

## פיזיקה 2



## תוכן העניינים

1	מבוא למבנה החומר	(ללא ספר)
1	הכוח החשמלי- חוק קולון	
5	השדה החשמלי	
9	חוק גאוס	
13	תנועה בשדה חשמלי אחיד	
15	מוליכים	
18	מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית	
34	זרם מתח ותנגדות	
42	אנרגיה והספק במעגל החשמלי	
47	קבלים	
62	השדה המגנטי	
65	חוק אמפר	
66	הכוח המגנטי (חוק לורנץ)	
73	גלים- בסילבוס רשום לאופטים שבינינו	

## פיזיקה 2

פרק 1 - מבוא למבנה החומר

תוכן העניינים

1. מבוא למבנה החומר ..... (ללא ספר)

# פיזיקה 2

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.

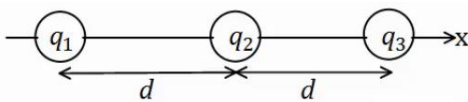
ב. מהי תאוצת כל גוף באותו הרגע אם מסותיהן הן:  $m_1 = 3kg, m_2 = 8kg$ .

#### (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.

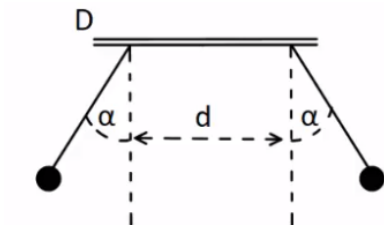
**(6) נחש את סימן המטענים**



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:

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

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

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

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

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

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

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

## פיזיקה 2

פרק 3 - השדה החשמלי

תוכן העניינים

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

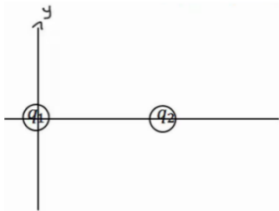
## שדה חשמלי של מטענים נקודתיים:

### שאלות:

#### 1) שדה בשתי נקודות

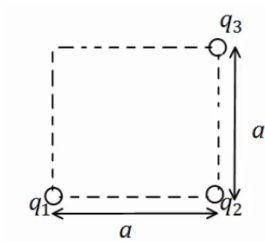
מטען  $q$  נמצא בראשית הצירים.

- 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:  $L = 8\text{cm}$ .

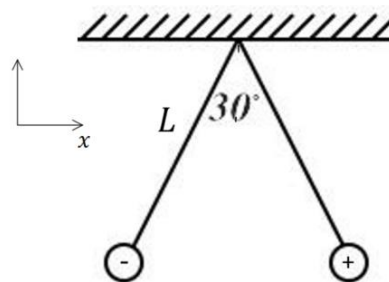
מסת הכדורים זהה ושווה ל-  $4\text{gr}$ , מטעני הכדורים הם:  $6 \cdot 10^{-8}\text{C}$

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:

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

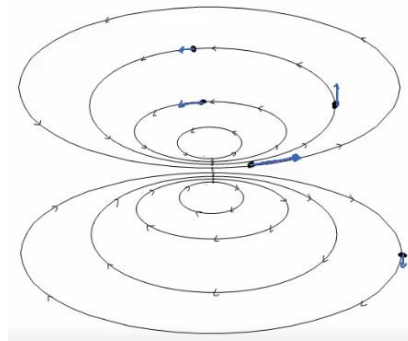
$$\vec{F}_3 = -4 \cdot (1.42 \cdot 10^9 \hat{x} + 4.27 \cdot 10^9 \hat{y}) \quad \text{ד.} \quad \vec{F} = 4.26 \cdot 10^9 \hat{x} + 12.81 \cdot 10^9 \hat{y} \quad \text{ג.}$$

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

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

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

(4)



(5) לא.

(6) כן.

(7) לא.

(8) זהה.

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

(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 2

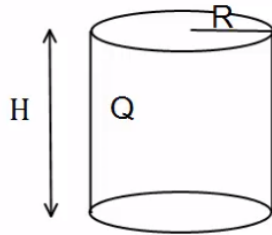
פרק 4 - חוק גאוס

תוכן העניינים

1. צפיפות מטען ..... 9
2. חוק גאוס ..... 10
3. סיכום חוק גאוס (ללא ספר) ..... 10
4. תרגילים נוספים ..... 11
5. שדה של כדור עם צפיפות מטען משתנה ..... 12

## צפיפות מטען:

שאלות:



(1) גליל עם חור

גליל בעל רדיוס  $R$  וגובה  $H$ , טעון במטען  $Q$  המתפלג בצורה אחידה.  
 קודחים בגליל חור ברדיוס  $r < R$ , לכל אורכו.  
 מהו המטען שיצא מהגליל?  
 (נוסחה לנפח גליל:  $\pi r^2 h$ ).

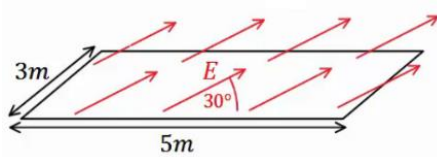
תשובות סופיות:

$$q = \frac{Qr^2}{R^2} \quad (1)$$

## חוק גאוס:

### שאלות:

#### (1) שדה באלכסון

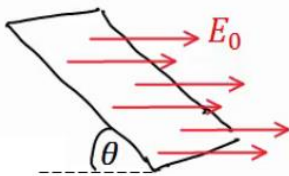


באיור הבא נתון כי השדה החשמלי על המשטח זהה בכל נקודה (שדה אחיד).

גודלו הוא  $E = 2 \frac{N}{C}$  והזווית בינו למשטח היא  $30^\circ$ .

אורך המשטח הוא 5m ורוחבו הוא 3m. מצא מהו השטף דרך המשטח.

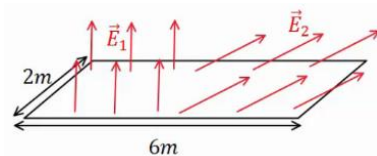
#### (2) משטח באלכסון



שדה חשמלי אחיד נמצא בכל המרחב בכיוון ציר ה-x, גודלו הוא  $E_0$ .

מצא מהו השטף דרך משטח המונח בזווית  $\theta$  ביחס לציר ה-x. אורך המשטח הוא a ורוחבו הוא b.

#### (3) שדה מפוצל



באיור הבא נתון כי השדה החשמלי על המשטח,

בחציו השמאלי, הוא:  $\vec{E}_1 = 2 \frac{N}{C} \hat{y}$  (שדה אחיד).

בחציו הימני של המשטח, השדה הוא:  $\vec{E}_2 = 7 \frac{N}{C} \hat{x} + 3 \frac{N}{C} \hat{y}$ .

אורך המשטח הוא 6m ורוחבו הוא 2m. מצא מהו השטף דרך המשטח.

### תשובות סופיות:

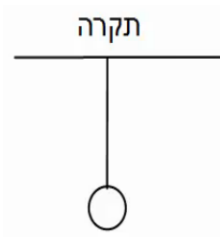
$$\Phi_E = 15 \cdot \frac{m^2 N}{C} \quad (1)$$

$$\Phi_E = E_0 \sin \theta \cdot a \cdot b \quad (2)$$

$$\Phi_E = 30 \frac{N \cdot m^2}{C} \quad (3)$$

## תרגילים נוספים:

### שאלות:



#### (1) מישור מתחת לכדור תלוי

כדור בעל מסה  $m = 5\text{kg}$  ומטען  $Q = 20\mu\text{C}$  תלוי באמצעות חוט מהתקרה. מתחת לכדור ישנו מישור אינסופי בעל

$$\text{צפיפות מטען משטחית: } \sigma = -\frac{30\mu\text{C}}{\text{m}^2}$$

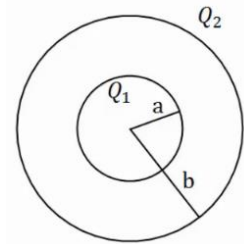
א. מצא את המתיחות בחוט.

ב. מצא את המתיחות בחוט אם  $\sigma = +\frac{5\mu\text{C}}{\text{m}^2}$ .

#### (2) שתי קליפות כדוריות

במערכת הבאה שתי קליפות (חלולות) בעלות מרכז משותף (קונצנטריות). רדיוס הקליפה הפנימי הוא  $a$  והמטען עליה הוא  $Q_1$ , רדיוס הקליפה

החיצונית הוא  $b$  והמטען עליה הוא  $Q_2$ .



א. חשב את פונקציית השדה החשמלי בכל המרחב.

ב. מה הכוח (גודל וכיוון) שירגיש מטען בגודל  $Q_3$ ,

הנמצא במרחק  $3b$  ממרכז הכדור.

### תשובות סופיות:

ב.  $T \approx 44.35\text{N}$

א.  $T = 83.93\text{N}$  (1)

ב.  $\vec{F} = Q_3 \frac{k(Q_1 + Q_2)}{(3b)^2}$ , כיוון: כלפי חוץ.

$$E = \begin{cases} 0 & r < a \\ \frac{kQ_1}{r^2} & a < r < b \\ \frac{k(Q_1 + Q_2)}{r^2} & b < r \end{cases} \quad \text{א. (2)}$$

## שדה של כדור עם צפיפות מטען משתנה:

רקע:

אם הצפיפות לא אחידה ותלויה ב- $r$  אז חישוב המטען יהיה:  $Q = \int \rho(r) 4\pi r^2 dr$ .

שאלות:

- (1) שדה של כדור עם צפיפות התלויה לינארית ברדיוס מצאו את השדה בכל המרחב שיוצר כדור בעל רדיוס  $R$  וצפיפות מטען התלויה ברדיוס:  $\rho(r) = \rho_0 \frac{r}{R}$  כאשר  $\rho_0$  ו- $R$  קבועים נתונים.

תשובות סופיות:

$$\vec{E} = \pi k \rho_0 \begin{cases} \frac{R^3}{r^2} \hat{r} & r < R \\ \frac{r^2}{R} \hat{r} & R < r \end{cases} \quad (1)$$

## פיזיקה 2

פרק 5 - תנועה בשדה חשמלי אחיד

תוכן העניינים

1. הסבר ותרגילים.....13

## הסבר ותרגילים:

### שאלות:

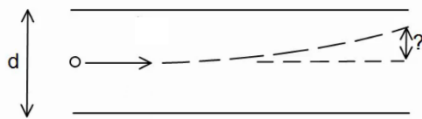
#### (1) מלוח אל לוח

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



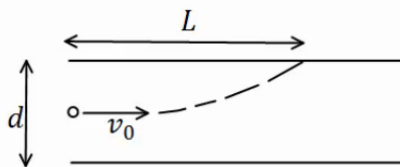
שני לוחות ריבועיים נמצאים אחד מעל השני. אורך הצלע של כל לוח היא 5 ס"מ והמרחק בין הלוחות הוא 2 מ"מ. הלוחות טעונים בצפיפות מטען אחידה.

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 2

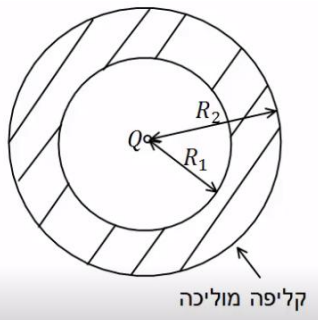
פרק 6 - מוליכים

תוכן העניינים

1. הסבר על מוליכים ..... (ללא ספר) .....
2. תרגילים ..... 15 .....

## תרגילים:

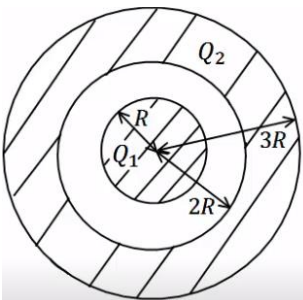
### שאלות:



**(1) מטען נקודתי וקליפה עבה**

מטען נקודתי  $Q$  נמצא במרכזה של קליפה כדורית מוליכה ועבה. לקליפה רדיוס פנימי  $R_1$  ורדיוס חיצוני  $R_2$ .

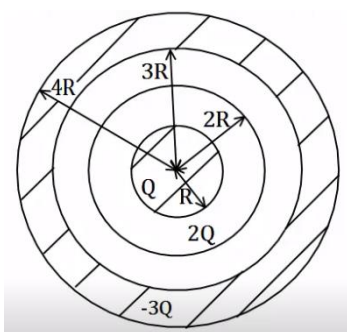
- מצא את השדה בכל המרחב אם הקליפה ניטרלית.
- מהי התפלגות המטען על שפת הקליפה?



**(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  $Q_2$ .

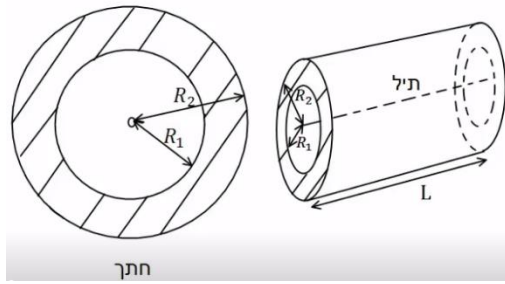
- מצא את השדה החשמלי בכל המרחב.
- מהי התפלגות המטען על שפת הכדור ושפת הקליפה?
- מטען נקודתי  $q$  מונח ב-  $r = 1.5R$ . מהו הכוח הפועל על המטען אם ניתן להניח שהשפעה שלו על המערכת זניחה.



**(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  $-3Q$ .

- מצא את השדה בכל המרחב.
- 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:

$$\sigma_1 = \frac{q_1}{4\pi R_1}, \sigma_2 = \frac{q_2}{4\pi R_2} \quad \text{ג.}$$

$$E = \begin{cases} \frac{kQ}{r^2} & r < R_1 \\ 0 & R_1 < r < R_2 \quad \text{א. (1)} \\ \frac{kQ}{r^2} & R_2 < r \end{cases}$$

$$\sigma_1 = \frac{Q_1}{4\pi R^2}, \sigma_2 = \frac{-Q_1}{4\pi 4R^2}, \sigma_3 = \frac{q_3}{4\pi (3R)^2} \quad \text{ג.}$$

$$E = \begin{cases} 0 & r < R \\ \frac{kQ_1}{r^2} & R < r < 2R \quad \text{א. (2)} \\ \frac{k(Q_1 + Q_2)}{r^2} & 3R < r \end{cases}$$

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

$$\sigma_1 = \frac{Q}{4\pi R^2}, \sigma_2 = \frac{Q}{8\pi R^2}, \sigma_3 = \frac{-3Q}{4\pi 9R^2} \quad \text{ג.}$$

$$E = \begin{cases} 0 & r < R \\ \frac{kQ}{r^2} & R < r < 2R \\ \frac{k3Q}{r^2} & 2R < r < 3R \quad \text{א. (3)} \\ 0 & 3R < r < 4R \\ 0 & 4R < r \end{cases}$$

$$E = \begin{cases} \frac{2k\lambda}{r} & r < R_1 \\ 0 & R_1 < r < R_2 \quad \text{ג.} \\ \frac{2k\lambda}{r} & R_2 < r \end{cases}$$

$$\lambda = \frac{Q}{L} \quad \text{א. (4)}$$

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

## פיזיקה 2

פרק 7 - מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית

תוכן העניינים

- 18 ..... 1. עבודה ואנרגיה של הכוח החשמלי.
- 20 ..... 2. פוטנציאל ומתח.
- 24 ..... 3. פוטנציאל במוליכים.
- 26 ..... 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:**

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

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

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

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

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

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

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

## פוטנציאל ומתח:

### שאלות:

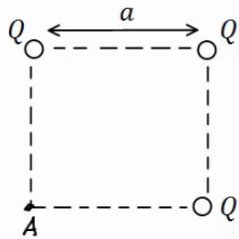
#### (1) פוטנציאל שיוצר מטען בשתי נקודות

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  $a = 3 \text{ cm}$ .



