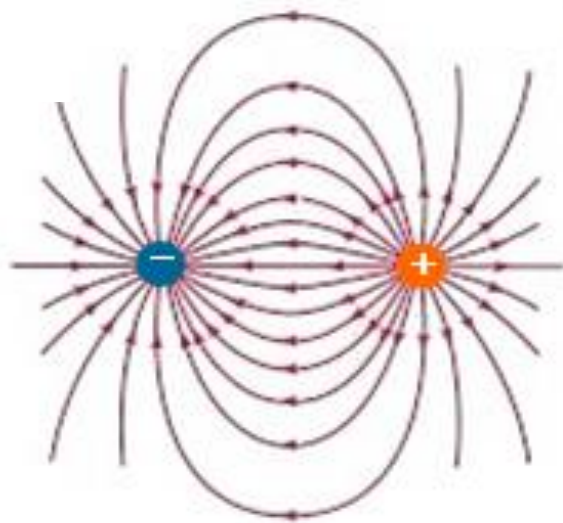
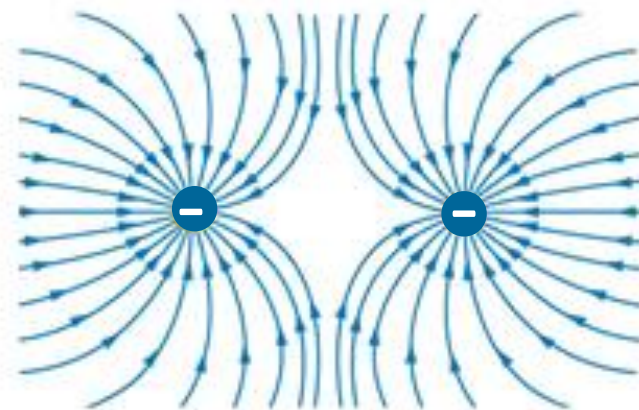
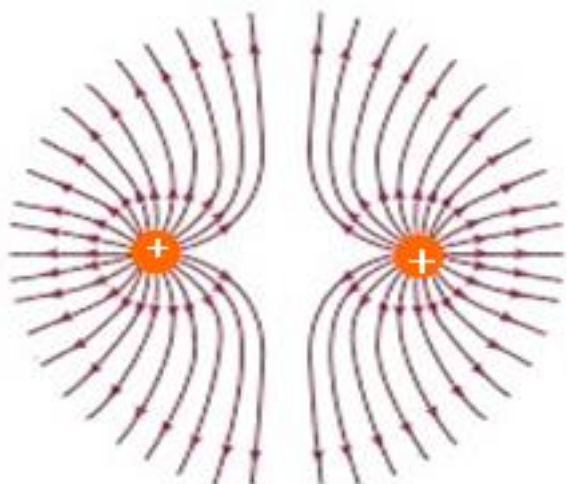


אלקטרוסטטיקה השדה החשמלי



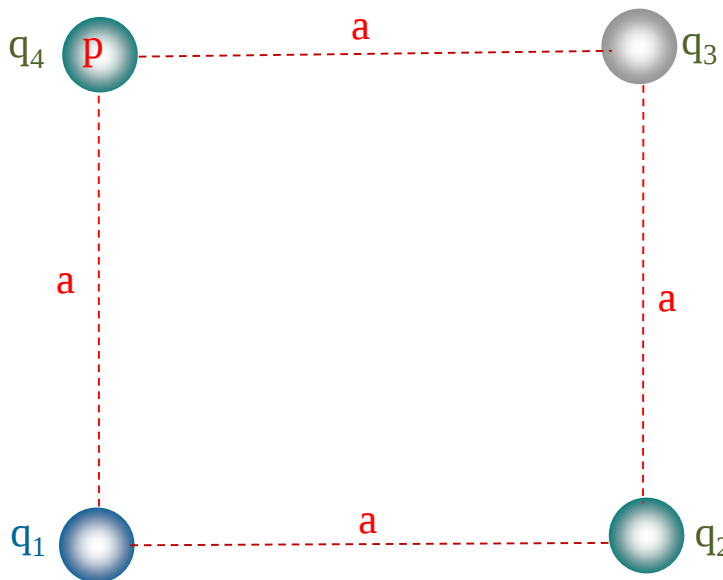
❖ השדה חשמלי:

- עוצמת השדה החשמלי
- כיוון השדה החשמלי
- עקרון הסופרפוזיציה לשדות חשמליים

❖ קווי שדה חשמלי:

- קווי שדה של מטען חיובי נקודתי
- קווי שדה של שני מטענים
- מאפייני קווי שדה
- הקשר בין צפיפות קווי השדה ועוצמת השדה

חוק קולון מאפשר לנו לטפל בבעיות הקשורות בכוח הפועל על מטען חשמלי בהשפעת מטענים אחרים הנמצאים בסביבתו. לדוגמא:



לפנינו מערך של 3 מטענים. מהו הכוח הפועל על מטען נקודתי רביעי הנמצא בנקודה P?

עקרון הסופרפוזיציה של הכוח החשמלי מאפשר לחשב כוח זה כשקול ווקטורי של הכוחות הבודדים.

אך מה יקרה אם הבעיה קצת יותר מורכבת?

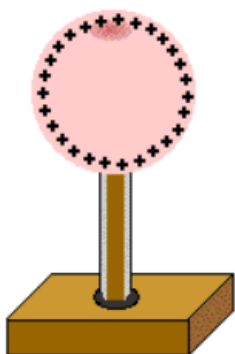
מה יהיה הכוח שיפעל על מטען אחר שיונח בנקודה P? במקרה זה, "לא נורא" לחזור על כל החישוב מחדש.

אבל מה יקרה אם מערך המטענים יכול ל-200 מטענים? לא סביר לחזור על החישוב בכל פעם שנחליף את

המטען המונח בנקודה P.

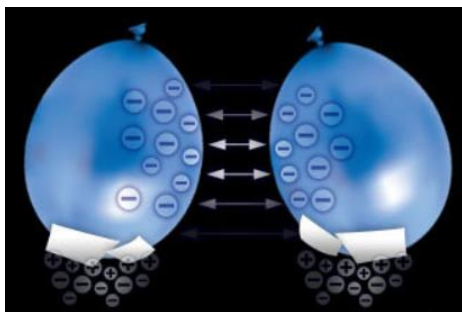
נחליף את מערך המטענים הבודדים ברצף של אינסוף מטענים, הנמצאים על כדור למשל. איך נחשב במקרה זה את הכוח, הפועל על מטען נקודתי הנמצא בקרבת הכדור הטעון?

9



קושי נוסף, הקשור בכוחות בכלל ובכוח החשמלי בפרט: עד כה הכרנו שני כוחות יסודיים, כוח הכבידה והכוח החשמלי. שניהם כוחות הפועלים מרחוק.

אחת השאלות, שהטרידה מדענים ואף היוותה בעיניהם תופעה בלתי נתפסת, מאז שניוטון גילה את כוח הכבידה הייתה: איך הכוחות הללו (כבידה או חשמלי) עוברים עובר מגוף לגוף ללא מתווך?



כדי לענות על השאלה: "כיצד ההשפעה של מטען אחד מגיעה למטען אחר?", הציע הפיזיקאי האנגלי פרדיי להשתמש במושג החדש **שדה חשמלי**.

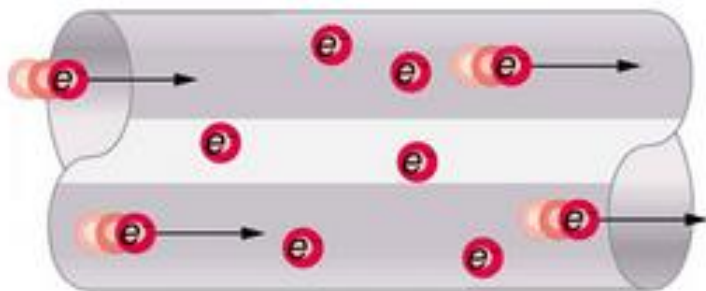
לפי ההשערה של פרדיי, ברגע שמניחים בנקודה כלשהי במרחב מטען חשמלי, משתנות התכונות של המרחב סביבו. שינוי זה מתבטא בכך, שאם נניח מטען בנקודה כלשהי במרחב, יפעל עליו כוח חשמלי. מרחב השפעה זה סביב המטען החשמלי נקרא "**שדה חשמלי**".



גם את השפעתו של כוח הכבידה ניתן להסביר על ידי מושג השדה, הקרוי הפעם **שדה כבידה**. במרחב סביב מסה כלשהי נוצר "שדה כבידה", המתבטא בכך שאם נניח מסה בנקודה כל שהיא במרחב זה, יפעל עליה כוח כבידה.



