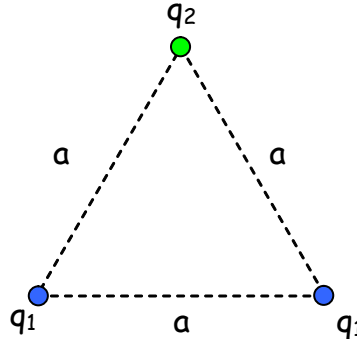


## שאלות לדוגמה על השדה החשמלי עם פתרונות מלאים

### דוגמה 1

נתונים שלושה מטענים נקודתיים  $q_1, q_1, q_2$  המונחים בקודקודיו של משולש שווה צלעות, בעל צלע  $a$ , כמתואר בתרשים.



מהו היחס  $\frac{q_1}{q_2}$  אם נתון שבמרכז המשולש השדה החשמלי שווה לאפס?

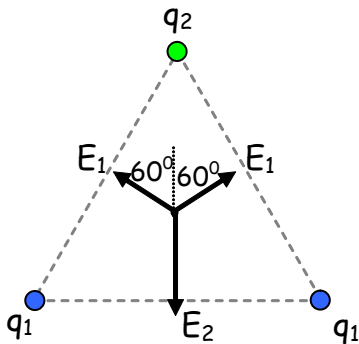
### פתרון הדוגמה 1

נתבונן בשדות החשמליים הנוצרים במרכז המשולש על-ידי שלושת המטענים הנתונים.

המרחק של כל מטען ממרכז המשולש זהה ושווה ל-  $a \frac{\sqrt{3}}{3}$ .

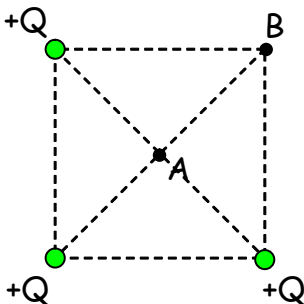
ברכיב האופקי השדה החשמלי מתאפס ולכן נשווה את רכיבי השדות  $E_1$  ברכיב האנכי לשדה  $E_2$ .

$$E_2 = 2E_1 \cos 60^\circ \rightarrow \frac{kq_2}{\left(a \frac{\sqrt{3}}{3}\right)^2} = 2 \cdot \frac{kq_1}{\left(a \frac{\sqrt{3}}{3}\right)^2} \cdot \frac{1}{2} \rightarrow \frac{q_1}{q_2} = 1$$



### דוגמה 2

נתונים שלושה מטענים נקודתיים זהים  $+Q$  הקבועים במקומם על קודקודי ריבוע בעל צלע  $a$  (ראה תרשים).



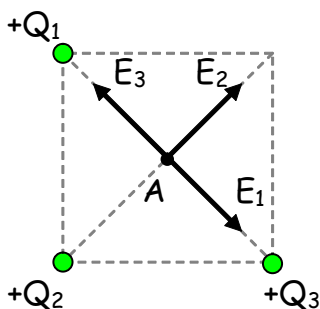
- א. מהו השדה החשמלי בנקודה A?
- ב. מהו הכוח החשמלי שיפעל על חלקיק  $-2Q$  שיונח בנקודה A?
- ג. מהו השדה החשמלי בנקודה B, גודל וכיוון?
- ד. מהו הכוח החשמלי שיפעל על חלקיק  $+Q$  שיונח בנקודה B?
- ה. נניח ובקודקוד B יונח חלקיק  $+Q$ , מהו כעת השדה החשמלי בנקודה A?
- ו. נניח ובקודקוד B יונח חלקיק  $+Q$ , מהו המטען שיש להניח במרכז הריבוע על מנת שהמטענים ימצאו בשווי משקל באמצעות הכוחות החשמליים בלבד?
- ז. חזור על סעיף ו' כאשר בקודקודי הריבוע מונחים הפעם ארבעה מטענים שסימנם מתחלף לסרוגין  $+Q, -Q, +Q, -Q$  (במקום ארבעת המטענים הזחים).

### פתרון הדוגמה 2

סעיף א'

כל מטען תורם עוצמת שדה זהה, מאחר וגודל המטען והמרחק מהנקודה A זהה.

$$E_1 = E_2 = E_3 = \frac{kQ}{\left(\frac{a\sqrt{2}}{2}\right)^2} = \frac{2kQ}{a^2}$$



השדות  $E_1, E_3$  נגדיים ושווים זה לזה, לכן הם מתאפסים והשדה השקול הוא השדה הנוצר מהמטען  $Q_2$  בגודל ובכיוון.

