

מתכונת בפיזיקה

חשמל - פתרון

שאלה מספר 1

סעיף א'

(1) מאחר והשדה החשמלי הנוצר על ידי שני המטענים מכוון אופקית ימינה ושני החלקיקים נמצאים במרחק שווה מהראשית (מצדיו השונים), הדבר מעיד כי רכיבי השדה החשמלי בציר האנכי שווים ומנוגדים והדבר אפשרי רק בזכות מטען חשמלי שווה בגודל ומנוגד בסימן.

(2) על מנת לקבל שדה חשמלי אופקי ימינה, חלקיק (1) טעון במטען חשמלי שלילי (ולכן השדה החשמלי מכוון לעברו) וחלקיק (2) טעון במטען חשמלי חיובי (ולכן השדה החשמלי בוקע ממנו).

סעיף ב'

נסמן את גודל המטען החשמלי של כל חלקיק הוא Q . גודל השדה החשמלי בנקודה A הנוצר על ידי חלקיק (1) שווה לגודלו של השדה החשמלי בנקודה זו הנוצר על ידי חלקיק (2) וערכו :

$$E_1 = E_2 = \frac{kQ}{r^2}$$

כאשר r הוא המרחק בין החלקיק לנקודה A.

השדה השקול בנקודה A הוא סכום רכיבי השדה החשמלי של השדות החשמליים הנוצרים על ידי החלקיקים (1) ו-(2) בציר האופקי :

$$E_A = 2 \frac{kQ}{r^2} \cos \theta$$

כאשר θ הנה הזווית בין וקטור השדה לציר האופקי.

נציב את הערכים הנתונים :

$$3.22 \times 10^5 = 2 \frac{9 \times 10^9 \cdot Q}{0.1^2 + 0.2^2} \cdot \frac{0.1}{\sqrt{0.1^2 + 0.2^2}} \rightarrow Q = 2 \times 10^{-6} \text{ C}$$

סעיף ג'

חישוב הפוטנציאל החשמלי הנוצר בנקודה A על ידי שני החלקיקים הנתונים :

$$V_A = V_1 + V_2 = \frac{kQ}{r} + \frac{k(-Q)}{r} = 0$$

סעיף ד'

החלקיק ינוע בכיוון התחלתי אופקית שמאלה.

אומנם הפוטנציאל החשמלי בנקודה A שווה לאפס אבל בנקודה זו קיים שדה חשמלי כנתון בשאלה.

מאחר ואנו משחררים חלקיק שלילי ממנוחה, הכוח החשמלי עליו מכוון במנוגד לשדה החשמלי לכן הכוח החשמלי עליו מכוון אופקית שמאלה ותאוצתו בכיוון זה.

סעיף ה'

הפוטנציאל החשמלי שווה לאפס לאורך כל ציר y (שהרי לאורך ציר זה המרחק מהמטענים שווה ומטענם שווה בגודלו ומנוגד בסימנו).

העבודה של הכוח החשמלי להעברת מטען שווה למינוס השינוי באנרגיה הפוטנציאלית. מאחר והפוטנציאל שווה בשתי הנקודות, **העבודה שווה לאפס.**

שאלה מספר 2

סעיף א'

על מנת למצוא תלות בין שני ערכים בלבד על התלמידה לדאוג ששאר המשתנים יהיו קבועים. בניסוי זה התלמידה רצתה לבדוק את הקשר בין המתח בין קצוות המוליך לשטח החתך שלו ולכן היה עליה לדאוג ששאר המשתנים, בניהם הזרם החשמלי, יהיו קבועים.

סעיף ב'

ככל ששטח החתך גדל התנגדות המוליך קטנה לכן על התלמידה לדאוג שההתנגדות השקולה במעגל הניסוי תהיה קבועה והדבר אפשרי על ידי הגדלת ההתנגדות של הנגד המשתנה, כלומר להזיז את המגע הנייד P ימינה לעבר הנקודה N.

סעיף ג'

(1) הקשר התיאורטי בין התנגדות המוליך לשטח החתך שלו הוא: $R = \rho \cdot \frac{L}{S}$, לכן לפי חוק

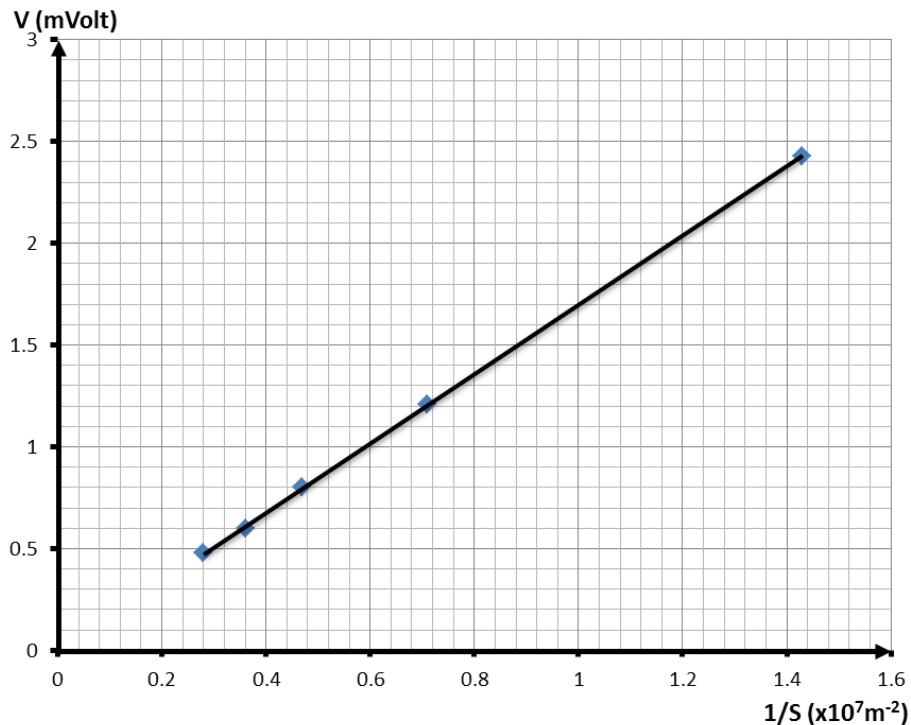
אווהם המתח הנמדד בין קצוות המוליך נמצא גם כן ביחס הפוך לשטח החתך שלו.

נבחר משתנה חדש $\frac{1}{S}$ על מנת לקבל קשר ליניארי – תשובה (III).

(2) ערכי המשתנה החדש:

3.5	2.8	2.1	1.4	0.7	שטח החתך של התייל S ($\times 10^{-7} \text{ m}^2$)
0.48	0.60	0.80	1.21	2.43	המתח בין קצוות התייל (mVolt)
0.28	0.36	0.47	0.71	1.43	המשתנה החדש $1/S$ ($\times 10^7 \text{ m}^{-2}$)

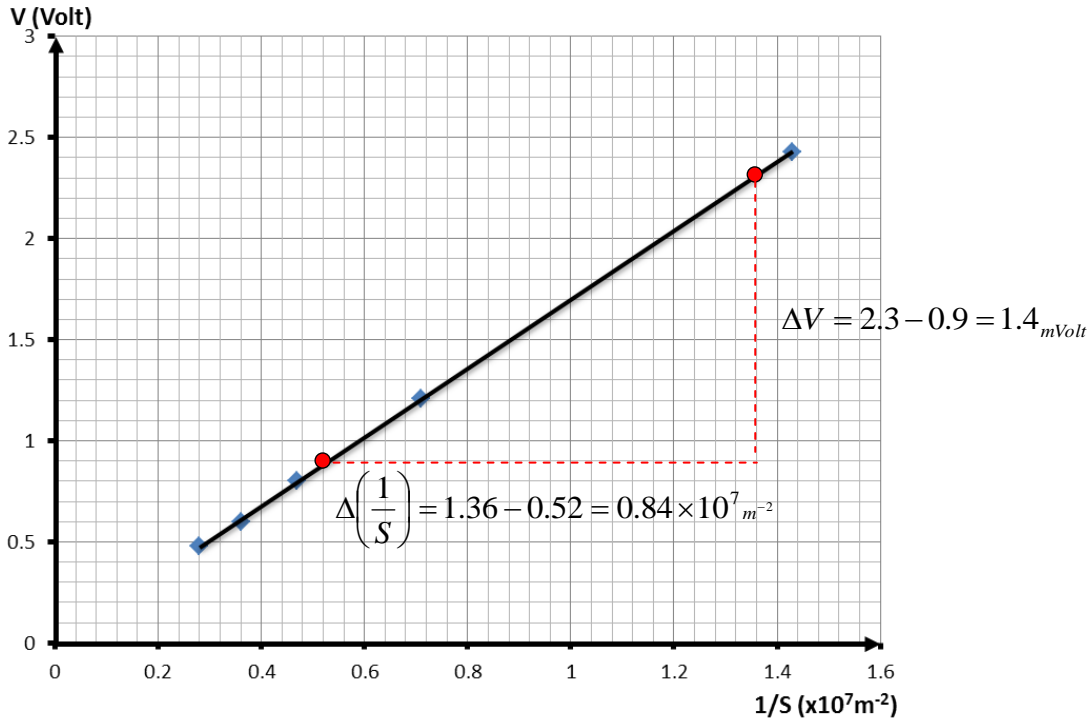
(3) גרף המתח כתלות במשתנה החדש:



סעיף ד'

$$V = R \cdot i = \rho \cdot \frac{L}{S} \cdot i \rightarrow V = (\rho \cdot L \cdot i) \cdot \frac{1}{S}$$

הקשר בין המתח הנמדד למשתנה החדש הנו: $\rho \cdot L \cdot i$ הוא שיפוע הגרף ששורטט בסעיף הקודם. חישוב שיפוע הגרף נעשה על ידי שתי נקודות מהישר (ולא מערכי הטבלה!).



שיפוע הישר וחישוב ההתנגדות הסגולית:

$$\rho \cdot 0.1 \cdot 0.1 = \frac{1.4 \times 10^{-3}}{0.84 \times 10^7} \rightarrow \rho = 1.67 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$$

סעיף ה'

ככל שקוטר חוט הלהט גדול יותר, שטח החתך שלו גדול יותר ולכן התנגדותו קטנה יותר. מהגרף שקיבלנו ככל שטח החתך של המוליך גדול יותר, המתח החשמלי עליו קטן יותר ולכן עבור **זרם חשמלי זהה**, ההספק החשמלי של המוליך יהיה קטן יותר. מאחר ועוצמתה ההארה של נורה נמצאת בפרופורציה להספקה, **נורה ב' תאיר בעוצמה יותר חזקה**.

שימו לב: אם נחבר את הנורות **למתח זהה**, מאחר והתנגדות הנורה בעלת שטח החתך הגדול יותר בעלת התנגדות קטנה יותר, הספקה יהיה יותר גדול, שהרי ההספק הנו V^2/R (כאשר R מציין את התנגדות הנורה). לכן במקרה זה **נורה א' תאיר בעוצמה יותר חזקה**.

שאלה מספר 3

סעיף א'

מאחר והנורה אינה דולקת הדבר מעיד כי המתח החשמלי עליה שווה לאפס. מקרה זה אפשרי כאשר הנקודה P נמצא בנקודה N.

סעיף ב'

הנורה נשרפה ולכן ברגע זה המתח עליה ברגע זה הוא המתח המרבי 4.5_{Volt} . זהו גם המתח חשמלי בין הנקודות P ו-N.

חישוב הזרם החשמלי דרך הסוללה:

$$\varepsilon - rI = R_{PM} I + V_{PN}$$

$$9 - I = 2I + 4.5 \rightarrow I = 1.5_A$$

הזרם החשמלי העובר דרך הנגד PN הוא:

$$V_{PN} = R_{PN} I_1$$

$$4.5 = 6I_1 \rightarrow I_1 = 0.75_A$$

לכן הזרם החשמלי I_2 דרך הנורה הנו $I = I_1 + I_2 \rightarrow I_2 = 0.75_A$

הספק הנורה הנו: $P = V \cdot I_2 = 3.375_{\text{Watt}}$

סעיף ג'

מאחר והנורה שרופה, הזרם החשמלי במעגל הוא רק דרך הנגד MN. הזרם העובר דרכו כעת הנו:

$$\varepsilon - rI = R_{MN} I$$

$$9 - I = 8I \rightarrow I = 1_A$$

המתח בין הנקודות A ו-B הוא המתח בין הנקודות P ו-N ולכן:

$$V_{AB} = 6 \cdot 1 = 6_{\text{Volt}}$$

סעיף ד'

על מנת שהנורה לא תישרף בהפעלת המעגל החשמלי הזרם דרכה צריך להיות הקטן ביותר האפשרי במעגל. לכן נדרוש שההתנגדות החשמלית תהיה הגדולה ביותר. הדבר אפשרי כאשר המגע הנייד P יהיה בנקודה N.

סעיף ה'

ברגע שריפת הנורה המתח החשמלי עליה שווה 4.5_{Volt} . ההספק המרבי של הנורה, כפי שחושב בסעיף ב' הוא 3.375_{Watt} ולכן הזרם החשמלי דרכה הוא: 0.75_A , שזהו גם הזרם דרך הנגד המשתנה (מעגל טורי).

חישוב התנגדות הנגד המשתנה ברגע זה:

$$9 - I = R_{PM} I + 4.5$$

$$9 - 0.75 = R_{PM} \cdot 0.75 + 4.5 \rightarrow R_{PM} = 5_{\Omega}$$

חישוב אורך הנגד המשתנה:

$$R_{PM} = \frac{R}{L} d \rightarrow 5 = \frac{8}{10} d \rightarrow d = 6.25_{\text{cm}}$$

שאלה מספר 4

סעיף א'

הכוח המגנטי ליח' אורך שתייל (1) מפעיל על תייל (2):

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} I_1 I_2 \frac{1}{a}$$

$$F = 2 \times 10^{-7} \cdot 0.1 \cdot 0.4 \cdot \frac{1}{0.2} = 4 \times 10^{-8} \text{ N}$$

מאחר והזרמים מנוגדים בכיוונם, הכוח הוא כוח דחייה – מכון שמאלה.