אין ספק שמושג השדה קשה לתפיסה. בניגוד למושג ה"חומר" שהינו ממשי, ומושג ה"כוח" שהינו פחות ממשי, מושג השדה אינו ממשי והוא מתקיים רק בנוכחות המטען יוצר השדה. על אף זאת, נוח וחשוב להשתמש בשדה חשמלי, כפי שנראה בהמשך לימודי החשמל והמגנטיות.



מדוע לא להסתפק בחוק קולון?

- א. **נוחיות**: מושג השדה מאפשר לטפל בבעיות מורכבות, בהן יש מטענים רציפים או נקודתיים רבים.
- ב. **מאפשר הסבר של פעולה מרחוק**: קשה היה לתפוש פעולה מרחוק של כוחות כמו כבידה וחשמלי, ללא מתווך.

- ג. **חשוב לתיאור מטענים בתנועה**: בהמשך נראה ששדה חשמלי הפועל על נושאי מטען, למשל אלקטרונים בתיל מתכת, דרוש לקיום זרם חשמלי.

עוצמת השדה החשמלי בנקודה מוגדרת ככוח, הפועל על יחידת מטען **חיובי** המצויה בנקודה זו:

$$\rho_E = \frac{F_E}{q}$$

q הוא מטען **נקודתי חיובי** ו- F_E הוא הכוח החשמלי הפועל על מטען זה.

כדי למדוד עוצמת שדה חשמלי, משתמשים **במטען בוחן**, שהוא מטען נקודתי **קטן**, כך שהכנסתו לתוך השדה לא תגרום לשינוי חלוקת המטען יוצר השדה ולא מקומו.

מכיוון שכוח חשמלי הוא **ווקטור**, ומטען חשמלי הוא **סקלר**, גם **השדה החשמלי הוא ווקטור**, שכיוונו ככיוון הכוח החשמלי הפועל על מטען חיובי.

יחידת השדה החשמלי היא:

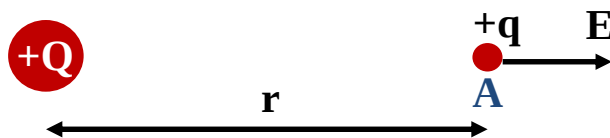
$$[E] = \frac{[F_E]}{[q]} = \frac{N}{C}$$

בשלב זה נעסוק אך ורק בשדות חשמליים הנוצרים על ידי מטענים הנמצאים **במנוחה** –

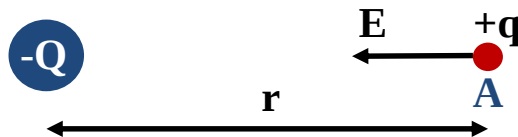
אלה הם **שדות אלקטרוסטטיים**.

דוגמאות:

אם נרצה למצוא את כיוון השדה בנקודה A, הנמצאת במרחק r ממטען נקודתי $+Q$, נציב בנקודה A מטען חיובי q ונבדוק את כיוון הכוח שיופעל עליו. במקרה זה נקבל **דחייה**, כלומר: כיוון השדה הוא מהמטען Q והלאה.



אם במקום מטען $+Q$ נציב מטען דומה $-Q$ ונבדוק שוב את כיוון השדה בנקודה A, נציב מטען חיובי q בנקודה A והפעם נקבל **משיכה**, כלומר: כיוון השדה הוא אל המטען $-Q$.



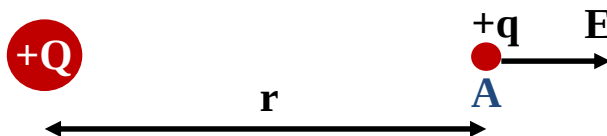
למדנו, כי לגבי כוחות חשמליים מתקיים עקרון הסופרפוזיציה. עקרון זה תקף גם לגבי שדות חשמליים. עקרון הסופרפוזיציה לגבי שדות חשמליים יסייע לנו בהבנת תופעות ובפתרון בעיות. הניסוח המתמטי שלו הוא:

$$\rho_E = \sum_{i=1}^n \rho_{E_i}$$

השדה החשמלי שנוצר בנקודה נתונה על ידי מערך של n מטענים הוא הסכום הווקטורי של השדות, הנוצרים באותה נקודה על ידי כל אחד מהמטענים לחוד.

השדה החשמלי שנוצר על ידי מטען נקודתי Q

שדה חשמלי יכול להיווצר על ידי מערכת מטענים או ע"י מטען בודד.
גודל השדה החשמלי, הנוצר על ידי מטען בודד Q, ניתן לחישוב באופן מיידי.
נבחר מטען בוחן חיובי +q ונשים אותו במרחק r מהמטען Q+.



לפי חוק קולון, גודל הכוח שיפעל על מטען הבוחן הוא:

$$F = K \frac{Qq}{r^2}$$

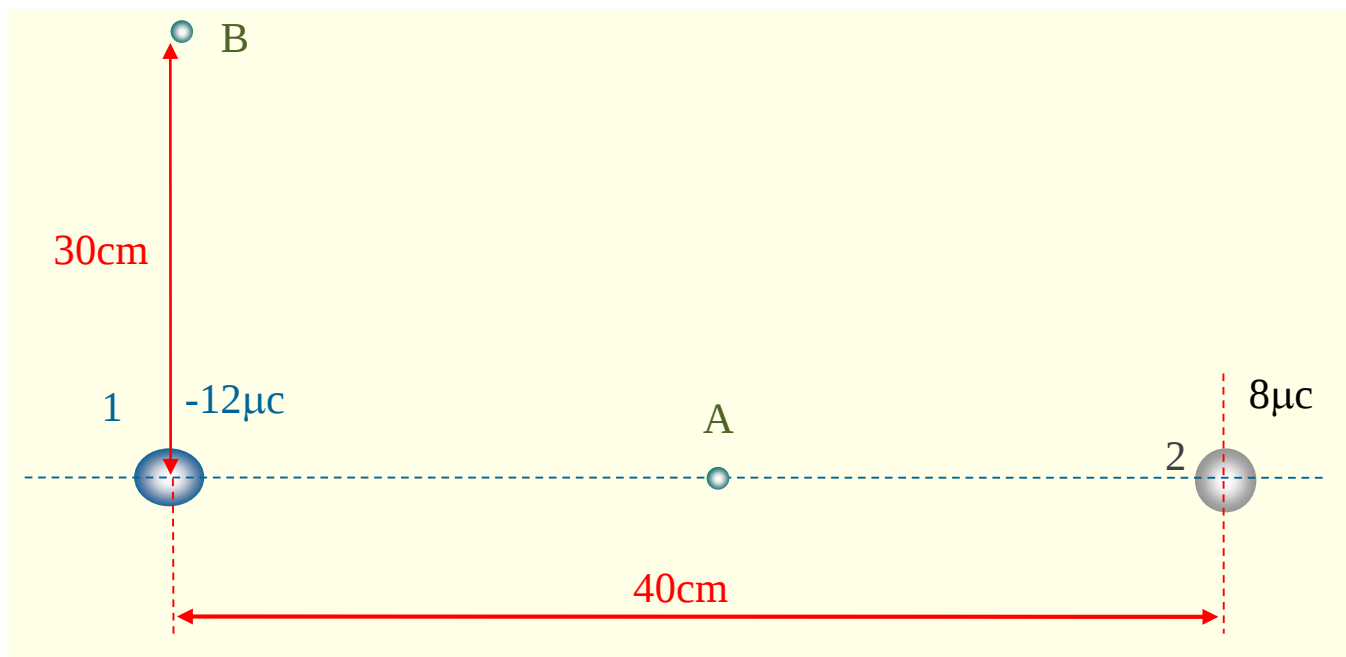
עוצמת השדה החשמלי, הנוצר על ידי המטען Q, תתקבל על ידי חלוקת גודל הכוח F במטען הבוחן q :

$$E = \frac{F}{q} = \frac{K \frac{Qq}{r^2}}{q}$$

נצמצם ב-q את המונה והמכנה, ונקבל:

$$E = K \frac{Q}{r^2}$$

שני מטענים נקודתיים של $q_1 = -12\mu\text{C}$ ו- $q_2 = 8\mu\text{C}$ נמצאים במרחק של 40 ס"מ זה מזה.



א. מהו השדה החשמלי (גודל וכיוון) בנק' A הנמצאת באמצע המרחק בין המטענים?

ב. היכן לאורך הקו המחבר בין המטענים עצמת השדה החשמלי שווה אפס?

