

הוראות לדף הנוסחאות



הוראות הדפסה!

את הדף יש להדפיס עם שוליים מותאמות 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.

מד מתח (וולטמטר) אידיאלי - מחובר במקביל לרכיב הנמדד, בעל התנגדות מאוד גבוהה.

החספק בנגד: $P = IV = I^2 R = \frac{V^2}{R}$

$P = IV$ נכון לכל רכיב חשמלי, שני השוויונים האחרים הם לאחר שימוש בחוק אוהם ונכונים רק בנגד.

נתק - מצב בו לא עובר זרם - חוט חתוך או התנגדות אינסופית.

קצר - מצב בו אין התנגדות

מקור מתח לא אידיאלי: $V = \mathcal{E} - Ir$

V - מתח הדקים, המתח בין קצוות הסוללה או המתח שמרגיש המעגל - תלוי בזרם.

$\mathcal{E}$ - כא"מ הסוללה, מתח פנימי שאינו משתנה.

r - ההתנגדות הפנימית.

חוקי קירכהוף (לפתרון מעגלים מורכבים):

- נגדיר זרם לכל חוט במעגל.

- נרשום משוואות מתחים, סכום המתחים במסלול סגור שווה לאפס. (להסיף משוואות עד שעוברים על כל הרכיבים במעגל).

- נרשום משוואות זרמים, בכל צומת סך הזרם שנכנס שווה לסך הזרם שיוצא.

- נפתור את מערכת המשוואות.

שיטת קרמר (לפתרון מערכת משוואות):

$I_i = \frac{\Delta_i}{\Delta}$

Δ - דטרמיננטה של מערכת המשוואות ההומוגנית (ללא הפרעות). לדוגמה, עבור מערכת המשוואות הבאה:

$3I_1 + 4I_2 + 8I_3 = 5$

$2I_1 - 5I_2 + 9I_3 = 1$

$4I_1 + 3I_2 - 7I_3 = 3$

Δ_i - דטרמיננטה של מערכת המשוואות שהוחלפה בה העמודה ה- i בעמודות התשובות. לדוגמה, במערכת הנ"ל:

$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 4 & 8 & 5 \\ 2 & 9 & 1 \\ 3 & -7 & 3 \end{vmatrix}$

$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 3 & 8 & 5 \\ 2 & 9 & 1 \\ 4 & -7 & 3 \end{vmatrix}$

$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 3 & 4 & 8 \\ 2 & -5 & 9 \\ 4 & 3 & -7 \end{vmatrix}$

זרמי חוגים:

1. נחלק את המעגל למעגלים סגורים ונבחר זרמים לכל מעגל. לדוגמה:

2. נעשה משוואות מתחים לכל מעגל. עבור מעגל 1:

3. נפתור את מערכת המשוואות

חומרים דיאלקטרים

חומר דיאלקטרי הוא חומר שמכיל דיפולים. במצב רגיל כל דיפול לכיוון שונה והשדה הממוצע בחומר הוא אפס.

כשמכנסים את החומר לשדה חצוני הדיפולים מתיישרים ויוצרים שדה מנוגד לשדה החיצוני.

השדה בתוך חומר דיאלקטרי לינארי ואיזוטרופי:

$\vec{E} = \frac{\vec{E}_{free}}{\epsilon_r}$

$\vec{E}_{free}$ הוא השדה שנוצר ממטענים חופשיים/מחוץ לחומר.

$\vec{E}$ הוא השדה הכולל בתוך החומר (מהמטענים החופשיים והדיפולים של החומר).

ϵ_r או κ - מקדם דיאלקטרי של החומר - תכונה של החומר בדרי"כ קבוע וידוע. $\epsilon_r > 1$ - $\epsilon_r = \epsilon_0 \epsilon_r$

σ_{free} - צפיפות המטען שיוצרת את השדה החיצוני:

$\sigma_{free} = \epsilon_0 \Delta E_{free}$

$\sigma_T = \epsilon_0 \Delta E_{\perp}$ - צפיפות המטען הכוללת:

σ_i - צפיפות מטען מושרית/קשורה: צפיפות מטען שנוצרת על שפת החומר הדיאלקטרי מהקיטוב של הדיפולים:

$\sigma_i = \sigma_T - \sigma_{free}$

$\vec{P}$ - וקטור הפולריזציה. צפיפות הדיפולים ליחידת נפח:

$\vec{P} = N \vec{p}_1$

$\vec{p}_1$ - מומנט הדיפול של דיפול יחיד בחומר.

