

# פיזיקה ב



## תוכן העניינים

1	מבוא למבנה החומר	(ללא ספר)
1	הכוח החשמלי- חוק קולון	
5	השדה החשמלי	
9	חוק גאוס ברמה איכותית בלבד	
12	תנועה בשדה חשמלי אחיד	
14	מוליכים	
17	מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית	
33	זרם מתח ותנגדות	
41	אנרגיה והספק במעגל החשמלי	
46	חיבור נגדים וחוקי קירכהוף	
56	מכשירי מדידה	
57	השדה המגנטי	
60	הכוח המגנטי (חוק לורנץ)	
67	גלים	
70	אופטיקה	
74	האפקט הפוטואלקטרי	
75	האטום- התפתחות הסטורית ומודל האטום של בוהר	
79	גרעין האטום, אנרגיית הגרעין ורדיואקטיביות	

# פיזיקה ב

פרק 1 - מבוא למבנה החומר

תוכן העניינים

1. מבוא למבנה החומר ..... (ללא ספר)

# פיזיקה ב

פרק 2 - הכוח החשמלי- חוק קולון

תוכן העניינים

1. חוק קולון.....1
2. תרגילים.....2

## חוק קולון:

### שאלות:

#### (1) אלקטרון ופרוטון

אלקטרון ופרוטון נמצאים במרחק של 3A אחד מהשני. מהו הכוח הפועל על כל אחד מהם? (גודל וכיוון).

#### (2) שני מטענים על ציר ה-X

שני גופים טעונים במטענים:  $q_1 = 0.2mc, q_2 = 0.3mc$ .

מיקום הגוף הראשון הוא:  $\vec{r}_1(3m, 0)$  ומיקום הגוף השני הוא:  $\vec{r}_1(8m, 0)$ .

א. חשב את הכוח החשמלי הפועל על כל גוף גודל וכיוון.

ב. מהי תאוצת כל גוף באותו הרגע אם מסותיהן הן:  $m_1 = 3kg, m_2 = 8kg$ .

#### (3) שני מטענים במישור

שני גופים טעונים במטענים:  $q_1 = 15\mu c, q_2 = -20\mu c$ .

מיקום הגוף הראשון הוא:  $\vec{r}_1(0, 0)$  ומיקום הגוף השני הוא:  $\vec{r}_1(5m, 3m)$ .

א. חשב את הכוח החשמלי הפועל על כל גוף גודל וכיוון.

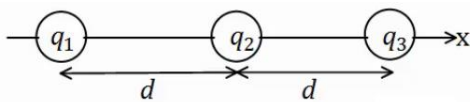
ב. מהי תאוצת כל גוף באותו הרגע אם מסותיהן הן:  $m_1 = 3kg, m_2 = 8kg$ .

#### (4) 3 מטענים על ציר ה-X

שלושה מטענים מונחים על ציר ה-x במרווחים של  $d = 10cm$  אחד מהשני.

גודל המטענים הוא:  $q_1 = 2\mu c, q_2 = -10\mu c, q_3 = 5\mu c$ .

מצא את הכוח הפועל על כל מטען גודל וכיוון.



### תשובות סופיות:

(1)  $F = -2.56 \cdot 10^9 N$ , כוח המשיכה.

(2) א. שניהם נעים בכיוונים הפוכים, ב-  $F = 21.6N$ . ב.  $a_1 = -7.2 \frac{m}{sec^2} \hat{x}$ ,  $a_2 = 2.7 \frac{m}{sec^2} \hat{x}$ .

(3) א.  $|F_1| = |F_2| = 7.94 \cdot 10^{-2} N$ ,  $\theta_1 = 30.96^\circ$ ,  $\theta_2 = 210.96^\circ$ . ב.  $a_1 \approx 2.65 \cdot 10^{-2} \frac{m}{sec}$ .

(4)  $\sum \vec{F}_1 = 15.75N\hat{x}$ ,  $\sum \vec{F}_2 = 27N\hat{x}$ ,  $\sum \vec{F}_3 = 42.75N\hat{x}$

## תרגילים:

### שאלות:



#### (1) מטען בפינת ריבוע

חשב את הכוח הפועל על המטען בפינה הימנית התחתונה של הריבוע.  $q$  ו- $a$  נתונים.

#### (2) שני כדורים תלויים

שני כדורים בעלי מסה  $m$  ומטען זהה תלויים מהתקרה ע"י חוטים בעלי אורך  $L$ , הזווית בין החוטים היא  $30^\circ$  מעלות. מצא את מטען הכדורים.

#### (3) מהירות זוויתית באטום המימן

אטום המימן מורכב מפרוטון בגרעין ואלקטרון הסובב סביב הגרעין בתנועה מעגלית ברדיוס של  $0.53$  אנגסטרומ. מצא את המהירות הזוויתית של האלקטרון, אם ידוע כי מסת האלקטרון היא:  $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  ומטען האלקטרון והפרוטון הוא:  $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = -q_p$ .



#### (4) מטענים בקודקודי משולש

שלושה מטענים זהים נמצאים על קודקודיו של משולש שווה צלעות. גודל כל מטען הוא  $q = 2\mu\text{C}$  ואורך צלע המשולש היא  $4\text{m}$ .

מצא את הכוח שמרגיש כל מטען כתוצאה מהמטענים האחרים.

**(5) כוח על כדור בקצה משולש**



שני כדורים קטנים, שמטען כל אחד מהם הוא:  $q = 10^{-5} \text{ C}$ , קבועים בנקודות A ו-B באיור. המרחק בין הנקודות הוא 30cm. בנקודה C הנמצאת במרחק של 30cm מכל אחד מהמטענים האלה, נמצא כדור מוליך קטן שמסתו 20gr והוא טעון במטען של:  $Q = -2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ .

משחררים את הכדור הנמצא בנקודה C.

- חשב את הגודל ואת הכיוון של הכוח על הכדור ברגע בו שוחרר.
- חשב את גודלה ואת כיוונה של תאוצת הכדור ברגע בו שוחרר.
- חשב את תאוצת הכדור בנקודה D.

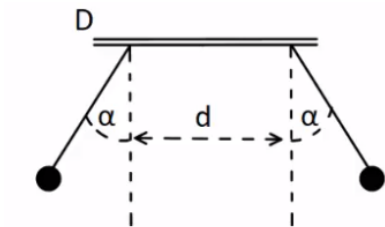
**(6) נחש את סימן המטענים**



שני מטענים נקודתיים ממוקמים בקודקודי משולש ישר זווית, בקצוות המיתר AB. נתון כי:  $Q_3 = 3\mu\text{C}$ ,  $|q_1| = 3\mu\text{C}$  והכוח השקול F הפועל על  $Q_3$  פועל בכיוון אופקי שמאלה במקביל לצלע AB. בהזנחת כוח הכובד:

- מהם סימני המטענים  $q_1$  ו- $q_2$ ? נמק.
- חשב את מטען  $q_2$  אם הזווית  $\angle ACB$  היא זווית ישרה.
- מהו גודלו של הכוח השקול F?

**(7) שני מטענים תלויים**



שני כדורים שמסתם זהות  $m = 8\text{gr}$  ומטען זהה  $q$ , תלויים באמצעות חוטים משתי נקודות שהמרחק בניהם הוא  $d = 2\text{cm}$ . נתון:  $\alpha = 30^\circ$  ו- $l = 3\text{cm}$ . בטא את גודל המטען  $q$  באמצעות  $d, m, l, \alpha$  וחשב את גודל המטען  $q$ .

## תשובות סופיות:

$$\sum F_y = \frac{kq^2}{a^2} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right) \quad (1)$$

$$q = \sqrt{\frac{mg}{k} \tan(15) L^2 (2 - \sqrt{3})} \quad (2)$$

$$\omega = \sqrt{17} \cdot 10^{16} \frac{1}{\text{sec}} \quad (3)$$

$$\sum F = 3.897 \cdot 10^{-3} \text{ N} \quad (4)$$

$$a = 0 \quad \text{ג.} \quad a_y = 1,732 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ב.} \quad 34.6 \text{ N} \quad \text{א.} \quad (5)$$

$$\sum F_x = 37.5 \text{ N} \quad \text{ג.} \quad q_2 = 7.11 \mu\text{c} \quad \text{ב.} \quad \text{א.} \quad q_1 : \text{שלילי}, \quad q_2 : \text{חיובי.} \quad (6)$$

$$q \approx 5.2 \cdot 10^{-8} \text{ c}, \quad q = \sqrt{\frac{mg \tan \alpha}{k}} (d + 2l \sin \alpha) \quad (7)$$

# פיזיקה ב

פרק 3 - השדה החשמלי

תוכן העניינים

1. שדה חשמלי של מטענים נקודתיים ..... 5

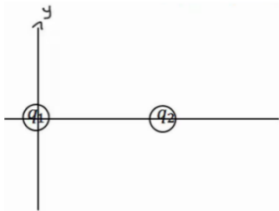
## שדה חשמלי של מטענים נקודתיים:

### שאלות:

#### 1) שדה בשתי נקודות

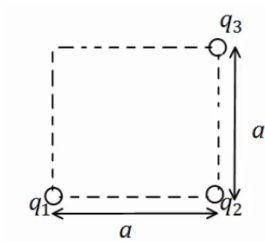
מטען  $q$  נמצא בראשית הצירים.

- חשב את השדה בנקודות  $(0, 2m)$ ,  $(1m, 3m)$ , אם נתון ש- $q = 5c$  (גודל וכיוון).
- חזור על סעיף א' אם  $q = -7c$ .
- מצא מה יהיה הכוח על מטען  $q_2 = 3c$  המגיע לנקודה  $(1m, 3m)$  עבור סעיף א'.
- מצא מה יהיה הכוח על מטען  $q_3 = -4c$  המגיע לנקודה  $(1m, 3m)$  עבור סעיף א' ללא  $q_2$ .



#### 2) חישוב שדה שקול בשלוש נקודות

- מטען  $q_1 = 5\mu c$  נמצא בראשית הצירים.  
מטען  $q_2 = 4\mu c$  נמצא במיקום  $(3cm, 0)$ .  
מצא את השדה בנקודות הבאות:
- $(5cm, 0)$
  - $(2cm, 0)$
  - $(2cm, 1cm)$

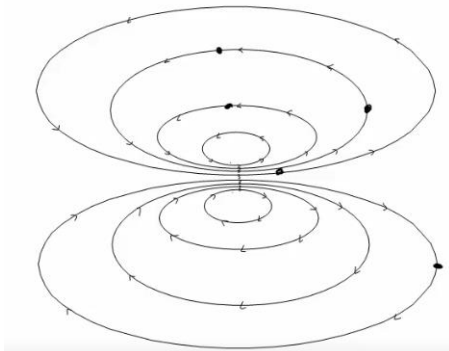


#### 3) חישוב שדה שקול בפינה של ריבוע

- מטענים  $q_1, q_2, q_3$  נמצאים בשלוש פינותיו של ריבוע בעל צלע  $a$ .  
מהו השדה בפינה הרביעית?  
 $q_1, q_2, q_3, a$  נתונים.

#### 4) קווי שדה

- באיור הבא מתוארים קווי שדה במרחב. צייר איכותית את וקטור השדה החשמלי בכל הנקודות המסומנות.



- (5) חלקיק על קו שדה**  
 חלקיק מתחיל לנוע ממנוחה במרחב בו קיים שדה חשמלי.  
 האם החלקיק ימשיך לנוע לאורך קו השדה עליו היה בתחילת התנועה לעד?
- (6) יחידות של השדה**  
 תלמיד טען שניתן לרשום את היחידות של השדה החשמלי גם כג'אול לקולון למטר. האם התלמיד צודק?
- (7) קווי שדה חוצים זה את זה**  
 תלמיד טען שקווי השדה של שני מטענים במרחב חוצים זה את זה? האם הדבר אפשרי? אם כן, אילו מטענים יקיימו טענה זו?
- (8) שדה מתאפס**  
 בתוך אזור מבודד נמצאים שני מטענים במיקומים שונים. גודל המטענים זהה וסימנם אינו ידוע. קבעו האם המטענים בעלי סימן זהה או סימן הפוך אם ידוע שקיימת נקודה במרחב שבה השדה מתאפס. הניחו שאין עוד מטענים במרחב.
- (9) גוף מרגיש שדה**  
 גוף קטן הנושא מטען של  $-5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  חשב בכוח חשמלי שגודלו  $4 \cdot 10^{-8} \text{ N}$  כלפי מטה. הניחו שכוח הכובד זניח.  
 א. מהו השדה החשמלי בנקודה בה נמצא הגוף?  
 ב. מסירים את הגוף ושמים במקומו פרוטון, מה יהיה הכוח על הפרוטון? הניחו שהשדה לא השתנה.
- (10) שדה מתאפס בין שני מטענים**  
 שני מטענים  $q_1 = 3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  ו-  $q_2 = -5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  מרוחקים  $1.8 \text{ m}$  זה מזה.  
 באיזו נקודה מתאפס השדה החשמלי על הקו המחבר בין המטענים?
- (11) שדה בכמה נקודות**  
 מטען  $q_1 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  נמצא בראשית. מטען אחר של  $q_2 = -2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  נמצא בנקודה (1,2) במטרים.  
 חשבו את השדה השקול בנקודות הבאות:  
 א. (0,2)  
 ב. (-1,-2)  
 ג.  $(-1,-4)^*$

**12 שני כדורים תלויים בשדה חיצוני**

שני כדורים קטנים תלויים מהתקרה באמצעות חוטים זהים

באורך:  $L = 8\text{cm}$ .

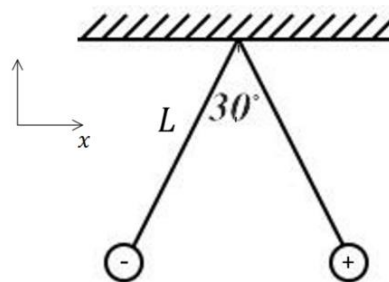
מסת הכדורים זהה ושווה ל-  $4\text{gr}$ , מטעני הכדורים הם:  $6 \cdot 10^{-8}\text{C}$

ו-  $-6 \cdot 10^{-8}\text{C}$ , המטען החיובי על הכדור הימני באיור.

בכל המרחב יש שדה חשמלי אחיד בכיוון ציר  $x$ .

מה צריך להיות גודל השדה כך שהכדורים יהיו במצב שיווי משקל בזווית

של  $30$  מעלות ביניהם?



## תשובות סופיות:

$$\vec{E} = 6.3 \cdot 10^9 \hat{x} + 15.75 \cdot 10^9 (-\hat{y}) \quad \text{ב.} \quad \vec{E} = 1.42 \cdot 10^9 \hat{x} + 4.27 \cdot 10^9 \hat{y} \quad \text{א.} \quad (1)$$

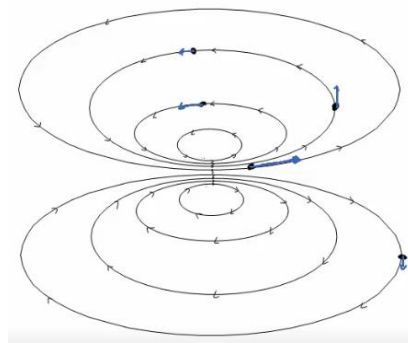
$$\vec{F}_3 = -4 \cdot (1.42 \cdot 10^9 \hat{x} + 4.27 \cdot 10^9 \hat{y}) \quad \text{ד.} \quad \vec{F} = 4.26 \cdot 10^9 \hat{x} + 12.81 \cdot 10^9 \hat{y} \quad \text{ג.}$$

$$E_{1_x} = 8.05 \cdot 10^7, E_{1_y} = 4.03 \cdot 10^7, E_{2_x} = -12.73 \cdot 10^7, E_{2_y} = 12.73 \cdot 10^7 \quad (2)$$

$$E_{T_x} = -4.68 \cdot 10^7, E_{T_y} = 16.77 \cdot 10^7$$

$$E_{T_y} = \frac{kq_1}{a^2} + \frac{kq_2}{2a^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}, E_{T_x} = \frac{kq_3}{a^2} - \frac{kq_2}{2a^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

(4)



(5) לא.

(6) כן.

(7) לא.

(8) זהה.

$$\text{ב.} \quad 1.28 \cdot 10^{-18} N, \text{ כלפי מעלה.} \quad \text{א.} \quad 8 \frac{N}{C}, \text{ למעלה.} \quad (9)$$

(10) .

$$x_2 = -6.19 \quad (11)$$

$$\vec{E} = -2.82 \hat{x} - 5.63 \hat{y} \frac{N}{C} \quad \text{ב.} \quad \vec{E} = 18 \hat{x} + 9 \hat{y} \quad \text{א.} \quad (12)$$

$$\vec{E} = -0.37 \hat{x} - 1.63 \hat{y} \quad \text{ג.}$$

$$4.94 \cdot 10^5 \frac{N}{C} \quad (13)$$

# פיזיקה ב

פרק 4 - חוק גאוס ברמה איכותית בלבד

תוכן העניינים

1. הסבר.....9

## חוק גאוס:

רקע:

הקבוע הדיאלקטרי של הריק:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \frac{c^2}{N \cdot m^2}$$

ניתן לרשום את כל הנוסחאות עם  $k$  או עם  $\epsilon_0$ .

השדה של כדור וקליפה כדורית מחוץ לכדור או הקליפה הוא כמו של מטען נקודתי:

$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

כאשר:

$Q$  - הוא סך כל המטען

$r$  - הוא המרחק ממרכז הקליפה/כדור

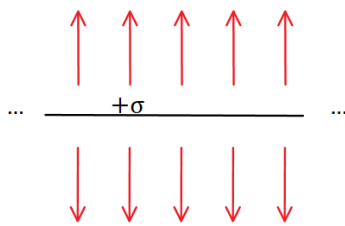
כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (כמו מטען נקי)

בקליפה דקה ובכדור מוליך השדה בתוך הקליפה/כדור מוליך הוא אפס.

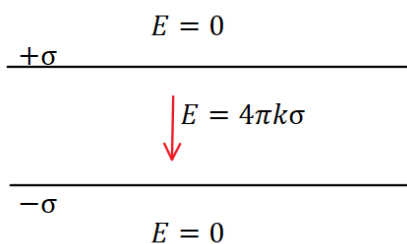
השדה של מישור אינסופי:

$$E = 2\pi k\sigma = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

כאשר:



$\sigma$  - היא צפיפות המטען ליחידת שטח במישור ( $\sigma = \frac{Q}{S}$ )  
כיוון השדה במאונך למישור (החוצה מהמישור עבור מטען חיובי וכלפי המישור עבור מטען שלילי)



השדה של שני מישורים אינסופיים עם צפיפות הפוכה הוא  $4\pi k\sigma$  בין המישורים ואפס מחוץ

השדה של תיל אינסופי:

$$E = \frac{2k\lambda}{r}$$

כאשר :

$$\lambda - \text{ היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל } (\lambda = \frac{Q}{L})$$

$r$  - הוא המרחק מהתיל

אותה הנוסחה גם עבור גליל מלא או קליפה גלילית אינסופיים מחוץ לגליל או לקליפה.

בקליפה גלילית דקה ובגליל מלא מוליך השדה בתוך הקליפה/גליל מוליך הוא אפס.

כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (גלילי)

### שאלות:

#### 1) שתי קליפות קונצנטריות

במערכת הבאה שתי קליפות (חלולות) בעלות מרכז משותף (קונצנטריות). רדיוס הקליפה הפנימית הוא

$$R_1 = 3\text{cm} \text{ והמטען עליה הוא } Q_1 = 2\mu\text{C},$$

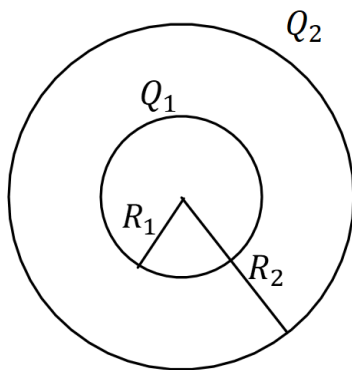
$$R_2 = 6\text{cm} \text{ הוא החיצונית והמטען עליה הוא } Q_2 = 5\mu\text{C}.$$

א. חשבו את פונקציות השדה החשמלי בכל המרחב. רמז: סופרפוזיציה.

ב. מה הכוח (גודל וכיוון) שירגיש מטען בגודל

$$Q_3 = 0.03\mu\text{C} \text{ הנמצא במרחק } r = 8\text{cm}$$

ממרכז הכדור?



#### 2) שני תיילים מקבילים

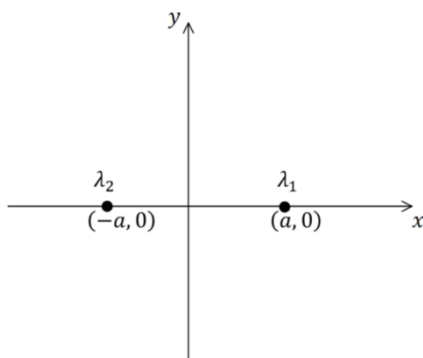
שני תיילים ארוכים מאוד טעונים בצפיפויות

מטען זהות,  $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$ , מונחים במקביל

לציר  $z$  בנקודות  $(a, 0)$  ו  $(-a, 0)$ .

א. מצאו את השדה בנקודה כלשהיא על ציר ה  $y$ .

ב. חזרו על סעיף א עבור  $\lambda_1 = -\lambda_2 = \lambda$ .



## תשובות:

א. (1)

$$E = \begin{cases} \frac{63 \cdot 10^3 \frac{N \cdot m^2}{C}}{r^2} & 6cm < r \\ \frac{18 \cdot 10^3 \frac{N \cdot m^2}{C}}{r^2} & 3cm < r < 6cm \\ 0 & r < 3cm \end{cases}$$

בכיוון רדיאלי.

ב. 0.295N בכיוון רדיאלי.

$$\vec{E} = \frac{4k\lambda y}{y^2 + a^2} \hat{y} \quad \text{א. (2)}$$

$$\vec{E} = -\frac{4k\lambda y}{y^2 + a^2} \hat{x} \quad \text{ב.}$$

# פיזיקה ב

פרק 5 - תנועה בשדה חשמלי אחיד

תוכן העניינים

1. הסבר ותרגילים.....12

## הסבר ותרגילים:

### שאלות:

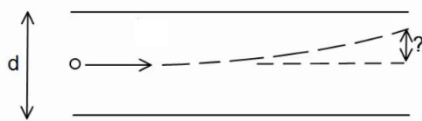
#### 1) מלוח אל לוח

שני לוחות ריבועיים נמצאים אחד מעל השני. אורך כל צלע היא 6 ס"מ, והמרחק בין הלוחות הוא 2 מ"מ. הלוחות טעונים בצפיפות מטען אחידה; המטען הכולל על הלוח התחתון הוא:  $Q = 6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  והמטען הכולל על הלוח העליון זהה והפוך בסימנו.

משחררים אלקטרון ממנוחה קרוב מאוד ומתחת ללוח העליון:  $\left( \begin{matrix} q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \end{matrix} \right)$

- כמה זמן ייקח לאלקטרון להגיע אל הלוח התחתון?
- מהי מהירותו בזמן פגיעתו בלוח?
- מהי האנרגיה הקינטית של האלקטרון באותו הרגע?

#### 2) חישוב סטייה



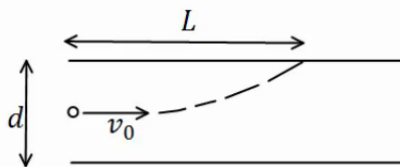
שני לוחות ריבועיים נמצאים אחד מעל השני. אורך הצלע של כל לוח היא 5 ס"מ והמרחק בין הלוחות הוא 2 מ"מ. הלוחות טעונים בצפיפות מטען אחידה.

המטען הכולל על הלוח העליון הוא:  $Q = 3 \cdot 10^{-11} \text{ C}$ , והמטען הכולל על הלוח התחתון זהה והפוך בסימנו.

אלקטרון נע במהירות:  $v_0 = 2 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$  במקביל ללוחות:  $\left( \begin{matrix} q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \end{matrix} \right)$

- מצא את הסטייה של האלקטרון (כמה ז' בציר ה-y) ברגע צאתו מן הלוחות.
- מהו כיוון מהירותו של האלקטרון בצאתו מן הלוחות?

#### 3) מטען לא מזוהה



שני לוחות ריבועיים נמצאים אחד מעל השני. המרחק בין הלוחות הוא d ואורך הצלע של כל לוח גדולה בהרבה מהמרחק בין הלוחות. הלוחות טעונים בצפיפות מטען אחידה, צפיפות

המטען המשטחית על הלוח העליון היא  $\sigma$  והצפיפות על הלוח התחתון זהה והפוכה בסימנה. מטען לא מזוהה נכנס בדיוק במרכז בין הלוחות במהירות  $v_0$

- בכיוון מקביל ללוחות. המטען פוגע בלוח העליון במרחק L.
- מצא את סימנו של המטען, בהנחה שהצפיפות הנתונה חיובית.
- מצא את היחס בין גודל המטען למסה שלו.

**תשובות סופיות:**

$$(1) \quad \text{א. } t \approx 1.1 \cdot 10^{-10} \text{ sec} \quad \text{ב. } v(t) = 3.65 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג. } E_k = 6.06 \cdot 10^{-16} \text{ J}$$

$$(2) \quad \text{א. } y_x = 0.747 \text{ mm} \quad \text{ב. } \theta \approx 1.72^\circ$$

$$(3) \quad \text{א. סימן המטען שלילי.} \quad \text{ב. } \frac{q}{m} = \frac{dv_0^2}{4\pi k \sigma L^2}$$

# פיזיקה ב

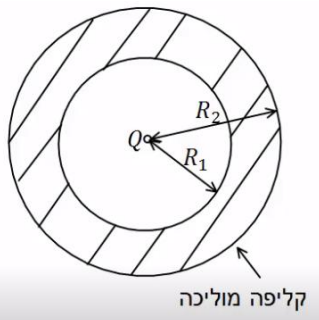
פרק 6 - מוליכים

תוכן העניינים

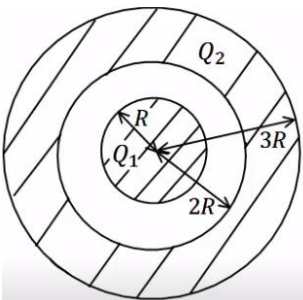
1. הסבר על מוליכים ..... (ללא ספר)
2. תרגילים ..... 14

## תרגילים:

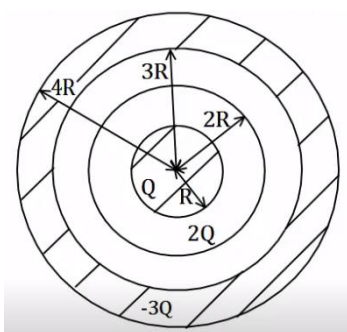
### שאלות:



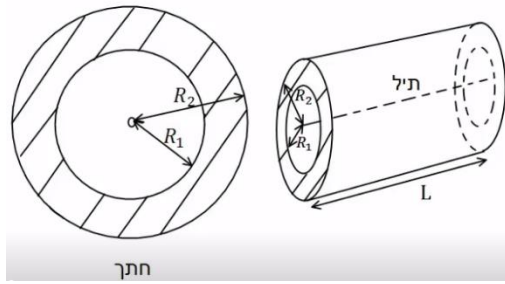
- (1) מטען נקודתי וקליפה עבה**  
 מטען נקודתי  $Q$  נמצא במרכזה של קליפה כדורית מוליכה ועבה. לקליפה רדיוס פנימי  $R_1$  ורדיוס חיצוני  $R_2$ .  
 א. מצא את השדה בכל המרחב אם הקליפה ניטרלית.  
 ב. מהי התפלגות המטען על שפת הקליפה?



- (2) כדור מוליך וקליפה עבה טעונה**  
 כדור מוליך ברדיוס  $R$  טעון במטען  $Q_1$ . הכדור נמצא בתוך ובמרכזה של קליפה כדורית מוליכה עם רדיוס פנימי  $2R$  ורדיוס חיצוני  $3R$ . הקליפה טעונה, וסך המטען על הקליפה הוא  $Q_2$ .  
 א. מצא את השדה החשמלי בכל המרחב.  
 ב. מהי התפלגות המטען על שפת הכדור ושפת הקליפה?  
 ג. מטען נקודתי  $q$  מונח ב-  $r = 1.5R$ . מהו הכוח הפועל על המטען אם ניתן להניח שהשפעה שלו על המערכת זניחה.



- (3) כדור מוליך קליפה דקה וקליפה עבה**  
 במערכת הבאה ישנו כדור מוליך ברדיוס  $R$  הטעון במטען  $Q$ . מסביב לכדור ישנה קליפה כדורית דקה ברדיוס  $2R$  הטעונה במטען  $2Q$ . את הכדור והקליפה מקיפה קליפה כדורית עבה ומוליכה בעלת רדיוס פנימי  $3R$  ורדיוס חיצוני  $4R$  הטעונה במטען כולל  $-3Q$ .  
 הכדורים והקליפות קוצנטריים (בעלי מרכז משותף).  
 א. מצא את השדה בכל המרחב.  
 ב. מצא את התפלגות המטען בכל המרחב.



**4) תיל וקליפה גלילית עבה**

במערכת הבאה ישנו תיל באורך  $L$  הטעון במטען כולל  $Q$ . התיל נמצא במרכזה של קליפה גלילית עבה ומוליכה בעלת רדיוס פנימי  $R_1$  ורדיוס חיצוני  $R_2$ .

אורך הקליפה הוא  $L$  גם כן והיא ניטרלית. הנח שאורך התיל והקליפה גדול בהרבה מהרדיוסים.

- א. מהי צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל?
- ב. מצא את השדה החשמלי בכל המרחב.
- ג. מהי צפיפות המטען על שפת הקליפה?

## תשובות סופיות:

$$\sigma_1 = \frac{q_1}{4\pi R_1}, \sigma_2 = \frac{q_2}{4\pi R_2} \quad \text{ג.} \quad E = \begin{cases} \frac{kQ}{r^2} & r < R_1 \\ 0 & R_1 < r < R_2 \quad \text{א. (1)} \\ \frac{kQ}{r^2} & R_2 < r \end{cases}$$

$$\sigma_1 = \frac{Q_1}{4\pi R^2}, \sigma_2 = \frac{-Q_1}{4\pi 4R^2}, \sigma_3 = \frac{q_3}{4\pi (3R)^2} \quad \text{ג.} \quad E = \begin{cases} 0 & r < R \\ \frac{kQ_1}{r^2} & R < r < 2R \quad \text{א. (2)} \\ \frac{k(Q_1 + Q_2)}{r^2} & 3R < r \end{cases}$$

$$F = q \frac{kQ_1}{(1.5R)^2} \quad \text{ג.}$$

$$\sigma_1 = \frac{Q}{4\pi R^2}, \sigma_2 = \frac{Q}{8\pi R^2}, \sigma_3 = \frac{-3Q}{4\pi 9R^2} \quad \text{ג.} \quad E = \begin{cases} 0 & r < R \\ \frac{kQ}{r^2} & R < r < 2R \\ \frac{k3Q}{r^2} & 2R < r < 3R \quad \text{א. (3)} \\ 0 & 3R < r < 4R \\ 0 & 4R < r \end{cases}$$

$$E = \begin{cases} \frac{2k\lambda}{r} & r < R_1 \\ 0 & R_1 < r < R_2 \quad \text{ג.} \\ \frac{2k\lambda}{r} & R_2 < r \end{cases} \quad \lambda = \frac{Q}{L} \quad \text{א. (4)}$$

$$\sigma_1 = -\frac{\lambda}{2\pi R_1} \quad \text{ג.}$$

## פיזיקה ב

פרק 7 - מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית

תוכן העניינים

- 17 ..... 1. עבודה ואנרגיה של הכוח החשמלי.
- 19 ..... 2. פוטנציאל ומתח.
- 23 ..... 3. פוטנציאל במוליכים.
- 25 ..... 4. תרגילים נוספים.

## עבודה ואנרגיה של הכוח החשמלי:

### שאלות:

#### (1) עבודה להביא מטען מהאינסוף

מהי העבודה הדרושה להביא מטען  $Q_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  מהאינסוף למרחק  $r = 50 \text{ cm}$  ממטען  $Q_2 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  המקובע במקום?

#### (2) מטען מגיע עם מהירות מהאינסוף

מטען  $Q_1 = 4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$  בעל מסה  $m = 10^{-3} \text{ kg}$  נע מהאינסוף במהירות  $v_0 = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$  כלפי מטען  $Q_2 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ C}$  המקובע במקום.  
 א. מהו המרחק בו ייעצר רגעית המטען?  
 ב. מהי מהירות המטען כאשר מרחקו  $100 \text{ m}$ ?

#### (3) עבודה להרחיק שני מטענים

חשב את העבודה הדרושה להרחיק שני מטענים:  $Q_1 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ ,  $Q_2 = -4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  ממרחק  $r_1 = 20 \text{ cm}$  למרחק  $r_2 = 40 \text{ cm}$ .  
 בדוק האם הסימן הגיוני.

#### (4) עבודה להכניס מטען לתוך קליפה טעונה

חשב את העבודה הדרושה להביא מטען של  $Q_1 = 3 \cdot 10^{-5} \text{ C}$  לתוך קליפה כדורית ברדיוס  $R = 0.8 \text{ m}$  הטעונה בצפיפות מטען משטחית  $\sigma = 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$ .

#### (5) עבודה של לוח אינסופי

מטען  $Q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  נמצא במרחק  $d = 30 \text{ cm}$  מלוח אינסופי הטעון בצפיפות מטען ליחידת שטח  $\sigma = 5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$ .  
 חשב את העבודה הדרושה להביא את המטען אל הלוח.

**6) מטען זה בין שני לוחות**

שני לוחות גדולים מאוד טעונים בצפיפויות מטען משטחיות הפוכות  $\sigma = \pm 3 \cdot 10^{-3} \frac{C}{m^2}$ .

המרחק בין הלוחות הוא  $d = 5 \text{ cm}$ .

מצא את העבודה הדרושה להעביר מטען של  $Q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  מהלוח השלילי אל הלוח החיובי. הזנח את השפעת המטען על השדה של הלוחות.

**תשובות סופיות:**

$$W = 108 \cdot 10^{-3} \text{ J} \quad (1)$$

$$r = 90 \text{ m} \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$v_F \approx 6.32 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.}$$

$$W = 0.27 \text{ J}, \quad \text{כ.} \quad (3)$$

$$W = 5.43 \cdot 10^3 - 0 \quad (4)$$

$$W = 170 \text{ J} \quad (5)$$

$$W = 33.9 \text{ J} \quad (6)$$

## פוטנציאל ומתח:

## שאלות:

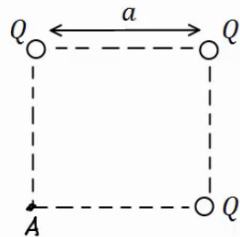
## 1) פוטנציאל שיוצר מטען בשתי נקודות

חשב את הפוטנציאל שיוצר המטען  $Q_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  במרחק  $r_1 = 0.8 \text{ m}$  ובמרחק  $r_2 = 0.3 \text{ m}$  מהמטען.

מהי העבודה הדרושה להזיז את המטען  $Q_2 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  מהמרחק הראשון למרחק השני?

## 2) 3 מטענים בפינות של ריבוע

בשלוש פינות של ריבוע מקובעים שלושה מטענים זהים  $Q = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ . אורך צלע הריבוע היא  $a = 3 \text{ cm}$ .



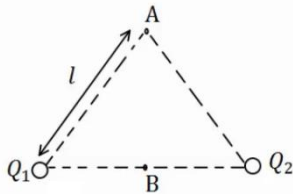
א. חשב את הפוטנציאל בפינה הרביעית של הריבוע.

ב. חשב את הפוטנציאל במרכז הריבוע.

ג. חשב את העבודה הדרושה להזיז את המטען  $q = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  ממרכז הריבוע לקצה הריבוע.

## 3) שני מטענים על משולש שווה צלעות

שני מטענים זהים  $Q_1 = Q_2 = 10^{-6} \text{ C}$  נמצאים על קדקודיו של משולש שווה צלעות בעל אורך צלע  $l = 5 \text{ cm}$ .

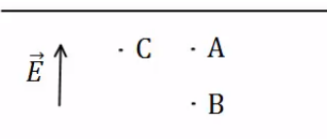


א. מצא את המתח בין הנקודה A הנמצאת בקודקוד השלישי של המשולש לבין הנקודה B הנמצאת באמצע הצלע המחברת את שני המטענים.

ב. חשב את העבודה הדרושה להביא מטען של  $q = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  מהקודקוד אל אמצע הצלע.

## 4) פוטנציאל בין לוחות

שני לוחות גדולים מאוד טעונים במטענים בעלי סימן הפוך. ידוע כי כיוון השדה בין הלוחות הוא מהלוח התחתון ללוח העליון.



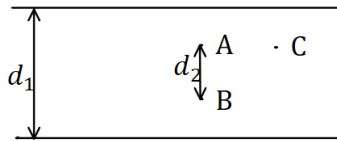
א. איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה במטען שלילי?

ב. איזה מהלוחות נמצא בפוטנציאל יותר גבוה?

ג. איזו מהנקודות A ו-B נמצאת בפוטנציאל יותר גבוה?

ד. איזה מהנקודות A ו-C, הנמצאות באותו גובה, נמצאת בפוטנציאל יותר גבוה?

### 5) מתח בין לוחות



שני לוחות גדולים מאוד נמצאים במרחק  $d_1 = 40\text{cm}$  זה מזה. המתח בין הלוחות הוא  $\Delta V = 20\text{V}$  וידוע כי הלוח העליון נמצא בפוטנציאל גבוה יותר.

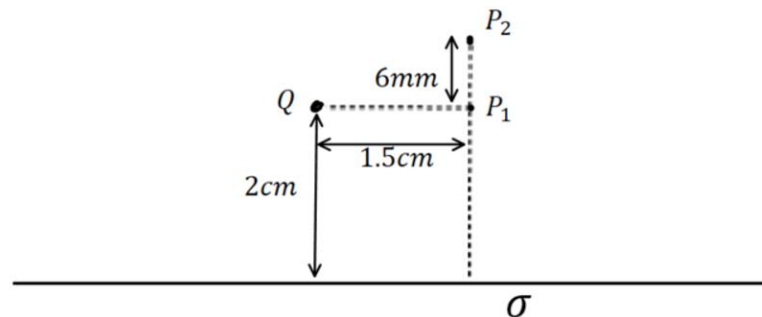
- איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה במטען שלילי?
- מהו השדה בין הלוחות (גודל וכיוון)?
- מהו המתח  $V_{BA}$  אם ידוע שהמרחק בין הנקודות A ו B הוא  $d_2 = 5\text{cm}$ ?
- מהי העבודה הדרושה להזיז מטען  $Q = 2 \cdot 10^{-6}\text{C}$  מ-A ל-B?
- מהי העבודה הדרושה להזיז מטען  $Q = 2 \cdot 10^{-6}\text{C}$  מ-A ל-C - הנמצאת באותו הגובה של A?