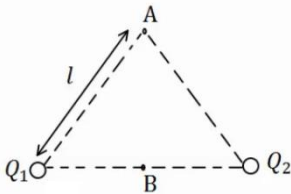
א. חשב את הפוטנציאל בפינה הרביעית של הריבוע.

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  $l = 5 \text{ cm}$ .

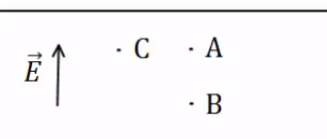


א. מצא את המתח בין הנקודה A הנמצאת בקודקוד השלישי של המשולש לבין הנקודה B הנמצאת באמצע הצלע המחברת את שני המטענים.

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

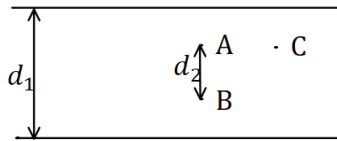


א. איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה במטען שלילי?

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.

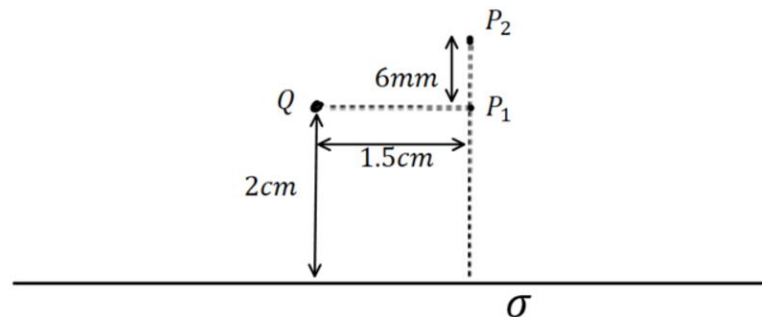
- איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה במטען שלילי?
- מהו השדה בין הלוחות (גודל וכיוון)?
- מהו המתח  $V_{BA}$  אם ידוע שהמרחק בין הנקודות A ו B הוא  $d_2 = 5\text{cm}$ ?
- מהי העבודה הדרושה להזיז מטען  $Q = 2 \cdot 10^{-6}\text{C}$  מ-A ל-B?
- מהי העבודה הדרושה להזיז מטען  $Q = 2 \cdot 10^{-6}\text{C}$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



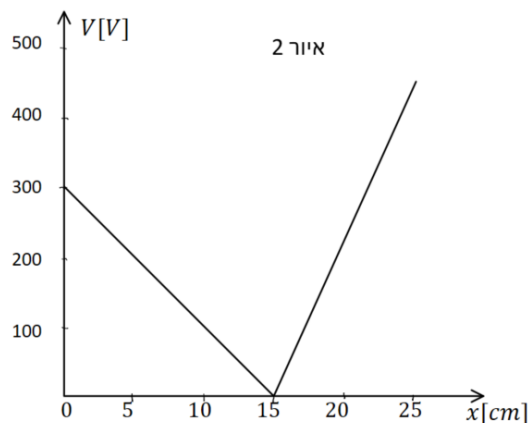
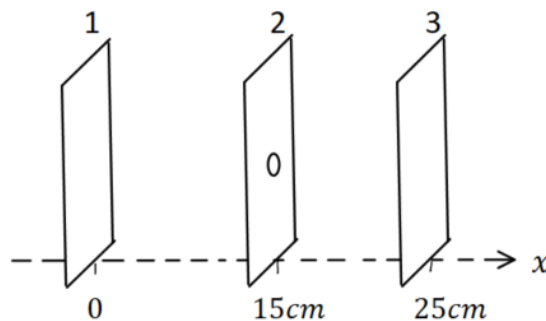
### 7) חישוב שדה ותנועה בין 3 לוחות

- 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



## 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.

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

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

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

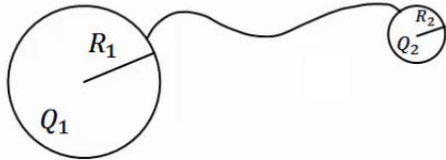
$$q = 7.5 \mu\text{C} \quad \text{ג.} \quad \sigma_3 = 4.21 \cdot 10^{-8} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}, \quad \sigma_2 = -5.75 \cdot 10^{-8} \frac{\text{C}}{\text{m}^2} \quad \text{ב.}$$

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

## פוטנציאל במוליכים:

### שאלות:

#### (1) שני כדורים מוליכים מחוברים



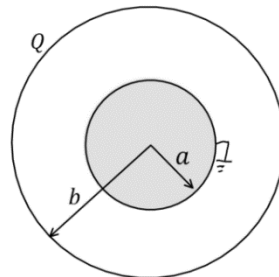
שני כדורים מוליכים בעלי רדיוסים  $R_1, R_2$  נמצאים במרחק גדול מאוד אחד מהשני. הכדורים טעונים במטענים  $Q_1, Q_2$  בהתאמה. מחברים את הכדורים באמצעות חוט מוליך. מה היה המטען על כל כדור לאחר זמן רב?

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

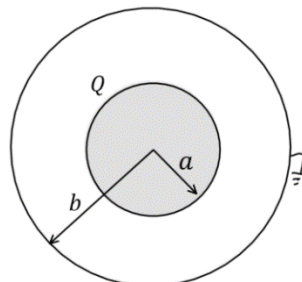
מטען נקודתי  $Q$  נמצא במרכזה של קליפה (חלולה) כדורית דקה ומוליה ברדיוס  $R$ . מהו המטען על הקליפה אם ידוע שהיא מוארקת?

#### (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:**

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

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

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

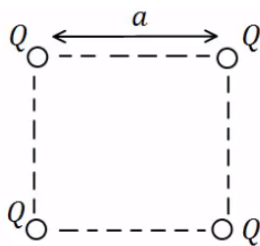
## תרגילים נוספים:

### 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:  $Q = 2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ .

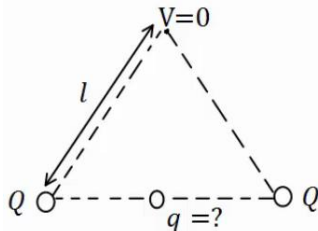
א. מהי העבודה הדרושה לבניית המערכת?

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?

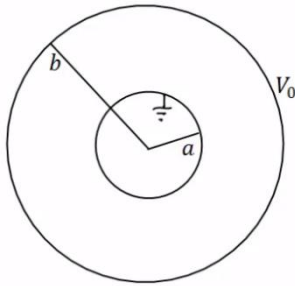
$$q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ c}, m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

**(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-  $Q_2 = 6 \cdot 10^{-6}\text{c}$ .

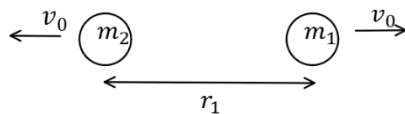
- א. מהו הפרש הפוטנציאלים בין שפות הכדורים, אם הם מרוחקים מאוד זה מזה.  
 ב. מהו הפרש הפוטנציאלים בין שתי הנקודות הכי קרובות של הכדורים, אם המרחק בין מרכזיהם הוא  $d = 5\text{m}$ .  
 הנח שהתפלגות המטען על כל כדור עדיין אחידה.

**(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.

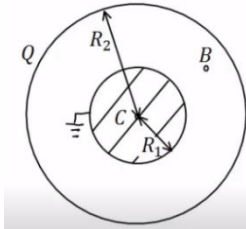
רדיוס הקליפה הוא:  $R_2 = 10\text{cm}$ . והמטען עליה

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.

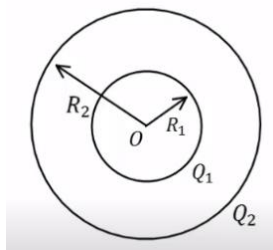
iii. נקודה על פני הקליפה החיצונית.

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  $4\pi R^2$ .

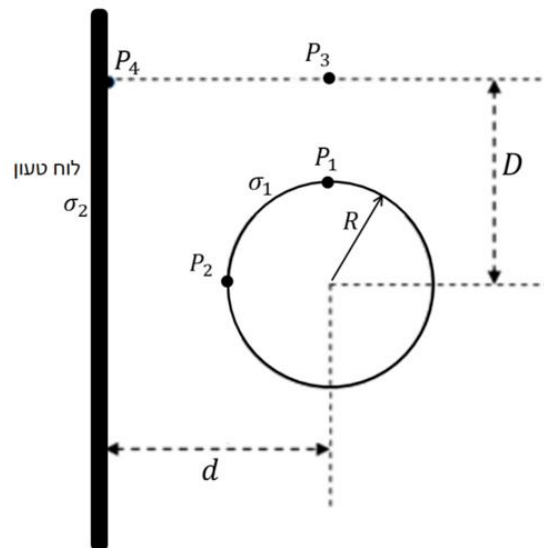
א. מה ערכו של השדה החשמלי השקול בנקודה  $P_2$ ?

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\*\***

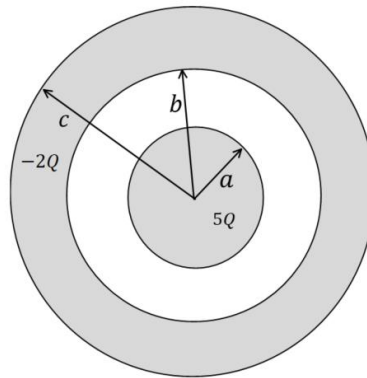
כדור מוליך בעל רדיוס  $a$  טעון במטען חיובי  $5Q$  ונמצא בתוך קליפה כדורית מוליכה בעלת רדיוס פנימי  $b$  ורדיוס חיצוני  $c$ , הטעונה במטען  $-2Q$ .

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## פיזיקה 2

פרק 8 - זרם מתח ותנגדות

תוכן העניינים

34	1. הזרם החשמלי
36	2. המתח החשמלי וחוק אוהם
37	3. התנגדות
39	4. כאמ ומתח הדקים
(ללא ספר)	5. סיכום הפרק
40	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  $q_0 = 5c$ .

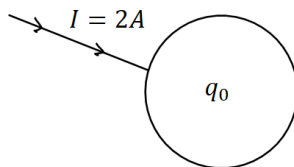
מחברים את הכדור לחוט מוליך והחוט מעביר

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

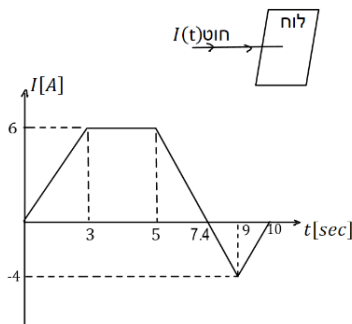
חוט מוליך מחובר ללוח מוליך שאינו טעון ב- $t = 0$ .

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.

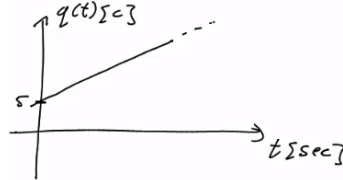
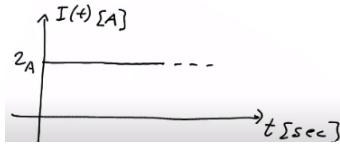
מספר האלקטרונים החופשיים ליחידת נפח בנחושת הוא:  $8.5 \cdot 10^{22} \frac{1}{\text{cm}^3}$

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.

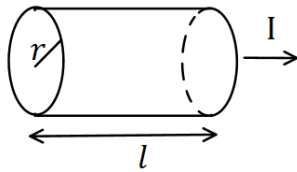
מה יהיה הזרם במוליך אם יופעל עליו מתח של 10 וולט?

### תשובות סופיות:

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

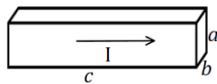
## התנגדות:

### שאלות:



#### (1) נגד גלילי

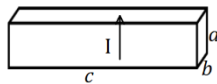
חשב את ההתנגדות של נגד בצורת גליל באורך  $l = 1\text{m}$  ורדיוס בסיס של  $r = 2\text{mm}$ . הנגד עשוי מנחושת בעלת התנגדות סגולית  $\rho = 1.72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$  (הזרם זורם לאורך ציר הסימטריה של הגליל).



(א)

#### (2) נגד בצורת תיבה

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

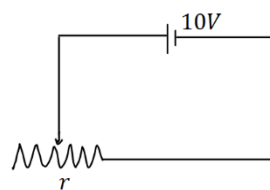


(ב)

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

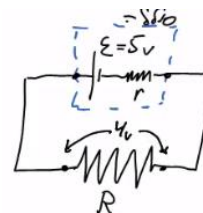
- סוללה מייצרת כא"מ של  $5V$ . לסוללה התנגדות פנימית של  $r = 2\Omega$ . מחברים את הסוללה לנגד חיצוני  $R$  שהתנגדותו אינה ידועה. נתון כי הזרם בכל רכיב במעגל זהה ושווה ל-  $I = 0.5A$ .
- שרטט תרשים המתאר את המעגל.
  - חשב את מתח ההדקים שמספקת הסוללה.
  - מהי ההתנגדות של הנגד?

### 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?

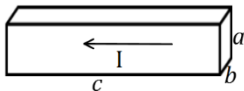
#### (2) תרגיל 2

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

#### (3) תרגיל 3

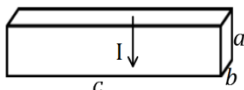
מהי ההתנגדות של גליל ניקל בעל התנגדות סגולית של  $\rho = 7.8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ , שאורכו 20 ס"מ ורדיוסו 3 מ"מ?

#### (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)**

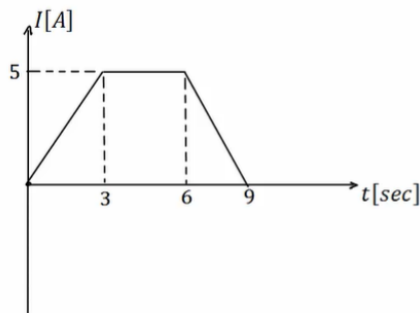
סוללה בעלת מתח  $6V$  מחוברת לנגד משתנה.  
 כאשר אורך הנגד הוא  $l = 6\text{cm}$  הזרם במעגל הוא  $1A$ .  
 מהי ההתנגדות ליחידת אורך של הנגד?

**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 2

פרק 9 - אנרגיה והספק במעגל החשמלי

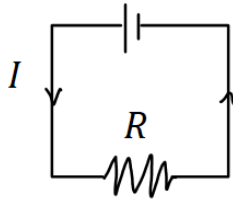
תוכן העניינים

- 1. עבודה ואנרגיה ברכיבים חשמליים ..... 42
- 2. הספק חשמלי ..... 43
- 3. תרגילים נוספים ..... 45

## עבודה ואנרגיה ברכיבים חשמליים:

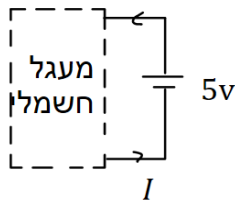
### שאלות:

#### (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



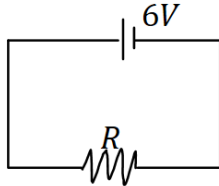
- סוללה מחוברת למעגל חשמלי כלשהו. המתח בסוללה הוא  $V = 5 \text{ Volt}$  והזרם במעגל (וגם בסוללה) הוא  $I = 0.4A$ .
- כמה מטען עובר דרך הסוללה במשך 2 שניות?
  - כמה עבודה ביצעה הסוללה במשך הזמן הנתון?

