

פתרון בחינת הבגרות בחשמל - 2022

שאלון: 036371

נכונה.

(3) טענה זו לא נכונה, וזאת בגלל שעוצמת השדה החשמלי הנוצר מהלוח אינה תלויה במרחק מהלוח.

(4) טענה זו לא נכונה.

ד. הפרש הפוטנציאלים בין $x=d$ ו- $x=2d$ מורכב מהפרש הפוטנציאלים הנוצר מהלוח ומהפרש הפוטנציאלים הנוצר מהמטען הנקודתי:

$$V_{d,2d} = (V_{d,2d})_{\sigma} + (V_{d,2d})_Q$$

הפרש הפוטנציאלים הנוצר מהמטען הנקודתי הוא:

$$(V_{d,2d})_Q = \frac{kQ}{d} - \frac{kQ}{2d} = \frac{kQ}{2d}$$

הפרש הפוטנציאלים הנוצר מהלוח הוא:

$$(V_{d,2d})_{\sigma} = -Ex_{12} = -2\pi k\sigma(d-2d) = -1696(-d) = 1696d$$

לכן נקבל:

$$V_{d,2d} = 1696d + \frac{kQ}{2d} = 1696(4) + \frac{9 \times 10^9 (2.026 \times 10^{-7})}{8} = 7012 \text{ V}$$

ה. הפרש הפוטנציאלים במקרה זה לא משתנה וזאת בגלל שמיקום המטען Q לא השתנה, ובנוסף, הפרש הפוטנציאלים, הנוצר בהשפעת הלוח, בין אותן שתי נקודות זהה ללא תלות במיקום הלוח על ציר ה- x .

פתרון שאלה מספר 2

א.

1. טענה זו נכונה וזאת על סמך הקשר

$$V = \varepsilon - rI$$

4. טענה זו נכונה.

5. טענה זו נכונה.

ב. נציב את הנתונים בקשר $V = \varepsilon - rI$ ונקבל:

$$18 = \varepsilon - 1.5r$$

ג.

$$16 = \varepsilon - 2.5r$$

מפתרון שתי משוואות אלה מתקבל: $r = 2\Omega$

פתרון שאלה מספר 1

א. גודלו של השדה החשמלי הנוצר לאורך ציר ה- x בתחום $x > 0$, כתוצאה מהלוח הוא $E_1 = 2\pi k\sigma$ וכיוונו בכיוון החיובי של הציר.

גודלו של השדה החשמלי הנוצר לאורך ציר ה- x בתחום $x > 0$, כתוצאה מהמטען הנקודתי Q הוא $E_2 = kQ/x^2$ וכיוונו בכיוון החיובי של הציר.

לכן השדה החשמלי השקול לאורך ציר ה- x כתוצאה מהלוח ומהמטען הוא:

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

וכיוונו בכיוון החיובי של הציר.

ב.

(1) עבור ערכים גדולים של x השדה החשמלי של המטען הנקודתי שואף לאפס, והשדה החשמלי מורכב במקרה זה רק מהשדה של הלוח ($2\pi k\sigma$). על סמך הגרף, גודלו של השדה החשמלי עבור ערכים גדולים של x הוא 1696 V/m . לכן נקבל:

$$2\pi k\sigma = 1696$$

$$\Rightarrow \sigma = \frac{1696}{2\pi(9 \times 10^9)} = 3 \times 10^{-8} \text{ C/m}^2$$

(2) נציב את σ מתת הסעיף הקודם, ואת הנקודה $(4\text{m}, 1810 \text{ V/m})$ מהגרף בביטוי שהתקבל בסעיף א' ונקבל:

$$2\pi k(3 \times 10^{-8}) + \frac{kQ}{(4)^2} = 1810$$

$$\Rightarrow 1696 + \frac{kQ}{(4)^2} = 1810$$

$$\Rightarrow Q = 2.0266 \times 10^{-7} \text{ C}$$

ג.