### 6) פוטנציאל של לוח ומטען נקודתי

מטען נקודתי  $Q = 3\mu\text{C}$  נמצא בגובה  $2\text{cm}$  מעל לוח אינסופי הטעון בצפיפות

$$\sigma = 8 \cdot 10^{-4} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}.$$

- מצאו את הפוטנציאל בנקודות שבאיור (הניחו שהפוטנציאל של הלוח הוא אפס על הלוח).
- מהי העבודה הדרושה להזיז מטען:  $q = 10^{-10}\text{C}$  מ- $P_1$  ל- $P_2$ . הניחו שהמטען Q והלוח אינם משנים את מיקומם.



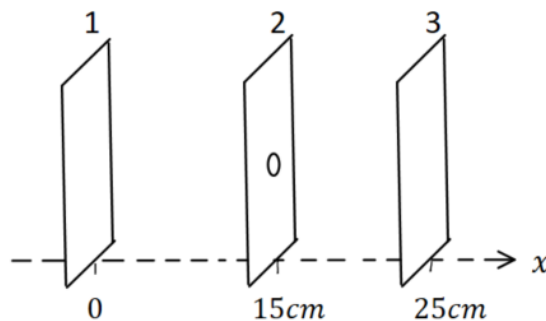
### 7 חישוב שדה ותנועה בין 3 לוחות

- שלושה לוחות גדולים מאוד נמצאים אחד אחרי השני ומקביל כפי שמתואר באיור 1. הלוחות טעונים בצפיפויות מטען (אחידות) שונות. הפוטנציאל כתלות במיקום נתון באיור 2.
- א. חשבו את השדה החשמלי בתחומים:  
 $0 < x < 15 \text{ cm}$  ו-  $-15 \text{ cm} < x < 25 \text{ cm}$

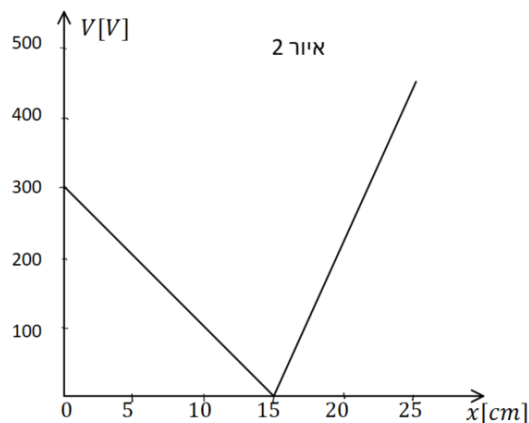
- נתון כי צפיפות המטען המשטחית של לוח 1 היא:  $\sigma_1 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}^2$   
 וכי צפיפות המטען המשטחית של לוח 3 חיובית.  
 ב. חשבו את  $\sigma_2$  ו-  $\sigma_3$ .

- חלקיק קטן בעל מסה  $5 \cdot 10^{-16} \text{ kg}$  שמטענו  $q$  אינו ידוע משוחרר ממנוחה בסמוך ומימין ללוח 1. החלקיק נע לעבר לוח 2 ועובר דרך חור קטן בלוח במהירות:  $3 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ .
- ג. מהו מטען החלקיק (כולל הסימן)?  
 ד. האם החלקיק יגיע ללוח 3? אם כן, מהי תהיה מהירותו? אם לא, היכן ייעצר?

איור 1



איור 2



## תשובות סופיות:

$$W = 18.75 \cdot 10^{-2} \text{ J} \quad (1)$$

$$V_B = 25.46 \cdot 10^6 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad V_A = 16.24 \cdot 10^6 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$W = -27.65 \text{ J} \quad \text{ג.}$$

$$W_{A \rightarrow B} = 1.8 \text{ J} \quad \text{ב.} \quad V_{BA} = 3.6 \cdot 10^5 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (3)$$

(4) א. הלוח הטעון במטען חיובי נמצא למטה, והשלילי למעלה.

ב. התחתון. ג. B. ד. הפוטנציאל שווה.

(5) א. הלוח הטעון במטען חיובי נמצא למעלה, והשלילי למטה.

$$\text{ב.} \quad E = 50 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad \text{ג.} \quad -2.5 \text{ V} \quad \text{ד.} \quad -5 \cdot 10^{-6} \text{ J} \quad \text{ה.} \quad 0$$

$$-4.05 \cdot 10^5 \text{ J} \quad \text{ב.} \quad V(P_2) = 4.90 \cdot 10^5 \text{ V}, V(P_1) = 8.95 \cdot 10^5 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (6)$$

$$E = \begin{cases} 2000 \frac{\text{V}}{\text{m}} & 0 < x < 15 \\ -4500 \frac{\text{V}}{\text{m}} & 15 < x < 25 \end{cases} \quad \text{א.} \quad (7)$$

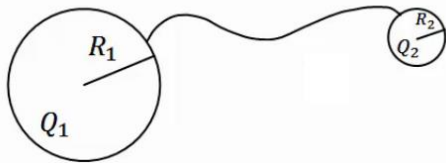
$$q = 7.5 \mu\text{C} \quad \text{ג.} \quad \sigma_3 = 4.21 \cdot 10^{-8} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}, \quad \sigma_2 = -5.75 \cdot 10^{-8} \frac{\text{C}}{\text{m}^2} \quad \text{ב.}$$

$$\text{ד.} \quad \text{לא ב-} \quad x \approx 22_{\text{cm}}$$

## פוטנציאל במוליכים:

### שאלות:

#### (1) שני כדורים מוליכים מחוברים



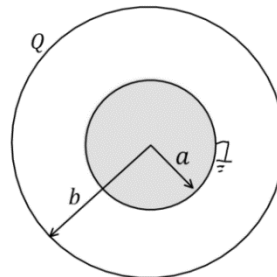
שני כדורים מוליכים בעלי רדיוסים  $R_1$ ,  $R_2$  נמצאים במרחק גדול מאוד אחד מהשני. הכדורים טעונים במטענים  $Q_1$ ,  $Q_2$  בהתאמה. מחברים את הכדורים באמצעות חוט מוליך. מה היה המטען על כל כדור לאחר זמן רב?

#### (2) מטען נקודתי במרכז קליפה מוארקת

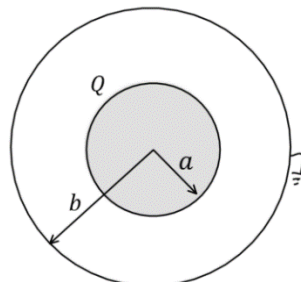
מטען נקודתי  $Q$  נמצא במרכזה של קליפה (חלולה) כדורית דקה ומוליה ברדיוס  $R$ . מהו המטען על הקליפה אם ידוע שהיא מוארקת?

#### (3) כדור בתוך קליפה

קליפה כדורית מוליכה ודקה בעלת רדיוס  $b$  טעונה במטען  $Q$ . במרכז הקליפה נמצא כדור מוליך בעל רדיוס  $a$  המוארק לאדמה. א. מהו המטען על הכדור?



כעת הכדור טעון במטען  $Q$  (ואינו מוארק), והקליפה החיצונית מוארקת. ב. מהו מטענה של הקליפה המוארקת?



**תשובות סופיות:**

$$q_1' = (Q_2 + Q_1) \frac{R_1}{R_1 + R_2}, \quad q_2' = (Q_2 + Q_1) \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

$$q = Q \quad (2)$$

$$\text{ב. } -Q \quad \text{א. } -\frac{a}{b}Q \quad (3)$$

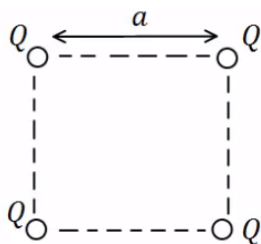
## תרגילים נוספים:

### שאלות:

#### (1) אנרגיה חשמלית של מערכת

מצא את האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של שני מטענים זהים:  $Q_1 = Q_2 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  הנמצאים במרחק 80 ס"מ זה מזה.

#### (2) מטענים בפינות ריבוע



בארבעת הפינות של ריבוע בעל צלע  $a = 0.5 \text{ m}$  ישנם מטענים זהים שגודלם הוא:  $Q = 2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ .

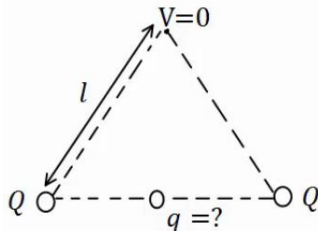
א. מהי העבודה הדרושה לבניית המערכת?

ב. מהו הפוטנציאל בנקודה הנמצאת באמצע אחת מצלעות הריבוע?

ג. מהי העבודה הדרושה להבאת מטען  $q = 3 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  לנקודה מסעיף ב'?

ד. מהי האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של המערכת לאחר סעיף ג'?

#### (3) מטען שמאפס פוטנציאל בקודקוד



בשני קודקודיו של משולש שווה צלעות נמצאים מטענים זהים שגודלם הוא:  $Q = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ .

מטען נוסף,  $q$ , מונח במרכז הצלע שביניהם.

אורך הצלע של המשולש הוא:  $l = 20 \text{ cm}$ .

א. מצא את גודלו של המטען  $q$  כך שהפוטנציאל בקודקוד השלישי יתאפס.

ב. חזור על סעיף א' אם המטען  $q$  נמצא במרכז של צלע אחרת במשולש.

#### (4) פוטנציאל בנקודה מסוימת

בנקודה מסוימת קיים פוטנציאל של 15V.

א. מהי העבודה להביא מטען שגודלו 1C מהאינסוף לנקודה זו?

ב. מהי העבודה הדרושה להביא מטען של  $Q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  לנקודה זו?

ג. מהי העבודה הדרושה להביא מטען של  $Q = -3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  מפוטנציאל של  $V = 5 \text{ V}$  לנקודה זו?

ד. מהי העבודה הדרושה להביא מטען של  $Q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  מנקודה זו לפוטנציאל של 10V?

**(5) עבודה לא תלויה במסלול**

מטען נקודתי  $Q_1 = 10^{-5} \text{ c}$  ממוקם בראשית הצירים.

מטען נקודתי נוסף  $Q_2 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ c}$  ממוקם ב- $(0.8\text{m}, 0)$ .

א. מצא את הפוטנציאל בנקודות:  $A(1.5\text{m}, 0)$ ,  $B(1.5\text{m}, 1\text{m})$ ,  $C(0.8\text{m}, 1\text{m})$ .

ב. מהי העבודה הדרושה להעביר את המטען  $q = 3 \cdot 10^{-6} \text{ c}$  מנקודה A ל-B?

ג. מהי העבודה הדרושה להעביר את אותו המטען מנקודה B אל נקודה C?

ד. מהי העבודה הדרושה להעביר את אותו המטען מנקודה A לנקודה C, דרך הקו הישר בין הנקודות?

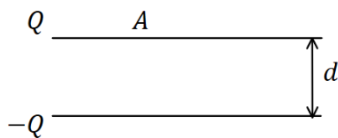
**(6) אלקטרון מואץ בהפרש פוטנציאליים**

אלקטרון מואץ בהפרש פוטנציאליים של  $300\text{V}$ . האלקטרון מתחיל תנועתו ממנוחה.

א. מהו ההפרש בין האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של האלקטרון בתחילת התנועה לסוף התנועה, ביחידות של אלקטרון וולט וביחידות של ג'אול?

ב. מהי מהירות האלקטרון בסוף התהליך?

$$q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ c}, m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

**(7) פרוטון נע בין לוחות**

שני לוחות גדולים בעלי שטח  $A = 2\text{m}^2$  נמצאים במרחק  $d = 10\text{cm}$  אחד מהשני.

טוענים את אחד הלוחות במטען  $Q = 6 \cdot 10^{-3} \text{ c}$ , ואת הלוח השני במטען זהה והפוך בסימנו.

א. חשב את צפיפות המטען ליחידת שטח על כל לוח.

ב. מהו השדה בין הלוחות?

ג. מהו המתח בין הלוחות?

ד. פרוטון משוחרר ממנוחה קרוב מאוד ללוח החיובי.

מהי מהירות הפרוטון בהגיעו ללוח השלילי?

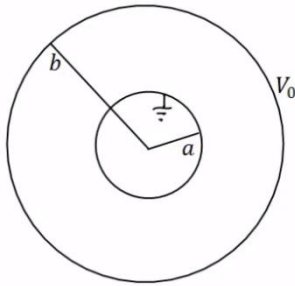
$$q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ c}, m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

**(8) פוטנציאל של כדור מוליך**

כדור מוליך שרדיוסו  $R = 20\text{cm}$  טעון במטען  $Q = 3 \cdot 10^{-6} \text{ c}$ .

א. מהו השדה החשמלי במרחק  $r_1 = 25\text{cm}$  ובמרחק  $r_2 = 15\text{cm}$  ממרכז הכדור?

ב. מהו הפוטנציאל באותם מרחקים?

**(9) מטענים על קליפות**

במערכת הבאה ישנם שתי קליפות כדוריות מוליכות, דקות, ברדיוסים  $a$ ,  $b$ . הקליפה החיצונית מוחזקת במתח  $V_0$  והקליפה הפנימית מוארקת. השתמש בפוטנציאל של קליפה כדורית בודדת ובעקרון הסופרפוזיציה וחשב את המטען על כל קליפה.

**(10) מתח בין שני כדורים מוליכים**

שני כדורים מוליכים, בעלי רדיוסים:  $R_1 = 1\text{m}$  ו-  $R_2 = 1.4\text{m}$ , טעונים במטענים:  $Q_1 = 2 \cdot 10^{-6}\text{c}$  ו-  $Q_2 = 6 \cdot 10^{-6}\text{c}$ .

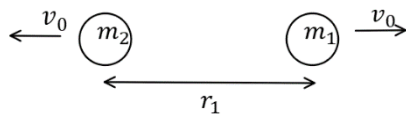
- א. מהו הפרש הפוטנציאלים בין שפות הכדורים, אם הם מרוחקים מאוד זה מזה.  
 ב. מהו הפרש הפוטנציאלים בין שתי הנקודות הכי קרובות של הכדורים, אם המרחק בין מרכזיהם הוא  $d = 5\text{m}$ .  
 הנח שהתפלגות המטען על כל כדור עדיין אחידה.

**(11) שני מטענים מתרחקים**

שני גופים בעלי מסות  $m_1 = 20\text{gr}$  ו-  $m_2 = 60\text{gr}$  ומטענים ו-  $Q_2 = 6 \cdot 10^{-6}\text{c}$  נמצאים במרחק  $r_1 = 80\text{cm}$  זה מזה, ובמנוחה.  
 א. מה תהיה מהירות הגופים כאשר המרחק ביניהם הוא  $r_2 = 1.2\text{m}$ ?  
 ב. מה תהיה מהירות הגופים לאחר זמן רב מאוד?

**(12) שני מטענים מתרחקים ומתקרבים**

שני גופים בעלי מסות  $m_1 = 25\text{gr}$  ו-  $m_2 = 50\text{gr}$  ומטענים  $Q_1 = 4 \cdot 10^{-6}\text{c}$  ו-  $Q_2 = -5 \cdot 10^{-6}\text{c}$  נמצאים במרחק  $r_1 = 1\text{m}$  זה מזה.



לגופים מהירות התחלתית כך שאחד מתרחק מהשני.

גודל המהירות ההתחלתית של שני הגופים הוא  $v_0 = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ .

- א. מה תהיה מהירות הגופים כאשר המרחק ביניהם הוא  $r_2 = 5\text{m}$ ?  
 ב. מהו  $v_0$  המינימאלי עבורו הגופים לא יפגשו לעולם?  
 ג. כעת נניח כי  $v_0$  שווה לחצי מהערך שחישבת בסעיף ב'. מהו המרחק המקסימאלי אליו יגיעו הגופים?  
 ד. מצא את מהירות הגופים כאשר  $r_3 = 0.5\text{m}$ .

**13) 1000 טיפות שמן**

1000 טיפות שמן זהות טעונות במטען זהה ונמצאות בפוטנציאל זהה  $v_1$ .  
הטיפות מתחברות לטיפה אחת גדולה. מהו הפוטנציאל של הטיפה הגדולה ( $v_1$  נתון)?  
רמז: ניתן להתייחס לכל טיפה ככדור מוליך.

**14) כדור מוליך מוארק בתוך קליפה כדורית**

כדור מוליך ברדיוס  $R_1 = 5\text{cm}$ . נמצא בתוך

ובמרכזה של קליפה כדורית דקה.

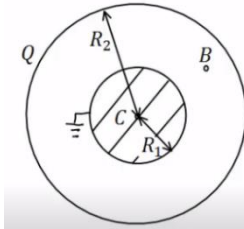
רדיוס הקליפה הוא:  $R_2 = 10\text{cm}$ . והמטען עליה

הוא:  $Q = 3 \cdot 10^{-7}\text{C}$ . מאריקים את הכדור.

א. מצא את המטען על שפת הכדור.

ב. מהו הפוטנציאל בנקודות:  $r_C = 0$ ,  $r_B = 7\text{cm}$ ,  $r_A = 20\text{cm}$ ?

ג. מהי העבודה הדרושה להזיז את המטען  $Q = 10^{-10}\text{C}$  מ- $r_A$  ל- $r_C$ ?

**15) שתי קליפות קונטריות מחוברות בחוט**

קליפה כדורית (כדור חלול) שהרדיוס שלה  $R_1$  נמצאת

בתוך קליפה כדורית שהרדיוס שלה  $R_2$ , ולשתי הקליפות

מרכז משותף O (ראה תרשים). הקליפה הפנימית טעונה

במטען חשמלי חיובי  $Q_1$ , והקליפה החיצונית טעונה

במטען חשמלי חיובי  $Q_2$ . שתי הקליפות עשויות מחומר מוליך.

א. בטא באמצעות נתוני השאלה, את הגודל של השדה החשמלי ששתי

הקליפות יוצרות בכל אחת מהנקודות הבאות:

i. הנקודה O.

ii. נקודה הנמצאת מחוץ לקליפה הפנימית, אך קרובה אליה מאוד,

מרחקה מ-O ייחשב ל- $R_1$ .

iii. נקודה הנמצאת מחוץ לקליפה החיצונית, אך קרובה אליה מאוד,

מרחקה מ-O ייחשב ל- $R_2$ .

ב. בטא באמצעות נתוני השאלה, את הפוטנציאל החשמלי הכולל ששתי

הקליפות יוצרות בכל אחת משלוש הנקודות הבאות:

i. הנקודה O.

ii. נקודה על פני הקליפה הפנימית.

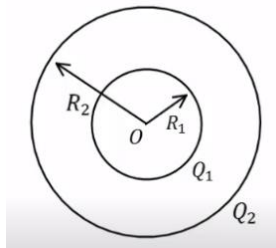
iii. נקודה על פני הקליפה החיצונית.

ג. מחברים את שתי הקליפות באמצעות תיל מוליך דק שהתנגדותו זניחה,

ולכן חלקיקים טעונים יכולים לעבור ביניהן.

בטא, באמצעות נתוני השאלה, את המטען החשמלי על כל אחת משתי

הקליפות לאחר שנפסק הזרם בתיל.



**16) כדור טעון מבודד מול מישור טעון מבודד\***

כדור בעל רדיוס  $R = 3\text{m}$ , מבודד מבחינה חשמלית, טעון על פניו בצפיפות מטען

אחידה:  $\sigma_1 = 5 \cdot 10^{-9} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$ . במרחק  $d = 6\text{m}$  ממרכז הכדור נמצא משטח מישורי

גדול מבודד, הטעון בצפיפות מטען אחידה:  $\sigma_2 = 15 \cdot 10^{-9} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$ .

