

סוג הבחינה: מבחן מתכונת
מבחן: מתכונת 7
מספר השאלון: 036371
שם התלמיד/ה: _____

פיזיקה

חשמל ומגנטיות - 5 יחידות לימוד

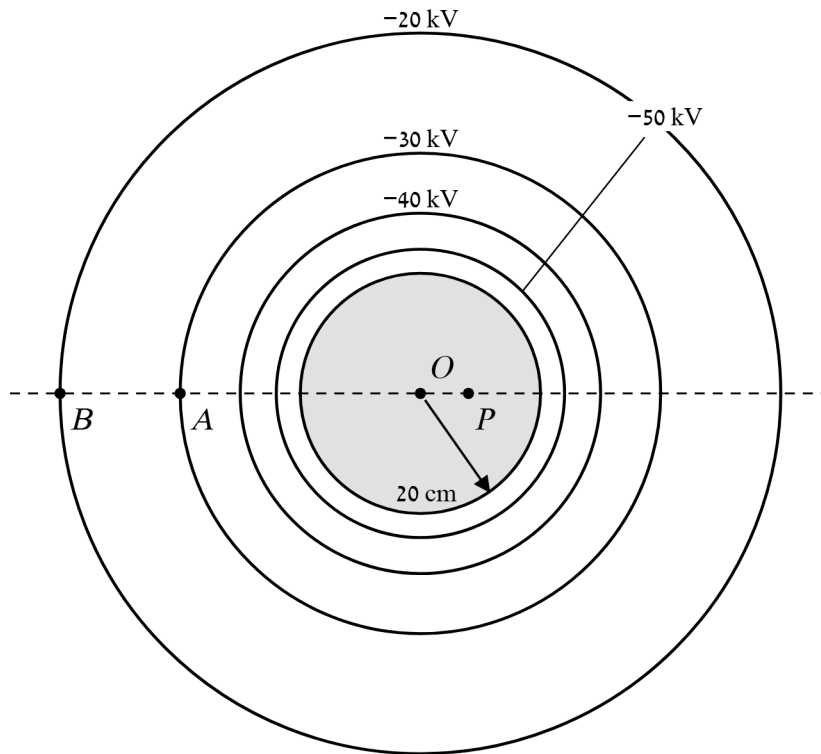
הוראות

- 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. כיפת המתכת של מחולל ואן דה גראף היא כדור מוליך חלול שרדיוסו $R = 20 \text{ cm}$. הכיפה טעונה במטען שלילי Q , והפוטנציאל על פניה הוא $-60,000 \text{ V}$. הפוטנציאל באינסוף נבחר להיות אפס. בתרשים שלפניכם מוצגים הכיפה וכמה קווים שווי פוטנציאל, ועל כל אחד מהם רשום ערך הפוטנציאל המתאים לו.
- בשאלה כולה יש להניח כי השפעת כוח הכבידה זניחה, כי המטען מפולג על פני הכיפה באופן אחיד, וכי ההשפעה של גוף המחולל ושל האוויר זניחה.



הנקודה O היא מרכז הכיפה, הנקודה P נמצאת במרחק 8 cm מימין למרכז הכיפה, הנקודה A נמצאת על הקו שערכו $-30,000 \text{ V}$, והנקודה B נמצאת על הקו שערכו $-20,000 \text{ V}$ (ראו תרשים).

- א. חשבו את המרחק AO . (9 נקודות)
- ב. חשבו את השדה החשמלי בנקודה A (גודל וכיוון). (7 נקודות)
- ג. (1) מהו גודל השדה החשמלי בנקודה P ?
 (2) מהו הפוטנציאל בנקודה P ? (5 נקודות)

גוף קטן 1 שמסתו m_1 ומטענו q_1 מוחזק במנוחה בנקודה A . מעניקים לגוף מהירות שגודלה $v = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ וכיוונה שמאלה.

במהלך התנועה של גוף 1 שמאלה הוא חולף בנקודה B .

