

פיזיקה חשמל

הוראות

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

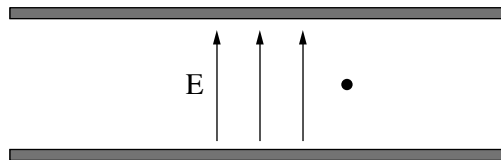
בהצלחה!

השאלות

ענו על שלוש מן השאלות 1-6.

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

1. תלמידים חקרו תנועה של טיפות שמן בשדה חשמלי. המחקר נערך בעזרת הדמיית מחשב שנכתבה על ידי בינה מלאכותית ומדמה ניסוי שמבוצע על פני כדור הארץ. בהדמיה זו השפעת כוח הכבידה של כדור הארץ על טיפת שמן **לא ניתנת להזנחה**, ואילו השפעת התנגדות האוויר על הטיפה ניתנת להזנחה. בהדמיה, טיפת שמן שמסתה m , הטעונה במטען חיובי q , נעה באזור שבו קיים שדה חשמלי אחיד E בין שני לוחות מישוריים טעונים ומקבילים לקרקע. כיוונו של השדה החשמלי הוא כלפי מעלה במאונך ללוחות. הטיפה שוחררה ממנוחה בנקודה כלשהי בין הלוחות, כמתואר בתרשים 1. הכיוון החיובי של ציר המקום מוגדר כלפי מעלה.



תרשים 1

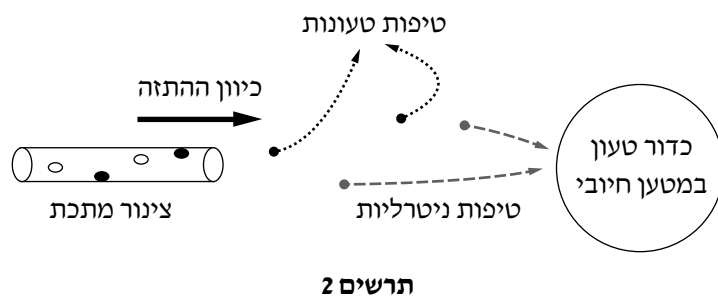
- א. (1) סרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על הטיפה.
 (2) הראו כי הביטוי לתאוצה a של הטיפה הוא: $a = \frac{q}{m}E - g$. (7 נקודות)
- התלמידים שינו בהדמיה את גודל השדה החשמלי וקיבלו את ערכי התאוצה כמפורט בטבלה:

$E \left(10^4 \frac{V}{m} \right)$	5	10	15	20	25
$a \left(\frac{m}{s^2} \right)$	-9.5	-5	-0.5	2.5	6.5

- ב. (1) סרטטו דיאגרמת פיזור של התאוצה a כתלות בגודל השדה החשמלי E .
 (2) הוסיפו לדיאגרמת הפיזור את הישר המתאים לה ביותר (קו מגמה). (9 נקודות)
- ג. חשבו את היחס $\frac{q}{m}$ של טיפת שמן. (6 נקודות)
- ד. ידוע כי בינה מלאכותית עלולה לתת תוצאות שאינן תואמות את הידע הפיזיקלי המקובל. קבעו אם לדעתכם קרה הדבר בהדמיה זו. נמקו את קביעתכם. (6 נקודות)

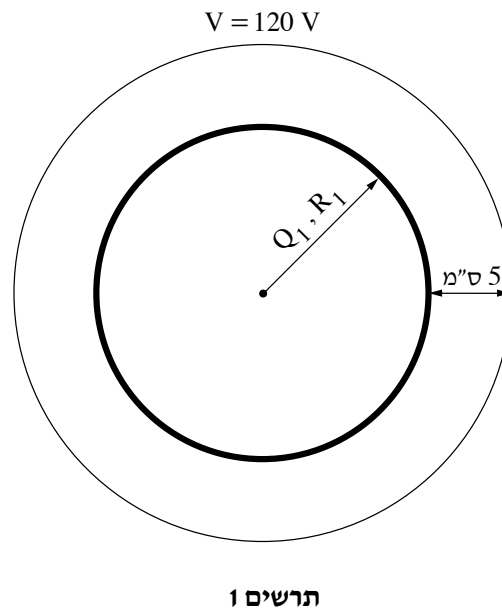
(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