ג. מהו השדה החשמלי (גודל וכיוון) בנק' B הנמצאת במרחק 30cm בדיוק מעל מטען q_1 ?

$$E_A = -9 \cdot 10^9 \cdot \frac{12 \cdot 10^{-6}}{(0.2)^2} - 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-6}}{(0.2)^2} = -4.5 \cdot 10^6 \frac{N}{C} \quad .א$$

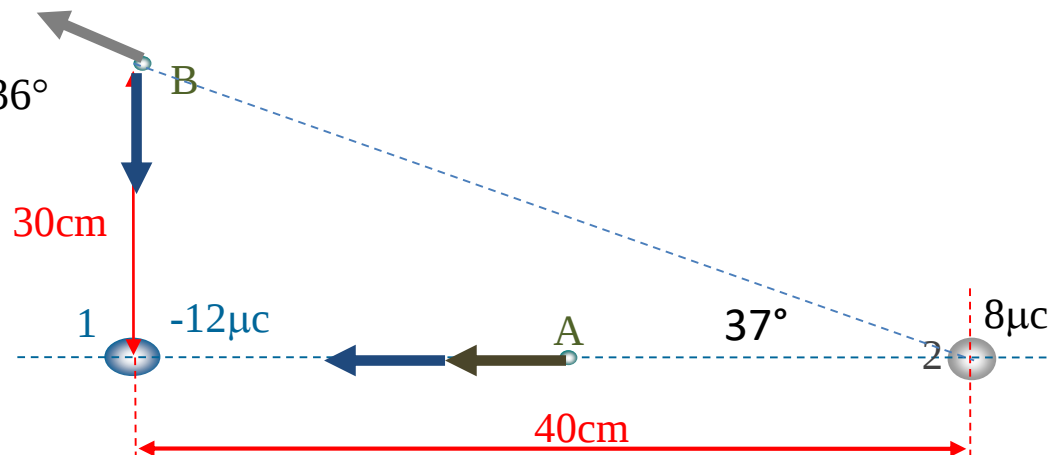
$$E_C = -9 \cdot 10^9 \cdot \frac{12 \cdot 10^{-6}}{(x+0.4)^2} + 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-6}}{x^2} = 0 \Rightarrow x = 1.78m \quad .ב$$

$$E_{By} = -9 \cdot 10^9 \cdot \frac{12 \cdot 10^{-6}}{(0.3)^2} + 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-6}}{(\sqrt{0.3^2 + 0.4^2})^2} \cdot \sin 37^\circ = -1.026 \cdot 10^6 \frac{N}{C} \quad .ג$$

$$E_{Bx} = -9 \cdot 10^9 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-6}}{(\sqrt{0.3^2 + 0.4^2})^2} \cdot \cos 37^\circ = -2.3 \cdot 10^5 \frac{N}{C}$$

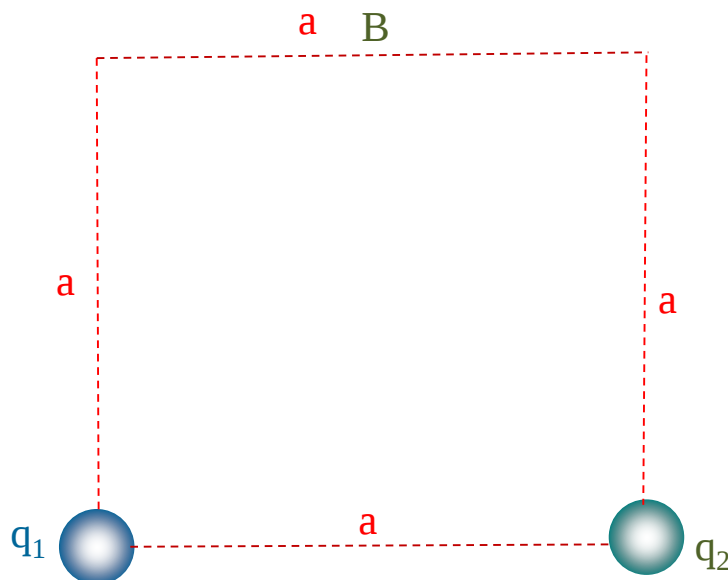
$$E_B = \sqrt{(2.3 \cdot 10^5)^2 + (1.026 \cdot 10^6)^2} = 1.052 \cdot 10^6 \frac{N}{C}$$

$$\operatorname{tg} \theta = \left| \frac{1.026 \cdot 10^6}{2.3 \cdot 10^5} \right| = 4.46 \Rightarrow \theta = 77.36^\circ$$



שני מטענים זהים נמצאים על הקודקודים של ריבוע שאורך צלעו a .

ערכי המטענים הם: $q_1 = q_2 = q$.



א. מהו השדה השקול (גודל וכיוון) במרכז הריבוע?

ב. מהו גודל המטען q_3 שיש להציב בנק' B הנמצאת באמצע הצלע העליונה בכדי שהשדה

השקול במרכז הריבוע יהיה שווה אפס?

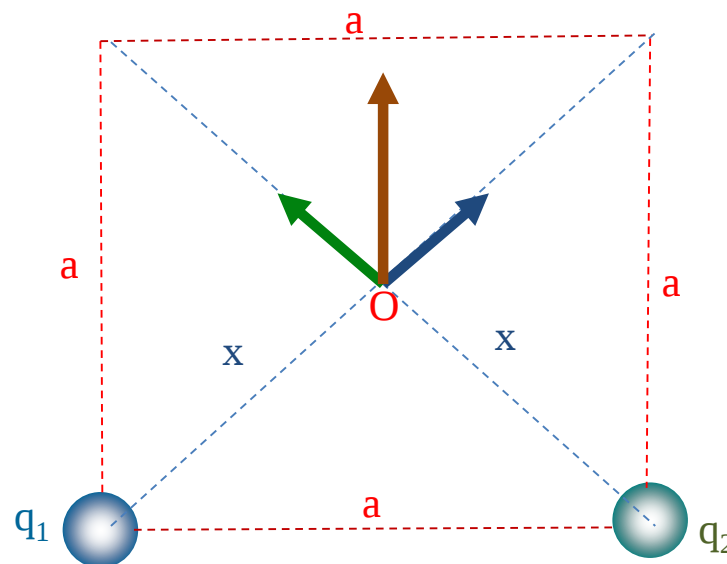
$$x^2 + x^2 = a^2 \Rightarrow x = \frac{a}{\sqrt{2}}$$

$$E_O = K \cdot \frac{q}{\left(\frac{a}{\sqrt{2}}\right)^2} \cdot 2 \cdot \sin 45^\circ = 2.82K \cdot \frac{q}{a^2}$$

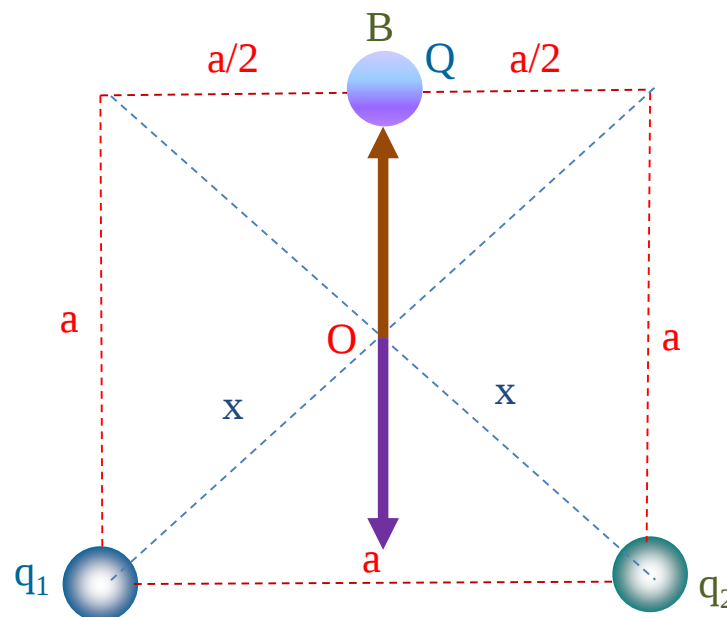
$$K \frac{Q}{(0.5a)^2} - 2.82K \cdot \frac{q}{a^2} = 0$$

$$Q = 0.705q$$

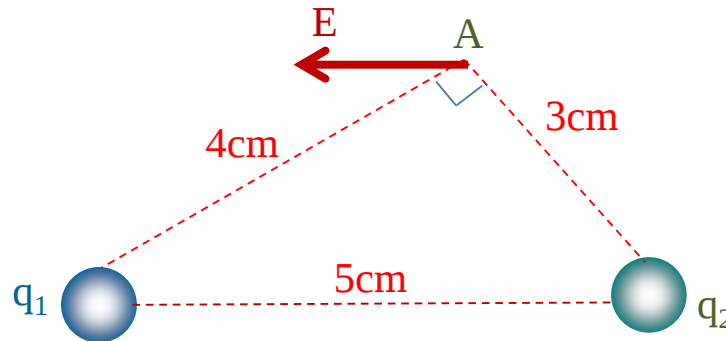
א.



