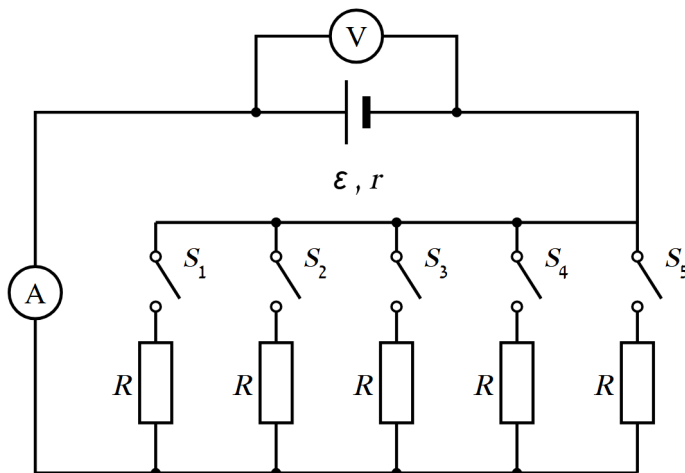
3ב: הגדלה של האזור שבקרבת נקודה B

תרשים 3

($5\frac{1}{3}$ נקודות)

3.

תלמיד בנה את המעגל החשמלי המתואר בתרשים. רכיבי המעגל: מקור מתח שהכא"מ שלו ε והתנגדות הפנימית r , מד-זרם אידאלי, מד-מתח אידאלי המחובר בין הדקי המקור, וחמישה נגדים זהים R , שכל אחד מהם מחובר בטור למפסק משלו (S_1 עד S_5). חמשת הענפים מחוברים זה לזה במקביל. התנגדות התילים זניחה.



התלמיד סגר את המפסקים בזה אחר זה: תחילה מפסק אחד, אחר כך שניים, וכך הלאה, עד שכל חמשת המפסקים היו סגורים. בכל שלב הוא מדד את I , עוצמת הזרם במעגל, ואת V , המתח בין הדקי המקור. תוצאות המדידות מוצגות בטבלה שלפניכם.

I (A)	1.2	2.0	2.6	3.0	3.3
V (V)	7.3	5.9	5.2	4.4	4.1

אחד מזוגות המדידות שבטבלה מתאים למצב שבו רק מפסק אחד היה סגור.

א. מהי עוצמת הזרם במצב זה? נמקו את תשובתכם.

(6 נקודות)

ב. (1) סרטטו דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) של המתח, V , כפונקציה של עוצמת הזרם, I .

(2) הוסיפו לדיאגרמת הפיזור את הישר המתאים לה ביותר (קו מגמה).

(8 נקודות)

ג. השתמשו בגרף שסרטטתם ורשמו את ערך הכא"מ ε של מקור המתח. סמנו בגרף (בצורה בולטת) את הנקודה שבה השתמשתם לקביעת תשובתכם.

(6 נקודות)

ד. השתמשו בגרף וחשבו את ההתנגדות הפנימית r של מקור המתח.

(5 נקודות)

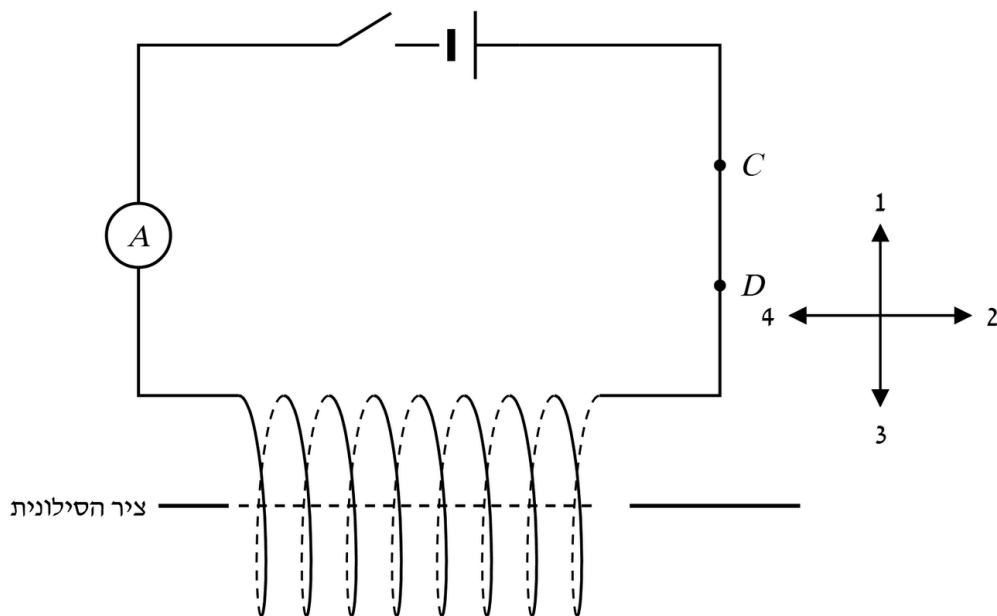
ה. קבעו מהי עוצמת הזרם שהייתה עוברת במקור אילו חיברו את הדקיו זה לזה בתיל עבה שהתנגדותו זניחה (במקום מערך הנגדים).