לאחר מכן חקרו התלמידים באמצעות ההדמיה מערכת הטוענת וממיינת טיפות שמן. בתרשים 2 מוצגות טיפות שמן הנעות בתוך צינור מתכת ונייזות ממנו לכיוונו של כדור הטעון במטען חשמלי חיובי. נתון כי בתהליך זה, חלק מן הטיפות נטענו במטען חיובי ויתר הטיפות נשארו ניטרליות. בתרשים 2 רואים שהטיפות הטעונות נדחו מן הכדור ואילו הטיפות הניטרליות נמשכו אליו.



ה. הסבירו מדוע הטיפות הטעונות נדחו מן הכדור הטעון, ומדוע הטיפות הניטרליות נמשכו אליו. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

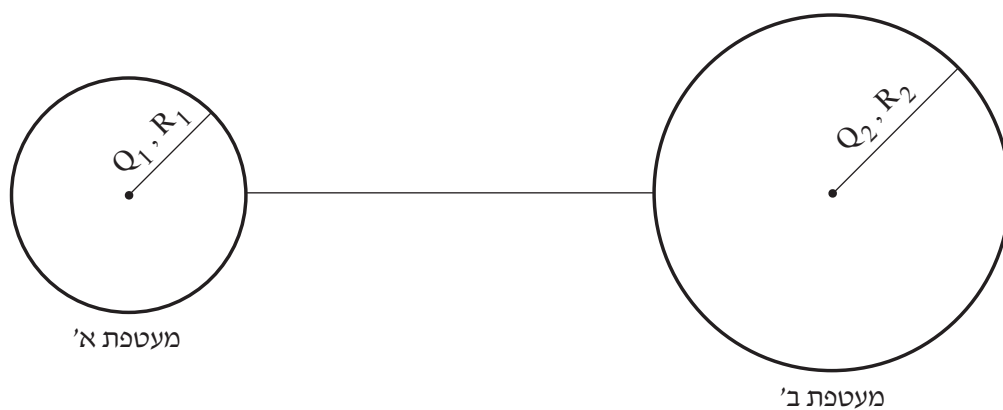
2. נתונה מעטפת כדורית מתכתית א' שרדיוסה $R_1 = 10 \text{ cm}$. המעטפת טעונה במטען חשמלי Q_1 שצפיפותו אחידה ושגודלו וסימנו אינם ידועים.
- תרשים 1 מתאר חתך אמצעי של המעטפת הכדורית, וקו המתאר משטח שווה פוטנציאל שערכו $V = 120 \text{ V}$ במרחק 5 cm מן המעטפת הכדורית.
- נתון: הפוטנציאל באינסוף הוא אפס.
- השפעת כוח הכבידה ניתנת להזנחה.
- שימו לב: התרשימים בשאלה זו איכותיים ואינם בקנה מידה.



- א. חשבו את המטען החשמלי Q_1 (גודל וסימן) שבו המעטפת הכדורית טעונה. (6 נקודות)
- כדי להעביר פרוטון אחד ממרחק גדול מאוד (אינסוף) אל נקודה על המעטפת הכדורית שבתרשים 1 נדרש להעניק לו מהירות התחלתית v_0 .
- ב. חשבו את הגודל המינימלי של המהירות ההתחלתית, v_0 , שיש להעניק לפרוטון באינסוף כדי שיגיע אל המעטפת הכדורית. (8 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

