

יחידה	נושאים	מילות/ משפטי מפתח	נוסחאות מדף הנוסחאות
1	אלקטרוסטטיקה: • חוק קולון • שדה חשמלי • שדה חשמלי של גופים מסוימים • חוק גאוס • פוטנציאל חשמלי • אנרגיה פוטנציאלית חשמלית • מתח • עבודה חשמלית • קבלים • מקדמים דיאלקטרים • אנרגיה שאגורה בקבל	❖ שאלות על מטענים שלא נעים ❖ שאלות שמבקשים כוחות שפועלים על מטענים חשמליים ❖ שאלות עם שדות חשמלים מגופים שונים ❖ שאלות ששואלים על פוטנציאל חשמלי או שדה חשמלי בנקודה מסוימת במרחב ❖ שאלות ששואלים מה העבודה הדרושה על מנת להביא מטען מנקודה באינסוף לנקודה מסוימת במרחב ❖ שאלות ששואלים לגבי הפרש הפוטנציאלים (שזה בעצם מתח) ❖ שאלות ששואלים לגבי תנועה של מטען בשדה חשמלי ❖ שאלות עם גופים מוליכים ❖ שאלות עם גופים מוארקים ❖ שאלות עם מטענים במוליכים ❖ שאלות עם מטענים בחומרים דיאלקטרים ❖ שאלות עם קבלים (לא במעגל חשמלי) ❖ שאלות לגבי קיבול של גוף מסוים	יחידה 1 – אלקטרוסטטיקה חוק קולון $F_E = \frac{K q_1q_2 }{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ q_1q_2 }{r^2}$ $K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ כוח חשמלי על מטען נקודתי q בשדה חשמלי חיצוני $\vec{F}_E = q\vec{E}$ עוצמת שדה חשמלי סביב מטען נקודתי $E_q = \frac{K q }{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ q }{r^2}$ עוצמת שדה חשמלי סביב לוח אינסופי הטעון בצפיפות מטען משטחית σ $E_\sigma = 2\pi K \sigma = \frac{ \sigma }{2\epsilon_0}$ עוצמת שדה חשמלי סביב תיל אינסופי הטעון בצפיפות מטען אורכית λ $E_\lambda = 2K \frac{ \lambda }{r} = \frac{ \lambda }{2\pi\epsilon_0 r}$ שטף חשמלי: $\Phi_E = EA\cos(\theta)$ חוק גאוס: $\Phi_E = 4\pi KQ_{in} = \frac{Q_{in}}{\epsilon_0}$ אנרגיה פוטנציאלית חשמלית של זוג מטענים נקודתיים $U_E = \frac{Kq_1q_2}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1q_2}{r}$ פוטנציאל חשמלי סביב מטען נקודתי $\varphi_q = \frac{Kq}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$ אנרגיה פוטנציאלית חשמלית של מטען נקודתי הנמצא בפוטנציאל חיצוני $U_E = q\varphi$ מתח חשמלי: $V_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$ הפרש פוטנציאלים בשדה חשמלי אחיד $ \Delta\varphi = E \cdot \Delta x $ עבודה חשמלית $W_E^{A \rightarrow B} = -\Delta U_E$ $W_E^{A \rightarrow B} = -q(\varphi_B - \varphi_A) = qV_{AB}$ קיבול: $C = \frac{Q}{V}$ קיבול של קבל לוחות: $C = \epsilon_r \frac{\epsilon_0 A}{d}$: ϵ_r – מקדם דיאלקטרי אנרגיה חשמלית שאגורה בקבל טעון $U_E = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{Q^2}{2C}$

יחידה 2 – מעגלי זרם ישר חוק אוהם: $V = IR$ הספק: $P = IV$ מתח הדקים: $V_{\text{הדקים}} = \mathcal{E} \pm Ir$ חיבור נגדים בטור: $R_T = \sum R$ חיבור נגדים במקביל: $\frac{1}{R_T} = \sum \frac{1}{R}$ חיבור קבלים בטור: $\frac{1}{C_T} = \sum \frac{1}{C}$ חיבור קבלים במקביל: $C_T = \sum C$ חוק הצומת: $\sum I = 0$ חוק הלולאה: $\sum V = 0$	❖ כל שאלה שיש בא סרטוט של מעגל חשמלי כאשר לא נתון זרם חליפין או משרן ❖ שאלות שמבקשים את ההתנגדות הכולל של המעגל ❖ שאלות שמבקשים את הקיבול הכולל של המעגל ❖ שאלות ששואלים מהי ההתנגדות של נגד מסוים ❖ שאלות ששואלים מה המתח בין 2 נקודות על מעגל או מה מד המתח שעל המעגל אומר. ❖ שאלות ששואלים לגבי זרם במעגל ללא זרם חליפין וללא משרנים.	2 מעגלי זרם ישר: ● חוק אוהם ● הספק מעכל ● מתח במעגל ● חיבור נגדים בטור ובמקביל ● חיבור קבלים בטור ובמקביל ● חוקי קירכהוף (צומת ולולאה)
--	--	---

