

סוג הבחינה: מבחן מתכונת
מבחן: מתכונת 6
מספר השאלון: 036371
שם התלמיד/ה: _____

פיזיקה

חשמל ומגנטיות - 5 יחידות לימוד

הוראות

- א. משך הבחינה: שעותיים.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש לענות על שלוש שאלות בלבד. לכל שאלה - $\frac{1}{3}33$ נקודות; $3 \times \frac{1}{3}33 = 100$ 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.

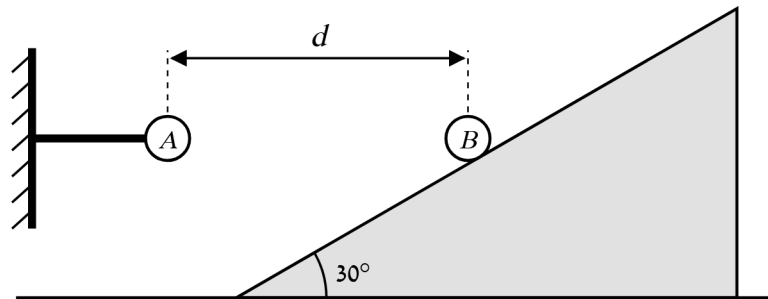
בהצלחה!

השאלות

1. תלמידה ערכה שלושה ניסויים באלקטרוסטטיקה.

בניסוי הראשון השתמשה התלמידה בשני כדורים מוליכים קטנים, A ו- B , הטעונים שניהם במטען חשמלי חיובי.

כדור B מונח על משטח משופע חלק ומבודד, היוצר זווית של 30° עם האופק. כדור A מוחזק במנוחה באמצעות מוט אופקי מבודד, משמאל ל- B ובאותו גובה כמוהו (ראו תרשים). ללא כדור A , כדור B היה מחליק במורד המשטח. כאשר A במקומו, כדור B נמצא במנוחה.

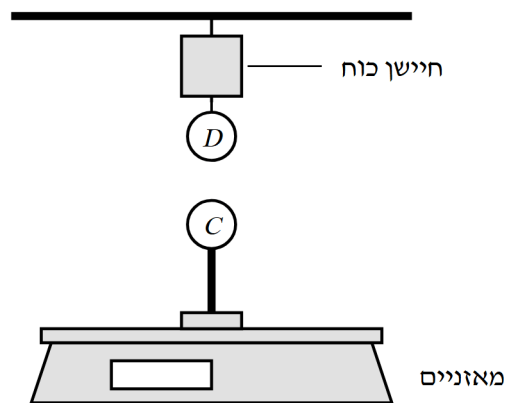


הערכים המוחלטים של מטעני הכדורים שווים זה לזה. כאשר B במנוחה, המרחק בין מרכזי הכדורים הוא $d = 0.2\text{ m}$. מסת הכדור B היא 4 g . הניחו כי רדיוסי הכדורים קטנים מאוד ביחס למרחק ביניהם.

א. סרטטו תרשים של הכוחות הפועלים על כדור B , וציינו ליד כל כוח מי מפעיל אותו. (8 נקודות)

ב. מצאו את גודל המטען של כדור B . (10 נקודות)

- ג. **בניסוי השני** השתמשה התלמידה בשני כדורים קטנים, C ו- D , הטעונים שניהם במטען חיובי. המטען של כדור C גדול פי 4 מן המטען של כדור D . כדור C מוחזק על מעמד מבודד המונח על מאזניים דיגיטליים. כדור D תלוי על חוט מבודד קצר שמחובר לחיישן כוח, בדיוק מעל כדור C (ראו תרשים). התלמידה רשמה את הוריית המאזניים ואת הוריית חיישן הכוח לפני טעינת הכדורים, ושוב אחרי שטענה אותם (המרחק בין הכדורים כמעט לא השתנה).



האם השינוי בהוריית המאזניים שווה בגודלו לשינוי בהוריית חיישן הכוח?

