

הוראות לדף הנוסחאות



הוראות הדפסה!

את הדף יש להדפיס עם שוליים מותאמים
אישית ברוחב 0.5 בכל צד.

ב WORD, יש לבחור בלשונית הדפסה את
חלון השוליים, לבחור שוליים מותאמים אישית
ולשנות ל 0.5 בכל הכיוונים

עריכה:

בדף הכנסנו כמה שיותר הסברים, נוסחאות ותמונות. אם מספר העמודים חורג ממספר
העמודים המותר בבחינה ניתן לערוך את קובץ ה WORD ולהוריד הסברים מורחבים,
תמונות או נוסחאות טריוויאליות. ניתן גם כמובן להוסיף הסברים שלכם או נוסחאות.
בכל מקרה מומלץ מאוד לעבור על הדף לפני המבחן!! הוא גם סיכום של החומר.
אין להוריד את הסמל של GOOL או כל סימן מסחרי אחר!!

מבנה הדף:



הדף בנוי משלושה טורים.
ההתחלה היא בפינה הימנית העליונה.
בסוף הטור הראשון עוברים לטור השני באותו
עמוד (ולא לעמוד הבא). בסוף הטור האחרון
עוברים לטור הראשון (הימני) בעמוד הבא.
ניתן לשנות את כיוון הפריסה לרוחב, זה יוצר
מראה יותר מרווח על חשבון מספר עמודים.

כל הזכויות שמורות למני גבאי ולאתר GOOL

הדף מיועד לכל שימוש שאינו מסחרי ובפרט לשימוש מרצים, מורים, סטודנטים ותלמידים
בקורסים שונים, ניתן לערוך את הדף אך יש להשאיר סימונים של אתר גול.

מבנה החומר

GOOL

גודל אטום המימן (הקטן ביותר): $0.53 \cdot 10^{-10}m$
יחידת האנגסטרם: $1\text{\AA} = 10^{-10}m$
פרוטונים מסמנים ב- p נויטרונים ב- n ואלקטרונים ב- e
מסת הפרוטון והנויטרון: $m_n \approx m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}kg$
מסת האלקטרון: $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31}kg$
מסת האלקטרון קטנה בערך פי 2000 ממסת הפרוטון וזניחה ביחס אליו. לכן, בקירוב טוב, הפרוטונים והנויטרונים קובעים את מסת האטום.

מטען האלקטרון: $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19}C$
מטען הפרוטון זהה והפוך בסימנו: $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19}C$
הנויטרון לא מושפע מהכוח החשמלי ולכן אין לו מטען.
המטען החשמלי של כל גוף יהיה חיובי להיות כפולה שלמה של מטען הפרוטון או האלקטרון.

GOOL

הכוח החשמלי - חוק קולון

חוק קולון: $F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$
 r - הוא המרחק בין הגופים

קבוע הכוח החשמלי האוניברסלי: $k = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$
הכוח הוא כוח דחיה אם סימן המטענים זהה ומשיכה אם הסימן הפוך.
הנוסחה נכונה רק עבור מטענים נקודתיים או כדורים הטעונים בצורה אחידה. **משען נקודתי** הוא גוף שהגודל שלו קטן בהרבה מ- r , המרחק שבו מחשבים את הכוח. הנוסחה נכונה עבור שני מטענים הנמצאים בריק, כאשר המטענים נמצאים בתווך (לדוגמה מים או שמן) הכוח משתנה.

GOOL

השדה החשמלי

הכוח הפועל על מטען הנמצא בשדה חשמלי E : $F = qE$
השדה שיוצר מטען נקודתי בכל המרחב: $E = \frac{kq}{r^2}$
 r - הוא המרחק מהמטען לנקודה בה מחשבים את השדה. **עקרון הסופרפוזיציה**: השדה השקול בנקודה במרחב הוא סכום וקטורי של כל השדות שיוצרים כל המטענים באותה נקודה.
פונן שדה: מתארים איכותית את השדה במרחב. כיוון השדה בנקודה משיק לקווי השדה וגודלו בהתאם לצפיפות הקווים.

GOOL

חוק גאוס

צפיפות מטען נפחית ρ , משטחית σ , אורכית λ , אחידה: $\rho = \frac{Q}{V}, \sigma = \frac{Q}{S}, \lambda = \frac{Q}{L}$
 Q - סך המטען שבגוף. V - נפח הגוף. S - שטח. L - אורך.
הקבוע דיאלקטרי של הריק: $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$
ניתן לרשום את כל הנוסחאות עם k או עם ϵ_0 .
השטף דרך משטח בשדה אחיד: $\phi_E = E_{\perp} \cdot s$
 $E_{\perp}$ רכיב השדה שמאונך למשטח. s הוא שטח המעטפת. אם השדה לא אחיד על המשטח ניתן לחלק את המשטח לחתיכות שבהן השדה אחיד ולסכום את השטף דרך כל חתיכה.
חוק גאוס: $\phi_E = 4\pi k Q_{in}$
 ϕ_E - שטף דרך **משטח סגור**.
 Q_{in} - סך המטען הכלוא בנפח שסוגר המשטח.
השדה של כדור וקליפה כדורית מחוץ לכדור או הקליפה הוא כמו של מטען נקודתי: $E = \frac{kQ}{r^2}$
כאשר Q הוא סך כל המטען. r הוא המרחק ממרכז הקליפה/כדור.

כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (כמו מטען נקי)
- בקליפה דקה ובכדור מוליך השדה בתוך הקליפה/כדור מוליך הוא אפס.
שדה של כדור מלא ברדיוס R הטעון בצפיפות אחידה: בכיוון רדיאלי

$$Q \text{ הוא סך המטען של הכדור } E = \begin{cases} \frac{kQr}{R^3}, & r < R \\ \frac{kQ}{r^2}, & r > R \end{cases}$$

r הוא המרחק ממרכז הכדור

- הקשר בין סך המטען לצפיפות (אחידה) בכדור מלא: $Q = \frac{4\pi R^3}{3} \rho$
שדה של תיל אינסופי (אחיד): $E(r) = \frac{2k\lambda}{r}$
 r - מרחק מהתיל. λ - צפיפות מטען ליחידת אורך של התיל
- כיוון השדה רדיאלי (במאונך לתיל וכלפי חוץ/פנים עבור מטען חיובי/שלילי).

- שדה של קליפה גלילית מתאפס בתוך הקליפה וכמו של תיל מחוץ לקליפה.
שדה של גליל מלא ברדיוס R הטעון בצפיפות נפחית אחידה ρ : (בכיוון רדיאלי)

$$E = \begin{cases} \frac{\pi k \rho r}{r}, & r < R \\ \frac{2\pi R^2 \rho}{r}, & r > R \end{cases}$$

השדה של מישור אינסופי:

$$E = 2\pi k \sigma = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

כאשר σ היא צפיפות המטען
ליחידת שטח במישור ($\sigma = \frac{Q}{S}$).
- כיוון השדה במאונך למישור (החוצה מהמישור עבור מטען חיובי וכלפי המישור עבור מטען שלילי)
השדה של שני מישורים אינסופיים עם צפיפות הפוכה
הוא $4\pi k \sigma$ בין המישורים ואפס מחוץ

$$E = 0$$

תנועה בשדה חשמלי אחיד

אם השדה אחיד אז יש תנועה בתאוצה קבועה. כמו תנועה בליסטית. **גודל התאוצה** הוא:
- כיוון התאוצה בכיוון השדה עבור מטען חיובי והפוך לשדה עבור מטען שלילי

GOOL מוליכים

- במוליך המטענים חופשיים לזוז.
השדה מתאפס (או ליתר דיוק הכוח) בתוך המוליך.
- על השפה יכול להיות שדה מאונך לשפה.
המטען הכולל בתוך המוליך מתאפס למעט על השפה (במצב סטטי).
הפוטנציאל במוליך אחיד (קבוע).
הארקה: חיבור לקרקע, מאפסת את הפוטנציאל.

GOOL חומרים דיאלקטרים

- חומר דיאלקטרי הוא חומר מבודד (בפשטות, במקרים יותר מורכבים אפשר לדבר גם על חומרים דיאלקטרים מוליכים)
- בחומר דיאלקטרי יש דיפולים, כאשר החומר נמצא בשדה חשמלי הדיפולים מתיישרים בכיוון השדה ויוצרים שדה נגדי.
השדה השקול בתוך החומר (בהנחה שהחומר אחיד ובעל סימטריה): $\vec{E}_T = \frac{\vec{E}_0}{\epsilon_r}$

$\vec{E}_T$ - השדה השקול בתוך החומר, זה השדה שמרגיש מטען בתוך החומר. $\vec{E}_0$ - שדה שנוצר מהמטען חיצוני (ולא מהדיפולים של החומר). ϵ_r - מקדם דיאלקטרי יחסי, קבוע חסר יחידות שתלוי בסוג החומר וקיים בטבלאות.
- לפעמים נתון **המקדם הדיאלקטרי** (הלא יחסי) והקשר הוא: $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$
הוא: $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$

מתח פוטנציאלי ואנרגיה של הכוח החשמלי
הכוח החשמלי הוא כוח משמר ולכן האנרגיה של מטען הנע בהשפעת הכוח החשמלי נשמרת.