סעיף ב'

גודל הכוח שווה לפי חוק שלישי של ניוטון.

סעיף ג'

השדה המגנטי הנוצר בנקודה A על ידי תייל (1): $B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d} = \frac{2 \times 10^{-7} \cdot 0.1}{0.1} = 2 \times 10^{-7} \text{ Tesla}$. מאחר והזרם מכון לתוך מישור התרשים, כיוון השדה אנכית מעלה.

השדה המגנטי הנוצר בנקודה A על ידי תייל (2): $B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi d} = \frac{2 \times 10^{-7} \cdot 0.4}{0.1} = 8 \times 10^{-7} \text{ Tesla}$. מאחר והזרם מכון החוצה ממישור התרשים, כיוון השדה אנכית מעלה.

השדה המגנטי השקול בנקודה A הנו: $B = B_1 + B_2 = 10^{-6} \text{ Tesla}$. כיוונו אנכית מעלה (לאורך ציר y החיובי)

סעיף ד'

קיימת נקודה בה השדה המגנטי שווה לאפס. היא חייבת להיות לאורך ציר x וקרוב יותר לתייל (1) דרכו הזרם החשמלי קטן יותר. נסמן את מרחק הנקודה בה השדה המגנטי שווה לאפס ב-a מתייל (1) ומימין לו.

$$\frac{\mu_0 I_1}{2\pi a} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi \cdot (2d + a)} \rightarrow \frac{I_1}{a} = \frac{I_2}{(2d + a)} \rightarrow \frac{0.1}{a} = \frac{0.4}{0.2 + a}$$
$$a = 0.0667 \text{ m} = 6.67 \text{ cm}$$

סעיף ה'

הגרף הנכון הוא גרף (3).

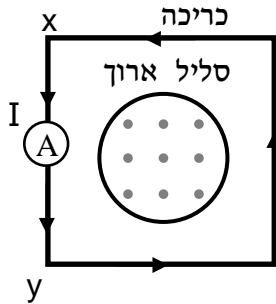
מאחר והזרם החשמלי שווה בשני התיילים, לאורך ציר y השדה המגנטי מכון אנכית מעלה, כאשר ערכו המרבי מתקבל בראשית.

שאלה מספר 5

סעיף א'

הזזת המגע הנייד גורם לשינוי הזרם בסליל ובעקבות כך לשינוי בשדה המגנטי שהוא יוצר בתוכו. מאחר והשדה המגנטי משתנה, השטף המגנטי דרך הכריכה משתנה, ולכן לפי חוק פראדיי נוצר בה כא"מ מושרה. מאחר והכריכה מוליכה וסגורה עובר דרכה זרם חשמלי.

סעיף ב'



לפי המעגל החשמלי המחובר לסליל ולפי חוק יד ימין, השדה המגנטי הנוצר על ידי הסליל שווה לאפס מחוצה לו וכיוונו בתוכו יהיה החוצה ממישור תרשים ב'.

תרשים ב'

סעיף ג'

מאחר והזרם המושרה מכוון במנוגד למגמת השעון הוא יוצר בתחום שבתוך הכריכה שדה מגנטי המכוון החוצה בניצב למישור התרשים, זהה לכיוון השדה המגנטי הנוצר מהסליל. לכן, לפי עקרון לנץ, **השטף המגנטי הולך וקטן**.

סעיף ד'

(1) הכא"מ המושרה של הכריכה, לפי חוק אוהם, הנו: $\varepsilon^* = RI = (16a \cdot r) \cdot I$.

(2) חישוב קצב שינוי השדה המגנטי, לפי חוק פראדיי:

$$|\varepsilon^*| = \frac{d\phi_B}{dt} = S \frac{dB}{dt} \rightarrow (16a \cdot r) \cdot I = \pi a^2 \cdot \frac{dB}{dt} \rightarrow \frac{dB}{dt} = \frac{16rI}{\pi a}$$

סעיף ה'

(1) השטף המגנטי העובר דרך הכריכה החדשה יהיה **שווה** לשטף המגנטי במקרה הקודם, מאחר והשדה המגנטי עובר דרך אותו שטח (שהוא שטח חתך הסליל).

(2) הזרם החשמלי יהיה **גדול יותר** מאחר והכא"מ המושרה דרך הטבעת יהיה זהה אך התנגדותה קטנה יותר (היקפה קטן יותר).