

# פיזיקה 2 חשמל 4910610

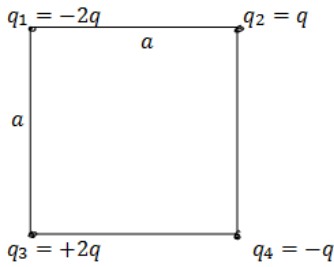
פרק 4 - חוק קולון

תוכן העניינים

1. חוק קולון וסופרפוזיציה.....1
2. התפלגות מטען רציפה.....3

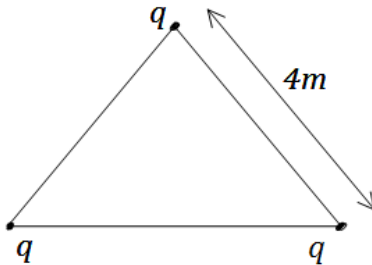
## חוק קולון וסופרפוזיציה:

### שאלות:



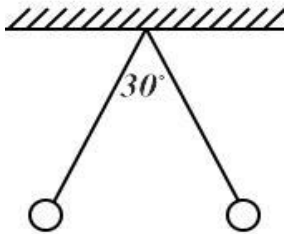
#### (1) מטען בפינת ריבוע

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



#### (2) 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.

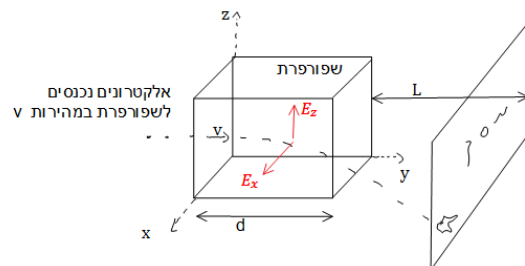


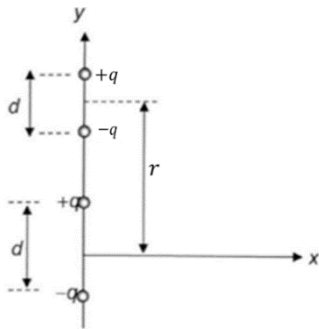
#### (3) שני כדורים תלויים

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

#### (4) שפופרת טלויזיה

אלקטרונים נכנסים לשפופרת במהירות  $V$  נתונה. בשפופרת יש שדה קבוע בשני הכיוונים הניצבים למהירות כניסת האלקטרונים. אורך השפופרת הוא  $d$ . חשב את נקודת הפגיעה של האלקטרונים במסך הנמצא במרחק  $L$  מקצה השפופרת. הנח כי  $d \ll L$  וכי מסת ומטען האלקטרון ידועים.





**5) דיפול מפעיל כוח על דיפול**

דיפול חשמלי מורכב משני מטענים נקודתיים  $\pm q$

הנמצאים בנקודות  $\left(0, \pm \frac{d}{2}\right)$  (ראו איור).

א. חשבו את השדה החשמלי שיוצר הדיפול בנקודה  $(y, 0)$  שעל ציר ה- $y$ .

ב. השתמשו בתוצאת הסעיף הקודם וחשבו את הכוח שמפעיל הדיפול הני"ל על דיפול נוסף שמטעניו גם כן  $\pm q$  המרוחקים זה מזה

מרחק  $d$  (המצוי על ציר ה- $y$  גם כן) ואשר מרכזו

במרחק  $r$  ממרכז הדיפול הראשון. הניחו ש- $r > d$ .

ג. למה תצטמצם תשובתכם לסעיף קודם עבור  $r \gg d$  ?\*

הדרכה: השתמשו בפיתוח לטור טיילור (או מקלורן) של פונקציית

החזקה:  $(1+x)^n \approx 1+nx + \frac{n(n-1)}{2}x^2 \dots +$

**תשובות סופיות:**

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

(2)  $3.897 \cdot 10^{-3} \text{ N}$

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

(4)  $z \approx \frac{|e|E_z d \cdot L}{mv^2}, \frac{|e|E_x d \cdot L}{mv^2}$

(5) א.  $\vec{E}(y) = kq \left[ \frac{1}{\left(y - \frac{d}{2}\right)^2} - \frac{1}{\left(y + \frac{d}{2}\right)^2} \right] \hat{y}$

ב.  $\vec{F} = kq^2 \left[ \frac{2}{r^2} - \frac{1}{(r+d)^2} - \frac{1}{(r-d)^2} \right] \hat{y}$