N - מספר הדיפולים ביחידת נפח. יחידות של $\left[\frac{1}{m^3}\right]$

מומנט הדיפול הכולל בחומר:

הקשר בין $\vec{P}$ לצפיפות המושרית על השפה:

כאשר $\hat{n}$ הוא וקטור יחידה המאונך לשפה כלפי חוץ מהחומר.

אם $\vec{P}$ לא אחיד אז יש גם צפיפות מטען מושרית נפחית בתוך החומר:

$\rho_i \equiv \rho_b = -\vec{\nabla} \cdot \vec{P}$

וקטור העתקה:

חוק גאוס למטען החופשי:

$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho_f \Leftrightarrow \oint \vec{D} \cdot d\vec{s} = Q_{in_f}$

בחומרים לינארים (בדרי"כ בשאלות):

חומר איזוטרופי:

חומרים דיאלקטרים

הגדרת הקיבול:

הקיבול היא תכונה קבועה ותלויה רק במבנה הגיאומטרי של הגוף (ולא במתח או במטען על הרכיב).

קיבול של קבל לוחות:

A - שטח כל לוח. d - מרחק בין הלוחות, $d \ll \sqrt{A}$.

שדה בתוך קבל לוחות:

σ - צפיפות המטען ליחידת שטח בכל לוח.

V - המתח בין הלוחות. d - מרחק בין הלוחות.

קיבול של קבל גלילי:

a ו-b - רדיוס הגליל הפנימי והחיצוני בהתאמה.

L - אורך הגלילים, $a, b \ll L$.

הקיבול של קבל המלא בחומר דיאלקטרי אחיד:

$C' = kC_0$ (או ϵ_r) - המקדם הדיאלקטרי של החומר.

C_0 - הקיבול ללא החומר הדיאלקטרי.

חיבור קבלים בטור (קבלים עם מטען זהה):

$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

כאשר $Q_T = Q_1 = Q_2$ ו- $V_T = V_1 + V_2$

חיבור קבלים במקביל (מתח זהה):

$C_T = C_1 + C_2$ ו- $V_T = V_1 = V_2$

שיטה 1 לחישוב קיבול - לפי הגדרה:

א. נניח שיש מטען Q על לוחות הקבל.

ב. נחשב את השדה בין הלוחות

ג. נחשב את המתח בין הלוחות

ד. נציב בנוסחה (בדרי"כ יצטמצם)

שיטה 2 לחישוב קיבול - פירוק הקבל לקבלים חלקיים:

א. נפרק את הקבל לקבלים שמחוברים בטור או במקביל

ב. נחשב את הקיבול של כל אחד

ג. נחבר חזרה באמצעות הנוסחאות

אנרגיה האגורה בקבל:

$U_c = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} qV$

העבודה שמבצעת הסוללה:

$W_s = \Delta q V_s = -2\Delta U_c$

Δq הוא המטען שעבר דרכה (זוה המטען שקיבל הקבל)

הכוח הפועל על חומר דיאלקטרי בקבל:

$F = \left| \frac{dU_c}{dx} \right|$

הכוח תמיד מושך את החומר פנימה.

פריקה וטעינה של קבל

מעגל טעינה:

משוואת המתחים:

$V_0 - \frac{q}{C} - IR = 0$

$I = \frac{dq}{dt}$

המטען והמתח על הקבל כתלות בזמן (בטעינה):

$q(t) = CV_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$; $V_c(t) = V_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$

$\tau = RC$ הוא קבוע הזמן אופייני

$V_c(t)$

$q(t)$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

בהתחלה ($t = 0$) הקבל מתנהג כמו קצר, המתח והמטען על הקבל הם אפס והזרם הוא $\frac{V_0}{R}$

לאחר זמן רב ($t > \tau$) הקבל מתנהג כמו נתק, המטען והמתח קבועים והזרם מתאפס.

