

# פתרון הבחינה

## בפיזיקה – חשמל

קיץ תשפ"ד, 2024, שאלון: 36371

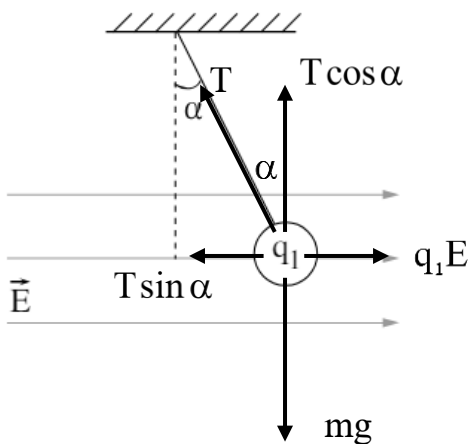
מוגש ע"י צוות מורי הפיזיקה של "יזאל גבע"

### הערות:

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

הנבחים נדרשו לענות על שלוש מהשאלות 6-1

### שאלה מספר 1:



### סעיף א' (1)

המערכת במנוחה ולכן מהחוק הראשון של ניוטון מתקבלות המשוואות

$$\text{מחילוק המשוואות מתקבל} \quad \begin{cases} T \sin \alpha = q_1 E \\ T \cos \alpha = mg \end{cases}$$

$$\boxed{\tan \alpha = \frac{q_1 E}{mg}} \quad \text{ביטוי הקושר בין } \alpha \text{ לבין } E :$$

### סעיף א' (2)

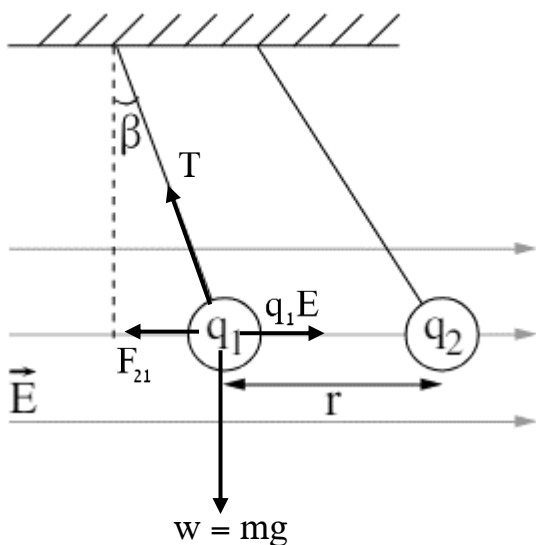
הסימן של המטען החשמלי הוא סימן **חיובי**, מכיוון שהכוח החשמלי הפועל על המטען פועל

בכיוון השדה החשמלי. נבודד את  $q_1$  מהתוצאה של הסעיף הקודם ונציב  $q_1 = \frac{mg \cdot \tan \alpha}{E}$

את הנתונים:  $m = 0.2 \text{ gr} = 0.0002 \text{ kg}$ ,  $E = 5700 \frac{\text{N}}{\text{C}}$ ,  $\alpha = 14^\circ$  ונקבל:

$$\boxed{q_1 = 8.75 \cdot 10^{-8} \text{ C} = 87.5 \text{ nC}}$$





**סעיף ב'**

הכוחות הפועלים על הכדור הטעון במטען  $q_1$  הם:  
 $T$  כוח מתיחות שמפעיל החוט.

$q_1 E$  כוח חשמלי שמפעיל השדה החשמלי האחיד.

$F_{21} = \frac{kq_1 q_2}{r^2}$  כוח חשמלי שמפעיל  $q_2$ .

$w = mg$  כוח הכובד המפעיל כדור הארץ.