משוואת שימור אנרגיה: $\frac{1}{2}mv_i^2 + U_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + U_f$
 v_i / v_f - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.
 U_i / U_f - האנרגיה הפוטנציאלית בהתחלה / סוף התנועה.
אנרגיה פוטנציאלית של שני מטענים נקודתיים (או אנרגיה פוטנציאלית של מטען נקודתי הנע בהשפעת הכוח החשמלי של מטען נקודתי אחר): $U = \frac{kq_1q_2}{r}$
- שימו לב להציב גם את סימני המטענים בנוסחה!
העבודה שמבצע הכוח החשמלי שווה למינוס השינוי באנרגיה הפוטנציאלית של המערכת (או המטען שנטע): $W_{\text{חשמלי}} = -\Delta U$

העבודה הדרושה להזיז מטען היא עבודה שאנחנו מבצעים כנגד הכוח החשמלי ולכן היא מינוס העבודה של הכוח החשמלי ושווה לשינוי האנרגיה הפוטנציאלית (וללא מינוס): $\Delta U = -W_{\text{חשמלי}}$
פוטנציאל הוא אנרגיה ליחידת מטען. הפוטנציאל היא פונקציה מתמטית שאומרת לנו מה תהיה האנרגיה הפוטנציאלית בנקודה מסוימת.
האנרגיה של מטען נקודתי הנמצא בנקודה בה הפוטנציאל הוא V : $U = qV$
פונקציית הפוטנציאל שיוצר מטען נקודתי במרחב: $V = \frac{kq}{r}$

r - המרחק מהמטען.
יחידות הסטנדרטיות של הפוטנציאל הן וולט [V]. אחד וולט הוא גאול חלקי קולון.
סופרפוזיציה: מן מנת לחשב את הפוטנציאל בנקודה במרחב ניתן לחבר את הפוטנציאל שיוצר כל מטען באותה נקודה. החיבור הוא סקלרי ויותר פשוט מחיבור שדות.

מתח: הפרש פוטנציאלים, מסומן ב- ΔV אבל לפעמים מסומן גם ב- V לבד כמו הפוטנציאל, כי פוטנציאל בנקודה הוא גם מתח (הפרש פוטנציאלים) מהאפס.
יחידת ההפרש וולט [eV]: יחידת של עבודה/אנרגיה. נוחה לעבודה, לדוגמה: האנרגיה של אלקטרון בפוטנציאל 5 וולט היא פשוט 5 אלקטרון וולט. $1eV = 1.6 \cdot 10^{-19}J$
הפרש הפוטנציאלים (או המתח) בשדה אחיד: $\Delta V = -\vec{E} \cdot \Delta \vec{x} = -|\vec{E}| |\Delta \vec{x}| \cos \alpha$

פוטנציאל של לוח אינסופי (כאשר בוחרים פוטנציאל אפס על הלוח): $U(x) = -2\pi k \sigma x$
 σ - צפיפות המטען המשטחית על הלוח.

x - המרחק מהלוח.

הפוטנציאל במוליך קבוע (אחיד) ושווה לערך על השפה (לא בהכרח אפס)
הפוטנציאל של כדור מוליך בכל המרחב:

$$V(r) = \begin{cases} \frac{kQ}{R}, & r \leq R \\ \frac{kQ}{r}, & r \geq R \end{cases}$$

Q - סך המטען של הכדור
 R - רדיוס הכדור
 r - המרחק ממרכז הכדור
שימו לב שהפוטנציאל בתוך הכדור אינו תלוי במרחק (קבוע).
הפוטנציאל של כדח"א: כדח"א הוא כדור מוליך מאוד גדול, $R = \infty$ ולכן הפוטנציאל אפס.

חיבור של שני מוליכים בחוט מוליך: מאלץ את הפוטנציאלים שלהם להיות שווים (מטען יזרום ממוליך אחד לשני עד השוואת הפוטנציאלים)
הארקה: חיבור מוליך לכדח"א, מאלץ את הפוטנציאל של המוליך להיות אפס (כמו כדח"א).
חישוב אנרגיה פוטנציאלית של מערכת שלמה (העבודה הדרושה לבניית המערכת):

דרך 1: נסכום את העבודות להביא את המטענים אחד אחרי השני. עבור המטען הראשון, העבודה היא אפס (כי אין אף מטען אחד במרחב שיוצר פוטנציאל). עבור המטען השני, העבודה לקרב אותו למטען הראשון*. עבור המטען השלישי העבודה לקרב לשני המטענים**, וכן הלאה. במקרה של שלושה מטענים החישוב הוא:

$$W = 0 + q_2 \left(\frac{kq_1}{r_{12}} \right) + q_3 \left(\frac{kq_1}{r_{13}} + \frac{kq_2}{r_{23}} \right)$$

דרך 2: נסכום את האנרגיה של כל זוג מטענים במערכת. במקרה של שלושה מטענים:

$$W = \frac{kq_1q_2}{r_{12}} + \frac{kq_1q_3}{r_{13}} + \frac{kq_2q_3}{r_{23}}$$

GOOL זרם מתח והתנגדות

הזרם הוא כמות המטען שעוברת ביחידת זמן
חישוב זרם קבוע או ממוצע: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$
 I הוא סקלר אבל כיוון הזרם נקבע לפי כיוון תנועת המטענים החיוביים.

