

סוג הבחינה: מבחן מתכונת
מבחן: מתכונת 2
מספר השאלון: 036371
שם התלמיד/ה: _____

פיזיקה

חשמל ומגנטיות - 5 יחידות לימוד

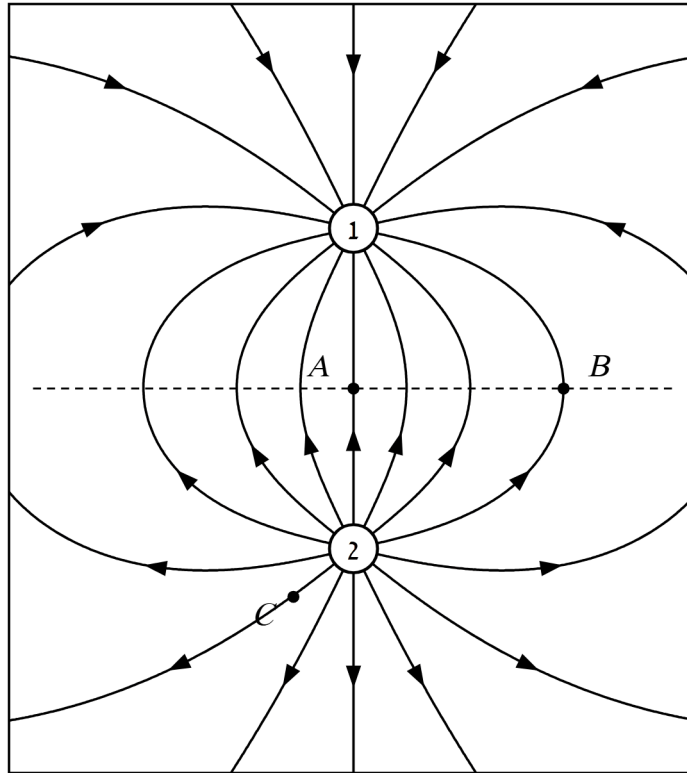
הוראות

- 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. בתרשים שלפניכם מתוארים קווי השדה החשמלי סביב שני כדורים קטנים טעונים, כדור 1 וכדור 2, המוחזקים על מוטות מבודדים (המוטות אינם מופיעים בתרשים). הכדורים נמצאים באוויר, ואפשר להתייחס אליהם כאל מטענים נקודתיים. בשאלה זו האנרגייה הפוטנציאלית החשמלית באינסוף היא אפס.

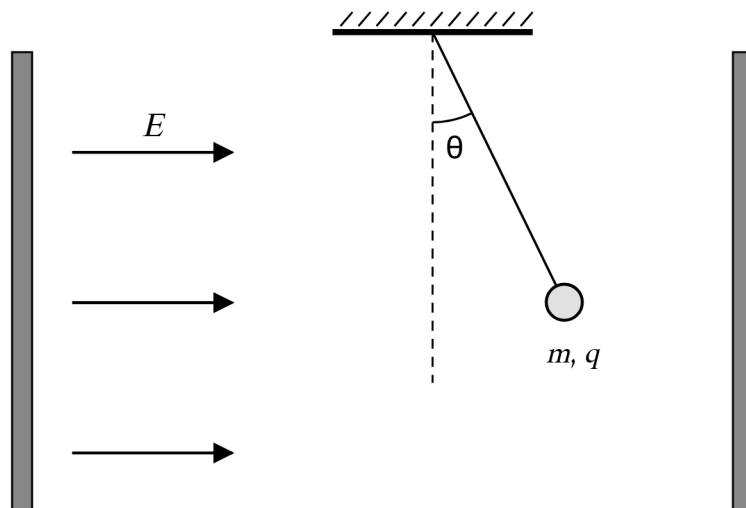


- א. הגדירו את המושג "שדה חשמלי בנקודה" (וקטור השדה החשמלי). (5 נקודות)
- ב. על פי התרשים, הסבירו מדוע גודלי המטענים של שני הכדורים שווים, וקבעו איזה מהכדורים טעון במטען חיובי. (4 נקודות)
- הנקודה A נמצאת באמצע הקטע המחבר את מרכזי הכדורים.
- ג. (1) האם עוצמת השדה החשמלי של מערכת הכדורים בנקודה A היא אפס? הסבירו את תשובתכם.
- (2) האם הפוטנציאל החשמלי בנקודה A הוא אפס? הסבירו את תשובתכם. (8 נקודות)
- הנקודה B נמצאת על האנך האמצעי לקטע המחבר את מרכזי הכדורים.
- ד. אילו היו מציבים אלקטרון בנקודה B, מה היה כיוון הכוח החשמלי הפועל עליו? נמקו את תשובתכם. (4⅓ נקודות)