ב.



שני מטענים נקודתיים ממוקמים בקדקודיו של משולש ישר זווית בקצות היתר.
גודל המטען $q_1 = 4 \cdot 10^{-6} \text{C}$. נתון כי השדה בנקודה A מכוון אופקית ימינה.



א. מהם סימני המטענים q_1, q_2 .

ב. מה גודלו של השדה החשמלי?

ג. מהו הכוח (גודל וכיוון) שיפעל על מטען $q_3 = -8 \cdot 10^{-6} \text{C}$ אם יונח בנק A ?

א. , q_2 חיובי , q_1 שלילי. ראו תרשים חיצים בהתאם לשדה השקול.

ב.

$$E_{Ay} = 0 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{q_2}{0.03^2} \cdot \sin 53^\circ - 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}}{0.04^2} \cdot \sin 37^\circ$$

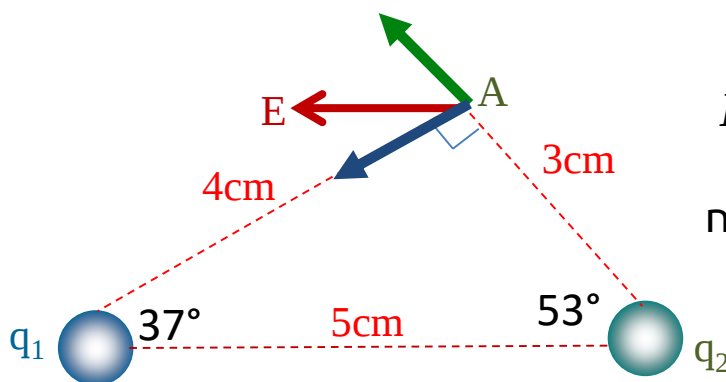
$$q_2 = 1.695 \cdot 10^{-6} C$$

$$E_A = \sqrt{\left(9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1.695 \cdot 10^{-6}}{0.03^2}\right)^2 + \left(9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}}{0.04^2}\right)^2} = 28.17 \cdot 10^6 \frac{N}{C}$$

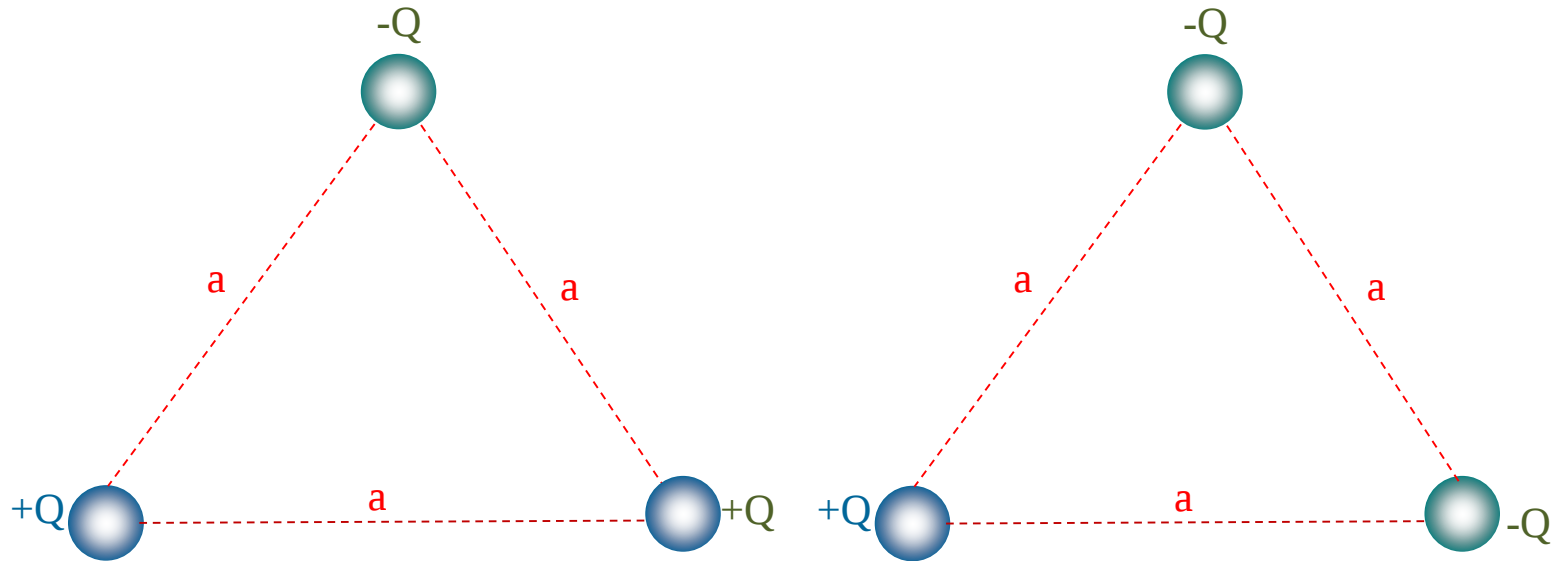
ג. גודלו של הכוח:

$$F_A = q \cdot E_A = 8 \cdot 10^{-6} \cdot 28.17 \cdot 10^6 = 225.32 N$$

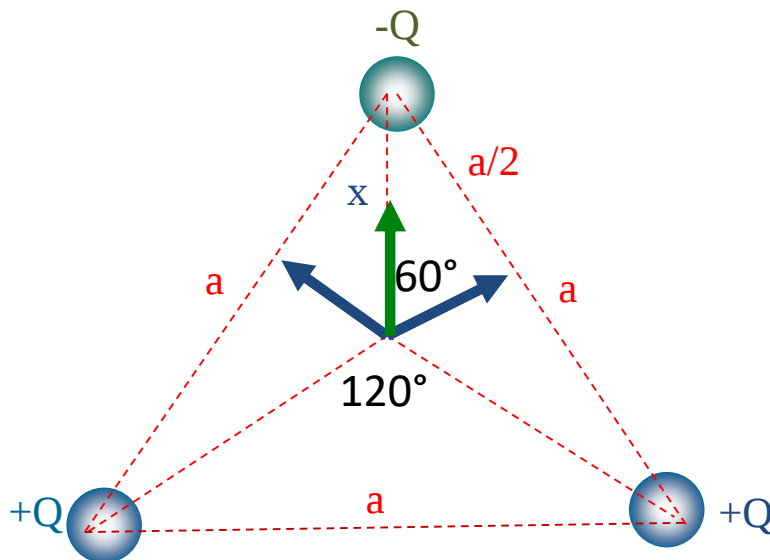
מאחר וכיוון השדה שמאלה, על מטען שלילי יפעל כוח בכיוון ימינה.



נתונים 3 מטענים בעלי גודל מטען שווה וסימנים שונים, המונחים בקדקודיו של משולש שווה צלעות בעל צלע a . חשבו את השדה החשמלי הנוצר במרכז המשולש עבור כל תרשים.



א. כל מטען יוצר שדה חשמלי בעל עוצמה זהה, שהרי גודל המטענים שווה והמרחק בין כל מטען למרכז המשולש שווה. עוצמת כל שדה חשמלי:



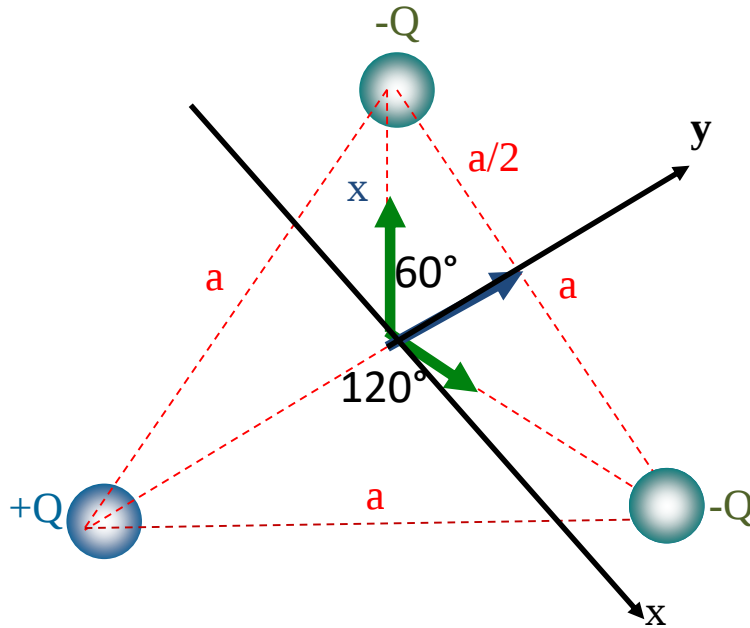
$$x^2 = \left(\frac{x}{2}\right)^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2 \Rightarrow x = \frac{a\sqrt{3}}{3}$$

$$E = K \cdot \frac{Q}{\left(\frac{a \cdot \sqrt{3}}{3}\right)^2} = 3K \cdot \frac{Q}{a^2}$$