### תשובות סופיות:

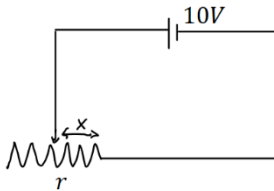
- (1) א.  $\Delta q = 0.9c$     ב.  $V = 9V$     ג.  $W = 8.1J$     ד.  $Q = 8.1J$     ה.  $W = 8.1J$
- (2) א.  $\Delta q = 0.8c$     ב.  $W = 4J$

## 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 2

פרק 10 - קבלים

תוכן העניינים

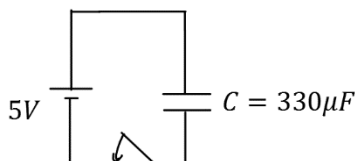
47	.....	1. הרצאות ותרגילים
55	.....	2. תרגילים נוספים

## הרצאות ותרגילים:

### שאלות:

#### (1) קבל ומקור זוגמה בסיסית

קבל בעל קיבול  $C = 330\mu F$  מחובר לסוללה במתח  $V = 5V$ . סוגרים את המפסק במעגל ומחכים זמן רב.



- מה יהיה הזרם במעגל?
- מה יהיה המתח בין לוחות הקבל?
- מה יהיה המטען על הלוחות? ציין איפה יהיה המטען החיובי ואיפה השלילי.
- חזור על הסעיפים במקרה שבו מחובר גם נגד בטור במעגל

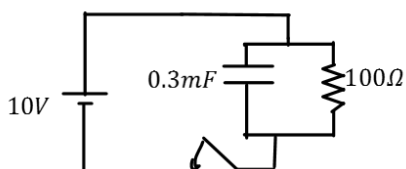
#### (2) מוציאים מטען מהקבל

קבל טעון במטען של  $5\mu C$ . מד מתח שמחובר לקבל מראה קריאה של 3 וולט.

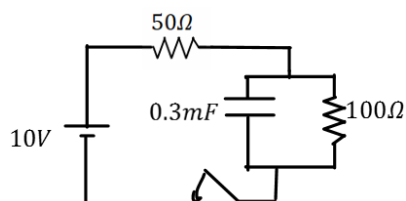
- מצא את הקיבול של הקבל.
- כעת מוציאים  $2\mu C$  מהמטען על הקבל (ו-  $2\mu C$  מהצד השלילי).
- מה יראה מד המתח?

#### (3) קבל במקביל לנגד

במעגל הבא סוגרים את המפסק ומחכים זמן רב.



- מצא את המתח והמטען על הקבל.
- האם יזרום זרם במעגל? אם כן, מצא את גודלו וכיוונו.

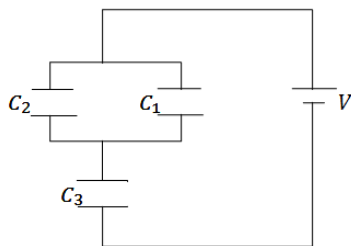


- חזור על הסעיפים עבור המקרה בו יש נגד נוסף במערכת (ראה תרשים).

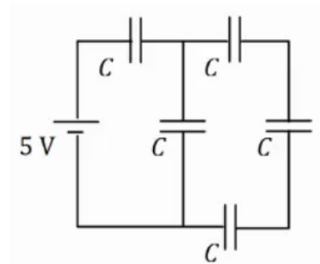
#### (4) חישוב קיבול של קבל לוחות

קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח  $2\text{cm}^2$  ומרחק בין הלוחות  $0.3\text{mm}$ .

- חשב את הקיבול של הקבל.
- מה יהיה המטען על הקבל אם נחבר אותו למקור מתח  $V = 3V$  (לאחר זמן רב)?

**(5) חיבור במקביל ובטור**

במעגל הבא נתון מתח הסוללה  $V = 3V$  והקיבול של כל קבל:  $C_1 = 2\mu F$ ,  $C_2 = 3\mu F$ ,  $C_3 = 5\mu F$ . מצא את המטען על כל קבל.

**(6) חיבור 5 קבלים**

במעגל הבא לכל הקבלים קיבול זהה  $C = 200\mu F$ . המתח של הסוללה הוא  $V = 5V$ .  
 א. מצא את הקיבול השקול של המעגל.  
 ב. מצא את המתח והמטען על כל קבל זמן רב לאחר סגירת המעגל.

**(7) מרחיקים לוחות בקבל**

- קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח  $3\text{cm}^2$  ומרחק בין הלוחות  $0.4\text{mm}$ .  
 א. חשב את הקיבול של הקבל  
 ב. מה יהיה המטען על הקבל אם נחבר אותו למקור מתח  $V = 3V$  (לאחר זמן רב).  
 כעת מנתקים את הקבל ממקור המתח ומגדלים את המרחק בין הלוחות פי 2.  
 ג. מצא את הקיבול החדש.  
 ד. מצא את המטען והמתח על הקבל החדש.  
 ה. חזור על סעיפים ג' ו-ד', אם היינו מרחיקים את הלוחות מבלי לנתק את מקור המתח.

**(8) אנרגיה של קבל לוחות**

- קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח  $5\text{cm}^2$  ומרחק בין הלוחות  $2\text{mm}$ .  
 א. חשב את הקיבול של הקבל.  
 מחברים את הקבל לסוללה במתח 4 וולט.  
 ב. מהי האנרגיה האגורה בקבל לאחר זמן רב?

**(9) מקרבים את הלוחות**

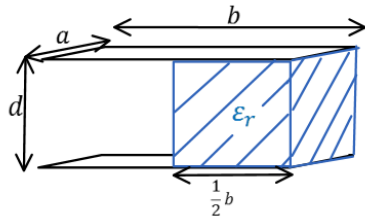
- קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח  $6\text{cm}^2$  ומרחק בין הלוחות  $3\text{mm}$ .
- חשב את הקיבול של הקבל.
  - מחברים את הקבל לסוללה במתח  $5$  וולט.
  - מהי האנרגיה האגורה בקבל לאחר זמן רב?
  - מקרבים את הלוחות הקבל למרחק  $1\text{mm}$ .
  - מצא את האנרגיה החדשה אם הקבל מחובר לסוללה במשך כל התהליך. רשום גם את שינוי האנרגיה בקבל.
  - חזור על ג' עבור המקרה שבו מנתקים את הקבל מהסוללה לפני שמקרבים את הלוחות.

**(10) מכניסים חומר לקבל בשתי דרכים**

- קבל בעל קיבול של  $5\mu\text{F}$  מחובר למקור מתח של  $12\text{V}$ .
- חשב את המטען, המתח והאנרגיה האגורה בקבל זמן רב לאחר החיבור למקור. מכניסים לקבל חומר דיאלקטרי בעל מקדם דיאלקטרי  $\epsilon_r = 1.2$  הממלא את כל הרווח בין הלוחות הקבל.
  - בהנחה שהקבל מחובר למקור בכל התהליך. חשב את המתח המטען והאנרגיה בקבל לאחר זמן רב.
  - חשב את השינוי במטען ובאנרגיה בעקבות הכנסת החומר.
  - חזור על סעיף ב' אם מנתקים את הקבל מהמקור לפני שמכניסים את החומר הדיאלקטרי.

**(11) מכניסים ומוציאים חומר מקבל**

- קבל בעל קיבול של  $8\mu\text{F}$  מחובר למקור מתח של  $12\text{V}$ .
- חשב את המטען, המתח והאנרגיה האגורה בקבל זמן רב לאחר החיבור למקור. מכניסים לקבל חומר דיאלקטרי בעל מקדם דיאלקטרי  $\epsilon_r = 1.4$  הממלא את כל הרווח בין הלוחות הקבל.
  - בהנחה שהקבל מחובר למקור בכל התהליך. חשב את המתח המטען והאנרגיה בקבל לאחר זמן רב. כעת מנתקים את הקבל מהמקור ומוציאים את החומר הדיאלקטרי.
  - מה יהיה המתח המטען והאנרגיה בקבל לאחר זמן רב?
  - חשב את שינוי האנרגיה בכל שלב בתהליך.

**12) קבל עם חצי ימין מלא**

קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח  $A = a \times b$ ,

ומרחק  $d$  בין הלוחות.  $a = 3\text{cm}$ ,  $b = 4\text{cm}$ ,  $d = 2\text{mm}$ .

א. מצא את הקיבול של הקבל.

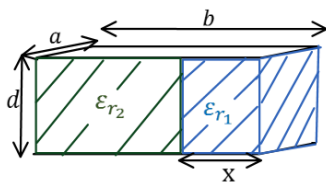
ממלאים את חציו הימני של הקבל בחומר דיאלקטרי

בעל מקדם  $\epsilon_r = 3$  וחציו השמאלי נשאר ריק (ראה איור).

ב. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

ג. מחברים את הקבל למקור מתח  $V_0 = 5\text{V}$ .

כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

**13) קבל עם חלק ימין שונה מחלק שמאל**

קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח  $A = a \times b$ ,

ומרחק  $d$  בין הלוחות.  $a = 5\text{cm}$ ,  $b = 6\text{cm}$ ,  $d = 1\text{mm}$ .

ממלאים את חלק של הקבל ברוחב  $x = 1\text{cm}$  בחומר

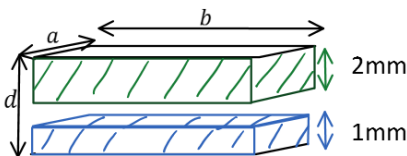
דיאלקטרי בעל מקדם  $\epsilon_{r1} = 4$ , ואת החלק הנותר

בחומר דיאלקטרי בעל מקדם  $\epsilon_{r2} = 2$  (ראה איור).

א. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

ב. מחברים את הקבל למקור מתח  $V_0 = 5\text{V}$ .

כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

**14) קבל עם שלושה חלקים אחד מעל השני**

קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח  $A = a \times b$ ,

ומרחק  $d$  בין הלוחות.  $a = 5\text{cm}$ ,  $b = 6\text{cm}$ ,  $d = 4\text{mm}$ .

ממלאים חלק של הקבל בגובה  $1\text{mm}$  ולכל הרוחב

בחומר דיאלקטרי בעל מקדם  $\epsilon_{r1} = 4$ .

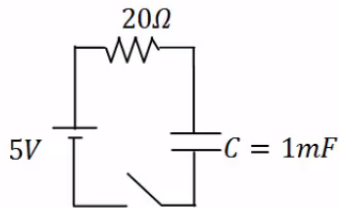
את החלק מגובה  $2\text{mm}$  ועד הלוח העליון ממלאים בחומר דיאלקטרי בעל

מקדם  $\epsilon_{r2} = 2$  (ראה איור).

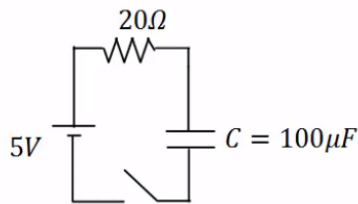
א. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

ב. מחברים את הקבל למקור מתח  $V_0 = 5\text{V}$ .

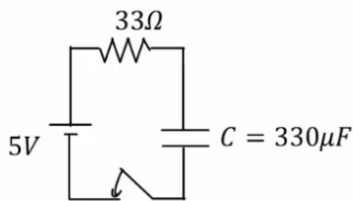
כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

**(15) טעינה**

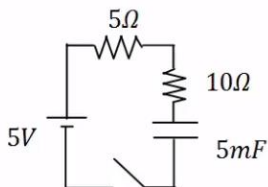
- במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא:  $C = 1\text{mF}$ ,  
 התנגדות הנגד היא:  $R = 20\Omega$  ומתח המקור  
 הוא:  $V_0 = 5\text{V}$ . סוגרים את המפסק ב- $t = 0$ .  
 א. מהו המטען על הקבל לאחר 0.01 שניות?  
 ב. המתח על הקבל באותו הרגע?  
 ג. מהם המטען והמתח על הקבל לאחר 0.1 שניות?

**(16) זמן אופייני**

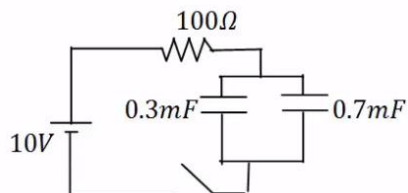
- במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא:  $C = 100\mu\text{F}$ ,  
 התנגדות הנגד היא:  $R = 100\Omega$  ומתח המקור  
 הוא:  $V_0 = 5\text{V}$ . סוגרים את המפסק ב- $t = 0$ .  
 מהו המטען והמתח על הקבל לאחר 0.3 שניות?

**(17) חישוב זרם**

- במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא:  $C = 330\mu\text{F}$ ,  
 התנגדות הנגד היא:  $R = 33\Omega$  ומתח המקור  
 הוא:  $V_0 = 5\text{V}$ . סוגרים את המפסק ב- $t = 0$ .  
 א. מהו הזרם במעגל ב- $t = 0.005\text{sec}$ ?  
 ב. מהו ההספק בנגד באותו הרגע?

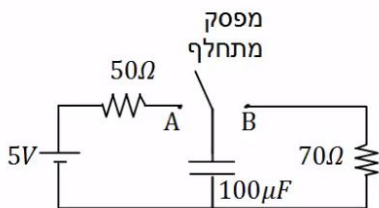
**(18) שני נגדים**

- במעגל הבא סוגרים את המפסק ב- $t = 0$ .  
 א. מהו הזמן האופייני במעגל?  
 ב. מצא את המתח והזרם בקבל בזמנים:  $t = 0.01, 0.6\text{sec}$ .

**(19) שני קבלים**

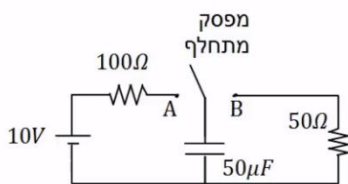
- במעגל הבא סוגרים את המפסק ב- $t = 0$ .  
 א. מהו הזמן האופייני במעגל?  
 ב. מצא את המתח והמטען בכל קבל  
 בזמנים:  $t = 0.2, 0.8\text{sec}$ .

**20) דוגמה מסכמת**



במעגל הבא מחברים את המפסק המתחלף לנקודה A ומחכים זמן רב.  
א. רשום את המתח על הקבל כתלות בזמן. מהו "זמן רב"?  
לאחר מכן מעבירים את המפסק לנקודה B.  
ב. רשום שוב את המתח על הקבל כתלות בזמן.

**21) מתג מתחלף**

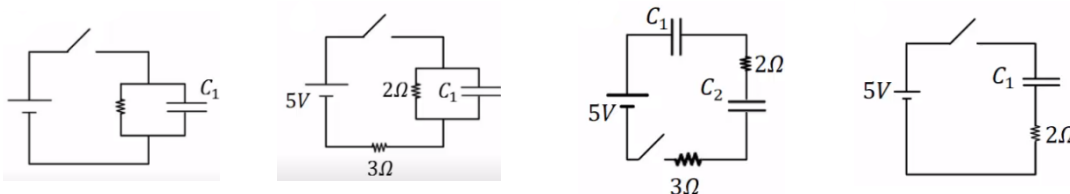


במעגל הבא מחברים ב- $t = 0$  את המפסק המתחלף לנקודה A.  
ב- $t = 0.01$  מעבירים את המפסק לנקודה B.  
א. רשום את המתח על הקבל כתלות בזמן.  
ב. מה המטען על הקבל ב- $t = 0.02$ ?  
ג. רשום את הזרם כתלות בזמן.  
ד. צייר גרפים עבור המתח והזרם כתלות בזמן.

**22) מציאת זרם במספר מעגלים**

מצא את הזרם, בכל נגד, במעגלים הבאים. ברגע סגירת המתג הנח שהקבלים אינם טעונים לפני הסגירה של המתג וכי הסוללה והחוטמים אידיאליים.

א. ב. ג. ד.



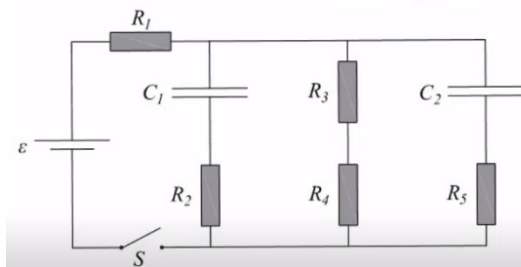
**23) קבלים במעגל בהתחלה ולאחר זמן רב**

נתוני הרכיבים במעגל הבא הם:

$$R_1 = 4\Omega, R_2 = 3\Omega, R_3 = 2\Omega, R_4 = 1\Omega, R_5 = 6\Omega, \varepsilon = 24V, C_1 = 2\mu F, C_2 = 4\mu F$$

לפני סגירת המפסק הקבלים אינם טעונים.

- א. מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים במעגל ברגע סגירת המפסק?
- ב. מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים במעגל זמן רב לאחר סגירת המפסק?
- ג. מהו המטען על כל אחד מהקבלים זמן רב לאחר סגירת המפסק?



## תשובות סופיות:

- א.  $I = 0$       ב.  $|V_c| = 5V$       ג.  $1.65mc$       ד. ללא שינוי.      (1)
- א.  $1.67\mu F$       ב.  $1.8V$       (2)
- א.  $V_c = V_0 = 10V, Q = 3mc$       ב.  $I = 0.1A$       (3)
- א.  $I = 0.067A, V_c = 6.7, Q = 2.01mc$       ב.  $Q = 17.7pC$       א.  $C \approx 5.9 \cdot 10^{-12}F$       (4)
- א.  $q_1 = 3\mu C, q_2 = 4.5\mu C, q_3 = 7.5\mu C$       (5)
- א.  $C_{T_1} = \frac{C}{3}, C_{T_2} = \frac{4C}{3}, C_T = 114\mu F$       ב.  $q_1 = q_T = 571\mu C, q_2 = q_3 = q_4 = q_{T_1} = 143\mu C$       (6)
- א.  $V_1 = 2.86V, V_5 = 2.14V, V_2 = V_3 = V_4 = 0.715V$       (7)
- א.  $C = 6.64pF$       ב.  $Q = 19.9pc$       ג.  $C' = 3.32pF, V' = 6V, Q' = 19.9pc$       ה.  $C' = 3.32pF$       (ג)      ד.  $V' = 3V, Q' = 9.96pc$       (8)
- א.  $C = 2.21pF$       ב.  $U_c = 17.68 \cdot 10^{-12}J$       (8)
- א.  $C = 1.77pF$       ב.  $U_c = 22.13pJ$       ג.  $\Delta U = 44.245pJ, U'_c = 66.375$       ד.  $U'_c \approx 7.38pJ, \Delta U = -14.76pJ$       (9)
- א.  $U_c = 3.6 \cdot 10^{-4}J, Q = 60\mu C, V_c = 12V$       ב.  $Q' = 72\mu C, U'_c = 432\mu J, C' = 6\mu F$       ג.  $\Delta U = 72\mu J, \Delta Q = 12\mu C$       ד.  $V' = 10V, U_c = 300\mu J$       (10)
- א.  $U_c = 576\mu J, Q = 96\mu F, V_c = 12V$       ב.  $U'_c = 806.4\mu J, Q' = 134.4\mu F, V'_c = 12V$       ג.  $U'_c \approx 1129\mu J, Q'' = 134.4\mu F, V''_c = 16.8V$       ד. במעבר מסעיף א' ל-ב':  $\Delta U = 230.4\mu J$ , במעבר מסעיף ב' ל-ג':  $\Delta U \approx 323\mu J$       (11)
- א.  $C = 5.31pF$       ב.  $C_T = 10.62pF$       ג.  $U_c = 132.75pJ$       (12)
- א.  $C_T = 61.95pF$       ב.  $U_c = 1548.75pJ, Q = 309.75pc$       (13)
- א.  $C_T = 11.8pF$       ב.  $U_c = 1.475 \cdot 10^{-7}J, q = 59 \cdot 10^{-9}c$       (14)
- א.  $q_c(t) \approx 1.97 \cdot 10^{-3}C$       ב.  $V_c = 1.97V$       (15)
- א.  $V_c = 4.97V$       ג.  $q_c(t = 0.1) = 4.97 \cdot 10^{-3}C$       (16)
- א.  $V_c = V_0 = 5V$       ב.  $q_c = 5 \cdot 10^{-4}C$       (16)
- א.  $I(0.005) \approx 0.096A$       ב.  $P \approx 0.305W$       (17)
- א.  $\tau = 0.075sec$       (18)
- א.  $I(t = \infty) = 0, V_c(t = \infty) = 5V, I(t = 0.01) \approx 0.292A, V_c(t = 0.01) = 0.624V$       ב.      (19)
- א.  $\tau = 0.1sec$       (19)
- א.  $q_2(t = 0.2) = 6.01 \cdot 10^{-3}C, q_1(t = 0.2) = 2.60 \cdot 10^{-3}C, V_T(t = 0.2) = 8.65V$       ב.      (19)

$$V_C(t) = 5 \cdot e^{-\frac{t}{7 \cdot 10^{-3}}} \quad \text{ב.}$$

$$V_C(t) = 5V \left( 1 - e^{-\frac{t}{5 \cdot 10^{-3}}} \right) \quad \text{א. (20)}$$

$$q_C(t=0.02) \approx 7.92 \cdot 10^{-6} \text{C} \quad \text{ב.} \quad V_C(t) = \begin{cases} 10 \left( 1 - e^{-\frac{t}{0.005}} \right) & 0 < t < 0.01 \\ 8.65 \cdot e^{-\frac{t-0.01}{0.0025}} & 0.01 < t \end{cases} \quad \text{א. (21)}$$

ד. ראה סרטון.

$$I(t) = \begin{cases} \frac{10}{100} \cdot e^{-\frac{t}{0.005}} & 0 < t < 0.01 \\ \frac{8.65}{50} \cdot e^{-\frac{t-0.01}{0.0025}} & 0.1 < t \end{cases} \quad \text{ג.}$$

$$I(t=0) = \infty \quad \text{ד.} \quad I = \frac{5}{3} \text{A} \quad \text{ג.} \quad I = 1 \text{A} \quad \text{ב.} \quad I(t=0) = 2.5 \text{A} \quad \text{א. (22)}$$

$$I_T = I_1 \approx 4.62 \text{A}, I_2 \approx 1.85 \text{A}, I_{3,4} = 1.85 \text{A}, I_5 \approx 0.92 \text{A} \quad \text{א. (23)}$$

$$q_1 \approx 20.58 \cdot 10^{-6} \text{C}, q_2 \approx 41.16 \cdot 10^{-6} \text{C} \quad \text{ג.}$$

$$I_{1,3,4} = 3.43 \text{A}, I_{2,5} = 0 \quad \text{ב.}$$

## תרגילים נוספים:

### שאלות:

#### תרגילים ברמה א':

#### (1) תרגיל 1 - מציאת מטען

מה המטען המצטבר על קבל של  $C = 30\mu\text{F}$  לאחר זמן רב, אם נחבר אותו למתח של  $10\text{V}$ ?

#### (2) תרגיל 2 - קבל לוחות

קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח  $A = 4\text{cm}^2$ , שביניהם מרחק של  $d = 1\text{mm}$ .

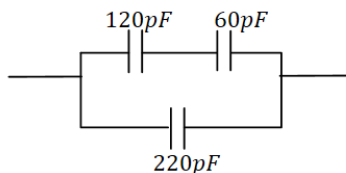
א. מה הקיבול של הקבל אם המרווח בין הלוחות ריק?

ב. מה הקיבול של הקבל אם המרווח בין הלוחות מלא בחומר דיאלקטרי אחיד בעל מקדם  $\epsilon_r = 2.5$ ?

ג. מצא את המטען על הקבל, עבור כל אחד מהמקרים בסעיפים הקודמים, אם מחברים את הקבל למקור מתח של  $5\text{V}$ .

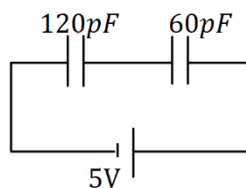
#### (3) תרגיל 3 - חיבור קבלים

מצא את הקיבול השקול של החיבור הבא.



#### (4) תרגיל 4 - חיבור קבלים

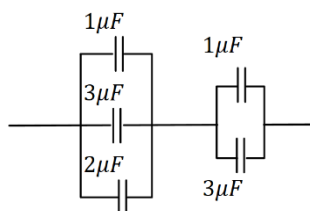
מה המטען והמתח על כל קבל במערכת הבאה (זמן רב לאחר חיבור הסוללה)? ציין איפה המטען החיובי והיכן המטען השלילי בכל קבל.

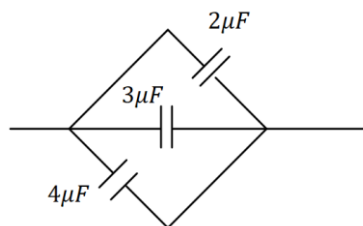


#### (5) תרגיל 5 - חיבור קבלים

נתונה מערכת הקבלים הבאה:

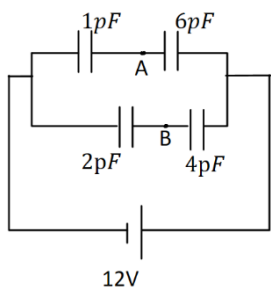
א. מצא את הקיבול השקול בין שני הקצוות של החוט.  
 ב. מצא את המתח והמטען על כל קבל אם מחברים את הקצוות למקור מתח של  $10\text{V}$ .



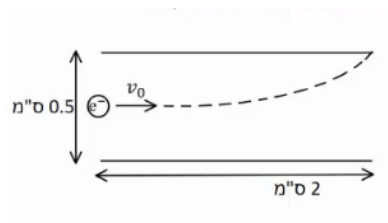

**6 תרגיל 6 - יהלום**

נתונה מערכת הקבלים הבאה :

- מצא את הקיבול השקול במקרה הבא.
- מצא את המתח והמטען על כל קבל אם מחברים את הקצוות למקור מתח של  $10V$ .


**7 תרגיל 7 - חיבור קבלים ומציאת מתח**

- במעגל הבא נתון הקיבול של כל קבל ומתח הסוללה :
- מצא את המתח על כל קבל והמטען על כל קבל. סמן על כל קבל היכן המטען החיובי.
  - מהו  $V_{AB}$  המתח בין הנקודות A ל-B?


**8 תרגיל 8 - אלקטרון נכנס לקבל לוחות**

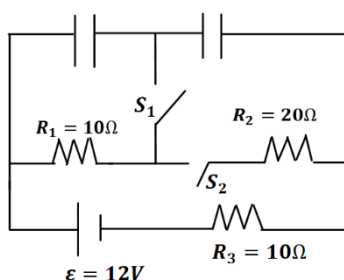
- קבל לוחות מורכב משני לוחות ריבועיים בעלי אורך צלע של  $2$  ס"מ ומרחק בין הלוחות של  $0.5$  ס"מ. אלקטרון נכנס במרכז הלוחות עם מהירות, המקבילה

ללוחות, שגודלה  $v_0 = 10^7 \frac{m}{sec}$  (ראה איור).

האלקטרון פוגע בדיוק בקצה הלוח העליון.

א. חשב את השדה בין הלוחות (גודל וכיוון).

ב. חשב את המתח אליו מחובר הקבל.

**תרגילים ברמה ב':**

**9 תרגיל 1 - מעגלים חשמליים**

ענה על הסעיפים הבאים עבור המעגל שבציור, זמן רב לאחר סגירת או פתיחת המתגים.

א. מהו המתח והמטען על כל קבל,

כאשר שני המפסקים פתוחים?

ב. סוגרים את  $S_1$ .  $S_2$  פתוח.

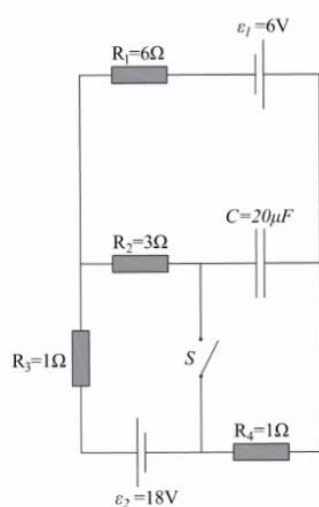
מהו המתח והמטען של כל קבל?

ג. סוגרים את  $S_2$  ופותחים את  $S_1$ . מהו המתח על כל קבל?

ד. הפעם שניהם סגורים. מהו המתח והמטען על כל קבל?

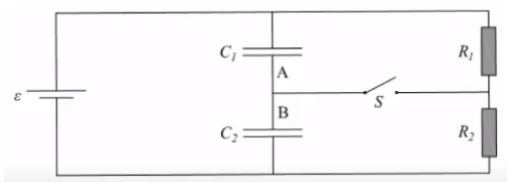
**10) תרגיל 2 - מעגלים חשמליים**

שני קבלים, האחד של  $10\mu\text{F}$  והשני של  $15\mu\text{F}$ , חוברו בנפרד למקורות מתח של  $6\text{V}$  ו- $8\text{V}$ , בהתאמה. לאחר מכן נותקו ממקורות המתח וחוברו זה לזה. א. מה יהיה המתח והמטען הסופי על כל קבל, אם הקבלים חוברו כאשר הדקים שווי סימן מחוברים זה לזה? ב. ללא קשר לסעיף א', מה יהיה המתח והמטען הסופי על כל קבל, אם הקבלים חוברו כאשר הדקים שונים מחוברים זה לזה.

**11) תרגיל 3 - מעגלים חשמליים**

נתון המעגל החשמלי המופיע בתרשים. ההתנגדויות הפנימיות של מקורות המתח זניחות. כאשר המפסק S פתוח והמעגל במצבו היציב:

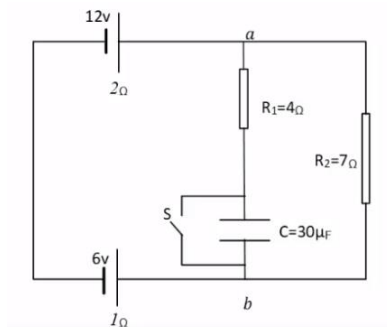
- מהו הזרם החשמלי העובר דרך כל אחד מהנגדים?
- מהו המטען על לוחות הקבל?
- מהו גודל המתח בין הדקי המפסק הפתוח? סוגרים את המפסק S ומחכים להתייצבות המערכת.
- מהו הזרם החשמלי העובר דרך כל אחד מהנגדים?
- מהו המטען על לוחות הקבל?

**12) תרגיל 4 - מעגלים חשמליים**

נתונים שני קבלי לוחות  $C_1$  ו- $C_2$ , ששטח כל לוח הוא  $0.02\text{m}^2$ . המרחק בין לוחות קבל  $C_1$  הוא  $1\text{mm}$  והמרחק בין לוחות קבל  $C_2$  הוא  $3\text{mm}$ .

