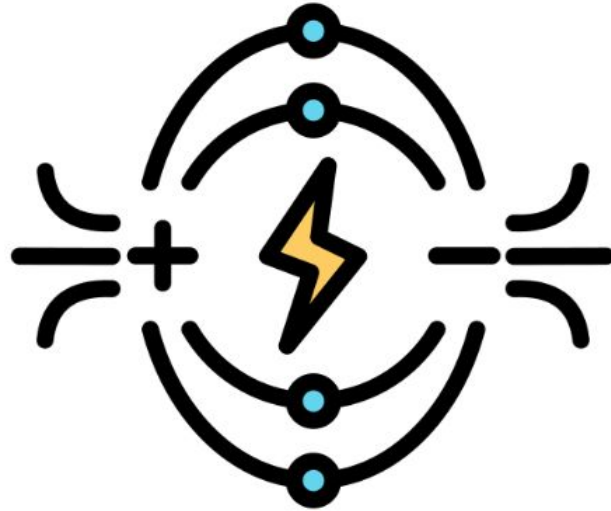




פיזיקה בגובה העיניים

אלקטרוסטטיקה - 2

כוח חשמלי (F_e)



כוח חשמלי (F_e)

הגדרה - כוח חשמלי הוא הכוח הפועל בין מטענים חשמליים.

סימון - F_e

נוסחה (גודל כוח חשמלי בין שני מטענים נקודתיים):

$$F_e = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

פרמטרים:

- $k = 9 \cdot 10^9$ - קבוע קולון $[Nm^2/c^2]$
- q_1 - המטען החשמלי של הגוף הראשון $[c]$
- q_2 - המטען החשמלי של הגוף השני $[c]$
- r - המרחק בין שני המטענים $[m]$

בנוסחה נציב תמיד את הגודל של q_1 ו- q_2 (סימן חיובי).

דוגמה 1:

על ציר אופקי ממוקמים שני מטענים נקודתיים: $q_1 = 4 \cdot 10^{-4} \text{C}$ ו- $q_2 = 6 \cdot 10^{-5} \text{C}$. המרחק ביניהם הוא 50mm. חשב את הכוח הפועל ביניהם.



$$q_1 = 4 \cdot 10^{-4} \text{C}, q_2 = 6 \cdot 10^{-5} \text{C}, r = 50 \text{mm} = 50/1000 = 0.05 \text{m}$$

$$F_{12} = ?$$

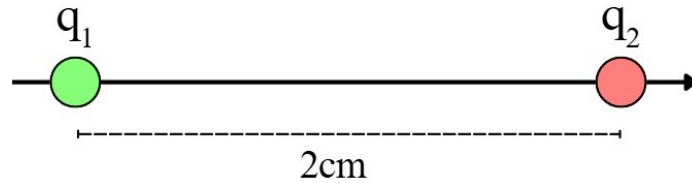
$$F_e = kq_1q_2/r^2$$

$$F_{12} = (9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 6 \cdot 10^{-5}) / (0.05)^2 = 86400$$

$$F_{12} = 86400 \text{N}$$

דוגמה 2:

על ציר אופקי ממוקמים שני מטענים נקודתיים: $q_1 = 3 \cdot 10^{-4} \text{C}$ ו- $q_2 = -8 \cdot 10^{-5} \text{C}$. המרחק ביניהם הוא 2cm .
חשב את הכוח הפועל ביניהם.



$$q_1 = 3 \cdot 10^{-4} \text{C}, q_2 = -8 \cdot 10^{-5} \text{C}, r = 2 \text{cm} = 0.02 \text{m}$$

$$F_{12} = ?$$

$$F_e = kq_1q_2/r^2$$





$$F_{12} = (9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-4} \cdot 8 \cdot 10^{-5}) / (0.02)^2 = 540000$$

$$F_{12} = 540000 \text{N} = 0.54 \cdot 10^6 \text{N}$$

כיוון הכוח החשמלי

הכוח החשמלי הוא וקטור - גודל וכיוון.

כיוון הכוח החשמלי תלוי בסימן המטענים.