נתון: $q_1 = +2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, $m_1 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$.

ד. חשבו את גודל המהירות של גוף 1 בנקודה B .

(8 נקודות)

גוף קטן 2 שמסתו m_2 ומטענו q_2 מוחזק במנוחה בנקודה A . מעניקים גם לגוף 2 מהירות שגודלה $v = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ אך הפעם כיוונה ימינה. במהלך התנועה של גוף 2 ימינה הוא חולף בנקודה

C (שאינה מסומנת בתרשים) במהירות שגודלה שווה לגודל המהירות שחישבתם בסעיף ד.

נתון: $q_2 = -q_1$, $m_2 = m_1$.

ה. קבעו אם המרחק AC שווה למרחק AB , קטן ממנו או גדול ממנו. נמקו את קביעתכם.

(4 $\frac{1}{3}$ נקודות)

2. כדור קטן B_1 מותקן על עגלה קלה של מסילת אוויר אופקית, ועגלה זו מוחזקת כך שמרכז הכדור

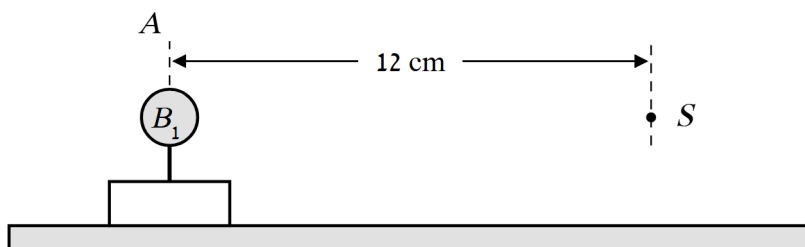
נמצא בנקודה A . העגלה יכולה לנוע לאורך המסילה ללא חיכוך. המסה הכוללת של הכדור

והעגלה היא m_1 , ומטען הכדור q_1 .

חיישן מודד את הפוטנציאל החשמלי בנקודה S , הנמצאת על הקו שלאורכו נע מרכז הכדור,

במרחק 12 cm מהנקודה A (ראו תרשים 1). הוריית החיישן: $V_S = +1500 \text{ V}$.

אין מטענים נוספים בסביבה, והכדור נחשב למטען נקודתי.



מסילת אוויר

תרשים 1

א. חשבו את גודל המטען q_1 וקבעו את סימנו.

(6 נקודות)

ב. חשבו את גודל השדה החשמלי שהמטען q_1 יוצר בנקודה S , וקבעו את כיוונו.

(5 נקודות)