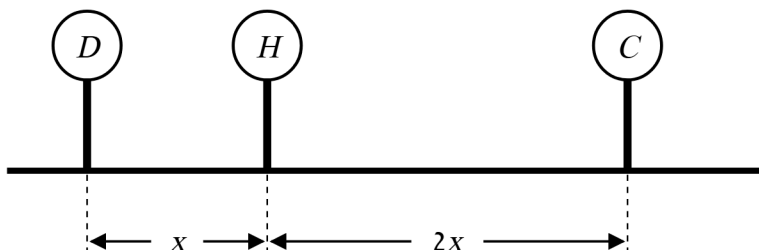
נמקו את תשובתכם באמצעות סרטוט תרשימי כוחות.

(10 נקודות)

- ד. **בניסוי השלישי** השתמשה התלמידה בשני הכדורים C ו- D ובכדור נוסף, H . הכדורים מוחזקים באמצעות מוטות מבודדים כמתואר בתרשים. שלושת הכדורים טעונים במטענים חיוביים.

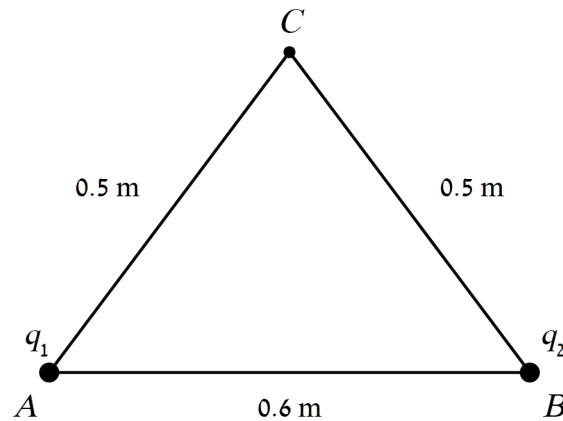
$$q_C = 4q_D$$

- נתון: $q_C = 4q_D$. מרכזי שלושת הכדורים נמצאים על קו ישר, H נמצא בין D ל- C , והמרחק בין מרכז C למרכז H גדול פי 2 מן המרחק בין מרכז D למרכז H . הניחו כי רדיוסי הכדורים קטנים מאוד ביחס למרחקים ביניהם. האם שקול הכוחות החשמליים שהכדורים C ו- D מפעילים על כדור H שווה לאפס? **נמקו.**



(5⅓ נקודות)

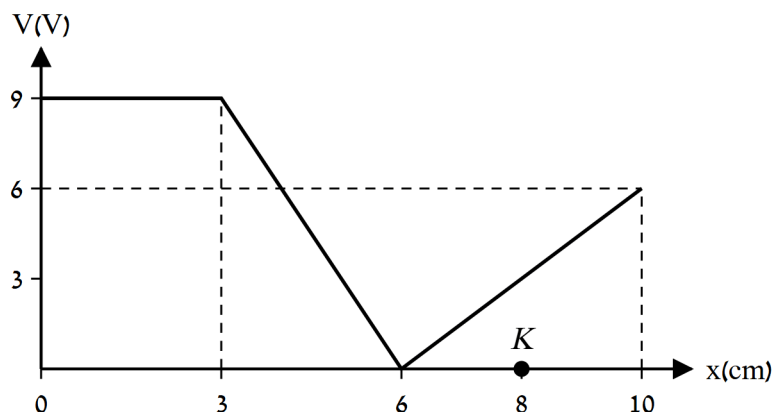
2. שני חלקיקים קטנים 1 ו-2 מוחזקים בנקודות A ו-B בהתאמה. המרחק בין A ל-B הוא 0.6 m, והנקודה C נמצאת במרחק 0.5 m מכל אחת מהנקודות A ו-B (ראו תרשים 1). החלקיקים טעונים במטענים שווים: $q_1 = q_2 = -20 \cdot 10^{-9} \text{ C}$.



תרשים 1

- בשאלה זו רמת האפס של הפוטנציאל החשמלי נקבעה באינסוף, ויש להזניח כוחות כבידה.
- א. חשבו את השדה החשמלי השקול E (גודל וכיוון) הנוצר בנקודה C על ידי שני המטענים. (7 נקודות)
- ב. חשבו את הפוטנציאל החשמלי הכולל, V , הנוצר בנקודה C על ידי שני המטענים. (6 נקודות)
- ג. האם במערכת המטענים שבתרשים 1 קיימת נקודה שבה הפוטנציאל החשמלי שונה מאפס, והשדה החשמלי בה שווה לאפס? אם לא - נמקו. אם כן - ציינו את מיקומה של הנקודה. (4 נקודות)

במערכת אחרת נמדד הפוטנציאל החשמלי, V , לאורך ציר ה- x . בתרשים 2 מוצג גרף של V כפונקציה של x .