השדה השקול בכיוון מעלה, וגודלו:

$$E_o = 3K \cdot \frac{Q}{a^2} + K \cdot \frac{Q}{\left(\frac{a \cdot \sqrt{3}}{3}\right)^2} \cdot \cos 60^\circ + K \cdot \frac{Q}{\left(\frac{a \cdot \sqrt{3}}{3}\right)^2} \cdot \cos 60^\circ = 6K \cdot \frac{Q}{a^2}$$

ב. כל מטען יוצר שדה חשמלי בעל עוצמה זהה, שהרי גודל המטענים שווה והמרחק בין כל מטען למרכז המשולש שווה. עוצמת כל שדה חשמלי :



$$x^2 = \left(\frac{x}{2}\right)^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2 \Rightarrow x = \frac{a\sqrt{3}}{3}$$

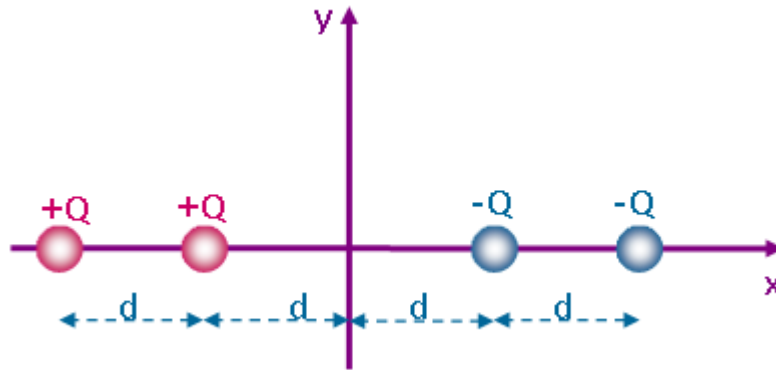
$$E = K \cdot \frac{Q}{\left(\frac{a \cdot \sqrt{3}}{3}\right)^2} = 3K \cdot \frac{Q}{a^2}$$

השדה השקול יהיה מכוון לאורכו של ציר y מאחר ורכיבי השדה בציר x שווים ומנוגדים, לכן :

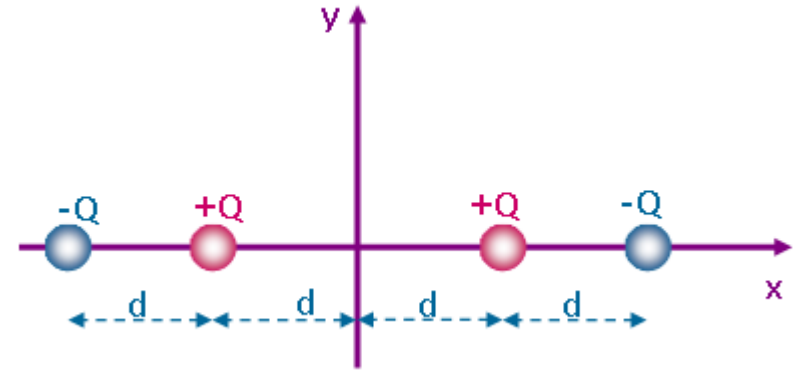
$$E_o = 3K \cdot \frac{Q}{a^2} + K \cdot \frac{Q}{\left(\frac{a \cdot \sqrt{3}}{3}\right)^2} \cdot \cos 60^\circ + K \cdot \frac{Q}{\left(\frac{a \cdot \sqrt{3}}{3}\right)^2} \cdot \cos 60^\circ = 6K \cdot \frac{Q}{a^2}$$

ארבעה מטענים נקודתיים מסודרים על ציר ה-x כמתואר בתרשים.

תרשים ב

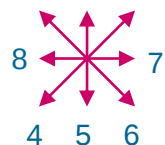


תרשים א



א. עבור כל אחד מהתרשימים מצא מהו השדה החשמלי בראשית הצירים ?

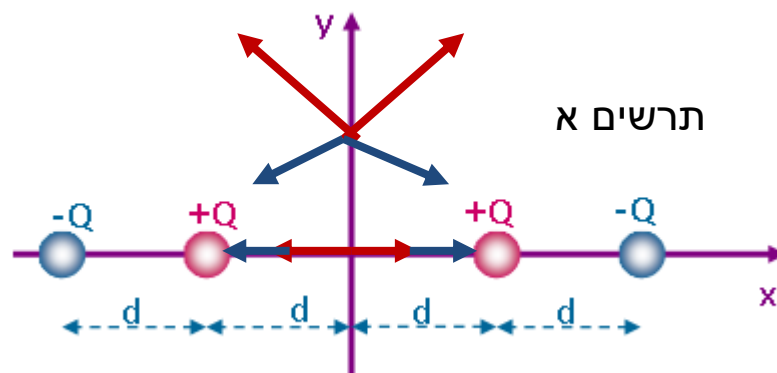
ב. איזה חץ מתאר את כיוון השדה החשמלי השקול שיוצרת מערכת המטענים לאורך ציר ה-y :



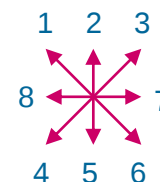
(1) בסידור המתואר בתרשים א?

(2) בסידור המתואר בתרשים ב?