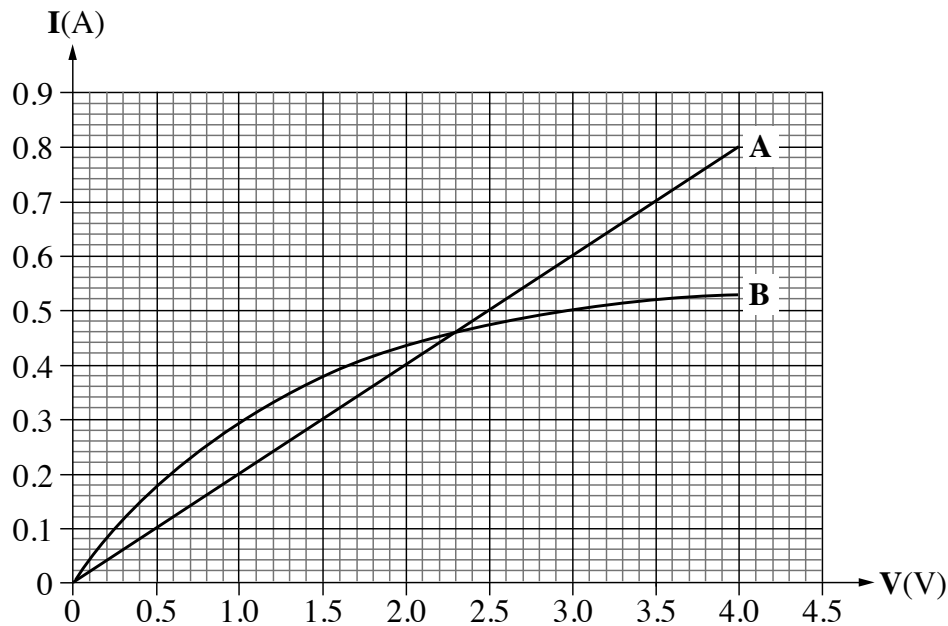
מעטפת כדורית מתכתית ב' נמצאת במרחק גדול מאוד ממעטפת א'. רדיוס מעטפת ב' הוא $R_2 = 60 \text{ cm}$, והיא טעונה במטען חשמלי חיובי $Q_2 = 10 \text{ nC}$ שצפיפותו אחידה. חיברו את שתי המעטפות באמצעות תיל מוליך שהתנגדותו זניחה, כמתואר בתרשים 2.



תרשים 2

- ג. חשבו את המטען (גודל וסימן) על כל אחת מן המעטפות הכדוריות זמן רב לאחר החיבור. (8 נקודות)
- החיבור גרם לתנועת אלקטרונים בין שתי המעטפות הכדוריות.
- ד. ציינו אם עברו אלקטרונים ממעטפת א' אל מעטפת ב' או להפך, וחשבו את מספרם. (6 נקודות)
- ה. הסבירו מדוע נדרשת ההנחה שהמרחק בין המעטפות גדול מאוד. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

3. נתונים שני רכיבים חשמליים לא ידועים A ו- B. גרף הזרם כתלות במתח (גרף אופייני) של כל אחד משני הרכיבים מתואר בתרשים 1.



תרשים 1

ענו על הסעיפים שלפניכם באמצעות הגרף.

- א. קבעו לאיזה מן הרכיבים A או B יש התנגדות קבועה. נמקו את קביעתכם. (5 נקודות)

נתון כי הרכיב שהתנגדותו קבועה הוא תיל מוליך שממדיו:

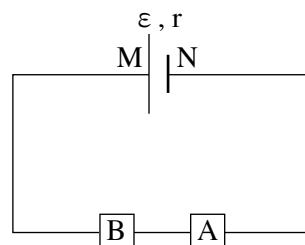
אורך $\ell = 2 \text{ m}$, שטח חתך $A = 0.45 \text{ mm}^2$.

- ב. חשבו את ההתנגדות הסגולית של התיל. (7 נקודות)

תלמידים חיברו שני מעגלים שונים. בכל אחד מן המעגלים הם השתמשו ברכיבים האלה: A ו- B, מקור מתח בעל כ"מ ε שהתנגדותו הפנימית r , ומכשירי מדידה (המכשירים לא מוצגים בתרשימים).

המעגל הראשון שחיברו התלמידים מתואר בתרשים 2.

התלמידים מדדו באמצעות וולטמטר אידיאלי את המתחים על רכיב A ועל רכיב B וראו שהמתחים שנמדדו שווים זה לזה.