מעגל פריקה:

משוואת המתחים:

$\frac{q}{C} - IR = 0$

$I = -\frac{dq}{dt}$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

המטען על הקבל כתלות בזמן:

$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

המטען על הקבל כתלות בזמן:

$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

המטען על הקבל כתלות בזמן:

$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

המטען על הקבל כתלות בזמן:

$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

המטען על הקבל כתלות בזמן:

$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

המטען על הקבל כתלות בזמן:

$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

המטען על הקבל כתלות בזמן:

$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

המטען על הקבל כתלות בזמן:

$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

המטען על הקבל כתלות בזמן:

$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

המטען על הקבל כתלות בזמן:

$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

המטען על הקבל כתלות בזמן:

$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

המטען על הקבל כתלות בזמן:

$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

המטען על הקבל כתלות בזמן:

$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

המטען על הקבל כתלות בזמן:

$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

המטען על הקבל כתלות בזמן:

$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

המטען על הקבל כתלות בזמן:

$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

המטען על הקבל כתלות בזמן:

$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

המטען על הקבל כתלות בזמן:

$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

המטען על הקבל כתלות בזמן:

$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

הזרם כתלות בזמן:

$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t) = V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

המטען על הקבל כתלות בזמן:

$q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

הזרם כתלות בזמן:

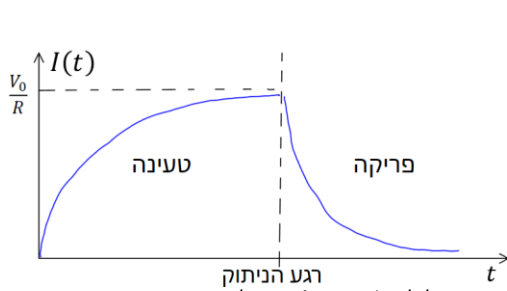
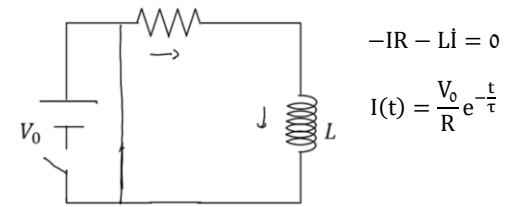
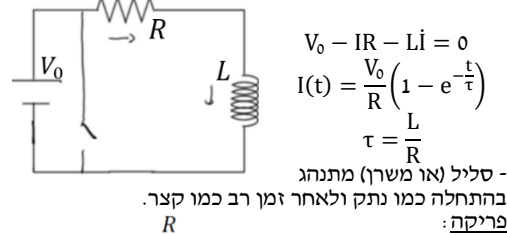
$I(t) = \frac{V_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

המתח על הקבל כתלות בזמן:

$V_c(t)$

האנרגיה האגורה בשדה המגנטי:
 $U = \int \frac{B^2}{2\mu_0} dV$
 את האינטגרל עושים על כל המרחב.
 זו אותה האנרגיה שמחשבים באמצעות ההשראות (פשוט צורת חישוב אחרת).
 ניתן לחשב השראות דרך השוואה של שתי הנוסחאות האחרונות של האנרגיה (תניחו זרם והוא יצטמצם בסוף).
המתח על סליל (משורר) במעגל:
 $V_L = L \dot{I}$
 הצד הגבוה הוא בנקודה שבה נכנס הזרם לסליל.

מעגלי RL

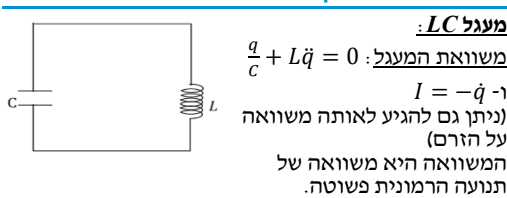


חיבור סלילים (משוררים) במעגל הוא כמו חיבור נגדים:
 בטור: $L_T = L_1 + L_2 + \dots$
 כאשר $I_T = I_1 = I_2 = \dots$ ו- $V_T = V_1 + V_2 + \dots$
 במקביל: $\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots$
 כאשר $I_T = I_1 + I_2 + \dots$ ו- $V_T = V_1 = V_2 = \dots$

השראות הדדית

השראות הדדית:
 $M_{1,2} = \frac{\Phi_1}{I_2}$
חישוב השראות הדדית:
 1. נניח שזרם זרם I_2 ברכיב 2.
 2. נחשב את השדה המגנטי הנוצר מהזרם ברכיב 1.
 3. נחשב את השטף המגנטי ברכיב 1.
 4. נציב בנוסחה של ההשראות ו- I_2 יצטמצם.
 - השראות הדדית תמיד סימטרית $M_{1,2} = M_{2,1} = M$
 ולכן ניתן תמיד לחשב $M_{1,2}$ ולהסיק על $M_{2,1}$ (או להפך).
יחס המתחים בשנאי:
 $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{N_2}{N_1}$
 N הוא מספר הליפופים בכל צד.