תרשים א

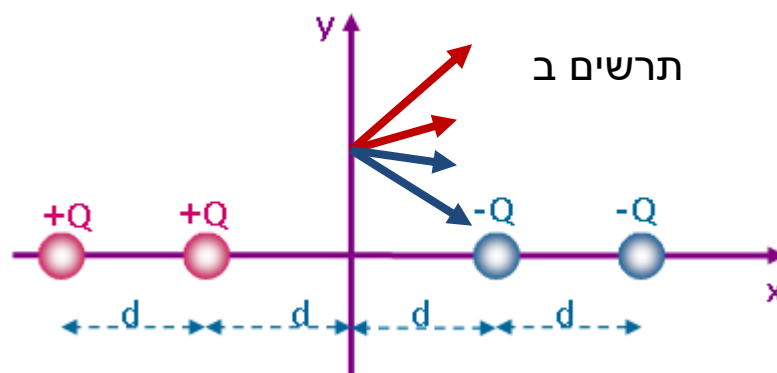


א. $E=0$



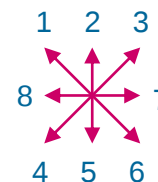
ב. חץ 2

תרשים ב



תרשים ב

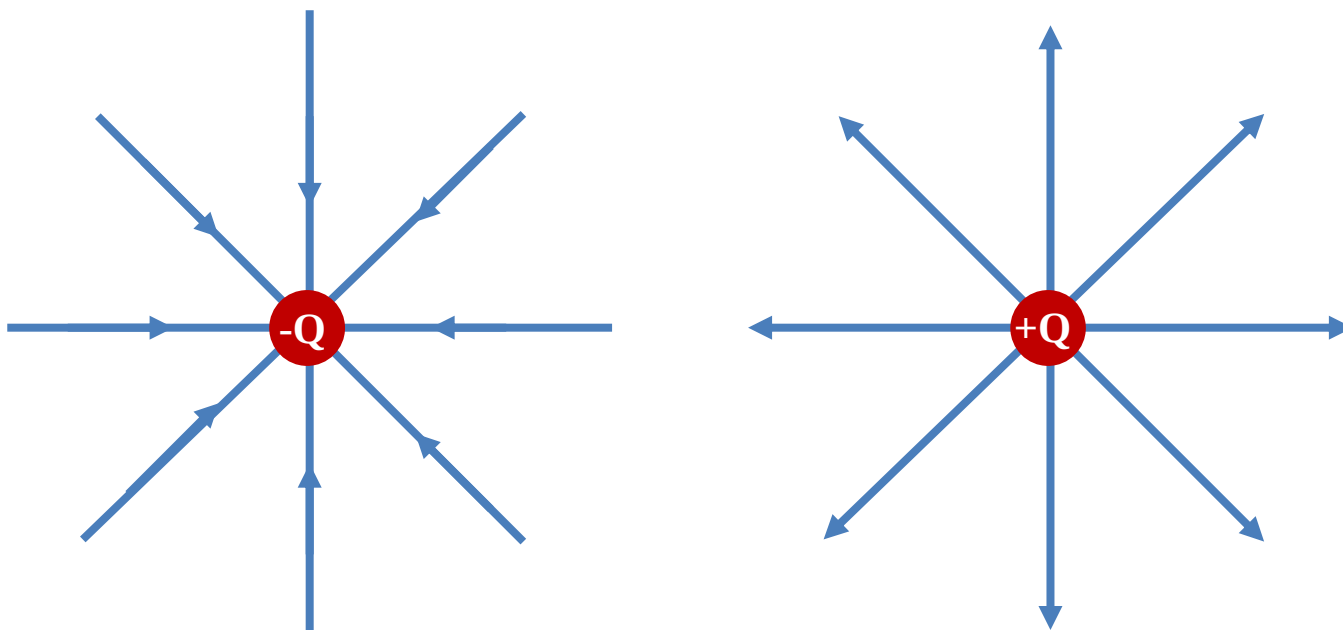
א. חישוב למטה



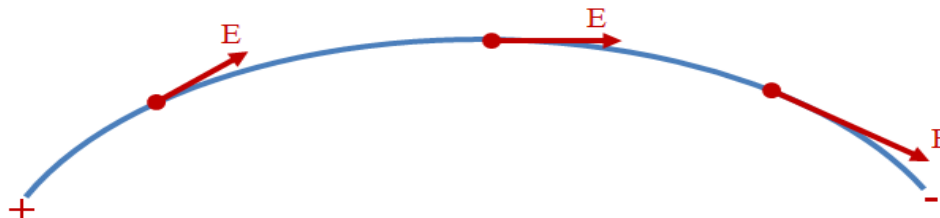
ב. חץ 7

$$E = 2 \cdot K \cdot \frac{Q}{(d)^2} + 2 \cdot K \cdot \frac{Q}{(2d)^2} = 2.5K \cdot \frac{Q}{d^2}$$

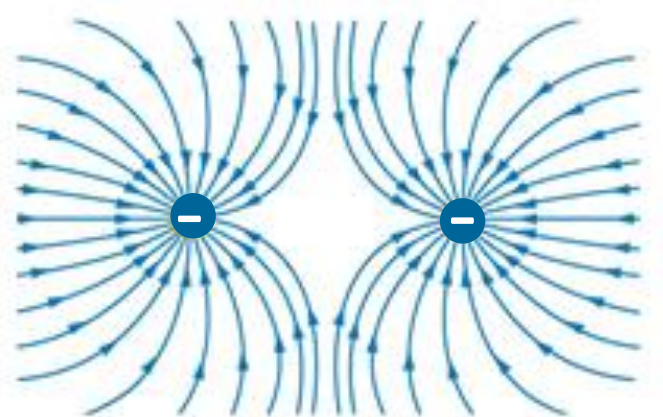
ראינו שעוצמת השדה החשמלי מסביב למטען Q הולכת ונחלשת, ככל שמתרחקים מהמטען היוצר את השדה. כדי לבטא רעיון זה באופן חזותי, פרדי הציע דרך לתאר את השדה החשמלי בעזרת קווים הנקראים **קווי שדה**. קווים אלו מצביעים בכל נקודה על כיוון השדה באותה נקודה, כלומר על כיוון הכוח, שהיה פועל על מטען חיובי, אילו היה מונח באותה נקודה.



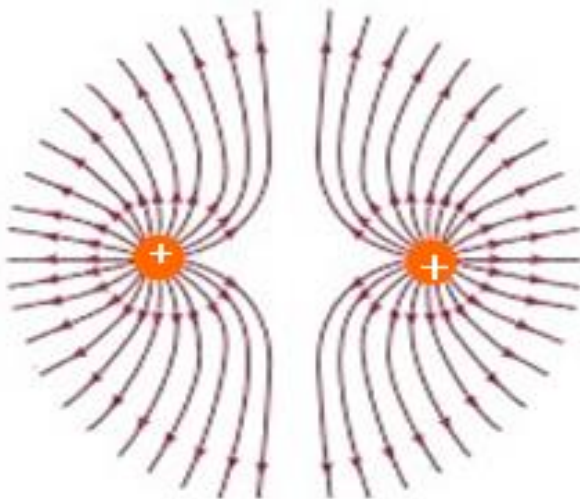
קו שדה מוגדר כקו, אשר כיוון המשיק בכל נקודה עליו הוא כיוון השדה החשמלי



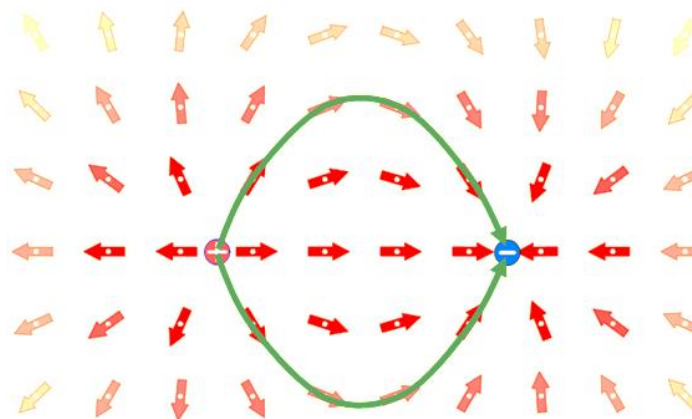
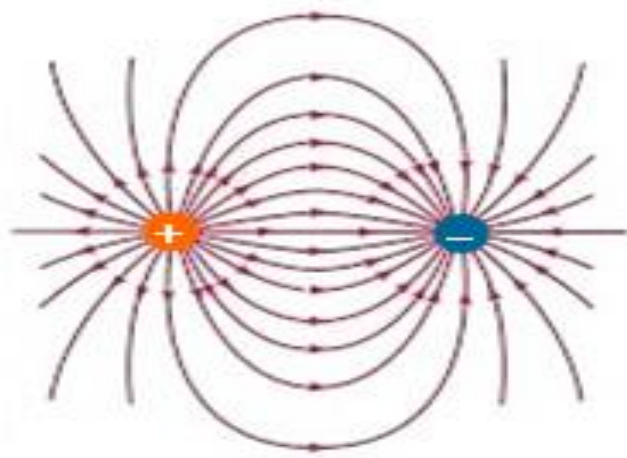
א. קווי שדה סביב זוג מטענים שליליים



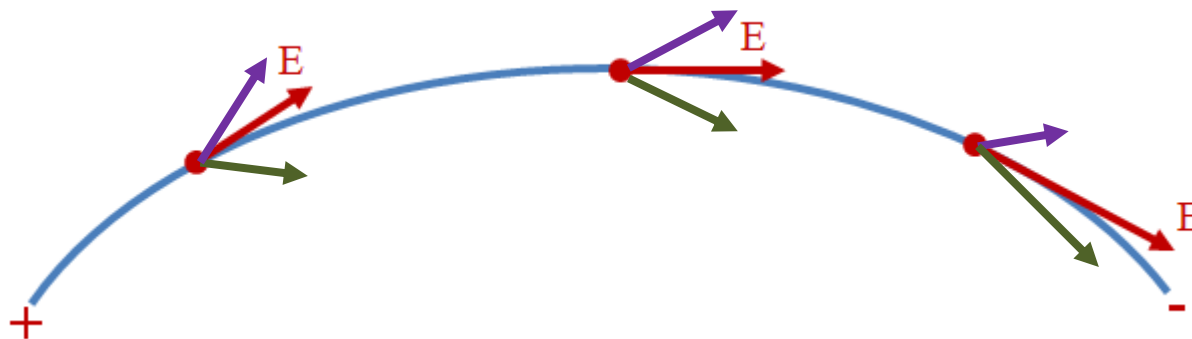
ב. קווי שדה סביב זוג מטענים חיוביים



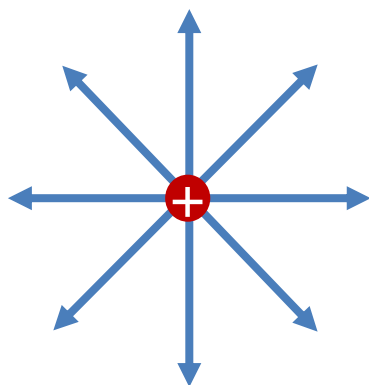
ג. קווי שדה סביב זוג מטענים שסימנם מנוגד (התרשים הימני ממחיש את אחד מקווי השדה).



הכיוון של השדה החשמלי בנקודות שונות שעל אחד מקווי השדה במערכת שני מטענים מנוגדי סימן:



מהתרשימים המייצגים את השדה החשמלי הנוצר על ידי מטענים, ניתן להבחין במספר תכונות כלליות:



1. קווי שדה תמיד מתחילים במטען חיובי (או באינסוף) ומסתיימים במטען שלילי (או באינסוף).
2. קווי שדה אינם חותכים זה את זה.
3. קווי השדה (הדמיוניים) ממלאים את כל המרחב.

