

תוכן העניינים:

חזרה על עקרונות פיזיקאליים 2

חזרה על מושגי יסוד בחשמל : 2

סיכום כללי : 2

חזרה על מושגי יסוד במגנטיות : 7

סיכום כללי : 7

שימו לב!

החוברת מחולקת לנושאים כפי שמוצגים באתר GOOL. כל נושא פותח בסיכום תיאורטי קצר ולאחריו דוגמאות – אלו נידונים בהרחבה בסרטוני התיאוריה שבאתר GOOL. לאחר מכן ישנו מגוון תרגילים ברמה עולה בכל אחד מהנושאים – כולם נפתרים באריכות ובפירוט בסרטוני השאלות שבאתר.

פרק 1

חזרה על עקרונות פיזיקאליים

חזרה על מושגי יסוד בחשמל:

סיכום כללי:

כוח המשיכה:

כוח המשיכה: $F = m \cdot g$. יחידות מדידה של כוח: $[F] = N$.

שדה הגרביטציה הוא בעל יחידות: $g = \frac{F}{m} \left[\frac{N}{kg} \right]$.

מבנה האטום:

אטום נייטרלי – מספר הפרוטונים שווה למספר האלקטרונים.

יון חיובי – מספר הפרוטונים גדול ממספר האלקטרונים.

יון שלילי – מספר הפרוטונים קטן ממספר האלקטרונים.

הכוח החשמלי:

מטען אלקטרון: $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} C$. מטען פרוטון: $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} C$.

חוק קולון:

בין שני גופים הטעונים במטענים q_1 ו- q_2 ונמצאים במרחק r זה מזה, קיים כוח חשמלי ביניהם (משיכה או דחייה) המקיים: $F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$ כאשר $k = 9 \cdot 10^9 \left[\frac{Nm^2}{C^2} \right]$.

מתקיים: $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ כאשר $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \left[\frac{C^2}{Nm^2} \right]$ מקדם דיאלקטרי של ריק.

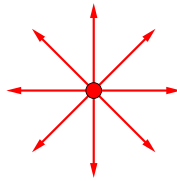
שדה חשמלי:

שדה חשמלי מוגדר בתור כוח ליחידת מטען: $[E] = \frac{N}{C}$.

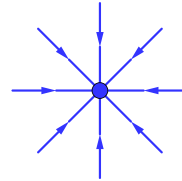
שדה חשמלי ממטען q במרחב הוא: $E = \frac{kq}{r^2}$.

הכוח החשמלי הפועל על מטען q' הוא: $F = q'E = \frac{kqq'}{r^2}$.

שדה חשמלי ממטען נקודתי וכיוונו:



$$\vec{E} = \frac{kq}{r^2} \cdot \hat{r}$$



$$\vec{E} = \frac{kq}{r^2} \cdot (-\hat{r}) = -\frac{kq}{r^2} \cdot \hat{r}$$

שטף חשמלי:

מדידה של 'כמות' קווי שדה חשמלי דרך חתך שטח מסוים.

סימון השטף החשמלי: $\Phi_E = \frac{E}{A} \left[\frac{N}{C \cdot m^2} \right]$.

חוק גאוס:

סך השטף החשמלי העובר דרך מעטפת סגורה נמצא ביחס ישר למטען החשמלי

הכלוא במעטפת זו. כלומר: $\oiint_S \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{Q_{in}}{\epsilon_0}$ או: $\Phi_E = \frac{Q_{in}}{\epsilon_0}$.

צפיפות מטען:

צפיפות מטען ליחידת אורך: $\lambda \left[\frac{C}{m} \right]$

צפיפות מטען ליחידת שטח: $\sigma \left[\frac{C}{m^2} \right]$

צפיפות מטען ליחידת נפח: $\rho \left[\frac{C}{m^3} \right]$

אנרגיה חשמלית ועבודה חשמלית:

עבודה מוגדרת בתור מכפלת הכוח \vec{F} הדרוש כדי להעביר מטען q מנקודה r_1

$$\text{לנקודה } r_2 \text{ במרחב, כלומר: } W_{r_1 \rightarrow r_2} = \int_{r_1}^{r_2} \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

אין משמעות למסלול אלא רק לנקודת ההתחלה והסוף!

$$\text{אנרגיה פוטנציאלית חשמלית היא: } E_p = \frac{kQq}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r}$$

פוטנציאל חשמלי:

הפוטנציאל החשמלי בנקודה מסוימת במרחב מוגדר בתור **האנרגיה ליחידת מטען** שיש להשקיע בכדי להביא אותו מאינסוף (מקום בו לא צריך להשקיע אנרגיה כלל) לנקודה מסוימת במרחב.