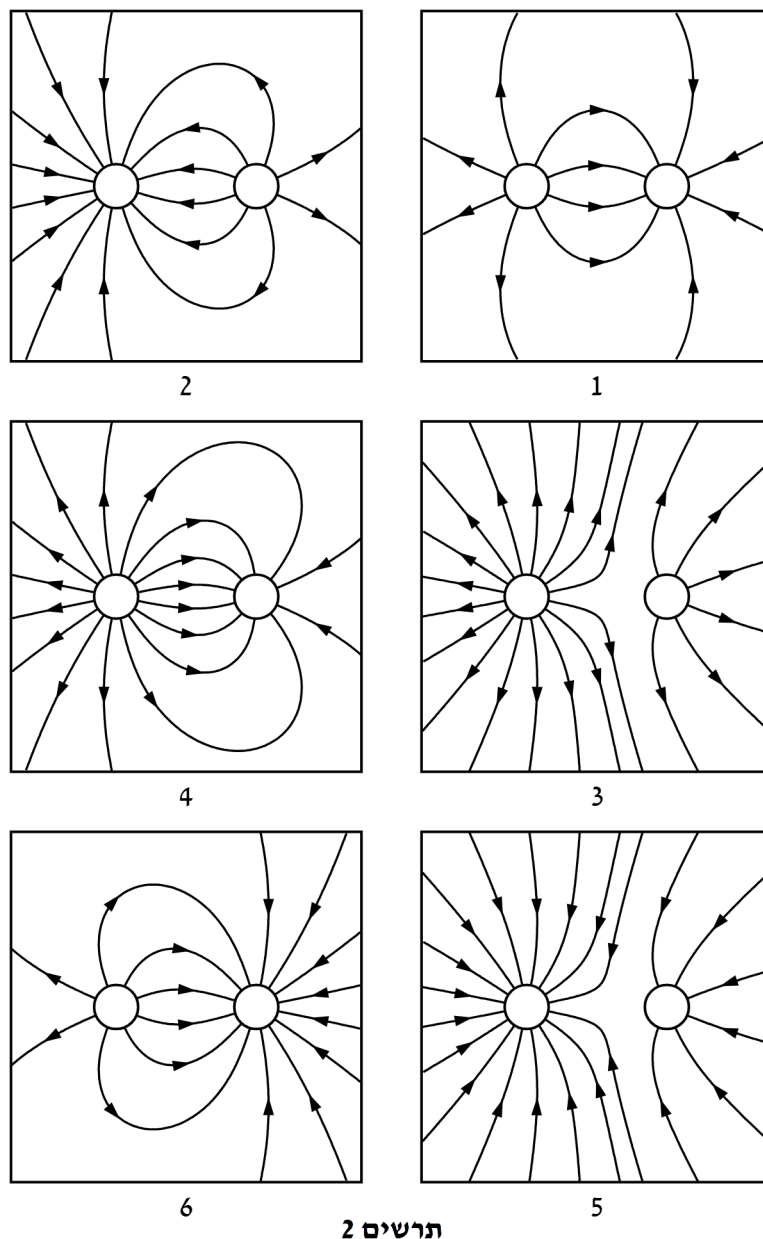
עגלה שנייה, שעליה מותקן כדור קטן B_2 , מובאת מן האין-סוף לאורך המסילה אל הנקודה S ומוחזקת בה (מרכז הכדור B_2 בנקודה S).

נתון: המטען של B_2 הוא $q_2 = -\frac{q_1}{2}$, והמסה הכוללת של B_2 ועגלתו היא $m_2 = \frac{m_1}{3}$.

ג. חשבו את העבודה שהושקעה בהבאת הכדור B_2 מן האין-סוף אל הנקודה S (הכדור הובא באיטיות, והעגלה B_1 מוחזקת במקומה).

(7 נקודות)

בתרשים 2 שלפניכם מוצגים שישה איורים המתארים קווי שדה חשמלי שקול שנוצר על ידי שני כדורים טעונים.



תרשים 2

ד. קבעו איזה מן האיורים 1-6 מתאר נכונה את השדה השקול שנוצר על ידי שני הכדורים, כאשר הכדור השמאלי הוא B_1 והכדור הימני הוא B_2 . נמקו את קביעתכם.

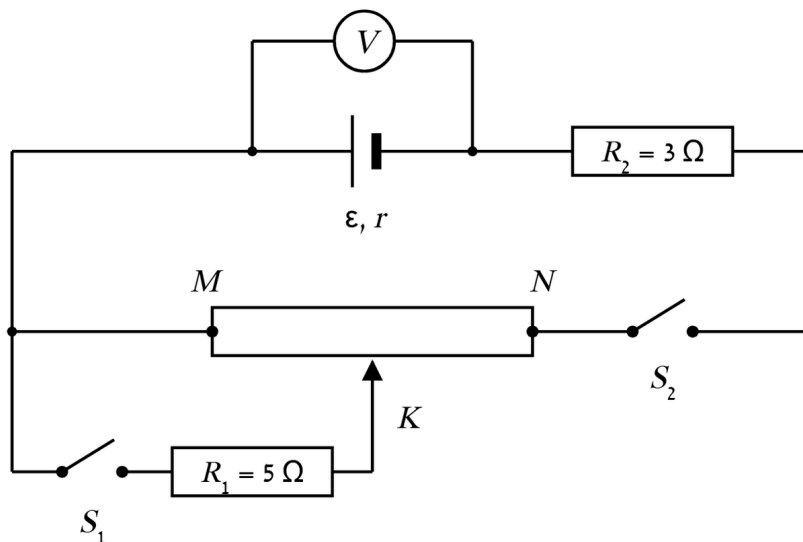
(7 נקודות)

