

חוק קולון והשדה האלקטרוסטטי

בשנת 1784 מדד הפיזיקאי הצרפתי שארל קולון את הכוח השורר בין שני גופים הטעונים במטענים חשמליים ונמצאים במנוחה.
תוצאות המדידה היו: בין שני מטענים חשמליים נקודתיים q_1 ו- q_2 הנמצאים במרחק r זה מזה, פועל כוח שגודלו נמצא ביחס ישר למכפלת המטענים וביחס הפוך לריבוע המרחק ביניהם: $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$.

F הוא הכוח ו- k הוא קבוע הפרופורציה, שכדי להגדיר אותו יש להגדיר את יחידת המטען החשמלי.

הכוח שאותו הצליח למדוד קולון מכונה **כוח חשמלי** או **כוח אלקטרוסטטי** (למרות שהמשוואה לכוח תקפה כאשר הכוח נעים ואינם סטטיים).
 המשוואה הנ"ל מכונה גם בשם "**חוק קולון**", למרות שהיא מזכירה את המשוואה המתארת את כוח הכבידה אך ע"פ חוק קולון הכוח יכול גם לדחות בניגוד לכוח המשיכה שרק מושך.

יחידת המטען החשמלי:

יחידת המטען החשמלי במערכת היחידות SI, נקראת **קולון**, את הקולון מסמנים באות C והיא מוגדרת כמטען החשמלי העובר בתיל נושא זרם בן אמפר 1 במשך שניה אחת (פירוט בהמשך).

ע"פ ההגדרה של הקולון קבוע הפרופורציה k הנתון במשוואה הוא:
 $k = 8.98742 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2$ (ניתן לעגל ל-9).

מקובל יותר לכתוב את משוואת קולון בצורה הבאה: $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$, כלומר, במקום k אנחנו מציבים $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$. זה נועד לתת צורה פשוטה יותר למשוואות הנגזרות מחוק קולון.
 ערכו של ϵ_0 (אפסילון אפס).

1. תרגיל:

שני מטענים נקודתיים במרחק 0.2 מטר זה מזה. $q_1 = 8\mu\text{C}$ (8 מיקרו קולון, מליונית הקולון) ו- $q_2 = 5\mu\text{C}$.

- חשב את הכוח על כל מטען.
- חשב את הכוח השקול על מטען חיובי שלישי $q_3 = 3\mu\text{C}$, המוצב באמצע המרחק בין שני המטענים.
- היכן יש להציב את q_3 כדי שהכוח השקול עליו יתאפס?

א) לפי חוק קולון הכוח הפועל על כל אחד מן המטענים שווה בגודלו והפוך בכיוונו.

$$F = \frac{9 \times 10^9 \cdot 8 \times 10^{-6} \cdot 5 \times 10^{-6}}{0.2^2} = 9N$$

על q_1 הכוח הפועל הוא שמאלה ולכן נרשום כי $F = -9$
והכוח הפועל על q_2 הוא 9.

$$F = 9 \times 10^9 \left[\frac{8 \times 10^{-6} \cdot 3 \times 10^{-6}}{0.1^2} - \frac{5 \times 10^{-6} \cdot 3 \times 10^{-6}}{0.1^2} \right] = 8.1N \quad \text{ב)}$$

ג) נסמן ב- x את המרחק של q_3 מ- q_1 . צריך להתקיים:

$$r - x = x \cdot \sqrt{\frac{q_2}{q_1}} \Leftrightarrow k \frac{q_3 q_1}{x^2} - k \frac{q_3 q_2}{(r - x)^2} = 0$$

$$x = \frac{r}{1 + \sqrt{\frac{q_2}{q_1}}} = \frac{0.2}{1 + \sqrt{5/8}} = 0.1117m \Leftrightarrow$$

*מהתוצאה ניתן לראות כי x אינו תלוי במטען של q_3 ולכל מטען שנציב בנקודה זו, הכוח השקול עליו יהיה 0.

השדה החשמלי:

כל גוף הטעון במטען חשמלי מחולל שדה חשמלי שמקיף אותו. לפי ההגדרה, שדה חשמלי הוא האיזור במרחב שבו יחוש גוף טעון אחר בהשפעתו של הגוף המחולל את השדה יימשך אליו אם סימנו שונה, או יידחה ממנו והלאה אם סימנו שווה. כביכול, כל שדה חשמלי משתרע עד לאינסוף. אך בפועל, מכיוון ועוצמת השדה פוחתת עם ריבוע המרחק, לכל מטען יש שדה מוגבל בממדיו מבחינה מעשית.

במקום לומר שמטען נקודתי q_1 מפעיל מרחוק כוח על מטען נקודתי אחר q_2 מוטב לומר שהמטען q_1 יוצר במרחב סביבו שדה חשמלי.

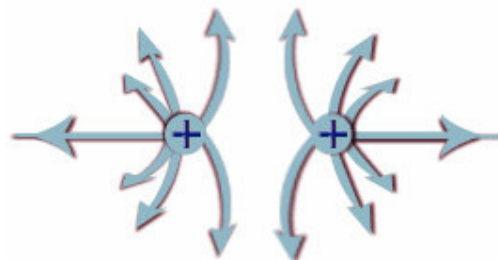
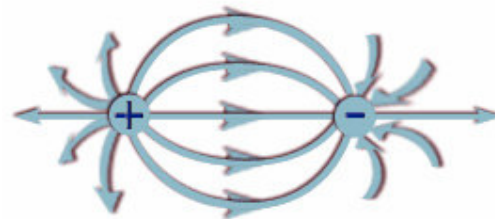
שדה זה הקיים בכל נקודה במרחב מפעיל כוח חשמלי $F_{1,2}$ על q_2 .