יחידה 3 שדה מגנטי גודל של כוח מגנטי שפועל על מטען נקודתי שנע בשדה מגנטי חיצוני $F_B = qvB\sin(\theta)$ גודל של כוח מגנטי שפועל על תיל נושא זרם הנמצא בשדה מגנטי חיצוני $F_B = BI\ell\sin(\theta)$ עוצמת שדה מגנטי סביב תיל ארוך ישר $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$ עוצמת שדה מגנטי במרכז סליל מעגלי דק בעל N כריכות ורדיוס R $B = \frac{\mu_0 NI}{2R}$ עוצמת שדה מגנטי בתוך סילונית ארוכה בעלת N כריכות ואורך L $B = \frac{\mu_0 NI}{L}$ גודל של כוח מגנטי ליחידת אורך בין שני תילים ארוכים ומקבילים $\frac{F_B}{\ell} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$ חוק פרדיי – כא"מ מושרה שטף מגנטי דרך משטח $\Phi_B = BA \cos(\theta)$ θ – זווית בין B לנורמל למשטח כא"מ מושרה: $\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$ כא"מ מושרה בתיל מוליך במסגרת מלבנית $\varepsilon = BLv$ כא"מ מושרה במחולל $\varepsilon = NBA\omega \sin(\omega t + \alpha_0)$ זרם חילופין היגב קיבולי: $X_C = \frac{1}{\omega C}$ היגב השראי: $X_L = \omega L$ עכבה: $Z = \sqrt{(X_L - X_C)^2 + R^2}$ $R = V_{eff}/I$ תהודה: $X_C = X_L$; $\omega_{res} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$	❖ שאלות עם חלקיק שנע באיזור בו יש שדה מגנטי קבוע ❖ שאלות שמבקשים שדה מגנטי של גוף כלשהו ❖ שאלות שמבקשים כוח מגנטי ❖ שאלות בהן נתון גוף נושא זרם ❖ שאלות בהן מבקשים או שנתון שטף מגנטי ❖ שאלות עם מסגרות מוליכים שנעות באיזורים בהם שורר שדה מגנטי קבוע. ❖ שאלות ששואלים על הכא"מ המושרה (כא"מ = כוח אלקטרו-מניע) ❖ שאלות שנתון בהן זרם חליפיים כלשהו ❖ שאלות עם מעגל חשמלי שמבקשים את ההעכבה	שדה מגנטי: • כוח לורנץ • חוק אמפר • שדה מגנטי מתיל נושא זרם • שדה מגנטי במרכז סליל • שדה מגנטי בתוך סילונית • כוח מגנטי בין 2 תילים נושאי זרם • חוק פארדיי ולנץ • שטף מגנטי • כא"מ מושרה • זרם חילופין	3
יחידה 4 – אטומים ומולקולות משוואת מצב של גז אידיאלי $PV = nRT = Nk_B T$ אנרגיה קינטית ממוצעת $\bar{E}_k = \frac{3}{2} k_B T = \frac{3}{2} \frac{R}{N_A} T$ מהירות ממוצעת: $\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$ μ – מסה מולרית חוק האלקטרוליזה: $M = \frac{m_A IT}{nF}$	❖ שאלות שנתון בהן גז אידיאלי ❖ שאלות שנתון גז שמתפשט, שאלות עם לחץ ונפח הגז ❖ שאלות שרשום בהן "מולים" ❖ שאלות ששואלים על מהירות ממוצעת של מולקולות ❖ שאלות שמפרידים בהן תמיסות באמצעות זרם חשמלי	אטומים ומולקולות • משוואת מצב של גז אידיאלי • אנרגיה קינטית ממוצעת • חוק האלקטרוליזה	4

