

פתרון בחינת הבגרות בחשמל - 2023

שאלון: 036371

$$\Rightarrow V_{AB} = \frac{q_2}{q_1} V_{AC} = -V_{AC} = V_{CA}$$

מתקיים $V_{CA} = -\bar{E}_{CA} \Delta x_{CA}$ ו- $V_{AB} = -\bar{E}_{AB} \Delta x_{AB}$ מכיוון ש- $V_{AB} = V_{CA}$ ו- $\bar{E}_{CA} > \bar{E}_{AB}$ (השדה גדל ככל שמתקרבים לכדור), נקבל ש- $\Delta x_{CA} < \Delta x_{AB}$.

פתרון שאלה 2

א. המתח V_1 שהוא מתח ההדקים של מקור המתח נתון על ידי הקשר: $V_1 = \varepsilon - rI$. לעומת זאת המתח V_2 שהוא המתח על הנגד נתון על ידי חוק אוהם: $V_2 = RI$. על סמך קשרים אלה נקבל שגרף א' מתאר את V_1 וגרף ב' מתאר את V_2 .
ב. על סמך הקשר $V_1 = \varepsilon - rI$ נקבל ששיפוע הגרף מייצג את הגודל $(-r)$. לחישוב השיפוע נבחר שתי נקודות על קו המגמה, לדוגמא: $(1.5 \text{ A}, 18 \text{ V})$ ו- $(1 \text{ A}, 20 \text{ V})$ ונקבל:

$$-r = \frac{18 \text{ V} - 20 \text{ V}}{1.5 \text{ A} - 1 \text{ A}} = -4 \Omega \Rightarrow r = 4 \Omega$$

לחישוב ε נציב r ואחת הנקודות שלמעלה בקשר $V_1 = \varepsilon - rI$ ונקבל:

$$18 = \varepsilon - 4(1.5) \Rightarrow \varepsilon = 24 \text{ V}$$

ג. ההתנגדות R היא שיפוע גרף ב'. לחישוב השיפוע נבחר שתי נקודות על קו המגמה, לדוגמא: $(0.5 \text{ A}, 4 \text{ V})$ ו- $(1 \text{ A}, 8 \text{ V})$ ונקבל:

$$R = \frac{8 - 4}{1 - 0.5} = 8 \Omega$$

ד. כאשר יש התנגדות הנגד המשתנה היא המקסימלית נקבל שהזרם שעובר במעגל הוא מינימלי. על פי הגרף זרם זה הוא 0.5 A . מכיוון שמתקיים:

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R + R_{PK}}$$

נקבל שעבור $R_{PK} = R_{MK}$ נקבל $I = I_{\min} = 0.5 \text{ A}$. נציב ונקבל:

$$0.5 = \frac{24}{4 + 8 + R_{MK}} \Rightarrow R_{MK} = 36 \Omega$$

ה. מתקיים:

$$V_2 + V_{MK} = V_1$$

פתרון שאלה 1

א. נחשב קודם את המטען שעל הכדור באמצעות הקשר $V = kQ/R$. נציב $r = R = 0.3 \text{ m}$ ו- $V = 90,000 \text{ V}$ ונקבל:

$$90000 = \frac{9 \times 10^9 Q}{0.3} \Rightarrow Q = 3 \times 10^{-6} \text{ C}$$

מתקיים:

$$V_A = \frac{kQ}{r_A}$$

$$\Rightarrow r_A = \frac{kQ}{V_A} = \frac{9 \times 10^9 (3 \times 10^{-6})}{50,000} = 0.54 \text{ m}$$

ב. מכיוון שהמטען שעל הכדור חיובי, השדה בנקודה A רדיאלי החוצה וגודלו:

$$E_A = \frac{kQ}{r_A^2} = \frac{9 \times 10^9 (3 \times 10^{-6})}{(0.54)^2} = 9.26 \times 10^4 \text{ N/C}$$

ג.

(1) השדה החשמלי בתוך כדור מוליך שווה לאפס.

(2) הפוטנציאל החשמלי בתוך כדור מוליך קבוע ושווה לערכו על פני הכדור, כלומר $90,000 \text{ V}$.