הנקודות  $P_1$  ו- $P_2$  שבציר נמצאות מחוץ לכדור, אך קרוב מאד לשפתו. הישר המחבר את הנקודות  $P_3$  ו- $P_4$  ניצב למשטח ומרוחק  $D = 4\text{m}$  ממרכז הכדור.  $P_4$  היא נקודה מימין למשטח, אך מאוד קרובה אליו. הנקודות  $P_1$  ו- $P_3$  נמצאות בדיוק מעל מרכז הכדור. לעזרתכם: שטח פנים של כדור בעל רדיוס  $R$  נתון ע"י  $4\pi R^2$ .

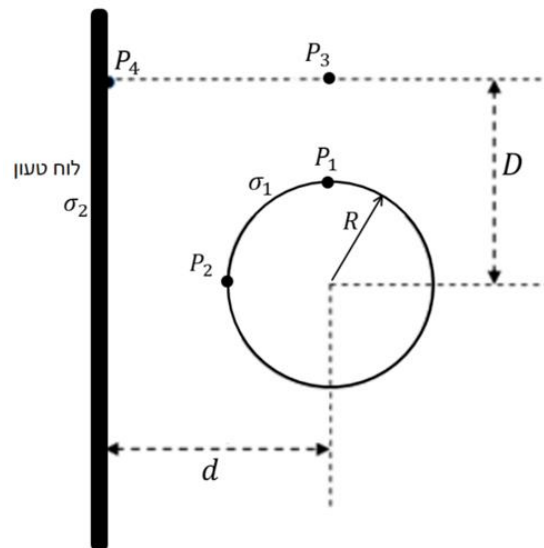
א. מה ערכו של השדה החשמלי השקול בנקודה  $P_2$ ?

ב. מהו הפרש הפוטנציאלים בין הנקודות  $P_1$  ו- $P_2$  בהתאמה?

ג. מטען קטן:  $q = 10^{-9} \text{C}$  נמצא בנקודה  $P_3$ .

מהו ערכו של הכוח החשמלי הפועל על המטען בנקודה זו?

ד. מהי העבודה הדרושה, כדי להעביר את  $q$  מהנקודה  $P_3$  לנקודה  $P_1$ ?



**17) כדור בתוך קליפה מוליכה עבה\*\***

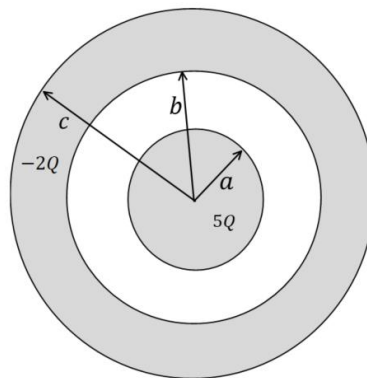
כדור מוליך בעל רדיוס  $a$  טעון במטען חיובי  $5Q$  ונמצא בתוך קליפה כדורית מוליכה בעלת רדיוס פנימי  $b$  ורדיוס חיצוני  $c$ , הטעונה במטען  $-2Q$ .

לכדור ולקליפה הכדורית יש מרכז משותף.

א. מהו המטען על השפה הפנימית ( $r = b$ ) והחיצונית ( $r = c$ ) של הקליפה הכדורית?

ב. מהו הפוטנציאל החשמלי על השפה הפנימית ( $r = b$ ) והחיצונית ( $r = c$ ) של הקליפה הכדורית? הניחו שהפוטנציאל באינסוף הוא אפס.

ג. מהו הפוטנציאל החשמלי במרכז הכדור ( $r = 0$ )?



## תשובות סופיות:

$$U \approx 0.101 \text{ J} \quad (1)$$

$$W \approx 6.25 \cdot 10^{-4} \text{ J} \quad \text{ג.} \quad V_A = 20.84 \cdot 10^3 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad W \approx 3.9 \cdot 10^{-3} \text{ J} \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$W = 4.53 \cdot 10^{-3} \text{ J} \quad \text{ד.}$$

$$q = -2 \cdot 10^{-5} \text{ C} \quad \text{ב.} \quad q = -3.46 \cdot 10^{-5} \text{ C} \quad \text{א.} \quad (3)$$

$$W = -3 \cdot 10^{-5} \text{ J} \quad \text{ג.} \quad W = 3 \cdot 10^{-7} \text{ J} \quad \text{ב.} \quad W = 15 \text{ J} \quad \text{א.} \quad (4)$$

$$W = -10^{-5} \text{ J} \quad \text{ד.}$$

$$V_A = 3.17 \cdot 10^5 \text{ V}, V_B \approx 1.97 \cdot 10^5 \text{ V}, V_C = 2.5 \cdot 10^5 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (5)$$

$$W_{AC} = -2.01 \cdot 10^{-1} \text{ J} \quad \text{ד.} \quad W_{B \rightarrow C} = 1.59 \cdot 10^{-1} \text{ J} \quad \text{ג.} \quad W_{AB} = -3.6 \cdot 10^{-1} \text{ J} \quad \text{ב.}$$

$$V_F \approx 1.02 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.} \quad \Delta U = -300 \text{ eV} / = 4.8 \cdot 10^{-17} \text{ J} \quad \text{א.} \quad (6)$$

$$V = 3.39 \cdot 10^4 \text{ V} \quad \text{ג.} \quad E \approx 3.39 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}} \quad \text{ב.} \quad \sigma = 3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{C}}{\text{m}^2} \quad \text{א.} \quad (7)$$

$$v = 2.55 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ד.}$$

$$E(r_1) = 4.32 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}, E(r_2) = 0 \quad \text{א.} \quad (8)$$

$$V(r_1) = 1.08 \cdot 10^5 \text{ V}, V(r_2) = 1.35 \cdot 10^5 \text{ V} \quad \text{ב.}$$

$$q_1 = \frac{bv_0}{k} \cdot \frac{a}{(a-b)}, q_2 = -\frac{bv_0}{ka \left( \frac{1}{b} - \frac{1}{a} \right)} \quad (9)$$

$$V_{ba} = 7.6 \cdot 10^3 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad V_{21} \approx 2.06 \cdot 10^4 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (10)$$

$$u_2 = 1.06 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, u_1 = -3.18 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.} \quad u_1 \approx -1.84 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, u_2 = 0.612 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (11)$$

$$u_1 = -7.96 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, u_2 = 1.48 \frac{\text{m}}{\text{sec}} / u_1 = 4.62 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, u_2 = -4.81 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (12)$$

$$u_1 = -3.79 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, u_2 = 1.35 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ד.} \quad r_{\max} = 1.29 \text{ m} \quad \text{ג.} \quad v_{0_{\min}} \approx 2.18 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.}$$

$$V_{1000} = 100V_1 \quad (13)$$

$$V_A = 6.75 \cdot 10^3 \text{ V}, V_B \approx 7.71 \cdot 10^3 \text{ V}, V_C = 0 \quad \text{ב.} \quad q = -1.5 \cdot 10^{-7} \text{ C} \quad \text{א.} \quad (14)$$

$$W_{A \rightarrow C} = -6.75 \cdot 10^{-7} \text{ J} \quad \text{ג.}$$

$$E_T = \frac{k(Q_1 + Q_2)}{R_2^2} \quad \text{.iii} \quad E_T = \frac{kQ_1}{R_1^2} \quad \text{.ii} \quad E_T = 0 \quad \text{.i. א.} \quad (15)$$

$$V_T(R_2) = \frac{k(Q_1 + Q_2)}{R_2} \quad \text{.iii} \quad V_T(R_1) = \frac{kQ_1}{R_1} + \frac{kQ_2}{R_2} \quad \text{.ii} \quad V_T = \frac{kQ_1}{R_1} + \frac{kQ_2}{R_2} \quad \text{.i. ב.}$$

$$q_1' = 0, q_2' = Q_1 + Q_2 \quad \text{ג.}$$

$$\text{א. } 90 \cdot \pi \frac{N}{C} \hat{x} \quad \text{ב. } 810\pi V \quad (16)$$

$$\text{ג. } 270 \cdot \pi \cdot 10^{-9} N \hat{x} + 101 \cdot \pi \cdot 10^{-9} N \hat{y} \quad \text{ד. } -3.375 \cdot 10^{-6} J$$

$$\text{א. } q(r=c) = 3Q, \quad q(r=b) = -5Q \quad (17)$$

$$\text{ב. } V(b) = V(c) = \frac{3KQ}{c}$$

$$\text{ג. } \frac{5KQ}{a} - \frac{5KQ}{b} + \frac{3KQ}{c}$$

## פיזיקה ב

### פרק 8 - זרם מתח ותנגדות

#### תוכן העניינים

33	1. הזרם החשמלי
35	2. המתח החשמלי וחוק אוהם
36	3. התנגדות
38	4. כאמ ומתח הדקים
(ללא ספר)	5. סיכום הפרק
39	6. תרגילים

## הזרם החשמלי:

### שאלות:

#### (1) פלאפון מחובר למטען

פלאפון המחובר למטען נטען בזרם קבוע של 1 אמפר במשך שעה אחת.

א. מהי כמות המטען שעברה בחוט?

ב. מהו מספר האלקטרונים שעברו בחוט?

#### (2) זרם לתוך כדור מוליך

כדור מוליך טעון במטען של  $q_0 = 5c$ .

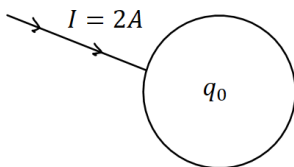
מחברים את הכדור לחוט מוליך והחוט מעביר

זרם של 2 אמפר לתוך הכדור.

א. רשום נוסחה המתארת את המטען על הכדור כתלות בזמן.

ב. צייר גרף של המטען על הכדור כתלות בזמן.

ג. צייר גרף של הזרם כתלות בזמן.



#### (3) חוט מחובר ללוח

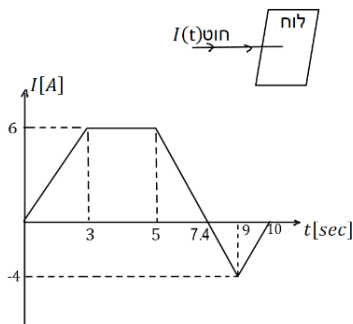
חוט מוליך מחובר ללוח מוליך שאינו טעון ב- $t = 0$ .

בחוט מתחיל לזרום זרם והתלות של הזרם בזמן

נתונה לפי הגרף הבא:

א. מהו המטען הכולל בלוח אחרי עשר שניות?

ב. מהו המטען על הלוח אחרי 5 שניות?



#### (4) זרם בנורת להט

הזרם העובר בנורת להט ביתית הוא בערך 1 אמפר.

נניח כי חוטי החשמל בבית עשויים נחושת בקוטר של 0.2 ס"מ.

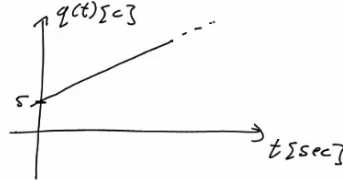
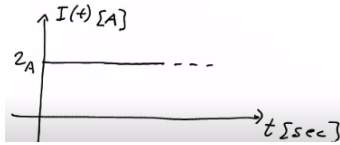
מספר האלקטרונים החופשיים ליחידת נפח בנחושת הוא:  $8.5 \cdot 10^{22} \frac{1}{\text{cm}^3}$

מצא מהי מהירות האלקטרונים בחוטים.

**תשובות סופיות:**

א.  $\Delta q = 3600c$  (1)      ב.  $N_e = 2.25 \cdot 10^{22}$

א.  $q(t) = 5 + 2 \cdot t$  (2)      ב. .ג.



א.  $\Delta q = 23c$  (3)      ב.  $q(t=5) = 21c$

א.  $v_d = 2.341 \cdot 10^{-5} \frac{m}{sec}$  (4)

## המתח החשמלי וחוק אוהם:

### שאלות:

#### 1) חוק אוהם

על מוליך מסוים הופעל מתח של 5 וולט.  
כתוצאה מכך נוצר זרם במוליך של 10mA.

א. מהי ההתנגדות של המוליך?

ב. נניח כי התנגדות המוליך קבועה.

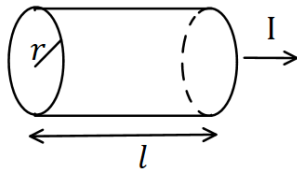
מה יהיה הזרם במוליך אם יופעל עליו מתח של 10 וולט?

### תשובות סופיות:

1) א.  $R = 500\Omega$       ב.  $I = 20mA$

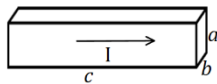
## התנגדות:

### שאלות:



#### (1) נגד גלילי

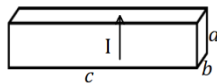
חשב את ההתנגדות של נגד בצורת גליל באורך  $l = 1\text{m}$  ורדיוס בסיס של  $r = 2\text{mm}$ . הנגד עשוי מנחושת בעלת התנגדות סגולית  $\rho = 1.72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$  (הזרם זורם לאורך ציר הסימטריה של הגליל).



(א)

#### (2) נגד בצורת תיבה

מוליך בנוי בצורת תיבה עם צלעות שאורכן  $a, b, c$ . התייחס לגודל הצלעות ולהתנגדות הסגולית  $\rho$  כנתונים.

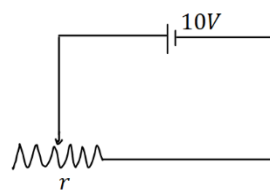


(ב)

חשב את התנגדות המוליך בכל אחד מהמקרים הבאים. שים לב: בכל מקרה הזרם זורם במוליך בכיוון אחר!

#### (3) נגד

מקור מתח בעל מתח של 10 וולט מחובר דרך חוטים אידיאליים (בעלי התנגדות זניחה) לנגד בעל התנגדות  $R = 2\Omega$ . צייר איור של המעגל וחשב את הזרם בנגד.



#### (4) נגד משתנה

במעגל הבא ישנו מקור מתח בעל מתח של 10 וולט. המקור מחובר לנגד משתנה בעל התנגדות ליחידת

$$\text{אורך } r = 50 \frac{\Omega}{\text{m}}$$

מה צריך להיות אורך הנגד על מנת שהזרם במעגל יהיה 2A?

**תשובות סופיות:**

$$R = 0.00137\Omega \quad (1)$$

$$R = \rho \cdot \frac{a}{b \cdot c} \quad \text{ב.} \quad R = \rho \cdot \frac{c}{a \cdot b} \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$, I = 5A \quad (3)$$



$$x = 10\text{cm} \quad (4)$$

## כאמ ומתח הדקים:

### שאלות:

#### 1) כאמ ומתח הדקים

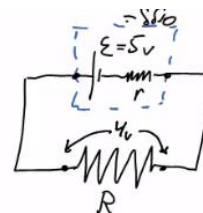
- סוללה מייצרת כא"מ של  $5V$ . לסוללה התנגדות פנימית של  $r = 2\Omega$ . מחברים את הסוללה לנגד חיצוני  $R$  שהתנגדותו אינה ידועה. נתון כי הזרם בכל רכיב במעגל זהה ושווה ל-  $I = 0.5A$ .
- שרטט תרשים המתאר את המעגל.
  - חשב את מתח ההדקים שמספקת הסוללה.
  - מהי ההתנגדות של הנגד?

### תשובות סופיות:

ג.  $R = 8\Omega$

ב.  $V = 4V$

א. 1)



## תרגילים:

### שאלות:

#### (1) תרגיל 1

מהו הזרם במוליך אם עובר בו מטען של 50 קולון ב 10 שניות?

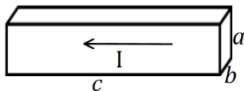
#### (2) תרגיל 2

כמה אלקטרונים עוברים במוליך בשניה אחת אם זורם בו זרם קבוע של 2 אמפר?

#### (3) תרגיל 3

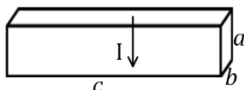
מהי ההתנגדות של גליל ניקל בעל התנגדות סגולית של  $\rho = 7.8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ , שאורכו 20 ס"מ ורדיוסו 3 מ"מ?

#### (4) תרגיל 4



(א)

תיבה בעלת צלעות:  $a = 3\text{mm}, b = 2\text{mm}, c = 4\text{cm}$   
 עשויה מחומר בעל התנגדות סגולית  $\rho = 10^{-8} \Omega \cdot m$ .  
 מצא את התנגדות התיבה בשני המקרים הבאים:



(ב)

#### (5) תרגיל 5

בנגד גלילי בעל שטח חתך  $A = 2\text{mm}^2$  זורם זרם של  $I = 20\text{mA}$ .  
 צפיפות האלקטרונים החופשיים בנגד היא:  $n = 8.5 \cdot 10^{28} \frac{1}{\text{m}^3}$ .  
 מהי מהירות האלקטרונים בנגד?

#### (6) תרגיל 6

נגד בעל שטח חתך  $A = 2\text{cm}^2$  ואורך  $l = 4\text{cm}$  עשוי מחומר בעל התנגדות סגולית  $\rho = 10^{-2} \Omega \cdot m$ . מחברים את הנגד באמצעות חוטים בעלי התנגדות זניחה למקור מתח אידיאלי של 5V.  
 א. מהו הזרם בנגד?  
 ב. מהי מהירות המטענים בנגד, אם מספר האלקטרונים החופשיים

הוא:  $n = 8.5 \cdot 10^{28} \frac{1}{\text{m}^3}$  ?

**תרגיל 7 (7)**

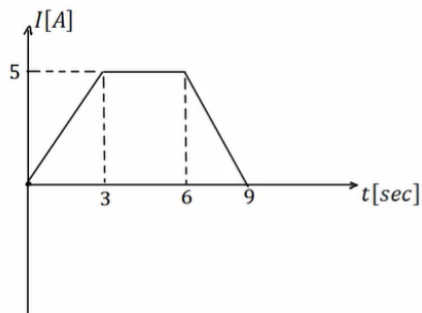
סוללה בעלת מתח  $6V$  מחוברת לנגד משתנה.  
 כאשר אורך הנגד הוא  $l = 6\text{cm}$  הזרם במעגל הוא  $1A$ .  
 מהי ההתנגדות ליחידת אורך של הנגד?

**תרגיל 8 (8)**

סוללה עם כא"מ של  $4V$  מחוברת למעגל חשמלי.  
 במעגל זרם זרם  $I = 0.5A$ .  
 ההתנגדות הפנימית של הסוללה היא  $r = 0.5\Omega$ .  
 מהו מתח ההדקים של הסוללה?

**תרגיל 9 (9)**

בגרף הבא נתון הזרם במוליך כתלות בזמן.  
 כמה מטען עבר במוליך?