**סעיף ג'**

מהחוק הראשון של ניוטון נובעות המשוואות:

נבודד מהמשוואה השנייה  $T = \frac{mg}{\cos \beta}$  ונציב במשוואה

$$\begin{cases} T \sin \beta + \frac{kq_1 q_2}{r^2} = q_1 E \\ T \cos \beta = mg \end{cases}$$

הראשונה ונקבל  $mg \tan \beta + \frac{kq_1 q_2}{r^2} = q_1 E$ , נחלק את המשוואה ב-  $q_1$  וכך מתקבל:

$$E = \frac{kq_2}{r^2} + \frac{mg}{q_1} \tan \beta$$

**סעיף ד'**

לפי הסעיף הקודם שיפוע הגרף הוא  $S = kq_2$ . נחשב את שיפוע הגרף לפי שתי נקודות

$$S = \frac{(6000 - 3000) \frac{N}{C}}{(80 - 30) \frac{1}{m^2}} = 50 \frac{Nm^2}{C}$$

נחשב לפי  $q_2 = \frac{S}{k}$  ונקבל  $q_2 = 5.56 nC$ .

נקודת החיתוך עם הציר האנכי מתקבלת מהמשך קו המגמה הנתון והיא

ומהצבת הערכים מתקבלת התוצאה  $\tan \beta = 0.0875$  וכן  $\beta = 5^\circ$

$$\frac{mg}{q_1} \tan \beta = 2000 \frac{N}{C}$$



## סעיף ה'

התשובה היא טענה מספר 3 .

נימוק: הכוח הכבידתי על שניהם זהה וזווית הפריסה זהה ולכן המתרחות שווה בשני החוטים. לכן, נדרוש שגם הכוח החשמלי השקול בציר האופקי יהיה זהה (הכוח השקול של הכוח החשמלי שהשדה מפעיל יחד עם הכוח שפועל בין המטענים). כיוון הכוח שהשדה מפעיל על שניהם זהה ומכוון ימינה ואילו הכוח שהם מפעילים זה על זה הוא בכיוונים מנוגדים. על המטען הימני הכוחות (הכוח שמפעיל השדה והכוח בין המטענים) פועלים באותו הכיוון ואילו על המטען השמאלי הם פועלים בכיוונים מנוגדים. לכן, נדרוש שהכוח שהשדה מפעיל על מטען  $q_1$  יהיה גדול מהכוח שהשדה מפעיל על המטען  $q_2$ , מכאן נובע שהמטען  $q_1$  גדול מהמטען  $q_2$ .

למידע על פסיכומטרי  
ביזאל גבע ←

הזדמנות לעתודה יש פעם בחיים.  
אל תתפשר עליה.



## שאלה מספר 2:

### סעיף א'

$$E = \frac{k(Q-q)}{d^2}$$

גודל השדה החשמלי השקול בנקודה O הוא

וכיוונו כלפי מטה - בכיוון השלילי של ציר ה-y .

### סעיף ב'

אין נקודה במרחב שבה הפוטנציאל הוא אפס (למעט באין-סוף).  
 שני המטענים חיוביים וכל אחד מהם משרר פוטנציאל חיובי בכל נקודה במרחב ובכל נקודה הפוטנציאל הכולל יהיה סכום של שני ערכים חיוביים של פוטנציאל ולכן לא יכול להיות אפס.

### סעיף ג'

נחשב את המטען q לפי ערך הפוטנציאל בנקודה (8 cm, 0) שבה הפוטנציאל הוא 72V .  
 הנקודה נמצאת במרחק 10cm מכל אחד מהמטענים (חישוב גיאומטרי לפי משפט פיתגורס)

ומכאן שמתקיימת המשוואה  $72V = \frac{kq}{0.1m} + \frac{kQ}{0.1m}$  ומהצבת  $Q = 6 \cdot 10^{-10}C$  נקבל

$$q = 2 \cdot 10^{-10}C$$

הערת הפותרים: ייתכנו תוצאות שונות במידה רבה, עבור בחירה אחרת של נתונים מתוך התרשים.