מעגלי זרם חילופין

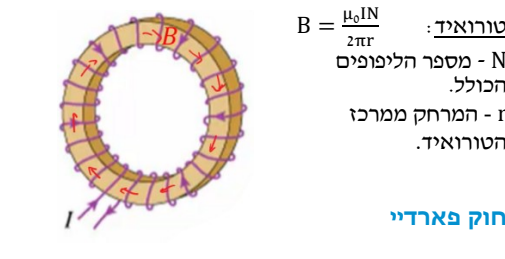


פתרון:
 $q(t) = A \cos(\omega t + \phi)$; $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$

האנרגיה האגורה במעגל:
 (האנרגיה הכוללת נשמרת)

משוואות מקסוול

הצורה הדיפרנציאלית: הצורה האינטגרלית:
 1. חוק גאוס $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} \rho$; $\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{1}{\varepsilon_0} \int \rho dV$
 2. $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$; $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$
 השטף מגנטי על משטח סגור תמיד אפס, אין מטען מגנטי.
 3. $\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt}$; $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot d\vec{s}$
 מהמשוואה ניתן לקבל את חוק פאראדי $\varepsilon = -\dot{\Phi}_B$
 4. $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\vec{E}}{dt}$; $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \int \vec{j} \cdot d\vec{s} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d}{dt} \int \vec{E} \cdot d\vec{s}$



חוק פאראדי

חוק פאראדי:
 $\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$; $\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{s}$
 הכא"מ מתנהג כמו מקור מתח במעגל.
 בד"כ נמצא באמצעות החוק את גודל הכא"מ ואת הכיוון נמצא לפי חוק לנץ.
 חוק לנץ: הזרם נוצר בניגוד לשינוי בשטף.



הספק של כוח הפועל על גוף בתנועה:
 $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$
 כאשר $\vec{v}$ היא מהירות הגוף (שימו לב למכפלה הסקלרית)
כא"מ הנוצר במוט הנע בשדה מגנטי:
 $\varepsilon = BLv \sin \alpha$
 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.

אפקט הול

בפועל רק אלקטרונים זזים במוליך כשיש זרם. כתוצאה מהתנועה הזו הם מרגישים כוח (אם יש שדה מגנטי) שדוחף אותם לדופן המוליך ונוצרת הפרדת מטענים הגורמת לשדה חשמלי לרוחב המוליך. בשיווי משקל הכוח החשמלי שווה למגנטי. מהשוויון ניתן לחשב את השדה החשמלי ו- V המתח הנוצר לרוחב המוליך:

$V = \frac{I dB_{\perp}}{nqA} = \frac{2IB_{\perp}}{nq\pi R}$
 V - המתח בין הקצוות של המוליך שמאונכות לכיוון הזרם וכיוון השדה המגנטי. I - הזרם במוליך.
 $B_{\perp}$ - הרכיב של השדה המגנטי שמאונך לזרם.
 n - מספר האלקטרונים ליחידת נפח במוליך.
 q - מטען האלקטרון. d - הרוחב של המוליך שמצדדיו נמדד המתח. A - שטח החתך של המוליך (מאונך לזרם) השוויון השני למקרה של מוליך גלילי, R רדיוס הגליל.

מובנט דיפול מגנטי

דיפול מגנטי הוא לולאת זרם סגורה.
 מומנט הדיפול המגנטי $\vec{\mu}$ לפעמים מסומן ב- $(\vec{m})$: $\vec{\mu} = I \vec{A}$
 I - הזרם בלולאה. $\vec{A}$ - השטח הסגור על ידי הלולאה.
 כיוונו במאונך למשטח ובהתאם לכלל יד ימין של הזרם.
 השדה שיוצר דיפול מגנטי במרחק הגדול בהרבה מממדי

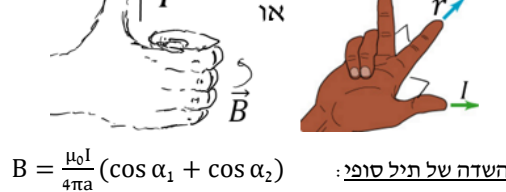
הדיפול:
 $\vec{B} = \frac{\mu_0 [3(\vec{\mu} \cdot \vec{r})\vec{r} - \vec{\mu}]}{4\pi r^3}$
מומנט כוח שפועל על דיפול מגנטי הנמצא בשדה מגנטי
חישוב:
 $\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$
חישוב:
 $U = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$

השראות ברכיב:

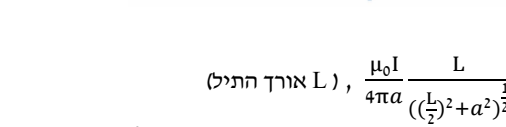
$L = \frac{\Phi_B}{I}$
 Φ_B הוא השטף המגנטי דרך הרכיב ו- I הזרם ברכיב.
 - ההשראות היא **תכונה שתלויה רק במבנה** ולכן היא בד"כ קבועה.
 חישוב השראות לפי הגדרה:
 1. נניח שזרם זרם I ברכיב.
 2. נחשב את השדה המגנטי הנוצר מהזרם בתוך הרכיב.
 3. נחשב את השטף המגנטי ברכיב.
 4. נציב בנוסחה של ההשראות והזרם יצטמצם.