(4 נקודות)

ו. על פי חוק אוהם, כאשר המתח גדל - גם עוצמת הזרם גדלה. אבל במדידות של התלמיד, כאשר עוצמת הזרם גדלה - המתח קטן. האם תוצאות המדידות עומדות בסתירה לחוק אוהם? נמקו את תשובתכם.

($4\frac{1}{3}$ נקודות)

4. בתרשים 1 שלפניכם מתואר מעגל חשמלי המורכב ממקור מתח, סילונית ארוכה, מד-זרם, מפסק ותילים. C ו- D הן שתי נקודות על אחד מתילי החיבור. בתרשים מסומנים גם ארבעה כיוונים, 1-4, במישור הדף.



תרשים 1

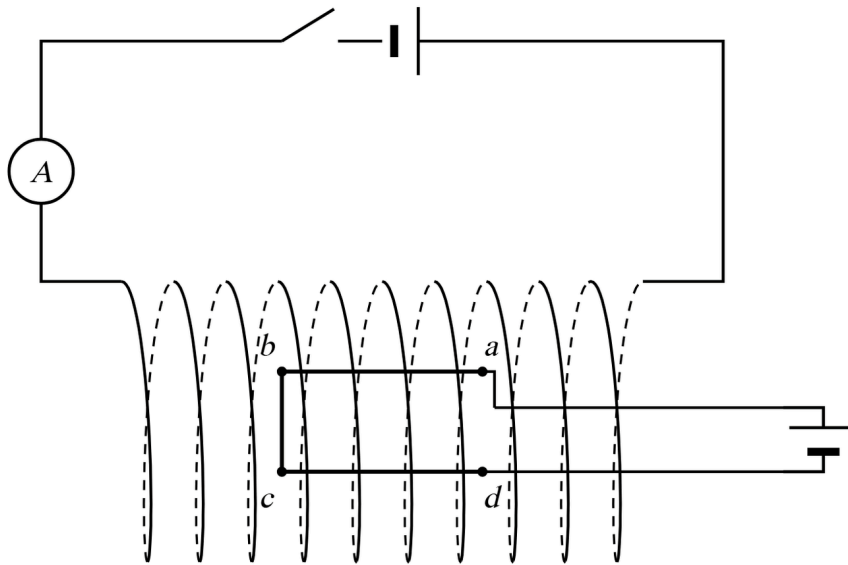
סוגרים את המפסק, ובסילונית זרם I_1 .

א. (1) קבעו מהו כיוון הזרם בתיל שבין הנקודות C ו- D : מ- C ל- D או מ- D ל- C .

(2) קבעו מהו כיוון השדה המגנטי B_1 בתוך הסילונית: 1, 2, 3 או 4 (ראו את סימון החיצים בתרשים 1). נמקו את קביעתכם.

(8 נקודות)

מכניסים לתוך הסילונית מסגרת מלבנית מוליכה $abcd$, הנמצאת במישור הדיף (המישור האנכי שבו נמצא ציר הסילונית), כמתואר בתרשים 2. הצלע ab מקבילה לציר הסילונית. המסגרת מחוברת למקור מתח נוסף, ובה זורם זרם I_2 .