### סעיף ד'

בהיעדר עבודה של כוחות שאינם משמרים האנרגיה הכוללת נשמרת ולכן

$$\frac{1}{2} m_{e^+} v_O^2 + q_{e^+} V_O = \frac{1}{2} m_{e^+} v_B^2 + q_{e^+} V_B$$

הנתונים הם:  $m_{e^+} = 9.11 \cdot 10^{-31}$  ,  $q_{e^+} = +0.6 \cdot 10^{-19}C$  ,  $v_O = 5.2 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$

$V_B = 72V$  . נחשב את הפוטנציאל בנקודה O :  $V_O = \frac{kQ}{6cm} + \frac{kq}{6cm} = 120V$

$$V_B = 6.63 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$$

נציב את כל הערכים ונחשב את המהירות



## סעיף ה'

הכיוון המתאים הוא כיוון 2. כיוון השדה החשמלי הוא במורד הפוטנציאל ובניצב למשטחים שווי הפוטנציאל, לפי תרשים 3 כיוון זה הוא כיוון 2. הפוזיטרון הוא מטען חיובי ולכן כיוון הכוח החשמלי שפועל עליו הוא בכיוון השדה החשמלי ולפי החוק השני של ניוטון זהו גם כיוון תאוצתו.

למידע על פסיכומטרי  
ביזאל גבע ←

הזדמנות לעתודה יש פעם בחיים.  
אל תתפשר עליה.



**שאלה מספר 3:****סעיף א'**

המתח על הנגד המחובר לאמפרמטר הוא  $8V$  והזרם בו הוא  $1.25A$  ולפי חוק אוהם  $V = RI$  מתקבל  $R_x = 6.4\Omega$ .

**סעיף ב'**

גם על הנגד  $R_x$  השני המתח הוא  $8V$  ויש לו את אותה ההתנגדות  $6.4\Omega$  לכן הזרם שזורם בו הוא גם כן  $1.25A$ . סכום הזרמים,  $I = 2.5A$ , זהו הזרם הזורם במקור המתח. נשתמש במשוואה  $V_1 = \varepsilon - RI$  ועבור  $\varepsilon = 12V$  ו-  $V = 8V$  נקבל  $R = 1.6\Omega$ .

**סעיף ג'**

ההתנגדות של החלק MP של המוט מתקבלת מחוק אוהם,  $V = 6V$ ,  $I = 1.25A$ , לכן  $R_{MP} = 4.8\Omega$ . את ההתנגדות האורכית נחשב לפי  $R_{MP} = L \cdot \lambda$  ומתקבלת התוצאה

$$L = 40cm \text{ לפי הנתון } \lambda = 12 \frac{\Omega}{m}$$

**סעיף ד'**

מחיבור הנגדים במקביל ובטור מתקבלת ההתנגדות השקולה של המעגל

$$R_T = \frac{R_x}{n} + R = \frac{R_x + n \cdot R}{n} \text{ לפי חוק אוהם, הזרם דרך המקור הוא } I_\varepsilon = \frac{\varepsilon \cdot n}{R_x + n \cdot R}$$

לפי חוק הצמתים של קירכהוף ושויון ההתנגדויות של הנגדים המחוברים במקביל, הוריית מד

$$I = \frac{\varepsilon}{R_x + n \cdot R} \text{ כלומר } I = \frac{I_\varepsilon}{n} \text{ הזרם היא:}$$

**סעיף ה'**

ההיגד הוא היגד 1.

הוספת הנגדים במקביל תקטין את ההתנגדות השקולה של המעגל ותגדיל את הזרם דרך מקור

$$V_1 = \varepsilon - I \cdot R \text{ המתח. הוריית המתח } V_1 \text{ תקטן לפי הביטוי}$$

לפי הביטוי שפיתחנו בסעיף הקודם הזרם העובר דרך האמפרמטר קטן עם הגדלת n. לפיכך ולפי

חוק אוהם על הנגד MP הוריית  $V_2$  קטנה.