משחררים את שתי העגלות בזמנית ממנוחה, והן מתחילות לנוע לאורך המסילה. ברגע מסוים (לפני שהעגלות נפגשות) הכדור B_1 חולף בנקודה D , והכדור B_2 חולף בנקודה H . הנקודות D ו- H אינן מסומנות בתרשים.

ה. קבעו אם גודל הכוח החשמלי הפועל על הכדור B_1 בנקודה D קטן מגודל הכוח החשמלי הפועל על הכדור B_2 בנקודה H , גדול ממנו או שווה לו. נמקו את קביעתכם. (5 נקודות)

ו. קבעו אם גודל המהירות של B_1 בנקודה D קטן מגודל המהירות של B_2 בנקודה H , גדול ממנו או שווה לו. אין צורך לנמק. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

3. בתרשים שלפניכם מתואר מעגל חשמלי ובו מקור מתח שהכא"מ שלו $\varepsilon = 12\text{ V}$ והתנגדות הפנימית $r = 1\ \Omega$, נגד משתנה MN שהתנגדותו המרבית $20\ \Omega$ (הגרר K שלו מסומנת K), נגדים קבועים $R_1 = 5\ \Omega$ ו- $R_2 = 3\ \Omega$, שני מפסקים S_1 ו- S_2 , וולטמטר אידיאלי ותילים מוליכים אידיאליים. ההתנגדות של הנגד המשתנה מתחלקת באופן אחיד לאורכו.



סוגרים את מפסק S_2 (מפסק S_1 נשאר פתוח) ומציבים את הגרר K באמצע הנגד המשתנה. א. חשבו את המתח בין קצות המפסק S_1 . (7 נקודות)

מזיזים את הגרר K מאמצע הנגד המשתנה אל הקצה M (המפסקים נשארים במצבם). ב. האם במהלך הזזת הגרר הוריית הוולטמטר גדלה, קטנה או אינה משתנה? נמקו את תשובתכם. (6 נקודות)

הגררה נמצאת כעת בקצה M ; מפסק S_1 פתוח ומפסק S_2 סגור.

ג. מהו המתח בין קצות המפסק S_1 כעת? נמקו את תשובתכם.

(5 נקודות)

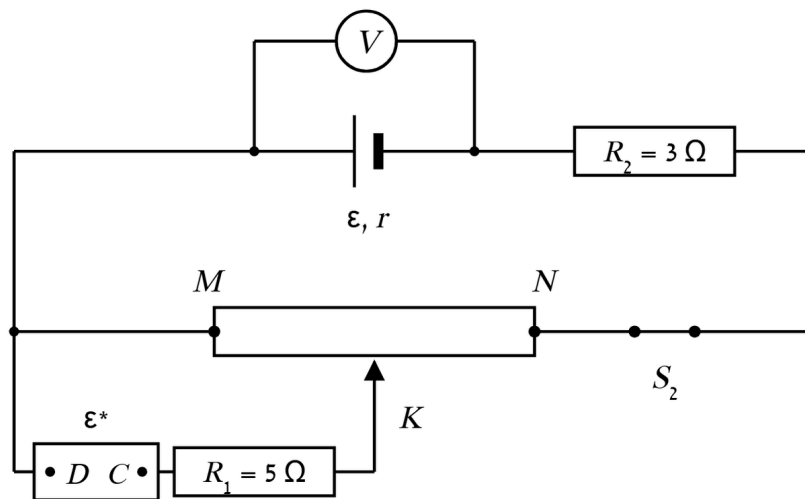
סוגרים את מפסק S_1 (מפסק S_2 נשאר סגור), ומזיזים את הגררה מהקצה M אל הקצה N .

