

חשמל ומגנטיות

עפ"י חלומה

16 במרץ 2009

תוכן עניינים

| | | |
|----|-----|---------------------|
| 5 | 1 | הרצאה מס.1 |
| 6 | 1.1 | חוק קולון |
| 7 | 1.2 | עיקרון הסופרפוזיציה |
| 7 | 1.3 | דיפולים |
| 8 | 1.4 | צפיפות המטען |
| 11 | 2 | הרצאה מס.2 |
| 13 | 2.1 | משפט גאוס |

פרק 1

הרצאה מס.1

היכרות:

- ראם סרי(בנין קפלן) (פרטים בשבוע הבא)
 - נצב כ"א(אני) בנין קפלן חדר 3 84133 katzn@phys.huji.ac.il
 - שעות קבלה: יום ה' 8:00 - 10:00
- נא להתעדכן באתר הקורס במערכת ינשוף לגבי נהלים (תרגילים בוחן, אמצע)
כל שבוע יש תרגיל להגיש בשבוע שאחריו. כל תרגיל הוא נקודה אחד, צריך להגיש 10 תרגילים.
בוחן אמצע יהיה מגן 20 אחוזים.
נושאי הקורס:
- אלקטרו סטטיקה:
 - חוק קולון
 - שדה חשמלי ופוטנציאל
 - בחומר גם
 - מעגלי זרם ישר
 - אלקטרו מגנטיות:
 - שדה מגנטי (יחסות + אלקטרו סטטיקה)
 - השראה אלקטרו מגנטית
 - מעגלי RLC (נגדים, סלילים, קבלים)
 - מגנטיות בחומר
 - מקסוול וקצת גלים א"מ
- היום נטפל בחוק קולון ושדה חשמלי ופוטנציאל
רואים כי הכת האלקטרו מגנטי הוא הרבה יותר חזק מהגרביטציה שהיא הכת הדומיננטי בחיי יום שלנו.
עובדות על א"מ:
1. ישנם שני שוגים מטענים זהים דוחים, שונים מושכים ("חיובי" ו-"שלילי")

| טוח(מטרים) | אופי במרחקים גדולים | חוזק יחסי | |
|------------|---------------------------|-----------|--------------|
| 10^{-15} | 1 | 10^{38} | גרעיני חזק |
| ∞ | $\frac{1}{r^2}$ | 10^{36} | אלקטרו מגנטי |
| 10^{-18} | $\frac{e^{-\alpha r}}{r}$ | 10^{25} | גרעיני חלש |
| ∞ | $\frac{1}{r^2}$ | 1 | גרביטציה |

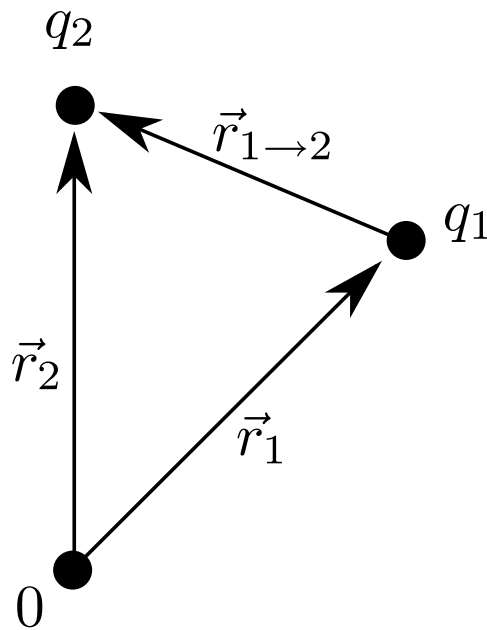
טבלה 1.1: השוואה בין כוחות הטבע

2. קוונטיזציה של המטען.

