

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.

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: $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$

חוק גאוס למטען החופשי:

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

בחומרים לינארים (בדר"כ בשאלות): $\vec{D} = \epsilon \vec{E}$

חומר איזוטרופי: $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E}_0$

GOOL

מעגלי זרם ישר

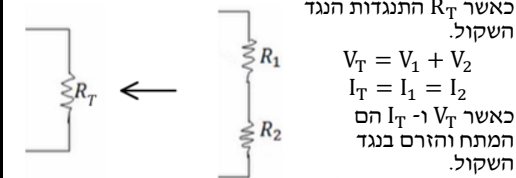
זרם: $I = \frac{dq}{dt}$

- כמות המטען שעוברת (דרך שטח חתך) ביחידת זמן.

חוק אוהם - הקשר בין המתח לזרם בנגד: $V = IR$

חיבור נגדים בטור - נגדים עם זרם זהה: $R_T = R_1 + R_2$

כאשר R_T התנגדות הנגד השקול.



כאשר V_T ו- I_T הם המתח והזרם בנגד השקול.

חיבור נגדים במקביל -

נגדים עם מתח זהה:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$
$$I_T = I_1 + I_2$$
$$V_T = V_1 = V_2$$

- עבור יותר משני נגדים הנוסחאות ממשיכות באופן דומה:

בטור: $R_T = \sum R_i$, $V_T = \sum V_i$, $I_T = I_i$

במקביל: $\frac{1}{R_T} = \sum \frac{1}{R_i}$, $I_T = \sum I_i$, $V_T = V_i$

מד זרם (אמפרמטר) אידיאלי - מחובר בטור ובעל התנגדות זניחה.

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: $V = \epsilon - Ir$

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

ϵ - כ"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. (להוסיף 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 הפתרונות). לדוגמה, עבור מערכת המשוואות הבאה:

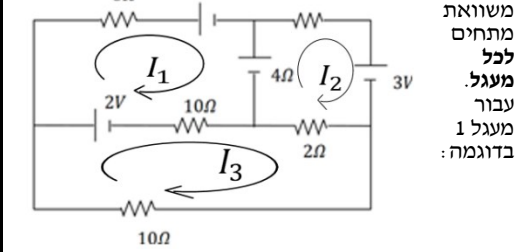
$$\begin{cases} 3I_1 + 4I_2 + 8I_3 = 5 \\ 2I_1 - 5I_2 + 9I_3 = 1 \\ 4I_1 + 3I_2 - 7I_3 = 3 \end{cases} \quad \Delta = \begin{vmatrix} 3 & 4 & 8 \\ 2 & -5 & 9 \\ 4 & 3 & -7 \end{vmatrix}$$

Δ_i - דטרמיננטה של מערכת המשוואות שהוחלפה בה העמודה i בעמודות התשובות. לדוגמה, Δ_1 :

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

זרמי חוגים:

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



$$5I_1 + 4 + 4 + 10(I_1 - I_3) - 2 = 0$$

3. נפתור את מערכת המשוואות

חומרים דיאלקטריים

GOOL

הגדרת הקיבול: $C = \frac{|q|}{|V|}$

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

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

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

E = $\frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{V}{d}$

שדה בתוך קבל לוחות:

קיבול של קבל גלילי: $C = \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln \frac{b}{a}}$

a ו-b - רדיוס הגליל הפנימי והחיצוני בהתאמה. L - אורך הגלילים, $a, b \ll L$.

הקיבול של קבל המלא בחומר דיאלקטרי אחיד: $C' = kC_0$

k (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): $C_T = C_1 + C_2$

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

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 (בדר"כ Q 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: $U_c = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} qV$

GOOL

מבנה הנגד וצפיפות זרם

התלות של ההתנגדות במבנה הנגד: $R = \rho \frac{L}{S}$

ρ - התנגדות סגולית, תלויה בחומר (לא להתבלבל עם צפיפות מטען נפחית).

L - אורך הנגד, הדרך שהמטענים עושים בנגד.

S (או A) - שטח החתך, משטח שמאונך לכיוון הזרם.