- היחידות הסטנדרטיות של זרם הם אמפר $1A = 1C/sec$
- בגרף של $I(t)$ סך המטען שעבר הוא השטח מתחת לגרף.
- בגרף של $q(t)$ שיפוע הגרף שווה לזרם. **אם הגרף לינארי ניתן לרשום**: $q(t) = I \cdot \Delta t + q_0$
מהירות סחיפה: $I = n_e A q_e v_d$

n_e - מספר האלקטרונים ליחידת נפח.
 A - שטח חתך של המוליך. q_e - מטען האלקטרון.
 v_d - מהירות הסחיפה (מהירות ממוצעת של האלקטרון במוליך)

מהירות האות החשמלי היא המהירות שבה ההשפעה של שינוי במקום אחד במעגל מגיעה למקום אחר (לדוגמה, המהירות שבה תידלק נורה כתוצאה מהדלקה של מתג). מהירות האות החשמלי היא מהירות האור והיא גדולה בהרבה מהמהירות הסחיפה.
מקור מתח במבצע עבודה במעגל חשמלי סגור וגורם לתנועה של המטענים (זרם). **המקור אינו מוסיף מטענים** למעגל.
חוק אוהם: $V = IR$

V - מתח על הרכיב. I - זרם ברכיב. R - התנגדות הרכיב. **נגד**: מוליך שההתנגדות שלו גדולה בהרבה מן החוטים.
תלות ההתנגדות במבנה הנגד: $R = \frac{l}{A} \cdot \rho$

l - אורך הנגד (הדרך שהמטענים עושים בנגד).
 ρ - שטח חתך, שטח בנגד המאונך לכיוון הזרם.
 A - ההתנגדות סגולית, תכונה תלויה בסוג החומר ובטמפרטורה ונתונה בטבלאות.
ההתנגדות של נגד משתנה:

$$R(x) = \rho \cdot \frac{x}{A} = rx$$

כאשר x הוא אורך הנגד (המשתנה)
 r - התנגדות ליחידת אורך (בדרך קבוע) ביחידות של אוהם למטר.

$\epsilon = V + Ir$ **כ"א"מ ומתח הדקים בסוללה לא אידיאלית**:
 ϵ - כ"א"מ, המתח המקסימאלי של הסוללה.
 V - מתח הדקים. r - התנגדות פנימית. I - זרם בסוללה.
נוסחה נוספת למתח הדקים עם ההתנגדות השקולה (R_T):

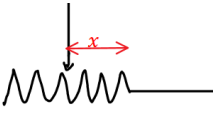
$$V_{\text{ללא הזרם}} = \frac{\epsilon R_T}{R_T + r}$$

GOOL עבודה אנרגיה והספק ברכיבים במעגל

העבודה שמתבצעת על מטען q שעובר בנגד תחת מתח V היא: $W = qV = Q$
כאשר Q זה החום שנוצר בנגד.

הספק קבוע או ממוצע: $P = \frac{W}{\Delta t}$

W - העבודה שהתבצעה במרווח הזמן Δt
- היחידות הסטנדרטיות של הספק הן וואט: $1W = 1J/sec$
נוסחה נוספת להספק שנכונה גם להספק רגעי:
 $P = IV = I^2 R = V^2 / R$



השוויון הראשון נכון לכל רכיב חשמלי והשניים האחרונים (עם) נכונים רק לנגד.

GOOL

קבל הוא רכיב חשמלי היכול לאגור מטען. קיבול הוא היחס בין המטען על הקבל לבין המתח בו הוא נמצא.

הנוסחה הבסיסית של קבל (הגדרת הקיבול): $C = \frac{Q}{V}$

C - הקיבול של הרכיב. V - המתח בין שני החלקים. Q - המטען על הלוח החיובי.

יחידות הקיבול הן Farad: $1 \cdot \text{Farad} = \frac{1 \cdot \text{Coulomb}}{1 \cdot \text{Volt}}$ סוגי קבלים נפוצים: קבל לוחות, קבל כדורי וקבל גלילי. בדרי"כ נעסוק בקבלים עם שני לוחות (קבל לוחות).

הקיבול של קבל לוחות: $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$

A - שטח כל לוח. d - המרחק בין הלוחות.

תכונת הקיבול: הקיבול תלוי רק במבנה הגיאומטרי (אף פעם לא יהיה תלוי במטען על הקבל או במתח שנופל עליו) לכן הוא תמיד קבוע במעגל (אלא אם משנים את המבנה). סימון הקבל במעגל: $\text{---}||\text{---}$

לאחר שעבר זמן רב הקבל מתנהג כמו נתק במעגל: כאשר מחברים קבל למקור הוא מתחיל לאגור מטען, תהליך זה נקרא טעינה. התהליך נפסק כאשר המתח בקבל שווה והפוך למתח המופעל עליו, ברגע זה כבר לא זורם זרם דרך הקבל. והקבל מתנהג כמו נתק במעגל.