יחידה 5 – פיזיקה מודרנית $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ התארכות זמן: $t = \gamma t_0$ התקצרות אורך: $L = \frac{L_0}{\gamma}$ חיבור מהירויות יחסיות $\vec{v}_{AC} = \frac{\vec{v}_{AB} + \vec{v}_{BC}}{\frac{\vec{v}_{AB} \cdot \vec{v}_{BC}}{c^2} + 1}$ גידול מסה: $m = \gamma m_0$ תנע יחסותי: $p = mv = \gamma m_0 v$ אנרגיה יחסותית כוללת $E = E_0 + E_k = mc^2$ $E_0 = m_0 c^2$ אורך גל דה ברוילי $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ קשר בין תנע ואנרגיה $E^2 = (pc)^2 + (m_0 c^2)^2$ קרינת גוף שחור $\lambda_m T = 2.9 \cdot 10^{-3} [m^\circ K]$ רמות אנרגיה של אטום מימן $E(eV) = -\frac{13.6}{n^2}$ אנרגיה של פוטון: $E_{ph} = hf = \frac{hc}{\lambda}$ תנע של פוטון: $p = \frac{E_{ph}}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$ אפקט פוטואלקטרי: $E_{ph} = E_0 + E_k$ תדירות סף: $E_0 = hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$ מתח עצירה: $q_e V_{\text{עצירה}} = E_k$	❖ שאלות שנתונות בהן מהירות שהן שבר של מהירות האור (c) ❖ שאלות שבקשים תשובות במערכת המעבדה/ מערכת עצמית של גוף מסוים ❖ שאלות ששואלים מה התקצרות האורך או התארכות הזמן ❖ שאלות שמבקשים את התנע או האנרגיה ההיחסותיים ❖ שאלות שמבקשים אורך גל מסוים ❖ שאלות ששואלים לגבי קרינה מגוף מסוים ❖ שאלות שנתון שאטומים מסוימים נמצאים ברמת היסוד או רמה אחרת ❖ שאלות ששואלים מהן הרמות האנרגיה או אורכי הגל האפשריים ❖ שאלות שמבקשים אנרגיה או תנע של פוטונים ❖ שאלות שרשומה בהן תדירות סף או מתח עצירה ❖ שאלות שמתארים אטומים שעוברים ינון. ❖ שאלות שנתון בהן תא פוטואלקטרי	פיזיקה מודרנית: • תורת היחסות הפרטית • קרינת גוף שחור • מודל האטום של בוהר • אורך גל דה ברוילי • האפקט הפוטואלקטרי	5
יחידה 6 – גרעין וחלקיקים דעיכה של מקור רדיואקטיבי $\frac{dN}{dt} = -\lambda N; \quad N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ $\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}}$ – קבוע הדעיכה – $t_{1/2}$ זמן מחצית חיים פעילות של מקור רדיואקטיבי $R(t) = \lambda N(t)$	❖ שאלה שנתון בא כמות חומר רדיואקטיבי ושואלים כמה ישאר לאחר זמן מסוים ❖ שאלה ששואלים או שנתון זמן מחצית החיים ❖ שאלה ששואלים או שנתון קבוע הדעיכה	גרעין וחלקיקים: • דעיכה של חומר רדיואקטיבי	6



כוח קולון

הקדמה

כוח קולון הוא הכוח שפועל בין שני מטענים חשמליים.
הכוח נובע מהשדה החשמלי שכל מטען יוצר סביבו.
הכוח יכול להיות דוחה או מושך, בהתאם לסימני המטענים.

♦ חוק קולון

הכוח החשמלי בין שני מטענים נקודתיים מתואר על ידי:

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

כאשר: 

- F – גודל הכוח החשמלי (ניוטון)
- k – קבוע קולון ($\approx 9 \times 10^9$ ניוטון·מ²/קולון²)
- q_1, q_2 – המטענים (בקולון)
- r – המרחק בין המטענים (במטרים)

 אם המטענים בעלי אותו סימן – הכוח דוחה.
 אם המטענים בעלי סימן מנוגד – הכוח מושך.

♦ כיוון הכוח – וקטורים

- כוח חשמלי הוא וקטור, ולכן חשוב להתחשב בכיוון.
- כשיש כמה מטענים, מסכמים את הכוחות באמצעות חיבור וקטורי.

סיכום ♦

- ✓ כוח קולון מתאר את הכוח החשמלי בין מטענים.
- ✓ תלוי בגודל המטענים ובריבוע המרחק ביניהם.
- ✓ וקטורי – יש לקחת בחשבון את כיוונו.
- ✓ יכול להיות מושך או דוחה – לפי הסימנים.

שדה חשמלי ⚡

כאשר יש מטען חשמלי, הוא יוצר סביבו שדה חשמלי – אזור שבו מטען חשמלי אחר ירגיש כוח. השדה הוא דרך לתאר "איך מטענים מדברים אחד עם השני מרחוק".