ד. על סמך חוק שימור האנרגיה נקבל:

$$\frac{1}{2} m_1 v_A^2 + U_A = \frac{1}{2} m_1 v_B^2 + U_B$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} m_1 v_A^2 + q_1 V_A = \frac{1}{2} m_1 v_B^2 + q_1 V_B$$

$$\Rightarrow v_B = \sqrt{v_A^2 + \frac{2q_1}{m_1} (V_A - V_B)}$$

נציב את הנתונים ונקבל:

$$v_B = \sqrt{(1.5)^2 + \frac{2(-1.2 \times 10^{-8})}{4 \times 10^{-4}} (50 \text{ kV} - 40 \text{ kV})} = 1.28 \text{ m/s}$$

ה. מאחר ומתקיים $v_B = v_C$ נקבל ש- $V_{CA} = V_{AB}$. ניתן להוכיח זאת באמצעות הקשר שקיבלנו בסעיף הקודם כך שנקבל:

$$\sqrt{v_A^2 + \frac{2q_1}{m_1} (V_A - V_B)} = \sqrt{v_A^2 + \frac{2q_2}{m_1} (V_A - V_C)}$$

$$v_A^2 + \frac{2q_1}{m_1} (V_A - V_B) = v_A^2 + \frac{2q_2}{m_1} (V_A - V_C)$$

ההספק המקסימלי שמפיקה נורה L_2 נתון על ידי:

$$P_{\max} = \frac{V_{1\max}^2}{R_{L_1}} = \frac{12^2}{6.4} = 22.5 \text{ W}$$

ו. כאשר הנורה L_1 מאירה באורה המלא מתקיים שמתח עליה 24 V וזה שווה למתח ההדקים. כלומר $V_\varepsilon = 24 \text{ V}$. הנצילות נתונה על ידי:

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% = \frac{IV_\varepsilon}{I\varepsilon} \times 100\% = \frac{V_\varepsilon}{\varepsilon} \times 100\%$$

כאשר V_ε הוא מתח ההדקים.

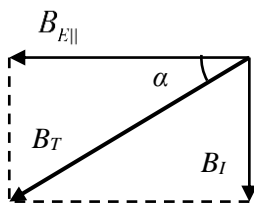
נציב $\eta = 80\%$ ו- $V_\varepsilon = 24 \text{ V}$ ונקבל:

$$\varepsilon = \frac{V_\varepsilon}{\eta} \times 100\% = \frac{24}{0.8} \times 100\% = 30 \text{ V}$$

פתרון שאלה 4

א. על מנת שמחט המצפן תסטה למטה בתרשים 1 (שהוא כיוון מערב), צריך להתקיים שהשדה המגנטי הנוצר מהתיל בנקודה בה נמצא המצפן מכוון כלפי מטה בתרשים 1. על מנת שיתקיים תנאי זה, הזרם בתיל צריך להיות החוצה מהדף (על פי כלל יד ימין).

ב. על המחט משפיעים במישור התנועה שלה שני שדות מגנטיים: רכיב השדה המגנטי של כדור הארץ המקביל לקרקע ($B_{E\parallel}$) והשדה B_I הנוצר מהתיל המכוון כלפי מערב (כלפי מטה בתרשים 1). השדה B_I נתון על ידי: $B_I = \mu_0 I / 2\pi x$. $B_{E\parallel}$ ו- B_I מתוארים בתרשים הבא:



על פי התרשים מתקיים:

$$\tan \alpha = \frac{B_I}{B_{E\parallel}} = \frac{\mu_0 I}{2\pi B_{E\parallel} x} = \left(\frac{\mu_0 I}{2\pi B_{E\parallel}} \right) \frac{1}{x}$$

ג. על מנת שיתקבל גרף ליניארי, צריך לשרטט את $\tan \alpha$ כפונקציה של $1/x$. לכן המשתנה החדש הוא $z = 1/x$. ד. (1) + (2)

$$\Rightarrow RI + V_{MK} = \varepsilon - rI$$

$$\Rightarrow V_{MK} = \varepsilon - (R+r)I$$

כאשר מגדילים את ההתנגדות המשתנה, הזרם I קטן וכתוצאה מכך V_{MK} גדל (ראה את הקשר האחרון).