3. שימור מטען(במערכת סגורה) (יחסות: - לא מפרה שימור)

4. חוק קולון

1.1 חוק קולון



איור 1.1: מקרה פשוט של חוק קולון

$$\vec{F}_2 = \frac{kq_1q_2\hat{r}_{1\rightarrow 2}}{r_{1\rightarrow 2}^2}$$

$$\vec{F}_1 = -F_2$$

כאשר $\vec{r}_{1\rightarrow 2} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$, $r = |\vec{r}_2 - \vec{r}_1|$, $\hat{r}_{1\rightarrow 2} = \frac{\vec{r}_{1\rightarrow 2}}{r_{1\rightarrow 2}}$ הוא קבוע שערכו ביחידות $mk s$ היא $9 \cdot 10^{-19} [c]$ כאשר $[c]$ היא יחידת המטען שקוראים לה קולון. מטען של אלקטרון $q_e \approx 1.6 \cdot 10^{-16}$

ביחידות cgs מקבלים: $k = 1, q_e = 4.8 \cdot 10^{-10} [statC]$

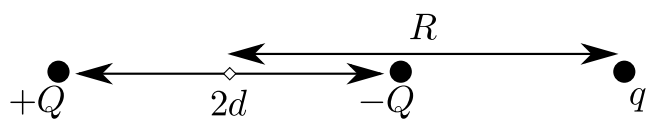
$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \underbrace{[]}_{\text{יחידות מתאימות}}, k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

1.2 עיקרון הסופרפוזיציה

$$\vec{F}_0 = \sum_{j=1}^N \frac{kq_j q_0}{r_{j \rightarrow 0}^2} \hat{r}_{j \rightarrow 0}$$

1.3 דיפולים

זוג מטענים (דיפול) מהו הכח עם מטען שלישי (כשהוא על הציר)?

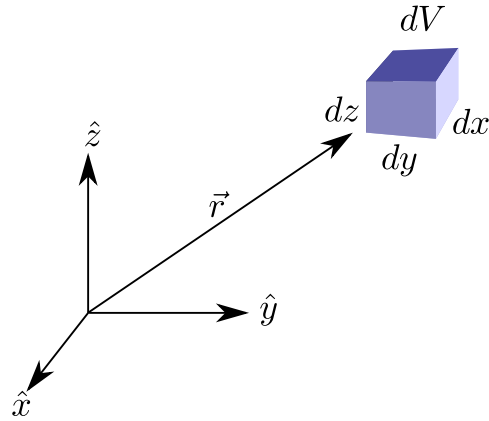


איור 1.2: דיפול עם מטען q רחוק

$$\begin{aligned} \vec{F}_q &= \frac{kQq}{(R+d)^2} - \frac{KQq}{(R-d)^2} \\ &= kQq \left(\frac{1}{(R+d)^2} - \frac{1}{(R-d)^2} \right) \\ &= \frac{KQq}{R^2} \left(\frac{1}{1 + \frac{2d}{R} + \frac{d^2}{R^2}} - \frac{1}{1 - \frac{2d}{R} + \frac{d^2}{R^2}} \right) \\ &\approx \frac{kQq}{R^2} \left(\frac{1}{1 + \frac{2d}{R}} - \frac{1}{1 - \frac{2d}{R}} \right) \\ &\approx \frac{K(-4dQ)q}{R^3} \end{aligned}$$

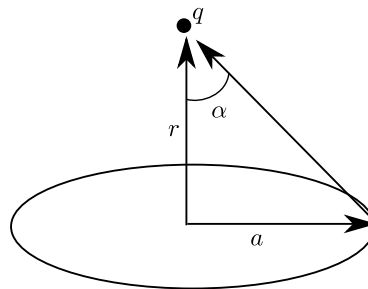
$\frac{1}{1 \pm \epsilon} \approx 1 \pm \epsilon$