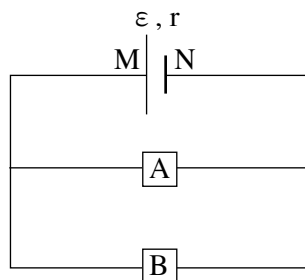
תרשים 2

- ג. חשבו את מתח הדקי המקור V_{MN} . (6 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

המעגל השני שחיברו התלמידים מתואר בתרשים 3.

התלמידים מדדו באמצעות וולטמטר אידיאלי את המתח על רכיב A וראו שהמתח הוא $V = 3.5 \text{ V}$.



תרשים 3

ד. חשבו את הזרם שזורם דרך מקור המתח במעגל זה. (4 נקודות)

ה. חשבו את הכא"מ ϵ ואת ההתנגדות הפנימית r של מקור המתח. (6 נקודות)

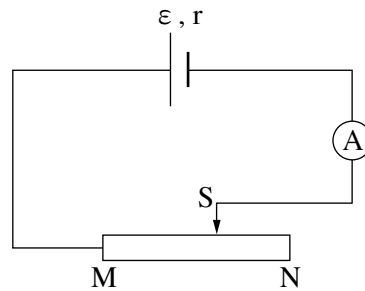
התלמידים חיברו שוב את המעגל הראשון המתואר בתרשים 2.

התלמידים מדדו את המתח על הרכיב שהתנגדותו קבועה באמצעות וולטמטר לא אידיאלי.

ו. קבעו אם המתח שנמדד במדידה זו גדול, קטן או שווה למתח שנמדד על רכיב זה במדידה באמצעות הוולטמטר האידיאלי

במעגל הראשון. נמקו את קביעתכם. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

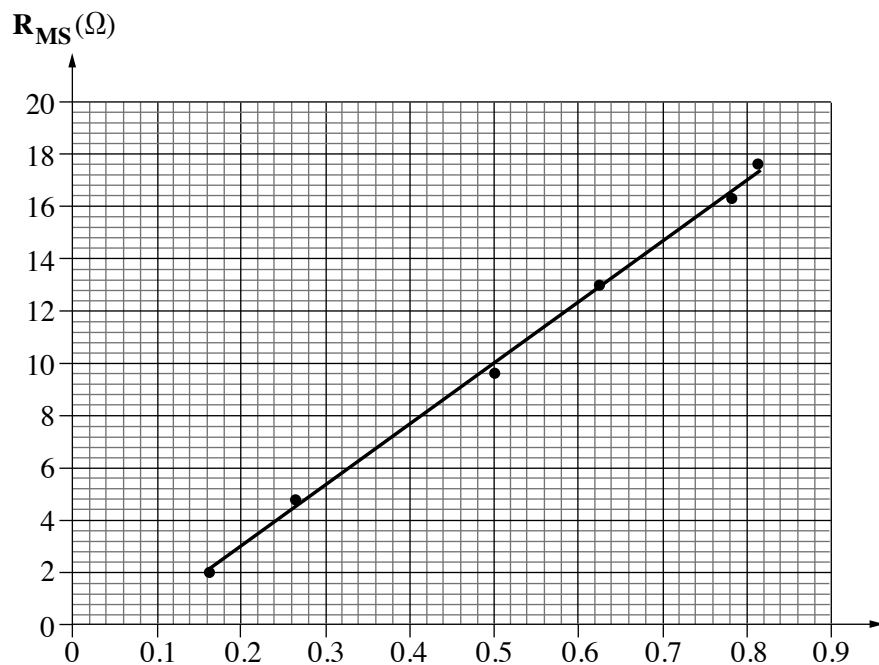
4. תלמידת מגמת פיזיקה הרכיבה מעגל חשמלי פשוט הכולל מקור מתח לא אידיאלי שנתוני הכא"מ (ε) והתנגדותו הפנימית (r) לא ידועים, נגד משתנה MN ומד זרם אידיאלי (ראו תרשים 1).