ה. באיזו מהנקודות, A או C , עוצמת השדה החשמלי גדולה יותר? נמקו את תשובתכם. (4 נקודות)

נתון: גודל המטען של כל אחד מהכדורים הוא $4 \cdot 10^{-9} \text{ C}$, והמרחק בין מרכזיהם 8 cm .
ו. חשבו את האנרגייה הפוטנציאלית החשמלית של מערכת שני הכדורים (ביחס לאינסוף). (8 נקודות)

2. תלמידים חקרו בעזרת הדמיית מחשב, שכתב אחד התלמידים, כדור קטן הטעון במטען חשמלי ונמצא בשדה חשמלי. ההדמיה מדמה ניסוי המבוצע על פני כדור הארץ: השפעת כוח הכבידה על הכדור לא ניתנת להזנחה, והשפעת התנגדות האוויר ניתנת להזנחה.
בהדמיה, כדור קטן שמסתו m , הטעון במטען חיובי q , תלוי בחוט מבודד קל בין שני לוחות מתכת אנכיים, טעונים ומקבילים. בין הלוחות קיים שדה חשמלי אחיד E שכיוונו אופקי, ימינה. הכדור נמצא בשיווי משקל כאשר החוט יוצר זווית θ עם האנך, כמתואר בתרשים 1.



א. (1) סרטטו את תרשים הכוחות הפועלים על הכדור.

(2) הראו כי בשיווי משקל מתקיים: $\tan \theta = \frac{q}{mg} E$.

(7 נקודות)

התלמידים שינו בהדמיה את גודל השדה החשמלי, וההדמיה הציגה בכל פעם את ערך $\tan \theta$ במצב שיווי המשקל:

$E \left(10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}} \right)$	5	10	15	20	25
$\tan \theta$	0.36	0.53	0.77	0.93	1.16

ב. (1) סרטטו דיאגרמת פיזור של $\tan \theta$ 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 הכדור.

(6 נקודות)

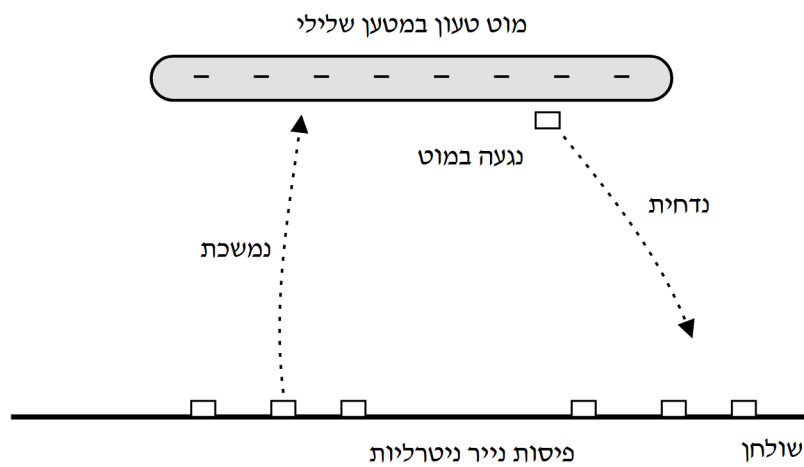
ד. ידוע כי בתוכנת הדמיה עלולה להיות שגיאת תכנות שגורמת לתוצאות שאינן תואמות את הידע הפיזיקלי.

קבעו אם לדעתכם קרה הדבר בהדמיה זו. נמקו את קביעתכם.

(6 נקודות)

לאחר מכן השתמשו התלמידים בהדמיה כדי לחקור מוט הטעון במטען שלילי, שקורב אל פיסות נייר קטנות וניטרליות המונחות על שולחן.

בהדמיה (תרשים 2) רואים שהפיסות הניטרליות נמשכו אל המוט, ואילו פיסה שנגעה במוט נדחתה ממנו מיד לאחר המגע.

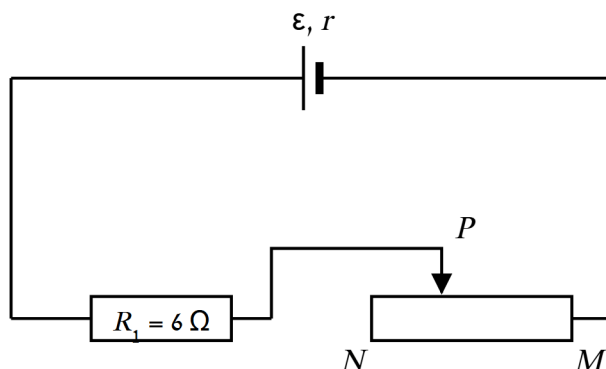


ה. הסבירו מדוע פיסות הנייר הניטרליות נמשכו אל המוט, ומדוע הפיסה שנגעה במוט נדחתה ממנו.

($5\frac{1}{3}$ נקודות)

3. בתרשים 1 מתואר מעגל חשמלי המורכב מסוללה שהכא"מ שלה ε וההתנגדות הפנימית שלה r , נגד שהתנגדותו קבועה $R_1 = 6 \Omega$, נגד משתנה MN שהמגע הנייד (הגררה) שלו הוא P , ותילים אידיאליים.

נתון כי ההתנגדות של הנגד המשתנה ליחידת אורך היא $\lambda = 0.5 \frac{\Omega}{\text{cm}}$ ואורכו הכולל $\ell = 40 \text{ cm}$.



תרשים 1

א. לפניכם חמישה היגדים 1-5. העתיקו למחברת הבחינה רק את ההיגדים הנכונים.

1. כאשר לא זורם זרם דרך הסוללה - מתח ההדקים שלה שווה לכא"מ שלה.
2. ההתנגדות הפנימית של סוללה גדלה כאשר הזרם במעגל גדל.
3. מתח ההדקים הוא העבודה שמבצעים הכוחות הלא-חשמליים (הכימיים) בתוך הסוללה על כל יחידת מטען העוברת דרכה.
4. כאשר ההתנגדות החיצונית של המעגל קטנה - הזרם במעגל גדל ומתח ההדקים קטן.
5. $\Omega \cdot A$ היא יחידה המבטאת כא"מ.

(6 נקודות)

נתון:

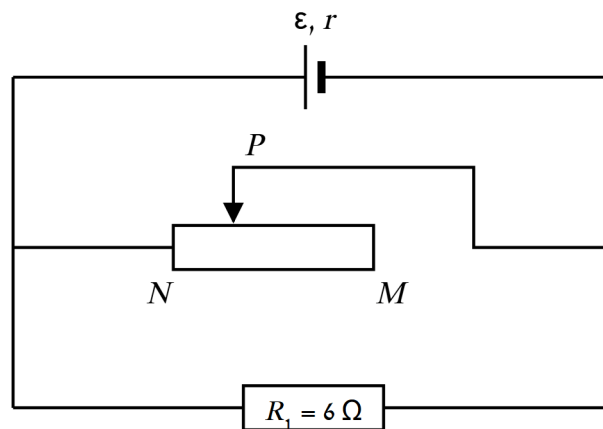
- כאשר המגע P נמצא בקצה M , מתח ההדקים הוא $V = 9.0 \text{ V}$.
- כאשר המגע P נמצא במרחק 16 cm מן הקצה M , מתח ההדקים הוא $V = 10.5 \text{ V}$.
- ב. חשבו את כא"מ הסוללה, ε , ואת ההתנגדות הפנימית, r .

(8 נקודות)

- ג. חשבו את המרחק של המגע הנייד P מן הקצה N של הנגד המשתנה, כאשר הזרם במעגל הוא $I = 1.2 \text{ A}$.

(7 נקודות)

פירקו את המעגל המתואר בתרשים 1 והרכיבו מאותם הרכיבים מעגל אחר, המתואר בתרשים 2. המגע הנייד P נמצא במיקום שחישבתם בסעיף ג. (במצב שבסעיף ג, במעגל שבתרשים 1, מתח ההדקים היה 9.6 V .)



תרשים 2

ענו על סעיפים ד-ה בנוגע למעגל המתואר בתרשים 2.

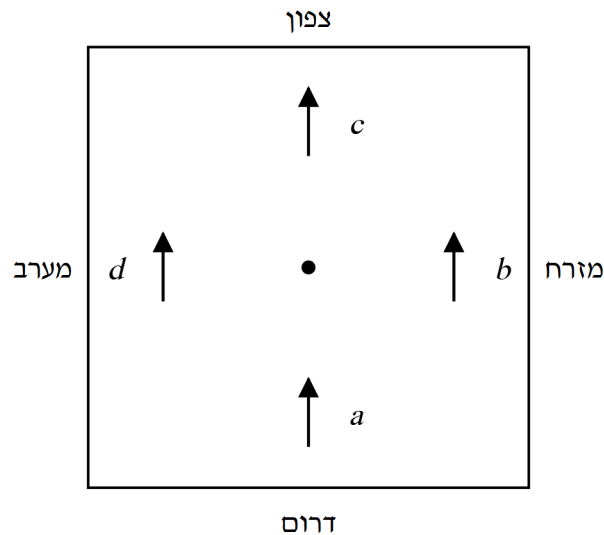
ד. האם מתח ההדקים גדול מ- 9.6 V , שווה לו או קטן ממנו? נמקו את קביעתכם. (7 נקודות)

ה. (1) האם אפשר למדוד במעגל זה מתח הדקים שערכו $V = \varepsilon$? אם כן - הסבירו כיצד, אם לא - נמקו את קביעתכם.

(2) האם אפשר למדוד במעגל זה מתח הדקים שערכו $V = 0$? אם כן - הסבירו כיצד, אם לא - נמקו את קביעתכם.

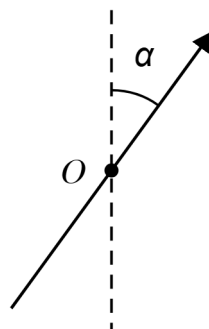
(5 1/3 נקודות)

4. תלמידה רצתה למדוד את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ, $B_{E\parallel}$, באזור מגוריה. היא העבירה תיל מוליך ארוך וישר דרך חור שבמרכזו של לוח אופקי, כך שהתיל ניצב ללוח, והציבה על הלוח ארבעה מצפנים a , b , c ו- d , כל אחד במרחק r מהתיל: a מדרום לתיל, b ממזרח לו, c מצפון לו ו- d ממערב לו. תרשים 1 הוא מבט מלמעלה על הלוח. הנקודה שבמרכז היא החתך של התיל, והחצים מראים את כיווני מחטי המצפנים כאשר לא עבר זרם בתיל.



תרשים 1

כאשר התלמידה הזרימה בתיל זרם שעוצמתו $I = 6 \text{ A}$ וכיוונו אינו נתון, המחט של מצפן a הסתובבה עם כיוון השעון והתייצבה בזווית α ביחס לכיוונה המקורי (ראו תרשים 2).



תרשים 2

א. העתיקו את תרשים 2 למחברת, וסמנו בנקודה O את הכיוונים של השדות המגנטיים הפועלים על המחט של מצפן a : את כיוון הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ, $B_{E\parallel}$, ואת כיוון השדה המגנטי B_I שיוצר הזרם. (6 נקודות)

ב. קבעו אם כיוון הזרם בתיל היה כלפי מעלה ("החוצה מן הדף") או כלפי מטה ("אל תוך הדף"). נמקו את קביעתכם.

(6 נקודות)

ג. בטאו את $\tan(\alpha)$ כפונקציה של I באמצעות r , $B_{E\parallel}$ ו- μ_0 .

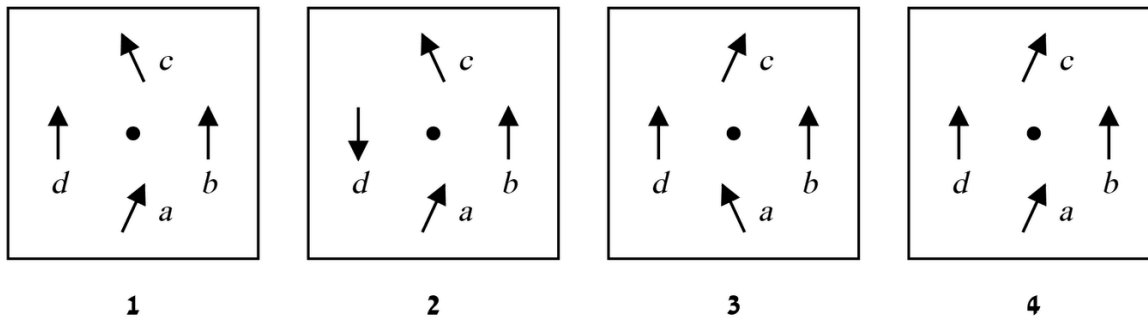
(6 נקודות)

נתון: $\alpha = 36^\circ$, $r = 5 \text{ cm}$.

ד. חשבו, בעזרת הביטוי שפיתחתם בסעיף ג, את גודלו של הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ, $B_{E\parallel}$, באזור מגוריה של התלמידה.

(5 נקודות)

התלמידה רצתה לבחון את הכיוונים שבהם יתייצבו מחטי כל המצפנים. היא הקטינה את עוצמת הזרם (בלי לשנות את כיוונו) עד שהזווית α במצפן a הייתה 25° , והרעידה מעט את הלוח. לפניהם ארבעה תרשימים, 1-4. רק אחד מהם מתאר נכון את כיווני המחטים של כל המצפנים.