#### שאלה מספר 4

##### סעיף א'

הוריית מד המתח גדלה. נימוק: הזזת המגע הנייד לכיוון הקצה L מגדילה את ההתנגדות השקולה במעגל ולפי חוק אוהם הזרם במעגל יקטן. לפי הביטוי עבור מתח ההדקים  $V = \varepsilon - I \cdot r$  מתח ההדקים גדל ככל שהזרם קטן.

##### סעיף ב'

הנקודה המתאימה ביותר לחישוב ההתנגדות המקסימאלית היא  $M_1$  כיוון שבנקודה זו הזרם הוא הקטן ביותר, לפי חוק אוהם.

$$P = I^2 R, \quad M_1 (0.5A, 3.5W)$$

$$R = \frac{P}{I^2} = \frac{3.5}{0.5^2}$$

$$R = 14\Omega$$

##### סעיף ג'

ההספק המירבי מתאים לנקודה  $M_3 (2A, 8W)$  והנקודה המתאימה לזרם הקצר היא  $M_5 (4A, 0)$ . מהשוואה לערכים התיאורטיים מתקבלות המשוואות הבאות:

$$\frac{\varepsilon}{r} = 4, \quad \frac{\varepsilon^2}{4r} = 8$$

פתרון המשוואות הוא  $\boxed{\varepsilon = 8V}$ ,  $\boxed{r = 2\Omega}$ .

##### סעיף ד'

ההספק המבוצז בסוללה גדל ככל שהזרם גדל לפי הביטוי  $P = I^2 \cdot r$  לכן ב-  $M_4$  ההספק

$$\frac{I_4^2 \cdot r}{I_2^2 \cdot r} = 9$$

ההספק המבוצז גדול פי 9.

##### סעיף ה'

#### ההיגד הנכון הוא 3.

כיוון שמכשירי המדידה אידיאליים, התנגדות האמפרמטר היא אפסית ולכן הוא מקצר את הדקי מקור המתח ומוודד את זרם הקצר. מסיבה זו לא יעבור זרם דרך הנגד החיצוני והוריית מד המתח תהיה אפס בהתאם לזרם הקצר. נקודה  $M_5$  מתאימה לערכים אלו.



### שאלה מספר 5

#### סעיף א'

כיוון השדה המגנטי  $B_1$  הוא פנימה אל תוך הדף.

לפי מסלול התנועה נסיק את כיוון הכוח המגנטי (כיוון המהירות נתון בתרשים). כמו-כן נתון כי המטען חיובי, לפיכך ולפי כלל יד ימין נסיק את כיוון השדה הנ"ל.

#### סעיף ב'

בתנועה מעגלית קצובה רבע מהמסלול המעגלי מתבצע ברבע מזמן המחזור, לכן  $t_1 = \frac{1}{4}T$ .

לפי החוק השני של ניוטון בתנועה מעגלית  $qvB = m \frac{v^2}{R}$  ו-  $v = \frac{2\pi R}{T}$

נקבל  $m = \frac{qB_1 T}{2\pi}$  ועם הצבת הנתונים נקבל  $m = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

#### סעיף ג'

$B_2$  מכוון החוצה מתוך הדף. לפי מסלול התנועה (כיוון הכוח המגנטי וכיוון המהירות) ומכך שנתון

שהמטען חיובי. רדיוס המסלול מחושב לפי  $R + 2r = KP$ .

$B_2 = \frac{mv_0}{qr}$ ,  $B_2 = 0.2T$

#### סעיף ד'

כיוון השדה החשמלי שמאלה וגודלו  $E = 100,000 \frac{N}{C}$

לפי כלל יד ימין וכיוון השדה המגנטי  $B_1$  כיוון הכוח המגנטי ימינה. על מנת שהחלקיק שמטענו חיובי יתמיד בתנועתו לפי החוק הראשון של ניוטון השדה החשמלי בכיוון הנ"ל.