חיבור קבלים במקביל: $C_T = C_1 + C_2$ התנאי לחיבור במקביל הוא שהמתח על הקבלים זהה (וזה גם המתח על הקבל השקול)

המטען על הקבל השקול שווה לסכום המטענים על כל הקבלים.

חיבור קבלים בטור: $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ התנאי לחיבור בטור הוא שהמטען על כל הקבלים זהה (וזה גם המטען על הקבל השקול).

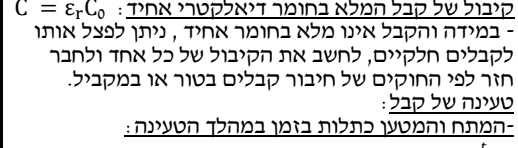
המתח על הקבל השקול שווה לסכום המתחים של כל הקבלים

אנרגיה האגורה בקבל: $U_c = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$ העבודה שמבצעת הסוללה לטעינת קבל:

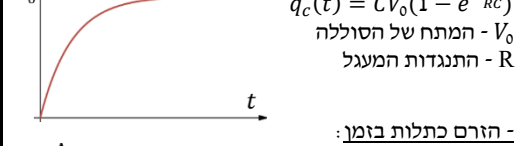
$W = QV = 2U_c$ חומרים דיאלקטריים בקבל: הכנסת חומר דיאלקטרי לקבל מקטינה את השדה והמתח בקבל ולכן מגדילה את הקיבול.

קיבול של קבל המלא בחומר דיאלקטרי אחיד: $C' = \epsilon_r C_0$ במידה והקבל אינו מלא בחומר אחיד, ניתן לפצל אותו לקבלים חלקיים, לחשב את הקיבול של כל אחד ולחבר חזר לפי החוקים של חיבור קבלים בטור או במקביל.

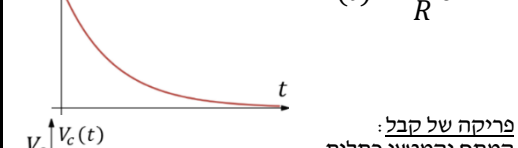
טעינה של קבל: המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הטעינה:



הזרם כתלות בזמן: $I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$



פריקה של קבל: המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הטעינה:



זמן אופייני: $\tau = RC$, נהוג להגיד שלאחר זמן של 5τ הקבל טעון/פרוק לגמרי

GOOL

הכוח המגנטי - חוק לורנץ: $\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$ ניתן לחשב את הכוח בשתי דרכים.

דרך דטרמיננטה (או מכפלה וקטורית בוקטורים). דרך גודל וכיוון: $F_B = qvB \sin \alpha$ הגודל הוא:

כאשר α היא הזווית בין המהירות לשדה. וכיוון לפי כלל יד ימין:

שימו לב שאתם עם יד ימין! כיוון הכוח הוא עבור מטען חיובי (עבור מטען שלילי הכוח בכיוון הפוך).

לא להפוך את הסדר של האצבע והאמה (עדיף לעשות קודם אקדח).

הכוח המגנטי - חוק לורנץ: $\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$

ניתן לחשב את הכוח בשתי דרכים. דרך דטרמיננטה (או מכפלה וקטורית בוקטורים).

דרך גודל וכיוון: $F_B = qvB \sin \alpha$ הגודל הוא: כאשר α היא הזווית בין המהירות לשדה. וכיוון לפי כלל יד ימין:

שימו לב שאתם עם יד ימין! כיוון הכוח הוא עבור מטען חיובי (עבור מטען שלילי הכוח בכיוון הפוך).

לא להפוך את הסדר של האצבע והאמה (עדיף לעשות קודם אקדח).

תנועה בשדה אחיד: מטען q בעל מסה m הנע במהירות v בשדה מגנטי אחיד (המאונך למהירות) עושה תנועה מעגלית, רדיוס המעגל הוא:

$$R = \frac{mv}{qB}$$

אם v לא מאונך למהירות אז התנועה תהיה בורגית כאשר המעגל יהיה מסביב לשדה, רדיוס המעגל יהיה:

$$R = \frac{mv \sin \alpha}{qB}$$

$v \cos \alpha$ היא מהירות ההתקדמות לאורך ציר השדה. עבודת הכוח המגנטי: תמיד מתאפסת (כי הוא מאונך לתנועה).

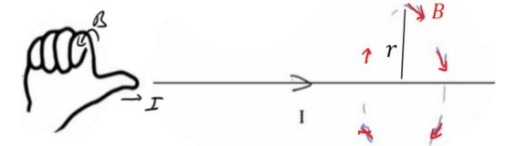
GOOL

השדה המגנטי: סימון וקטור לתוך הדף $\otimes$ והחוצה מהדף $\odot$ (אלינו) שדה של תיל אינסופי:

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

כאשר r הוא המרחק מהתיל. $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$ מקדם המגנטיות של הריק.