השראות של סליל:
 $L = \frac{\mu_0 \pi a^2 N^2}{l}$
 N מספר הליפופים הכולל, I אורך הסליל ו- a רדיוס טבעת
כא"מ ברכיב עם השראות L :
 $\varepsilon = -L \dot{I}$
האנרגיה האגורה בסליל (או בכל רכיב בעל השראות):
 $U_L = \frac{1}{2} LI^2$

חוק ביו-סבר
חוק ביו-סבר, השדה המגנטי שיוצרת חתיכת זרם:
 $d\vec{B} = \frac{\mu_0 I d\vec{l} \times \vec{r}}{4\pi |\vec{r}|^3} = \frac{\mu_0 I d\vec{l} \times \hat{r}}{4\pi |\vec{r}|^2}$
 $\vec{r}$ הוא הוקטור מהחתיכה לנקודה בה מחפשים את השדה.
 $d\vec{l}$ הוא אורך החתיכה וכיוונו בכיוון הזרם.
 חישוב הכיוון לפי כלל יד ימין:



השדה של תיל סופי:
 $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2)$
 - במרכז התיל $B =$

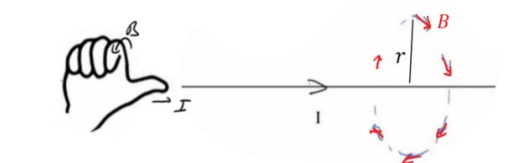


שדה של טבעת לאורך ציר הסימטריה:
 $B = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R^2}{(R^2 + z^2)^{3/2}}$
 - כיוון השדה לפי כלל הברג:
כוח ליחידת אורך בין שני תילים מקבילים:
 $\frac{dF}{dl} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$
 הכוח הוא כוח משיכה אם הזרמים באותו כיוון, ודחייה אם כיוון הזרמים הפוך.

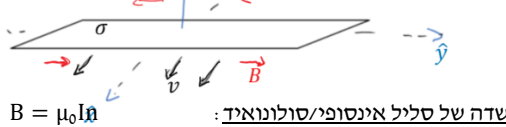
חוק אמפר

חוק אמפר:
 $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{in}$; $I_{in} = \int \vec{j} \cdot d\vec{s}$
 - כאשר האינטגרל הוא על הרכיב המשיק של B לאורך מסלול סגור. בד"כ נבחר מקרים בהם B אחיד לאורך המסלול והאינטגרל יהיה B כפול אורך המסלול.
 - הזרם הוא סך הזרם שעובר דרך השטח הסגור במסלול. המקרים הנפוצים של חוק אמפר:
 1. תיל / גליל / מעטפת גלילית אינסופיים.
 2. מישור אינסופי.
 3. סליל אינסופי / טורואיד.

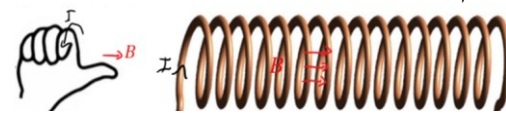
שדה של תיל אינסופי:
 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
 כאשר r הוא המרחק מהתיל.



כאשר הזרם בכיוון $\hat{z}$ השדה בכיוון $\hat{\theta}$
שדה של מישור אינסופי:
 $\vec{B} = \frac{\mu_0 \sigma v}{2} \begin{cases} -\hat{y}, & z > 0 \\ \hat{y}, & z < 0 \end{cases}$
 עבור מישור דק הטעון בצפיפות משטחית σ ונע בכיוון $\hat{x}$ במהירות v .