1.4 צפיפות המטען

איור 1.3: גוף $dx dy dz$ טעון

$$\begin{aligned}\rho(\vec{r}) &= \frac{\sum_i q_i}{dx \cdot dy \cdot dz} \\ \vec{F}_{q_0} &= \int_V \frac{k \rho(x, y, z) q_0 \hat{r}_0}{r_0^2} \partial x \partial y \partial z \\ \vec{r}_0 &= (x_0 - x) \hat{x} + (y_0 - y) \hat{y} + (z_0 - z) \hat{z}\end{aligned}$$

דוגמה:

איור 1.4: טבעת טעונה במטען Q

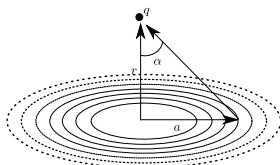
מטען Q על טבעת \Leftrightarrow צפיפות $\lambda = \frac{Q}{2\pi a}$
 מהוא הכח הפועל על q שנמצא בגובה r על ציר הטבעת?

$$F_q = k \int_0^{2\pi} \frac{\partial Q q \lambda a r}{(a^2 + r^2)^{3/2}} \hat{z}$$

$$= \frac{2k\pi q\lambda ar}{(a^2 + r^2)^{3/2}} \hat{z}$$

$$\underbrace{\approx}_{r \gg a} \frac{kQq}{r^2} \hat{z}$$

דוגמה נוספת:



איור 1.5: משטח אינסופי טעון ב σ אחיד

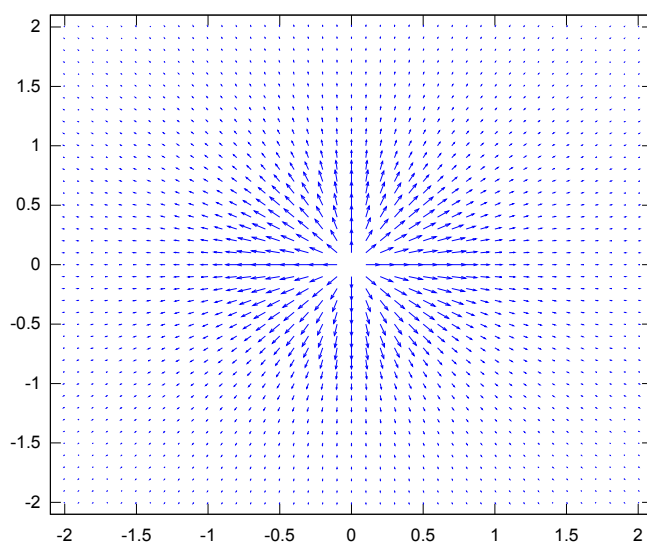
משטח אינסופי טעון בצפיפות σ אחידה.
מהוא הכח שפועל על מטען במרחק r מהשטח?

$$\begin{aligned} F &= \int_0^{2\pi} \partial Q \int_0^\infty \partial a \frac{ka\sigma q}{a^2 + r^2} \cdot \frac{r}{\sqrt{a^2 + r^2}} \\ &= 2\pi k \int_0^\infty \frac{\partial a \cdot ar\sigma q}{(a^2 + r^2)^{3/2}} \\ &= 2\pi\sigma k \left[\frac{-r}{\sqrt{a^2 + r^2}} \right]_{a=0}^{a=\infty} \\ &= 2\pi k\sigma q \\ &= \frac{\sigma q}{2\epsilon_0} \end{aligned}$$