כיוון השדה לפי כלל יד ימין (או הבורג):

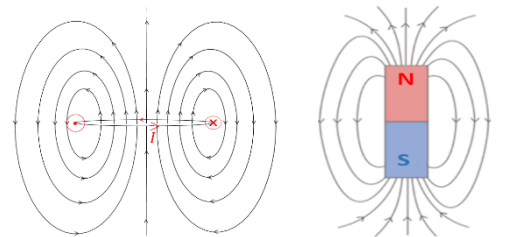


היחידות הסטנדרטיות של השדה המגנטי הן T (טסלה). שדה במרכז של טבעת ברדיוס R:

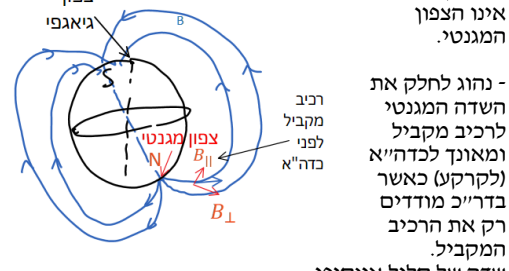
$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$



קווי שדה של טבעת, דיפול מגנטי (מגנטי):



השדה המגנטי של כדור הארץ: הצופן הגאוגרפי אינו הצופן המגנטי.



נהוג לחלק את השדה המגנטי לרכיב מקביל ומאונך לכדה"א (לקרקע) כאשר בדרי"כ מודדים רק את הרכיב המקביל.

שדה של סליל אינסופי: בתוך הסליל השדה אחיד ושווה ל: $B = \frac{\mu_0 NI}{L}$

N - מספר הליפופים הכולל. L - אורך הסליל. ניתן להגדיר גם מספר הליפופים ליחידת אורך של הסליל: $n = \frac{N}{L}$

כיוון, לפי כלל הבורג כאשר האצבעות בכיוון הזרם והאגודל בכיוון השדה.



מוחץ לסליל וקרוב אליו ניתן להתייחס לשדה כאס. חוק אמפר - המשך השדה המגנטי

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{in}$$

חוק אמפר: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{in}$ הוא סכום לאורך מסלול סגור על הרכיב המקביל למסלול של השדה המגנטי. בדרי"כ נעבוד במקרים סימטריים בהם הרכיב המקביל יהיה אחיד לאורך קטעים מהמסלול והחישוב יהיה פשוט לכפול את השדה באורך הקטעים.

I_{in} - סך הזרם שעובר דרך השטח הסגור במסלול. המקרים של חוק אמפר:

1. תיל/גליל אינסופי (עם זרם בכיוון ציר הסימטריה). נבחר לולאה בצורת עיגול ברדיוס r ו- $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = B \cdot 2\pi r$

2. סליל/גליל (עם זרם מעגלי) נבחר לולאה בצורת ריבוע בעל צלע l ו- $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = B \cdot l$

3. מישור אינסופי נבחר לולאה בצורת ריבוע בעל צלע l ו- $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = B \cdot 2l$

GOOL

גודל הכוח הפועל על תיל ישר בשדה אחיד באורך L הנושא זרם I הוא: $F = BIL \sin \alpha$

α - היא הזווית בין השדה לכיוון הזרם. את כיוון הכוח יש למצא לפי כלל יד ימין כמו בחוק לורנץ על מטען בודד כאשר כיוון הזרם (או כיוון ה- dl) מחליף את המהירות.

הכוח ליחידת אורך בין שני תילים מקבילים: $\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$

d - המרחק בין התילים. כוח משיכה אם הזרמים באותו כיוון ודחייה אם בכיוונים הפוכים

GOOL

חוק פארדיי והשראות: כא"מ הנוצר במוט הנע בשדה מגנטי: $\epsilon = BLv \sin \alpha$

כאשר v היא מהירות המוט, L האורך שלו ו- α היא הזווית בין המהירות לשדה.

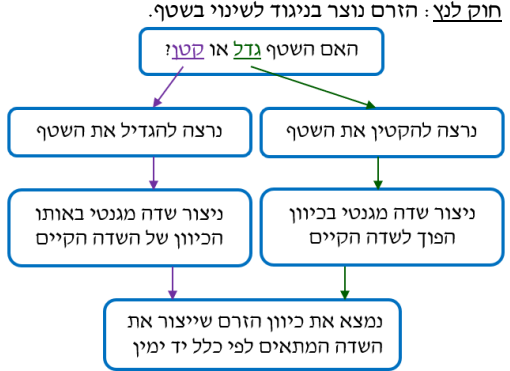
כיוון הכא"מ הוא בכיוון של הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי בתוך המוט.

חוק פארדיי: $\epsilon = -\frac{d\phi_B}{dt}$

$\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = B_{\perp} \cdot S$ השוויון השני נכון אם $B_{\perp}$ אחיד בכל השטח. הכאמ מתנהג כמו מקור מתח במעגל.

בדרי"כ נמצא באמצעות החוק רק את גודל הכאמ ואת הכיוון נמצא לפי חוק לץ.

