

פיזיקה ב

פרק 2 - חוק קולון והשדה החשמלי

תוכן העניינים

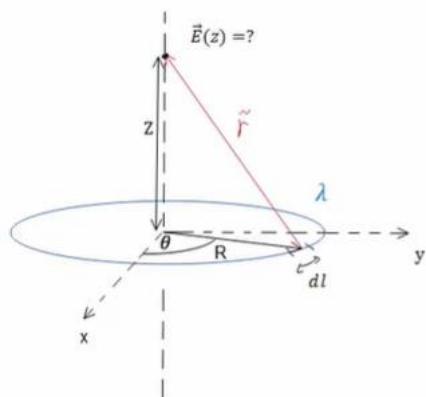
- | | |
|---------|------------------------|
| 1 | התפלגות מטען רציפה |
| 5 | חוק קולון וסופרפוזיציה |

התפלגות מטען רציפה:

שאלות:

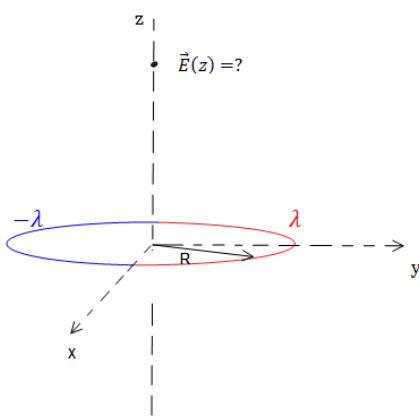


- 1) התפלגות מטען רציפה-תיל מכופף**
 תיל אינסופי הטוען בצפיפות מטען
 ליח' אורך λ מכופף לחצי מעגל
 בעל רדיוס R .
 מצא את השدة במרכז חצי המעגל.

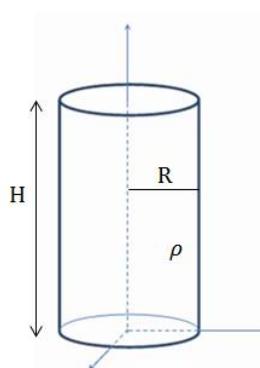


- 2) שדה של טבעת וdiska**
 נתונה טבעת בעלת רדיוס R וצפיפות מטען
 ליחידת אורך λ .

- א. חשב את השدة של טבעת ברדיוס R
 הטוענה בצפיפות מטען ליחידת
 אורך λ לאורך ציר הסימטריה של
 הטעבה.
 ב. חשב את השدة החשמלי של דיסקה
 ברדיוס R הטוענה בצפיפות מטען σ
 לאורך ציר הסימטריה של הדיסקה.



- 3) טבעת חצי חצי**
 נתונה טבעת בעלת רדיוס R .
 חצייה האחד של הטעבה טוען בצפיפות
 מטען λ וחצייה השני טוען בצפיפות $-\lambda$.
 מצא את השدة לאורך ציר הסימטריה
 של הטעבה.



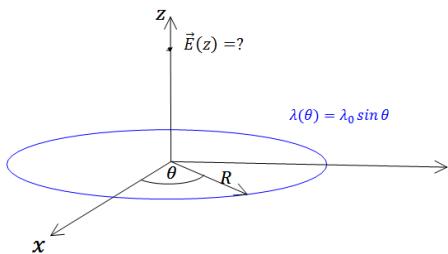
- 4) שדה של גליל מלא**
 גליל מלא בעל רדיוס R וגובה H טוען בצפיפות מטען
 אחידה ליחידת נפח ρ .
 מצא את השدة לאורך ציר הסימטריה של הגליל
 (בתוך ומחוץ לגליל).

5) טבעת עם צפיפות לא אחידה

טבעת ברדיוס R טעונה בצפיפות מטען משתנה תלוי בזווית עם ציר $-x$.

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

, λ_0 קבועים נתוניים.



א. מהו סך המטען על הטבעת?

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

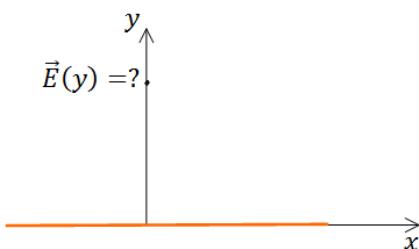
ג. מצא מהו השדה החשמלי מעור $R \gg z$.

