

פתרון הבחינה

בפיזיקה – חשמל

קיץ תשפ"ג, 2023, שאלון: 36371

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

הערות:

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

הנבחנים נדרשו לענות על שלוש מהשאלות 1-6

שאלה מספר 1:

סעיף א'

$$Q = \frac{V \cdot R}{K} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

נחשב את המטען Q על הכדור לפי

(נציב את רדיוס הכדור ואת ערך הפוטנציאל על פני הכדור).

נציב את ערך הפוטנציאל בנקודה A ונקבל כי המרחק $OA = 54 \text{ cm}$.

סעיף ב'

$$E = \frac{kQ}{r^2} = 9.26 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

גודל השדה החשמלי בנקודה A הוא:

כיוון השדה החשמלי בנקודה A הוא מ-A ל-B.

מאחר ומטען חיובי שיונח בנקודה יידחה מהכדור.

סעיף ג'

(1) גודל השדה החשמלי בנקודה P הוא אפס.

(2) הפוטנציאל בתוך כדור מוליך שווה לפוטנציאל על פני הכדור ולכן $V_p = 90 \text{ kV}$.

סעיף ד'

נחשב מהירות על פי שיקולי אנרגיה: $W = \Delta E_k$.

נחשב את עבודת השדה החשמלי לפי: $W_{A \rightarrow B} = \Delta V \cdot q = -1.2 \cdot 10^{-4} \text{ J}$.

נקבל כי מהירות הגוף בנקודה B תהיה: $1.28 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

סעיף ה'

המרחק AC קטן מהמרחק AB.

נימוק:

מאחר ונתון ששינוי האנרגיה הקינטית של שני הגופים זהה, נוכל לומר כי עבודת השדה החשמלי על שני הגופים זהה. מכאן נוכל להסיק כי הפרש הפוטנציאלים על גוף 2 זהה להפרש הפוטנציאלים על גוף 1, אך מאחר וגוף 2 מתקרב לכדור המוליך, המרחק שהוא עובר קטן יותר (קיים יחס הפוך בין הפוטנציאל שהכדור יוצר לבין המרחק ממרכז הכדור).

שאלה מספר 2:**סעיף א'**

גרף א' התקבל עבור מדידות במד המתח $1V$.

הגרף יורד ולכן מתאים למשוואה $V = \varepsilon - Ir$ המתארת פונקציה יורדת.

גרף ב' התקבל עבור מדידות במד המתח $2V$.

הגרף עולה ולכן מתאים למשוואה $V = RI$ המתארת פונקציה עולה.

סעיף ב'

$r = 4\Omega$ נחשב מתוך שיפוע הגרף המתאים.

$\varepsilon = 24V$ נמצא מתוך הצבת נקודה מהגרף במשוואת מתח ההדקים.

סעיף ג'

$R = 8\Omega$ לפי חישוב שיפוע גרף ב'.

סעיף ד'

התנגדות הנגד המשתנה במצב המתואר בסעיף:

כאשר התנגדות הנגד המשתנה מקסימלית הזרם במעגל מינימלי $I = 0.5A$ לפי הגרף.

וכן $V_1 = 22V$ ו- $V_2 = 4V$.

מתח ההדקים שווה לסכום המתחים על הנגדים החיצוניים.

ולכן המתח על הנגד המשתנה הוא $18V$ ומתוך חוק אוהם התנגדותו היא $R_{PK} = 36\Omega$.

סעיף ה'

בהזזת המגע הנייד לכיוון M , התנגדות הנגד המשתנה הפעיל במעגל גדלה, הזרם הכולל במעגל

קטן, ולפי הקשר הבא: $V_{PK} = \varepsilon - I \cdot r - I \cdot R$ המתח על הנגד המשתנה גדל.

סעיף ו'

במקרה זה המעגל בנתק ולא זרם זרם במעגל.

$V_2 = 0$ כי לא זרם זרם בנגד R .

$V_1 = \varepsilon = 24V$.

שאלה מספר 3:**סעיף א'**

$$P = \frac{V^2}{R} \text{ לפי } P = 28.8\Omega \text{ מתקבל } R_{L1}$$

סעיף ב'

לפי $P = VI$ ובהצבת המתח וההספק המקסימליים של הנורה $L1$ מתקבל הזרם שזורם ב- $L1$ השווה לזה שזורם דרך הנגד הקבוע R וערכו הוא $I = 0.83A$.

סעיף ג'המגע הנייד ממוקם בנקודה K .

נימוק: במצב זה $V_{PK} = 0$ ואז מתקיים: $V_{L1} = \varepsilon = 24V$. במצב זה הנורה $L1$ אכן מאירה באורה המלא.