סעיף ב'

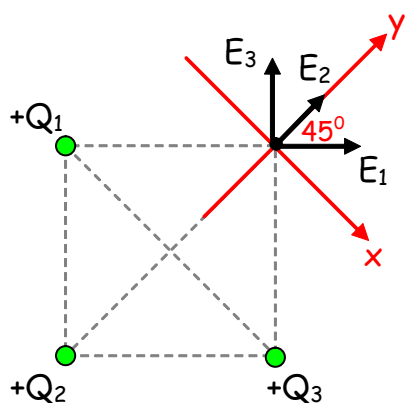
הכוח על המטען  $-2Q$ :  $F_A = E_A \cdot (-2Q) \rightarrow F_A = \frac{4kQ^2}{a^2}$  כאשר הכוח מכוון לעבר המטען  $Q_2$ .

סעיף ג'

עוצמות השדה החשמלי מכל מטען:

$$E_1 = E_3 = \frac{kQ}{a^2}$$

$$E_2 = \frac{kQ}{2a^2}$$



ברכיב  $x$  השדות מתאפסים והשדה השקול מכוון לעבר ציר  $y$  החיובי.

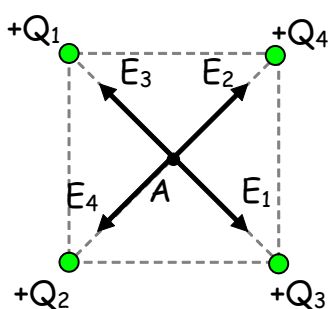
$$E_y = 2 \frac{kQ}{a^2} \cos 45^\circ + \frac{kQ}{2a^2} \rightarrow E_y = \frac{kQ}{a^2} \left( \sqrt{2} + \frac{1}{2} \right)$$

סעיף ד'

הכוח על המטען  $+Q$ :  $F_B = E_B \cdot Q \rightarrow F_B = \frac{kQ^2}{a^2} \left( \sqrt{2} + \frac{1}{2} \right)$  כאשר הכוח מכוון בכיוון השדה בנקודה זו.

סעיף ה'

מסימטריה של המערכת, ניתן לראות שהשדה השקול שווה לאפס.



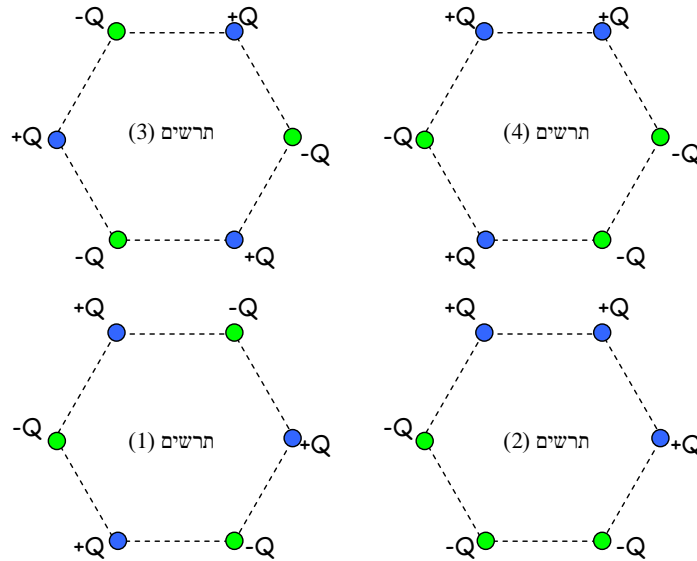
סעיף ו'

מסימטריית המערכת, על כל מטען  $+Q$  בקודקודי הריבוע פועל כח חשמלי כמתואר בסעיף ד', כאשר לא קיים עדיין המטען החמישי במרכז. הכוח מכוון בהמשך לאלכסוני הריבוע.

נדרוש כי המטען  $q$  שיוצב במרכז יגרום ששקול הכוחות על כל מטען יהיה שווה לאפס (הכוחות על המטען  $q$  מצד מטעני המערכת שווה לאפס - השדה במרכז שווה לאפס).

בתרשימים הבאים נתונים שישה מטענים בעלי גודל מטען שווה וסימנים שונים מונחים בקודקודיו של משושה שווה צלעות, בעל צלע  $a$ .

עבור כל תרשים חשב את השדה החשמלי הנוצר במרכז המשושה – הנקודה  $O$ .



### פתרון הדוגמה 3

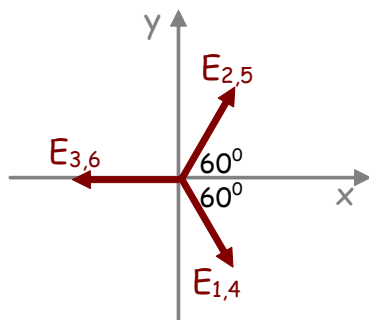
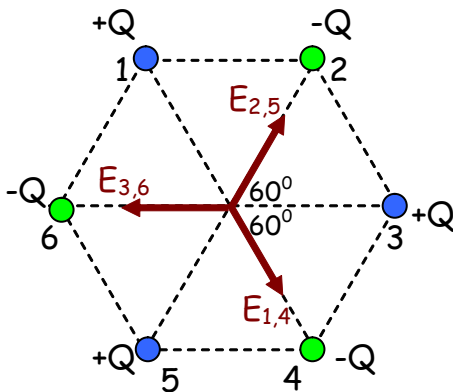
לפני פתרון בתרגיל, נסמן את קודקודי המשושה לנוחות הפתרון כמתואר בתרשים (1).