תרשים 2

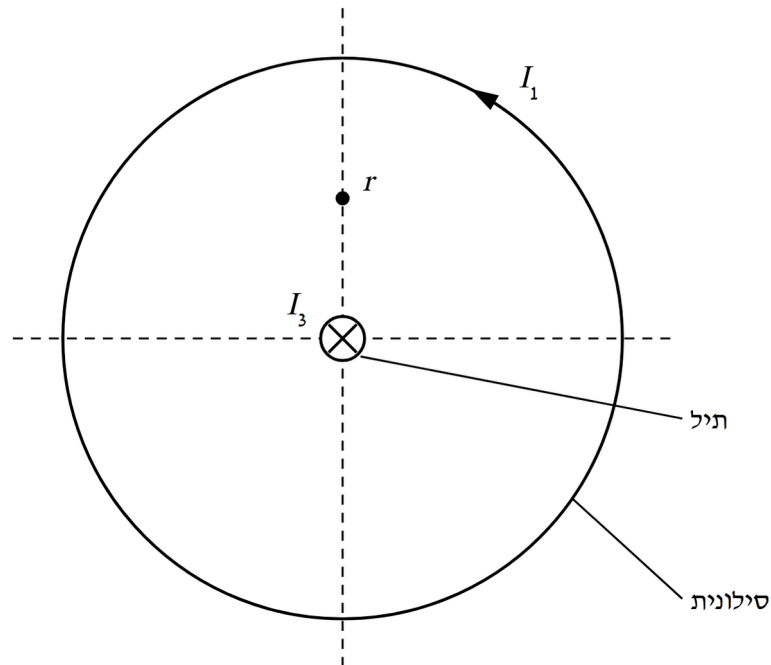
נתון: לסילונית 1500 כריכות לאורך 30 cm , $I_1 = 0.2\text{ A}$, $I_2 = 15\text{ A}$, אורך הצלע ab הוא 6 cm ואורך הצלע bc הוא 3 cm .

ב. חשבו את הכוח המגנטי (גודל וכיוון) הפועל על כל אחת מן הצלעות ab ו- bc . פרטו את שיקוליכם.

($11\frac{1}{3}$ נקודות)

מוציאים את המסגרת מן הסילוניית, ומניחים לאורך ציר הסילוניית תיל מוליך ארוך מאוד שזרם בו זרם $I_3 = 25 \text{ A}$.

לפניכם תרשים של הסילוניית והתיל במבט מן הצד (חתך רוחב). כיוון הזרם בסילוניית, I_1 , נגד כיוון השעון, וכיוון הזרם בתיל, I_3 , "לתוך הדף". (התרשים אינו בקנה מידה).



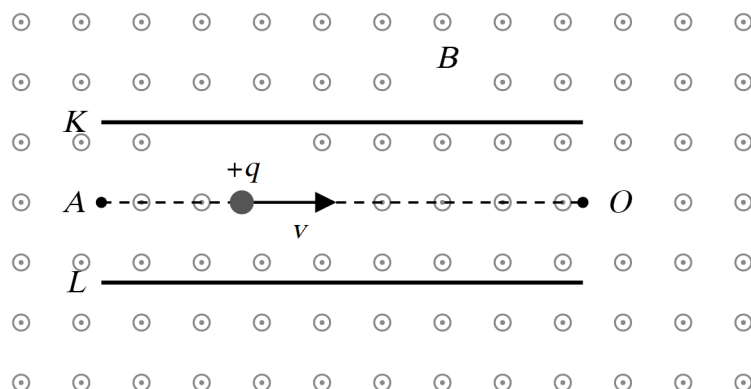
תרשים 3

ג. העתיקו את תרשים 3 למחברתכם. סמנו בנקודה r בתרשים שבמחברתכם את כיוון השדה המגנטי שנוצר על ידי הסילוניית, B_1 , ואת כיוון השדה המגנטי שנוצר על ידי התיל, B_3 . (8 נקודות)

ד. חשבו באיזה מרחק מציר הסילוניית גודל השדה B_1 שווה לגודל השדה B_3 . (6 נקודות)

5.

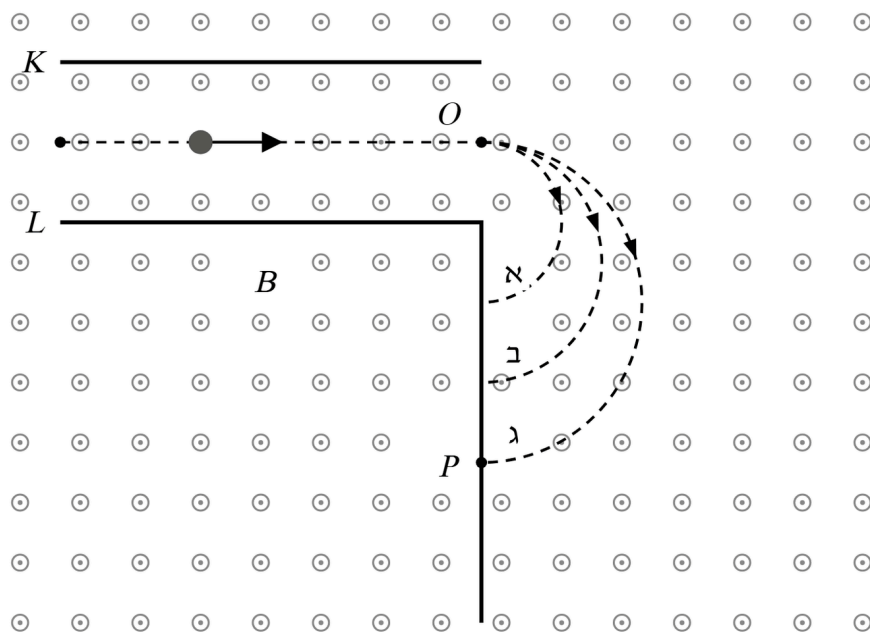
מכשיר להפרדת יונים (ספקטרומטר מסות) בנוי משני חלקים. בחלק הראשון, "בורר מהירויות", שוררים שדה חשמלי ושדה מגנטי המאונכים זה לזה. בחלק השני שורר שדה מגנטי בלבד. תרשים 1 שלפניכם מתאר את בורר המהירויות. בבורר שורר שדה מגנטי אחיד B שכיוונו אל מחוץ לדף (אל הקורא), כמתואר בתרשים. בין הלוחות K ו- L שורר שדה חשמלי אחיד E המקביל למישור הדף ומאונך ללוחות. אחד הלוחות טעון במטען חיובי והאחר במטען שלילי. הזניחו את כוח הכובד ואת התנגדות האוויר.