תרשים 1

- על ידי שינוי מיקום הגרר S , שינתה התלמידה כמה פעמים את עוצמת הזרם ומדדה בכל פעם את התנגדות החלק הפעיל, R_{MS} בנגד המשתנה.
מטרת המדידות שערכה התלמידה הייתה לחשב את כא"מ מקור המתח ε ואת התנגדותו הפנימית r .
א. פתחו ביטוי של התנגדות החלק הפעיל בנגד המשתנה R_{MS} , כפונקצייה של ערך הזרם החשמלי I ושל הפרמטרים r, ε . (7 נקודות)

על פי תוצאות המדידות, סרטטה התלמידה דיאגרמת פיזור (תרשים 2) והעבירה קו מגמה ליניארי.



תרשים 2

- התלמידה לא ציינה את שם הציר האופקי ואת יחידותיו.
ב. רשמו את שם הציר האופקי ואת יחידותיו. נמקו את תשובתכם. (5 נקודות)

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

ג. על פי דיאגרמת הפיזור הנתונה והביטוי שפיתחתם בסעיף א –

(1) חשבו את כא"מ מקור המתח, ε .

(2) חשבו את ההתנגדות הפנימית, r .

(10 נקודות)

ד. חשבו את ההספק החשמלי שמתפתח בנגד המשתנה כאשר התנגדותו היא $R_{MS} = 10\Omega$. (6 נקודות)

ידוע כי ההספק שחישבתם בסעיף ד יכול להתפתח בנגד גם עבור זרם שערכו גדול יותר.

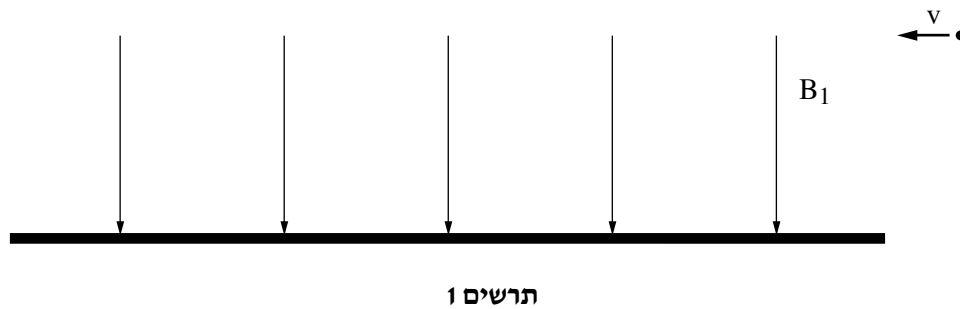
ה. קבעו עבור איזה משני ערכי הזרם (הגדול או הקטן) נצילות המעגל תהיה גבוהה יותר. נמקו את קביעתכם (אין צורך לחשב).

($5\frac{1}{3}$ נקודות)

5.

מדענים חקרו תנועה של פרוטונים בשדה מגנטי.

השפעת כוח הכבידה על תנועת הפרוטונים ניתנת להזנחה.

בניסוי ראשון הופעל שדה מגנטי אחיד B_1 שכיוונו כלפי מטה במאונך לקרקע.פרוטון נכנס לאזור שבו פועל השדה המגנטי B_1 , במהירות v שכיוונה אופקי שמאלה (ראו תרשים 1).נתונים: עוצמת השדה המגנטי $B_1 = 0.02T$, וגודל מהירות הפרוטון $v = 10^6 \frac{m}{s}$.

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

ב. (1) חשבו את רדיוס הסיבוב R_1 של הפרוטון בשדה המגנטי.(2) חשבו את זמן המחזור T_1 של תנועת הפרוטון בשדה המגנטי.