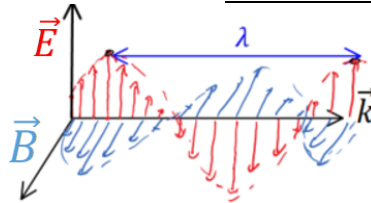


שדה של סליל אינסופי/סולנואיד:
 $B = \mu_0 I n$
 כאשר n הוא מספר הליפופים ליחידת אורך של הסליל.
 - כיוון: לפי כלל הברג, האצבעות בכיוון הזרם והאגודל בכיוון השדה.



$$\vec{B} = \frac{1}{c} \hat{k} \times \vec{E} ; \vec{E} = c \vec{B} \times \hat{k}$$

צורת הגל במרחב:



השדה החשמלי תמיד מאונך לשדה המגנטי ושניהם תמיד מאונכים לכיוון התקדמות הגל.

$$|k| = \frac{2\pi}{\lambda} : \text{הוא אורך הגל (המרחק בין שיא לשיא)}$$

$$\omega = c|k| : \text{יחס הדיספרסיה}$$

$$E_i(\vec{r}, t) = A_i \cos(\vec{k} \cdot \vec{r} + \omega t) : \text{פתרון נוסף (עם פלוס)}$$

במקרה הזה הגל מתקדם בכיוון הפוך ל $\vec{k}$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\vec{E}}{dt}$$

חוק אמפר והתיקון של מקסוול (שנקרא גם זרם העתקה)

GOOL

גלים והתאבכות גלים

$$v = \lambda f$$

מהירות גל מחזורי:

λ - אורך הגל. f - תדירות הגל.

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

חוק השבירה:

θ - הזווית בין הקרן הפוגעת/ מוחזרת לאנך למשטח.

n - מקדם השבירה של כל תווך.

v - מהירות הגל בכל תווך.

$$\ell = n \frac{\lambda}{2}$$

גל עומד במיתר שקצותיו קשורים:

ℓ - אורך המיתר. n - מספר נקודות הקמר (מקסי/ מיני) קווי מקסימום ראשיים בהתאבכות משני מקורות (ויותר)

$$\sin \theta_n = \frac{x_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{d}$$

שווי-מופע:

θ_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. λ - אורך הגל.

d - המרחק בין החריצים.

קווי מינימום בהתאבכות משני מקורות שווי-מופע:

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

θ_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 .

λ - אורך הגל. d - המרחק בין החריצים.

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

נוסחת יאנג:

Δx - רוחב פס האור. L - מרחק האנך למסך מהחריצים.

λ - אורך הגל. d - המרחק בין החריצים.

קווי מקסימום בהתאבכות בסריג עקיפה:

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

θ_n - הזווית למקסימום מסדר n .

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

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

קווי צומת בעקיפה בסדר יחיד:

θ_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.

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

עוצמה של גלי קול ביחס לסף השמע:

כאשר I_a היא עוצמת הקול של α דציבל. I_0 - סף השמע 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.

GOOL

גלים אלקטרומגנטיים

משוואות הגלים בריק ($\rho = j = 0$):

$$\vec{\nabla}^2 \vec{E} = \frac{1}{c^2} \frac{d^2 \vec{E}}{dt^2} ; \vec{\nabla}^2 \vec{B} = \frac{1}{c^2} \frac{d^2 \vec{B}}{dt^2}$$

c היא מהירות האור כאשר $\frac{1}{c^2} = \mu_0 \epsilon_0$

- למשוואות מגיעים ממשוואות מקסוול.

- המשוואה מתקיימת עבור כל רכיב בנפרד:

$$\vec{\nabla}^2 \vec{E} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d^2 \vec{E}}{dt^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \vec{\nabla}^2 E_x = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d^2 E_x}{dt^2} ; \vec{\nabla}^2 E_y = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d^2 E_y}{dt^2} ; \text{כנל } z$$

$$\vec{\nabla}^2 E_i = \frac{\partial^2 E_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_i}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E_i}{\partial z^2} : \text{תזכורת ללאפליאן}$$

פתרון המשוואה עבור רכיב כלשהו של $\vec{E}$ או של $\vec{B}$:

$$E_i(\vec{r}, t) = A_i \cos(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)$$

$\vec{k} = (k_x, k_y, k_z)$ הוא וקטור הגל, כיוונו הוא כיוון התקדמות הגל.

$$\vec{k} \cdot \vec{r} = k_x x + k_y y + k_z z$$

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \text{ היא התדירות הזוויתית}$$

כאשר f היא התדירות בהרץ ו- T הוא זמן המחזור.

- הקוסינוס בפתרון זהה לכל הרכיבים של השדה החשמלי

והמגנטי, ההבדל בין הרכיבים הוא רק במקדם A_i .

איד למצא שדה מגנטי מחשמלי ולהפך: