

פתרון הבחינה בפיזיקה – חשמל

קיץ תשפ"ב, 2022, שאלון: 36371

מוגש ע"י צוות מורי הפיזיקה של "יואל גבע"

הערות:

1. התשובות המוצגות כאן הן בגדר הצעה לפתרון השאלון.
2. תיתכנה תשובות נוספות, שאינן מוזכרות כאן, לחלק מהשאלות.

הנבחים נדרשו לענות על שלוש מהשאלות 1-6

שאלה מספר 1:

סעיף א'

$$E(x) = k \cdot \frac{Q}{x^2} + 2\pi k \sigma$$

$$= k \cdot \frac{Q}{x^2} + \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

סעיף ב. (1)

דרך I: מהגרף, ניתן לזהות גבול של ערך השדה עבור ערכי x גדולים.

$$2\pi k \sigma = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \lim_{x \rightarrow \infty} E(x) = 1696 \frac{V}{m}$$

ומכאן נקבל: $\sigma = 30 \cdot 10^{-9} \frac{C}{m^2}$

דרך II: נפתור את שני תתי הסעיף בו-זמנית על ידי פתרון מערכת שתי משוואות בשני נעלמים המתקבלת מתוך הצבה שתי הנקודות שעל הגרף הנתון: $(4, 1810)$, $(80, 1696)$ בביטוי לעוצמת השדה שפיתחנו בסעיף א'.

סעיף ב. (2)

גודל המטען הנקודתי הוא: $Q = 203nC$

למידע על פסיכומטרי
ביואל גבע ←

הזדמנות לעתודה יש פעם בחיים.
אל תתפשר עליה.



סעיף ג'

היגד 1 הוא הנכון.

נימוק: במרחק גדול מן המערכת, עוצמת השדה החשמלי שמקורו במטען הנקודתי דועכת לאפס ועוצמת השדה שמקורו בלוח האינסופי נותרת קבועה. מכאן שגודל השדה החשמלי השקול לאורך ציר x שואף לערך קבוע, הכוח החשמלי הפועל על החלקיק שואף לערך קבוע, ולפי חוק II של ניוטון גודל התאוצה ישאף להיות קבוע. על כן תנועת החלקיק תהיה תנועה שוות תאוצה בקירוב.

סעיף ד'

נפריד בין המערכות ונחשב תחילה את הפרש הפוטנציאל שמקורו במטען הנקודתי.

$$V_{d,2d} = k \frac{Q}{d} - k \frac{Q}{2d} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{203 \cdot 10^{-9}}{4} - 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{203 \cdot 10^{-9}}{8} = 228.4V$$

את הפרש הפוטנציאל שמקורו בלוח האינסופי נחשב לפי הנוסחה: $\Delta V = -E \cdot \Delta x$.

נקבל שהפוטנציאל בנקודה שבה $x = d$ גבוה ב- $2\pi k \sigma d = 6785.8V$ מהפוטנציאל בנקודה $x = 2d$.

סכום הפרשים מסתכם בתוצאה: $V_{d,2d} = 7014.2V$.

סעיף ה'

הפרש הפוטנציאלים לא משתנה.

נימוק: השדה של הלוח האינסופי הוא שדה אחיד ואינו תלוי במרחק מהלוח.

לכן עבודת השדה בהעברת מטען לאורך העתק זהה היא קבועה ללא תלות במיקומו של הלוח.



שאלה מספר 2:

סעיף א'

ההיגדים הנכונים הם:

1. הערך של מתח ההדקים תלוי בהתנגדות הפנימית של הסוללה.

4. ערך הכא"מ אינו תלוי בזרם.

5. $\frac{J}{C}$ היא יחידה המבטאת כא"מ.

סעיף ב'

$$r = 2\Omega, \quad \varepsilon = 21V$$

סעיף ג'

המרחק PN הוא 20cm (אורכו של החלק PM שהינו חלק במעגל דרכו זרם זרם הוא: 10cm).

סעיף ד'

מתח ההדקים קטן מ-18V.

נימוק: מתח ההדקים לפני השינוי הוא 18V. ההתנגדות השקולה במעגל קטנה, לכן הזרם הכולל גדל. מנוסחת מתח ההדקים נקבל כי מתח ההדקים קטן.

סעיף ה.(1)

לא.

נימוק: ניתן למדוד מתח הדקים שערכו כערך הכא"מ ε רק כאשר לא זרם זרם דרך מקור המתח. במעגל המתואר בתרשים 2 מצב זה אינו אפשרי.

סעיף ה.(2)

כן.

נימוק: ניתן למדוד מתח הדקים שערכו 0 כאשר יש קצר בין הדקי הסוללה. מצב זה יתקבל כאשר נזיז את המגע הנייד P אל הנקודה M.



שאלה מספר 3:

סעיף א'

$$I_2 = 2A \quad , \quad I_1 = \frac{2}{3}A$$

סעיף ב'

$$R_1 = R_2 = 0.5\Omega$$

סעיף ג'

במעגל 2 ההספק המושקע על ידי מקור המתח גדול פי 3.

נימוק: ההספק המושקע על ידי מקור המתח מוגדר על ידי: $P = \varepsilon I$, ולכן ההספק במעגל 2 גדול יותר כי הזרם העובר בו גדול פי 3.

סעיף ד'

ההספק המבוזבז בתוך מקור המתח גדול במעגל 2 פי 9.

נימוק: ההספק המבוזבז מוגדר על ידי $P = I^2 R$ ולכן ההספק המבוזבז במעגל 2 גדול פי 9 מההספק המבוזבז במעגל 1 כי הזרם העובר בו גדול פי 3.

סעיף ה'

טענת התלמיד שגוייה.

נימוק: הנצילות במעגל זה שווה ליחס בין מתח ההדקים לבין הכא"מ (השווה ליחס בין ההספק המנוצל לבין ההספק המושקע).

מכאן קל לראות כי ככל שמתח ההדקים גדול יותר, והזרם הכולל נמוך יותר, הנצילות גבוהה יותר. המעגל שבו ההספק של הנגד המשתנה גדול יותר הוא המעגל שבו הזרם הכולל גדול יותר ולכן הנצילות בו נמוכה יותר.

סעיף ו'

במעגל 1 הנצילות גבוהה יותר.

נימוק: הנצילות במעגל זה שווה ליחס בין מתח ההדקים לבין הכא"מ. מתח ההדקים במעגל 1 גבוה יותר כי הזרם הכולל בו קטן יותר.



שאלה מספר 4
סעיף א. (1)

תנועת החלקיק בשני חצאי העיגול היא מעגלית (בקירוב), מכיוון שכיוון הכוח המגנטי מאונך לכיוון המהירות על פי כלל יד ימין (תנועה מעגלית קצובה היא תנועה בהשפעת כוח שגודלו קבוע המאונך למהירות).

נסביר מדוע רדיוס הסיבוב הולך וגדל:

$$\text{לפי חוק II של ניוטון } qvB = m \frac{v^2}{R} \text{ ולכן נקבל: } R = \frac{mv}{qB}$$

רדיוס הסיבוב הולך וגדל כי הוא תלוי ביחס ישר במהירות, ומהירות הפרוטון גדלה בכל פעם שהוא עובר בשדה החשמלי.

סעיף א. (2)

הפרוטון נע נגד כיוון השעון על פי כלל יד ימין.

סעיף ב'

$$\text{אם נציב } v = \frac{2\pi R}{T} \text{ בקשר האחרון לעיל נקבל: } T = \frac{2\pi m}{qB}$$

$$\text{מכאן שזמן התנועה של הפרוטון בחצי עיגול הוא: } t = \frac{1}{2} T = \frac{\pi m}{eB}$$

מהתבוננות בביטוי הנ"ל קל לראות כי זמן התנועה אינו תלוי במהירות הפרוטון אלא רק בגדלים קבועים ולכן זמן התנועה בשני חצאי העיגול זהה.

סעיף ג'

$$\text{לפי הגרף, מחצית זמן המחזור: } \frac{1}{2} T = 7 \text{ ns. נציב זאת בביטוי מסעיף ב' ונבודד את } B.$$

$$\text{לפיכך } B = 4.68 \text{ T}$$

סעיף ד'

לפי הגרף, משך הזמן ששוהה הפרוטון בשדה החשמלי הוא 3 ns והשינוי במהירותו:

$$0.4 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

נציב בחוק II של ניוטון את הביטוי לגודל הכוח החשמלי ונקבל את הביטוי לתאוצה הקבועה:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0.4 \cdot 10^5}{3 \cdot 10^{-9}} = 1.33 \cdot 10^{13} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{המשוואה המתקבלת: } eE = ma \text{ ומכאן נבודד את } E. \text{ נקבל: } E = 139.2 \cdot 10^3 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

למידע על פסיכומטרי
 ביואל גבע ←

הזדמנות לעתודה יש פעם בחיים.
אל תתפשר עליה.



סעיף ה'

$$F_1 < F_2$$

נימוק: הביטוי לכוח המגנטי הפועל על הפרוטון בתנועתו בשדה המגנטי הוא $F = evB$.
בכניסתו בפעם הבאה של הפרוטון לשדה המגנטי, מהירותו תהיה גדולה מבפעם הקודמת עקב
תאוצתו בשדה החשמלי. לפיכך ולפי הביטוי הנ"ל $F_1 < F_2$.

למידע על פסיכומטרי
ביזאל גבע ←

**הזדמנות לעתודה יש פעם בחיים.
אל תתפשר עליה.**



שאלה מספר 5

סעיף א'

כיוון השדה המגנטי שנוצר בתוך הסילוניית הוא משמאל לימין, על פי כלל הבורג.