תרשים 2

ד. סרטטו גרף המתאר את השדה החשמלי (רכיבו בכיוון ציר x) כפונקציה של x , בתחום שבין $x = 0$ לבין $x = 10 \text{ cm}$.
(7 נקודות)

משחררים ממנוחה חלקיק שמטענו $q_3 = -20 \mu\text{C}$ מהנקודה K שעל ציר ה- x , ששיעורה $x_K = 8 \text{ cm}$ (ראו תרשים 2).

החלקיק מתחיל לנוע לאורך ציר ה- x בתאוצה שגודלה $3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

ה. קבעו אם החלקיק q_3 נע בכיוון החיובי של ציר ה- x או בכיוון השלילי. נמקו את קביעתכם.
(5 נקודות)

ו. חשבו את מסת החלקיק q_3 .
($4\frac{1}{3}$ נקודות)

3. תלמידים בנו עמעם (דימר) לנורת רכב. הרכיבים שעמדו לרשותם:

- מקור מתח בעל כ"מ $\varepsilon = 12 \text{ V}$ והתנגדות פנימית r לא ידועה.
- נורה L שהתנגדותה קבועה, $R_L = 4 \Omega$.
- שני מדי מתח אידיאליים.
- תילים מוליכים בעלי התנגדות זניחה.
- נגד משתנה MN עם מגע נייד P .

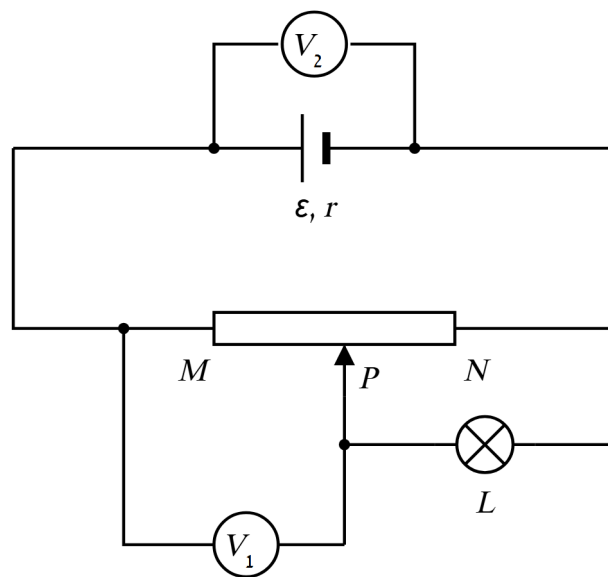
תחילה חיברו התלמידים את הנורה ישירות להדקי מקור המתח, ומדדו את מתח ההדקים באמצעות אחד ממדי המתח. הוריית מד המתח הייתה 9.6 V .

א. (1) סרטטו תרשים של המעגל שהרכיבו התלמידים.

(2) חשבו את ההתנגדות הפנימית r של מקור המתח.

(7 נקודות)

בשלב הבא הרכיבו התלמידים את המעגל המתואר בתרשים 1.



תרשים 1

ב. התלמידים הציבו את המגע הנייד P בדיוק באמצע הנגד המשתנה MN , והתבוננו בהוריות מדי המתח V_1 ו- V_2 .

קבעו אם V_1 גדול מ- $\frac{V_2}{2}$, קטן ממנו, או שווה לו. נמקו את קביעתכם.
(7 נקודות)