סעיף ד'

$$V_1 = IR_{L1}, V_2 = IR_{L2} \text{ מחילוק המשוואות מתקבל: } V_1 = \frac{R_{L1}}{R_{L2}} \cdot V_2$$

סעיף ה'

שיפוע הגרף המוערך הוא 4.5. נשווה את שיפוע הגרף ל- $\frac{R_{L1}}{R_{L2}}$, נציב את ערכו של R_{L1} ונקבל כי

$$P = \frac{V^2}{R} \text{ ערכו של } R_{L2} \text{ הוא } 6.4\Omega \text{ נחשב את הספק הנורה } L2 \text{ לפי } P = \frac{V^2}{R}$$

$$P_{L2} = 22.5W \text{ התוצאה היא}$$

סעיף ו'

לפי הגדרת הנצילות בשאלה ולפי שנתון כי הנגד המשתנה מקוצר (אינו מהווה חלק במעגל) נצילות המעגל היא היחס בין מתח ההדקים לכא"מ.

מתוך הנתון כי הנורה $L1$ מאירה באורה המלא אנו מסיקים כי מתח ההדקים הוא $V24$

ומהחישוב יחד עם הנצילות הנתונה 80% מתקבל הכא"מ: $\varepsilon_1 = 30V$.

שאלה מספר 4

סעיף א'

כיוון הזרם I_1 הוא החוצה מן הדף.

נימוק: המחט סוטה מכיוון צפון כלפי מטה (כמוראה באיור), משמע השדה הנוצר ע"י הזרם

בתיל 1 הוא בכיוון מטה.

מכלל הבורג נקבל כי הזרם הזורם בתיל 1 הוא החוצה מן הדף.

סעיף ב'

$$\tan \alpha = \frac{B_I}{B_{E||}} = \frac{\frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I}{x}}{B_{E||}} = \frac{\mu_0 I}{2\pi B_{E||}} \cdot \frac{1}{x}$$

סעיף ג'

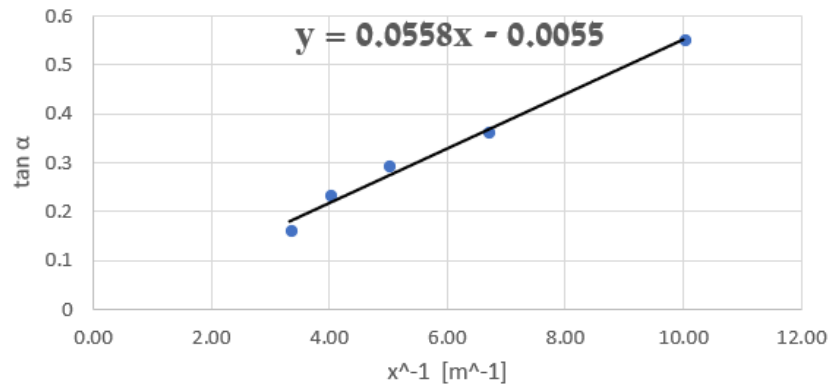
המשתנה החדש הוא $\frac{1}{x}$ ביחידות של $\frac{1}{m}$.

x(m)	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
α°	29	20	16	13	9
$\tan \alpha$	0.55	0.36	0.29	0.23	0.16
$\frac{1}{x} (m^{-1})$	10.0	6.67	5.00	4.00	3.33

סעיף ד'

(2) + (1)

טנגנס זווית הסטייה כפונקציה של הערך ההפכי של מרחק המצפן מהתיל



סעיף ה'

נשווה את שיפוע קו המגמה למקדם של המשתנה הבלתי תלוי מהקשר התאורטי:

$$\frac{\mu_0 I}{2\pi B_{E||}} = 0.0558 \Rightarrow B_{E||} = 28.7 \mu T$$

סעיף ו'

כיוון הזרם בתיל 2 הוא החוצה מן הדף ועוצמתו היא A10.

נימוק: כאשר זרם זרם בתיל 2 מחט המצפן סטתה לכיוון ההפוך.

מכאן נוכל להסיק כי השדה המגנטי שנוצר ע"י זרם 2 באזור המצפן הוא כלפי מעלה.

נשתמש בכלל הבורג ונקבל כי הזרם בתיל 2 הוא החוצה מן הדף.

בנוסף נוכל להסיק מכך שמחט המצפן סטתה באותה הזווית לכיוון ההפוך (מעלה)

שעוצמת הזרם בתיל 2 גדולה פי 2 מעוצמת הזרם בתיל 1.

שאלה מספר 5

סעיף א'

(1) כיוון השדה המגנטי B_1 הוא החוצה מן הדף (על פי כלל יד ימין).

(2) נחשב את רדיוס מסלול התנועה של הפרוטונים על פי הנוסחה: $R = \frac{mv}{qB} = 8.69\text{cm}$.

פיתוח הנוסחה נעשה על פי משוואות לתנועה מעגלית עבור חלקיק הנע בשדה מגנטי.

סעיף ב'

גודל השדה החשמלי בין שני הלוחות הוא: $E = \frac{\Delta V}{\Delta x} = 1.6 \cdot 10^4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$.

כיוון השדה מהלוח P אל הלוח Q.

סעיף ג'

נשווה בין הכוחות שמפעילים שני השדות ונקבל: $B = \frac{E}{v} = 0.016\text{T}$.

סעיף ד'

לאחר הפסקת השדה המגנטי, גודל המהירות גדל מאחר וכעת הכוח שמפעיל השדה החשמלי מגדיל את מהירות הפרוטונים (בדומה לתנועה של זריקה אופקית).

סעיף ה'

זמן התנועה של הפרוטונים נותר זהה.

נימוק: בדומה לזריקה אופקית זמן התנועה בציר המאונך למסך אינו משתנה כי רכיב המהירות בציר זה נותר קבוע.

שאלה מספר 6:
סעיף א'

(1) השטף המגנטי ϕ_B דרך המסגרת בפרק הזמן I הוא: $\phi_B = B \cdot A = 22.5 \cdot 10^{-3} \text{T} \cdot \text{m}^2$.

השטף המגנטי ϕ_B דרך המסגרת בפרק הזמן II הוא: $\phi_B = 0.25 \cdot (-t^2 + 1.2t - 0.11)$.

השטף המגנטי ϕ_B דרך המסגרת בפרק הזמן III הוא: $\phi_B = B \cdot A = 22.5 \cdot 10^{-3} \text{T} \cdot \text{m}^2$.

(2) הכא"מ בפרק הזמן I הוא: 0.

הכא"מ בפרק הזמן II הוא: $\varepsilon = 0.25 \cdot (-2t + 1.2)$.

הכא"מ בפרק הזמן III הוא: 0.

(3) הזרם במסגרת בפרק הזמן I הוא: 0.

הזרם במסגרת בפרק הזמן II הוא: $I = 0.125 \cdot (-2t + 1.2)$.

הזרם במסגרת בפרק הזמן III הוא: 0.

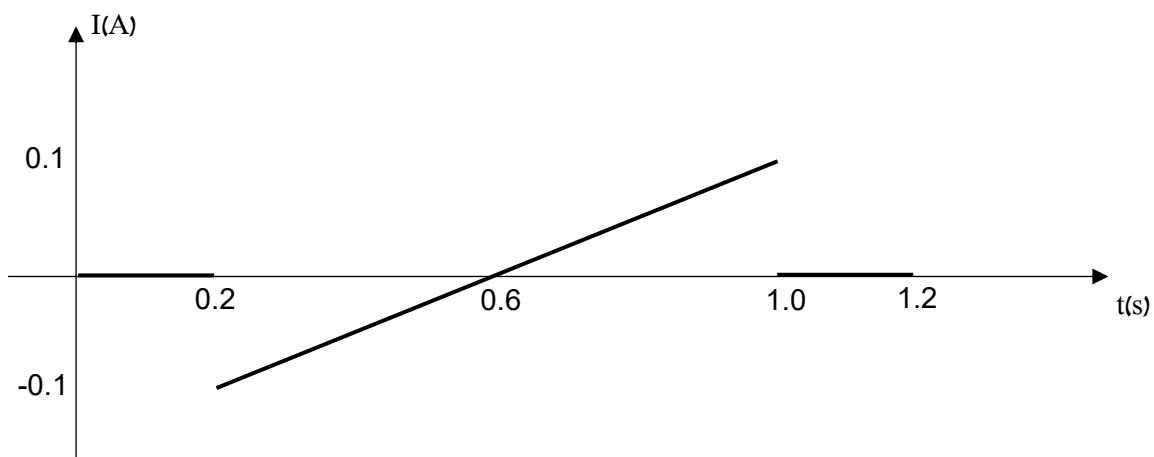
סעיף ב'

כיוון הזרם הזורם במסגרת ברגע 0.3s הוא נגד כיוון השעון.

נימוק (לא חובה): קל לראות מהגרף בתרשים 2, כי השדה המגנטי ברגע זה הוא חיובי וגדל. מאחר ונתון לנו שכיוון השדה המגנטי הוא לתוך הדף, ומאחר שראינו שהשדה המגנטי גדל ולכן גם השטף המגנטי גדל ברגע זה, כיוון שינוי השטף הוא לתוך הדף. ע"פ חוק לנץ, נקבל כי כיוון השדה המושרה הוא החוצה ולכן כיוון הזרם נגד כיוון השעון (כלל הבורג).

סעיף ג'

גרף של עוצמת הזרם I כפונקצייה של הזמן מרגע $t=0$ ועד לרגע $t=1.2$ s:



סעיף ד'

(1) נחשב את כמות המטען החשמלי שעבר בתיל בפרק זמן זה לפי השטח הכלוא בין גרף I(t)

$$Q = \frac{0.4 \cdot 0.1}{2} = 0.02C \text{ לבין ציר הזמן:}$$

(2) כמות המטען שעברה בתיל בפרק זמן זה, זהה לכמות המטען שחישבנו בסעיף ד'(1).
 נימוק: ניתן להראות מהגרף ששרטטנו כי השטחים, כלומר כמות המטען, בפרקי הזמן המצויינים שווים בגודלם.

סעיף ה'

בפרק זמן 3. הכוחות פעלו להרחבת המסגרת.
 נימוק: בפרק זמן זה הזרם שזורם במסגרת הוא בכיוון השעון.
 נתון כי כיוון השדה המגנטי הוא לתוך הדף.
 על פי כלל יד ימין, נקבל כי כיוון הכוח הפועל על המסגרת הוא החוצה.