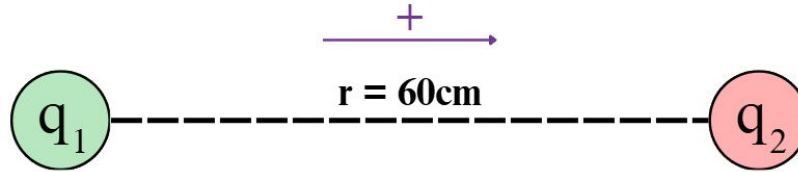
דחיה	משיכה
	
	

דחיה - כאשר סימן המטענים זהה.

משיכה - כאשר סימן המטענים שונה.

דוגמה 1:

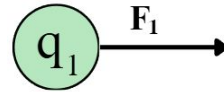
לפניך איור המתאר את שני מטענים על הציר האופקי $q_1 = 2 \cdot 10^{-5} \text{C}$ ו- $q_2 = -4 \cdot 10^{-5} \text{C}$. הכיוון החיובי מוגדר ימינה.



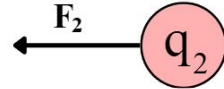
א. מהו הכוח החשמלי (גודל וכיוון) שפועל על q_1 .

$$F_1 = ?$$
$$F_e = kq_1q_2/r^2$$
$$F_1 = (9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 4 \cdot 10^{-5}) / (0.6)^2 = 20$$

$F_1 = 20\text{N}$ ימינה



ב. מהו הכוח החשמלי (גודל וכיוון) שפועל על q_2 .

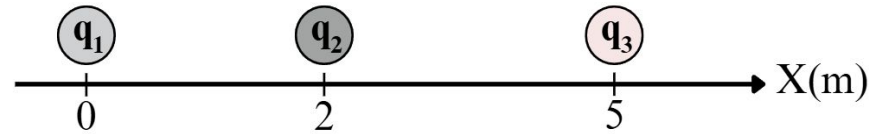


$F_2 = -20\text{N} = 20\text{N}$ שמאלה

ג. אם נהפוך את סימן המטען של q_2 כיצד תשתנה תשובתך לסעיף ב. הגודל נשאר זהה, רק הכיוון משתנה מכיוון שכעת שני המטענים חיוביים ודוחים זה את זה.

דוגמה 2:

על ציר אופקי ממוקמים שלושה מטענים נקודתיים: מטען $q_1 = 400 \mu\text{C}$ ממוקם בנקודה $x = 0\text{m}$, מטען $q_2 = -0.2\text{mC}$ ממוקם בנקודה $x = 2\text{m}$, מטען $q_3 = 300 \mu\text{C}$ ממוקם בנקודה $x = 5\text{m}$. הכיוון החיובי מוגדר ימינה.



א. חשב את גודל וכיוון הכוח השקול הפועל על מטען q_2 .

$$q_1 = 4 \cdot 10^{-4}\text{C}, q_2 = -2 \cdot 10^{-4}\text{C}, q_3 = 3 \cdot 10^{-4}\text{C}, r_{21} = 2\text{m}, r_{23} = 3\text{m}$$

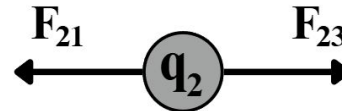
$$F_2 = ?$$

$$F_2 = F_{23} - F_{21}$$

$$F_2 = kq_2q_3/r_{23}^2 - kq_1q_2/r_{21}^2$$

$$F_2 = (9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot 3 \cdot 10^{-4})/(3)^2 - (9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-4})/(2)^2$$

$$F_2 = -120\text{N} = 120\text{N} \text{ שמאלה}$$



דוגמה 2 - המשך...

הופכים את סימן מטען q_2 , מסירים את מטען q_3 ומכניסים בין q_1 ל- q_2 מטען שלילי q .
ב. באיזה מיקום יש להניח מטען שלילי q כדי שהכוח השקול שיפעל עליו יהיה אפס.

$$X = ?$$

$$F = F_2 - F_1$$

$$F_1 - F_2 = 0$$

$$F_1 = F_2$$

$$kq_1q/r_1^2 = kq_2q/r_2^2$$

$$q_1/X^2 = q_2/(2-X)^2$$

$$4 \cdot 10^{-4}/X^2 = 2 \cdot 10^{-4}/(2-X)^2$$

$$2/X^2 = 1/(2-X)^2$$

$$2(2-X)^2 = X^2$$

$$2(4 - 4X + X^2) = X^2$$

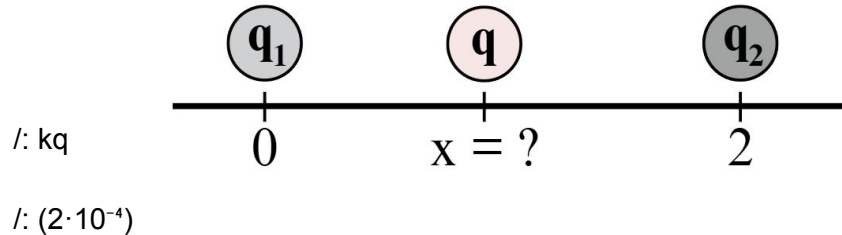
$$8 - 8X + 2X^2 = X^2$$

$$X^2 - 8X + 8 = 0$$

$$X_1 = 6.82, X_2 = 1.17$$

$$0 < X < 2$$

$$X = 1.17\text{m}$$



ת"ה:

דוגמה 2 - המשך...

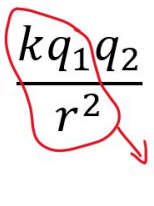
ג. אם מכפילים את המטען q פי 3, האם זה מגדיל, מקטין או לא משנה את המיקום שבו הכוח השקול מתאפס? נמק את תשובתך.

המטען q התבטל מהמשוואה לחלוטין. המיקום שבו הכוח מתאפס תלוי רק ביחס בין המטענים הקבועים q_1 ו- q_2 , ולא בגודל המטען שמכניסים ביניהם. לכן כפל המטען בכל מספר לא ישפיע על המיקום.

הקשר בין כוח ושדה חשמלי - גודל

הגדרה - הכוח החשמלי הפועל על מטען שווה למכפלת השדה החשמלי במקום שבו נמצא המטען כפול גודל המטען.

נוסחה: $F = Eq$

$$F_e = \frac{kq_1q_2}{r^2} = Eq_2$$


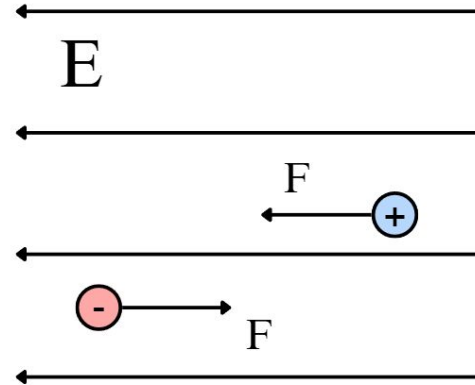
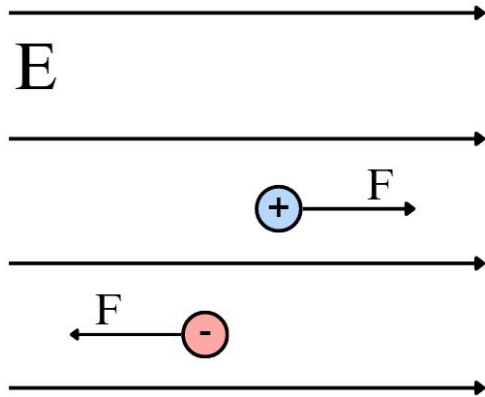
פרמטרים:

- F - כוח חשמלי [N]
- E - שדה חשמלי [N/C]
- q - מטען [C]

השדה החשמלי מתאר כמה כוח יפעל על מטען יחידה (1 קולון) במקום מסוים. אם נכניס מטען גדול יותר לאותו מקום, הכוח יגדל באותו יחס.