תרשים (1)

כל זוג מטענים סימטריים, כלומר מטענים שהמרחק בניהם הוא  $2a$  – אלכסון המשושה – תורמים במרכז המשושה שדה חשמלי:

$$E_{1,4} = E_{2,5} = E_{3,6} = 2k \frac{Q}{a^2}$$

כיוון השדה של כל זוג מתואר בתרשים.



נבחר מערכת צירים  $xy$ , המתוארת בתרשים.

בציר  $y$  רכיבי השדות  $E_{2,5}$ ,  $E_{1,4}$  מנוגדים ושווים ולכן לא קיים שדה חשמלי ברכיב זה.

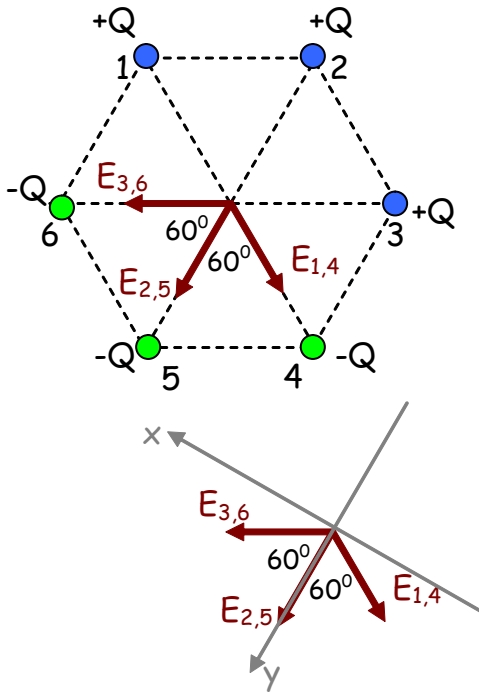
בציר  $x$  נקבל:

$$E_x = 2 \cdot \frac{2kQ}{a^2} \cdot \cos 60^\circ - \frac{2kQ}{a^2} = 0$$

כלומר, קיבלנו כי השדה החשמלי השקול במרכז המשושה עבור מערכת זו שווה לאפס.

תרשים (2)

כבתרשים הקודם, כל זוג מטענים סימטרי תורם שדה חשמלי כמתואר בתרשים.



נבחר מערכת צירים  $xy$ , המתוארת בתרשים.

בציר  $x$  רכיבי השדות  $E_{1,4}$ ,  $E_{3,6}$  מנוגדים ושווים ולכן לא קיים שדה חשמלי ברכיב זה.

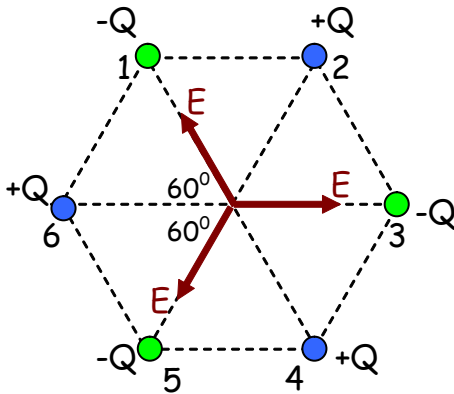
בציר  $y$  נקבל:

$$E_y = 2 \cdot \frac{2kQ}{a^2} \cdot \cos 60^\circ + \frac{2kQ}{a^2} = \frac{4kQ}{a^2}$$

כיוון השדה בכיוון ציר  $y$  החיובי.

תרשים (3)

עוצמת השדה החשמלי עבור זוג מטענים סימטריים שווה והכיוונים שנוצרו לשדה עבור כל זוג מטענים סימטריים מתאר בדיוק את המצב שנוצר בתרשים (1), לכן בתרשים זה השדה החשמלי שנוצר במרכז שווה לאפס.



תרשים (4)

המטענים הנמצאים בקודקודים 2,3,5,6 שווים בעוצמתם ומנוגדים בכיוונם, לכן מטענים אלו תורמים סה"כ שדה חשמלי אפס במרכז המשושה.

השדה השקול הוא השדה החשמלי הנוצר מהמטענים המונחים

בקודקודים 1, 4 ועוצמתו:  $E = \frac{2kQ}{a^2}$  וכיוונו מתואר בתרשים

(לעבר קודקוד 4)