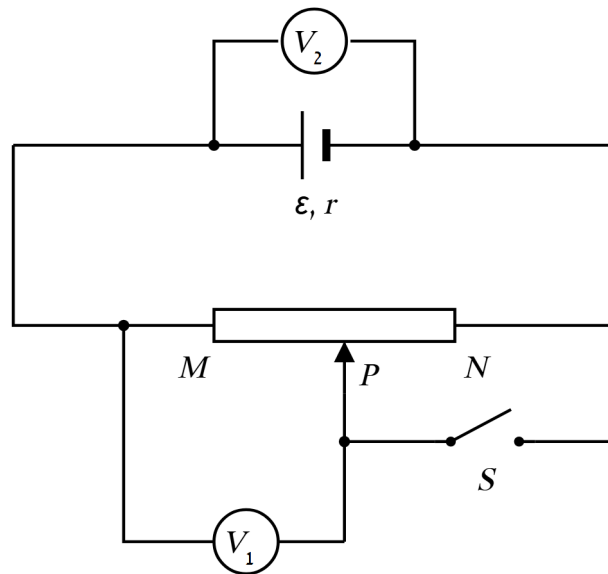
התלמידים הציבו את המגע הנייד P בנקודה חדשה.

עבור נקודה זו הוריית מד המתח V_1 הייתה $V_1 = 4\text{ V}$ והוריית מד המתח V_2 הייתה $V_2 = 10\text{ V}$.

ג. חשבו את ההתנגדות הקטע PN בנגד המשתנה, R_{PN} .
(9 נקודות)

ד. חשבו את ההתנגדות של הנגד המשתנה כולו, R_{MN} .
(5 נקודות)

התלמידים החליפו את הנורה במפסק S (ראו תרשים 2).
 הם הזיזו באיטיות את המגע הנייד P לעבר הנקודה M , כך שהמגע הנייד נותר מחובר לנגד
 המשתנה לכל אורך התהליך, והתבוננו בהוריות מדי המתח V_1 ו- V_2 .



תרשים 2

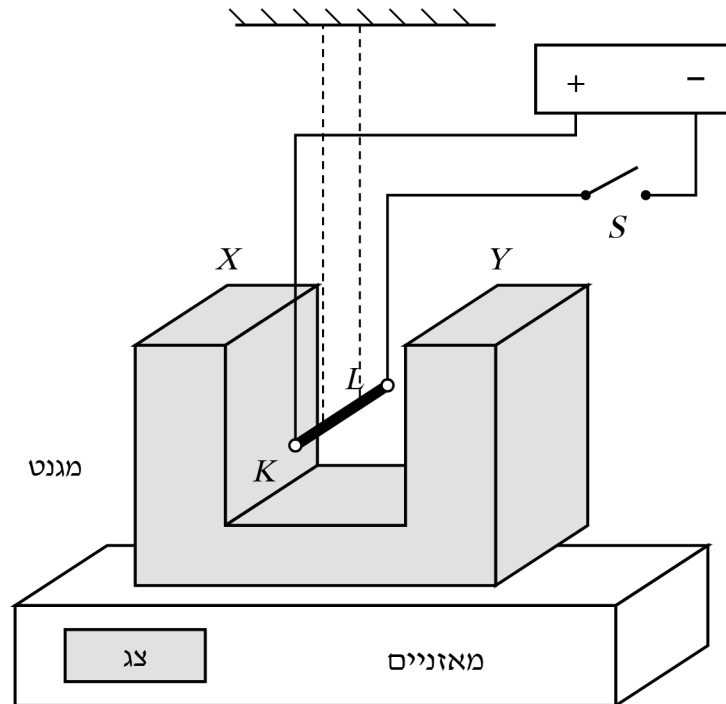
ה. עבור כל אחד ממדי המתח V_1 ו- V_2 , קבעו אם הערך שהוא יורה יקטן בעת ביצוע פעולה זו, יגדל או לא ישתנה בכל אחד משני המצבים (1)-(2) שלפניכם. נמקו את קביעותיכם.

(1) המפסק S פתוח.

(2) המפסק S סגור.

($5\frac{1}{3}$ נקודות)

4. בתרשים שלפניכם מתוארת מערכת למדידת השדה המגנטי בין קטבי מגנט בצורת U . מוט מוליך KL תלוי בחוטים מבודדים בין הקוטב X לקוטב Y של המגנט, ואינו נוגע בו. הקצה K של המוט קרוב לצופה, והקצה L רחוק ממנו. המוט הוא חלק ממעגל חשמלי שבו מקור מתח, מפסק S ותילי הולכה גמישים. המגנט, שמסתו m , מונח על מאזניים דיגיתליים. בין קטבי המגנט קיים שדה מגנטי אחיד B .