ו. כעת לא עובר זרם במעגל ולכן $V_2 = IR = 0$. מד המתח V_1 מודד כעת את מתח ההדקים שהוא 24 V .

פתרון שאלה 3

א. נייעזר בקשר $P = V^2 / R$ ממנו נקבל:

$$R_{L_1} = \frac{V_1^2}{P_1} = \frac{24^2}{20} = 28.8 \Omega$$

ב. על פי הנתון שהזרם שזורם דרך שתי הנורות זהה נקבל שהזרם דרך הנגד R זהה לזרם דרך הנורה L_1 . הזרם דרך הנורה L_1 כאשר היא מאירה באורה המלא מתקבל מהקשר $P = IV$ ממנו נקבל:

$$I_1 = \frac{P_1}{V_1} = \frac{20 \text{ W}}{24 \text{ V}} = 0.833 \text{ A}$$

$$\Rightarrow I_R = 0.833 \text{ A}$$

ג. על מנת שהנורה L_1 תאיר באורה המלא, המתח עליה צריך להיות 24 V שהוא שווה לכא"מ של מקור המתח. לשם כך מתח המקור צריך ליפול כולו על הנורה L . על מנת שיתקיים תנאי זה המתח הנופל על הנגד המשתנה צריך להתאפס וזה דורש חיבור המגע הנייד לנקודה K . במצב זה הנגד המשתנה מחוץ למעגל.

ד. מתקיים $V_1 = IR_{L_1}$ ו- $V_2 = IR_{L_2}$ (שים לב שהזרמים דרך שתי הנורות זהה). משתי המשוואות האחרונות נקבל:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{IR_{L_1}}{IR_{L_2}} \Rightarrow V_1 = \left(\frac{R_{L_1}}{R_{L_2}} \right) V_2$$

ה. נחשב קודם את התנגדות הנורה L_2 באמצעות שיפוע הגרף שהוא מייצג את הגודל R_{L_1} / R_{L_2} . נבחר שתי נקודות על קו המגמה, לדוגמה (2,9) ו- (4,18) ונקבל:

$$\frac{R_{L_1}}{R_{L_2}} = \frac{18-9}{4-2} = 4.5$$

$$\Rightarrow R_{L_2} = \frac{R_{L_1}}{4.5} = \frac{28.8}{4.5} = 6.4 \Omega$$

פתרון שאלה 5

א. (1) החוצה מהדף.

(2) על פי החוק השני של ניוטון מתקיים עבור הפרוטון בתנועתו המעגלית:

$$q_p v B_1 = m_p \frac{v^2}{R}$$

$$\Rightarrow R = \frac{m_p v}{e B_1} = \frac{(1.67 \times 10^{-27})(10^6)}{1.6 \times 10^{-19} (0.12)} =$$

$$= 0.087 \text{ m} = 8.37 \text{ cm}$$

ב.

$$E = \frac{\Delta V}{\Delta x} = \frac{800 \text{ V}}{0.05 \text{ m}} = 16,000 \text{ V/m}$$