חוק לץ: הזרם נוצר בניגוד לשינוי בשטף.



הספק של כוח הפועל על גוף בתנועה: $P = F \cdot v \cdot \cos \alpha$ כאשר v היא מהירות הגוף ו- α הזווית בין הכוח למהירות

GOOL

תנועה מחזורית: תנועה מחזורית היא תנועה המורכבת מקטע תנועה מסוים החוזר על עצמו באופן מדויק כל מרווח זמן קבוע.

הגדרה: תנועה מחזורית היא תנועה שבה קיים T קבוע, עברו מתקיים $\vec{x}(t) = \vec{x}(t + T)$ לכל $\vec{x}(t)$ כאשר T הוא זמן המחזור. שימו לב, כל תנועה הרמונית היא תנועה מחזורית אבל לא כל תנועה מחזורית היא הרמונית.

בתנועה הרמונית יש תנאים נוספים שהכוח ביחס ישר למיקום.

GOOL

תנועה הרמונית: המיקום כתלות בזמן בתנועה הרמונית: $x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$

הראשית היא בנקודת שיווי המשקל. נקודת שיווי המשקל היא הנקודה שבה סכום הכוחות שווה לאפס (התאוצה גם שווה לאפס והמהירות מקסי).

A - אמפליטודת התנועה, מרחק מקסימאלי משווי משקל. ω - תדירות זוויתית. ϕ - פאזה.

מהירות בתנועה הרמונית: $v(t) = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$ התאוצה בתנועה הרמונית: $a(t) = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi)$ קשר בין התדירות הזוויתית (אומגה) לתדירות זמן המחזור: $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$

עבור מסה המחוברת לקפיץ: $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ כאשר k הוא קבוע הקפיץ ו- m היא מסת הגוף.

הפאזה: $\phi = \omega \cdot t_0$ כאשר t_0 הוא הזמן שעבר מהרגע שבו הגוף היה בקצה החיובי עד ש $t = 0$ (מתחילים למדוד את התנועה)

בדרי"כ נמצא את A ו- ϕ מתנאי התחלה: $x(t=0) = A \sin \phi$; $v(t=0) = -\omega A \cos \phi$ מהירות ותאוצה מקסימליות:

$v_{max} = \pm \omega A$; $a_{max} = \pm \omega^2 A$ תוספת של כוח קבוע למערכת: משנה רק את נקודת שיווי המשקל (ולא את התדירות). במקרה כזה נקודת שיווי המשקל לא תהיה הנקודה שבה הקפיץ רפוי וצריך להבחין ביניהם. מקרה נפוץ הוא של קפיץ אנכי.

בקפיץ אנכי כוח הכובד הוא כוח קבוע, הוא לא משפיע על התנועה למעט שינוי נקודת שיווי המשקל. אפשר לחשוב שכוח הכובד גורם למיתחה התחלתית של הקפיץ עד לנקודה שבה כוח הקפיץ שווה לכוח הכובד (נק' ש.מ. חדשה) משם התנועה

תהיה כרגיל. אפשר לקבוע את $x=0$ בנקודת ש.מ ולהתעלם מהכובד.
האנרגיה בתנועה הרמונית:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}mv_{max}^2$$

גלים והתאבכות גלים

מהירות גל מחזורי:
 $\lambda -$ אורך הגל. $f -$ תדירות הגל.

חוק השבירה:
 $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$

$\theta -$ הזווית בין הקרן הפוגעת/ מוחזרת **לאנך** למשטח.
 $n -$ מקדם השבירה של כל תווך.
 $v -$ מהירות הגל בכל תווך.

גל עומד במיתר שקצותיו קשורים:
 $\ell = n \frac{\lambda}{2}$

$\ell -$ אורך המיתר. $n -$ מספר נקודות הקמר (מקסי/ מיני) קווי מקסימום ראשיים בהתאבכות משני מקורות (ויותר) שווי-מופע:
 $\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{d}$

$\theta_n -$ זווית הסטייה של האור המגיע לנק' המקסימום n ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.

$X_n -$ המרחק בין אמצע הלוח והמקסימום מסדר n .
 $L_n -$ המרחק בין המרכז של החריצים למקסימום מסדר n .

$n -$ סדר קו המקסימום. $\lambda -$ אורך הגל.
 $d -$ המרחק בין החריצים.

קווי מינימום בהתאבכות משני מקורות שווי-מופע:

$$\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = \left(n - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{d}$$

$\theta_n -$ זווית הסטייה של האור המגיע לנק' המינימום n ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.

$X_n -$ המרחק בין אמצע הלוח והמינימום מסדר n .
 $L_n -$ המרחק בין המרכז של החריצים למינימום מסדר n .

$\lambda -$ אורך הגל. $d -$ המרחק בין החריצים.

נוסחת יאנג:

$$\frac{\Delta X}{L} = \frac{\lambda}{d}$$

$\Delta X -$ רוחב פס האור. $L -$ מרחק האנך למסך מהחריצים.
 $\lambda -$ אורך הגל. $d -$ המרחק בין החריצים.

קווי מקסימום בהתאבכות בסריג עקיפה:

$$\sin \theta_n = n \frac{\lambda}{d} = nN \cdot \lambda$$

$\theta_n -$ הזווית למקסימום מסדר n .

$d -$ המרחק בין שני חריצים צמודים. $N -$ קבוע הסריג.

קווי צומת בעקיפה בסדר יחיד:

$$\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{w}$$

$\theta_n -$ הזווית למינימום מסדר n .

$X_n -$ מרחק מרכז המינימום מסדר n למרכז המקסימום המרכזי. $L_n -$ המרחק בין החריץ למינימום מסדר n .

$w -$ רוחב החריץ.

עוצמה של גלי קול ביחס לסף השמיע:

$$\frac{I_a}{I_0} = 10^{\left(\frac{\alpha}{10}\right)}$$

כאשר I_a היא עוצמת הקול של α דציבל. $I_0 -$ סף השמיע של אדם.

- ניתן לרשום גם את היחס בין העוצמות של שני דציבלים

$$\frac{I_a}{I_b} = 10^{\left(\frac{\alpha - \beta}{10}\right)}$$

שונים α ו- β :

$$E = I \cdot S \cdot t$$

האנרגיה של גל קול:

$E -$ האנרגיה הכוללת של גל הקול. $I -$ העוצמה בדציבל.

$S -$ שטח החתך בו הגל פוגע.

$t -$ משך הזמן שהקול פוגע בשטח החתך.

מטריצת מומנט ההתמד:

$$L_i = \sum_j I_{ij} \omega_j$$

$$I_{ij} = \sum_k m_k (r_k^2 \delta_{ij} + i \cdot j)$$

כאשר i, j, k מקבלים את הערכים x, y, z

מבוא לאופטיקה

חוק סנל:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

כאשר n הם מקדמי השבירה של התווך ו- θ הן הזוויות בין הקרן שפוגעת/מוחזרת לבין האנך למשטח.

נוסחת העדשות:

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

$u -$ מרחק העצם מהעדשה. $v -$ מרחק הדמות מהעדשה.

$f -$ מוקד העדשה.

הגדלה קווית:

$$m = \frac{H_i}{H_o} = \frac{|v|}{|u|}$$

$H_i -$ גובה הדמות. $H_o -$ גובה העצם.

עוצמת העדשה:

$$C = \frac{1}{f}$$

האטום - התפתחות היסטורית ומודל בוהר

תנחות בוהר:

$$m_e v_n r_n = n \frac{h}{2\pi}; E_{ph} = |E_f - E_i|$$

$m_e -$ מסת האלק'. $v_n -$ מהירות האלק' ברדיוס מסדר n .

$r_n -$ הרדיוס ה- n . $n = 1, 2, 3 \dots$ מספר חיובי שלם.

$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ הוא קבוע פלאנק.

$E_{ph} -$ אנרגיית פוטון שנפלט/נבלע.

E_i ו- E_f הן אנרגיות האלק לפני ואחרי התהליך.

רמות אנרגיה באטום מימן:

$$E_n = -\frac{R^*}{n^2} \quad (U_\infty = 0)$$

קבוע רידברג:

$$R^* = \frac{2\pi^2 k^2 m_e e^4}{h^2} = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} = 13.6 \text{eV}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$$

רדיוסי המסלולים המותרים של האלקטרון באטום מימן:

$$r_n = r_1 n^2; r_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e k e^2} = 0.529 \text{\AA}$$

$r_1 -$ רדיוס הבסיס של האלק'

האפקט הפוטואלקטרי

אנרגיה של פוטון:

$$E_{ph} = hf$$

$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$ הוא קבוע פלאנק. $f -$ תדירות הפוטון.

- ניתן לקבל את האנרגיה באלקטרון וולט על ידי הצבה של אורך הגל λ באנגסטרומ ($\text{\AA}$) או בנומטר (nm):

$$E(\text{eV}) = \frac{12400}{\lambda(\text{\AA})} = \frac{1240}{\lambda(nm)}$$

אפקט פוטואלקטרי:

$$E_{ph} = E_k + B$$

$E_k -$ האנרגיה הקינטית של אלק' הנפלט מהמתכת.

$B -$ פונקציית העבודה של המתכת.

דעיכה של מקור רדיואקטיבי:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad \text{או} \quad \frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

$N -$ מספר גרעיני האב בזמן t .

$N_0 -$ מספר גרעיני האב בזמן $t = 0$.

- קצב ההתפרקות של החומר הרדיואקטיבי.

$$\frac{dN}{dt} -$$

$\lambda -$ קבוע דעיכה

פעילות (מינוס קצב ההתפרקות) של מקור רדיואקטיבי:

$$R = \lambda N$$

זמן מחצית החיים:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$