

## פיזיקה 2 חשמל

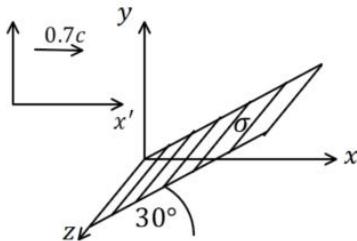
פרק 14 - שדות של מטענים נuis

תוכן העניינים

1.....  
1. הרצאות ותרגילים

## הרצאות ותרגילים:

### שאלות:



#### 1) דוגמה - מישור אינסופי בזווית

מישור דק וגדול מאוד טען בזיפיות מטען  $\sigma$ .

צלו אחת של המישור מקבילה לציר ה-z והצלע השנייה יוצרת זווית של 30 מעלות עם ציר ה-x. המישור נמצא במנוחה במערכת המעבדה. כופה נע במהירות  $0.7c$  בכיוון ציר ה-x ביחס למערכת המעבדה.

א. מצאו את הזווית של המישור כפי שמודד הzdope הנע.

ב. מצאו את צפיפות המטען במערכת של zdope הנע ע"י טרנספורמציה של המטען ממערכת המעבדה.

ג. מצאו את השدة החשמלי במערכת המעבדה, השתמשו בטרנספורמציה של השדה ומיצאו את השدة החשמלי במערכת zdope הנע.

ד. וודאו כי חוק גאוס מתקיים גם במערכת zdope שנע.

#### 2) דוגמה - חישוב השدة בנקודות ספציפיות

טען  $q$  נע במהירות קבועה  $c\beta$  ביחס למעבדה בכיוון החובי ולאורך ציר ה-x.

א. מהו השדה שמודד zdope הנמצא במערכת המטען במרחק  $a$  מהטען ובזווית  $\theta = 90^\circ$ ?

ב. מהו השדה באותה נקודה עבר zdope במעבדה?

וודאו כי השדות מקיימים את טרנספורמציות המעבר.

ג. מהו השדה שמודד zdope הנמצא במערכת המטען במרחק  $a$  מהטען ובזווית  $\theta = 0^\circ$ ?

ד. מהו השדה באותה נקודה עבר zdope במעבדה?

וודאו כי השדות מקיימים את טרנספורמציות המעבר.

#### 3) דוגמה - שדה של תיל אינסופי הנע במהירות קבועה

תיל אינסופי נע במהירות קבועה ביחס למערכת המעבדה ובכיוון מקביל לתיל.

התיל טען בזיפיות מטען  $g$  ליחידת אורך הנמדד במערכת המעבדה.

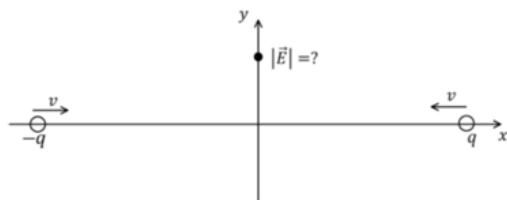
מצאו את השدة שיוצר התיל בכל המרחב על ידי סכימה על השדות שנוצרים מכל החרטוקות של התיל.

הראו כי התוצאה שקיבלתם מתבlishת עם חוק גאוס.

$$\text{לנוחיות: } \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{a^2} (x^2 + a^2)^{-3/2} dx =$$

**4) שני חלקיקים נעים אחד כלפי השני**

שני חלקיקים בעלי מטענים הפוכים  $q$  ו- $-q$  נעים זה לקרהת זה ב מהירות קבועה  $v$  ו- $v$ .



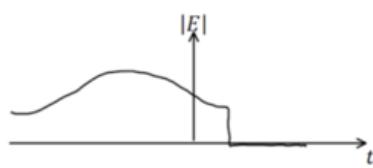
החלקיקים מתחילה את תנועתם בזמן  $t = -\infty$  ו- $t = \infty$ .

ברגע  $t = 0$  הם מגיעים לראשונה.

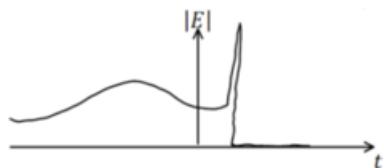
מתנגשים והופכים לחלקיק אחד ניטרלי.

איזה מהגרפים הבאים מתאר בצורה הטובה ביותר את גודל השדה החשמלי כתלות בזמן בנקודת המפגש?

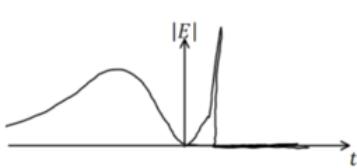
ב.



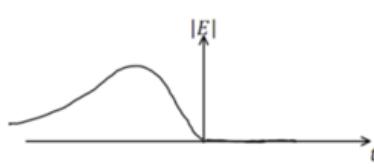
א.



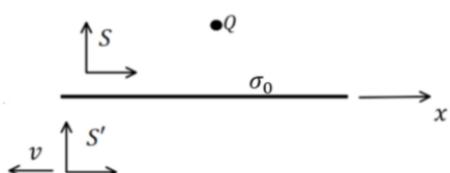
ד.



ג.

**5) דוגמה - טרנספורמציה של שדה ומוח**

טען  $Q$  נמצא קרוב לוח אינסופי הטוען בצפיפותטען יחידת שטח  $\sigma_0$  (במערכת העצמית של הלוח) ונמצא על מישור  $ax$ . המטען נמצא במנוחה במעבדה והלוח נע ב מהירות  $v$  בכיוון ציר  $hx$  השילילי.



א. מהו השדה החשמלי שיוצר הלוֹח במעבדה?

ומהו הכוח שמרגיש המטען?

ב. בצעו טרנספורמציה לכוח למערכת הלוֹח והראו כי במערכת הלוֹח

$$\text{מתקיים הקשר } \vec{E} = \frac{q}{\vec{r}}.$$

cutת הלוֹח עוצר ונמצא במנוחה במעבדה גם כן.

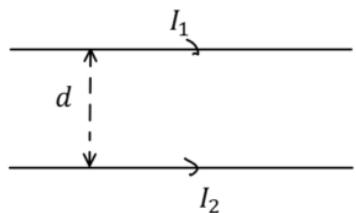
ג. מהו השדה החשמלי שיוצר הלוֹח במעבדה?

ומהו הכוח שמרגיש המטען?

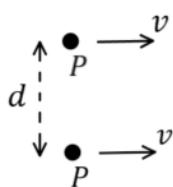
ד. בצעו טרנספורמציה לכוח ולשדה החשמלי אל מערכת הנע ב מהירות  $v$

בכיוון השילילי של ציר  $hx$  (אותה מערכת כמו בסעיף ב').

$$\text{הראו כי במערכת זו לא מתקיים הקשר } \vec{E} = \frac{q}{\vec{r}}.$$



- 6) דוגמה - כוח בין שני תיילים אינסופיים**  
 שני תיילים מקבילים נשאים זרמים  $I_1$  ו- $I_2$  באוטו הכיוון. המרחק בין התיילים הוא  $d$ .  
 מצאו את הכוח הפועל לייחิดת אורך על התiel התחתון (גודל וכיוון).



- 7) דוגמה - שני פרוטונים נעים במקביל**  
 שני פרוטונים נעים במקביל ב מהירות זהה  $v$ .  
 המרחק בין הפרוטונים הוא  $d$ .
- א. מצאו את השدة החשמלי שפעיל הפרוטון העליון באյור על התachelon.
  - ב. מצאו את הכוח שפועל על אותו פרוטון באמצעות טרנספורמציה של הכוח מערכות המנוחה של הפרוטונים והראו כי  $\vec{F} \neq \vec{F}$  במערכת המעבדה.
  - ג. הניחו שיש במערכת המעבדה שדה מגנטי לתוכה הד'  
 $\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$  במקומו של הפרוטון התachelon כך ש-  
 $\vec{F}$  מה צריך להיות גודלו של  $B$ ?

- 8) חוק שלישי של ניוטון**  
 מטען  $q$  נמצא במנוחה בראשית.  
 מטען  $Q$  נע ב מהירות קבועה  $\beta$  לאורך הקו  $d = y$ .
- א. מהו גודל הכוח כתלות ב- $\theta$  שפועל על  $Q$ ?
  - ב. מהו גודל הכוח כתלות ב- $\theta$  שפועל על  $q$ ?
- יש לחשב את הכוח באופן מפורש ולאחר מכן להשוות לחוק השלישי של ניוטון.
- אנחנו נראה בסרטון כי הכוחות לא שווים ונסביר את הקשר לחוק השלישי.

- 9) פרוטון ואלקטרון נעים במקביל**  
 פרוטון ואלקטרון נעים במקביל ובכיוון מנוגדים במערכת המעבדה.  
 המרחק המינימלי ביניהם הוא:  $m \cdot 10^{-10} = d = 50 = \gamma_e = \gamma_p$ .
- א. מצאו את הערך המקסימאלי של השدة החשמלי הפועל על הפרוטון במערכת שלו.
  - ב. מצאו בקירוב, במשך כמה זמן השדה גודל מחצי מהערך המקסימאלי במערכת הפרוטון?  
 הניחו שימוש Zeit  $t$  קצר מאוד ולכן המרחק שעובר האלקטרון בזמן זה קטן מאד ביחס ל- $d$ .

**תשובות סופיות:**

$$\sigma' = 1.26\sigma \quad \theta' = 38.9^\circ \quad \text{א. נ.} \quad (1)$$

$$\text{ד. הוכחה.} \quad E_x = \frac{\sigma}{4\epsilon_0}, \quad E_y = -\frac{\sqrt{3}}{4} \frac{\sigma}{\epsilon_0}, \quad E_x' = \frac{\sigma}{4\epsilon_0}, \quad E_y' = -0.606 \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$\vec{E}' = \frac{kq}{a^2} \hat{x} \quad \vec{E} = \frac{kq}{a^2} \hat{x} \quad \vec{E}' = \frac{kq}{a^2} 8\hat{y} \quad \vec{E} = \frac{kq}{a^2} \hat{y} \quad \text{ב. נ.} \quad (2)$$

$$\vec{E} = \frac{2k\lambda}{r} \hat{r} \quad (3)$$

ד'. (4)

$$\text{ב. הוכחה.} \quad \vec{E} = \frac{8\sigma_0}{2\epsilon_0} \hat{y}, \quad \vec{F} = \frac{8Q\sigma_0}{2\epsilon_0} \hat{y} \quad \text{א.} \quad (5)$$

$$\text{ד. הוכחה.} \quad \vec{E} = \frac{\sigma_0}{2\epsilon_0} \hat{y}, \quad \vec{F} = \frac{Q\sigma_0}{2\epsilon_0} \hat{y} \quad \text{א.}$$

$$\frac{dF}{dl} = \frac{I_1 I_2}{2\pi\epsilon_0 C^2 d} \quad (6)$$

$$B = \frac{ke\beta 8}{Cd^2} \quad \vec{F}_\perp = \frac{ke^2}{8d^2} (-\hat{y}) \quad \text{ב.} \quad \vec{E} = -\frac{8k|e|}{d^2} \hat{y} \quad \text{א.} \quad (7)$$

$$\frac{kQq(1-\beta^2)\sin^2\theta}{d^2(1-\beta\sin^2\theta)^{\frac{3}{2}}} \quad \text{ב.} \quad \frac{kqQ}{d^2}\sin^2\theta \quad \text{א.} \quad (8)$$

$$1\mu\text{sec.} \quad \text{ב.} \quad 7.2 \cdot 10^{14} \frac{\text{V}}{\text{m}} \quad \text{א.} \quad (9)$$