הקשר בין כוח ושדה חשמלי - כיוון

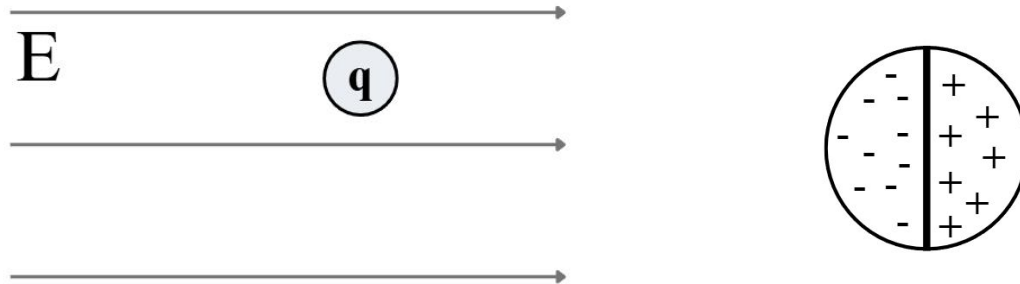
כלל: מטען חיובי נע בכיוון השדה החשמלי, מטען שלילי נע נגד כיוון השדה החשמלי.



קוטביות המטען

כאשר חומר מוליך נמצא בשדה חשמלי חיצוני, השדה גורם להפרדה של הפרוטונים והאלקטרונים בחומר. האלקטרונים נמשכים נגד השדה החיצוני, כתוצאה נוצרת הפרדה פנימית ביניהם.

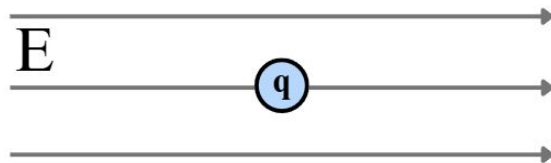
החומר הופך דיפול חשמלי - יש לו קוטב חיובי מצד אחד וקוטב שלילי מצד שני.



גודל המטען נשאר זהה אך מקום האלקטרונים משתנה בתוכו, זה קורה רק במוליך בלבד !

דוגמה 1:

מטען חשמלי $q = 2c$ נע ימינה בתוך שדה חשמלי אחיד $E = 200N/c$ שכיוונו נתון בציור שלפניך.



א. מהו סימן המטען q .

חיובי, המטען נע בכיוון של קווי השדה.

ב. חשב את הכוח החשמלי הפועל על המטען.

$$E = 200N/c, q = 2c$$

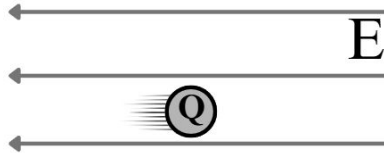
$$F = Eq$$

$$F = 200 \cdot 2 = 400$$

$$F = 400N$$

דוגמה 2:

מטען חשמלי Q ממוקם באיזור שבו שורר שדה חשמלי אחיד $E = 5 \cdot 10^3 \text{ N/C}$. באיור שלפניך ניתן לראות שקווי השדה מכוונים שמאלה והמטען נע ימינה. גודל הכוח החשמלי הפועל על המטען הוא $F = 2 \cdot 10^{-2} \text{ N}$.



חשב את גודל וסימן המטען החשמלי Q.

$$E = 5 \cdot 10^3 \text{ N/C}, F = 2 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

$$Q = ?$$

$$F = EQ \quad /: E$$

$$Q = F/E$$

$$Q = (2 \cdot 10^{-2}) / (5 \cdot 10^3) = 4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

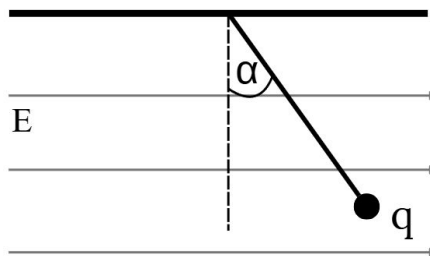
$$Q = 4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

$$Q = -4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

מהאיור: השדה מכוון שמאלה והמטען נע ימינה, לכן המטען שלילי.