הגדרה של שדה חשמלי: 💡

השדה החשמלי הוא הכוח שיפעל על מטען מבחן חיובי ליחידת מטען:

$$E = \frac{F}{q}$$

כאשר:

- E – השדה החשמלי (ניוטון לקולון) - וקטור

- F – הכוח החשמלי - וקטור

- q – מטען המבחן

שדה שיוצר מטען נקודתי: ⚡

אם מטען Q יוצר שדה, אז במרחק r ממנו, השדה שהוא יוצר הוא:

כאשר:

$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

- k הוא קבוע קולון

- Q הוא המטען היוצר את השדה

- r הוא המרחק ממנו

כיוון השדה:

- אם Q חיובי – השדה יוצא ממנו.
- אם Q שלילי – השדה נכנס אליו.

קווים של שדה חשמלי:

- תמיד יוצאים ממטען חיובי ונכנסים לשלילי.
- צפיפות הקווים מראה את עוצמת השדה: קווים צפופים $\rightarrow$ שדה חזק.
- קווים לא נחתכים – כי בכל נקודה יש כיוון שדה אחד בלבד.

סופרפוזיציה של שדות:

איך נחשב שדה בנקודה כאשר יש כמה מטענים? פשוט נסכום!
נחשב את השדה מכל המטענים בנקודה ואז נסכום.

שימו לב!

כאשר מחשבים את השדה בנקודה אנחנו מחברים וקטורים ולכן חייבים לשים לב לכיוון בעת החישוב.

פוטנציאל חשמלי

הפוטנציאל החשמלי מתאר את האנרגיה הפוטנציאלית ליחידת מטען שיש למטען בנקודה כלשהי בשדה חשמלי. זה כמו "גובה חשמלי" – ככל שהפוטנציאל גבוה יותר, כך יש יותר אנרגיה למטען.

הגדרה של פוטנציאל:

$$V = \frac{U}{q}$$

כאשר:

- V – הפוטנציאל החשמלי (ביחידות וולט)
- U – אנרגיה פוטנציאלית חשמלית
- q – המטען

אתם בוודאי שואלים את עצמכם מהי אנרגיה פוטנציאלית חשמלית? אז, אם נצטרך למצוא בעזרת את הפוטנציאל - היא תהיה נתונה.

אחרת, יש לנו דרכים נוספות לחשב את הפוטנציאל! - תראו עוד עוד רגע.

פוטנציאל שנוצר על ידי מטען נקודתי:

כאשר:

- Q – המטען היוצר את הפוטנציאל
 - r – המרחק מהמטען לנקודה הרצויה
 - k – קבוע קולון שערכו הוא:
- $$k = 8.987551787 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

שימו ♥:

- הפוטנציאל הוא גודל סקלרי (לא וקטור כמו שדה או כוח).

- הסימן של הפוטנציאל תלוי בסימן של Q :

- אם $Q > 0 \rightarrow$ פוטנציאל חיובי

- אם $Q < 0 \rightarrow$ פוטנציאל שלילי

⚡ קשר בין שדה חשמלי לפוטנציאל:

השדה הוא נגזרת של הפוטנציאל, כלומר שדה נוצר כאשר יש שינוי בפוטנציאל, הנוסחא הרלוונטית לנו היא:

הפרש פוטנציאלים בשדה חשמלי אחיד

$$|\Delta\varphi| = |E \cdot \Delta x|$$

השדה מכון תמיד מהפוטנציאל הגבוה לנמוך.

☀ פוטנציאל בין שני לוחות טעונים:

אם יש לוחות טעונים עם פוטנציאלים שונים, אז בין הלוחות נוצר שדה אחיד:

$$E = \frac{\Delta V}{d}$$

כאשר:

- ΔV הוא ההפרש בפוטנציאלים

- d הוא המרחק בין הלוחות

⚠ חשוב לזכור:

- פוטנציאל הוא תמיד יחסי – בוחרים נקודת ייחוס (לרוב אינסוף) ששם $V=0V = 0V=0$.
- ההפרש בפוטנציאל (ולא הפוטנציאל עצמו) הוא מה שקובע את התנועה של מטענים.

עבודה חשמלית, קיבול וחומרים דיאלקטריים ⚙️

עבודה חשמלית 🔧

כאשר מטען חשמלי נע בתוך שדה חשמלי, מתבצעת עליו עבודה. העבודה תלויה בהפרש הפוטנציאלים ובמטען:

$$W=q \cdot \Delta V$$

כאשר:

- W – העבודה (בג'אולים)
- q – המטען החשמלי (בקולון)
- ΔV – הפרש הפוטנציאלים

💡 אם המטען חיובי – העבודה חיובית כשנע עם כיוון השדה.
אם שלילי – העבודה חיובית כשהוא נע נגד כיוון השדה.

קיבול (Capacitance) 📶

קבל הוא רכיב שיכול לאגור מטען חשמלי. הקיבול שלו מתאר את כמות המטען שהוא יכול לאגור לכל וולט של הפרש פוטנציאלים:

$$C=Q\Delta V$$

כאשר:

- C – הקיבול (ביחידות פאראד, F)
- Q – המטען האגור בלוחות
- ΔV – הפרש הפוטנציאלים בין הלוחות

קבל לוחות שטוחים

קבל אידיאלי עם שני לוחות שטוחים מקבילים בגודל A , המרוחקים זה מזה במרחק d , יהיה לו קיבול:

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

כאשר $\epsilon_0 = 8.85 * 10^{-12} \text{ F/m}$ הוא קבוע הדיאלקטרי של הריק.

חומרים דיאלקטריים

כאשר מכניסים חומר דיאלקטרי בין לוחות הקבל, הקיבול גדל. החומר הדיאלקטרי, מחליש את השדה החשמלי הפנימי, ולכן מאפשר אגירה גדולה יותר של מטען באותו מתח.

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$

כאשר:

ϵ_r – קבוע דיאלקטרי של החומר

כלל שהחומר הדיאלקטרי בעל ערך גבוה יותר > הקיבול גדול יותר.

אנרגיה אגורה בקבל

כמות האנרגיה שהקבל אוגר היא:

$$U = \frac{1}{2} CV^2$$

זו האנרגיה שצריך להשקיע כדי לטעון את הקבל עד למתח V .

מעגלי זרם ישר (DC)

במעגלי זרם ישר (Direct Current), הזרם זורם בכיוון קבוע (מהפלוס של הסוללה למינוס) ונשמר קבוע בזמן.

חוק אוהם:

$$V = IR$$

כאשר:

- V – מתח (וולט)
- I – זרם (אמפר)
- R – התנגדות (אוהם)

חוקי קירכהוף

חוקים שמאפשרים לפתור מעגלים מסועפים:

 חוק זרמים (חוק ראשון – צמתים):

בכל צומת במעגל:

$$\sum I_{\text{נכנס}} = \sum I_{\text{יוצא}}$$

הזרם שנכנס שווה לזרם שיוצא – שימור מטען.

 חוק מתחים (חוק שני – לולאות):

בכל לולאה סגורה:

$$\sum V = 0$$

כלומר, סכום כל המתחים (על נגדים, סוללות וכו') שווה לאפס – שימור אנרגיה.

חיבור נגדים

בטור:

- הזרם זהה בכל הנגדים.

- המתח מתחלק לפי ההתנגדויות.

- ההתנגדות השקולה: $R_T = \sum R$

במקביל:

- המתח זהה על כל נגדים.

- הזרם מתחלק לפי ההתנגדויות.

- ההתנגדות השקולה: $\frac{1}{R_T} = \sum \frac{1}{R}$

חיבור קבלים

בטור:

- המטען על כל קבל זהה.

- המתח מתחלק לפי הקיבול.

- הקיבול השקול: $\frac{1}{C_T} = \sum \frac{1}{C}$

במקביל:

- המתח זהה על כל קבל.

- המטען הכולל הוא סכום המטענים.

- הקיבול השקול: $C_T = \sum C$

טיפים חשובים:

- במעגלים עם סוללה אחת ונגדים, אפשר להשתמש בחוק אוהם ובחיבור נגדים.
- במעגלים מסועפים – חוקי קירכהוף עוזרים למצוא זרמים ומתח בכל ענף.
- בקבילים – יש לזכור שהם אוגרים מטען לפי $Q = C \cdot V$, והם לא מעבירים זרם במצב קבוע.

שדה מגנטי, כוח לורנץ וחוק פארדיי

שדה מגנטי

שדה מגנטי נוצר על ידי מטענים נעים (למשל זרם חשמלי) או מגנטיים.
הכיוון של השדה מצויר מקוטב הצפון לדרום של המגנט, ונמדד ביחידות טסלה T.