**תשובות סופיות:**

**(1)**  $I = 5A$

**(2)**  $N = 1.25 \cdot 10^{19}$

**(3)**  $R = 5.51 \cdot 10^{-4} \Omega$

**(4)** א.  $R \approx 6.67 \cdot 10^{-5} \Omega$  ב.  $R = 3.75 \cdot 10^{-7} \Omega$

**(5)**  $v_d = 7.35 \cdot 10^{-7} \frac{m}{sec}$

**(6)** א.  $I = 2.5A$  ב.  $v_d \approx 9.19 \cdot 10^{-7} \frac{m}{sec}$

**(7)**  $r = 100 \frac{\Omega}{m}$

**(8)**  $V = 3.75V$

**(9)**  $\Delta q = 30c$

## פיזיקה ב

פרק 9 - אנרגיה והספק במעגל החשמלי

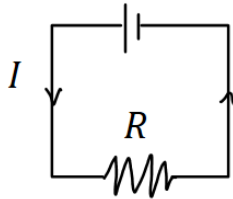
תוכן העניינים

1. עבודה ואנרגיה ברכיבים חשמליים ..... 41
2. הספק חשמלי ..... 42
3. תרגילים נוספים ..... 44

## עבודה ואנרגיה ברכיבים חשמליים:

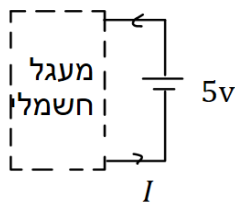
### שאלות:

#### (1) חישובי עבודה ואנרגיה בנגד



- בנגד בעל התנגדות  $R = 30\Omega$  זורם זרם  $I = 0.3A$ .
- כמה מטען עובר בנגד במשך 3 שניות?
  - מהו המתח על הנגד?
  - מהי העבודה שמתבצעת על המטען?
  - כמה חום נוצר בנגד במשך הזמן הנתון?
  - כמה אנרגיה איבדה הסוללה במשך הזמן הנתון?

#### (2) חישובי עבודה של סוללה



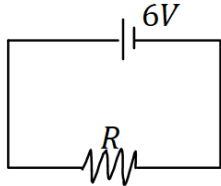
- סוללה מחוברת למעגל חשמלי כלשהו. המתח בסוללה הוא  $V = 5 \text{ Volt}$  והזרם במעגל (וגם בסוללה) הוא  $I = 0.4A$ .
- כמה מטען עובר דרך הסוללה במשך 2 שניות?
  - כמה עבודה ביצעה הסוללה במשך הזמן הנתון?

### תשובות סופיות:

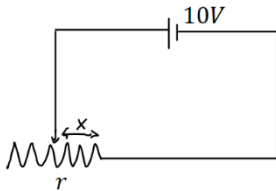
- (1) א.  $\Delta q = 0.9c$     ב.  $V = 9V$     ג.  $W = 8.1J$     ד.  $Q = 8.1J$     ה.  $W = 8.1J$
- (2) א.  $\Delta q = 0.8c$     ב.  $W = 4J$

## הספק חשמלי:

### שאלות:



- (1) **הספק של מקור ושל נגד**  
 במעגל הבא מקור מתח של 6 וולט מחובר לנגד שהתנגדותו  $R = 12\Omega$ .  
 א. מהו ההספק של מקור המתח?  
 ב. מהו ההספק של הנגד וכמה חום נוצר בנגד כל שניה?



- (2) **הספק בנגד משתנה**  
 במעגל הבא סוללה בעלת מתח של 10 וולט מחוברת לנגד משתנה שהתנגדותו ליחידת אורך היא  $r = 100 \frac{\Omega}{m}$ .  
 א. מהו ההספק של הנגד כאשר אורכו 5 ס"מ?  
 ב. מהו ההספק בנגד כאשר אורכו 10 ס"מ?  
 ג. מהו ההספק בנגד כפונקציה של האורך?

- (3) **נורה במתח אחר**  
 נורה שההספק שלה הוא 100W במתח של 220V חוברה למתח של 110V.  
 הנח שהתנגדות הנורה קבועה וחשב מה ההספק של הנורה במתח החדש.

- (4) **כמה עולה להפעיל מזגן כל הלילה**  
 מזגן של 1.5 כוח סוס פועל בהספק מרבי.  
 א. מהי כמות האנרגיה שצורך המזגן בשעה אחת ביחידות של קוט"ש (קילו וואט שעה), כאשר היחס:  $1hp = 746Watt$ ?  
 ב. תעריף חברת החשמל לצריכת ביתית הוא בערך חצי שקל לקוט"ש. כמה עולה להפעיל את המזגן כל הלילה (8 שעות)?

- (5) **חום שנוצר בנגד**  
 בנגד של 10 אוהם זרם של 0.5 אמפר במשך 4 דקות.  
 כמה חום נוצר במשך הזמן שבו זרם זרם בנגד?

**תשובות סופיות:**

- (1) א.  $\rho = 3W$       ב.  $\rho = 3W$
- (2) א.  $\rho = 20W$       ב.  $\rho = 10W$       ג.  $\rho = \frac{1}{x}$
- (3)  $\rho = 25W$
- (4) א.  $W = 1.119kWhr$       ב. 4 ש.
- (5)  $Q = 600J$

## תרגילים נוספים:

### שאלות:

#### (1) תרגיל 1

- מקור מתח אידיאלי בעל מתח של  $5V$  מחובר לנגד בעל התנגדות של  $10$  אוהם.
- מהו הזרם בנגד?
  - מהו ההספק בנגד?
  - כמה חום מיוצר בנגד בעשר שניות?

#### (2) תרגיל 2

- על נורה רשום  $60W/220V$ .
- מהי התנגדות הנורה?
  - מהי כמות המטען שעברה בנורה במשך דקה אחת?
  - מהו ההספק הנורה במתח של  $110V$  בהנחה שההתנגדות שלה לא משתנה.

#### (3) תרגיל 3

- למזגן שני מצבי קירור, במצב הראשון הספקו  $1000W$  ובמצב השני הספקו  $1500W$ . מצא את היחס בין ההתנגדויות בשני המצבים.

#### (4) תרגיל 4

- נורה של  $60W$  דולקת במשך שעה כל יום.  
מהי צריכת האנרגיה של הנורה במשך חודש ביחידות של  $kWh$ ?

**תשובות סופיות:**

$$Q = 25 \text{ j} / \approx 5.9 \text{ cal. ג.} \quad \rho = 2.5 \text{ W ב.} \quad I = 0.5 \text{ A א. (1)}$$

$$\rho \approx 15 \text{ W ג.} \quad \Delta q \approx 16.4 \text{ c ב.} \quad R = 807 \Omega \text{ א. (2)}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} = 1.5 \quad (3)$$

$$E = 1.8 \text{ kWh (4)}$$

## פיזיקה ב

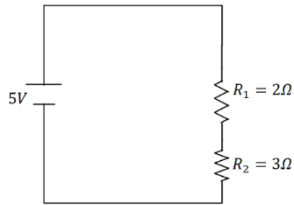
### פרק 10 - חיבור נגדים וחוקי קירכהוף

#### תוכן העניינים

46	1. חיבור נגדים במעגל
49	2. חוקי קירכהוף
50	3. תרגילים נוספים
52	4. מקור מתח לא אידיאלי
(ללא ספר)	5. טעינה ופריקה של קבל
54	6. נצילות במעגל החשמלי

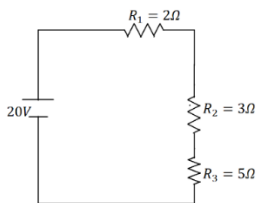
## חיבור נגדים במעגל

### שאלות



#### (1) דוגמה 1

חשב את הזרם במעגל הבא וחשב את ערך הפוטנציאל בין הנגדים (הנח שההדק השלילי נמצא בפוטנציאל אפס).



#### (2) דוגמה 2

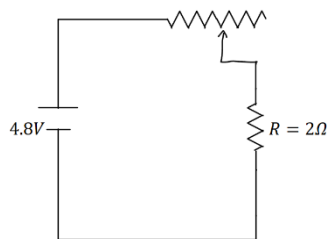
חשב את הזרם במעגל הבא ומצא את המתח על כל נגד.

(3) דוגמה 3  
סוללה עם כ"מ של 3V והתנגדות פנימית  $r = 2\Omega$  מחוברת לנגד  $R = 10\Omega$ .

א. סרטט איור של המעגל.

ב. מהו הזרם במעגל?

ג. מהו מתח ההדקים של הסוללה?

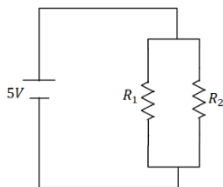


#### (4) דוגמה 4

במעגל הבא ישנו מקור מתח אידיאלי (ללא התנגדות פנימית) המחובר לנגד רגיל ונגד משתנה. אורך הנגד המשתנה הוא 20 ס"מ והתנגדותו ליחידת

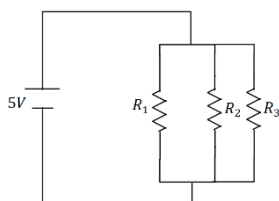
$$\text{אורך היא: } r = 2 \frac{\Omega}{\text{m}}$$

מהו הזרם במעגל ומהו המתח על כל נגד?



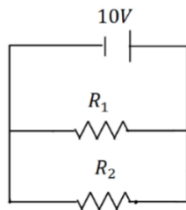
#### (5) דוגמה 5

במעגל הבא:  $R_1 = 6\Omega$ ,  $R_2 = 2\Omega$  מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.



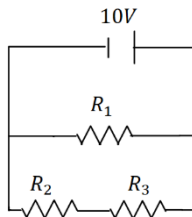
#### (6) דוגמה 6

במעגל הבא:  $R_1 = 1\Omega$ ,  $R_2 = 2\Omega$ ,  $R_3 = 4\Omega$  מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.



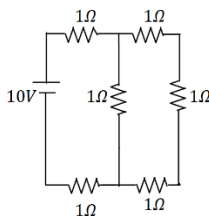
**7 דוגמה 7**

במעגל הבא:  $R_1 = 5\Omega$ ,  $R_2 = 3\Omega$  מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.



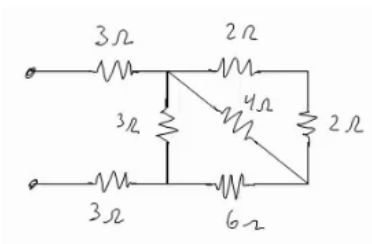
**8 דוגמה 8**

במעגל הבא:  $R_1 = 4\Omega$ ,  $R_2 = 3\Omega$ ,  $R_3 = 1\Omega$  מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.



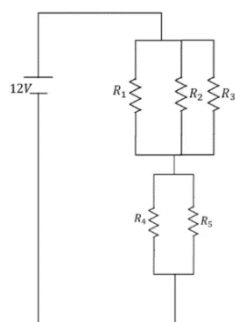
**9 דוגמה 9**

מצא את כל הזרמים במעגל הבא:



**10 דוגמה 10**

חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל הבא בין שני ההדקים.



**11 חישוב הספק מעגל**

נתון המעגל הבא  $R_3 = R_2 = R_1 = 6\Omega$ ,  $R_5 = R_4 = 8\Omega$ .

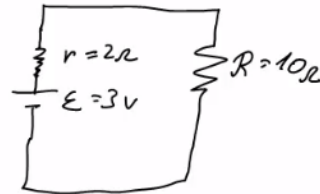
- מצאו את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.
- חשבו את הספק המעגל והראו כי הוא שווה להספק הסוללה.
- מוסיפים נגד כלשהו המחובר בטור לסוללה. האם ההספק של המעגל יקטן, יגדל או לא ישתנה?

## תשובות סופיות

(1)  $I = 1A, V_3 = 3V$

(2)  $I = 2A, V_1 = 4V, V_2 = 6V, V_3 = 10V$

(3) א.  $I = 0.25A$  ב.  $V = 2.5V$



(4)  $I = 2A, V_r = 0.8V, V_R = 4V$

(5)  $I = \frac{10}{3}A, V_1 = \frac{5}{6}A, V_2 = \frac{5}{2}A$

(6)  $I = 24.5A, I_1 = 14A, I_2 = 7A, I_3 = 3.5A$

(7)  $I = 5.33A, I_1 = 2A, I_2 = \frac{10}{3}A$

(8)  $I = 5A, I_1 = 2.5A, I_2 = 2.5A$

(9)  $I = \frac{40}{11}A, I_1 = \frac{10}{11}A, I_2 = \frac{30}{11}A$

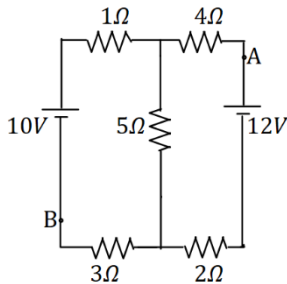
(10)  $R_T = \frac{66+24}{11}$

(11) א.  $I_T = 2A, I_1 = I_2 = I_3 = \frac{2}{3}A, I_4 = I_5 = 1A$  ב.  $24W$  ג. יקטן.

## חוקי קירכהוף:

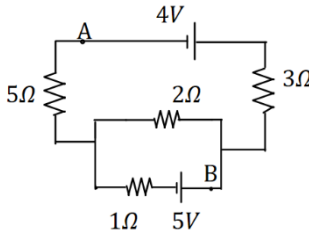
### שאלות:

#### 1 קירכהוף תרגיל 1



- במעגל הבא התנגדות הנגדים ומתח המקורות נתונים באיור.  
 א. מצא את הזרמים במעגל.  
 ב. מצא את  $V_{AB}$  באמצעות שני מסלולים שונים.

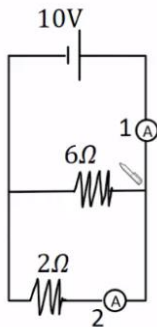
#### 2 קירכהוף תרגיל 2



- במעגל הבא התנגדות הנגדים ומתח המקורות נתונים באיור.  
 א. מצא את הזרמים במעגל.  
 ב. מצא את  $V_{AB}$ .

#### 3 דוגמה

מה יראה כל אמפרמטר במעגל הבא בהנחה שהם אידיאליים?



### תשובות סופיות:

א.  $I_1 = 0.67A$ ,  $I_2 \approx 1.46A$ ,  $I_3 \approx 0.79A$  (1)      ב.  $V_{AB} = 12.49V$

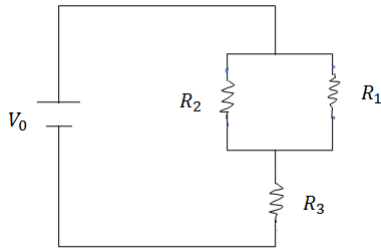
א.  $I_1 = 0.08A$ ,  $I_2 \approx 1.69A$ ,  $I_3 \approx -1.61A$  (2)      ב.  $V_{AB} = -3.79V$

(3)  $A_1 = \frac{20}{3}A$ ,  $A_2 = 5A$

## תרגילים נוספים:

### שאלות:

#### 1 תרגיל (1)



במעגל הבא נתונים ההתנגדות של כל נגד ומתח המקור:  $V_0 = 31V$ ,  $R_1 = 2\Omega$ ,  $R_2 = 3\Omega$ ,  $R_3 = 5\Omega$ .  
 א. מצא את ההתנגדות השקולה של המעגל.  
 ב. מצא את הזרם העובר בסוללה.  
 חשב את הזרם והמתח על כל אחד מהנגדים.

#### 2 תרגיל (2)

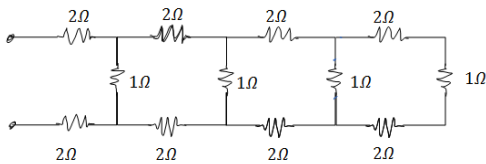
נתונים שלושה נגדים זהים עם התנגדות ידועה  $R$ .  
 מצא את כל האפשרויות השונות לחבר את הנגדים.  
 מצא את ההתנגדות השקולה של כל אפשרות.

#### 3 תרגיל (3)



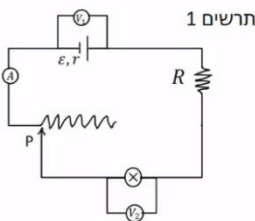
חשב את הזרם והמתח בכל נגד במעגל הבא:

#### 4 תרגיל (4)

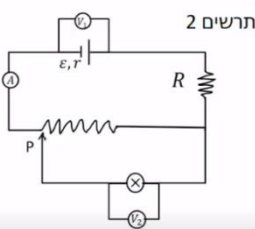


מצא את ההתנגדות השקולה של המעגל בין שני ההדקים:

#### 5 תרגיל (5)



במעגל הבא (תרשים 1) כל מכשירי המדידה אידיאליים  $\epsilon = 5V$ ,  $R = 2\Omega$ , התנגדות הנגד המשתנה היא 8 אוהם. כאשר הגרר  $P$  נמצאת בנקודה הכי שמאלית של הנגד המשתנה מדידת האמפרמטר היא  $0.2A$  והוולטמטר  $V_1 = 4V$ .



א. מהי ההתנגדות הפנימית של הסוללה ומהי התנגדות הנורה?  
 ב. מהי נצילות המעגל במצב הנתון?

ג. משנים את מיקום הגררה בצורה רציפה, האם הנצילות תגדל/תקטן/לא תשתנה?

מחברים את הקצה השני של הנגד המשתנה כפי שנראה בתרשים 2 כאשר הגררה נשארת בקצה השמאלי של הנגד.

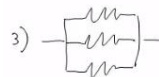
ד. האם הספק הסוללה גדל/קטן או לא השתנה? נמק ללא חישוב.

ה. באיזה מעגל הנורה מאירה בעוצה חזקה יותר? הסבר ללא חישוב.

### תשובות סופיות:

$$\text{א. } R_T = \frac{31}{5} \Omega \quad \text{ב. } V_3 = 25V, V_{1,2} = 6V, I_1 = 3A, I_2 = 2A \quad (1)$$

$$1) \text{ } \begin{array}{c} R \\ | \\ \text{---} \\ | \\ R \\ | \\ \text{---} \\ | \\ R \end{array} \quad , \quad R_{T_1} = 3R, R_{T_2} = \frac{3}{2}R, R_{T_3} = \frac{R}{3} \quad (2)$$



$$I_1 = 2A, I_2 = 4A, I_3 = 9A, V_1 = 2V, V_2 = 8V, V_3 = 27V \quad (3)$$

$$R_T = \frac{169}{204} + 4 \quad (4)$$

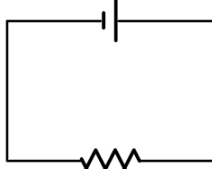
$$\text{א. התנגדות פנימית: } r = 5\Omega, \text{ התנגדות הנורה: } R = 18\Omega \quad (5)$$

ב.  $n = 72\%$       ג. תקטן.      ד. גדל.      ה. ראה סרטון.

## מקור מתח לא אידיאלי:

### שאלות:

סוללה לא אידיאלית



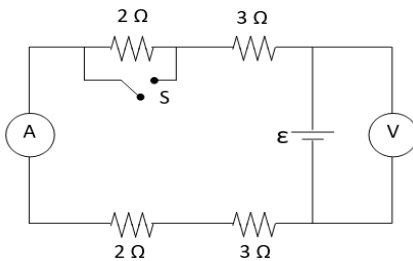
$10\Omega$

#### (1) דוגמה 1

- המעגל הבא מורכב מסוללה לא אידיאלית המחוברת לנגד של  $10$  אוהם. ההתנגדות הפנימית של הסוללה היא  $1$  אוהם. במעגל זורם זרם של  $2$  אמפר.
- א. מהו הכא"מ של הסוללה?  
 ב. מהו מתח ההדקים שמספקת הסוללה במעגל?

#### (2) דוגמה 2

- מחברים סוללה לא אידיאלית לנגד של  $10$  אוהם ומודדים את הזרם במעגל. המדידה מראה כי הזרם הוא  $2$  אמפר. לאחר מכן מנתקים את הסוללה מהנגד ומחברים אותה לנגד של  $6$  אוהם.
- מודדים שוב את הזרם במעגל ורואים כי הזרם השתנה ל- $3$  אמפר.
- א. מצא את הכא"מ וההתנגדות הפנימית של הסוללה.  
 ב. מצא את מתח ההדקים של הסוללה בכל אחד מהחיבורים.