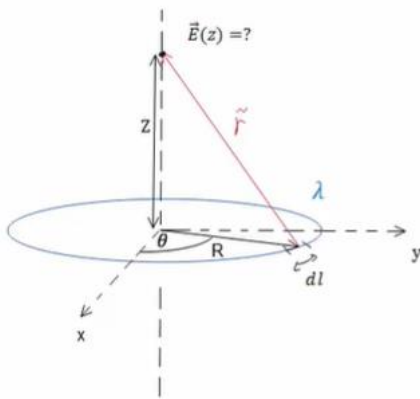
ג.  $\vec{F} = -\frac{6d^2 kq^2}{r^4} \hat{y}$

## התפלגות מטען רציפה:

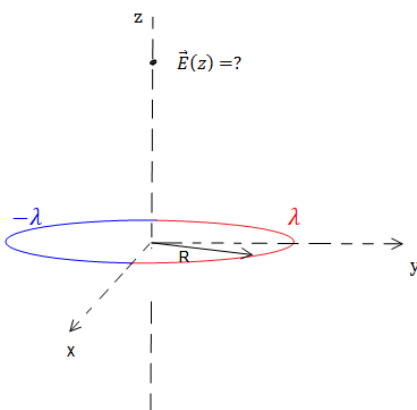
### שאלות:



- (1) **התפלגות מטען רציפה-תיל מכופף**  
 תיל אינסופי הטעון בצפיפות מטען ליחי' אורך  $\lambda$  מכופף לחצי מעגל בעל רדיוס  $R$ . מצא את השדה במרכז חצי המעגל.



- (2) **שדה של טבעת ודיסקה**  
 נתונה טבעת בעלת רדיוס  $R$  וצפיפות מטען ליחידת אורך  $\lambda$ .  
 א. חשב את השדה של טבעת ברדיוס  $R$  הטעונה בצפיפות מטען ליחידת האורך  $\lambda$  לאורך ציר הסימטריה של הטבעת.  
 ב. חשב את השדה החשמלי של דיסקה ברדיוס  $R$  הטעונה בצפיפות מטען  $\sigma$  לאורך ציר הסימטריה של הדיסקה.



- (3) **טבעת חצי חצי**  
 נתונה טבעת בעלת רדיוס  $R$ . חציה האחד של הטבעת טעון בצפיפות מטען  $\lambda$  וחציה השני טעון בצפיפות  $-\lambda$ . מצא את השדה לאורך ציר הסימטריה של הטבעת.



- (4) **שדה של גליל מלא**  
 גליל מלא בעל רדיוס  $R$  וגובה  $H$  טעון בצפיפות מטען אחידה ליחידת נפח  $\rho$ . מצא את השדה לאורך ציר הסימטריה של הגליל (בתוך ומחוץ לגליל).

**(5) טבעת עם צפיפות לא אחידה**

טבעת ברדיוס R טעונה בצפיפות מטען משתנה התלויה בזווית עם ציר ה-x.

$$\lambda(\theta) = \lambda_0 \sin \theta$$

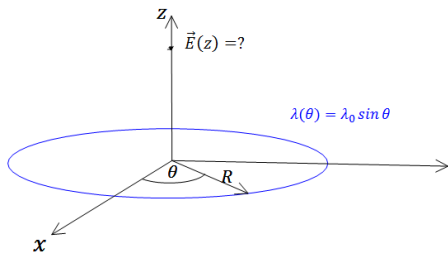
$\lambda_0$ , R קבועים נתונים.

א. מהו סך המטען על הטבעת?

ב. מצא את השדה החשמלי בכל נקודה על ציר הסימטריה של הטבעת (גודל וכיוון).

ג. מצא מהו השדה החשמלי עבור  $z \gg R$ .

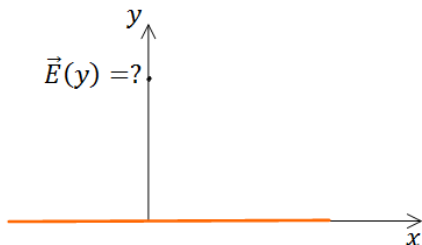
איזה שדה מאפיין מתקבל? ומדוע? (סעיף זה קשור לנושא של דיפולים).



**(6) שדה של תיל סופי**

תיל סופי באורך L טעון במטען כולל Q המפולג בצורה אחידה.

חשב את השדה החשמלי לאורך ציר המאונך לתיל והעובר במרכזו.