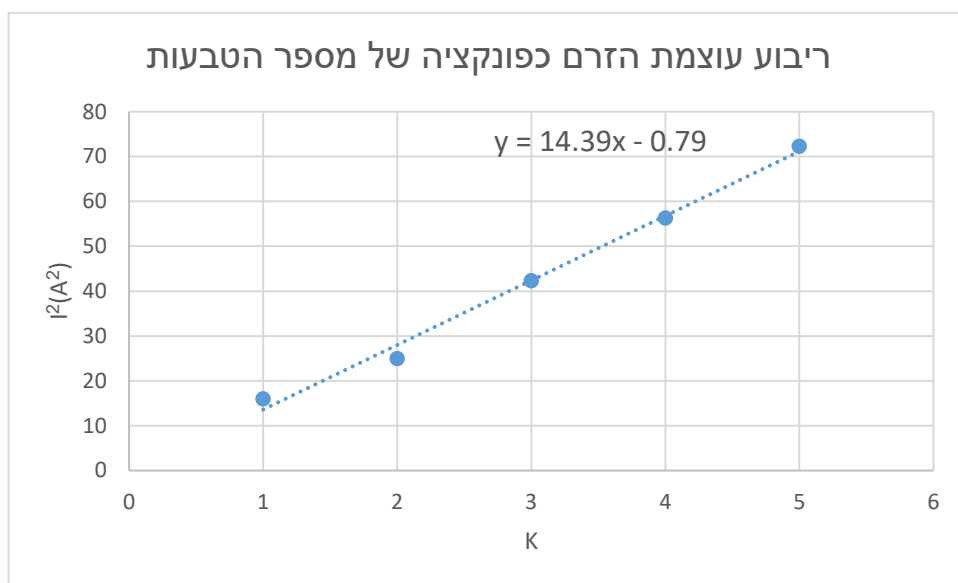
סעיף ב'

$$F_B = BI \cdot l_{ab} = \mu_0 \cdot \frac{N}{L} \cdot I^2 \cdot l_{ab}$$

סעיף ג'

$$I^2 = \frac{m_0 g}{\mu_0 \cdot \frac{N}{L} \cdot l_{ab}} \cdot k = \frac{m_0 g \cdot L}{\mu_0 \cdot N \cdot l_{ab}} \cdot k$$

סעיף ד(1)+(2)



סעיף ה'

נציב את ערך השיפוע עבור הישר שהתקבל בסעיף ד' ונשווה אותו למקדם של K בביטוי שהתקבל

בסעיף ג'. נקבל: $m_0 = 5.06 \cdot 10^{-4} \text{ kg} = 0.506 \text{ g}$

סעיף ו'

כן, כי ברגע שנחליף את כיוון הזרם אזי גם כיוון הזרם בתיל ab יתחלף וגם כיוון השדה המגנטי בתוך הסילוניית יתחלף, וכתוצאה מכך הכוח המגנטי יישאר כלפי מטה.



שאלה מספר 6:
סעיף א'

כיוון השדה המגנטי המושרה הוא החוצה מן הדף.
 נימוק: נתון כי הזרם המושרה בתיל הוא נגד כיוון השעון. מכלל הבורג נקבל שהשדה המושרה הוא החוצה מן הדף.

סעיף ב'

כיוון השדה המגנטי האחיד הוא פנימה לתוך הדף.
 נימוק: הגרף הנתון בשאלה מצביע על כך שהשדה המגנטי האחיד גדל בפרק זמן זה, ולכן גם השטף המגנטי גדל. מאחר והשדה המגנטי המושרה הוא החוצה מן הדף, ועל פי חוק לנץ השדה המושרה מתנגד לסיבת היווצרותו, אזי כיוון השדה המגנטי האחיד הוא פנימה אל תוך הדף.

סעיף ג'

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{1}{1.2} = \frac{5}{6} \text{ A} \quad (1)$$

$$| \varepsilon | = A \cdot \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| = 10^{-2} \cdot 100 = 1 \text{ V} \quad \text{את הכא"מ מצאנו על פי (שטח המסגרת } A = 10^{-2} \text{ m}^2 \text{)}$$

(2) הזרם שווה ל-0, מכיוון שאין שינוי בעוצמת השדה המגנטי, ולכן גם אין שינוי בשטף המגנטי, בפרק זמן זה.

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0.333}{1.2} = 0.278 \text{ A} \quad (3)$$

$$| \varepsilon | = A \cdot \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| = 10^{-2} \cdot 33.33 = \frac{1}{3} \text{ V} \quad \text{את הכא"מ מצאנו על פי}$$

סעיף ד'

$$P = I^2 \cdot R = 9.27 \cdot 10^{-2} \text{ Watt}$$

סעיף ה'

עוצמת הזרם משתנה.

נימוק: פונקציית שטח המסגרת שבתוך השדה המגנטי היא בתלות של t^2 , ולכן קצב שינוי השטף תלוי ב- t .

סעיף ו'

הטענה שגויה.

נימוק: גודל הכא"מ המושרה שווה לקצב שינוי השטף המגנטי. השטף המגנטי בשני התרשימים זהה כי הוא תלוי בשטח המסגרת שבה עובר השדה. בשני התרשימים שטח זה הוא זהה ולכן השטף המגנטי, וכתוצאה מכך גם קצב שינוי השטף המגנטי, זהה.