דוגמה 3:

מטען קטן בעל מסה $m = 20\text{g}$ תלוי על חוט באורך $L = 50\text{cm}$. מפעילים שדה חשמלי אחיד $E = 2 \cdot 10^4 \text{ N/C}$ בכיוון אופקי ימינה. המטען מגיע לשיווי משקל כאשר החוט יוצר זווית $\alpha = 36.9^\circ$ עם האנך. (ראה תרשים).



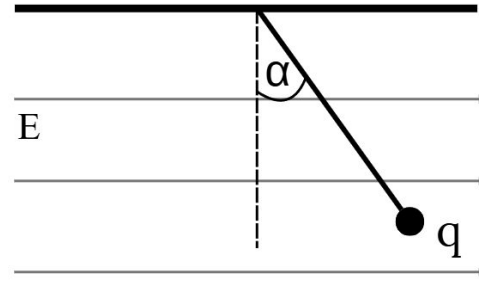
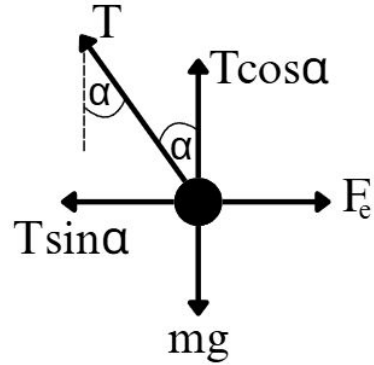
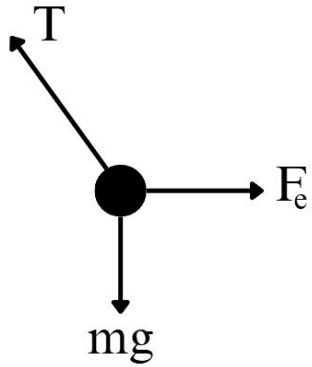
א. היעזר באיור שלפניך וקבע האם המטען הוא חיובי או שלילי. נמק את דעתך.

המטען חיובי.

נימוק: השדה החשמלי מכוון ימינה והמטען נסחף ימינה. מטען חיובי נסחף בכיוון השדה, מטען שלילי נסחף בכיוון הפוך לשדה.

דוגמה 3 - המשך...

ב. שרטט את תרשימים הכוחות הפועלים על המטען.



דוגמה 3 - המשך...

ג. חשב את גודל המטען q .

$$q = ?$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_e - T \sin(\alpha) = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$T \cos(\alpha) - mg = 0$$

נסדר את המשוואות ונחלקם:

$$T \sin(\alpha) = F_e$$

$$T \cos(\alpha) = mg$$

$$\tan(\alpha) = F_e/mg$$

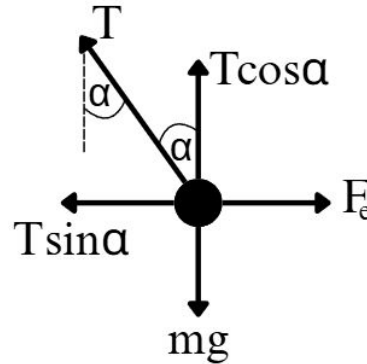
$$\tan(\alpha) = qE/mg$$

$$/: (E/mg)$$

$$q = mg \tan(\alpha)/E$$

$$q = 0.02 \cdot 10 \cdot \tan(36.9) / (2 \cdot 10^4) = 7.508 \cdot 10^{-6}$$

$$q = 7.51 \cdot 10^{-6} \text{C}$$



דוגמה 3 - המשך...

ד. מצא את גודל המתיחות בחוט.