ד. האם במהלך הזזת הגררה הוריית הוולטמטר גדלה, קטנה או אינה משתנה? נמקו את

תשובתכם.

(5 נקודות)

לבסוף מחליפים את מפסק S_1 במקור מתח אידיאלי שהכא"מ שלו $\mathcal{E}^*$ (ההדקים שלו מסומנים C ו- D), משאירים את מפסק S_2 סגור ומחזירים את הגררה K לאמצע הנגד המשתנה (ראו תרשים).



נתון כי בנגד R_2 לא זורם זרם.

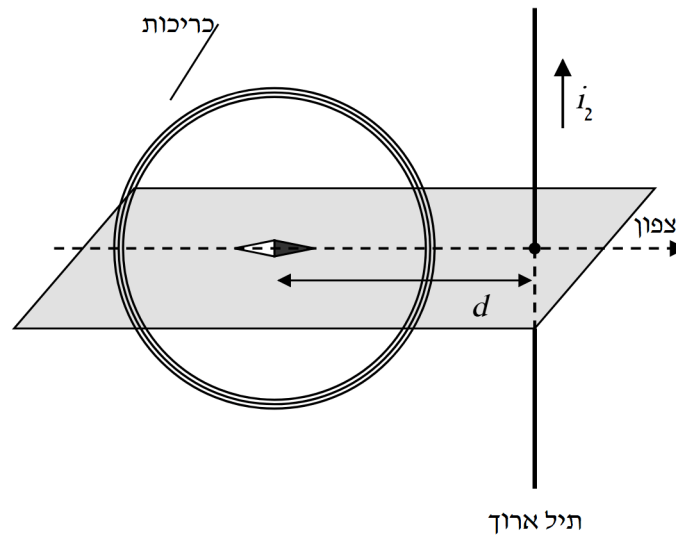
ה. האם ההדק החיובי של המקור $\mathcal{E}^*$ חובר לנקודה C או לנקודה D ? נמקו את תשובתכם.

(4⅓ נקודות)

ו. חשבו את $\mathcal{E}^*$.

(6 נקודות)

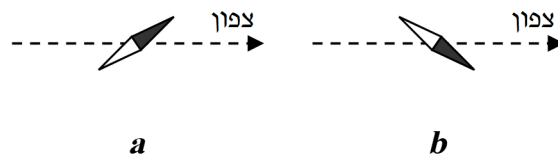
4. מצפן מונח במרכז לוח אופקי. סביב המצפן מערכת של כריכות מעגליות מאונכות ללוח, שמישורן בכיוון צפון-דרום והמצפן נמצא במרכזן. נתוני הכריכות: רדיוס $R = 0.10\text{ m}$, מספר כריכות $N = 5$. הזרם בכריכות, i_1 , ניתן לשינוי בגודלו ובמגמתו. הכיוון החיובי של i_1 נבחר כך שזרם חיובי יוצר במרכז הכריכות שדה מגנטי שכיוונו מזרח.
- תיל ישר ארוך ואנכי חודר את הלוח בנקודה שנמצאת צפונית למצפן, במרחק $d = 0.12\text{ m}$ ממנו (מחוץ לכריכות). בתיל זרם קבוע i_2 שמגמתו כלפי מעלה (ראו תרשים 1).



תרשים 1

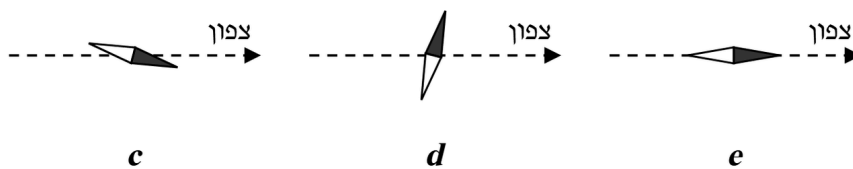
א. (1) במקרה ראשון, בכריכות לא זורם זרם, ובתיל זורם הזרם i_2 .