את השדה נסמן ב- E וע"פ חוקי קולון ניתן להגדירו כך: $E = \frac{F_1}{q_1}$, ל q_1 במשוואה קוראים

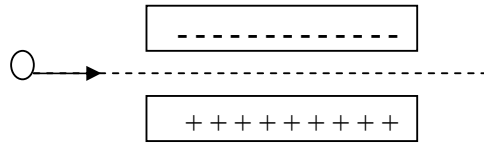
מטען בוחן. למטענים היוצרים את השדה קוראים **מקורות השדה**.

- ניתן לסכם ולהגיד כי: אם השדה החשמלי בנקודה מסויימת הוא E , הכוח שיפעל על מטען בוחן q בנקודה זו הוא qE .

בהמחשה גרפית, אפשר לתאר את השדה החשמלי באמצעות חצים, הקרויים "קווי שדה". כשמדובר בתיאור דו-ממדי של שדהו של מטען נקודתי יחיד, החצים יוצאים ממנו לכל הכיוונים. אם המטען מחולל השדה חיובי, ראשי החצים מורים ממנו והלאה; אם הוא שלילי, הם מורים לעברו. זוהי מוסכמה בלבד. מספר הקווים הוא כביכול אינסופי, אך בפועל מקובל לשרטט רק את מקצתם. מספר הקווים משקף את עוצמת השדה: אם משרטטים שני שדות, האחד חזק והאחר חלש ממנו, בשדה החזק ישורטטו יותר קווים.



2. תרגיל :



אורך הלוחות שבציור הוא 3 ס"מ והמרחק ביניהם הוא 1 ס"מ.
 השדה ביניהם הוא 8000 N/C שכיוונו – מהלוח החיובי אל השלילי.
 אלקטרון (בעל מטען שלילי) שמהירותו היא 1.5×10^7 מ'שנ', נכנס אל בין הלוחות
 באמצע המרחק ביניהם, כשכיוון תנועתו ההתחלתי מקביל ללוחות.

- (א) באיזה כיוון יוטה מסלול תנועתו של האלקטרון.
 (ב) מהו הכוח השקול שיפעל עליו בין הלוחות.
 (ג) לאיזה מרחק יוסט האלקטרון בכיוון האנכי תוך כדי תנועתו בין הלוחות.

פתרון:

(א) כיוון השדה הוא מלמטה למעלה, מכיוון שלאלקטרון מטען שלילי, כיוון הכוח החשמלי הפועל עליו מנוגד לכיוון השדה ומסלול האלקטרון יתעקם כלפי מטה.

(ב) הכוח החשמלי הוא $F = qE$ $-1.2816 \times 10^{-15} N = -1.602 \times 10^{-19} \cdot 8000$
 (-1.602×10^{-19} הוא מטען האלקטרון).
 *בסעיף זה ניתן להזניח את כוח הכבידה מכיוון שהוא חלש מאוד
 ביחס לכוח החשמלי.

(ב) בכיוון ה-x נע האלקטרון במהירות קבועה ואילו בציר ה-y נע האלקטרון בתאוצה קבועה.

$$a_y = \frac{F}{m} = \frac{-1.2816 \times 10^{-15}}{9.11 \times 10^{-31}} = -1.4068 \times 10^{15} m/s^2$$

(מאסת האלקטרון היא 9.11×10^{-31}).

כעת נסמן ב-t את הזמן הדרוש לאלקטרון לעבור את הלוחות:

$$t = \frac{s}{v_x} = \frac{3 \times 10^{-2}}{1.5 \times 10^7} = 2 \times 10^{-9} \text{ (s - אורך הלוחות)}$$

$$y = 0.5 \cdot a t^2 = -0.5 \cdot 1.4068 \times 10^{15} \cdot (2 \times 10^{-9})^2 = 0.281 cm$$

שדה של מערכת מטענים:

אם בסביבת נקודה מסוימת יש כמה מטענים נקודתיים, הכוח השקול שיפעל על מטען בוחן q בנקודה זו הוא: $F = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n = \sum_i^n F_i$ - סכום וקטורי של כלל הכוחות.

ע"פ הנוסחה הנ"ל ניתן גם לכתוב כי גודלו של השדה שהיה שורר בנקודה הקודמת הוא: $E = \sum E_i = E_1 + E_2 + \dots + E_n$.

סיכומונה - אתר הסיכומים החופשי

www.sikumuna.co.il

נכתב ע"י עמיחי ניידרמן

סיכום זה נלקח מסיכומונה אתר הסיכומים החופשי – www.sikumuna.co.il.
סיכום זה נכתב ע"י עמיחי ניידרמן.

אין לשנות קובץ זה ללא אישור בכתב מן הכותב.

מי שמעוניין לשלוח תיקונים, הצעות או בקשות שונות לגבי מסמך זה מוזמן לפנות אל
המחבר באימייל amihai@sikumuna.co.il.