#### (3) מעגל עם סוללה לא אידיאלית

- המעגל שבתרשים מכיל ארבעה נגדים, מד מתח ומד זרם אידיאליים, סוללה (לא אידיאלית) ומפסק. קריאת האמפרמטר נרשמה פעמיים, כאשר המפסק פתוח וכאשר המפסק סגור.
- אחת הקריאות הייתה  $1.5A$  והאחרת הייתה  $1.8A$ .
- א. האם הזרם הגבוה יותר נמדד כאשר המפסק היה פתוח או כאשר הוא היה סגור? נמק/י!  
 ב. מה הוראת מד המתח בשני מצבי המפסק? פרטי/י חישוביך!  
 ג. חשבי/י את הכא"מ ואת ההתנגדות הפנימית של הסוללה  
 ד. מה היו מראים אותם שני מכשירי מדידה אילו היו מחברים את מד המתח במקום מד הזרם ולהפך? נמק!

### תשובות סופיות:

- (1) א.  $\varepsilon = 22V$       ב.  $V = 20V$
- (2) א.  $\varepsilon = 24V$ ,  $r = 21\Omega$       ב.  $V_1 = 20V$ ,  $V_2 = 18V$
- (3) א. ככל שההתנגדות השקולה נמוכה יותר, הזרם יהיה גבוה יותר.  
 לכן, הזרם הגבוה יהיה כאשר המפסק סגור.  
 ב. סגור:  $V_{AB} = 14.4V$ , פתוח:  $V_{AB} = 15V$ .  
 ג.  $\varepsilon = 18V$ ,  $r = 2\Omega$ .  
 ד. האמפרמטר:  $I = 9A$ , הוולטמטר:  $V = 0$ .

## נצילות במעגל החשמלי:

### שאלות:

#### (1) דוגמה נצילות

במעגל הבא נתונה התנגדות הנגד, התנגדות הנורה והמתח של

$$V = 5V, R_1 = 3\Omega, R_2 = 5\Omega$$

- מהו הזרם בנורה ומהו הזרם בסוללה?
- מהו ההספק המתפתח בנורה ומהו ההספק של הסוללה?
- מהי הנצילות של המעגל?
- מהו אחוז ההספק שהולך לאיבוד במעגל?

#### (2) מנוע של משאבה

מנוע של משאבה עובד במתח של 220V ובזרם של 10A.

- מהי כמות המים שניתן לשאוב במשך דקה מבאר בעומק 30m? הנח שהנצילות של המנוע היא 100 אחוז.
- חזור על סעיף א' אם נצילות המנוע היא 40 אחוז.

#### (3) מנוע של מכונית

למנוע של מכונית יש הספק מרבי של 100 כוח סוס. המכונית מתחילה לנסוע ממנוחה ומסתה 1 טון.

- מהי המהירות המרבית אליה יכולה להגיע המכונית לאחר 10 שניות? הנח שנצילות המנוע היא 100 אחוז ומצא את התשובה בקמ"ש.
- חזור על סעיף א' אם נצילות המנוע היא 30 אחוז.
- חזור על סעיף א' וב' ובדוק כמה חום נוצר במשך 10 השניות, ביחידות של קלוריות.

### תשובות סופיות:

(1) א. בנורה:  $I = 1A$ , בסוללה:  $I = \frac{8}{3}A$ .

ב. בנורה:  $\rho = 5W$ , בסוללה:  $\rho = \frac{40}{3}W$ .

ג.  $\eta = 37.5\%$       ד.  $62.5\%$

(2) א.  $V = 440\text{Litter}$       ב.  $V = 176\text{Litter}$

(3) א.  $v \approx 139 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$       ב.  $v = 76.2 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$       ג.  $Q = 124,333\text{cal.}$

# פיזיקה ב

פרק 11 - מכשירי מדידה

תוכן העניינים

56 .....	1. גלונומטר
(ללא ספר) .....	2. גשר ווינסטון

## גלוונומטר:

### שאלות:

#### 1 דוגמה 1

אמפרמטר מורכב מגלוונומטר בעל התנגדות של 60 אוהם ומיצד בעל התנגדות של 3 אוהם.

א. מהי התנגדות האמפרמטר?

ב. מהו הזרם המקסימאלי אותו יכול למדוד האמפרמטר אם הזרם המקסימאלי אותו יכול למדוד הגלוונומטר הוא 2mA?

#### 2 דוגמה 2

גלוונומטר מסוגל למדוד זרם מקסימלי של 5mA.

התנגדות הגלוונומטר היא 20 אוהם. התנגדות המיצד היא 0.5 אוהם.

א. מהו הזרם המקסימאלי הניתן למדידה באמפרמטר?

ב. מה צריכה להיות התנגדות המיצד על מנת שהזרם המקסימלי הנמדד באמפרמטר יהיה 505mA?

#### 3 דוגמה 3

נתון גלוונומטר שהתנגדותו 50 אוהם והזרם המקסימאלי בו הוא 2mA. איזה נגד יש לחבר לגלוונומטר בטור כדי להפוך אותו לוולטמטר היכול למדוד מתח מקסימאלי של 5V?

### תשובות סופיות:

$$\text{א. } R_T \approx 2.86\Omega \quad \text{ב. } I_{\max} = 42A \quad (1)$$

$$\text{א. } I_{\max} = 205mA \quad \text{ב. } R_S = 0.2\Omega \quad (2)$$

$$\text{ב. } R_S = 2450\Omega \quad (3)$$

# פיזיקה ב

פרק 12 - השדה המגנטי

תוכן העניינים

57	.....	1. הסברים ודוגמאות
59	.....	2. סיכום ותרגילים נוספים

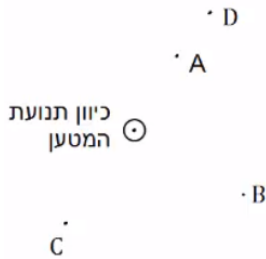
## הסברים ודוגמאות:

### שאלות:

**1 דוגמה 1**

מטען נע מהדף אלינו.

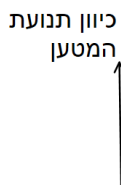
צייר את כיוון השדה המגנטי בנקודות: A, B, C, D.



**2 דוגמה 2**

מטען נע במישור הדף כלפי מעלה.

מה כיוון השדה המגנטי שיוצר המטען משני הצדדים של הקו עליו נע המטען?



**3 דוגמה 3 - שדה בפינת משולש**

במערכת הבאה ישנם שני תיילים אינסופיים

הנושאים זרם  $I_0 = 2A$ .

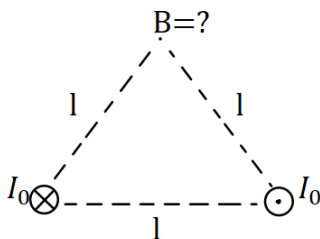
התיילים מונחים בקודקודי הבסיס של משולש

שווה צלעות בעל אורך צלע  $l = 20\text{cm}$ .

התיילים מונחים במקביל כך שבאחד הזרם

נכנס לתוך הדף ובשני יוצא מן הדף.

חשב את השדה המגנטי בקודקוד השלישי של המשולש (גודל וכיוון).



**4 דוגמה 4 - שדה במרכז ריבוע**

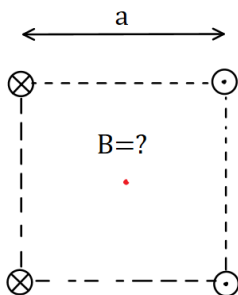
במערכת הבאה ישנם ארבעה תיילים אינסופיים

בפינותיו של ריבוע בעל אורך צלע  $a = 10\text{cm}$ .

גודל הזרם בכל התיילים זהה ושווה ל- $3A$ .

כיוון הזרם מתואר באיור.

מהו השדה המגנטי במרכז הריבוע?

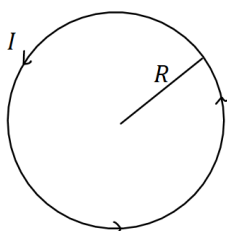


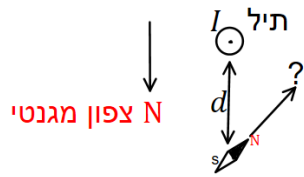
**5 דוגמה 5 - שדה במרכז טבעת**

מצא את גודל וכיוון השדה המגנטי במרכז הטבעת שבאיור.

רדיוס הטבעת הוא  $R = 5\text{cm}$  והזרם בה הוא  $I = 0.2A$ .

בכיוון השעון.





**6) דוגמה 6 - שדה של תיל וכדה"א**

תיל ארוך מונח במאונך לפני כדור הארץ

ונושא זרם  $I = 5A$  במרחק  $d = 5c. m$ .

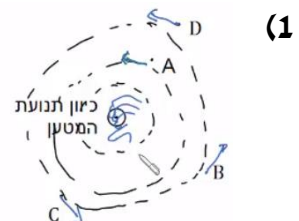
מהתיל לכיוון הצפון המגנטי של כדור הארץ נמצא מצפן,

המוחזק אופקית לכדור הארץ.

מצא את הכיוון אליו תצביע המחט.

(רכיב השדה המגנטי המקביל לפני כדה"א הוא :  $B_t = 2.9 \cdot 10^{-5} T$ .)

**תשובות סופיות:**



(2) מצד ימין השדה נכנס, מצד שמאל השדה יוצא.

(3)  $\vec{B} = -2 \cdot 10^{-6} \hat{y}$

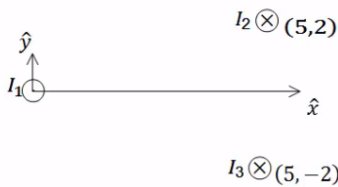
(4)  $\vec{B} = -24.24 \cdot 10^{-6} T \hat{y}$

(5)  $B = 8\pi \cdot 10^{-7} T$

(6)  $\theta \approx 55.4^\circ$

## סיכום ותרגילים נוספים:

### שאלות:



#### (1) שדה של שלושה תילים אינסופיים

שלושה תילים אינסופיים המקבילים לציר ה- $z$

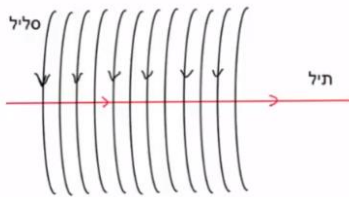
מונחים במיקומים הבאים:  $\vec{r}_1(0,0)$ ,  $\vec{r}_2(5,2)$ ,  $\vec{r}_3(5,-2)$

הזרמים בתילים הם:  $I_1 = 3A$  החוצה מהדף,  $I_2 = 5A$

לתוך הדף,  $I_3 = 4A$  גם כן לתוך הדף.

מצא באיזה נקודה לאורך ציר ה- $x$  מתאפס

הרכיב של השדה המגנטי בכיוון  $y$  ?



#### (2) תיל בתוך סליל

סליל ארוך מאוד מונח כך שהציר המרכזי שלו

לאורך ציר  $z$ . צפיפות הליפופים בסליל היא 15

ליפופים לס"מ והזרם בו הוא 2.5mA.

מניחים תיל ארוך מאוד בתוך הסליל ולאורך

הציר המרכזי. הזרם בתיל הוא 0.8A.

כיווני הזרמים מתוארים בתרשים.

א. מהו המרחק הרדיאלי מהציר בו השדה המגנטי שנוצר יהיה בזווית 30

מעלות עם ציר ה- $z$  ?

ב. מהו גודלו של השדה בנקודה זו?

### תשובות סופיות:

(1)  $x_1 = -2.76$ ,  $x_2 = 5.26$

(2) א.  $r = 5.9\text{cm}$ . ב.  $B_T \approx 5.4 \cdot 10^{-6}\text{T}$

## פיזיקה ב

פרק 13 - הכוח המגנטי (חוק לורנץ)

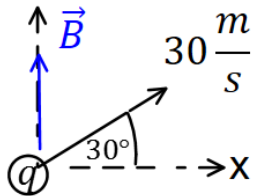
### תוכן העניינים

1. הכוח על מטען בודד ותנועה בשדה ..... 60
2. יישומים של הכוח המגנטי ..... (ללא ספר) 60
3. כוח על תיל נושא זרם ובין תילים ..... 62
4. סיכום ..... (ללא ספר) 62
5. תרגילים נוספים ..... 64

## הכוח על מטען בודד ותנועה בשדה:

שאלות:

**1 דוגמה (1)**



מטען  $q = 2c$  נע במהירות  $v = 30 \frac{m}{sec}$  בכיוון 30 מעלות ביחס לציר ה- $x$  החיובי.

במרחב ישנו שדה מגנטי אחיד  $\vec{B} = 4T \hat{y}$ . מצא את גודל הכוח המגנטי שפועל על המטען.

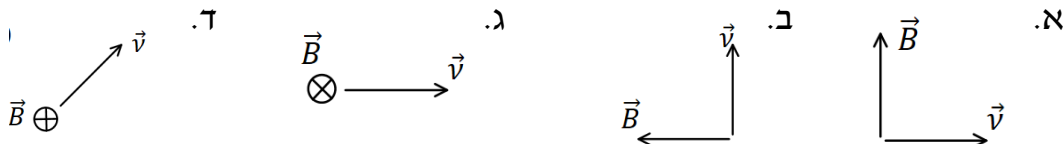
**2 דוגמה (2)**

מטען  $q = 3c$  נע במהירות  $\vec{v} = 2 \frac{m}{sec} \hat{x} + 4 \frac{m}{sec} \hat{y}$

במרחב ישנו שדה מגנטי אחיד  $\vec{B} = 5T \hat{y}$ . מצא את גודל הכוח המגנטי שפועל על המטען.

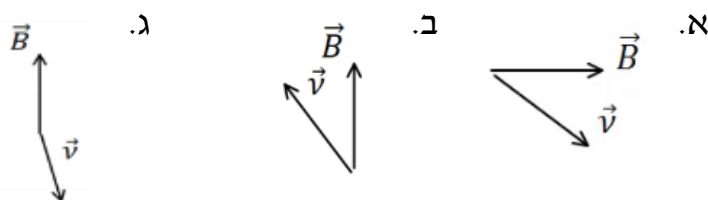
**3 דוגמה (3)**

מצא את כיוון הכוח המגנטי במקרים הבאים:

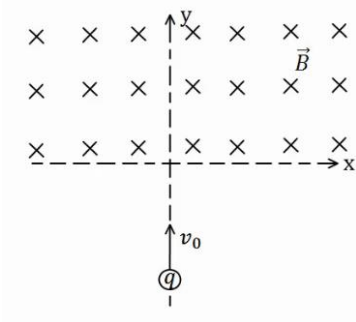


**4 דוגמה (4)**

מצא את כיוון הכוח המגנטי במקרים הבאים:



**5 דוגמה (5)**



מטען  $q = 4c$  נע מ- $y = -\infty$  לאורך הכיוון החיובי של ציר ה- $y$ . בכל התחום  $y > 0$  קיים שדה מגנטי אחיד  $B = 5T$  לתוך הדף. מסת המטען היא  $m = 10gr$  ומהירותו

היא  $v_0 = 20 \frac{m}{sec}$ .

א. שרטט את תנועת המטען.

ב. מצא את המיקום בו יצא המטען מהתחום בו נמצא השדה המגנטי.

**תשובות סופיות:**

(1)  $F_B \approx 207.8N$

(2)  $F_B = 30N$

(3) א.  $\vec{F} \odot$     ב.  $\vec{F} \odot$     ג.  $\vec{F} \uparrow$     ד.  $\vec{F} \swarrow$

(4) א.  $\vec{F} \odot$     ב.  $\vec{F} \otimes$     ג.  $\vec{F} \odot$

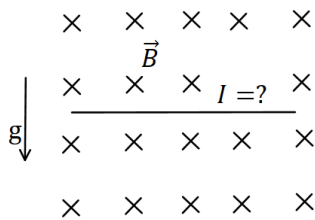
(5) א.  $x = -2cm, y = 0$     ב.



## כוח על תיל נושא זרם ובין תיילים:

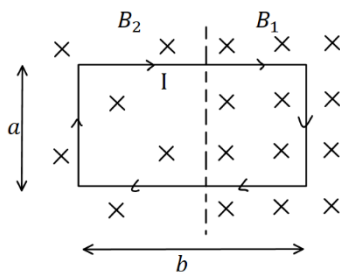
### שאלות:

#### (1) דוגמה 7



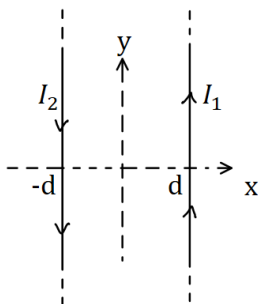
תיל ישר נמצא במאונך לשדה מגנטי אחיד  $B = 10^{-2} \text{T}$  לתוך הדף. צפיפות המסה של התיל ליחידת אורך היא  $\lambda = 20 \frac{\text{gr}}{\text{cm}}$ . מצא מה צריך להיות גודל וכיוון הזרם בתיל, כך שהתיל ירחף באוויר.

#### (2) דוגמה 8



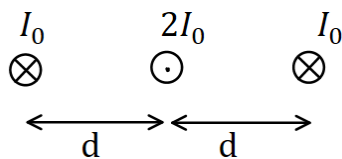
מסגרת מלבנית בעל צלעות  $a, b$  נמצאת במישור של הדף ובתוך שדה מגנטי שכיוונו לתוך הדף. גודלו של השדה המגנטי אינו אחיד. המסגרת מונחת כך, שחלק מהמסגרת נמצא בשדה  $B_1 = 4 \text{T}$ , והחלק השני נמצא בשדה  $B_2 = 3 \text{T}$ . במסגרת זורם זרם  $I = 2 \text{A}$  עם כיוון השעון. מצא את הכוח השקול הפועל על המסגרת ( $a = 0.5 \text{m}$ ).

#### (3) דוגמה 9



תיל ארוך מאוד מונח במקביל לציר ה- $y$  וב- $x = d$ . בתיל זורם זרם  $I_1 = 1 \text{A}$  בכיוון. תיל ארוך נוסף מונח גם כן במקביל לציר ה- $y$  וב- $x = -d$ . הזרם בתיל זה הוא  $I_2 = 2 \text{A}$  בכיוון הפוך לציר ה- $y$ . מהו הכוח ליחידת אורך על כל תיל, אם  $d = 20 \text{cm}$ ?

#### (4) דוגמה 10



שלושה תיילים אינסופיים מונחים במקביל, כמתואר באיור. המרחקים בין התיילים קבועים ושווים ל- $d$ . הזרם בתיל האמצעי הוא  $2I_0$  החוצה מהדף, והזרם בתיילים האחרים הוא  $I_0$  לתוך הדף. מהו הכוח על כל תיל?

### תשובות סופיות:

$$(1) \text{ כיוון: ימינה, גודל: } I = 2 \cdot 10^3 \text{ A}$$

$$(2) \sum F = 1 \text{ N, ימינה.}$$

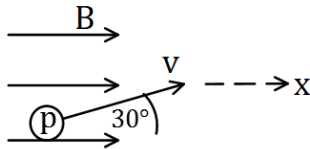
$$(3) F_1 = 10^{-6} \hat{x}, F_2 = -10^{-6} \hat{x}$$

$$(4) \sum F_1 = \frac{3\mu_0 I_0^2}{4\pi d} \hat{x}, \sum F_2 = 0, \sum F_3 = -\frac{3\mu_0 I_0^2}{4\pi d} \hat{x}$$

## תרגילים נוספים:

### שאלות:

#### (1) תרגיל 1



פרוטון נכנס לאזור בו ישנו שדה מגנטי אחיד שעוצמתו  $10T$  בכיוון ציר ה- $x$ . מהירות הפרוטון היא  $10^6 \frac{m}{sec}$  וכיוונה בזווית  $30$  מעלות ביחס לשדה.

א. מהו גודל וכיוון הכוח הפועל על הפרוטון?