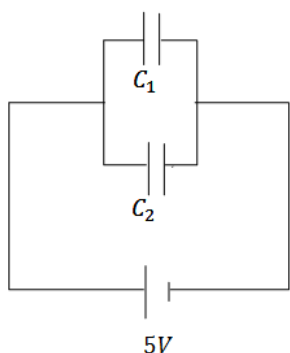
- חשבו את הקיבול של כל אחד מהקבלים. חיברו את שני הקבלים למעגל הנתון בשרטוט. נתון:  $\varepsilon = 12\text{V}$ ,  $R_2 = 10\Omega$ ,  $R_1 = 5\Omega$ . פתור את כל הסעיפים לאחר זמן רב.
- מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים כאשר המספר S פתוח?
- כאשר המפסק S סגור, מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים?
- מהו סכום המטען שהצטבר על שני הלוחות A ו-B?

**13) תרגיל 5 - מעגלים חשמליים (עם מקור לא אידיאלי)**



נתון המעגל החשמלי שבאיור, לכל מקור יש התנגדות פנימית המצוינת מתחת לסימון המקור. כאשר המפסק סגור.

- א. מהם הזרמים (גודל וכיוון) שעוברים בנגדים?
- ב. מהו המתח בין הנקודות a ו-b?
- ג. מהם הזרמים (גודל וכיוון) שעוברים בנגדים?
- ד. מהו המטען על לוחות הקבל, וכמה אנרגיה אגורה בו?



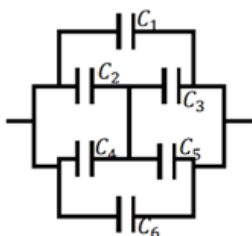
**14) תרגיל 6 - שני קבלים טעונים מחוברים לקבל שלישי**

במעגל הבא קיבול הקבלים הוא:  $C_1 = 3\mu F$ ,  $C_2 = 2\mu F$ , והמתח בסוללה הוא 5V. לאחר שהקבלים נטענים מנתקים את המקור ומחליפים אותו בקבל של  $C_3 = 5\mu F$ . מצא את המטען המתח והאנרגיה של הקבל החדש, לאחר שהמערכת מתייצבת.

**15) תרגיל 7 - מרחיקים לוחות בקבל לוחות**

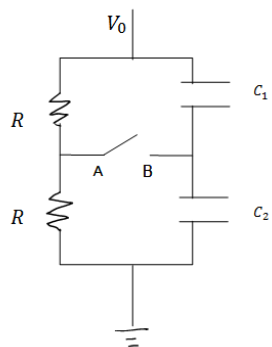
קבל לוחות בעל אורך צלע  $a = 2\text{cm}$  ומרחק בין הלוחות  $d = 1\text{mm}$ , נטען ע"י סוללה במתח 3V. אחרי שהקבל נטען במלואו מנתקים את הסוללה ומרחיקים את הלוחות למרחק  $3d$ .

- א. מצא את הפרש הפוטנציאל החדש על הקבל.
- ב. מצא את האנרגיה ההתחלתית והסופית האגורה בקבל.
- ג. מצא את העבודה הנדרשת ע"מ להרחיק את הלוחות ע"י הגדרת העבודה.



**16) תרגיל 8 - חיבור קונפיגורציית קבלים**

נתונה מערכת קבלים המחוברים על פי השרטוט. מצא את הקיבול השקול של המערכת.

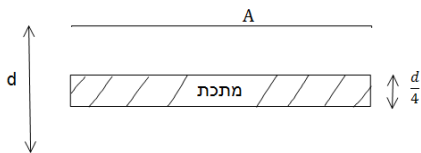


**17) תרגיל 9 - קבלים עם מפסק**

במעגל הבא מחזיקים את הקצה העליון בפוטנציאל קבוע, ונתון  $V_0$  הקצה התחתון מוארק.  
נתון: הקיבול של כל קבל, ההתנגדות הזוהה של הנגדים.  
א. מצא את המתח (הפרש הפוטנציאלים) בין הנקודה A לנקודה B.  
ב. סוגרים את המפסק AB. כמה מטען עבר דרך המפסק עד שהמערכת התייצבה?

**18) תרגיל 10 - קבל עם פיסת מתכת**

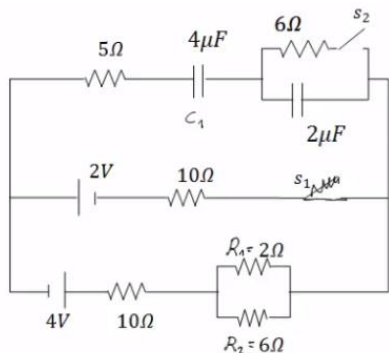
קבל לוחות מחובר למקור מתח  $V$ . שטח כל לוח בקבל הוא  $A$ , והמרחק בין הלוחות הוא  $d$  ( $d \ll \sqrt{A}$ ).



א. מצא את המטען על הקבל, את השדה בתוך הקבל ואת האנרגיה של המערכת.  
ב. כעת מכניסים לקבל פיסת מתכת בעובי  $\frac{d}{4}$  עם שטח  $A$  ממרכז הקבל. חזור על סעיף א.

ג. כעת מוציאים את המתכת, מחכים שהקבל יטען שוב ומנתקים את מקור המתח. לאחר הניתוק מכניסים את המתכת חזרה פעם שניה. חזור על סעיף א' (סעיף ב' אינו משפיע על סעיף ג').

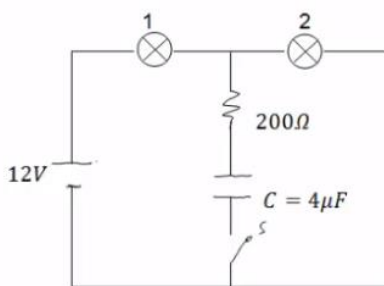
**19) תרגיל 11**



חשב את כל הזרמים במעגל ואת המטען על כל קבל במצב היציב כאשר המפסקים במצב הבא:

- א.  $S_1$  פתוח ו- $S_2$  סגור.
- ב.  $S_2$  פתוח ו- $S_1$  סגור.
- ג. שני המפסקים סגורים.

**20) תרגיל 12 - שתי נורות**



במעגל הבא הספק נורה מס' 1 במתח של 10V הוא 0.5W. ההספק של נורה מס' 2 באותו המתח הוא 0.4W. התנגדות הנגד היא 200Ω.  
א. חשב את התנגדות המתח וההספק החשמלי של כל נורה כאשר המפסק פתוח.  
ב. חשב את המתח על הקבל אם המפסק סגור והמערכת התייצבה.

## תשובות סופיות:

$$Q = 0.3\text{mF} \quad (1)$$

$$Q_A = 17.7\text{pc}, Q_B = 44.25\text{pc} \quad \text{ג.} \quad C' = 8.85\text{pF} \quad \text{ב.} \quad C = 3.54\text{pF} \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$C_T = 260\text{pF} \quad (3)$$

$$Q_1 = Q_2 = 200\text{pc}, V_{C_1} = 1.67\text{V}, V_{C_2} = 3.33\text{V} \quad (4)$$

$$C_T = 2.4\mu\text{F} \quad \text{א.} \quad (5)$$

$$V_{4,5} = 6\text{V}, V_{1,2,3} = 4\text{V}, Q_1 = 4\mu\text{C}, Q_2 = 12\mu\text{C}, Q_3 = 8\mu\text{C}, Q_4 = 6\mu\text{C}, Q_5 = 18\mu\text{C} \quad \text{ב.}$$

$$V_T = 10\text{V}, Q_1 = 20\mu\text{C}, Q_2 = 30\mu\text{C}, Q_3 = 40\mu\text{C} \quad \text{ב.} \quad C_T = 9\mu\text{F} \quad \text{א.} \quad (6)$$

$$Q_{1,2} = 10.29\mu\text{C}, Q_{3,4} = 16\mu\text{C}, V_1 = 10.29\text{V}, V_2 = 1.71\text{V}, V_3 = 8\text{V}, V_4 = 4\text{V} \quad \text{א.} \quad (7)$$

$$V_{AB} = -2.28\text{V} \quad \text{ב.}$$

$$V \approx 35.5\text{V} \quad \text{ב.} \quad \vec{E} \approx -7.12 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}} \hat{y} \quad \text{א.} \quad (8)$$

$$V_{C_2} = 0, V_{C_1} = 12\text{V}, Q_1 = 36\mu\text{C} \quad \text{ב.} \quad Q_1 = Q_2 = 24\mu\text{C}, V_1 = 8\text{V}, V_2 = 4\text{V} \quad \text{א.} \quad (9)$$

$$Q_{1,2} = 18\mu\text{C}, V_1 = 6\text{V}, V_2 = 3\text{V} \quad \text{ג.}$$

$$V_{C_1} = 6\text{V}, Q_{C_1} = 18\mu\text{C}, V_{C_2} = 3\text{V}, Q_2 = 18\mu\text{C} \quad \text{ד.}$$

$$q_2 = 36\mu\text{C}, q_1 = 24\mu\text{C}, V_1 = V_2 = 2.4\text{V} \quad \text{ב.} \quad q_2 = 108\mu\text{C}, q_1 = 72\mu\text{C}, V_1 = V_2 = 10.8\text{V} \quad \text{א.} \quad (10)$$

$$|V_s| = 15\text{V} \quad \text{ג.} \quad q_C = 240\mu\text{C} \quad \text{ב.} \quad I = 3\text{A} \quad \text{א.} \quad (11)$$

$$q = 40.4\mu\text{C} \quad \text{ה.} \quad I_1 = 2.52\text{A}, I_2 = -3.87\text{A}, I_3 = 6.39\text{A} \quad \text{ד.}$$

$$I = 0.8\text{A} \quad \text{ג.} \quad I = 0.8\text{A} \quad \text{ב.} \quad C_1 = 1.77 \cdot 10^{-10}\text{F}, C_2 = 0.59 \cdot 10^{-10}\text{F} \quad \text{א.} \quad (12)$$

$$q_1 = 7.08 \cdot 10^{-10}\text{C}, q_2 = 4.72 \cdot 10^{-10}\text{C} \quad \text{ד.}$$

$$V_{ab} = 2.756\text{V} \quad \text{ב.} \quad I_1 = 0.689\text{A}, I_2 = 0.393\text{A} \quad \text{א.} \quad (13)$$

$$q = 1.26 \cdot 10^{-4}\text{C} \quad \text{ד.} \quad I_1 = 0, I = 0.6\text{A} \quad \text{מטה,} \quad \text{ג.}$$

$$q'_3 = 12.5\mu\text{C}, V'_3 = 2.5\text{V}, U = 15.625\text{J} \quad (14)$$

$$U_{C_1} = 15.93 \cdot 10^{-12}\text{J}, U_{C_2} = 47.79 \cdot 10^{-12}\text{J} \quad \text{ב.} \quad V' = 9\text{V} \quad \text{א.} \quad (15)$$

$$|W| = 31.86 \cdot 10^{-12}\text{J} \quad \text{ג.}$$

$$C_T = C_1 + C_6 + C_{2,3,4,5} \quad (16)$$

$$q_1 = \frac{C_1 V_0}{2}, q_2 = \frac{C_2 V_0}{2}, \Delta q = \frac{V_0}{2} (C_2 - C_1) \quad \text{ב.} \quad V_{AB} = \frac{V_0}{2} - \frac{V_0 C_2}{C_1 + C_2} \quad \text{א.} \quad (17)$$

$$q = CV = \frac{\epsilon_0 A}{d} V, E = \frac{V}{d}, U = \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 A}{d} V^2 \quad \text{א. (18)}$$

$$q_1 = q_2 = \frac{4\epsilon_0 AV}{3d}, E_1 = E_2 = \frac{4V}{3d}, U = \frac{1}{2} C_T V^2 = \frac{2\epsilon_0 A}{3d} V^2 \quad \text{ב.}$$

$$E_1 = E_2 = \frac{V}{d}, U = \frac{3\epsilon_0 AV^2}{8d} \quad \text{ג.}$$

$$\frac{136}{129} \mu\text{C} \quad \text{ג.}$$

$$\frac{12}{43} \text{A} \quad \text{ב.}$$

$$16 \mu\text{F} \quad \text{א. (19)}$$

$$R_1 = 200 \Omega, R_2 = 250 \Omega, V_1 = 5.34 \text{V}, V_2 = 6.68 \text{V}, P_1 = 0.143 \text{W}, P_2 = 0.178 \text{W} \quad \text{א. (20)}$$

$$V_C = 6.68 \text{V} \quad \text{ב.}$$

## פיזיקה 2

פרק 11 - השדה המגנטי

תוכן העניינים

62	.....	1. הסברים ודוגמאות
64	.....	2. סיכום ותרגילים נוספים

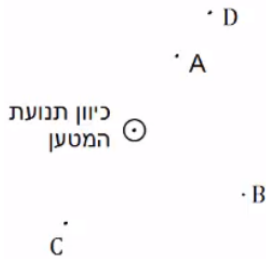
## הסברים ודוגמאות:

### שאלות:

**1 דוגמה 1 (1)**

מטען נע מהדף אלינו.

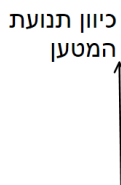
צייר את כיוון השדה המגנטי בנקודות: A, B, C, D.



**2 דוגמה 2 (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 (3)**

במערכת הבאה ישנם שני תיילים אינסופיים

הנושאים זרם  $I_0 = 2A$ .

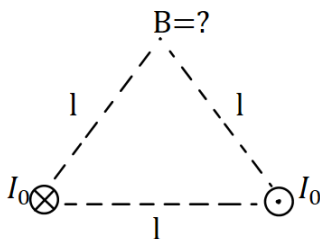
התיילים מונחים בקודקודי הבסיס של משולש

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 (4)**

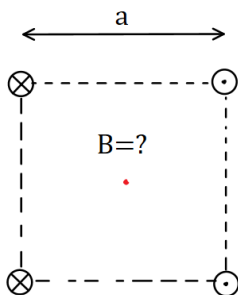
במערכת הבאה ישנם ארבעה תיילים אינסופיים

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?

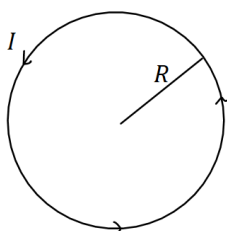


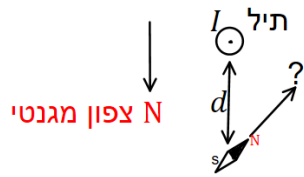
**5 דוגמה 5 - שדה במרכז טבעת (5)**

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  $d = 5c. m$ .

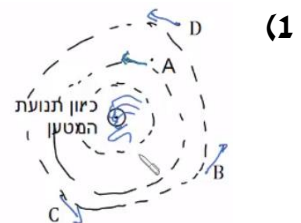
מהתיל לכיוון הצפון המגנטי של כדור הארץ נמצא מצפן,

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

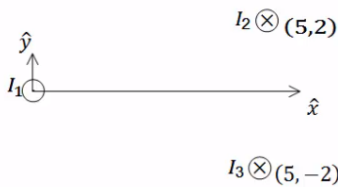
(4)  $\vec{B} = -24.24 \cdot 10^{-6} T \hat{y}$

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

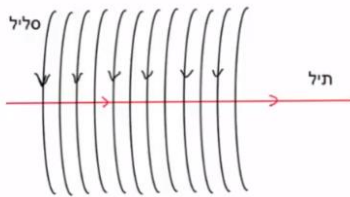
הזרמים בתילים הם:  $I_1 = 3A$  החוצה מהדף,  $I_2 = 5A$

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 2

פרק 12 - חוק אמפר

תוכן העניינים

65 ..... 1. הסבר ותרגילים

## הסבר ותרגילים:

### שאלות:



#### 1) שדה בתוך מעטפת גלילית עבה

נתונה מעטפת גלילית עבה ואינסופית בעלת רדיוס פנימי  $R$  ורדיוס חיצוני  $3R$ .