קבעו איזה מן האיורים (a או b) מתאר במבט-על את כיוון סטיית המצפן (הקצה הכהה - הקצה הצפוני של המחט). באיורים שבמבט-על (מבט מלמעלה) הצפון מימין, ולכן המזרח בצד התחתון של האיור והמערב בצד העליון. נמקו את קביעתכם.



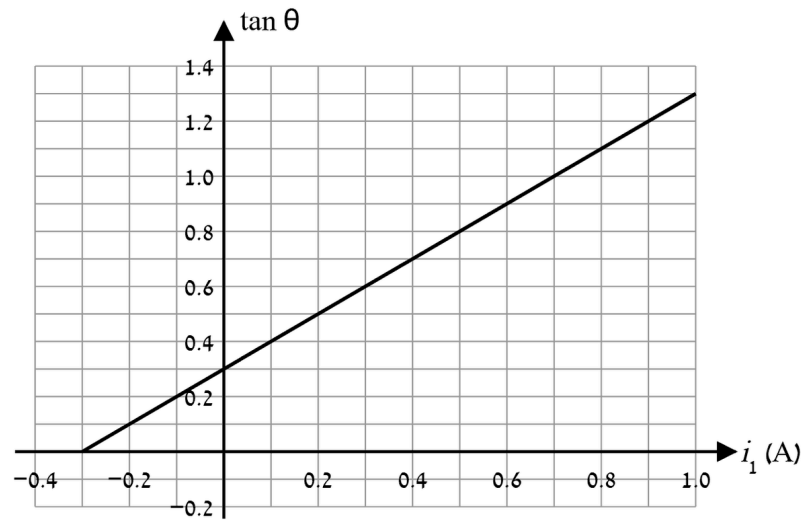
(2) במקרה שני, נוסף על הזרם בתיל, עובר בכריכות זרם $i_1 = -i_2$ (זרם שגודלו שווה לגודל הזרם בתיל, במגמה השלילית).

קבעו איזה מן האיורים (c , d , e) מתאר במבט-על את כיוון סטיית המצפן במקרה זה. נמקו את קביעתכם.



(6 נקודות)

תלמידים שינו כמה פעמים את הזרם i_1 ומדדו בכל פעם את זווית סטיית המצפן מן הצפון, θ (חיובית לכיוון מזרח). הם סרטטו גרף של $\tan \theta$ כתלות בזרם i_1 . קו המגמה של גרף זה מתואר בתרשים 2.



תרשים 2

ב. (1) הראו כי עבור נקודת החיתוך של קו המגמה עם הציר האופקי מתקיים הקשר:

$$\frac{|i_1|}{i_2} = \frac{R}{\pi N d}$$

(2) חשבו את גודל הזרם i_2 .

(6 נקודות)

ג. היעזרו בגרף שבתרשים 2 וחשבו את גודל הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ, $B_{E\parallel}$, באזור ביצוע הניסוי.

(8 נקודות)

מעבירים את התיל (עם אותו זרם i_2 כלפי מעלה) לנקודה שנמצאת מערבית למצפן, באותו מרחק $d = 0.12 \text{ m}$. הכריכות נותרו ללא שינוי.