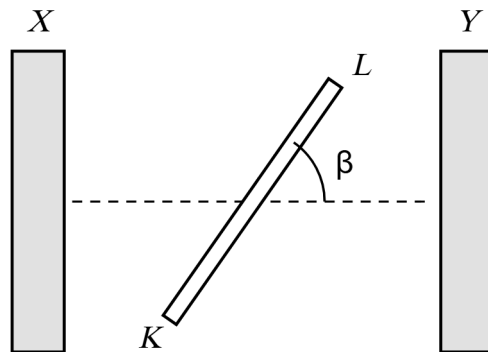
- יש להזניח את השדה המגנטי של כדור הארץ ואת הכוחות הפועלים על תילי ההולכה. כאשר סוגרים את המפסק S , זורם זרם I במוט KL , והוריית המאזניים קטנה. א. קבעו מהו כיוון הכוח שהשדה המגנטי מפעיל על המוט KL : כלפי מעלה או כלפי מטה. נמקו את קביעתכם.

(5 נקודות)

- ב. קבעו מהו כיוון השדה המגנטי: $X \rightarrow Y$ או $Y \rightarrow X$. פרטו את שיקוליכם.

(5 נקודות)

בניסוי מסובבים את המוט במישור האופקי סביב אמצעו, ומוודים את הוריית המאזניים F (ביחידות ניוטון) עבור ערכים שונים של הזווית β - הזווית בין המוט לבין הקו הישר המחבר את שני הקטבים (ראו את התרשים שלפניכם - מבט מלמעלה). במהלך הניסוי זורם במוט זרם קבוע $I = 12 \text{ A}$, ואורך המוט $\ell = 5 \text{ cm}$. בכל הזוויות המוט כולו נמצא בתחום השדה.



בטבלה שלפניכם תוצאות הניסוי:

$\beta (^{\circ})$	0	20	35	50	70	90
$\sin \beta$	0	0.34	0.57	0.77	0.94	1
$F \text{ (N)}$	1.21	1.09	1.04	0.96	0.92	0.90

ג. סרטטו גרף המתאר את הוריית המאזניים F כפונקציה של $\sin \beta$.

(8 נקודות)

ד. בטאו באמצעות g , m , I , ℓ , B (תאוצת הנפילה החופשית) את הקשר בין הוריית המאזניים F לבין $\sin \beta$.

(6 נקודות)

ה. חשבו בעזרת הגרף והביטוי שפיתחתם את גודל השדה המגנטי B .

(5 נקודות)

ו. חשבו את מסת המגנט, m .

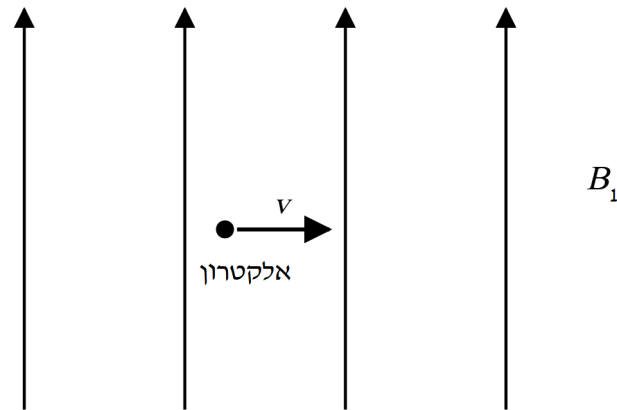
($4\frac{1}{3}$ נקודות)

5. מדענים חקרו תנועה של אלקטרונים בשדה מגנטי, בתוך שפופרת ריק. השפעת כוח הכבידה על תנועת האלקטרונים ניתנת להזנחה.

בניסוי ראשון הופעל שדה מגנטי אחיד B_1 שכיוונו אנכית כלפי מעלה.

אלקטרון נכנס לאזור השדה במהירות v שכיוונה אופקי, ימינה (ראו תרשים 1).

נתונים: $B_1 = 2 \text{ mT}$, $v = 8 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.



תרשים 1

א. חשבו את הכוח (גודל וכיוון) הפועל על האלקטרון עם כניסתו לשדה המגנטי.
(6 נקודות)

ב. (1) חשבו את רדיוס הסיבוב R_1 של האלקטרון בשדה המגנטי.