(1) טענה זו נכונה, כי במרחק גדול מאוד מהמערכת, השדה החשמלי על ציר ה- x , קבוע. לכן גם הכוח החשמלי המופעל על החלקיק הטעון הוא קבוע. אם הכוח קבוע נקבל, על סמך החוק השני של ניוטון, שתאוצת החלקיק הטעון היא קבועה.

(2) על סמך תת סעיף הקודם טענה זו לא

ב. נחשב קודם את ההתנגדות של כל אחת משלושת הנורות וזאת על סמך חוק אוהם:

$$R_L = \frac{V}{I} = \frac{3}{2/3} = 4.5\Omega$$

במעגל 1 מתקיים:

$$I = \frac{V_1}{R_1 + 3R_L}$$

$$\Rightarrow \frac{2}{3} = \frac{9\frac{1}{3}}{R_1 + 3(4.5)} \Rightarrow R_1 = 0.5\Omega$$

במעגל 2 מתקיים:

$$I = \frac{V_1}{R_2 + \Sigma R_L}$$

$$\Rightarrow 2 = \frac{4}{R_2 + 4.5/3} \Rightarrow R_2 = 0.5\Omega$$

ג. ההספק המושקע על ידי המקור נתון על ידי הקשר $P_\varepsilon = I\varepsilon$. מכיוון שהזרם במעגל 2 גדול מהזרם במעגל 1, נקבל ש- $P_{\varepsilon 2} > P_{\varepsilon 1}$, כך שמתקיים:

$$\frac{P_{\varepsilon 2}}{P_{\varepsilon 1}} = \frac{I_2 \varepsilon}{I_1 \varepsilon} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{2}{2/3} = 3$$

ד. ההספק המבוזז במקור המתח נתון על ידי $P_r = I^2 r$. מכיוון שהזרם במעגל 2 גדול מהזרם במעגל 1, נקבל ש- $P_{r2} > P_{r1}$, כך שמתקיים:

$$\frac{P_{r2}}{P_{r1}} = \frac{rI_2^2}{rI_1^2} = \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2 = \left(\frac{2}{2/3}\right)^2 = 9$$

ה. ההספק המנוצל על ידי המעגל כולו (נורות ונגד משתנה) נתון על ידי: $\Sigma P_{\text{out}} = VI$ כאשר V הוא מתח ההדקים. ההספק המושקע על ידי מקור המתח נתון על ידי: $P_\varepsilon = I\varepsilon$. לכן נצילות המעגל נתונה על ידי:

$$\eta = \frac{VI}{\varepsilon I} = \frac{V}{\varepsilon}$$

לכן:

$$\eta_1 = \frac{V_1}{\varepsilon}$$

ו-

$$\eta_2 = \frac{V_2}{\varepsilon}$$

מכיוון שמתקיים $V_2 < V_1$, נקבל של $\eta_2 < \eta_1$. לכן טענת התלמיד לא נכונה.
ו. על סמך הסעיף הקודם נקבל שניצילות המעגל 1 גדולה יותר.

ו- $\varepsilon = 21V$.

ג. נחשב קודם את התנגדותו של הנגד המשתנה במקרה זה:

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_1 + R_x} \Rightarrow 1.5 = \frac{21}{2 + 4 + R_x}$$

$$\Rightarrow R_x = 8\Omega$$

מהקשר $R = \lambda \ell$ נקבל:

$$\ell_{PM} = \frac{R_x}{\lambda} = \frac{8\Omega}{0.8\Omega/\text{cm}} = 10\text{cm}$$

מאחר ואורך הנגד המשתנה הוא 30cm, נקבל: $\ell_{PN} = 30 - 10 = 20\text{cm}$

ד. בתרשים 1, מתח ההדקים הוא 18V. בתרשים 2, הזרם שעובר במקור המתח גדול מהזרם שעובר במקור המתח בתרשים 1 וזאת בגלל החיבור במקביל של הנגדים, לפי כך נקבל מהקשר $V = \varepsilon - rI$ שמתח ההדקים בתרשים 2 קטן ממתח ההדקים בתרשים 1, כלומר הוא קטן מ-18V.
ה.