צפיפות קווי שדה ועוצמת השדה 1

ראינו שקווי השדה נותנים לנו מידע על כיוון השדה החשמלי בכל נקודה.

קווי השדה נותנים גם מידע על **עוצמת** השדה .

תיאורטית היינו צריכים לצייר קווי שדה דרך כל הנקודות במרחב סביב המטען הבודד או מערכת של מטענים.

אולם אז לא נוכל להבחין בין הקווים. לכן נסתפק במספר קטן של קווים כך ש**צפיפותם** באזור מסוים תהיה

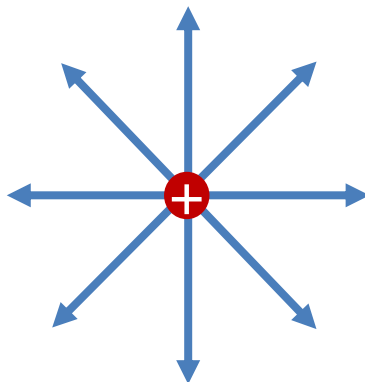
ביחס ישר לגודל המטען יוצר השדה.

נדגים את תיאור השדה במקרים פשוטים.

המקרה הפשוט ביותר הוא של מטען חיובי קטן Q .

ניתן להציג את השדה במקרה זה כקווים, היוצאים מן המטען בפיזור אחיד לכל הכיוונים, ומספרם N יהיה

ביחס ישר לכמות המטען Q .

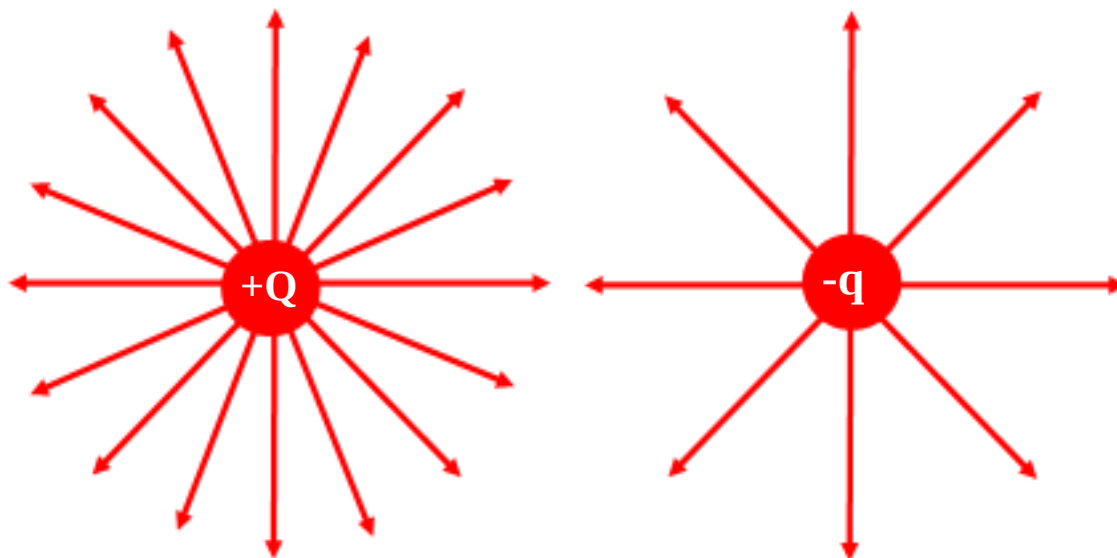


צפיפות קווי שדה ועוצמת השדה 2

מכאן, כאשר מתארים שדה של שני מטענים, השונים בגודל, יש להקפיד, שמהמטען הגדול יותר ייצאו מספר רב יותר של קווים, פחות או יותר ביחס ישר לגודל המטען (כמתואר בסרטוט).

$$Q > q$$

שדה חשמלי של מטען חיובי:



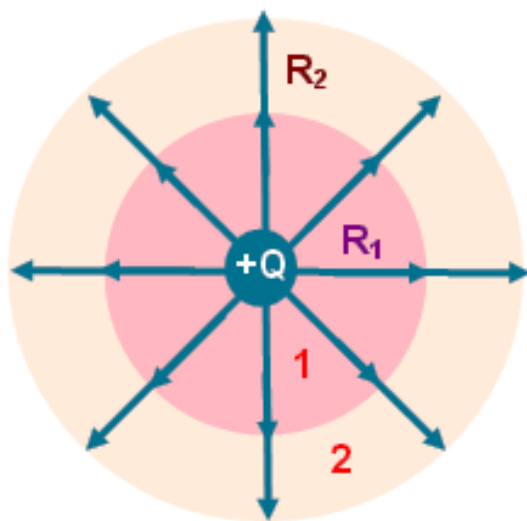
בסרטוט מתואר השדה של מטען חיובי Q , ולכן כיוון השדה הוא רדיאלי החוצה.

כפי שניתן לראות, צפיפות הקווים באזור שמסומן ב-1, גדולה יותר מאשר באזור שמסומן במספר 2.

כל N הקווים "בוקעים" ממעטפת הכדור כלפי חוץ. למעשה, צפיפות קווי השדה N/A , כלומר מספר הקווים הבוקעים דרך יחידת שטח על פני המעטפת היא: $N/4\pi r^2$

כלומר, צפיפות קווי השדה משתנה ביחס $1/r^2$, בדומה לעוצמת השדה, שמשתנה לפי ריבוע המרחק מהמטען.

מכאן: צפיפות קווי השדה מצביעה על (מייצגת את) עוצמת השדה החשמלי בכל נקודה במרחב



צפיפות קווים גדולה – עוצמת שדה גדולה,

צפיפות קווים קטנה – עוצמת שדה קטנה.

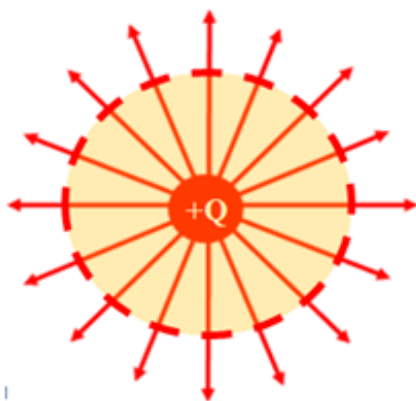
צפיפות קווי השדה ועוצמת השדה בכדור מוליך טעון (1)

הקשר בין עוצמת השדה החשמלי לבין צפיפות קווי השדה מאפשר להסיק מסקנות ללא שימוש בכלים מתמטיים מורכבים. נדון במספר דוגמאות.

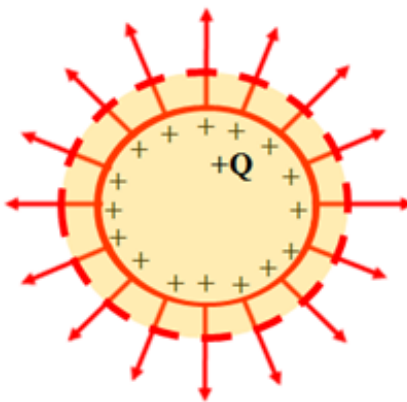
נתחיל בשדה סביב קליפה כדורית מוליכה טעונה וכדור מוליך טעון.

נזכור שכבר ראינו, שהשדה סביב מטען נקודתי משתנה כמו $1/r^2$

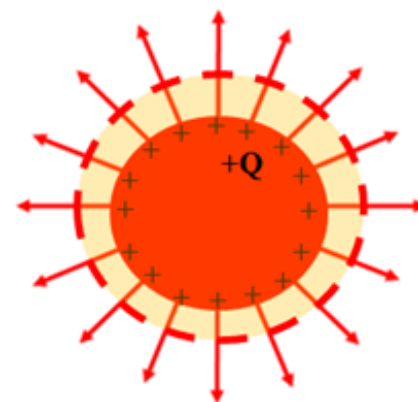
מטען נקודתי +Q



קליפה כדורית מוליכה טעונה במטען +Q
המפוזר על פניה באופן אחיד



כדור מוליך טעון במטען +Q
המפוזר על פניו באופן אחיד



צפיפות קווי השדה ועוצמת השדה בכדור מוליך טעון (2)

נשווה את מערך קווי השדה של הקליפה או הכדור למערך קווי השדה של המטען הנקודתי.
נבחן את קווי השדה, הבוקעים דרך מעטפת כדור בעלת רדיוס r המקיף את כל אחד מהמטענים.
בשלושת המקרים נקבל מספר זהה וצפיפות זהה של קווי השדה, מכיוון שהשדה נוצר על ידי אותה כמות מטען. מכאן שגם עוצמת השדה שווה.