תרשים 1

- יון חיובי $+q$ נע ימינה בין שני הלוחות, בקו ישר AO המקביל ללוחות.
- א. סרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על היון, וסמנו את השם של כל אחד מן הכוחות. (4 נקודות)
- ב. קבעו איזה לוח, K או L , טעון במטען חיובי. הסבירו את קביעתכם. (4 נקודות)
- ג. פתחו ביטוי לגודל המהירות v שבה נע היון לאורך הקו AO . (6 נקודות)
- מחליפים את היון החיובי באלקטרון, הנע ימינה באותה מהירות, בלי לשנות את השדה החשמלי ואת השדה המגנטי.
- ד. קבעו אם האלקטרון ינוע לאורך הקו AO , או שיוסט לעבר אחד הלוחות. **פרטו את שיקוליכם.** (5 נקודות)

שלושה יונים, 1, 2, 3, נכנסים לספקטרומטר. הם נעים בזה אחר זה בתוך בורר המהירויות לאורך הקו AO באותה מהירות v . מן הנקודה O הם עוברים לאזור שיש בו רק שדה מגנטי, שהוא באותה עוצמה ובאותו כיוון כמו השדה השורר בבורר המהירויות. בהשפעת השדה המגנטי כל יון נע באחד מן המסלולים א, ב או ג. הצורה של כל אחד מן המסלולים היא חצי מעגל, כמתואר בתרשים 2.



תרשים 2

בטבלה שלפניכם מוצגים נתונים על המסה והמטען של שלושת היונים.

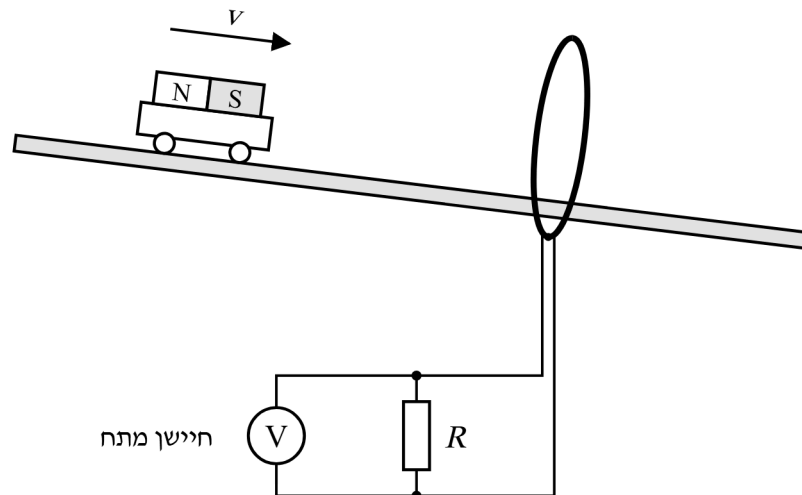
המטען	המסה	היון
$Q_1 = q$	$M_1 = 2m$	1
$Q_2 = q$	$M_2 = m$	2
$Q_3 = 2q$	$M_3 = 3m$	3

ה. קבעו באיזה מן המסלולים א, ב או ג נע כל אחד משלושת היונים 1, 2, 3. פרטו את שיקוליכם.