במעטפת זורם זרם  $I$  בהתפלגות (צפיפות) אחידה לתוך הדף.

א. מצא את השדה המגנטי במרחק  $2R$  ממרכז הקליפה.

ב. מוסיפים תיל אינסופי במרכז המעטפת, מה צריך להיות הזרם בתיל (גודל וכיוון) כך שהשדה ב- $2R$  יתאפס?

ג. מה השדה במרחק  $5R$  של המערכת (גליל + תיל שחישבת בסעיף הקודם)?

### תשובות סופיות:

ג.  $B = \frac{\mu I}{16\pi R}$

ב.  $I' = \frac{3}{8}I$ , החוצה מהדף.

א.  $B = \frac{3\mu I}{32\pi R}$  (1)

## פיזיקה 2

פרק 13 - הכוח המגנטי (חוק לורנץ)

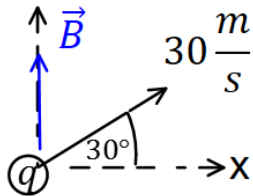
תוכן העניינים

1. הכוח על מטען בודד ותנועה בשדה ..... 66
2. יישומים של הכוח המגנטי ..... (ללא ספר) 66
3. כוח על תיל נושא זרם ובין תילים ..... 68
4. סיכום ..... (ללא ספר) 68
5. תרגילים נוספים ..... 70

## 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.

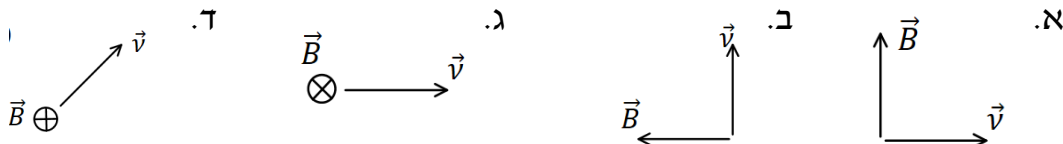
**2 דוגמה (2)**

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.

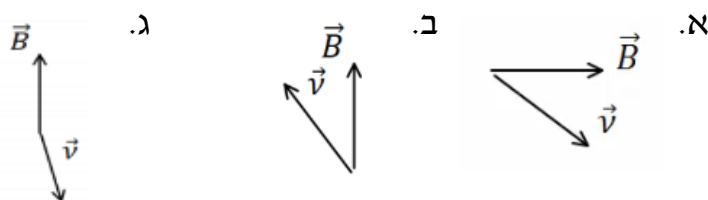
**3 דוגמה (3)**

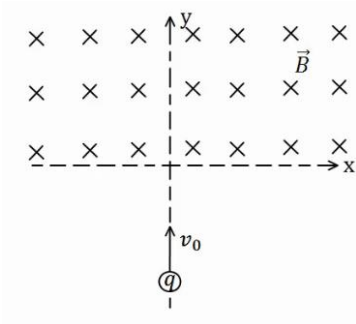
מצא את כיוון הכוח המגנטי במקרים הבאים:



**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:**

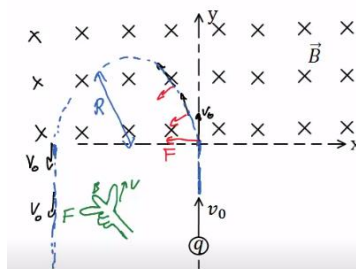
(1)  $F_B \approx 207.8N$

(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.  $\vec{F} \odot$

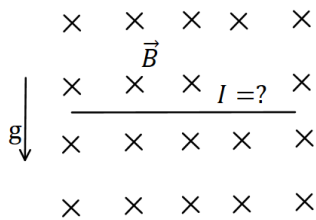
(5) א.  $x = -2cm, y = 0$     ב.



## כוח על תיל נושא זרם ובין תיילים:

### שאלות:

#### (1) דוגמה 7

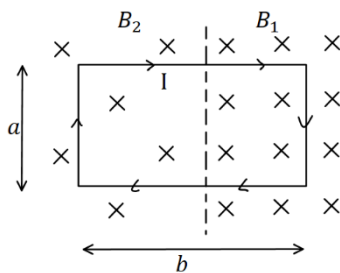


תיל ישר נמצא במאונך לשדה מגנטי אחיד  $B = 10^{-2} \text{T}$  לתוך הדף. צפיפות המסה של התיל ליחידת אורך

היא  $\lambda = 20 \frac{\text{gr}}{\text{cm}}$ .

מצא מה צריך להיות גודל וכיוון הזרם בתיל, כך שהתיל ירחף באוויר.

#### (2) דוגמה 8



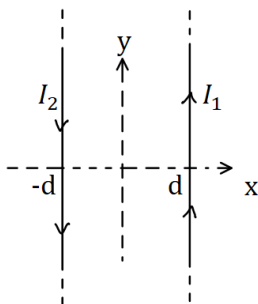
מסגרת מלבנית בעל צלעות  $a, b$  נמצאת במישור של הדף ובתוך שדה מגנטי שכיוונו לתוך הדף. גודלו של השדה המגנטי אינו אחיד.

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

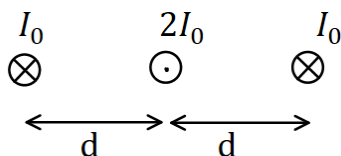
שלושה תיילים אינסופיים מונחים במקביל, כמתואר באיור.

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:

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

$$(2) \sum F = 1 \text{ N, ימינה.}$$

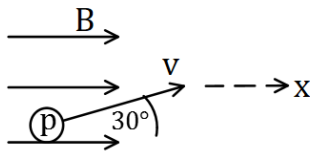
$$(3) F_1 = 10^{-6} \hat{x}, F_2 = -10^{-6} \hat{x}$$

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

## 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?

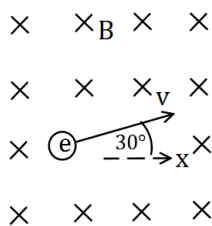
ב. מהי תאוצת הפרוטון?

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

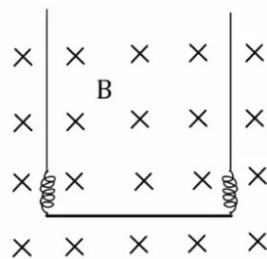
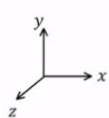
האנכיים ואת הכוחות שהם מפעילים על התיל האופקי.

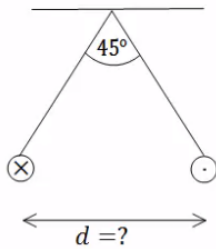
א. מהו גודל וכיוון הזרם בתיל אם ידוע שהתיל בשיווי משקל כאשר

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.



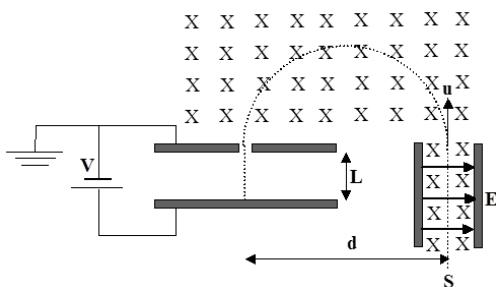


**(4) שני תילים תלויים**

שני תילים ארוכים מאוד תלויים מהתקרה באמצעות חוטים באורך זהה ולא ידוע. בתילים זורם 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:

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

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

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

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

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

## פיזיקה 2

פרק 14 - גלים - בסילבוס רשום לאופטים שבינינו

תוכן העניינים

1. גלים והתאבכות גלים ..... 73

## 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:  $\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = \left(n - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{d}$

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

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

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

$$\frac{I_a}{I_0} = 10^{\left(\frac{\alpha}{10}\right)}$$

$$\frac{I_a}{I_b} = 10^{\left(\frac{\alpha-\beta}{10}\right)}$$

$$E = I \cdot S \cdot t$$

## שאלות:

## (1) תרגול גל 1

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 בחבל שנמצא בנקודה B ברגע זה?

## (2) תרגול גל 2

מציירים בחבל שתי הפרעות כמתואר בתרשים:  $v = 10 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$ .

שרטט את החבל בזמנים הבאים:

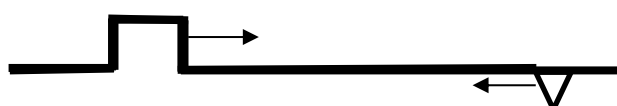
א.  $t = 8 \text{ sec}$ ב.  $t = 16 \text{ sec}$ ג.  $t = 18 \text{ sec}$ ד.  $t = 22 \text{ sec}$ 

## (3) תרגול גל 3

בחבל מייצרים שתי הפרעות שונות בשני קצותיו שמתקדמות אחת לקראת

השנייה, כמתואר בתרשים:  $v = 0.5 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$ .

שרטט את צורת החבל בזמנים הבאים:

א.  $t = 8 \text{ sec}$ ב.  $t = 12 \text{ sec}$ ג.  $t = 13 \text{ sec}$ ד.  $t = 16 \text{ sec}$ 

## (4) תרגול גל 4

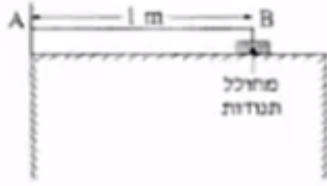
פולס משולש נע בחבל ומגיע לקצהו. שרטט את החבל + הפלוס במקרים הבאים:

א. קצה החבל קשור לקיר.

ב. קצה החבל מולבש על טבעת חופשיה למנוע על פני ציר שעובר דרכה.

ג. קצה החבל קשור לחבל כבד יותר.

ד. קצה החבל קשור לחבל קל יותר.

**5) תרגול גל עומד**

חוט AB, שאורכו 1m, קשור בקצהו B למחולל תנודות, ובקצהו A למוט קבוע (ראה תרשים).  
 כאשר תלמיד מפעיל את מחולל התנודות, נוצר בחוט AB גל, שמוחזר מהקצה A.  
 התלמיד מגדיל ברציפות את תדירות מחולל התנודות ורושם את התדירויות בכל פעם שנוצר בחוט AB גל עומד. תוצאות הניסוי רשומות בטבלה שלפניך:

$\frac{1}{\lambda} (\text{m}^{-1})$	$\lambda (\text{m})$	צורת הגל העומד	f - תדירות התנודות (Hz)
			24
			45
			67
			88

התייחס לנקודה B כנקודת צומת.

א. העתק את הטבלה למחברתך, ורשום בעמודה את אורך הגל  $\lambda$ , לכל אחד מארבעת הגלים העומדים שנוצרו בחוט?

ב. רשום בעמודה המתאימה בטבלה את הערך  $\frac{1}{\lambda}$  לכל אחד מארבעת הגלים, וסרטט גרף של התדירות f כפונקציה של  $\frac{1}{\lambda}$ .

ג. מצא בעזרת הגרף את מהירות התפשטותו של גל בחוט AB.

ד. התלמיד ממשיך להגדיל את תדירות מחולל התנודות.

מהי התדירות הראשונה (הגבוהה מ-88Hz) שיווצר בה גל עומד בחוט AB? נמק.

**6) תרגול גל מחזורי 1**

מופיעים לפניכם גרפי העתק זמן והעתק מקום של חבל מסוים.

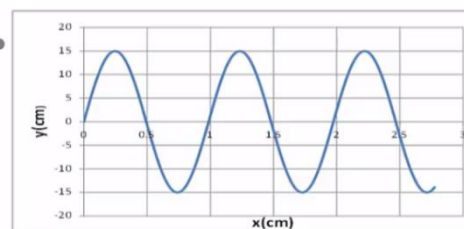
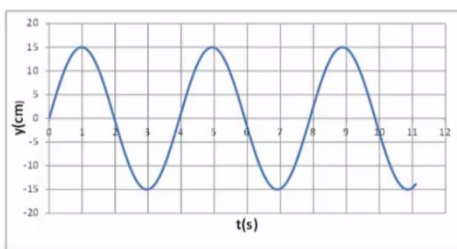
א. מהי משרעת הגל?

ב. מהו אורך הגל המתקדם בחבל?

ג. מה זמן המחזור של הגל?

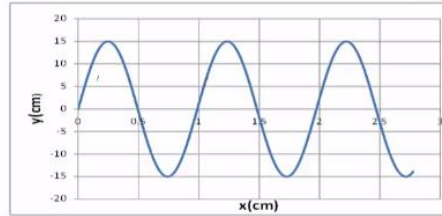
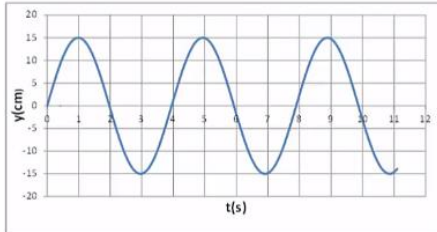
ד. מה מהירות הגל?

ה. לאיזה נקודה/נקודות בחבל יכול להתאים גרף ההעתק זמן (השמאלי)?



**תרגול גל מחזורי 2 (7)**

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

**תרגול גל מחזורי 3 (8)**

לפניך שני תצלומים (נראים זהים). הימני: גל מתקדם, השמאלי: גל עומד בקהל.  
 א. קבע את אורך הגל של כל אחד מהגלים בחבל.  
 ב. שרטט את החבל  $\frac{1}{4}$  זמן מחזור לאחר תצלום זה.  
 ג. שרטט את החבל  $\frac{1}{2}$  זמן מחזור לאחר תצלום זה.  
 ד. בחר בכל תצלום נקודה מימין ומשמאל למשרעת, וצייר את כיוון תנועתה מיד לאחר צילום זה.

**תרגיל 1 (9)**

מהירות גל במיתר מתוח 25 מטר בשנייה. קושרים את היתר בין שני כנים שהמרחק ביניהם 3 מטר.  
 מניעים את המיתר בעזרת מתנד.  
 באיזו תדירות יש לנדנד אותו כך שייווצר בו גל עומד עם 12 נקודות צומת (כולל הקצוות)?

- א. 45.8 הרץ.
- ב. 70 הרץ.
- ג. 8.3 הרץ.
- ד. 75 הרץ.
- ה. 80.7 הרץ.

**(10) תרגיל 2**

מיתר בעל אורך 90 ס"מ קשור בשני קצותיו. כשמנדנדים אותו בתדירות 150 הרץ, נוצר בו גל עומד עם 8 נקודות צומת (כולל הקצוות). מהירות גל במיתר הנ"ל:

א.  $15.3 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ב.  $38.6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ג.  $17 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ד.  $34.3 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

**(11) תרגיל 3**

מנדנדים מיתר מתוח הקשור בשני קצותיו בתדירות 100 הרץ. אורך המיתר 3 מטר. במיתר נוצר גל עומד עם 5 נקודות צומת (כולל הקצוות). מהי מהירות הגל במיתר?

א.  $150 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ב.  $100 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ג.  $330 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ד.  $20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ה.  $340 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

**(12) תרגיל 4**

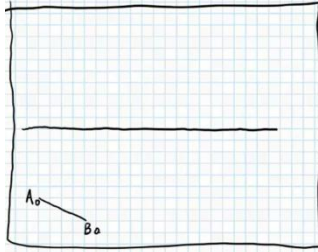
מיתר של גיטרה משמיע עם הפריטה עליו צליל בתדירות של 300 הרץ. אם רוצים להפיק מהמיתר צליל בעל תדירות של 900 הרץ:

- א. אין כל דרך להפיק את התדירות הנ"ל מהמיתר.
- ב. יש להקטין את המתיחות במיתר פי 3.
- ג. יש לקצר את המיתר פי 3.
- ד. יש להאריך את המיתר פי 3.
- ה. יש להגדיל את המתיחות פי 2.