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

6) שדה של תיל סופי

תיל סופי באורך L טוען בטען כולל Q המפולג בצורה אחידה.

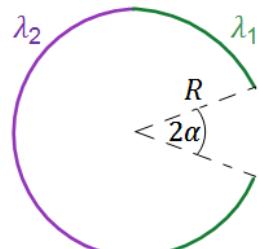
חשב את השدة החשמלי לאורץ ציר המאונך לתיל והעובר במרכזו.

**7) שדה של טבעת עם חלק חסר**

במערכת הבאה ישנה טבעת ברדיוס R שהחצי הימני טוען בצפיפות מטען λ_1 וחצייה השמאלי טוען בצפיפות מטען λ_2 .

לחצייה הימני חסר חלק באורך קשת הנשען מול הזווית 2α .

מצא את השדה במרכז הטבעת.

**8) כוח של מוט על מוט**

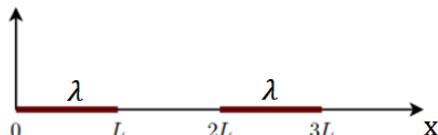
שני מוטות בעלי אורץ L טעוניים

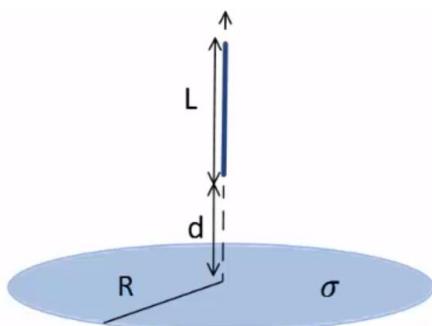
בצפיפות מטען אחידה ליחידה אורץ λ .

שני המוטות מונחים על ציר $-x$

כפי שנראה בציור.

מצא את הכוחות שפעילים המוטות אחד על השני.



**9) כוח של מוט על דסקה**

במערכת הבאה ישנה דסקה (מלאה) ברדיוס R הטוענה בצפיפות מטען איחידה ליחידת שטח σ . מוט באורך L מונח לאורך ציר הסימטריה של הדסקה וגובה d מעל מרכזה (ראה איור). המוט טוען בצפיפות מטען איחידה ליחידת אורך λ . מצא מה הכוח שפעיל המוט על הדסקה.

10) חרוט קטום**

מטען q נמצא בקודקודו של משטח בצורת חרוט בעל חצי זווית מפתח השווה θ ואורך הקו היוצר הוא l (ראו איור). החרוט טוען בצפיפות מטען איחידה ליחידת שטח σ . אם ניתן לחשב את הכוח על המטען אם המטען נמצא ממש בקצה החרוט?

cut מסירים את חצי העליון של החרוט כך שנשאר חרוט קטום.

ב. חשבו את הכוח הפועל על המטען מהחרוט.

(הדריכה: השתמש בסופרפוזיציה של טבעות, המשטח של טבעת אינפיניטיסימלית בעובי dr הנמצאת במרחב r מקודקוד החרוט הוא: $dS = 2\pi r \sin \theta dr$ בקורסיניות כדוריות).

ג. עבור איזו זווית θ הכוח מקסימלי? מה קורה כאשר: $\theta = ?$

תשובות סופיות:

0 (1)

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

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

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

2\pi\sigma k \quad (4)

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

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

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

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

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

(10) א. כי המרחק בין המטען למטען בקדוק הוא אפס ואי אפשר לחשב

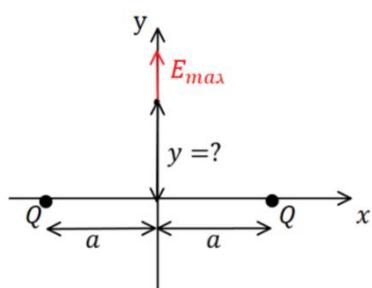
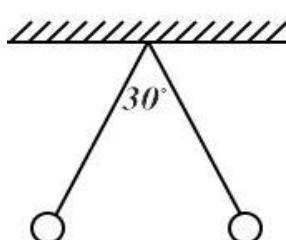
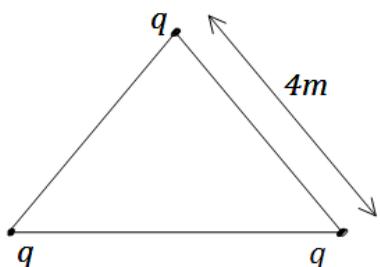
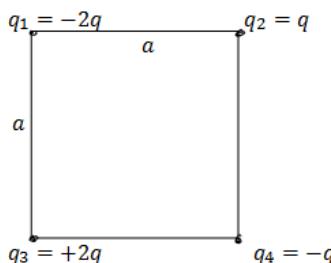
. כוח כאשר המרחק הוא אפס.