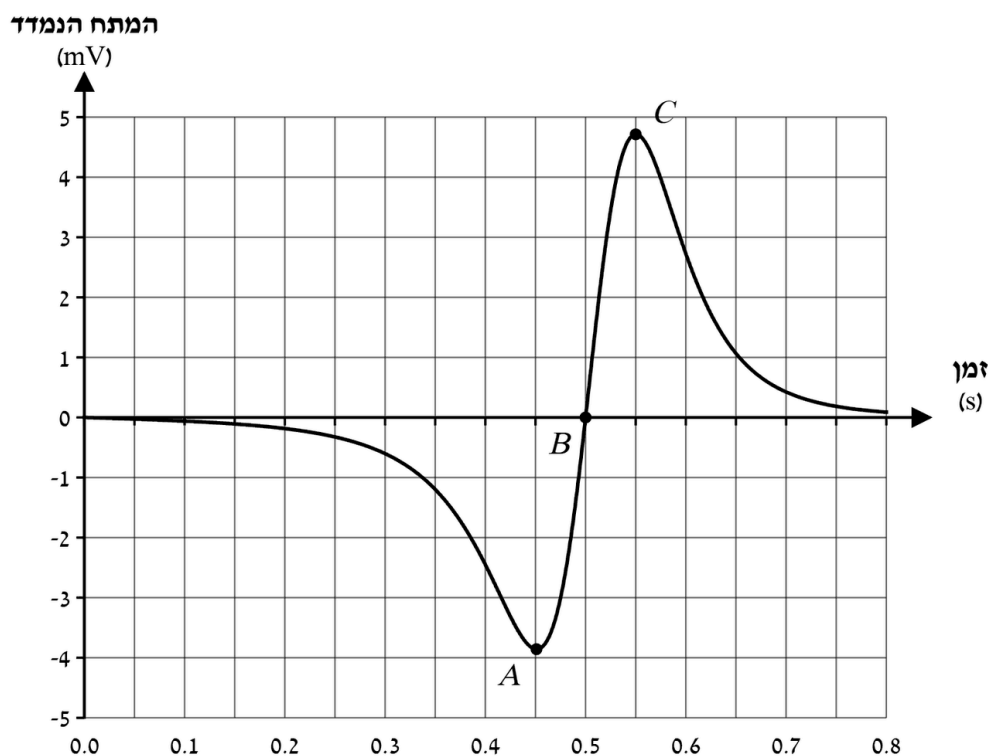
(9 נקודות)

נתון: $q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m = 1.0 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$, $B = 0.2 \text{ T}$, $E = 4.0 \cdot 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$.
ו. חשבו את המרחק OP .
(5 1/3 נקודות)

6. עגלה קטנה, שעליה מגנט מוט, משוחררת ממנוחה על מסילה משופעת. בהמשך המסילה מוצבת כריכה מעגלית מוליכה, הניצבת למסילה, כך שהמגנט עובר דרך מרכז הכריכה (ראו תרשים). הקוטב S של המגנט פונה קדימה - בכיוון התנועה. הנח כי המגנט אינו מסתובב, וכי החיכוך והכוחות המגנטיים הפועלים על העגלה ניתנים להזנחה; לכן העגלה נעה במורד המסילה בתאוצה קבועה. הכריכה מחוברת לנגד R . לקצות הנגד מחובר חיישן מתח למחשב.



במהלך תנועת העגלה מתקבל על צג המחשב הגרף שלפניכם ($t = 0$ - רגע שחרור העגלה).



השתמשו בחוק פאראדיי, בחוק לנץ או בשניהם כדי לענות על הסעיפים שלפניכם.

א. הסבירו מדוע נוצר מתח בין קצות הנגד.

(5 נקודות)

- ב. מהו כיוון השדה המגנטי **המושג** בתוך הכריכה בזמן שהמגנט מתקרב אליה – בכיוון תנועת העגלה או בכיוון ההפוך? הסבירו את תשובתכם.
(6 נקודות)
- ג. במהלך תנועת העגלה, המתח הנמדד משתנה משלילי לחיובי. הסבירו מדוע.
(5 נקודות)
- ד. הערך המרבי של המתח בנקודה C בגרף גדול מן הערך המוחלט של המתח בנקודה A . הסבירו מדוע.
(7 נקודות)
- ה. בלא קשר לנתוני השאלה, הראו שאפשר להציג את יחידת השדה המגנטי, טסלה (T), כ-
 $\frac{V \cdot s}{m^2}$.
(5 נקודות)
- ו. היעזרו בגרף וחשבו בקירוב את השינוי בשטף המגנטי דרך הכריכה מרגע שחרור העגלה ($t = 0$) עד הרגע המתאים לנקודה A .
($5\frac{1}{3}$ נקודות)

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