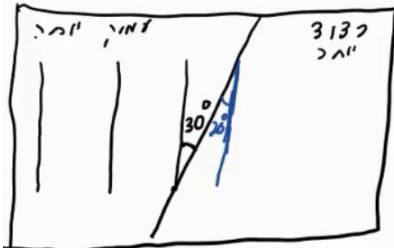
**13) תרגיל החזרה גלים דו ממדיים**

נתון אמבט הגלים הבא בו מתקדם גל ישר  $A_0B_0$ . באמבט קיים גם מחסום.

- הוסף לתרשים חץ המתאר את כיוון התקדמות הגל  $A_0B_0$ .
- הוסף לתרשים את חזית הגל לאחר שהוחזרה מהמחסום.
- הוסף לתרשים חיצים המתארים את זוויות פגיעת והחזרת הגל כפי שהן מוחזרות לאור.
- הוסף לתרשים חיצים המתארים את זוויות פגיעת והחזרת הגל כפי שהן מוחזרות לגלי מים.
- הוסיפו לתרשים את חזית הגל, ברגע שבו אמצע חזית הגל נוגעת במחסום.

**14) תרגול מעבר תווך גלי מים**

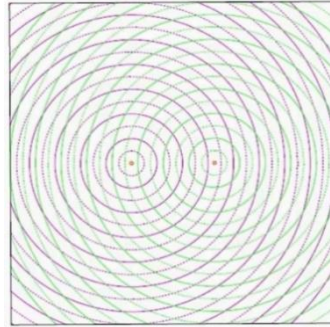
- נתון אמבט גלים בו נע גל לפי התרשים הבא. במרכז האמבט מוקם מחסום כך שגובה המים בחלק הימני נמוך יותר. מקור גלים בקצה השמאלי של האמבט מייצר גל ישר מחזורי בתדירות 4 הרץ. מהירות הגל במים בחלק העמוק היא 20 ס"מ לשנייה. הגל מתקדם ועובר לתווך הימני כמתואר בתרשים.
- מה מהירות גל המים בתווך הרדוד יותר?
  - מהו אורך הגל  $\lambda_1$  בחלק העמוק?
  - מהו אורך הגל  $\lambda_2$  בחלק הרדוד?
  - הוסיפו לתרשים (איכותית) עוד 2 אורכי גלים לאחר מעבר גל המים לתווך הרדוד.

**15) 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?

**16) התאבכות גלי מים – תרגיל 1**

נתון תרשים של אמבט גלים ובו 2 מקורות בעלי אורך גל זהה ושווי מופע.  
 קווים רציפים מייצגים שיא בגל וקווים מקווקוים – שפל.  
 זהו את קווי המקסימום והמינימום בתרשים.

**17) התאבכות גלי מים – תרגיל 2**

- נתון אמבט גלים בו 2 מקורות שהמרחק ביניהם 7 ס"מ.  
 המקורות מכים במים במופע זהה בתדירות 20 הרץ.  
 מהירות התקדמות הגלים באמבט היא 25 ס"מ לשנייה.  
 א. מה אורך הגל של הגלים שיוצרים המקורות?  
 ב. קבע, לגבי כל אחת מהנקודות הבאות: A, B, C, D בתרשים, האם היא על קו מקסימום, על קו מינימום או נקי ביניים:
- i. A - מרחקה מהמקור הראשון - 4 ס"מ ומהמקור השני - 2.8 ס"מ.
  - ii. B - מרחקה מהמקור הראשון - 5 ס"מ ומהמקור השני - 3.2 ס"מ.
  - iii. C - מרחקה מהמקור הראשון - 7 ס"מ ומהמקור השני - 3.4 ס"מ.
  - iv. D - מרחקה מהמקור הראשון - 8 ס"מ ומהמקור השני - 6.5 ס"מ.
- ג. כמה קווי מקסימום וכמה קווי מינימום יופיעו באמבט?

**18) שאלה 1 בהתאבכות גלי מים**

שני מקורות גל זהים A ו-B נמצאים בנקודות  $(0,0)$  ו- $(6,0)$ . המקורות משדרים באורך גל של 1cm לכל הכיוונים. על ציר y מתקבלת התאבכות בונה בנקודות הבאות (המספרים בס"מ):

- א.  $(0,1.1)$   $(0,2.5)$   $(0,4.5)$   $(0,8)$   $(0,17.5)$ .
- ב.  $(0,1)$   $(0,2)$   $(0,4)$   $(0,8)$   $(0,16)$   $(0,32)$ .
- ג.  $(0,6)$   $(0,12)$   $(0,18)$   $(0,24)$   $(0,30)$ .
- ד.  $(4,4.5)$   $(4,8)$   $(4,17.5)$   $(3,2)$ .
- ה.  $(0,4.2)$   $(0,8.7)$   $(0,16.5)$   $(0,0)$ .
- ו.  $(0,4.5)$   $(0,8)$   $(0,17.5)$ .

**19) שאלה 2 בהתאבכות גלי מים**

- שני מקורות גל זהים ושווי מופע ממוקמים בנקודות  $(0,0)$  ו- $(5,0)$  (הערכים בס"מ). אורך הגל של כל אחד מהם 2 ס"מ. היכן על ציר  $y$  תתקבל התאבכות בונה מסדר ראשון? (הערכים בס"מ).
- א.  $(5,2.5)$ .  
 ב.  $(0,5.25)$ .  
 ג.  $(0,6)$ .  
 ד.  $(0,2.5)$ .  
 ה.  $(0,-5.25)$ .

**20) שאלה 3 בהתאבכות גלי מים**

- שני מקורות גל זהים A ו-B נמצאים בנקודות  $(0,5)$  ו- $(0,-5)$ . בנקודה  $(10,10)$  מתקבלת התאבכות בונה מסדר ראשון (כל המספרים נתונים בס"מ) אורך הגל הוא בקירוב:
- א. 8.5 ס"מ.  
 ב. 5 ס"מ.  
 ג. 7.3 ס"מ.  
 ד. 15 ס"מ.  
 ה. 6.8 ס"מ.

**21) שאלה 4 בהתאבכות גלי מים**

- באמבט גלים ממקמים שני מתנדים בשתי נקודות  $(4,2)$  ו- $(7,6)$ . המתנדים רוטטים בתדירות זהה ובאותו מופע. בנקודה  $(10,10)$  מתקבלת התאבכות בונה מסדר שלישי. מהו אורך הגל? (הגדלים המספריים במטרים).
- א. 1.67m.  
 ב. 0.62m.  
 ג. 2.79m.  
 ד. 6.83m.  
 ה. 1.23m.

**(22) התאבכות אור תרגיל 1**

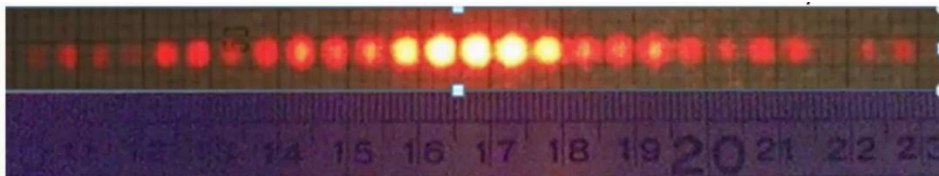
- מאירים בלייזר בעל אורך גל 500 ננומטר לוחית בעלת 2 סדקים בעלי  $d = 0.2\text{mm}$ . במרחק  $L = 3\text{m}$  נמצא מסך.
- מהו רוחב פס אור כל עוד אנחנו בזווית קטנות?
  - מהו מרחקו ממרכז התבנית של מרכז פס האור מסדר רביעי?
  - מהו מרחקו ממרכז תבנית ההתאבכות של קו החושך מסדר שביעי?
  - מה מרחקו ממרכז תבנית ההתאבכות של מרכז פס האור מסדר 200?

**(23) התאבכות אור תרגיל 2**

- מאירים בלייזר ירוק בעל אורך גל לא ידוע על לוחית ובה 2 סדקים שהמרחק ביניהם 0.15 מ"מ. מניחים מסך שאורכו  $h = 1\text{m}$  במרחק 3 מטר מהלוחית כך שמרכז המסך בדיוק מול הסדקים. הזווית למקסימום מסדר חמישי נמדדת ושווה ל-1 מעלה.
- מה אורך הגל של הלייזר?
  - מה מרחקו של המינימום מסדר חמישי ממרכז המסך?
  - כמה קווי חושך התקבלו על המסך?
  - אם נחליף המסך במסך ארוך מאוד שיונח באותו מיקום, כמה פסי אור ייווצרו על המסך?

**(24) התאבכות אור תרגיל 3**

- לוקחים לייזר אדום בעל אורך גל לא ידוע ומציבים לפניו לוחית בעלת 2 סדקים שהמרחק ביניהם 0.25 מ"מ. ממקמים מסך במרחק 1.8 מטר מהלוחית. על המסך מתקבלת תבנית ההתאבכות הבאה, לצד סרגל שהודבק למסך מראש.



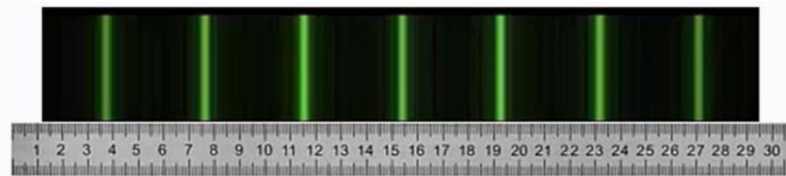
- מצא את אורך הגל של הלייזר בדרך המדויקת ביותר.
- איזה מהנקודות בצילום הינה נקודת המקסימום המרכזי?
- לאיזה נקודה בצילום מגיע אור שמרחקו מאחד הסדקים גדול ב-3 אורכי גל מאשר מרחקו מהסדק השני?
- לאיזה נקודה על המסך מגיע אור שמרחקו מאחד הסדקים גדול ב-4.5 אורכי גל מאשר מרחקו מהסדק השני?
- מהן 3 הדרכים אשר ניתן לצופף בהן את תבנית ההתאבכות?

**(25) התאבכות אור בסריג – תרגיל 4**

- מאירים בלייזר בעל אורך גל לא ידוע על סריג בעל קבוע של 100 חריצים למ"מ. מציבים מסך במרחק 1 מטר מהסריג כך שמרכזו מול מרכז הסריג ומול קרן הלייזר. אורך המסך 4 מטר.
- מיקומו של קו המקסימום הראשון נמדד ושווה ל-6.5 ס"מ ממרכז המסך.
- מהו אורך הגל של הלייזר?
  - מה מיקומו של קו המקסימום מסדר שני?
  - מה מיקומו של קו המקסימום מסדר חמישי?
  - כמה קווי מקסימום יתקבלו על המסך?
  - בהנחה שמחליפים מסך זה במסך ארוך מאוד באותו המיקום, כמה קווי מקסימום יתקבלו עליו?

**(26) התאבכות אור בסריג – תרגיל 5**

- מאירים בלייזר ירוק בעל אורך גל 550 ננומטר על סריג בעל קבוע לא ידוע, ומציבים מסך במרחק 2.5 מטר מהסריג.
- על המסך שעליו מודבק סרגל מתקבלת התמונה הבאה :



- מצאו את קבוע הסריג בדרך המדויקת ביותר.
- באיזה זווית ביחס לאנך האמצעי יתקבל קו המקסימום מסדר 20?
- מה יקרה לתבנית ההתאבכות אם נחליף את הלייזר הירוק בלייזר כחול?

**(27) התאבכות אור בסריג – תרגיל 6**

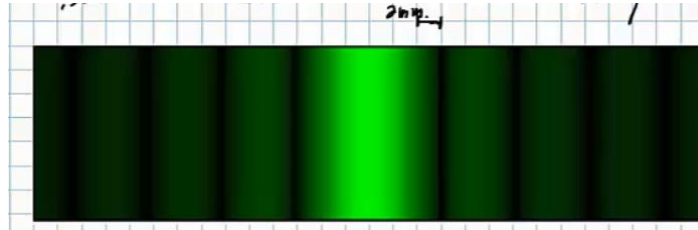
- אור לבן פוגע בסריג עקיפה בעל קבוע 300 חריצים למ"מ. מסך ארוך מונח במרחק 2 מטר מהסריג.
- מה רוחב הפס הצבעוני מסדר ראשון?
  - מה הזווית שנפתחת בין המקסימום האדום מסדר שני, והסגול מסדר שני?
  - הוכח שקיימת חפיפה בצבעים בין הסדר השני לסדר השלישי.

**(28) עקיפה מסדק יחיד – תרגיל 1**

- תלמיד מאיר בלייזר אדום בעל אורך גל 670 ננומטר סדק שרוחבו 0.3 מ"מ. תבנית עקיפה מתקבלת על מסך במרחק 1.5 מטר.
- מה רוחבו של המקסימום המרכזי?
  - מה רוחבו של מקסימום משני, מסדר נמוך?

**29) עקיפה מסדק יחיד – תרגיל 2**

לוקחים לייזר ירוק בעל אורך גל 530 ננומטר. מציבים אותו לפני סדק בעל רוחב לא ידוע, ועל מסך משבצות במרחק 3 מטר מהסדק מתקבלת תבנית ההתאבכות הבאה:

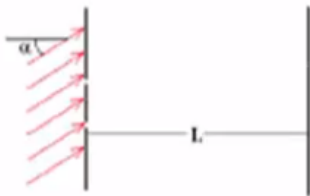


נתון שרוחב משבצת על הלוח הוא 2 מ"מ.

- מה רוחב הסדק?
- כמה קווי צומת יתקבלו על מסך ארוך מאוד?
- מה יקרה לתבנית ההתאבכות אם נגדיל את רוחב הסדק?

**30) שאלה בהתאבכות גלי אור**

דרך משטח מישורי עם שני סדקים צרים מאוד מעבירים גל מישורי בעל אורך גל  $\lambda$  המתקדם בכיוון היוצר זווית קטנה  $\alpha$  עם האנך למשטח (ראו ציור).



המרחק בין הסדקים הוא  $d$  כאשר  $d \gg \lambda$ . מודדים את העוצמה במרכז לוח מישורי הנמצא במרחק  $L \gg d$  מהמשטח עם הסדקים, כלומר בנקודה הנמצאת מול נקודת האמצע בין שני הסדקים. העוצמה הנמדדת היא 0.

מהי הזווית הקטנה ביותר  $\alpha$  המסבירה מדידה זו?

- $\alpha = 0$
- $\alpha = \frac{\lambda}{2d}$
- $\alpha = \frac{2\lambda}{\pi d}$
- $\alpha = \frac{2\lambda}{d}$
- $\alpha = \frac{2\pi\lambda}{d}$
- $\alpha = \frac{\lambda}{\pi d}$

**31) שאלה 2 בהתאבכות גלי אור**

שני גלים אלקטרומגנטיים העוברים כל אחד דרך סדק צר יוצרים תבנית התאבכות

על פני מסך רחוק. הגל העובר דרך הסדק הראשון מתואר ע"י:  $\vec{E}_1 = A_1 \cdot e^{i(kz - \omega t)} \hat{x}$ .

הגל העובר דרך הסדק השני מתואר ע"י:  $\vec{E}_2 = A_1 \cdot e^{i(kz - \omega t)} (-\hat{y})$ .

היחס בין העוצמה המקסימלית לעוצמה המינימלית הוא:

א.  $\sqrt{2}:1$ .