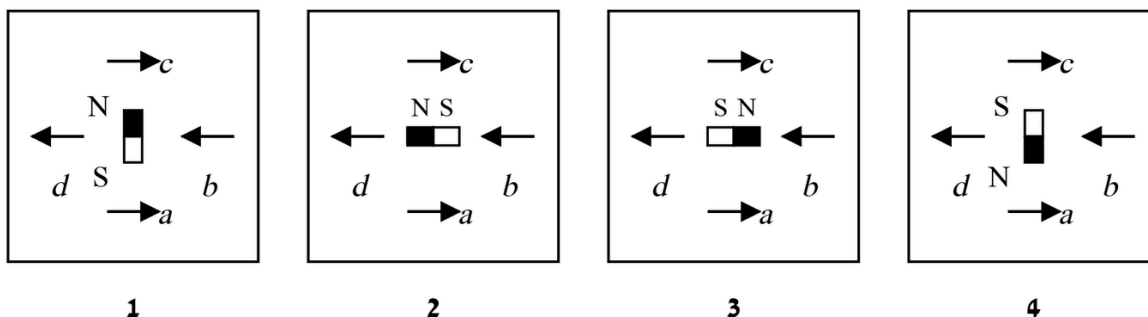


קבעו איזה מן התרשימים הוא הנכון. נמקו את קביעתכם.

(6 נקודות)

במקרה אחר התלמידה הוציאה את התיל, והניחה במרכז הלוח מגנט מוט קטן וחזק. בסביבת המצפנים השדה של המגנט חזק בהרבה מהשדה של כדור הארץ.

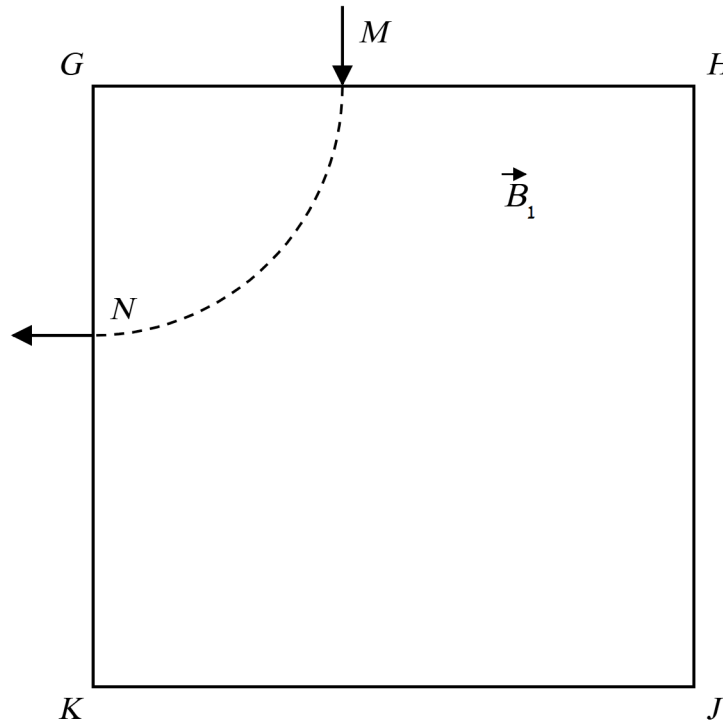
ו. לפניהם ארבעה תרשימים, 1-4. בכולם מחטי המצפנים מצביעות לאותם כיוונים, ורק מגנט המוט מונח אחרת. רק אחד מהם מתאר נכון את כיווני המחטים ואת מגנט המוט.



קבעו איזה מן התרשימים הוא הנכון.

(4 1/3 נקודות)

5. חלקיק בעל מסה m ומטען חיובי q נכנס לאזור ריבועי $GHJK$ שבו שורר שדה מגנטי אחיד B_1 שכיוונו מאונך לדף.
- החלקיק נכנס לשדה המגנטי בנקודה M במאונך לצלע GH , ויוצא ממנו בנקודה N במאונך לצלע GK , כמתואר בתרשים 1.
- בשאלה כולה יש להזניח את השפעת כוח הכבידה.



תרשים 1

נתון: מהירות הכניסה של החלקיק לשדה המגנטי: $v_0 = 1.5 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, מטען החלקיק: $q = 3.2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

גודל השדה המגנטי: $B_1 = 0.10 \text{ T}$, זמן שהייה של החלקיק בשדה המגנטי: $t_1 = 3.26 \cdot 10^{-7} \text{ s}$

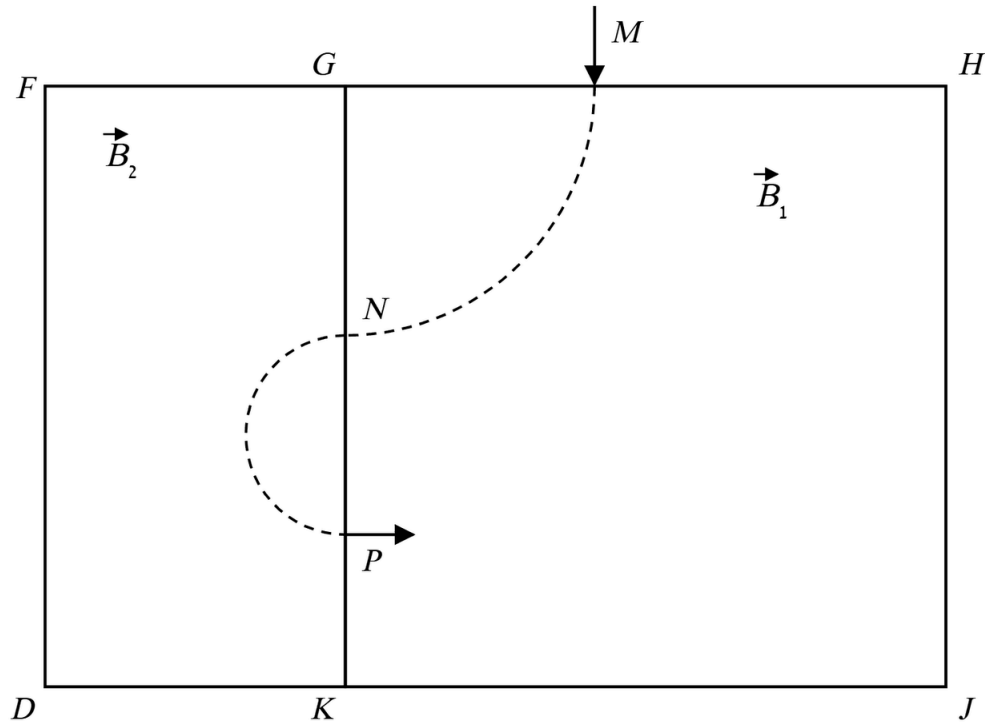
א. מצאו את כיוון השדה המגנטי B_1 , פרטו את שיקוליכם.

(5 נקודות)

ב. חשבו את מסת החלקיק m .

(8 נקודות)

יוצרים שדה מגנטי אחר, B_2 , גם הוא אחיד ומאונך לדף, באזור המלבני $FGKD$ שנמצא משמאל לאזור הריבועי, כמתואר בתרשים 2. מעניקים לחלקיק שוב את אותה המהירות ההתחלתית v_0 (שוב בנקודה M), והוא נע במסלול המתואר בתרשים 2. הוא יוצא מן המלבן $FGKD$ בנקודה P במאונך לצלע GK . נתון כי המרחק GP הוא 56.0 cm .



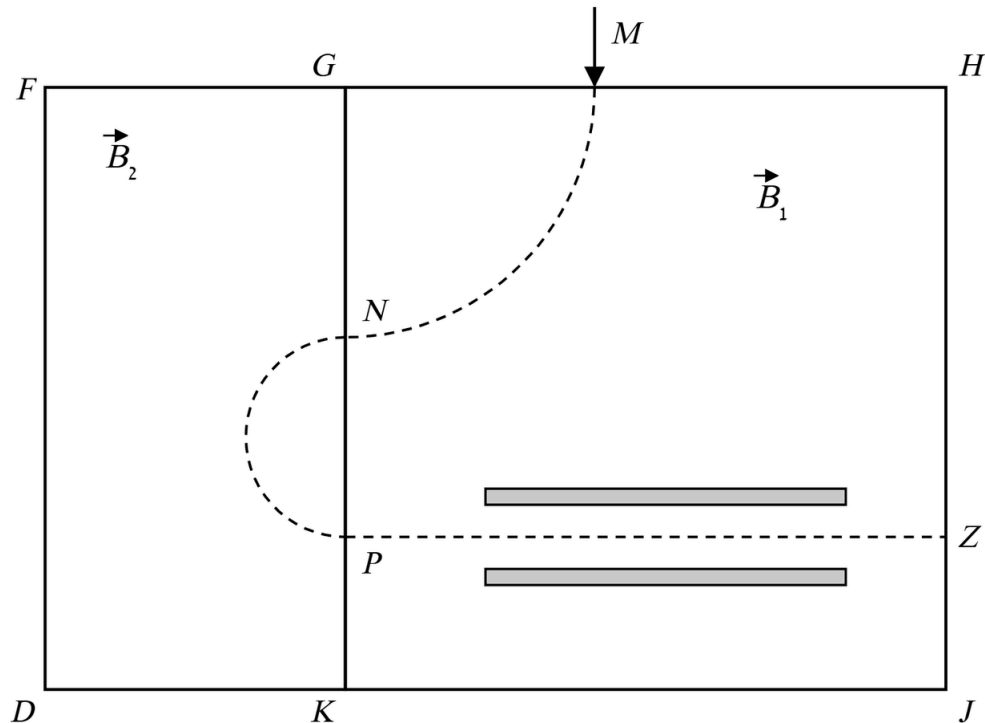
תרשים 2

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

(9 נקודות)

מוסיפים לאזור $GHJK$ שני לוחות טעונים שביניהם יש שדה חשמלי אחיד E (בורר מהירויות).

