

פיזיקה 2 לפיזיקאים

פרק 5 - דיפול צפוני

תוכן העניינים

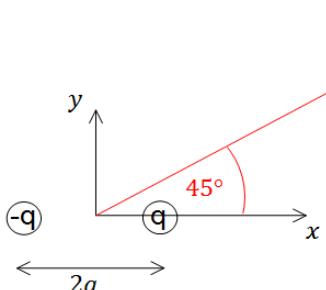
- 1.....
1. הכל על דיפול

הכל על דיפול:

שאלות:

1) תרגיל ופיתוח הנוסחה של דיפול מהשדה

שני מטענים בעלי מטען q ו- $-q$ ממוקמים $x = -a$ ו- $x = a$.



א. חשב את הכוח הפועל על מטען $Q(x, y, 0)$ שלישי Q הנמצא בנקודה $(x, y, 0)$.

ב. הנח שמרחק המטען מהרראשית גדול בהרבה מהמרחק בין המטענים והזווית של וקטור מיקום המטען עם ציר $-x$ הוא 45° . השתמש בתשובה של סעיף א' ובקירובים וחשב מה הכוח הפועל על המטען.

ג. חשב את וקטור מומנט הדיפול שיוצרים המטענים.

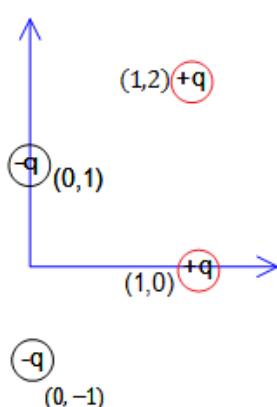
ד. חשב שוב את הכוח הפועל על המטען, הפעם השתמש בנוסחה של שדה של דיפול ורראה כי התשובה זהה לתשובה של סעיף ב'.

2) דיפול בראשית מזיז אלקטרון

נתון דיפול $\vec{p} = (p, 0, 0)$ הנמצא בראשית.

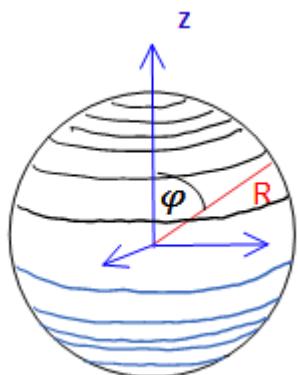
א. מצא את הגודל p כך שאלקטרון הממוקם בנקודה $(a, 0, 0)$ עם מהירות $(v, 0, 0)$ ייעצר בנקודה $(b, 0, 0)$.

ב. מצא את הגודל p כך שאלקטרון הממוקם בנקודה $(a, -\sqrt{2}a, 0)$ עם מהירות $(0, v, 0)$ יבצע תנועה מעגלית.

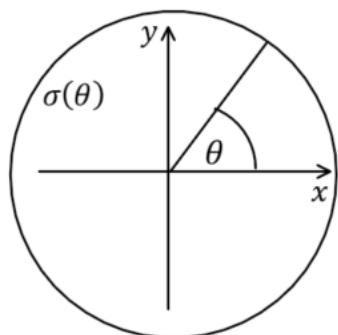


3) מציאת מומנט דיפול של מערכת

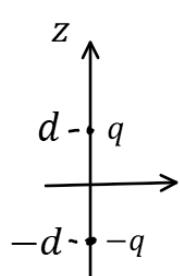
מציאת מומנט הדיפול החסמי של התפלגות המטענים המתוארת בציור.



- 4) מציאת מומנט דיפול של מערכת**
 (באוטו השרטו כmo השאלה הקודמת)
 מצא את מומנט הדיפול של קליפה כדורית הטוענה
 בצפיפות מתუן משטחית לא אחידה $\sigma = \sigma_0 \cos \varphi$
 כאשר σ_0 קבוע נתון ו- φ היא הזווית עם ציר ה-z.



- 5) דיסקה עם התפלגות מתუן שטוחה בזווית**
 דיסקה מלאה בעלת רדיוס R טוענה בצפיפות מתუן
 ליחידת שטח (θ) σ .
 מצא את השدة החסמי במרחק z מעלה מרכז
 הדיסקה בגבול בו $R \gg z$:
 א. במקרה בו $\sigma(\theta) = \sigma_0 \sin(\theta)$.
 ב. במקרה בו $\sigma(\theta) = \sigma_0 \sin(2\theta)$ רק עד
 הסדר של הדיפול.



- 6) חישוב שגיאה**
 מטען q נמצא ב- $(0, 0, d)$ ומטען $-q$ נמצא ב- $(0, 0, -d)$.
 א. חשב את הפוטנציאל המדויק בנקודה כלשהיא על
 ציר z.
 ב. מהו הערך המינימלי של z כך שהקירוב של
 הפוטנציאל של דיפול לא יסטה יותר מ אחוז אחד
 מהפוטנציאל האמיתי?
 ג. מהו הערך המינימלי של z כך שהקירוב של השدة
 של דיפול לא יסטה יותר מ אחוז אחד מהשدة האמיתי?