כוח לורנץ

כאשר מטען נע במהירות בתוך שדה מגנטי, פועל עליו כוח שנקרא כוח לורנץ:

$$F_B = |qvB\sin(\theta)|$$

- F – הכוח (כיוונו לפי כלל יד ימין)
- θ : הזווית בין כיוון התנועה של החלקיק לכיוון השדה המגנטי
- q – המטען
- v – מהירות המטען
- B – וקטור השדה המגנטי

💡 כוח לורנץ תמיד ניצב גם למהירות וגם לשדה – ולכן הוא לא משנה את מהירות החלקיק אלא רק את כיוונו → תנועה מעגלית או הליקס - סוג של קפיץ.

שימו ♥

אתם לא צריכים לדעת איך לחשב שדה מגנטי או כוח על גוף שאינו מטען נקודתי.

על מנת למצוא את הגדלים האלו, יש לכם כבר את הנוסחאות בדף הנוסחאות:

שנע בשדה מגנטי חיצוני

$$F_B = |qvB \sin(\theta)|$$

גודל של כוח מגנטי שפועל על תיל נושא זרם הנמצא בשדה מגנטי חיצוני

$$F_B = |BI\ell \sin(\theta)|$$

עוצמת שדה מגנטי סביב תיל ארוך ישר

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$$

עוצמת שדה מגנטי במרכז סליל מעגלי דק

בעל N כריכות ורדיוס R

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R}$$

עוצמת שדה מגנטי בתוך סילוניית ארוכה

בעלת N כריכות ואורך L

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L}$$

גודל של כוח מגנטי ליחידת אורך בין שני תילים ארוכים ומקבילים

$$\frac{F_B}{\ell} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$$

חוק פארדיי

חוק פארדיי עוסק ביצירת זרם חשמלי כתוצאה משינוי בשדה מגנטי.

כאשר שטף מגנטי דרך לולאה משתנה בזמן – נוצר בה כוח אלקטרו־מניע מושרה:

כאשר:

$$\bullet \quad \varepsilon - \text{כא"מ מושרה (ביחידות וולט)}$$

הסימן השלילי מבטא את חוק לנץ.

חוק פרדיי – לנץ: כא"מ מושרה

שטף מגנטי דרך משטח

$$\Phi_B = BA \cos(\theta)$$

θ – זווית בין B לנורמל למשטח

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad \text{כא"מ מושרה:}$$

כא"מ מושרה בתיל מוליך במסגרת מלבנית

$$\varepsilon = BLv$$

כא"מ מושרה במחולל

$$\varepsilon = NBA\omega \sin(\omega t + \alpha_0)$$

רגע רגע מה זה כל הדברים שרשמתם בעמוד הקודם?!

נעשה סדר קצרצר:

- שטף מגנטי: כמה שדה מגנטי עובר ביחידת שטח מסויימת. כמובן שבסרטונים יש הסברים מפורטים על מה זה שטף מגנטי וחשמלי. אז כמו שהיה לנו שטף חשמלי (שזה מושג מוכר למי שהתעמק בחוק גאוס) יש לנו גם שטף מגנטי.

- כא"מ: זה ראשי תיבות של כוח אלקטרו מניע, זה כוח שנוצר כתוצאה מהשדה המגנטי והוא מניע אלקטרונים. אנחנו כבר יודעים ממעגלי זרם ישר שאלקטרונים נעים מפוטנציאל גבוה לנמוך, כלומר שינוי בפוטנציאל - מתח גורם להם לנו, אז כא"מ הוא בעצם **מתח** שנוצר לנו כתוצאה מהשדה המגנטי!

חוק לנץ

כיוון הזרם המושרה במעגל תמיד מתנגד לשינוי שגרם לו.
אם השטף המגנטי גדל – הזרם יתנגד לכך, ואם קטן – הזרם ינסה "לשמר" אותו.

 חוק לנץ הוא תוצאה של שימור אנרגיה: הזרם המושרה מייצר שדה מגנטי שמנסה לבטל את השינוי.

אז מתי נשתמש בכא"מ מושרה?

במעגל בו משתנה שטף מגנטי, נוצר מתח חשמלי, גם בלי סוללה – זהו הכוח האלקטרו־מניע המושרה. אם יש לולאה שנסגרת, יזרום זרם כתוצאה מכא"מ זה.

כלומר, הכא"מ ישחק את התפקיד של המתח במעגל החדש ונוכל להשתמש בחוק אוהם.

דוגמאות חשובות:

- תנועה של מוליך בתוך שדה מגנטי → גם יוצרת כא"מ מושרה לפי חוק פארדיי.
- מטען בשדה מגנטי נע בתנועה מעגלית!