(2) חשבו את זמן המחזור T_1 של תנועת האלקטרון בשדה המגנטי.
(10 נקודות)

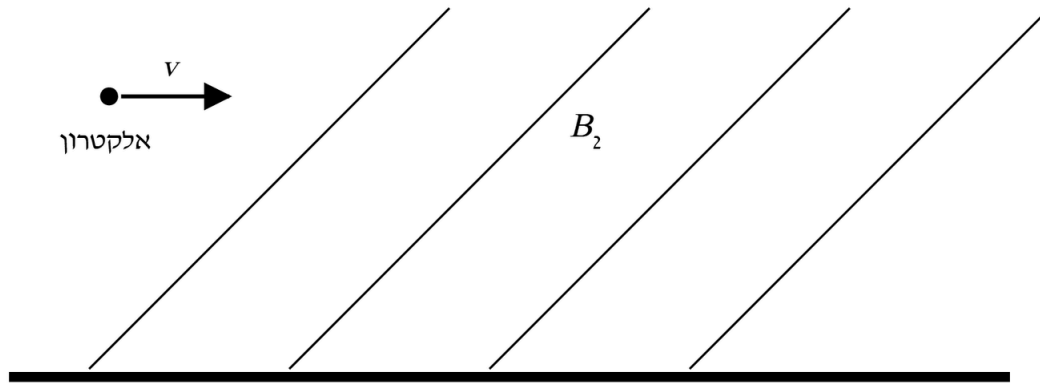
המדענים הפעילו שדה חשמלי אחיד E נוסף לשדה המגנטי B_1 , והאלקטרון נע בקו ישר.

ג. חשבו את השדה החשמלי E (גודל וכיוון) שהפעילו המדענים.
(7 נקודות)

בניסוי שני הופסקו השדות E ו- B_1 , והופעל שדה מגנטי **אחר**, B_2 , אחיד, שקוויו מקבילים זה לזה ונטויים בזווית חדה ביחס לקרקע (תרשים 2). עוצמת השדה, זוויתו המדויקת וכיוונו (מעלה וימינה או מטה ושמאלה) אינם ידועים.

שימו לב: תרשים 2 סכמטי – הזווית שבו אינה הזווית האמיתית של השדה, וכיוון קווי השדה אינו מסומן בו.

אלקטרון נכנס לאזור השדה B_2 במהירות v שכיוונה אופקי, ימינה.



תרשים 2

לאחר כניסתו לשדה ביצע האלקטרון **תנועה בורגית** (תנועה מעגלית במישור הניצב לקווי השדה, יחד עם התקדמות במהירות קבועה בכיוון קווי השדה).

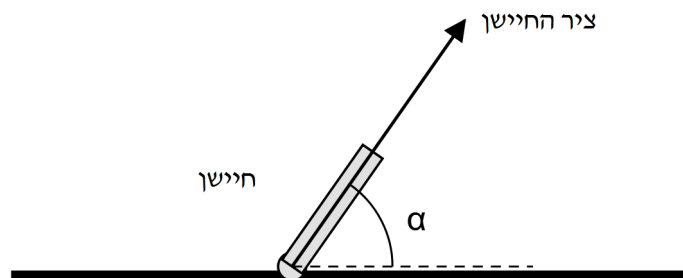
ד. הסבירו מדוע ביצע האלקטרון תנועה בורגית.

רמז: פרקו את וקטור המהירות לרכיב הניצב לקווי השדה ולרכיב המקביל להם.

(5 נקודות)