$$\text{החישוב הכללי של פוטנציאל חשמלי הוא: } \varphi_{r_1 \rightarrow r_2} = - \int_{r_1}^{r_2} \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

$$\text{בפרט עבור נקודה כלשהי במרחב נכתוב: } \varphi = - \int_{-\infty}^r \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

$$\text{הקשר שבין פוטנציאל חשמלי ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית: } E_p = \frac{kQq}{r} = \varphi \cdot q$$

יחידות וסימונים של פוטנציאל חשמלי:

סימון הפוטנציאל החשמלי: φ, v

$$\text{יחידות הפוטנציאל החשמלי: } [v] = \left[\frac{E_p}{q} \right] = \left[\frac{J}{C} \right] = [V]$$

הפרש פוטנציאלים:

$$\text{מגדירים הפרש פוטנציאלים: } v_{12} = v_{p1} - v_{p2}$$

מתח חשמלי:

הפרש פוטנציאלים בין שתי נקודות במרחב: $v_{12} = v_1 - v_2$ מוגדר בתור מתח חשמלי.

$$\text{בהתאם להגדרה מתקיים: } v_{12} = -v_{21}$$

מתח חיובי מקיים: $v_1 > v_2$ ומתח שלילי מקיים: $v_1 < v_2$

סוגי חומרים בטבע:

חומרים המוליכים למחצה	חומרים מבודדים	חומרים מוליכים
	אנרגית קשר גבוהה	אנרגיה קשר נמוכה
	מספר קטן של אלקטרונים חופשיים	מספר גדול של אלקטרונים חופשיים

חומרים דיאלקטריים:

חומרים מבודדים אשר מתקטבים חשמלית בנוכחות של שדה חשמלי.

$$\vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{\epsilon} \text{ כאשר } \epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$$

חוזק דיאלקטרי ומקדם הפארמביליות:

הגודל ϵ_0 נקרא **המקדם הדיאלקטרי של ריק** ומתאר את מידת החומר להגיב לשדה

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \left[\frac{C^2}{m^2 \cdot N} \right] \text{ : ערכו הוא}$$

קיבול:

קיבול היא מידה המתארת את היכולת של רכיב לאגור מטען ליחידת מתח: $C = \frac{q}{V}$

$$F = \frac{C}{V} = \frac{C^2}{N \cdot m}, [C] = \left[\frac{q}{V} \right] = F$$

דרך נוספת לחשב (ולהגדיר) קיבול היא באמצעות המידות הגאומטריות של צורה

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \text{ : בה עוסקים}$$

קשר בין המקדם הדיאלקטרי לקיבול:

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \left[\frac{F}{m} \right] \text{ : ניתן להגדיר באמצעות קיבול}$$

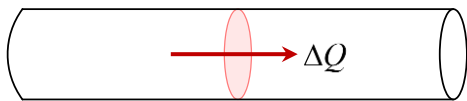
החוזק הדיאלקטרי של חומר מתאר את היכולת שלו לאגור מטענים חשמלים ליחידת אורך.

אנרגיה חשמלית האגורה בקבל:

$$U_c = \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2}qV = \frac{CV^2}{2} : \text{היא } C \text{ קיבול ו} V_c \text{ ע"מ מתח}$$

תנועת מטענים:

תנועת מטענים במוליך בעל שטח חתך A בפרק זמן Δt מקיימת: $\Delta Q = N \cdot q_e \cdot A \cdot v \cdot \Delta t$
כאשר:



N - ריכוז מטען ליחידת נפח $\left[\frac{C}{m^3} \right]$

q_e - מטען אלקטרון בודד $[C]$.

v - מהירות הסחיפה של האלקטרונים $\left[\frac{m}{sec} \right]$

A - חתך המוליך $[m^2]$.

Δt - יחידת זמן $[sec]$.

זרם חשמלי:

נגדיר זרם בתור כמות המטען Q שעובר דרך חתך A בפרק זמן t .
כלומר: $i(t) = \frac{dQ}{dt}$. בפרט עבור זרם קבוע מתקיים: $i = N \cdot q_e \cdot A \cdot v$.

יחידות: $[i] = A$, כלומר, $i = \frac{dQ}{dt} \rightarrow \left[\frac{C}{sec} \right] = [A]$.

צפיפות זרם חשמלי:

זרם ליחידת שטח: $J = \frac{i}{A} \left[\frac{A}{m^2} \right]$.

חזרה על מושגי יסוד במגנטיות:

סיכום כללי:

חוק אמפר:

סך צפיפות השטף המגנטי הבוקע ממשטח S הסגור במסלול סגור C שווה לסך הזרם I_{in} העובר דרך מסלול זה במכפלת μ_0 , כלומר: $\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{in}$.

סוגי חומרים:

חומר פאראמגנטי:

בהינתן שדה מגנטי חיצוני, הדיפולים מצליחים להתגבר על תנודות תרמיות פנימיות והם מתיישרים בכיוון השדה ובכך מגדילים את השדה הכולל.