זרם חליפין (AC – זרם משתנה בזמן)

זרם חליפין הוא זרם חשמלי שכיוונו ועוצמתו משתנים בצורה מחזורית עם הזמן.

הצורה הבסיסית של זרם או מתח AC ניתנים עם $\sin(\omega t)$

כאשר:

ω : התדירות הזוויתית.

t : הזמן בשניות.

מתח וזרם אפקטיביים

המתח והזרם ה"אפקטיביים" הם הממוצעים הריבועיים (RMS), שהם הערכים שמייצרים את אותה עוצמת חום כמו זרם ישר:

$$V_{RMS} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$$

$$I_{RMS} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

עכבה במעגלים עם רכיבים משתנים

בזרם ישר התנגדות נקבעת לפי חוק אוהם, אבל בזרם חליפין אנו משתמשים במושג עכבה (impedance), שהיא הכללה של ההתנגדות שכוללת גם פאזות.

הגיב השראתי (סליל)

- הזרם מפגר אחרי המתח.

- עכבה השראתית:

- L – השראות ביחידות הנרי (H)

$$X_L = \omega L$$

הגיב הקיבולי (קבל)

- הזרם מוביל את המתח.

- עכבה קיבולית:

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

- C – קיבול ביחידות פרד (F)

עכבה כוללת במעגל RLC

במעגל הכולל נגדים, קבלים וסלילים, העכבה הכוללת (Z):

$$Z = \sqrt{(X_L - X_C)^2 + R^2} \quad \text{עכבה}$$

והזרם:

$$\frac{V}{Z} = I$$

תהודה במעגל RLC

$$\omega_{res} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{תהודה מתרחשת כאשר } X_L = X_C, \text{ כלומר:}$$

- אז, העכבה היא מינימלית $Z=R$
- הזרם מגיע לשיאו
- המעגל מתנהג כמו מעגל התנגדות רגיל

אטומים ומולקולות

- אטום הוא היחידה הבסיסית של יסוד כימי – מורכב מפרוטונים ונייטרונים בגרעין ואלקטרונים מסביב.

♦ מספר אבוגדרו – מספר החלקיקים במול של חומר:

$$N_A = 6.02214076 \times 10^{23} \times \text{mol}^{-1}$$

♦ מסה מולרית – מסת מול אחד של חומר.

חוק האלקטרוליזה של פאראדיי

כאשר זרם חשמלי עובר בתמיסה אלקטרוליטית, הוא גורם להפרדת יונים ולשקיעה של חומר על האלקטרודה.

$$\frac{I \cdot t \cdot M}{z \cdot F} = m$$

- m – מסת החומר שהושקע (גרם)
- I – זרם חשמלי (אמפר)
- t – זמן (שניות)
- M – מסה מולרית של החומר
- z – מספר האלקטרונים שמעורבים בתגובה
- F – קבוע פאראדיי

 החוק אומר שמסת החומר תלויה בכמות המטען שעברה דרך המערכת.

משוואת המצב של גז אידיאלי

הקשר בין הלחץ, הנפח, הטמפרטורה וכמות החומר של גז:

$$PV=nRT$$

- P – לחץ (ביחידות של פסקל)
- V – נפח (ביחידות של מ"ק)
- n – מספר מולים
- R – קבוע הגזים
- T – טמפרטורה (ביחידות של קלווין)

♦ דרך נוספת לכתוב את משוואת המצב של הגז האידיאלי היא בעזרת מספר החלקיקים ולא בעזרת מספר המולים:

$$PV = NK_B T$$

- N – מספר החלקיקים
- K_B – קבוע בולצמן

אנרגיה קינטית ממוצעת של גז

בגז אידיאלי, האנרגיה הקינטית הממוצעת:

אנרגיה קינטית ממוצעת

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} k_B T = \frac{3}{2} \frac{R}{N_A} T$$

שימו 

♦ האנרגיה הקינטית, תלויה אך ורק בטמפרטורה – לא בסוג הגז או המסה שלו!

פיזיקה מודרנית ✨

תורת היחסות הפרטית – אינשטיין 🕒

תורת היחסות הפרטית עוסקת במהירויות הקרובות למהירות האור וקובעת ששני עקרונות בסיסיים תמיד מתקיימים:

1. חוקי הפיזיקה זהים בכל מערכת ייחוס אינרציאלית.
2. מהירות האור קבועה בכל מערכת ייחוס ואינה תלויה במהירות המקור.