- 7) מטען נקודתי ודיפול (כולל אנרגיה וכוח)**
 דיפול חסמי בעל מומנט דיפול \vec{p} נמצא במקומות \vec{r} .
 מטען נקודתי q נמצא בראשית. התייחס ל- q , \vec{p} ו- \vec{r} כנתונים.
 א. חשב את מומנט הכוח שפועל על הדיפול.
 ב. חשב את האנרגיה של הדיפול.
 ג. הראה כי הכוח הפועל על הדיפול הוא :

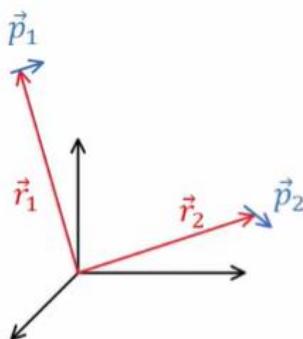
$$\vec{F} = \frac{k(\vec{p} \cdot \vec{r}^2 - (\vec{p} \cdot \vec{r}) \cdot \vec{r})}{r^5}$$

8) אנרגיית דיפול-דיפול

דיפול \vec{p}_1 ממוקם ב- \vec{r}_1 ודיפול \vec{p}_2 ממוקם ב- \vec{r}_2 .

א. הראה שהאנרגיה של \vec{p}_2 בשדה של \vec{p}_1 היא:

$$\cdot \tilde{\vec{r}} = \frac{\tilde{\vec{r}}}{\tilde{r}} \text{ ו- } \tilde{r} = |\tilde{\vec{r}}|, \quad \tilde{\vec{r}} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 \quad \text{כasher } U = \frac{k}{\tilde{r}^3} \left[\vec{p}_1 \cdot \vec{p}_2 - 3(\vec{p}_1 \cdot \tilde{\vec{r}})(\vec{p}_2 \cdot \tilde{\vec{r}}) \right]$$



ב. אנרגיה זו היא בעצם אנרגיה של מערכת דיפול-דיפול, הראה שאם היינו מחשבים את האנרגיה של \vec{p}_1 בשדה של \vec{p}_2 היינו מקבלים תוצאה זהה.

ג. מצא את הכוח הפועל על \vec{p}_2 והכוח על \vec{p}_1 .

ד. מה שווה הכוח על \vec{p}_2 במקרה ש- \vec{p}_2 מקביל ל- \vec{r}_1 ומקביל ל- $\tilde{\vec{r}}$? ומה הכוח אם \vec{p}_2 מקביל ל- \vec{p}_1 ומאונך ל- $\tilde{\vec{r}}$.

תשובות סופיות:

$$\vec{E} = kq \left[\left(\frac{x-a}{\left((x-a)^2 + y^2 \right)^{\frac{3}{2}}} - \frac{x+a}{\left((x+a)^2 + y^2 \right)^{\frac{3}{2}}} \right) \hat{x} + \left(\frac{y}{\left((x-a)^2 + y^2 \right)} - \frac{y}{\left((x+a)^2 + y^2 \right)} \right) \hat{y} \right]. \text{א. } \mathbf{(1)}$$

ד. שאלת הוכחה.

$$q2a\hat{x}$$

$$\frac{kq}{r^3}(a\hat{x} + 3ay\hat{y})$$

$$|e| \frac{K\sqrt{2}p}{3\sqrt{3}a^3}$$

$$\rho = \frac{mv^2}{2e^k} \left(\frac{a^2b^2}{b^2-a^2} \right)$$

ב. 0

$$\left(0, 0, \frac{4}{3}\sigma_0 R^3 2\pi \right) \quad \mathbf{(4)}$$

$$0 \text{. ב.}$$

$$-\frac{k\pi r_0 R^3 \hat{y}}{3z^3} \text{. א. } \mathbf{(5)}$$

$$z_{\min} \approx 14.14d \text{ . ג.}$$

$$z_{\min} = 10d \text{ . ב.}$$

$$\varphi(q) = \frac{kq2d}{z^2-d^2} \text{ . א. } \mathbf{(6)}$$

$$\text{ג. שאלת הוכחה}$$

$$-\frac{kq}{r^3}(\vec{p} \cdot \vec{r})$$

$$\frac{kq}{r^3}(\vec{p} \cdot \vec{r}) \text{ . א. } \mathbf{(7)}$$

ב. שאלת הוכחה

א. שאלת הוכחה

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \quad , \quad \vec{F}_2 = \frac{3k}{\tilde{r}^4} \left[\vec{p}_1 \cdot \vec{p}_2 \cdot \hat{\tilde{r}} + (\vec{p}_2 \cdot \hat{\tilde{r}}) \cdot \vec{p}_1 + (\vec{p}_1 \cdot \hat{\tilde{r}}) \vec{p}_2 - 5(\vec{p}_1 \cdot \hat{\tilde{r}})(\vec{p}_2 \cdot \hat{\tilde{r}})\hat{\tilde{r}} \right] \text{ . ג.}$$

$$\vec{F}_2 = -\frac{3K}{\tilde{r}^4} p_1 p_2 \hat{\tilde{r}} \quad : \vec{p}_1 \parallel \vec{p}_2 \perp \vec{r} \quad , \quad \vec{F}_2 = -\frac{6K}{\tilde{r}^4} p_1 p_2 \hat{\tilde{r}} \quad : \vec{p}_1 \parallel \vec{p}_2 \parallel \vec{r} \text{ . ט}$$