הערה: שטח החתך וההתנגדות הסגולית צריכים להיות אחידים לאורך הנגד. במידה והם לא אחידים צריך לחלק את הנגד לחתיכות, לחשב התנגדות של כל חתיכה ולסכום לפי סוג החיבור (במקביל/בטור)

מוליכות (לא לבלבל עם צפיפות מטען משטחית): $\sigma = \frac{1}{\rho}$

צפיפות הזרם ליחידת שטח: $\vec{J} = \int \vec{J} \cdot d\vec{S}$

כאשר האינטגרל הוא על שטח החתך, שטח שמאונך ל- $\vec{J}$.

אם $\vec{J}$ אחידה אז: $I = JS$

חוק אוהם הדיפרנציאלי: $\vec{J} = \sigma \vec{E}$

כאשר σ היא המוליכות ו- E השדה החשמלי.

חישוב צפיפות זרם עבור צפיפות מטען נפחית בתנועה:

$\vec{J} = \rho \vec{v}$

כאשר ρ היא צפיפות נושאי המטען ליחידת נפח ו- $\vec{v}$ היא מהירות נושאי המטען. במוליך, $\rho = nq$ כאשר n הוא מספר נושאי המטען ליח נפח ו- q הוא המטען של נושא מטען יחיד, בד"כ אלקטרון. מהירות המטענים נקראת מהירות הסחיפה $\vec{v}_{drift}$.

צפיפות הזרם ליחידת אורך: $I = \int \vec{k} \cdot d\vec{l}$

כאשר האינטגרל הוא על אורך שמאונך ל- $\vec{k}$

אם $\vec{k}$ אחידה אז: $I = kL$

חישוב צפיפות זרם עבור צפיפות מטען משטחית בתנועה:

$\vec{k} = \sigma \vec{v}$

עבור צפיפות מטען ליחידת אורך λ בתנועה נקבל: $I = \lambda v$

GOOL

הכוח המגנטי - חוק לורנץ

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

ניתן לחשב את הכוח בשני דרכים.

- דרך דטרמיננטה (ראו מכפלה וקטורית בוקטורים).

דרך גודל וכיוון בנפרד, הגודל הוא: $F_B = qvB \sin \alpha$

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 α היא מהירות ההתקדמות לאורך ציר השדה. עבודת הכוח המגנטי: תמיד מתאפסת (כי הוא מאונך לתנועה).

הכוח המגנטי על תיל נושא זרם

הכוח הפועל על חתיכת תיל קטנה באורך dl עם זרם I

הנמצאת בשדה מגנטי B הוא: $d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B}$

- אם התיל ישר בשדה אחיד אז גודל הכוח הוא: $F = BIL \sin \alpha$

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 על לולאה סגורה בשדה אחיד מתאפס.

- הכוח על תיל בשדה אחיד אינו תלוי בצורת התיל, הכוח יהיה זהה לכוו הפועל על תיל ישר המתחיל ומסתיים באותם נקודות.

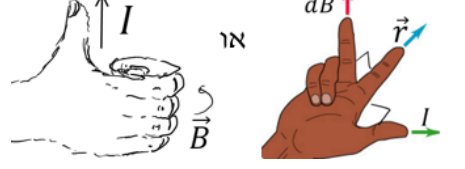
חוק ביו-סבר

השדה המגנטי שיוצרת חתיכת זרם:

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

$\vec{r}$ 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: $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2)$

a - במרכז התיל

B =



$\frac{\mu_0 I}{4\pi a} \left(\frac{L}{L^2 + a^2} + \frac{L}{(\frac{L}{2})^2 + a^2} \right)$

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 הבורג: $\frac{d\vec{F}}{dl} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$

כוח ליחידת אורך בין שני תילים מקבילים:

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. בדרי"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.



$\lambda = v \cdot T$ גלים מחזוריים: λ - אורך הגל; T - זמן המחזור; v - מהירות הגל

$f = \frac{1}{T}$ תדירות (מספר המחזורים בשנייה): $y(x, t) = A \cos(kx \pm \omega t + \varphi)$ גל הרמוני:

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$ מספר הגל: $\omega = vk = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$ קשרים בין הגדלים השונים:

גל עומד: מורכב משני גלים נעים זהים הנעים בכיוונים מנוגדים $y(x, t) = A \sin(kx) \cos(\omega t + \varphi) = \frac{A}{2} \sin(kx - (\omega t + \varphi)) + \frac{A}{2} \sin(kx + (\omega t + \varphi))$

נקודות צומת (node): נקודות שלא זזות. אין מהירות גל. נקודת טבור (antinode): אמפליטודה מקסימלית. פעימות: בפעימות אחרונות מחברים שני גלים בעלי אותה אמפליטודה ומקבלים גל בתוך מעטפת (פעימה).