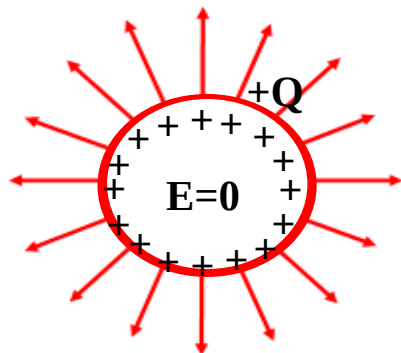


מסקנה:

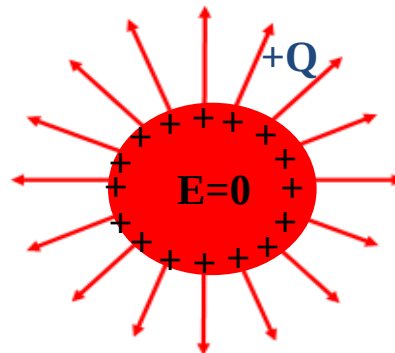
השדה החשמלי, הנוצר על ידי קליפה כדורית מוליכה או כדור מוליך טעון שהמטען מפוזר על פניו באופן אחיד, בנקודות שונות מחוץ לקליפה או לכדור, שווה לשדה שהיה נוצר בנקודות אלה כאילו כל המטען היה מרוכז במרכז הקליפה או הכדור.

צפיפות קווי השדה ועוצמת השדה בתוך כדור מוליך טעון

משיקולי סימטריה, ניתן להסיק כי:



קליפה כדורית מוליכה טעונה במטען $+Q$
המפוזר על פניה באופן אחיד



כדור מוליך טעון במטען $+Q$
המפוזר על פניו באופן אחיד

❖ במרכז הקליפה או הכדור השדה הוא אפס, כתוצאה מקיזוז ההשפעות של אזורים נגדיים בכדור.

❖ בכל נקודה אחרת בתוך הכדור או הקליפה, השדה הוא רדיאלי. לא ייתכן שיהיה לו רכיב משיקי, מכיוון

שכל הכיוונים שקולים ואין העדפה לכיוון מסוים (אם בכלל יש שדה).

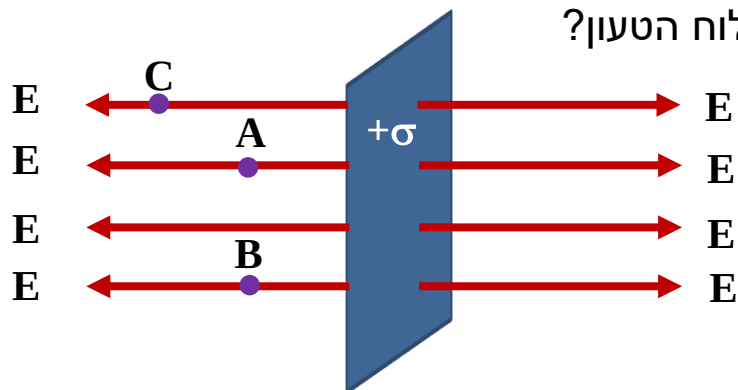
קווי השדה הרדיאליים צפופים ככל שנתקרב למרכז. לכן במרכז יש עוצמה מקסימלית.

עוצמה זו היא כאמור, אפס. מכאן: בכל נקודה בתוך הקליפה או הכדור עצמת השדה היא אפס.

מסקנה: השדה החשמלי בתוך קליפה כדורית מוליכה טעונה או בתוך כדור מוליך טעון שווה אפס.

נבחן מקרה מעניין נוסף: לוח אינסופי טעון במטען $+Q$, המפוזר עליו בצורה אחידה (כלומר, כמות המטען ליחידת שטח $\sigma = Q/A$ היא שווה).

מהו השדה החשמלי בנקודות הנמצאות במרחק כלשהו מהלוח הטעון?



❖ בנקודה A כלשהי מחוץ ללוח, השדה חייב להיות ניצב ללוח (כי מטעמי סימטריה, כאשר מדובר בלוח אינסופי ואחיד- לא יכול להיות לו רכיב מקביל לכיוון הלוח).

❖ עוצמת השדה בנקודה B, שנמצאת באותו מרחק מהלוח כמו A, תהיה שווה.

❖ השדה בנקודה C כלשהי שווה גם כן. קווי השדה מקבילים (לא רדיאליים) ולכן צפיפותם שווה וקבועה בכל מקום, לכן עוצמת שדה קבועה.

מסקנה:

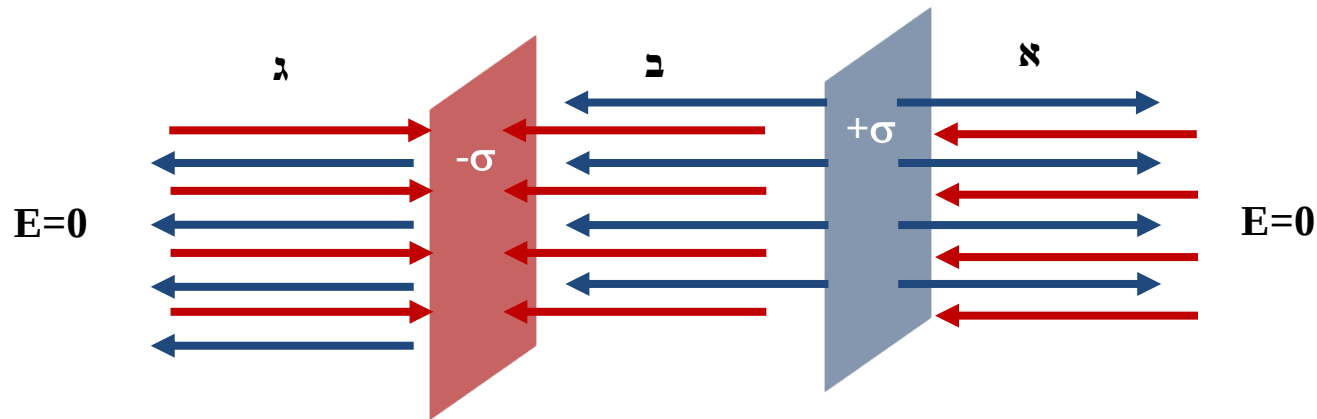
השדה החשמלי של לוח אינסופי טעון בצפיפות מטען אחידה הוא שדה אחיד.

כלומר, הוא איננו משתנה ממקום למקום, כשנעים בו בכיוון מקביל ללוח או בכיוון ניצב ללוח.

שדה חשמלי של שני לוחות אינסופיים מקבילים טעונים

שני לוחות אינסופיים מקבילים טעונים, האחד בצפיפות מטען אחידה $+\sigma$, והשני בצפיפות מטען אחידה $-\sigma$. המרחק בין הלוחות הוא d .

הלוחות מחלקים את המרחב כולו לשלושה אזורים המתוארים (א, ב, ג). מהם השדות החשמליים בכל אחד מאזורים אלו של המרחב?



❖ בין הלוחות (אזור ב) השדות מתחברים.

❖ מחוץ ללוחות (אזורים א, ג) השדות מבטלים זה את זה, E שווה לאפס.

מסקנה:

בין שני לוחות אינסופיים המקבילים וטעונים במטענים שווים בגודלם והפוכים בסימנם

קיים שדה חשמלי אחיד, שכיוונו מהלוח הטעון חיובית אל זה הטעון שלילית.

מחוץ ללוחות השדה הוא 0.

❖ **עוצמת** השדה החשמלי בנקודה מוגדרת ככוח הפועל על יחידת מטען **חיובי** המצויה בנקודה זו:

$$\rho_E = \frac{F_E}{q}$$

❖ יחידת השדה החשמלי היא:

$$[E] = \frac{[F_E]}{[q]} = \frac{N}{C}$$

❖ השדה החשמלי הוא ווקטור, שכיוונו ככיוון הכוח החשמלי הפועל על מטען חיובי.

❖ ניתן לתאר את השדה החשמלי בעזרת קווים הנקראים קווי שדה. קווים אלו מצביעים על כיוון הכוח

שהיה פועל על מטען חיובי שיונח באותה נקודה. צפיפות קווי השדה מצביעה על עוצמת השדה.

❖ השדה החשמלי, הנוצר על ידי כדור מוליך טעון שהמטען מפוזר על פניו באופן אחיד, בנקודות

שוות מחוץ לכדור, שווה לשדה שהיה נוצר בנקודות אלה כאילו כל המטען היה מרוכז במרכז הכדור.

❖ השדה החשמלי של לוח איסופי טעון בצפיפות מטען אחידה הוא שדה אחיד.

❖ בין שני לוחות אינסופיים המקבילים וטעונים במטענים שווים בגודלם והפוכים בסימנם קיים

שדה חשמלי אחיד שכיוונו מהלוח הטעון חיובית אל זה הטעון שלילית. מחוץ ללוחות השדה הוא