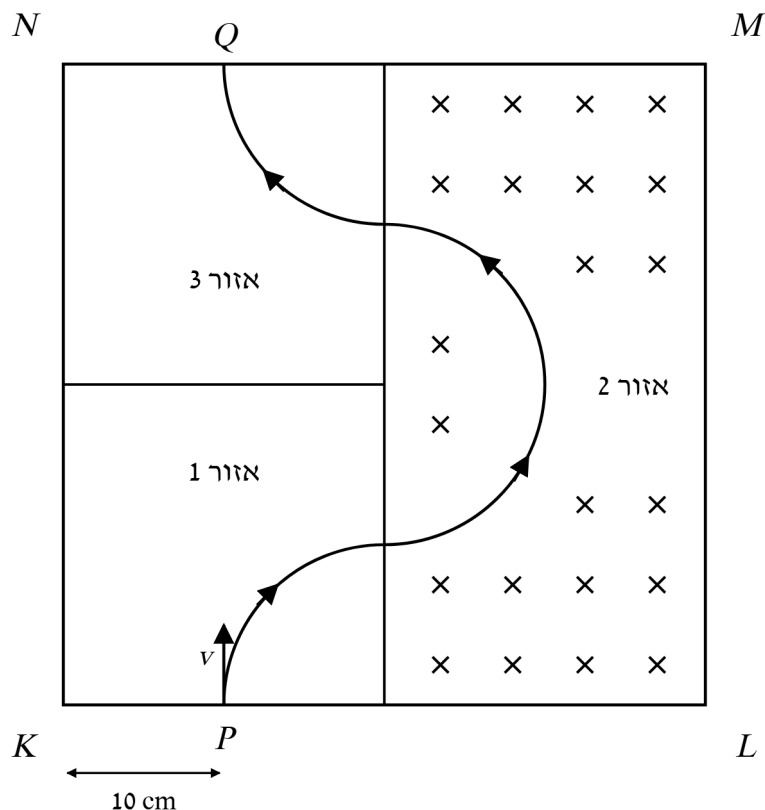
ד. סרטטו את תרשים השדות המגנטיים הפועלים על מחט המצפן במצב זה, וסמנו בתרשים את זווית סטיית מחט המצפן מן הצפון.

(5⅓ נקודות)

ה. משנים את הזרם i_1 כך שטנגנס זווית סטיית המחט שווה ל-1.4. חשבו את גודל הזרם i_1 במצב זה.

(8 נקודות)

5. ריבוע $KLMN$ שאורך צלעו 40 cm מחולק לשלושה אזורים (ראו תרשים): אזור 2 הוא המלבן הימני ($20\text{ cm} \times 40\text{ cm}$), ואזורים 1 ו-3 הם הריבועים השמאליים ($20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ כל אחד). בכל אזור שורר שדה מגנטי אחיד שגודלו $B = 0.4\text{ T}$ וכיוונו ניצב למישור הריבוע. באזור 2 השדה מכיוון "לתוך הדף".
- חלקיק א טעון חודר לתחום הריבוע בנקודה P שעל הצלע KL , שמרחקה מהקודקוד K הוא 10 cm , במהירות שכיוונה ניצב ל- KL ולכיוון השדה המגנטי, וגודלה $v = 1.92 \cdot 10^6\text{ m/s}$. מסת החלקיק $3.34 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$. מסלול החלקיק מתואר בתרשים; החלקיק יוצא מהריבוע בנקודה Q שעל הצלע NM .



- א. האם המטען החשמלי של חלקיק א הוא חיובי או שלילי? נמקו. (5 נקודות)
- ב. מה הם כיווני השדות המגנטיים באזורים 1 ו-3? (כתבו $\times$ אם כיוון השדה "לתוך הדף", וכתבו $\bullet$ אם כיוון השדה "יוצא מהדף"). נמקו. (6 נקודות)
- ג. חשבו את המטען של חלקיק א. (5 נקודות)

ד. האם לאורך מסלול התנועה של חלקיק א מן הנקודה P לנקודה Q וקטור המהירות של החלקיק משתנה:

(1) בכיוונו? נמקו.

(2) בגודלו? נמקו.

(8 נקודות)

ה. חשבו את משך הזמן שבו חלקיק א נע מן הנקודה P לנקודה Q .
(5 נקודות)

ו. בנקודה Q משגרים אל תוך אזור 3, בזה אחר זה, שני חלקיקים ב- v , באותו גודל מהירות ($v = 1.92 \cdot 10^6 \text{ m/s}$), במאונך ל- NM ולשדה המגנטי שבאזור 3.