(1) מהקשר $V = \varepsilon - rI$, מתקבל שהשוויון $V = \varepsilon$ מתקיים כאשר הזרם דרך מקור המתח מתאפס ($I = 0$). מאחר שבמעגל שבתרשים 2 הזרם אינו מתאפס (אלא אם פותחים את המעגל) נקבל שבמעגל זה אי אפשר לקבל מצב שבו $V = \varepsilon$.

(2) על סמך הקשר $V = \varepsilon - rI$, מתקבל שמתח ההדקים מתאפס כאשר מתקיים $I = \varepsilon/r$. זרם זה מתקבל במצב קצר. מצב הקצר מתקבל כאשר המגע הנייד נמצא בקצה M של הנגד המשתנה.

פתרון שאלה מספר 3

א. על מנת שכל נורה תאיר באור מלא צריך לעבור דרכה זרם שגודלו:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{2}{3}\text{A}$$

במעגל 1 הזרם שעובר במד הזרם (I_1) הוא זהה לזרם שעובר בכל אחת משלושת הנורות (בגלל החיבור בטור של הנורות), ולכן $I_1 = \frac{2}{3}\text{A}$.

במעגל 2, בגלל החיבור במקביל של שלושת הנורות, הזרם I_2 הוא סכום הזרמים העוברים בכל אחת מהנורות, לכן:

$$I_2 = 3\left(\frac{2}{3}\text{A}\right) = 2\text{A}$$

פתרון שאלה מספר 4

$$\Rightarrow B = 4.68T$$

ד. נחשב קודם את תאוצת הפרוטון במהלך תנועתו בין שני חצאי העיגולים. תאוצה זו היא שיפוע הגרף הנתון בפרק הזמן בין $t = 7 \times 10^{-9} \text{ s}$ ל- $t = 10 \times 10^{-9} \text{ s}$:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2.4 \times 10^5 - 2 \times 10^5}{10 \times 10^{-9} - 7 \times 10^{-9}} = 1 \frac{1}{3} \times 10^{13} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

מהחוק השני של ניוטון מתקבל:

$$a = \frac{F_p}{m_p} = \frac{eE}{m_p}$$

$$\Rightarrow E = \frac{m_p a}{e} = \frac{(1.67 \times 10^{-27}) (1 \frac{1}{3} \times 10^{13})}{1.6 \times 10^{-19}} =$$

$$= 139,167 \text{ V/m}$$

ה. הכוח המגנטי הפועל על הפרוטון בתנועתו המעגלית בשדה המגנטי, נתון על ידי הביטוי: $F = evB$. מכיוון שמהירות הפרוטון ברגע כניסתו לחצי העיגול בפעם השנייה גדולה יותר ממהירותו ברגע כניסתו לחצי העיגול בפעם הראשונה נקבל שהכוח F_2 גדול יותר מ- F_1 .

פתרון שאלה מספר 5

א. לפי כיוון מקור המתח המוצג בתרשים מתקבל שכיוון הזרם בקטע ab של התיל הוא מ- b אל a .

על מנת שהכוח המגנטי הפועל על ab יהיה כלפי מטה, כיוון השדה המגנטי הנוצר בסליל, לפי כלל יד ימין, צריך להיות משמאל לימין.

ב. גודלו של הכוח המגנטי הפועל על הקטע ab של התיל נתון על ידי:

$$F_B = IB \ell_{ab} \sin \theta$$

כאשר:

$$\theta = 90^\circ \text{ היא הזווית בין } B \text{ ל- } I.$$

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I \text{ הוא השדה המגנטי הנוצר בסליל.}$$

נציב את θ ו- B בביטוי הנ"ל ונקבל:

$$F_B = I \left[\mu_0 \left(\frac{N}{L} \right) I \right] \ell_{ab} = \mu_0 N \left(\frac{\ell_{ab}}{L} \right) I^2$$

ג. כאשר הלוחית מאוזנת, מתקיים:

$$\mu_0 N \left(\frac{\ell_{ab}}{L} \right) I^2 = (m_0 K) g$$

$$\Rightarrow I^2 = \left(\frac{m_0 g}{\mu_0 N} \frac{L}{\ell_{ab}} \right) K$$

א.