ב.  $1:0$ .

ג.  $1:1$ .

ד.  $2:1$ .

ה.  $4:1$ .

ו.  $3:2$ .

**32) שאלה 1 – גלי קול**

אם נניח, כי עוצמת סף השמע היא:  $10^{-16} \frac{W}{cm^2}$ .

מהי העוצמה ביחידות הנ"ל בסף הכאב 140dB (כלומר, כמה  $\frac{W}{cm^2}$  יש ב-140dB)?

א.  $14 \cdot 10^{-16} \frac{W}{cm^2}$ .

ב.  $10^{-14} \frac{W}{cm^2}$ .

ג.  $140 \frac{W}{cm^2}$ .

ד.  $10^4 \frac{W}{cm^2}$ .

ה.  $10^{-2} \frac{W}{cm^2}$ .

**33) שאלה 2 – גלי קול**

פי כמה גדולה עוצמת קול של 100 דציבל מעוצמת קול של 10 דציבל?

א. פי 10.

ב. פי 100.

ג. פי 1,000.

ד. פי 10,000.

ה. פי 1,000,000.

ו. פי 1,000,000,000.

ז. פי 10,000,000,000.

**(34) שאלה 3 – גלי קול**

אם עוצמת הקול המינימאלית שבני אדם מסוגלים לשמוע (סף השמע)

היא:  $10^{-16} \frac{W}{cm^2}$ , מהי עוצמת הקול באותן יחידות ב-130 דציבל (סף הכאב),

וכמה אנרגיה פוגעת בעור התוף החשוף לעוצמה הזו (130dB) במשך שעה? נתון ששטחו של עור התוף כ-0.7 סמ"ר.

א. העוצמה:  $10^{-13} \frac{W}{cm^2}$ , וסה"כ אנרגיה בשעה: 5.3J.

ב. העוצמה:  $10^{-3} \frac{W}{cm^2}$ , וסה"כ אנרגיה בשעה: 5.3J.

ג. העוצמה:  $130 \frac{W}{cm^2}$ , וסה"כ אנרגיה בשעה: 75J.

ד. העוצמה:  $1.3 \cdot 10^{-3} \frac{W}{cm^2}$ , וסה"כ אנרגיה בשעה: 2.52J.

ה. העוצמה:  $0.001 \frac{W}{cm^2}$ , וסה"כ אנרגיה בשעה: 2.52J.

**(35) שאלה 4 – גלי קול**

אם נניח כי עוצמת סף השמע היא:  $10^{-16} \frac{W}{cm^2}$  (ווט לסמ"ר),

מהי העוצמה I ביחידות הנ"ל ב-120dB, וכמה אנרגיה E פוגעת בעור התוף של אוזנו של אדם, החשוף לעוצמת קול זו במשך 4 שעות? הניחו ששטחו של עור התוף 0.7 סמ"ר.

א.  $E = 5.8 \text{Joule}$  ו-  $I = 12 \cdot 10^{-16} \frac{W}{cm^2}$ .

ב.  $E = 5.8 \text{Joule}$  ו-  $I = 13 \cdot 10^{-14} \frac{W}{cm^2}$ .

ג.  $E = 1.01 \text{Joule}$  ו-  $I = 10^{-4} \frac{W}{cm^2}$ .

ד.  $E = 10.1 \text{Joule}$  ו-  $I = 10^{-4} \frac{W}{cm^2}$ .

ה.  $E = 1.2 \cdot 10^6 \text{Joule}$  ו-  $I = 120 \frac{W}{cm^2}$ .

**(36) שאלה 5 – גלי קול**

כאשר אדם נחשף לקול בעוצמה של 20 דציבל בפרק זמן של שעה, כמות האנרגיה הכוללת המגיעה לעור התוף של אוזנו היא:  $2.5 \cdot 10^{-11} \text{ Joule}$ .  
 מהי כמות האנרגיה הכוללת המגיעה לעור התוף כאשר האוזן נחשפת לקול בעוצמה של 120 דציבל למשך זמן של 20 דקות?

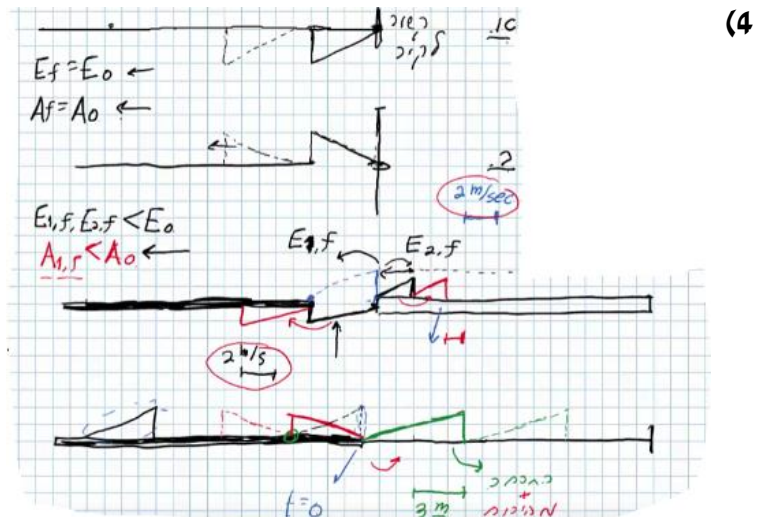
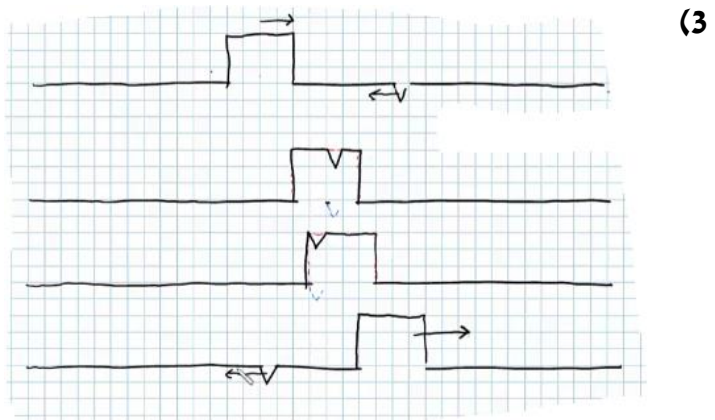
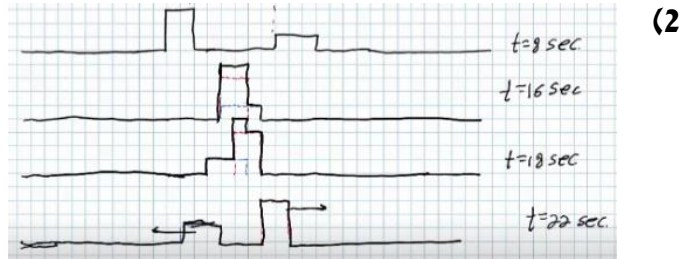
א.  $0.08 \text{ Joule}$ ב.  $0.75 \text{ Joule}$ ג.  $25 \text{ Joule}$ ד.  $2.5 \cdot 10^{-5} \text{ Joule}$ ה.  $5 \cdot 10^{-11} \text{ Joule}$ **(37) שאלה 6 – גלי קול**

כאשר אדם נחשף לקול בעוצמה של 20 דציבל בפרק זמן של שעה, כמות האנרגיה הכוללת המגיעה לעור התוף של אוזנו היא:  $2.5 \cdot 10^{-11} \text{ Joule}$ .  
 מהי כמות האנרגיה הכוללת המגיעה לעור התוף כאשר האוזן נחשפת לקול בעוצמה של 120 דציבל למשך זמן של 30 דקות?

א.  $0.125 \text{ Joule}$ ב.  $1.130 \text{ Joule}$ ג.  $37.52 \text{ Joule}$ ד.  $3.8 \cdot 10^{-5} \text{ Joule}$ ה.  $7.5 \cdot 10^{-11} \text{ Joule}$

**תשובות סופיות:**

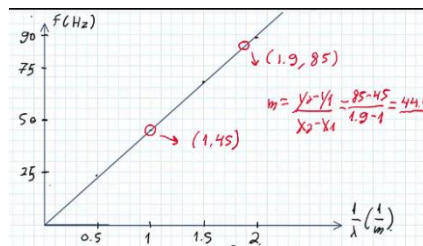
(1) א.  $A = 0.3m$  ב.  $V = 0.2 \frac{m}{sec}$  ג. למעלה. ד. למטה.



א. (5)

$\frac{1}{\lambda} (m^{-1})$	$\lambda (m)$	צורת הגל העומד	f - תדירות התנודות (Hz)
0.5	2		24
1	1		45
1.5	$\frac{2}{3}$		67
2	$\frac{1}{2}$		88

$f = 111 \text{ Hz}$  . ד  $f = v \frac{1}{\lambda}$  . ג



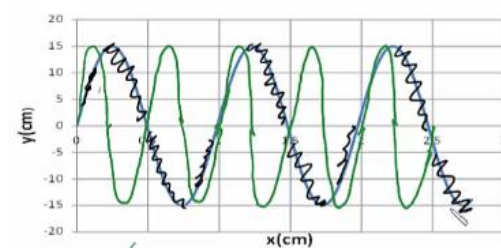
ב.

$v = 25 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$  . ד

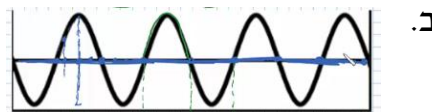
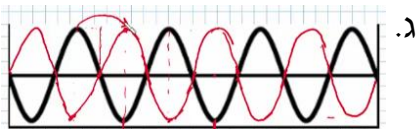
t = 4 . ג  $\lambda = 1 \text{ m}$  . ב  $A = 0.15 \text{ m}$  . א (6)

ה. (0.5, 0) , (1.5, 0) , (2.5, 0)

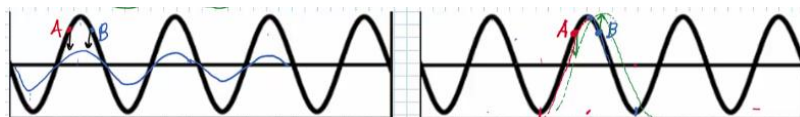
הגל הירוק בשרטוט : (7)



א. מתקדם :  $\lambda_1 = 80 \text{ cm}$  , עומד :  $\lambda_2 = 80 \text{ cm}$  . (8)



ד.

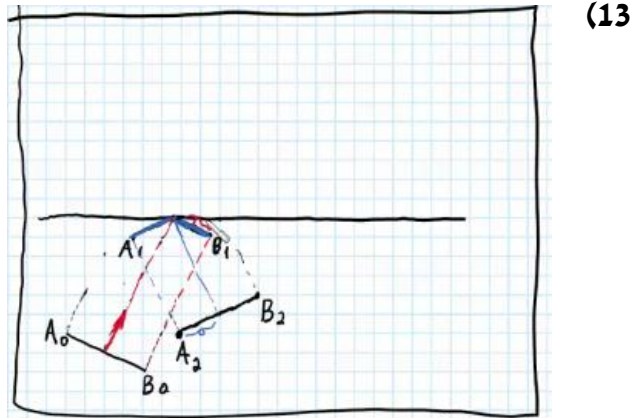


א. (9)

ב. (10)

א. (11)

ג. (12)

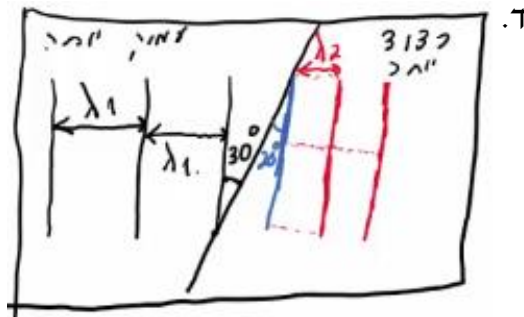


(13)

ג.  $\lambda_2 = 3.42\text{cm}$

ב.  $\lambda_1 = 5\text{cm}$

א.  $v_2 = 13.7 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$

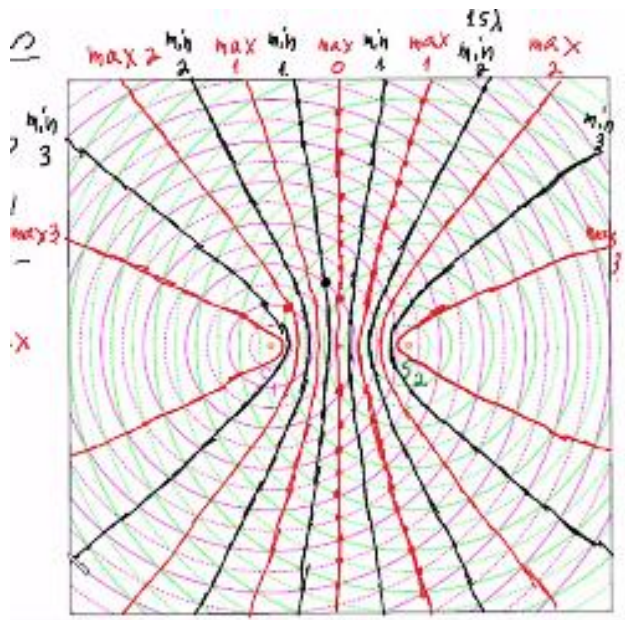


ד.

ב.  $0.45\text{cm}$

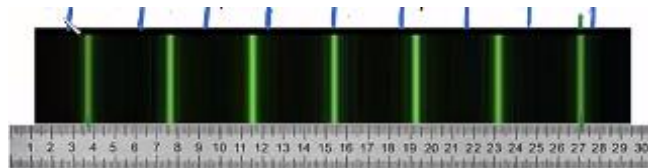
א.  $5$

(15)



(16)

- (17) א. 1.2 ס"מ.  
 ב. i. A - נקי מקסימום מסדר ראשון.  
 ב. ii. B - נקי צומת מסדר שני.  
 ב. iii. C - נקי מקסימום מסדר שלישי, נקי על קו מקסימום.  
 ב. iv. D - נקי ביניים.  
 ג. 11 קווי מקסימום, 12 קווי מינימום.  
 (18) א' מלאה ו-ו' חלקית.  
 (19) ב' ו-ה.  
 (20) ה.  
 (21) א'.
- (22) א. 7.5 nm    ב. 3 ס"מ.    ג.  $\theta = 0.93^\circ$     ד.  $x_{200} = 1.73$   
 (23) א. 524 נ"מ.    ב. 4.72 ס"מ.    ג. 94 קווי חושך.    ד. 573 פסי מקסימום.  
 (24) א. 5 מ"מ.    ב.  $\lambda = 694$     ג.  $3\lambda$     ד.  $4.5\lambda$     ה. ראה סרטון.  
 (25) א. 649 נ"מ.    ב. 13 ס"מ.    ג. 34.3 ס"מ.    ד. 27 קוויס.    ה. 31 קוויס.  
 (26) א.  $282 \frac{\text{haritsim}}{\text{cm}}$     ב.  $18.1^\circ$



- (27) א. 0.188 מ'.    ב.  $10.9^\circ$     ג. הוכחה.  
 (28) א. 6.7 מ"מ.    ב. 3.35 מ"מ.  
 (29) א. 0.265 מ"מ.    ב. 1,000 קווי צומת בתבנית.  
 ג. האור ינוע בקווים ישרים ולא מבצע עקיפה.  
 (30) ב'.  
 (31) ג'.  
 (32) ה.  
 (33) ו'.  
 (34) ה.  
 (35) ג'.  
 (36) א'.  
 (37) א'.