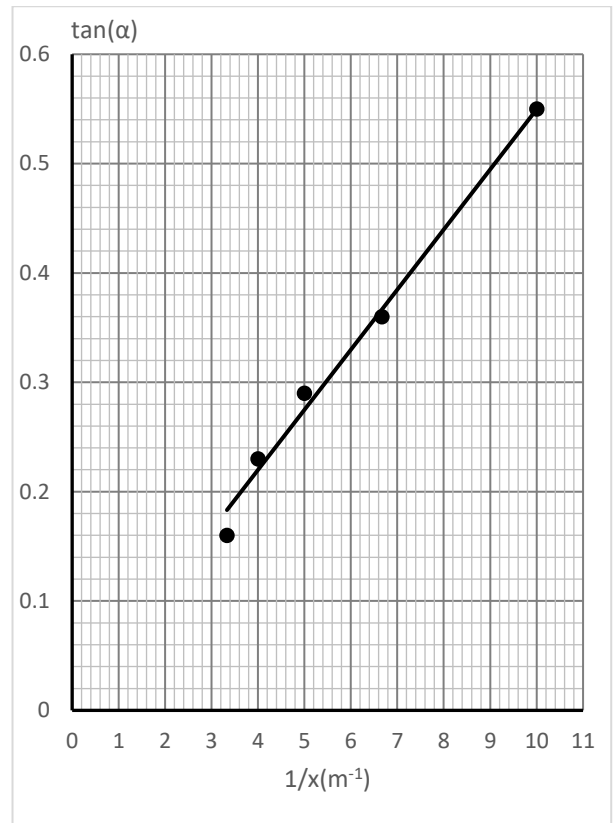
על מנת שהכוח החשמלי שבין הלוחות יבטל את הכוח המגנטי צריך להתקיים שהכוח החשמלי והכוח המגנטי שווים בגודלם ומנוגדים בכיוונם. מכיוון שכיוון הכוח המגנטי שפועל על הפרוטונים בין הלוחות מכוון מהלוח Q אל הלוח P , צריך להתקיים שהכוח החשמלי הפועל עליהם מכוון מהלוח P אל הלוח Q וזה דורש שכיוון השדה החשמלי יהיה מהלוח P אל הלוח Q כי מטען הפרוטונים חיובי.

ג. על מנת שהפרוטונים ימשיכו בקו ישר ביו הלוחות צריך להתקיים שגודלו של הכוח החשמלי שווה לגודלו של הכוח המגנטי: $eE = evB$. מקשר זה מתקבל:

$$B = \frac{E}{v} = \frac{16,000}{10^6} = 0.016 \text{ T}$$

ד. הכוח החשמלי הפועל על הפרוטונים במהלך תנועתם בין הלוחות מבצע עבודה חיובית על הפרוטונים (כי יש לכוח החשמלי במקרה המתואר בשאלה רכיב בכיוון מהירות הפרוטונים). לכן מהירות הפרוטונים בצאתם מבין הלוחות תהיה גדולה יותר.

ה. מכיוון שכיוון הכוח החשמלי מאונך לכיוון תנועתם המקורי של הפרוטונים, התאוצה שהוא יוצר היא בכיוון מאונך למסלול המקורי. תאוצה זו אינה משפיעה על מהירות הפרוטונים בכיוון המסלול המקורי ולכן זמן תנועת הפרוטונים אינו משתנה.



שים לב שקו המגמה חייב לעבור בנקודה $(0,0)$ כי כאשר $1/x = 0$ כלומר $x = \infty$ נקבל ש- $\alpha = 0$ ($\tan \alpha = 0$).

ה. שיפוע הגרף מייצג את הגודל $\frac{\mu_0 I}{2\pi B_{E||}}$. על

מנת לחשב את השיפוע, נבחר שתי נקודות על קו המגמה. נבחר $(4, 2.2)$ ו- $(8, 4.4)$ ונקבל:

$$\frac{\mu_0 I}{2\pi B_{E||}} = \frac{4.4 - 2.2}{8 - 4} = 0.55$$

$$\Rightarrow B_{E||} = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(8)}{2\pi(0.55)} = 29 \times 10^{-6} \text{ T}$$

ו. על פי חוק יד ימין מתקבל שכיוון הזרם I_2 הוא גם מן הדף החוצה.

על מנת שזווית הסטייה עכשיו תהיה גם α אבל כלפי מעלה (תרשים 2b) השדה המגנטי השקול של הנוצר מהזרמים I_1 ו- I_2 צריך להיות שווה ל- B_{I_1} וכיוונו כלפי מעלה. זה דורש ש- $B_{I_2} = 2B_{I_1}$. לכן עוצמת הזרם I_2 צריכה להיות פי 2 מעוצמת הזרם I_1 , כלומר 10A.

פתרון שאלה 6

א.