(1) הכוח הפועל על חלקיק טעון, הנע במהירות קבועה במישור הניצב לקווי שדה מגנטי אחיד וקבוע, הוא:

א. נמצא במישור תנועת הגוף.

ב. גודלו קבוע.

ג. מאונך למהירות הגוף בכל נקודות המסלול.

המסלול הנוצר בהשפעת כוח המקיים את התכונות הנ"ל הוא מסלול מעגלי.

על מנת לענות על החלק השני של השאלה, נבטא את רדיוס הסיבוב בתלות במהירות הגוף ושאר הפרמטרים. מהחוק השני של ניוטון בתנועה המעגלית של החלקיק מתקיים:

$$|q|vB = m \frac{v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{|q|B}$$

מהקשר האחרון רואים שרדיוס הסיבוב נמצא ביחס ישר עם מהירות הגוף. מכיוון שמהירות הגוף גדלה מסיבוב לסיבוב, כך גם רדיוס הסיבוב גדל מסיבוב לסיבוב.

(2) על סמך חוק יד ימין מתקבל, שעל מנת שיפעל על הפרוטון כוח מגנטי בכיוון המרכז, הוא חייב לנע נגד כיוון השעון.

ב. זמן המחזור של הפרוטון נתון על ידי:

$$T = \frac{2\pi R}{v}$$

נציב את הביטוי עבור רדיוס הסיבוב מסעיף א' ונקבל:

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi (m_p v / eB)}{v} = \frac{2\pi m_0}{eB}$$

על סמך הביטוי האחרון מתקבל שזמן המחזור אינו תלוי ברדיוס והוא זהה בשני חצאי העיגולים M ו- N .

ג. מהגרף מתקבל שזמן השהות של הפרוטון בכל אחד מחצאי העיגולים הוא $7 \times 10^{-9} \text{ s}$. זמן זה שווה לחצי זמן מחזור. לכן מתקבל:

$$\frac{1}{2} T = 7 \times 10^{-9} \text{ s}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \left(\frac{2\pi m_p}{eB} \right) = 7 \times 10^{-9} \text{ s}$$

$$\Rightarrow \frac{2\pi (1.67 \times 10^{-27})}{(1.6 \times 10^{-19}) B} = 14 \times 10^{-9} \text{ s}$$

תרשים 2) נקבל, לפי חוק לנץ, שהכיוונים של B_{ind} ושל B הם מנוגדים.

כיוון B_{ind} הוא מהדף החוצה (ראה סעיף א'), לכן כיוונו של השדה האחד הנתון B הוא מהדף פנימה.

ג. מחוק פרדיי מתקיים:

$$\mathcal{E}_{ind} = -\phi'(t)$$

לכן נקבל:

$$I_{ind} = -\frac{\phi'(t)}{R} = -\frac{(AB)'}{R} = -\frac{A}{R} B'(t)$$

$$= -\frac{100(0.01m)^2}{1.2} B'(t) = -8\frac{1}{3} \times 10^{-3} B'(t)$$

בפרק הזמן הראשון ($0 < t < 5ms$), מתקיים על סמך הגרף:

$$I_{ind} = -8\frac{1}{3} \times 10^{-3} \left(\frac{-0.5-0}{5 \times 10^{-3}-0} \right) = \frac{5}{6} A$$