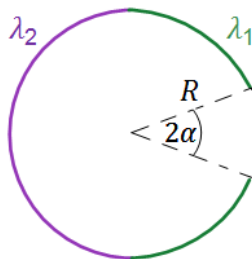
**(7) שדה של טבעת עם חלק חסר**

במערכת הבאה ישנה טבעת ברדיוס R שחציה הימני טעון בצפיפות מטען  $\lambda_1$  וחציה השמאלי טעון

בצפיפות מטען  $\lambda_2$ .

לחציה הימני חסר חלק באורך קשת הנשען מול הזווית  $2\alpha$ .

מצא את השדה במרכז הטבעת.



**(8) כוח של מוט על מוט**

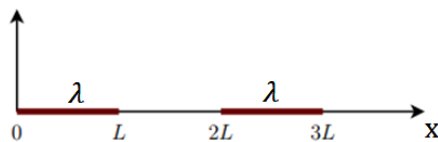
שני מוטות בעלי אורך L טעונים

בצפיפות מטען אחידה ליחידת אורך  $\lambda$ .

שני המוטות מונחים על ציר ה-x

כפי שנראה בציור.

מצא את הכוחות שמפעילים המוטות אחד על השני.



**(9) כוח של מוט על דסקה**

במערכת הבאה ישנה דסקה (מלאה) ברדיוס  $R$  הטעונה בצפיפות מטען אחידה ליחידת שטח  $\sigma$ . מוט באורך  $L$  מונח לאורך ציר הסימטריה של הדסקה ובגובה  $d$  מעל מרכזה (ראה איור). המוט טעון בצפיפות מטען אחידה ליחידת אורך  $\lambda$ . מצא מה הכוח שמפעיל המוט על הדסקה.

**(10) חרוט קטום\*\***

מטען  $q$  נמצא בקודקודו של משטח בצורת חרוט בעל חצי זווית מפתח השווה ל- $\theta$  ואורך הקו היוצר הוא  $l$  (ראו איור). החרוט טעון בצפיפות מטען אחידה ליחידת שטח  $\sigma$ .

א. האם ניתן לחשב את הכוח על המטען אם המטען נמצא ממש בקצה החרוט?

ב. חשבו את הכוח הפועל על המטען מהחרוט. (הדרכה: השתמש בסופרפוזיציה של טבעות, השטח של טבעת אינפיניטסימלית בעובי  $dr$  הנמצאת במרחק  $r$  מקודקוד החרוט הוא:  $dS = 2\pi r \sin \theta dr$  בקואורדינטות כדוריות).

ג. עבור איזו זווית  $\theta$  הכוח מקסימאלי? מה קורה כאשר:  $\theta = \frac{\pi}{2}$ ?

## תשובות סופיות:

(1) 0

$$2\pi k\sigma z \left( \frac{1}{z} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + z^2}} \right) \quad \text{ב.}$$

$$\frac{k\lambda R\pi z}{(R^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \begin{cases} \hat{z} & z > 0 \\ -\hat{z} & z < 0 \end{cases} \quad \text{א. (2)}$$

$$2 \cdot \frac{-k\lambda R^2 2}{(R^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \quad \text{(3)}$$

$$2\pi\sigma k \quad \text{(4)}$$

$$-\frac{k\pi\lambda_0 R^2}{z^3} \quad \text{ג.} \quad \text{א. 0} \quad \text{ב.} \quad -\frac{k\pi\lambda_0 R^2}{(R^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \quad \text{(5)}$$

$$\frac{kQ}{y \left( \left( \frac{L}{2} \right)^2 + y^2 \right)^{\frac{1}{2}}} \quad \text{(6)}$$

$$\frac{k}{R} [\lambda_1 (2 \sin \alpha - 2) + \lambda_2 \cdot 2] \quad \text{(7)}$$

$$kx^2 \ln \left| \frac{4}{3} \right| \quad \text{(8)}$$

$$2\pi k\sigma\lambda \left[ L - \left( \sqrt{R^2 + (L+d)^2} \right) - \sqrt{R^2 + d^2} \right] \quad \text{(9)}$$

(10) א. לא, כי המרחק בין המטען למטענים בקודקוק הוא אפס ואי אפשר לחשב

כוח כאשר המרחק הוא אפס. ב.  $\vec{F} = q\pi\sigma k \sin(2\theta) \ln 2 \cdot \hat{z}$

ג. החרוט הקטום הופך לדיסקה עם חור והשדה במרכז מתאפס.