#### סעיף ה'

$B_1$  התהפך. לפי אופי התנועה בחלק האחרון של המסלול.

$B_2$  התהפך. לפי אופי התנועה בחלק בו שורר שדה זה.





שאלה מספר 6:

סעיף א'

כיוון השדה המגנטי הוא מ-Q ל-P.

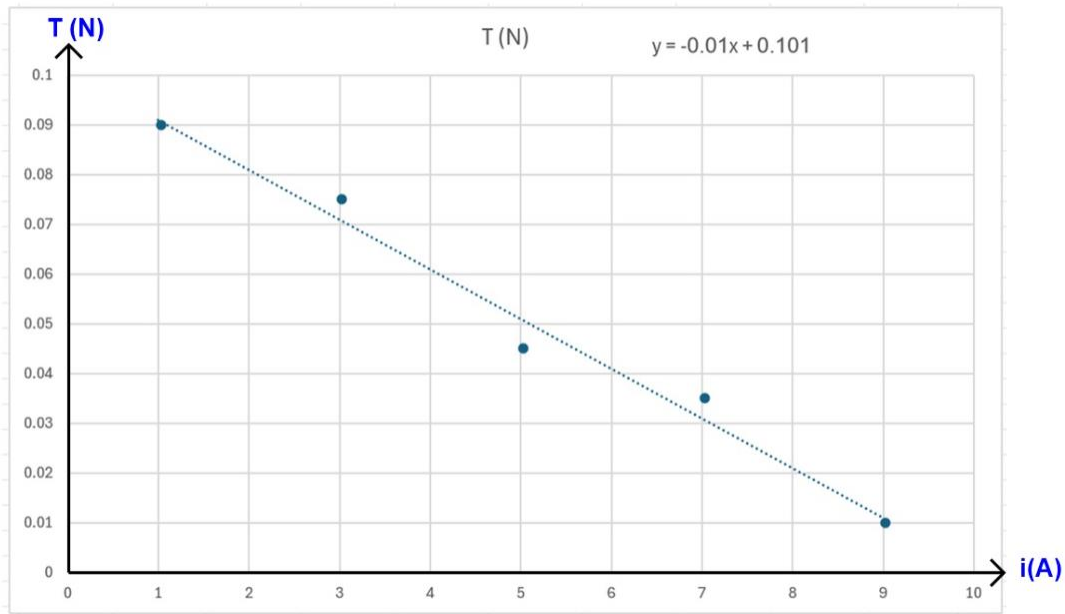
נימוק: לפי המדידות, כאשר הזרם גדל הוריית חיישן הכוח אשר מודד את המתיחות קטנה. מכאן נסיק שכיוון הכוח שהמגנט מפעיל על המוט הוא כלפי מעלה. לפי כלל יד ימין נסיק שאם כיוון הזרם הוא כלפי חוץ אז השדה המגנטי חייב להיות מכוון ימינה.

סעיף ב'

לפי החוק הראשון של ניוטון  $2T = mg - F_B$  ומכאן

$$T = \frac{-BL}{2} \cdot i + \frac{mg}{2}$$

סעיף ג'



סעיף ד'

שיפוע הגרף הוא  $S = -0.01 \frac{N}{A}$ . לפי הסעיף הקודם השיפוע הוא  $S = \frac{-BL}{2}$ . נתון

$B = 0.2T$  ומתקבלת התוצאה  $L = 10cm$

מנקודת החיתוך של הגרף עם הציר האנכי  $\frac{mg}{2} = 0.101$  ומכאן מסת המוט  $m = 20gr$



**סעיף ה'**

**הגרף המתאים הוא גרף 1.**

כיוון השדה המגנטי בתוך הסילונית הוא ככיוון הזרם במוט, לכן, לא יפעל כוח מגנטי על המוט והוריית חיישן הכוח תהיה קבועה ( 0.5mg).

למידע על פסיכומטרי  
ביזאל גבע ←

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