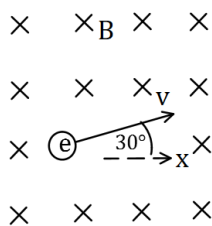
ב. מהי תאוצת הפרוטון?

נתון:  $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} c$ ,  $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} kg$

#### (2) תרגיל 2

אלקטרון נמצא בשדה מגנטי אחיד שגודלו  $5T$  וכיוונו לתוך הדף.

לאלקטרון מהירות  $v_0 = 10^5 \frac{m}{sec}$  בכיוון  $30$  מעלות ביחס לציר ה- $x$ .



א. מהו הכוח הפועל על האלקטרון (גודל וכיוון)?

ב. צייר את תנועת האלקטרון בשדה.

מהו רדיוס הסיבוב?

נתון:  $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} c$ ,  $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} kg$

#### (3) תיל תלוי על שני קפיצים- ביולוגיה תא

תחל מוליך נושא זרם תלוי לאורך ציר  $x$  על

ידי שני תילים דקים ושני קפיצים זהים.

בכל המרחב קיים שדה מגנטי אחיד לתוך הדף.

אורך התיל המוליך הוא  $0.4m$  ומסתו

היא  $0.03kg$ . גודל השדה המגנטי הוא  $B = 0.2T$

וקבוע הקפיץ הוא  $k = 10 \frac{N}{m}$ , ניתן להזניח את השדות שיוצרים התילים

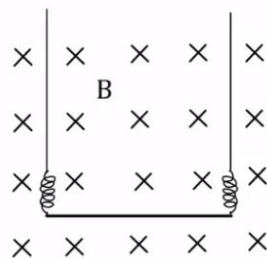
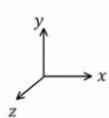
האנכיים ואת הכוחות שהם מפעילים על התיל האופקי.

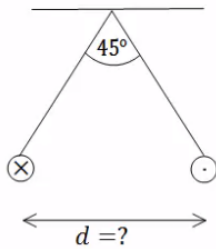
א. מהו גודל וכיוון הזרם בתיל אם ידוע שהתיל בשיווי משקל כאשר

הקפיצים רפויים (לא מפעילים כוח)?

ב. בכמה יתארכו הקפיצים אם יהפכו את הזרם בתיל? תזכורת: גודל הכוח

שמפעיל קפיץ הוא  $F = k\Delta l$  כאשר  $\Delta l$  היא ההתארכות של הקפיץ מהמצב הרפוי.



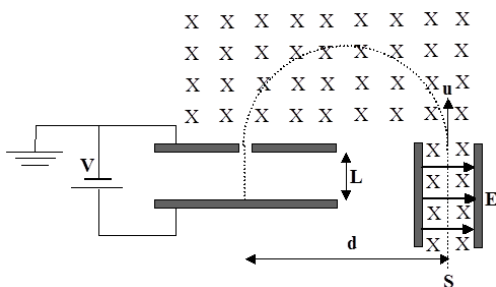


**(4) שני תילים תלויים**

שני תילים ארוכים מאוד תלויים מהתקרה באמצעות חוטים באורך זהה ולא ידוע. בתילים זרם של 100 אמפר בכיוונים מנוגדים. הזווית בין החוטים היא 45 מעלות ומסתם ליחידת

$$\mu = 2 \frac{gr}{m}$$

אורך היא מצא את המרחק בין התילים.



**(5) בורר מהירויות ומתח עצירה**

חלקיקים, בעלי מטען +q ומסה m, נפלטים ממקור S במהירויות שונות ונכנסים אל בין לוחות קבל. בין לוחות הקבל פועלים שדה חשמלי אחיד  $\vec{E}$  שכיוונו ימינה, ושדה מגנטי אחיד  $\vec{B}$  המכוון אל תוך הדף, כמו בתרשים.

השדה המגנטי פועל על החלקיקים גם לאחר יציאתם מהקבל. במרחק d מנקודת היציאה של החלקיקים מהקבל נמצא נקב קטן, דרכו נכנסים החלקיקים אל תוך הקבל השני, אשר בין לוחותיו לא פועל שדה מגנטי. על הקבל השני מופעל מתח עצירה V. ידוע כי המרחק בין לוחות הקבל השני הינו L. ניתן להזניח את כוח הכובד הפועל על חלקיקים.

נתונים:  $\vec{B}, \vec{E}, m, q, L$ .

- א. באיזו מהירות u יוצאים החלקיקים מהקבל הראשון?
- ב. מהו המרחק d (ראה ציור)?
- ג. תוך כמה זמן משלים החלקיק את חצי הסיבוב?
- ד. מה צריך להיות ערכו המינימלי של מתח העוצר V, המופעל על הקבל השני, כדי שהחלקיקים הנכנסים לתוכו יעצרו לחלוטין?
- ה. מחברים את הקבל השני לסוללה, שמתחה גדול פי שתיים ממה שחישבת בסעיף ד'. תוך כמה זמן יעצור החלקיק מרגע כניסתו אל בין לוחות הקבל השני כעת?

## תשובות סופיות:

(1) א.  $F = 8 \cdot 10^{-13} \text{ N}$ , כיוון: לתוך הדף. ב.  $a = 4.79 \cdot 10^{14} \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

(2) א.  $F = 8 \cdot 10^{-11} \text{ N}$ , כיוון  $60^\circ$  מתחת לציר ה-x. ב.  $R = 1.14 \cdot 10^{-7} \text{ m}$

(3) א.  $I = 3.75 \text{ A}$ , כיוון: חיובי של ציר x. ב.  $\Delta l = 0.03 \text{ m}$

(4)  $d = 0.241 \text{ m}$

(5) א.  $u = \frac{E}{B}$  ב.  $d = \frac{2mE}{qB^2}$  ג.  $t = \frac{\pi}{qB} \text{ m}$  ד.  $V = \frac{mE^2}{2qB^2}$  ה.  $t = \frac{BL}{E}$

# פיזיקה ב

פרק 14 - גלים

תוכן העניינים

67 ..... 1. גלים והתאבכות גלים

## גלים והתאבכות גלים:

### רקע:

מהירות גל מחזורי:  $v = \lambda f$

חוק השבירה:  $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$

גל עומד במיתר שקצותיו קשורים:  $\ell = n \frac{\lambda}{2}$

קווי מקסימום ראשיים בהתאבכות משני מקורות (ויותר) שווי-מופע:

$$\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{d}$$

קווי מינימום בהתאבכות משני מקורות שווי-מופע:  $\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = \left(n - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{d}$

$$\frac{\Delta X}{L} = \frac{\lambda}{d} \text{ : נוסחת יאנג}$$

קווי מקסימום בהתאבכות בסריג עקיפה:  $\sin \theta_n = n \frac{\lambda}{d} = nN \cdot \lambda$

קווי צומת בעקיפה בסדר יחיד:  $\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{w}$

### שאלות:

#### 1 תרגול גל

פולס נע ימינה בחבל.

מתוארת צורתו בשני זמנים שונים:  $t = 0$ ,  $t = 2 \text{ sec}$ .



א. מה משרעת הפולס?

ב. מה מהירות התקדמותו?

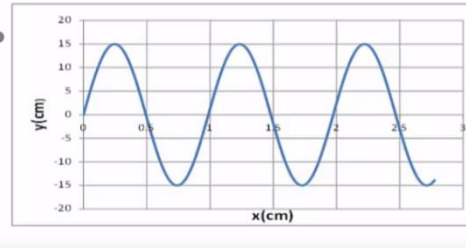
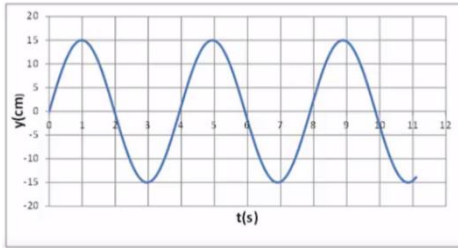
ג. מה כיוון תנועת החלקיק בחבל שנמצא בנקודה A ברגע  $t = 0$ ?

ד. מה כיוון תנועת החלקיק בחלק שנמצא בנקודה B ברגע זה?

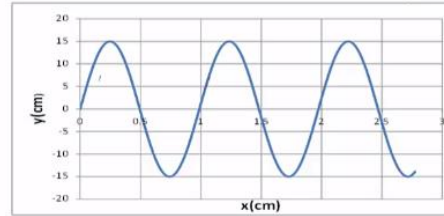
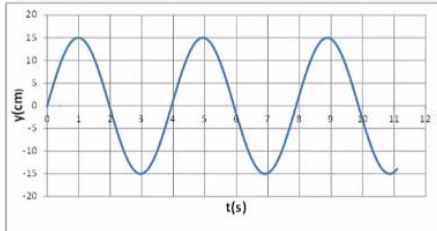
**2) תרגול גל מחזורי 1**

מופיעים לפניכם גרפי העתק זמן והעתק מקום של חבל מסוים.

- מהי משרעת הגל?
- מהו אורך הגל המתקדם בחבל?
- מה זמן המחזור של הגל?
- מה מהירות הגל?
- לאיזה נקודה/נקודות בחבל יכול להתאים גרף ההעתק זמן (השמאלי)?

**3) תרגול גל מחזורי 2**

לפניכם גרף העתק-מקום והעתק-זמן של הגוף מהשאלה הקודמת. מכפילים את תדירות מחולל הגלים (מקור). שרטטו את גרף העתק-זמן והעתק-מקום החדשים.

**4) תרגול אנרגיה ומשרעת של גל**

גל מעגלי מתפשט באמבט גלים. משרעתו, כשהיה מעגל ברדיוס 3cm, הייתה 1cm.

- פי כמה תהיה קטנה האנרגיה שלו כשיתפשט לרדיוס של 15cm?
- מה תהיה משרעתו במצב זה?

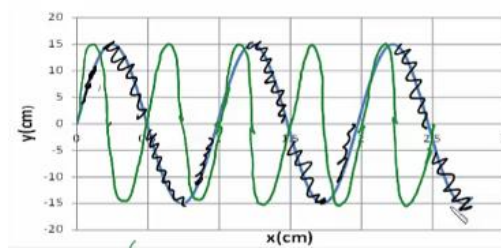
**תשובות סופיות:**

(1) א.  $A = 0.3\text{m}$  ב.  $V = 0.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$  ג. למעלה. ד. למטה.

(2) א.  $A = 0.15\text{m}$  ב.  $\lambda = 1\text{m}$  ג.  $t = 4$  ד.  $v = 25 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$

ה.  $(0.5, 0)$ ,  $(1.5, 0)$ ,  $(2.5, 0)$

(3) הגל הירוק בשרטוט:



(4) א. 5. ב.  $0.45\text{cm}$

# פיזיקה ב

פרק 15 - אופטיקה

תוכן העניינים

70 ..... 1. מבוא לאופטיקה

## מבוא לאופטיקה:

רקע:

חוק סנל

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

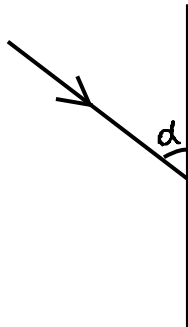
שאלות:

### (1) תרגול אור במרחב

- מציבים מקור אור נקודתי מול מסך במרחק 4m מהמסך.  
 במרחק 1m ממקור האור מציבים מחסום בגובה 1.5m.
- שרטט את הבעיה בקנה מידה לבחירתך.
  - מצא את גודלו של הצל על הקיר:
    - בעזרת שרטוט.
    - בעזרת חישוב.
  - היכן היה צריך למקם המחסום, כדי שגודל הצל יהיה 2.5m?
  - מוסיפים מקור אור זהה (בניסוי המקורי), במרחק של 1m מתחת למקור הראשון. מצא, בעזרת שרטוט, את אזורי האור והצל השונים שמתקבלים.

### (2) תרגול אור במרחב 2

- מהירות האור בריק היא:  $C = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ .
- היעזר בדף הנוסחאות, ומצא תוך כמה זמן מגיעה קרן אור שמוחזרת מהירח – אל כדור הארץ.
  - מצא תוך כמה זמן מגיעה קרן היוצאת מהשמש אל כדור הארץ.
  - אם אני מדליק פנס עכשיו, וחבר נמצא במרחק 3m ממני, תוך כמה זמן יגיע אליו האור מהפנס, מרגע שהדלקתי אותו?
  - שנת אור מוגדרת כמרחק שאור עובר בשנה. מצאו מהי שנת אור בעזרת הגדרה זו.

**3) החזרה תרגיל 1**

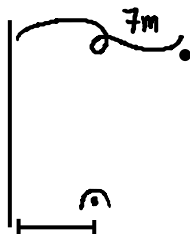
נתון מקור אור הפולט אור ומולו מוצבת מראה.  
 הזווית  $\alpha$  בשרטוט שווה  $76^\circ$ .

- מה זווית ההחזרה של הקרן המשורטטת בתרשים?
- מצא, בעזרת שתי קרניים נוספות לבחירתך, את מיקום הדמות המדומה של העצם הנ"ל.
- מצא את שדה הראייה של העצם הנ"ל.
- מכסים בבד סגול את החצי העליון של המראה. האם עדיין תיווצר דמות של העצם?

**4) החזרה תרגיל 2**

נתון התרשים הבא, בו נער בגובה 1.7m עומד לפני מראה.  
 א. שרטט קרן אור היוצאת מידו הימנית של הנער, פוגעת במראה וחוזרת לעיניו (הקרן מייצגת את הקרן/ הקרניים, שבזכותן הנער רואה את ידו במראה).  
 ב. שרטט (הכי מדויק שאפשר), את דמות הנער במראה.  
 ג. מציבים מאחורי המראה מסך סגול. האם עדיין יראה הנער את דמותו?

- מה הגובה המינימאלי של המראה שיש להציב, כדי שדמות הנער תתקבל במלואה?
- מרחיקים את המראה למרחק כפול מגוף הנער. כיצד תשתנה תשובתך לסעיף ד'?

**5) החזרה תרגיל 3**

מציבים מטבע מול מראה, במרחק 7m ממנה, כמתואר בתרשים.  
 אדם שנמצא במורד התרשים רואה את המטבע בזווית  $30^\circ$ , ביחס לקו המקביל למראה, ואת דמותו של המטבע בזווית  $50^\circ$ .  
 חשב את מרחקו של האדם מהמראה.

**6) תרגול חוק סנל 1**

- קרן לייזר מתקדמת במים ( $n_{\text{water}} = 1.33$ ), ופוגעת במשטח זכוכית ( $n_{\text{glass}} = 1.5$ ).  
 חלק מהקרן נשבר לזכוכית וחלק מוחזר.  
 הזווית בין פני המים והקרן הפוגעת היא  $60^\circ$ .
- חשבו את זווית השבירה.
  - שרטטו את המקרה הנ"ל.

**(7) תרגול חוק סנל 2**

תלמיד שלח קרני אור בזוויות שונות מאוויר לעבר חומר שקוף בעל מקדם שבירה לא ידוע, ומדד את זוויות הפגיעה והשבירה המתאימה לה לזוויות פגיעה שונות. תוצאות המדידות בטבלה שלפניך:

$\theta_1$	$\theta_2$
0	0
10	7.33
20	14.57
30	21.57
40	28.21
50	34.28
60	39.55
70	43.71
80	46.40

- א. האם גרף  $\theta_2(\theta_1)$  מצופה שיצא לינארי?  
 ב. הגדר משתנים עבורם כן תצפה לקבל גרף לינארי.  
 ג. שרטט גרף לינארי זה.  
 ד. מצא, בעזרת הגרף, את מקדם השבירה של החומר השקוף הלא ידוע.

**(8) החזרה גמורה תרגיל 1**

קרן אור מתקדמת בזכוכית ( $n = 1.5$ ), ופוגעת בגבול בין זכוכית זו ובין מים ( $n = 1.33$ ), בזוויות:

א.  $\theta_1 = 0^\circ$

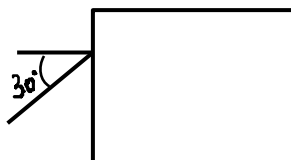
ב.  $\theta_1 = 30^\circ$

ג.  $\theta_2 = 70^\circ$

שרטט את המשך מהלך הקרן, לאחר הפגיעה, בכל אחד משלושת המקרים.

**(9) החזרה גמורה תרגיל 2**

נתון מלבן מפרספקס  $n = 1.5$ , כמתואר בתרשים. קרן אור, המגיעה משמאל, פוגעת בפרספקס בזווית פגיעה של  $30^\circ$ . השלם את מהלך הקרן בתוך הפרספקס.



## תשובות סופיות:

- (1) א. ראה סרטון.  
ד. ראה סרטון.
- (2) א.  $t = 1.28 \text{ sec}$   
ב.  $t \cong 8 \frac{1}{3} \text{ min}$   
ג.  $t = 10^{-9}$   
ד.  $9.47 \cdot 10^{15} \text{ m}$
- (3) ראה סרטון.
- (4) א. ראה סרטון.  
ה. ללא שינוי.
- (5) 2.43m
- (6) א.  $26.3^\circ$   
ב. ראה סרטון.
- (7) א. לא.  
ב.  $\sin \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \theta_1$   
ג. ראה סרטון.
- ד. 1.353
- (8) ראה סרטון.
- (9) ראה סרטון.

# פיזיקה ב

פרק 16 - האפקט הפוטואלקטרי

תוכן העניינים

74 ..... 1. הסבר ותרגילים

## הסבר ותרגילים:

רקע:

אנרגיה של פוטון:

$$E_{ph} = hf$$

$$E(eV) = \frac{12400}{\lambda(\text{\AA})} = \frac{1240}{\lambda(nm)}$$

$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  הוא קבוע פלאנק.

$f$  – תדירות הפוטון.

$\lambda$  – אורך גל הפוטון.

שאלות:

### 1) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 1

תא פוטואלקטרי מסוים מוקרן באור בתדירויות משתנות.

ברגע שהוא מוקרן באור בתדירות:  $f = 8 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ , מתחילים להיפלט אלקטרונים מהקתודה.

א. מה פונקציית העבודה של התא?

ב. כעת מקרינים את התא באור באורך גל של 300 ננומטר.

מה תהיה האנרגיה המקסימלית של האלקטרונים הנפלטים?

ג. מה תהיה מהירותם?

ד. האם כל האלקטרונים הנפלטים בעלי מהירות זו? נמקו.

תשובות סופיות:

1) א. 3.31eV    ב. 0.82eV    ג.  $V = 5.37 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$     ד. לא.

# פיזיקה ב

פרק 17 - האטום - התפתחות הסטורית ומודל האטום של בוהר

תוכן העניינים

1. הסבר ותרגילים ..... 75

## הסבר ותרגילים:

רקע:

הנחות בוהר:

$$m_e v_n r_n = n \frac{h}{2\pi}$$

$$E_{ph} = |E_f - E_i|$$

$m_e$  – מסת האלקי

$v_n$  – מהירות האלקי ברדיוס מסדר  $n$ .

$r_n$  – הרדיוס ה- $n$ .

$n = 1, 2, 3 \dots$  מספר חיובי שלם

$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  הוא קבוע פלאנק.

$E_{ph}$  – אנרגיית פוטון שנפלט/נבלע.

$E_i$  ו- $E_f$  הן אנרגיות האלק לפני ואחרי התהליך.

רמות אנרגיה באטום מימן:

$$E_n = -\frac{R^*}{n^2} \quad (U_\infty = 0)$$

$$R^* = \frac{2\pi^2 k^2 m_e e^4}{h^2} = \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} = 13.6 \text{ eV}$$

$R^*$  – קבוע רידברג.

$k$  – קבוע קולון.