תוצאות עיקריות:

• התארכות זמן: $t = \gamma t_0$

• התקצרות האורך: $L = \frac{L_0}{\gamma}$

• אנרגיה $E = E_0 + E_k = mc^2$
 $E_0 = m_0 c^2$

• ותנע: $p = mv = \gamma m_0 v$

כאשר: $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

וגם: $m = \gamma m_0$

קרינת גוף שחור

גוף שחור הוא גוף אידיאלי שקולט את כל הקרינה הפוגעת בו. הקרינה הנפלטת ממנו תלויה בטמפרטורה בלבד.

$$\lambda_m T = 2.9 \cdot 10^{-3} [m^\circ K]$$

חוק וין – אורך הגל של שיא הקרינה:

מודל האטום של בוהר

בוהר הציע בשנת 1913 מודל לאטום המימן שמסביר את הקווים הספקטרליים של הפליטה והבליעה.

עקרונות:

1. האלקטרון נע במסלולים מעגליים מבלי לפלוט קרינה.

2. רק מסלולים בדידים מותרים: $L = n\hbar$ (כאשר $\hbar$ הוא קבוע פלאנק חלקי 2π)

3. שינוי ברמת האנרגיה גורם לפליטת/בליעת פוטון: $E = hf = E_n - E_m$

רמות האנרגיה באטום מימן:

כאשר n הוא מספר טבעי, רק אלו יהיו הרמות האפשריות לאטום מימן!

$$E(eV) = -\frac{13.6}{n^2}$$

אורך גל דה ברויי

דה ברויי טען שגם לחלקיקים חומריים יש תכונות גליות. כל חלקיק עם תנע p מקושר לאורך גל:

$$\frac{h}{mv} = \frac{h}{p} = \lambda$$

♦ זה מסביר תופעות כמו התאבכות של אלקטרונים.

האפקט הפוטואלקטרי

כאשר אור פוגע במשטח מתכתי, ייתכן שייפלטו ממנו אלקטרונים – **בתנאי** שלפוטון יש מספיק אנרגיה:

$$E_K = W + hf$$

- W – פונקציית העבודה של המתכת (האנרגיה המינימלית הדרושה לשחרור אלקטרון)
- E_K – האנרגיה הקינטית של האלקטרון הנפלט
- אם $hf < W$ – לא ייפלט אלקטרון, בלי קשר לעוצמת האור!

דעיכה רדיואקטיבית

מהי דעיכה רדיואקטיבית?

חומר רדיואקטיבי מורכב מאטומים לא יציבים, שמתפרקים באופן ספונטני תוך פליטת קרינה (כגון חלקיקי α , β או קרינת γ) – בתהליך שנקרא דעיכה גרעינית.

⚠ לא ניתן לחזות מתי אטום יחיד יתפרק – אך ניתן לתאר סטטיסטית איך מספר האטומים המתפרקים משתנה בזמן.

💡 חוק הדעיכה האקספוננציאלית מספר הגרעינים שעדיין לא התפרקו בזמן

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

N_0 – מספר הגרעינים ההתחלתי

λ – קבוע הדעיכה [יחידות: 1/שניות]

t – זמן

$N(t)$ – מספר הגרעינים שנותרו לאחר זמן t

⌚ זמן מחצית חיים

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}}$$

זמן מחצית חיים הוא הזמן שבו מחצית מהגרעינים התפרקו:

לדוגמה: אם $t_{1/2} = 3$ שעות, אז לאחר 3 שעות נותר חצי מהחומר, לאחר 6 שעות – רבע, וכן הלאה.

סוגי קרינה רדיואקטיבית

סוג קרינה	סמל	תיאור
קרינת אלפא	α	גרעין של הליום – 2 פרוטונים ו-2 ניוטרונים
קרינת בטא	β	אלקטרון או פוזיטרון הנפלטים מהגרעין
קרינת גמא	γ	קרינה אלקטרומגנטית עתירת אנרגיה



$$M(t) = M_0 e^{-\lambda t}$$

דעיכת מסה רדיואקטיבית אם רוצים לדעת כמה מסה נשארת: 

(בדומה למספר הגרעינים, גם המסה דועכת באופן אקספוננציאלי)

סיכום מהיר דעיכה רדיואקטיבית

תהליך הסתברותי שבו גרעינים לא יציבים פולטים קרינה ומתפרקים.

היא מתוארת על ידי נוסחה אקספוננציאלית.

זמן מחצית חיים קובע את קצב ההתפרקות.

סוג הקרינה קובע את אופי וחדירות הקרינה.