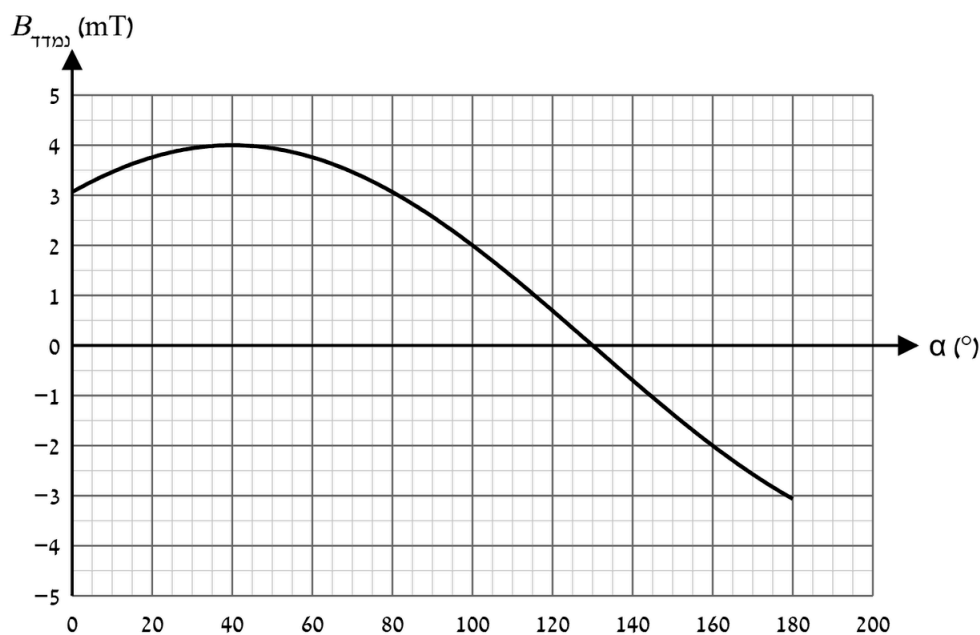
כדי למצוא את גודל השדה B_2 ואת כיוונו הציבו המדענים על הקרקע חיישן שדה מגנטי, כך שהזווית α בין ציר החיישן לקרקע ניתנת לשינוי (α נמדדת מהכיוון האופקי ימינה, כמתואר בתרשים 3).

החיישן מודד את רכיב השדה המגנטי בכיוון ציר החיישן: הקריאה חיובית כאשר הרכיב מכוון בכיוון החץ שעל ציר החיישן, ושלילית כאשר הוא מכוון בכיוון ההפוך.



תרשים 3

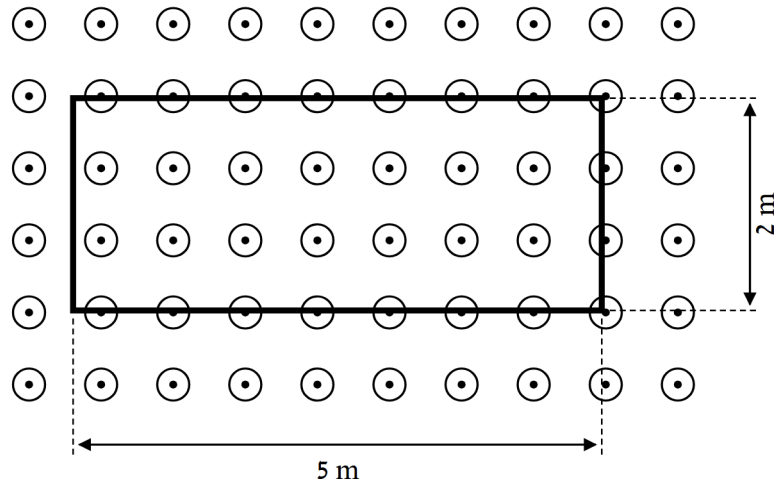
המדענים מדדו את קריאת החיישן כתלות בזווית α . תוצאות המדידות מתוארות בתרשים 4.



תרשים 4

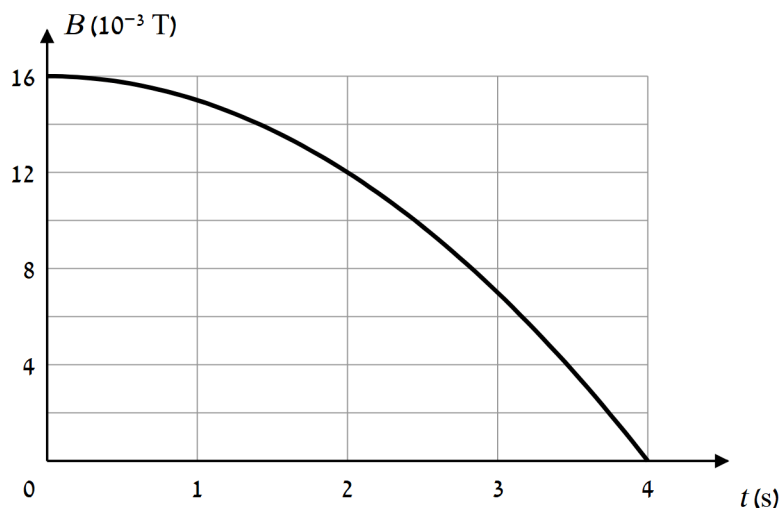
ה. מצאו בעזרת תרשים 4 את גודלו של השדה המגנטי B_2 ואת כיוונו (הזווית בין קווי השדה לקרקע, והאם השדה מכוון מעלה וימינה או מטה ושמאלה). הסבירו בקצרה את דרך הפתרון. (5 $\frac{1}{3}$ נקודות)