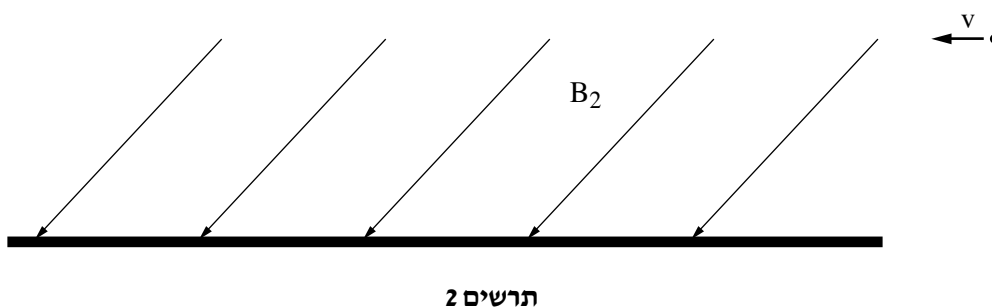
(10 נקודות)

המדענים הפעילו שדה חשמלי E נוסף לשדה המגנטי B_1 , והפרוטון נע בקו ישר.ג. חשבו את השדה החשמלי E (גודל וכיוון) שהפעילו המדענים. (7 נקודות)בניסוי שני הופסקו השדה החשמלי E והשדה המגנטי B_1 והופעל שדה מגנטי אחר B_2 , הנמצא בזווית חדה ביחס לקרקע,

כמתואר בתרשים 2.

השדה המגנטי B_2 אחיד בגודלו, וקווי השדה מקבילים זה לזה.

עוצמת השדה המגנטי אינה ידועה.

פרוטון נכנס לאזור שבו פועל השדה המגנטי B_2 , במהירות v שכיוונה אופקי שמאלה (ראו תרשים 2).

(שימו לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

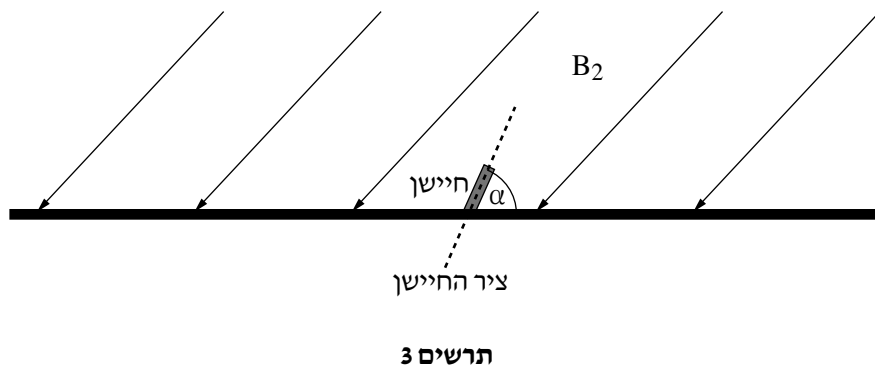
לאחר כניסתו לאזור השדה המגנטי ביצע הפרוטון תנועה בורגית (תנועה מעגלית במישור הניצב לקווי השדה בשילוב עם התקדמות במהירות קבועה בכיוון קווי השדה).

ד. הסבירו מדוע ביצע הפרוטון תנועה בורגית. (5 נקודות)

רמז: יש לפרק את וקטור המהירות לרכיב ניצב ולרכיב מקביל לקווי השדה.

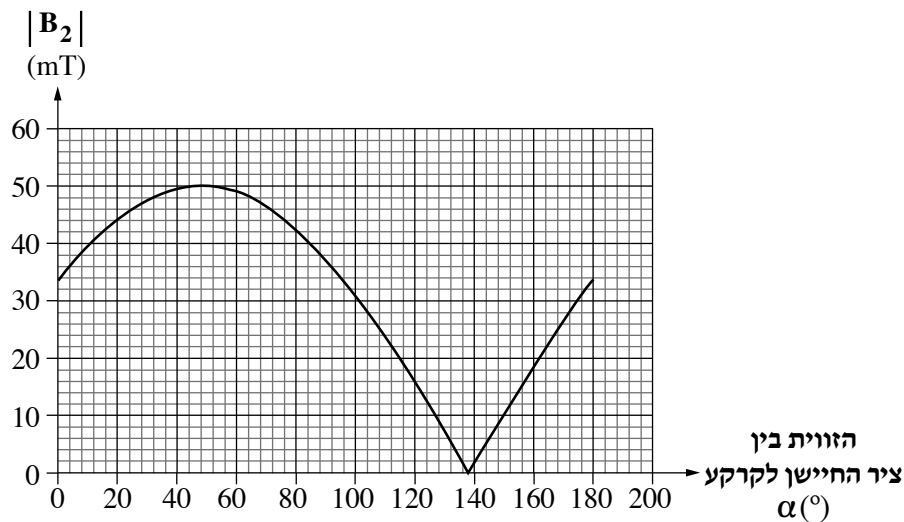
כדי למצוא את גודל וכיוון השדה המגנטי B_2 הציבו המדענים על הקרקע חיישן שדה מגנטי, כך שהזווית α בין ציר החיישן לקרקע ניתנת לשינוי, כמתואר בתרשים 3.