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

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

חוק קולון וסופרפוזיציה:

שאלות:



1) מטען בפינת ריבוע

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

2) מטענים בקודקודיו משולש

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

מצא את הכוח שמרגיש כל מטען כתוצאה
מהמטענים האחרים.

3) שני כדורים תלויים

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

4) שדה מקסימלי בין שני מטענים

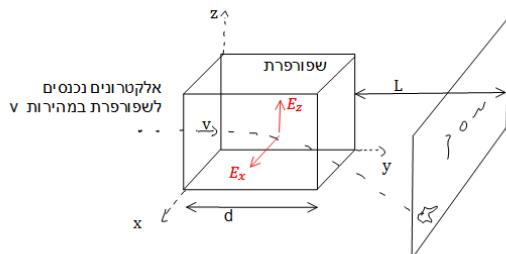
שני מטענים בעלי מטען Q נמצאים על ציר ה- x בנקודות $(0, a)$ ו- $(0, -a)$.
א. מצאו את הנקודה על ציר ה- y כלומר $(y, 0)$ שבה השدة החשמלי
מקסימלי.

ב. מה גודל השدة בנקודה זו?

ג. באיזה נקודה השדה מקסימלי בציר ה- x ?

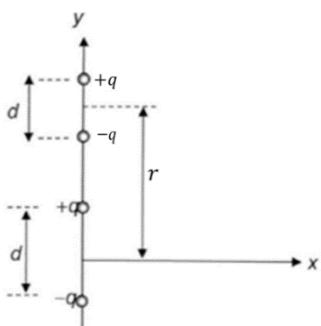
5) שפופרת תלוייה

אלקטטרוניים נכנסים לשפופרת ב מהירות v נתונה. בשפופרת יש שדה קבוע בשני הכוונים הניצבים ל מהירות כניסה האלקטרוניים. אורך השפופרת הוא L . חשב את נקודת הפגיעה של האלקטרוניים בمسך הנמצא במרחק L מקצת השפופרת. הנה כי $L > p$ וכי מסת ומטען האלקטרון ידועים.

**6) דיפול מפעיל כוח על דיפול**

דיפול חשמלי מרכיב משני מטענים נקודתיים $\pm q$

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



א. חשבו את השדה החשמלי שיוצר הדיפול

בנקודה $(0, y, 0)$ שעלה ציר ה- y .

ב. השתמשו בתוצאות הסעיף הקודם וחשבו את

הכוח שמאפיין הדיפול הניל על דיפול נוסף

שטען גם $\pm q$ המרחקים זה מזה

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

במרחק r ממרכז הדיפול הראשון. הניחו $-d < r$.

ג. למה תצטמצם תשובהכם לסעיף קודם עבור $d > r$?

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

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

תשובות סופיות:

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

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

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

$$\frac{1}{\sqrt{2}} a \cdot \lambda \quad \frac{4kQ}{\sqrt{27}a^2} \cdot \nu \quad \frac{1}{\sqrt{2}} a \cdot \lambda \quad (4)$$

$$z \approx \frac{|e| E_z d \cdot L}{mv^2}, \quad \frac{|e| E_x d \cdot L}{mv^2} \quad (5)$$

$$\vec{E}(y) = kq \left[\frac{1}{\left(y - \frac{d}{2}\right)^2} - \frac{1}{\left(y + \frac{d}{2}\right)^2} \right] \hat{y} \cdot \lambda \quad (6)$$

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

$$\vec{F} = -\frac{6d^2 k q^2}{r^4} \hat{y} \cdot \lambda$$