6. בתרשים א שלפניכם מוצגת (במבט מלמעלה) מסגרת מלבנית שממדיה $5\text{ m} \times 2\text{ m}$. המסגרת עשויה מתיל שהתנגדותו הסגולית $\rho = 1.0 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$ ושטח החתך שלו 3.5 mm^2 . המסגרת נמצאת באזור שבו פועל שדה מגנטי אחיד, הניצב למישור המסגרת, וכיוונו "החוצה מן הדף".
- בפרק הזמן $0 \leq t \leq 4\text{ s}$ עוצמת השדה משתנה עם הזמן.



תרשים א

- בתרשים ב מוצג גרף של עוצמת השדה המגנטי, B , כפונקציה של הזמן, t , מרגע $t = 0$ עד רגע $t = 4\text{ s}$.
- הייצוג האלגברי של העקומה הוא $B = (16 - t^2) \cdot 10^{-3}$ (בטסלה, t בשניות).



תרשים ב

- א. חשבו את התנגדות המסגרת.
- (6 נקודות)

ב. (1) הסבירו מדוע עבר זרם במסגרת מרגע $t = 0$ עד רגע $t = 4\text{ s}$.

(2) תלמיד מדד את עוצמת הזרם במסגרת ברגע $t = 1\text{ s}$ וברגע $t = 3\text{ s}$.

באיזו משתי המדידות הייתה עוצמת הזרם גדולה יותר? נמקו את תשובתכם.

(10 נקודות)

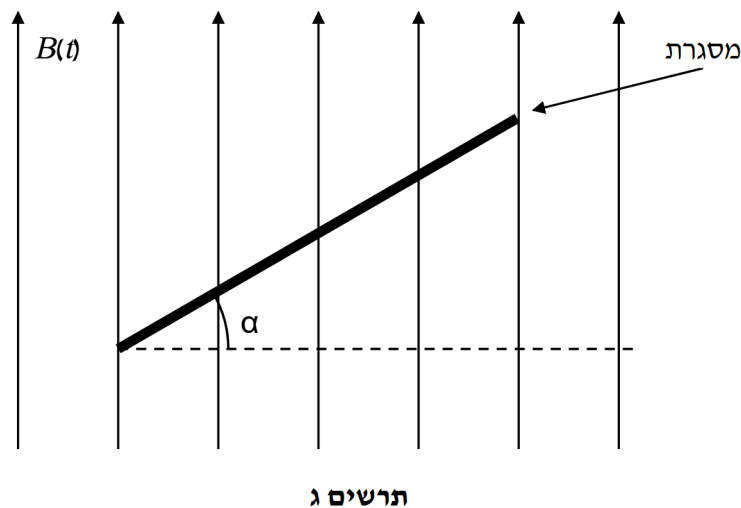
ג. קבעו את כיוון הזרם במסגרת (עם כיוון השעון או נגדו) בפרק הזמן $0 < t < 4\text{ s}$. נמקו את תשובתכם.

(6 נקודות)

ד. חשבו את עוצמת הזרם במסגרת ברגע $t = 2.0\text{ s}$.

(7 נקודות)

מטים את המסגרת בזווית α (ראו מבט מן הצד בתרשים ג), מפעילים שוב את השדה המגנטי מרגע $t = 0$ לפי הגרף שבתרשים ב, וחוזרים על המדידות.



ה. קבעו אם ברגע $t = 2.0\text{ s}$ (כשהמסגרת נטויה) עוצמת הזרם גדולה מעוצמת הזרם שחישבתם בסעיף ד, קטנה ממנה או שווה לה.

($4\frac{1}{3}$ נקודות)

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