נתון כי החיישן מודד את גודל רכיב השדה המגנטי שכיוונו מקביל לציר החיישן.



המדענים ביצעו כמה מדידות של עוצמת השדה המגנטי שמודד החיישן כתלות בזווית α של ציר החיישן ביחס לקרקע (ראו תרשים 3). תוצאות המדידות מתוארות בתרשים 4.

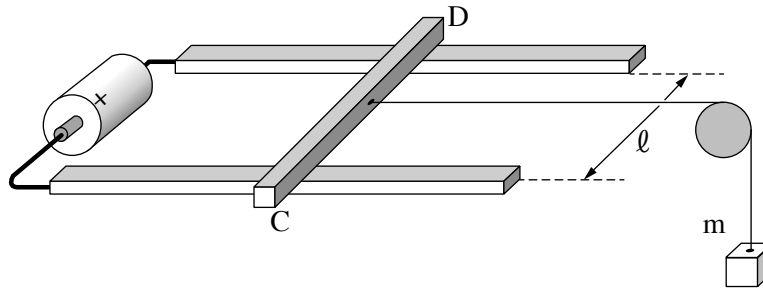
עוצמת השדה המגנטי כתלות בזווית החיישן



ה. מצאו בעזרת תרשים 4 את גודלו של השדה המגנטי B_2 ואת כיוונו (הזווית של השדה ביחס לקרקע). הסבירו בקצרה את דרך הפתרון. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

השראה

6. נתונה מערכת הכוללת מוט מוליך CD שיכול לנוע על מסילה אופקית ארוכה מאוד שמורכבת משני פסים מוליכים מקבילים. המרחק בין הפסים הוא ℓ . בין קצות הפסים מחוברת סוללה בעלת כ"מ ε והתנגדות פנימית r . קיים שדה מגנטי אחיד שגודלו B המאונך למישור המסילה. למוט קשור חוט אופקי הכרוך על גלגלת ובקצה האחר של החוט תלויה משקולת שמסתה m (ראו תרשים). כל כוחות החיכוך והתנגדויות פסי המסילה והמוט CD ניתנים להזנחה.



- משחררים את המוט CD ממנוחה, והמוט נשאר במקומו ולא זז.
- א. קבעו את כיוון השדה המגנטי B . נמקו את קביעתכם. (6 נקודות)
- ב. בטאו את מסת המשקולת m בעזרת נתוני השאלה (B, ℓ, r, ε) וקבועים פיזיקליים ידועים. (7 נקודות)
- מחליפים את הסוללה בנורה שהתנגדותה R . משחררים את המוט CD ממנוחה, והמוט מתחיל לנוע.
- ג. הסבירו באופן מפורט את התהליך שגורם לזרם בנורה בזמן תנועת המוט. (8 נקודות)
- לאחר זמן מה הגיע המוט למהירות קבועה.
- נתון: $B = 1.8 \text{ T}$, $m = 0.05 \text{ kg}$, $\ell = 0.8 \text{ m}$, $R = 7.2 \Omega$.
- ד. חשבו את גודל המהירות הקבועה של המוט CD . (7 נקודות)
- ה. קבעו את כיוון הזרם במוט CD . נמקו את קביעתכם. ($\frac{1}{3} 5$ נקודות)

בהצלחה!