חומר דיאמגנטי:

בהינתן שדה מגנטי חיצוני, מגיב בצורה שלילית ובכך מקטין את השדה המגנטי הכולל.

חומר פרומגנטי:

בהינתן שדה מגנטי חיצוני, הדיפולים מתיישרים ומסתדרים עם כיוון השדה. בחומר פרומגנטי הדיפולים נשארים מסודרים גם לאחר שהשדה המגנטי חיצוני הפסיק לפעול.

מקדם הפארמביליות:

הגודל: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \approx 12.57 \cdot 10^{-7} \left[\frac{\text{A} \cdot \text{m}}{\text{Wb}} \right]$ מתאר את היכולת של ריק' להתמגנט'.

עוצמת השדה המגנטי:

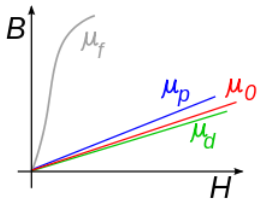
השדה \vec{B} מורכב מתרומת זרמים קשורים וזרמים חופשיים.

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M} \quad \text{עוצמת השדה המגנטי מוגדרת:}$$

במקרים סימטריים (תיל אינסופי, גליל אינסופי, מישור אינסופי, סליל, טורואיד)

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \quad \left[\frac{\text{A}}{\text{m}} \right] \quad \text{ניתן לומר כי: (ישירות כי מתקיים: } \vec{\nabla} \cdot \vec{M} = 0 \text{ כאשר: } \mu = \mu_0 \mu_r \text{)}$$

$$\oint_c \vec{H} \cdot d\vec{l} = I_{in} \quad \text{חוק אמפר:}$$



שדה מגנטי:

שדה מגנטי נוצר כתוצאה מתנועה של שדה חשמלי במרחב.

שדה חשמלי הנע במרחב יכול להיווצר בעקבות זרם חשמלי או שדות נוספים שיוצרים אותו.

לקווי השדה מקובל לקרוא בשם שטף מגנטי והוא מסומן ב- Φ (או Φ_B) ויחידותיו: [Wb].

$$\left[\frac{\text{Wb}}{\text{m}^2} \right] = [\text{T}] \quad \text{כאשר מתקיים } \vec{B} \text{ ויחידותיו } [\text{T}] \text{ כאשר מתקיים } [\text{T}]$$

השטף המגנטי מתאר את כמות קווי השדה המגנטי העוברים דרך משטח: $\Phi_B = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{s}$

אם צפיפות השטף המגנטי אחידה בשטח חתך A ניתן לכתוב: $B = \frac{\Phi}{A}$

חישובי שדות מגנטיים – חוק ביו-סבר:

אלמנט שדה מגנטי $d\vec{B}$ במרחב הנובע מתיל נושא זרם I יחושב לפי:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

כוח מגנטי (כוח לורנץ):

על מטען q הנע במהירות \vec{v} בתווך בו שורר שדה מגנטי בעל צפיפות שטף מגנטי \vec{B} ,

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B} = q \cdot |\vec{v}| \cdot |\vec{B}| \cdot \sin \alpha \quad \text{פועל כוח מגנטי המקיים:}$$

אנרגיה מגנטית:

$$W_{mag} = \frac{1}{2} \int \vec{H} \cdot \vec{B} dV = \frac{1}{2\mu_0} \int B^2 dV : \text{סך האנרגיה}, u_B = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

השראות עצמית:

$$L = \frac{\Phi_B}{I} : \text{זרם ליחידת זרם} \text{ ונמדדת ב-H.}$$

הערה:

יש המגדירים את ההשראות בתוך שינוי השטף ליחידת זרם: $L = \frac{d\Phi_B}{dI}$.
לעניין חישוב ההשראות אין משמעות מיוחדת לכך שכן ההשראות אינה תלויה בזרם או בשטף אלא בצורה הגאומטרית של הצורה/הרכיב שנחשב.

השראות של סליל:

$$L = \frac{\mu_0 \pi a^2 N^2}{l} : (I \text{ שזורם בו זרם } a)$$

אנרגיה של סליל:

$$U_L = \frac{1}{2} LI^2 : \text{האנרגיה האגורה בסליל שזורם בו זרם } I \text{ ולו השראות } L \text{ היא}$$

חוק פאראדיי:

שינוי השטף בזמן יוצר כוח אלקטרו-מניע (כא"מ) בתוך המסגרת המוליכה שבה שורר השטף. הכא"מ המסומן ε ויחידותיו ב-V, והוא יפעל לבטל את שינוי השטף שיצר אותו:

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d}{dt}(B \cdot A)$$

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt} = -N \frac{d\Phi}{dI} \frac{dI}{dt} = -L \frac{dI}{dt} : \text{כתיבת חוק פאראדיי באמצעות השראות של סליל}$$