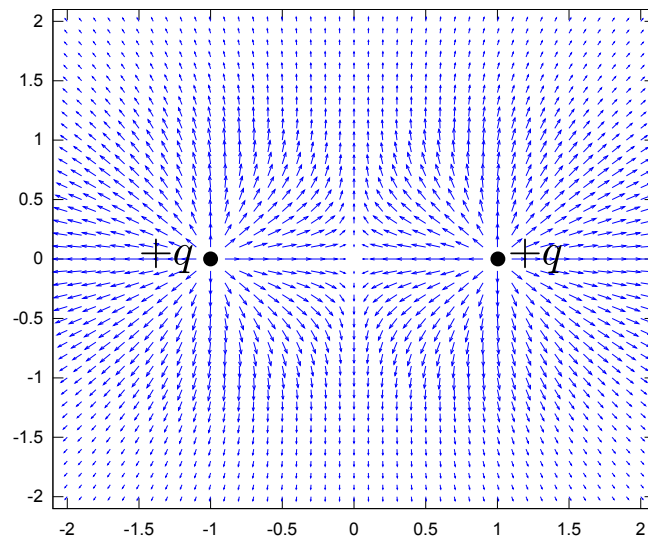
פרק 2

הרצאה מס. 2

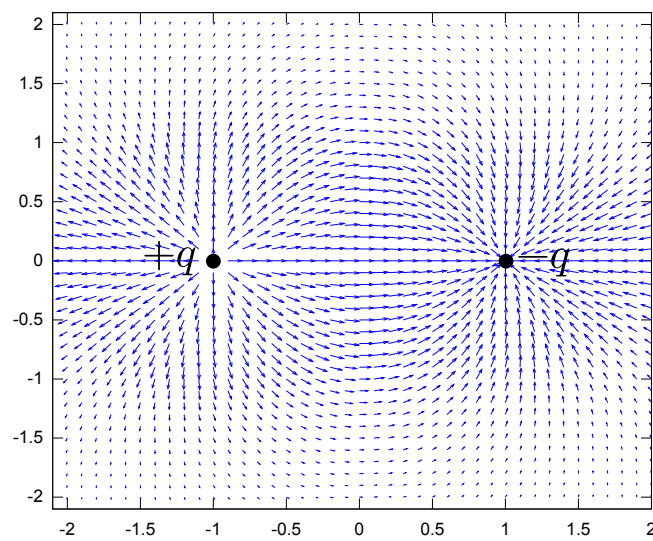
$$\begin{aligned}\vec{F} &= \frac{kq_1q_2}{r^2} \hat{r} \\ \vec{E} &= \frac{\vec{F}}{q} \\ &= \frac{kQ}{r^2}\end{aligned}$$



איור 2.1: שדה של מטען בודד



איור 2.2: מטען של שני מטענים שווים



איור 2.3: שדה חשמלי סביב מטענים מנוגדים או דיפול חשמלי

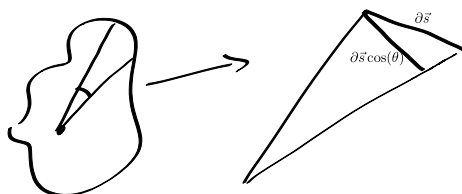
נגדיר את השטף כאשר D הוא משטח (לא דפקא סגור)

$$\phi = \iint_D \vec{E} \cdot \partial \vec{s}$$

לשמל אם יש כדור ברדיוס r ומרכזו מטען q אזי נרצה לחשב את השטף. רואים כי כיוון $\partial \vec{s}$ תמיד שווה אזי אפשר פשוט לכפול במקום לעשות מכפלה סקלרית ו E הוא קבוע עבור כל הכדור אזי:

$$\begin{aligned}
 \phi &= \iint_D \vec{E} \cdot \partial \vec{s} \\
 &= \vec{E} \cdot \iint_D \partial \vec{s} \\
 &= \frac{kq}{r^2} \cdot 4\pi r^2 \\
 &= 4\pi kq
 \end{aligned}$$

2.1 משפט גאוס



איור 2.4: משטח גאואסי

אם יש מטענים כלואים בתוך משטח סגור כלשוא אזי השטף הוא

$$\phi = \iint_D \vec{E} \cdot \partial \vec{s} = 4\pi kq$$

זה נובע מזה כי הזווית לא משפיעה על החישוויים שלנו וגם כי השטח תלוי ב r^2 והשדה תלוי ב $\frac{1}{r^2}$ אז הכח למשטח הוא קבוע ברדיוס כלשהוא.