לשני החלקיקים ב- v מסות זהות למסה של חלקיק א. לחלקיק ב יש מטען זהה למטען של חלקיק א, ולחלקיק ג יש מטען מנוגד למטען של חלקיק א.

איזה משני החלקיקים - ב או ג - ינוע לאורך מסלול התנועה של חלקיק א? נמקו.

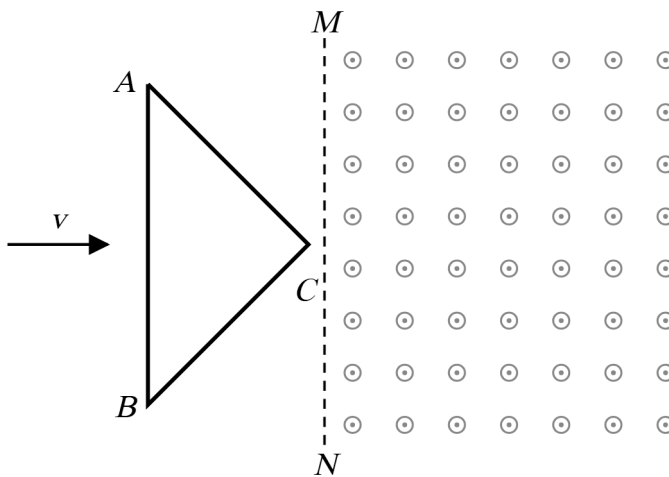
(הניחו כי אין אינטראקציה בין החלקיקים במהלך תנועתם בשדות המגנטיים.)

(4 $\frac{1}{3}$ נקודות)

6. בתרשים שלפניכם מוצגת מסגרת משולשת ABC , העשויה תיל מוליך ואחיד שהתנגדותו הכוללת

היא R . המשולש שווה-שוקיים וישר-זווית: הזווית בקודקוד C היא 90° .

מושכים את המסגרת ימינה במהירות קבועה שגודלה v , בכיוון המאונך לצלע AB , כמתואר בתרשים.



מימין לקו הישר MN יש שדה מגנטי אחיד שגודלו B וכיוונו אל מחוץ לדף (ראו תרשים). אזור השדה רחב מאוד. הצלע AB מקבילה לקו MN .

ברגע $t_0 = 0$ הקודקוד C של המסגרת מגיע לקו MN , וברגע $t = T$ הצלע AB מגיעה לקו MN .

t הוא רגע כלשהו בין הרגע t_0 לרגע T .

א. (1) מדוע זורם בתיל זרם ברגע t ?

(2) האם כיוון הזרם בתיל ברגע t הוא בכיוון התנועה של מחוגי השעון או בכיוון המנוגד

לכיוון התנועה של מחוגי השעון? נמקו.

(8 נקודות)

ב. בתת-סעיפים (1)-(2) שלפניכם בטאו את הגדלים ברגע t ($t < T$) באמצעות B , v ו- t .

(1) השטף המגנטי דרך המשולש התחום על ידי המסגרת.

(2) הכא"מ המושרה בתיל.

(12 נקודות)

ג. האם בפרק הזמן שבין t_0 ל- T עוצמת הזרם במסגרת היא קבועה? נמקו.

($5\frac{1}{3}$ נקודות)

לאחר הרגע T , המסגרת ממשיכה לנוע בתוך השדה המגנטי.

ד. (1) סרטטו גרף איכותי (ללא מספרים) המתאר את השטף המגנטי דרך המשולש התחום על ידי המסגרת כפונקציה של הזמן, מן הרגע t_0 ועד הרגע $2T$.

(2) סרטטו גרף איכותי (ללא מספרים) המתאר את הכא"מ המושרה בתיל כפונקציה של הזמן, מן הרגע t_0 ועד הרגע $2T$.

(8 נקודות)

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