$\Psi_1(t) = A \cos(\omega_1 t)$ & $\Psi_2(t) = A \cos(\omega_2 t)$ $\Psi_T(t) = \Psi_1(t) + \Psi_2(t) = 2A \cos(\epsilon t) \cos(\Omega t)$

$\epsilon = \frac{\omega_f - \omega_s}{2}$ $\Omega = \frac{\omega_f + \omega_s}{2}$

תדירות הפעימה היא 2ϵ גלים רוחביים במיתר

משוואת הגלים: $\frac{\partial^2 \psi(x, t)}{\partial x^2} = \frac{\rho}{T} \frac{\partial^2 \psi(x, t)}{\partial t^2}$

T - המתיחות במיתר, ρ - צפיפות המסה ליחידת אורך, ψ - פונקציית הגל, ההעתק הרוחבי של כל חתיכה במיתר.

מהירות הגל: $v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$

פתרון המשוואה: $\psi(x, t) = A \cos(kx - \omega t) + B \sin(kx - \omega t) + C \cos(kx + \omega t) + D \sin(kx + \omega t)$

אפשרויות נוספות לפתרון (על ידי שימוש בזהויות טריגונומטריות)

$\psi(x, t) = A_1 \cos(kx - \omega t + \phi_1) + A_2 \cos(kx - \omega t + \phi_2) = B_1 \cos kx \cos \omega t + B_2 \cos kx \sin \omega t + B_3 \sin kx \cos \omega t + B_4 \sin kx \sin \omega t = C_1 \cos kx \cos(\omega t + \phi_1) + C_2 \sin kx \cos(\omega t + \phi_2)$

שתי האפשרויות האחרונות עדיפות לגלים עומדים. פתרון במספרים מרוכבים:

$\psi(x, t) = A_1 e^{i(kx + \omega t)} + A_2 e^{i(kx - \omega t)} + A_3 e^{-i(kx + \omega t)} + A_4 e^{-i(kx - \omega t)}$

אם הפונקציה ממשיה, אז $A_4 = A_2^*$ ו- $A_3 = A_1^*$, והפתרון מתכנס לחלק הממשי של

$\psi(x, t) = A e^{i(kx - \omega t)} + B e^{-i(kx + \omega t)}$

יחס הדיפרסיה: $\omega = v \cdot k$

פתרון באמצעות נוסחת ד'אלמבר: $\psi(x, t) = \frac{1}{2} [\psi(x - vt, 0) + \psi(x + vt, 0)] + \frac{1}{2v} \int_{x-vt}^{x+vt} \psi'(x', 0) dx'$

החזרה והעברה

תנאי שפה לנקודת אי-רציפות במיתר ב- $x=0$:

1. רציפות הפונקציה: $\psi_L(0, t) = \psi_R(0, t)$

2. רציפות הכוח: $F_L = F_R$

אם המתיחות אחידה, אז תנאי 2 הופך לרציפות הגזרות:

$\frac{\partial \psi_L}{\partial x} \Big|_{x=0} = \frac{\partial \psi_R}{\partial x} \Big|_{x=0}$

$\psi_L(x, t) = \psi_r(x, t) + \psi(x, t)$; $\psi_r(x, t) = \psi_t(x, t)$

$\psi_r(x, t) = r\psi(-x, t)$

$\psi_t(x, t) = t\psi\left(\frac{v_1}{v_2}x, t\right)$; $v_1 = \sqrt{\frac{T}{\rho_1}}$ $v_2 = \sqrt{\frac{T}{\rho_2}}$

מקדם החזרה: $r = \frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1} = \frac{\sqrt{\rho_1} - \sqrt{\rho_2}}{\sqrt{\rho_1} + \sqrt{\rho_2}}$

מקדם העברה: $t = \frac{2v_2}{v_2 + v_1} = \frac{2\sqrt{\rho_1}}{\sqrt{\rho_1} + \sqrt{\rho_2}}$

הערה: את הנוסחאות של מקדם ההעברה וההחזרה נרשום בנושא הבא בצורה יותר כללית עם שימוש בטכניקות.