(1) נבחר את הכיוון החיובי בכיוון מאונך לדף פנימה ונקבל:

$$\phi_I = B_1 A = 0.09 \times (0.5)^2 = 0.0225 \text{ Wb}$$

$$\phi_{II} = B_2 A = 0.25(-t^2 + 1.2t - 0.11)$$

$$\phi_{III} = B_3 A = 0.09 \times (0.5)^2 = 0.0225 \text{ Wb}$$

(2) על פי חוק פרדיי מתקיים $\varepsilon = -\phi'(t)$. לכן נקבל:

$$\varepsilon_1 = 0$$

$$\varepsilon_2 = 0.5t - 0.3$$

$$\varepsilon_3 = 0$$

(3)

$$I_1 = 0$$

$$I_2 = \frac{\varepsilon_2}{R} = \frac{0.5t - 0.3}{2} = 0.25t - 0.15$$

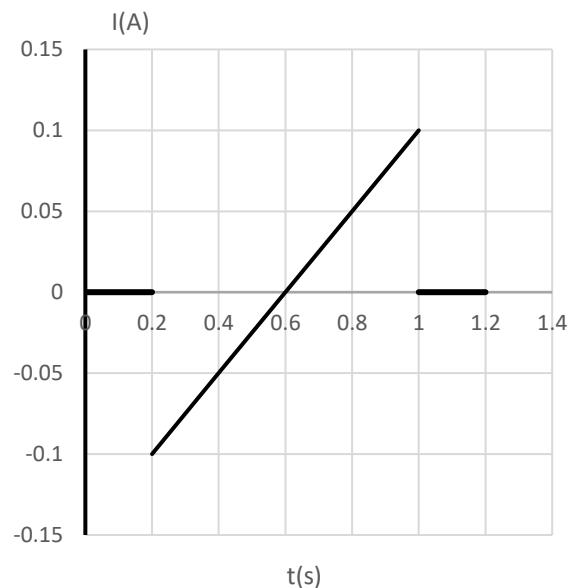
$$I_3 = 0$$

ב. ב- $t = 0.3 \text{ s}$ שטף השדה המגנטי גדל, ועל פי חוק לנץ, כיוון השדה המגנטי המושרה הנוצר מהזרם המושרה צריך להיות נגד השדה הנתון, כלומר החוצה מהדף. לשם כך כיוון השדה הזרם המושרה צריך להיות נגד כיוון השעון.

$$I = \frac{\varepsilon_{\text{ind}}}{R}$$

מתקבל:

$$I = \begin{cases} 0 & 0 < t < 0.2 \text{ s} \\ 0.25t - 0.15 & 0.2 < t < 1 \text{ s} \\ 0 & 1 < t < 1.2 \end{cases}$$



ד.

(1) המטען שזרם במסגרת בפרק הזמן מ- $t = 0$ ועד $t = 0.6 \text{ s}$ שווה לשטח הכלוא בין גרף הזרם לציר הזמן מ- $t = 0$ עד ל- $t = 0.6$:

$$Q = \frac{(-0.1 \text{ A})(0.4)}{2} = 0.02 \text{ C}$$

(2) כמות המטען שעברה בפרק הזמן בין $t = 0.6 \text{ s}$ ועד $t = 1.2 \text{ s}$ שווה בגודלה לכמות המטען שחישבנו בסעיף הקודם (אך הסימן שלה הפוך) וזאת בגלל שהשטח בפרק זמן זה שווה לשטח בפרק הזמן הקודם.

ה.

(1) הזרם אפס לכן לא פועלים כוחות מגנטיים על המסגרת.

(2) בפרק זמן זה כיוון הזרם הוא נגד כיוון השעון. באמצעות חוק יד ימין נקבל שהכוחות המגנטיים הפועלים על צלעות המסגרת נמצאים במישור המסגרת ומאונכים לצלעות פנימה. לכן הכוחות המגנטיים במקרה זה גורמים לכיוון המסגרת.

(3) בפרק זמן זה כיוון הזרם הוא עם כיוון השעון. באמצעות חוק יד ימין נקבל שהכוחות המגנטיים הפועלים על צלעות המסגרת נמצאים במישור המסגרת ומאונכים לצלעות החוצה. לכן הכוחות המגנטיים במקרה זה גורמים להרחבת המסגרת.

(4) הזרם אפס לכן לא פועלים כוחות מגנטיים על המסגרת.