לאחר שהחלקיק עובר בנקודה P ונכנס שוב לאזור $GHJK$, הוא נע בקו ישר בין שני הלוחות ויוצא מן האזור בנקודה Z , כמתואר בתרשים 3.



תרשים 3

ד. חשבו את השדה החשמלי E (גודל וכיוון). פרטו את שלבי הפתרון.

(6 נקודות)

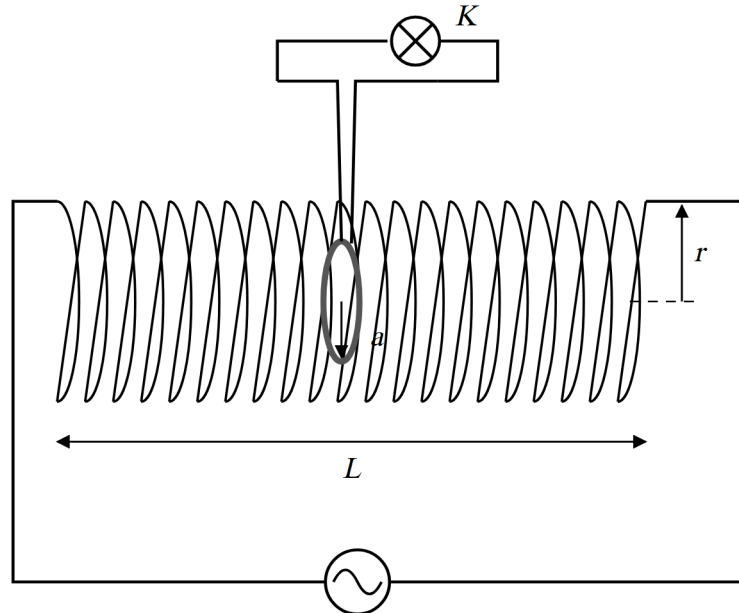
מעניקים לאותו החלקיק (m, q) את אותה המהירות ההתחלתית, $v_0 = 1.5 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$. הפעם החלקיק נכנס במאונך לצלע HJ , בנקודה Z (ראו תרשים 3), נע בכיוון ההפוך במסלול $M \leftarrow N \leftarrow P \leftarrow Z$ ויוצא במאונך לצלע GH , בנקודה M .

ה. קבעו אם בניסוי זה הפכו את הכיוון של אחד (או יותר) מן השדות E , B_2 , B_1 .

נמקו את קביעתכם.

(5 1/3 נקודות)

6. תלמידי פיזיקה הרכיבו מעגל חשמלי ובו מקור מתח חילופין, סילונית ארוכה ותילים אידיאליים. רדיוס הסילונית הוא r , אורכה L ומספר הליפופים בה הוא N . התלמידים הכניסו לתוך הסילונית, באמצעה, טבעת מוליכה שרדיוסה a ($a < r$), כך שציר הסילונית מאונך למישור הטבעת ועובר דרך מרכזה. קצות הטבעת יוצאים החוצה בין הליפופים ומחוברים לנוורה K בעלת התנגדות קבועה (ראו תרשים 1). ההתנגדות של הטבעת והתילים שלה זניחה.



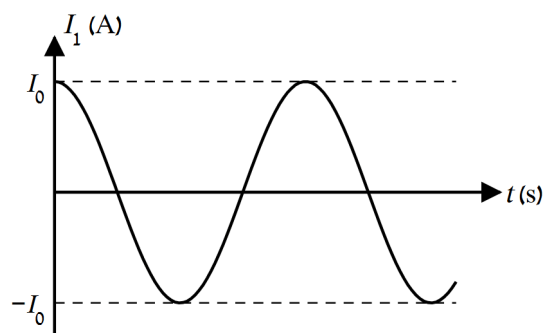
מקור מתח חילופין

תרשים 1

בתרשים 2 מתוארת עוצמת הזרם I_1 בסילונית כתלות בזמן:

$$I_1(t) = I_0 \cos(\omega t)$$

הכיוון החיובי של הזרם בסילונית ושל הזרם בטבעת מוגדר עם כיוון מחוגי השעון, כשמביטים בהם מצד ימין לאורך הציר.



תרשים 2

א. לפניכם טענה: "הנורה אינה דולקת, מאחר שבתוך סילונית ארוכה השדה המגנטי אחיד, ולכן השטף דרך הטבעת אינו משתנה".

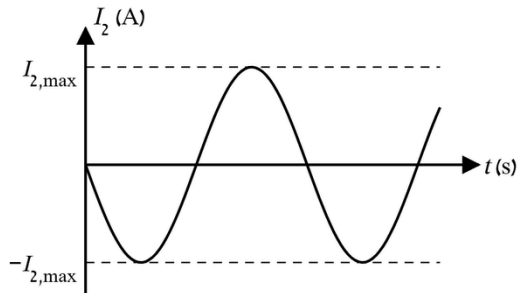
קבעו אם הטענה נכונה או שגויה. נמקו את קביעתכם.

(5 נקודות)

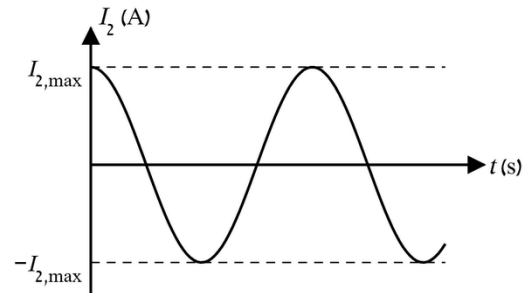
ב. לפניכם ארבעה גרפים 1-4 המתארים עוצמת זרם כפונקצייה של זמן.

קבעו איזה מן הגרפים מתאר בצורה הטובה ביותר את עוצמת הזרם I_2 בטבעת כפונקצייה של הזמן.

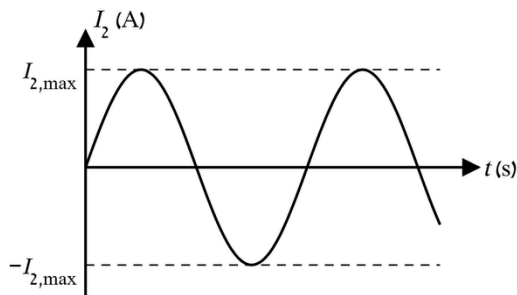
נמקו את קביעתכם בעזרת חוק פארדיי-לנץ.



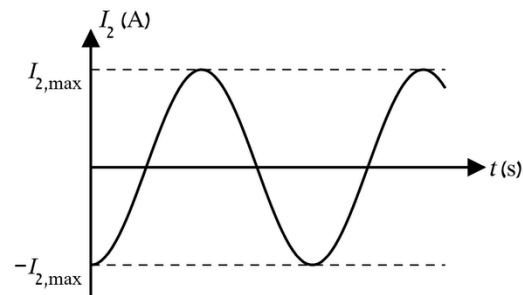
1



2



3



4

(6 נקודות)

ג. הראו שהביטוי המתאר את $\varepsilon_{2,\max}$, הכא"מ המושרה המרבי (המקסימלי) בטבעת, הוא -

$$\varepsilon_{2,\max} = \frac{\mu_0 N I_0 \pi a^2 \omega}{L}$$

(9 נקודות)

נתון: $\omega = 314 \text{ s}^{-1}$, $I_0 = 4.0 \text{ A}$.

רדיוס הסילונית הוא $r = 5 \text{ cm}$, וצפיפות הליפופים בה היא $\frac{N}{L} = 2000 \text{ m}^{-1}$.

רדיוס הטבעת הוא $a = 3 \text{ cm}$.

ערך המתח הרשום על הנורה K הוא 2.5 V .

התלמידים רוצים שהמתח המרבי $\varepsilon_{2,\max}$ על הנורה יתאים לערך הרשום עליה. הם מצאו כי

במערכת הנוכחית המתח $\varepsilon_{2,\max}$ קטן מדי.

התלמידים הציעו שתי הצעות שונות כיצד להגדיל את המתח המרבי.

ד. ההצעה הראשונה הייתה להחליף את הטבעת בסליל בעל אותו רדיוס a ובאותו מקום, עם

$N_{\text{סליל}}$ כריכות, בלי לבצע שינויים נוספים.

מצאו את מספר הכריכות $N_{\text{סליל}}$ (מספר שלם) שבעבורו המתח המרבי יהיה שווה בקירוב

לערך הרשום על הנורה.

(8 נקודות)

ה. ההצעה השנייה הייתה להשאיר טבעת אחת, ולהחליף את הסילונית בסילונית ארוכה אחרת

בעלת אותה צפיפות ליפופים $\frac{N}{L}$ אך עם רדיוס r גדול בהרבה (הטבעת נשארת באמצע

הסילונית, ממורכזת על הציר), בלי לבצע שינויים נוספים.

התלמידים טענו שעבור רדיוס סילונית גדול מספיק, המתח על הנורה יתאים לערך הרשום

עליה.

הסבירו מדוע טענה זו אינה נכונה.

(5 1/3 נקודות)

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