בפרק הזמן השני ($5ms < t < 15ms$), נקבל:

$$I_{ind} = 0$$

ובפרק הזמן השלישי ($15ms < t < 30ms$), נקבל:

$$I_{ind} = -8\frac{1}{3} \times 10^{-3} \left(\frac{0-0.5}{15 \times 10^{-3}} \right) = 0.278 A$$

$$P_R = I_{ind}^2 R = (0.278)^2 (1.2) = 0.093 W \quad \text{ד.}$$

ה. נסמן את אורכו של כל אחד מהשוקיים של המשולש ב- L , ונבחר $t=0$ הרגע שבו קצה המשולש M מתחיל לצאת דרך הצלע FG . שטח המשולש שנמצא עדיין בשדה המגנטי, כפונקציה של הזמן, נתון על ידי:

$$A = \frac{1}{2} L^2 - \frac{1}{2} (vt)^2$$

השטף המגנטי דרך המשולש משתנה כפונקציה של הזמן לפי הביטוי הבא:

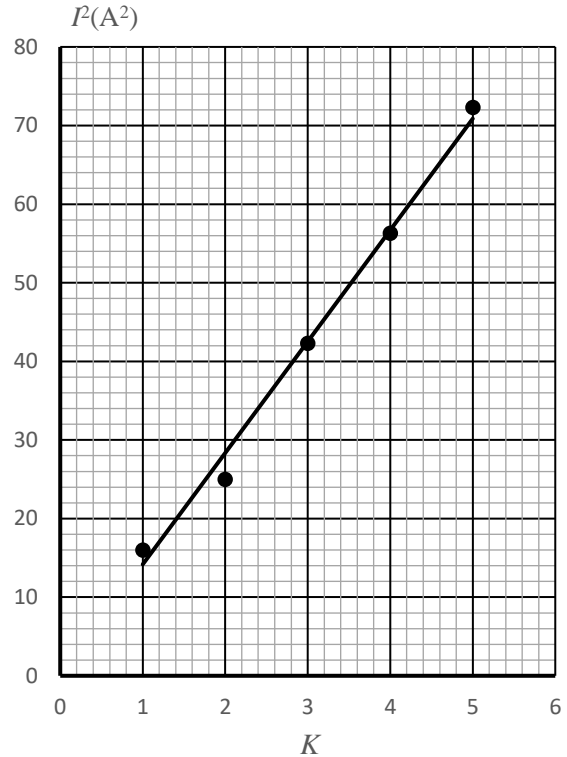
$$\phi = BA = \frac{1}{2} BL^2 - \frac{1}{2} B(vt)^2$$

ומחוק פרדיי נקבל:

$$\mathcal{E}_{ind} = -\phi'(t) = Bv^2 t$$

לפי ביטי זה גודלו של הכא"מ המושרה אינו קבוע ולכן עוצמת הזרם המושרה במשולש אינה קבועה.

ו. השטף המגנטי בשני המקרים זהה, ולכן הכא"מ המושרה בשני המקרים זהה.



ה. נמצא קודם את שיפוע קו המגמה. לשם כך נבחר שתי נקודות על קו המגמה, לדוגמה: (2.8, 40) ו-(1.4, 20). משתי נקודות אלה נקבל ששיפוע הגרף הוא: 14.3.

מהקשר שהתקבל בסעיף הקודם, נקבל:

$$\frac{m_0 g}{\mu_0 N} \frac{L}{\ell_{ab}} = 14.3$$

$$\Rightarrow \frac{m_0 (10)(0.25)}{4\pi \times 10^{-7} (2500)(0.028)} = 14.3$$

$$\Rightarrow m_0 = 5 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

ו. כאשר הופכים את הקוטביות של מקור המתח, כיוון הזרם בקטע ab של התיל מתהפך, וגם כיוון השדה המגנטי בסליל מתהפך (בגלל שכיוון הזרם בסליל התהפך). כתוצאה מכך כיוון הכוח המגנטי המופעל על התיל ab יישאר כלפי מטה, ולכן ניתן במקרה זה להשתמש במערכת זו למדידת מסה.

פתרון שאלה מספר 6

א. מאחר וכיוון הזרם המושרה I_{ind} בפרק הזמן הנתון הוא מ- L ל- M , נקבל שכיוון השדה המגנטי המושרה B_{ind} הוא מהדף החוצה.

ב. מכיוון שגודלו של השדה החיצוני B בפרק הזמן הנתון ($0 < t < 5ms$) גדל עם הזמן (ראה