$$T = ?$$

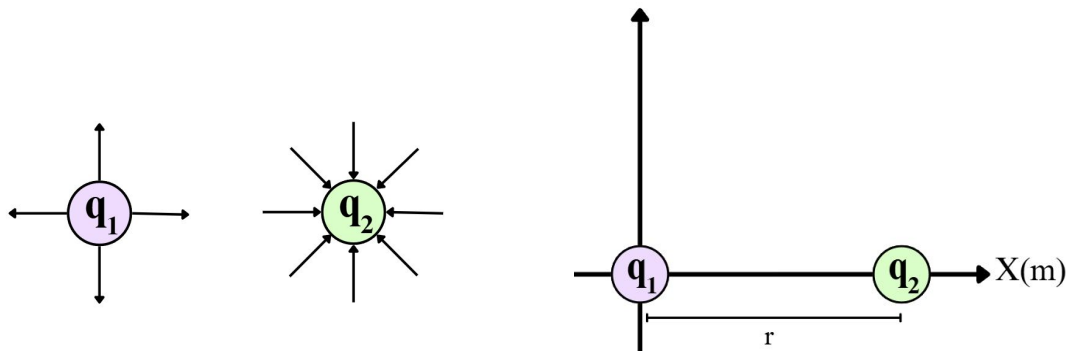
$$T = mg/\cos\theta$$

$$T = (0.02 \cdot 10)/0.8 = 0.25$$

$$T = 0.25\text{N}$$

דוגמה 4:

מטען $q_1 = 8 \cdot 10^{-6} \text{C}$ ממוקם בראשית הצירים ומטען q_2 ממוקם במרחק r ממנו. באיור שלפניך רואים את קווי השדה החשמלי של שני המטענים. מסת המטען q_2 היא $m = 5 \cdot 10^{-16} \text{kg}$.



א. לפי האיור, מצא את מטען q_2 .

$$q_2 = ?$$

סימן: שלילי (קווי השדה נכנסים למטען)
ניתן לראות שלמטען q_2 יש פי 2 יותר קווי שדה מאשר למטען q_1 מה שאומר שגודל המטען הוא פי 2.

$$q_2 = -16 \cdot 10^{-6} \text{C}$$

דוגמה 4 - המשך...

הכוח החשמלי הפועל בין שני המטענים הוא $F = 0.512\text{N}$.

ב. חשב את המרחק בין המטענים.

$$r = ?$$

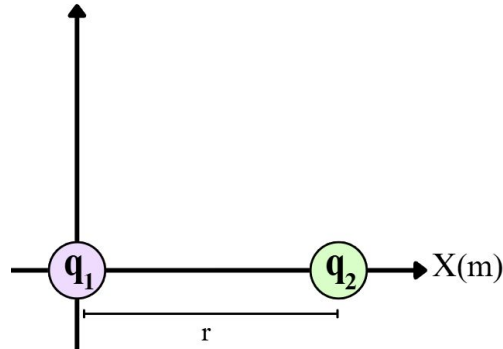
$$F = kq_1q_2/r^2$$

$$r^2 = kq_1q_2/F$$

$$r^2 = (9 \cdot 10^9 \cdot 8 \cdot 10^{-6} \cdot 16 \cdot 10^{-6}) / 0.512 = 2.25$$

$$r^2 = 2.25 \quad / \sqrt{\quad}$$

$$r = 1.5\text{m}$$



דוגמה 4 - המשך...

חוקר מעניק למטען q_2 מהירות $v_0 = 3.92 \cdot 10^7$ m/s בכיוון הניצב לקו המחבר בין המטענים. בשל הכוח החשמלי המושך, המטען נכנס לתנועה מעגלית סביב q_1 .

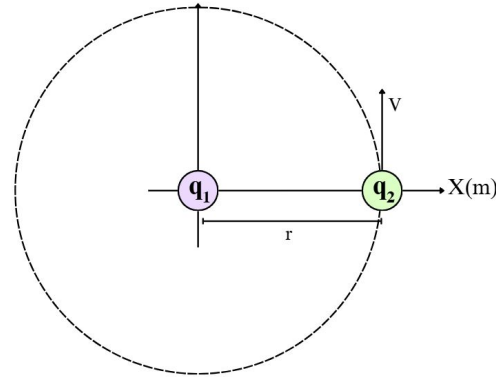
ג. חשב את זמן המחזור של התנועה המעגלית.

$$T = ?$$

$$T = 2\pi r/v$$

$$T = 2\pi \cdot 1.5 / (3.92 \cdot 10^7) = 2.41 \cdot 10^{-7}$$

$$T = 2.41 \cdot 10^{-7} \text{s}$$



סוף שיעור 2

עכשיו לתרגל את שיעורי הבית, תודה רבה שהקשבתם לי ולהתראות. 🙌