$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$  – קבוע הפרמטיביות של הריק.

רדיוסי המסלולים המותרים של האלקטרון באטום מימן:

$$r_n = r_1 n^2$$

$$r_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e k e^2} = 0.529 \text{ \AA}$$

$r_1$  – רדיוס הבסיס של האלקי

## שאלות:

## (1) תרגיל 1 אטום מימן

- איזו אינטראקציה תתרחש בין גז מימן ברמת היסוד ובין:
- אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 12 אלקטרון וולט?
  - פוטונים בעלי אנרגיה של 12 אלקטרון וולט?
  - פוטונים בעלי אנרגיה של 15 אלקטרון וולט?
  - אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 15 אלקטרון וולט?
- היעזרו בדיאגרמה לרמות אנרגיה של אטום מימן.

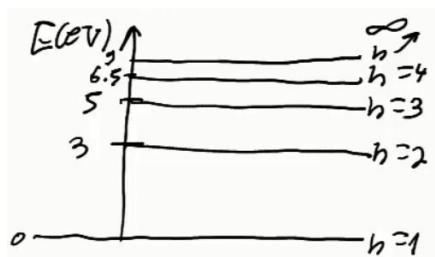
## (2) תרגיל 2 אטום מימן

- בניסוי מסוים העבירו דרך גז מימן חד אטומי ברמת היסוד אלקטרונים שהואצו לאנרגיה קינטית של 13 אלקטרון וולט.
- כיצד ייראה ספקטרום הפליטה של גז זה?
  - מה הערכים האפשריים של האנרגיה הקינטית לאלקטרונים שהואצו לאחר מעברם בגז?
  - מה השינוי ברדיוס של האלקטרונים הקשורים שעוררו לרמה הגבוהה ביותר?

## (3) תרגיל 3 אטום מימן

- בניסוי נוסף הקרינו גז מימן ברמת היסוד בפוטונים בעלי אורך גל גדול ושווה מ-100 ננומטר, וקטן או שווה מ-400 ננומטר.
- כיצד ייראה ספקטרום הבליעה של הגז?
  - כיצד ייראה ספקטרום הפליטה של הגז?
  - מהי האנרגיה הקינטית של האלקטרון האנרגטי ביותר?

## (4) גזים אחרים תרגיל 1

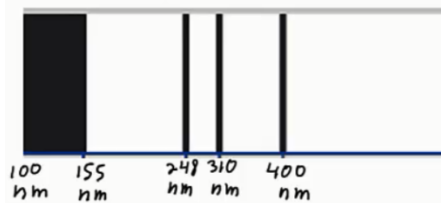


- נתונה דיאגרמת רמות האנרגיה של גז מסוים:
- איזו אינטראקציה תתרחש אם נקרין את הגז בפוטונים בעלי אנרגיה של 6 אלקטרון וולט?
  - איזו אינטראקציה תתרחש אם נאיץ אל הגז אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 6 אלקטרון וולט?
  - במידה ותתרחש אינטראקציה עם הגז, תאר מה יקרה לאחר מכן.

**5) גזים אחרים תרגיל 2**

מעבירים דרך גז לא ידוע אור בטווח אורכי גל של:  $180\text{nm} \leq \lambda \leq 700\text{nm}$ .  
 מקבלים ספקטרום בליעה בו חסרים 3 אורכי גל:  $\lambda_1 = 620\text{nm}$ ,  $\lambda_2 = 400\text{nm}$ ,  
 $\lambda_3 = 248\text{nm}$ .

- חשבו ושרטטו את דיאגרמת רמות האנרגיה של גז זה.
  - כמה קווים ספקטרליים יהיו בספקטרום הפליטה במצב המתואר למעלה?
  - מאיצים אלקטרונים במתח של 5.5 וולט ולאחר מכן מכוונים אותם לתוך גז זה שנמצא מחדש ברמת היסוד.
- עם איזה אנרגיה קינטית יכולים האלקטרונים החופשיים להמשיך לאחר מעברם בגז?

**6) גזים אחרים תרגיל 3**

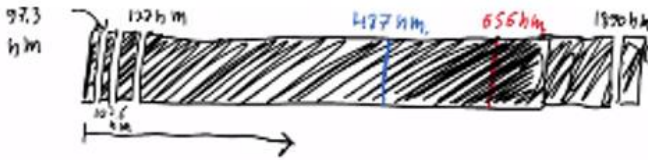
בניסוי מסוים הוקרן גז לא ידוע באור  
 בספקטרום רציף בתחום אורכי הגל  
 של:  $100\text{nm} \leq \lambda \leq 500\text{nm}$ .  
 ספקטרום הבליעה של הגז כולל 3 קווים

- דקים חשוכים, ותחום רציף חשוך כמתואר בתרשים.
- חשבו את הפרשי האנרגיה של 3 הרמות המעוררות האפשריות לחישוב ביחס לרמת היסוד.
  - ענו על הסעיפים הבאים:
    - הסבירו מדוע קיימת בליעה רציפה -  $\lambda \leq 155\text{nm}$ .
    - חשבו את האנרגיה הדרושה ליינון אטום זה.
  - שרטטו דיאגרמת רמות אנרגיה לאטום. בחרו את אנרגיית רמת היסוד כרצונכם.
  - חשבו את אורכי הגל הנפלטים באטום זה.
  - מה המהירות המקסימלית של אלקטרון שייפלט מאטום זה?

**תשובות סופיות:**

(1) ראה סרטון.

(2) א. 6 קווים בספקטרום הפליטה,



ב. 1.  $E_k = 13\text{eV}$  - לא תהיה מסירה.

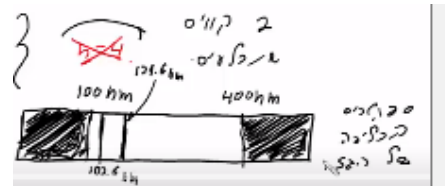
2.  $E_k = 2.8\text{eV}$  ← מסירה של  $10.2\text{eV}$

3.  $E_k = 0.91\text{eV}$  ← מסירה של  $12.09\text{eV}$

4.  $E_k = 0.25\text{eV}$  ← מסירה של  $12.75\text{eV}$

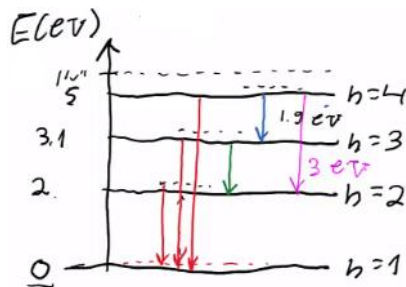
ג.  $7.93 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

(3) א. ב. ראה סרטון. ג.  $2.42 \cdot 10^{-19} \text{ J}$



(4) ראה סרטון.

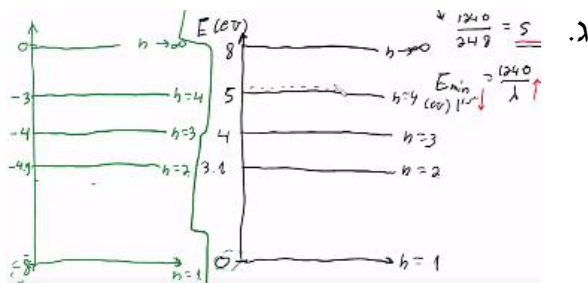
(5) א.  $E_3 = 5\text{eV}$ ,  $E_2 = 3.1\text{eV}$ ,  $E_1 = 2\text{eV}$



ב. 6 קווים בספקטרום הפליטה. ג. ראה סרטון.

(6) א.  $\Delta E_{1 \rightarrow 2} = 3.1\text{eV}$ ,  $\Delta E_{1 \rightarrow 3} = 4\text{eV}$ ,  $\Delta E_{1 \rightarrow 4} = 5\text{eV}$

ב. ii.  $8\text{eV}$



ד.  $\lambda_{4 \rightarrow 3} = 1378\text{nm}$ ,  $\lambda_{3 \rightarrow 1} = 248\text{nm}$ ,  $\lambda_{2 \rightarrow 2} = 653\text{nm}$ ,  $\lambda_{1 \rightarrow 3} = 1240\text{nm}$

.  $\lambda_{6 \rightarrow 2} = 400\text{nm}$ ,  $\lambda_{5 \rightarrow 3} = 310\text{nm}$

ה.  $1.24 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

## פיזיקה ב

פרק 18 - גרעין האטום, אנרגיית הגרעין ורדיואקטיביות

תוכן העניינים

1. הגרעין- הסבר ..... (ללא ספר)
2. אנרגיית קשר של הגרעין ויציבות גרעינים ..... 79
3. רדיואקטיביות ..... 81
4. תגובות גרעיניות ..... 86

## אנרגיית קשר של הגרעין ויציבות גרעינים:

רקע:

שקילות מסה-אנרגיה:

$$\Delta E = \Delta mc^2$$

$$\Delta E(\text{MeV}) = \Delta m(u) \cdot 931.494 \frac{\text{MeV}}{u}$$

$\Delta E$  – האנרגיה שמשחררת בהתפרקות שבה המסה פוחתת/ האנרגיה שיש להשקיע במקרה שמסת המערכת גדלה.

$c$  – מהירות האור.

$u = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{kg}$  היא יחידת מסה אטומית.

שאלות:

- 1) אנרגיית קשר גרעינית - תרגיל 1  
חשבו את אנרגיית הקשר הגרעינית של ליתיום 7.
- 2) אנרגיית קשר גרעינית - תרגיל 2  
מצאו את אנרגיית הקשר הממוצעת לנוקליאון של פחמן 12.

תשובות סופיות:

$$\Delta E = 39.2 \text{ MeV} \quad (1)$$

$$E = 7.684 \quad (2)$$

## רדיואקטיביות:

רקע:

דעיכה של מקור רדיואקטיבי:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad \text{או} \quad \frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

$N$  – מספר גרעיני האב בזמן  $t$ .

$N_0$  – מספר גרעיני האב בזמן  $t = 0$ .

$\frac{dN}{dt}$  – קצב ההתפרקות של החומר הרדיואקטיבי.

$\lambda$  – קבוע דעיכה

פעילות (מינוס קצב ההתפרקות) של מקור רדיואקטיבי:  $R = \lambda N$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad \text{זמן מחצית החיים:}$$

שאלות:

### 1) רדיואקטיביות - תרגיל 1

תוריום 228 מתפרק התפרקות אלפא ונוצר גרעין בת של רדיום 224.

א. השלם את משוואת התהליך:  ${}_{90}^{228}\text{Th} \rightarrow ? \text{Ra} + ?$ .

ב. מצא את האנרגיה הקינטית המקסימלית האפשרית שתהיה לתוצר החסר.

נתון שמסתו האטומית של תוריום 228 היא:  $228.0287411u$ , ומסתו

האטומית של רדיום 224 היא:  $224.020186u$ .

ג. הסבר מדוע כמעט בכל המקרים האנרגיה הקינטית של התוצר השני

תהיה קטנה מהערך שחישבת בסעיף ב'!

### 2) רדיואקטיביות - תרגיל 2

עורכים ניסוי עם חומר רדיואקטיבי בשם ביסמוט ( ${}_{83}^{210}\text{Bi}$ ).

נמצא, שחומר זה מתפרק התפרקות בטא מינוס לחומר לא-ידוע בשם פולוניום ( $\text{Po}$ ).

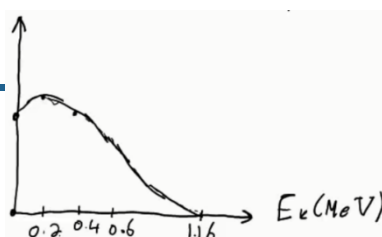
א. כתוב את משוואת ההתפרקות.

ב. בניסוי המשך עם חומר זה מודדים את מהירות החלקיקים הנפלטים

מהגרעין, ומשרטטים גרף של מספר החלקיקים הנפלטים בעלי אנרגיה

קינטית מסוימת, כתלות באנרגיה קינטית זו.

התקבל הגרף הבא:



- נתון שמסתו האטומית של ביסמוט זה היא:  $209.98412u$ , ושמסתו האטומית של פולוניום זה היא:  $209.98287u$ .
- הסבר כיצד נקודת החיתוך של הגרף עם הציר האופקי תומכת בחוק שימור מסה-אנרגיה.
  - הסבר מדוע שאר הנקודות בגרף לא סותרות חוק שימור זה, ואיזה תגלית היסטורית הוסקה בעזרת גרף זה.

### 3 רדיואקטיביות - תרגיל 3

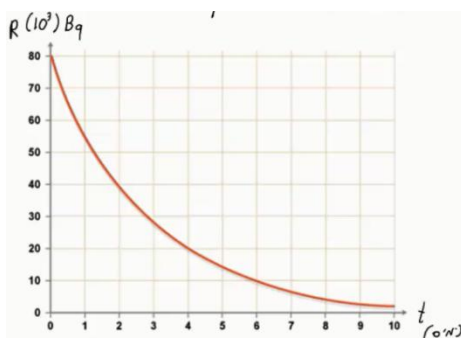
- נתון מדגם של חומר רדיואקטיבי בעל  $10^{10}$  גרעינים וזמן מחצית חיים של יומיים וחצי.
- כמה גרעינים רדיואקטיביים יישארו במדגם לאחר יומיים וחצי?
  - כמה גרעיני בת ייווצרו לאחר 7 וחצי ימים?
  - כמה גרעיני אב יישארו לאחר 9 ימים?
  - מה תהיה הפעילות לאחר 9 ימים?

### 4 רדיואקטיביות - תרגיל 4

- נתון מדגם של נתרן  $^{24}_{11}\text{Na}$  שמתפרק התפרקות בטא מינוס למגנזיום (Mg). מסת המדגם – 2 גרם. המסה האטומית של נתרן 24 היא:  $23.990962u$ .
- זמן מחצית החיים של נתרן היא 15 שעות.
- כתוב את משוואת תהליך ההתפרקות.
  - מה פעילות מדגם זה ברגע  $t = 0$ ?
  - מה תהיה פעילותו (בבקרל) לאחר 30 שעות?
  - כמה גרעיני בת יוצרו לאחר 42 שעות?

### 5 רדיואקטיביות - תרגיל 5

- חומר רדיואקטיבי מסוים מתפרק, כמופיע בתרשים הבא:
- מהו זמן מחצית החיים של החומר?
  - מתי תהיה פעילותו  $10^4$  בקרל?
  - מה תהיה פעילותו ברגע  $t = 17\text{days}$ ?
  - הוסף לתרשים עקומה המתארת את כמות גרעיני הבת שנוצרו בתהליך,



כתלות בזמן.

**6 רדיואקטיביות - תרגיל 6**

- אורניום  $^{235}_{92}\text{U}$  מתפרק בשרשרת התפרקות שכוללת 3 התפרקות אלפא ו-2 התפרקות בטא מינוס.
- א. מצא את המספר האטומי ומספר המסה של הגרעין החדש שנוצר. אותו  $^{235}_{92}\text{U}$  ממשיך בשרשרת ההתפרקות שלו, ומסיים כאיזוטופ יציב של עופרת ( $^{207}_{82}\text{Pb}$ ).
- ב. מצא כמה התפרקות אלפא וכמה התפרקות בטא מינוס עבר בתהליך.

**7 רדיואקטיביות - תרגיל 7**

- פעילותו של 1 ק"ג חומר אורגני (חי) נמדדה ושווה ל-231 בקרל.
- א. ענה על הסעיפים הבאים:
- מה תהיה פעילותו של חומר אורגני שמת לפני 5,736 שנה?
  - לפני 11,472 שנה?
- ב. פעילותה של ערימת חומר (1 ק"ג) שנחפרה באפריקה נמדדה, ונמצא כי היא שווה ל-160 בקרל. מתי הפסיק לתפקד חומר זה?
- ג. מה תהיה פעילותו של 1 ק"ג חומר אורגני שהפסיק לתפקד לפני שבוע?
- ד. מה תהיה פעילותו של 1 ק"ג חומר אורגני שהפסיק לתפקד לפני 65 מיליון שנה?

## תשובות סופיות:

(1) א.  ${}_{90}^{228}\text{Th} \rightarrow {}_{88}^{224}\text{Ra} + {}_2^4\text{He}$     ב.  $\text{EvMeV}_{max}$     ג.  $\text{EvMeV}_{max}$

(2) א.  ${}_{83}^{210}\text{Bi} \rightarrow {}_{84}^{210}\text{Po} + {}_{-1}^0e + \bar{\nu}$     ב. הסברים בסרטון.

(3) א.  $5 \cdot 10^9$     ב.  $8.75 \cdot 10^9$     ג.  $8.25 \cdot 10^8$

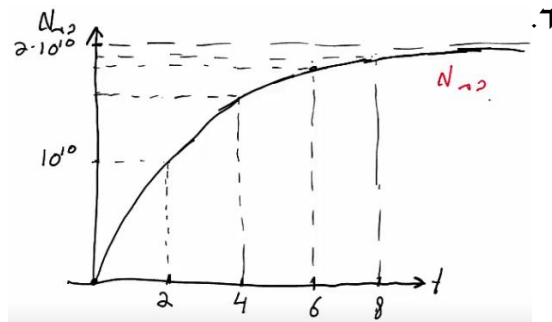
ד. 2645Bq

(4) א.  ${}_{11}^{24}\text{Na} \rightarrow {}_{12}^{24}\text{Mg} + {}_{-1}^0e + \bar{\nu}$     ב.  $6.43 \cdot 10^{17}\text{Bq}$     ג. 1.61

$10^{17}\text{Bq}$

ד.  $4.3 \cdot 10^{22}$

(5) א. יומיים.    ב. אחרי שישה ימים.    ג. 221Bq



(6) א.  ${}_{88}^{223}\text{Ra}$     ב. 7 התפרקויות אלפא ו-4 בטא.

(7) א.i. 115.5Bq    א.ii. 57.75Bq    ב. לפני 3,031 שנה

בערך.

ג. אי אפשר לדעת.    ד.  $R \rightarrow 0$

## תגובות גרעיניות:

### שאלות:

#### (1) תגובות גרעיניות - תרגיל 1

- יורים על גרעין  ${}_{13}^{27}\text{Al}$ , שמסתו האטומית:  $26.981538u$ , גרעין הליום. בתגובה נוצר גרעין לא ידוע, שמסתו:  $29.9783138u$ , וחלקיק נוסף – נויטרון. א. כתוב את משוואת התגובה הגרעינית, והשלם את המספרים לגרעין הלא-ידוע שסימונו P. ב. כמה אנרגיה מינימלית יש לתת לחלקיק האלפא בתגובה, כדי שתתרחש תגובה זו? ג. נותנים לו אנרגיה כפולה מהאנרגיה שחישבנו בסעיף ב'. לאן תלך אנרגיה זו לאחר התגובה?

#### (2) תגובות גרעיניות - תרגיל 2

- נתונה התגובה הבאה:  ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{H} + ?$ . א. השלם את התגובה. ב. נתון שאנרגיית הקשר לנוקליאון לדויטריום ( ${}^2_1\text{H}$ ) היא:  $1.11226\text{MeV}$ , ולהליום 3 ( ${}^3_2\text{H}$ ) היא:  $2.5727\text{MeV}$ . מצא כמה אנרגיה מינימלית יש להשקיע בתגובה הנ"ל, כדי שתקרה.

### תשובות סופיות:

- (1) א.  ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + {}_0^1\text{h}$  ב.  $\Delta E = 2.65\text{MeV}$  ג. אנרגיה קינטית לתוצרים ופליטה של אנרגיה בצורת פוטונים.  
 (2) א.  ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{H} + {}^1_0\text{n}$  ב. התהליך יקרה מעצמו (0).