עכבה

עכבה (impedance): $Z = \sqrt{\rho T} = \frac{T}{v}$

T - מתיחות. V - מהירות הגל

$|Z| = \frac{|F_y|}{|v_y(t)|}$

F_y - הכוח על אלמנט מסה

אם $\omega \approx \omega_f$ אז $x_L \approx -x_R - A_f \gg A_s$ המוד (1,-1) מתעורר.

מערכת של שלוש מסות

המשוואות: $-kx_1 - k(x_1 - x_2) = m\ddot{x}_1$

$-k(x_2 - x_1) - k(x_2 - x_3) = m\ddot{x}_2$

$-kx_3 - k(x_3 - x_2) = m\ddot{x}_3$

פתרון (לאחר אלגברה עם מטריצה):

$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = A_m \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix} \cos(\omega_m t + \varphi_m) + A_f \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \cos(\omega_f t + \varphi_f) + A_s \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \cos(\omega_s t + \varphi_s)$

כאשר: $\omega_s = \sqrt{2 + \sqrt{2}}\omega_0$; $\omega_m = \sqrt{2}\omega_0$

$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$; $\sqrt{2 - \sqrt{2}}\omega_0$

מערכת N מסות

המשוואות: $-k(x_n - x_{n-1}) - k(x_n - x_{n+1}) = m\ddot{x}_n$

פתרון כללי:

$x_n(t) = (A \cos(n\theta) + B \sin(n\theta))e^{i\omega t} = C_1 \cos(n\theta) \cos(\omega t + \varphi_1) + C_2 \sin(n\theta) \cos(\omega t + \varphi_2)$

כאשר: $\theta = \cos^{-1}\left(\frac{2\omega_0^2 - \omega^2}{2\omega_0^2}\right)$

בתנאי שפה קבועים (קירות): $x_0(t) = x_{N+1}(t) = 0$

$x_n(t) = \sum_{m=1}^N C_m \sin\left(\frac{n\pi m}{N+1}\right) \cos(\omega_m t + \varphi_m)$

$\theta_m = \frac{\pi m}{N+1}$; $\omega_m = 2\omega_0 \sin\left(\frac{\pi m}{2(N+1)}\right)$

כלומר יש N מודים עצמיים (בתדירויות ω_m) ו- x_n הם קומבינציות לינאריות של המודים האלו. המקדמים C_m ו- φ_m נקבעים מתנאי ההתחלה של כל ה- x_n אמפליטודות המודים

העצמיים

נצייר לכל מוד סינוס עם m צמיחי סינוס. נחלק את המקטע ל- $N+1$ חלקים שווים

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

התדירויות: נצייר מעגל ברדיס $2\omega_0$ ונחלק ל- $N+1$ גזרות שוות.

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 ככל הבורג, האצבעות בכיוון הזרם והאגודל בכיוון השדה.

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

N - מספר הליפופים הכולל.

r - המרחק ממרכז הסולנואיד.

חוק פאראדיי

חוק פאראדיי: $\epsilon = -\frac{d\phi_B}{dt}$; $\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{s}$

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.

האם השטף גדל או קטן?

נרצה להגדיל את השטף

נרצה להקטין את השטף

ניצור שדה מגנטי באותו הכיוון של השדה הקיים

ניצור שדה מגנטי בכיוון הפוך לשדה הקיים

נמצא את כיוון הזרם שייצור את השדה המתאים לפי כלל יד ימין

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: $\epsilon = BLv \sin \alpha$

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.

מערכת של שתי מסות

משוואות התנועה: $-k_1 x_L - k_2 (x_L - x_R) = m\ddot{x}_L$

$-k_1 x_R - k_2 (x_R - x_L) = m\ddot{x}_R$

החלפת משתנים: $x_s = x_L + x_R$; $x_f = x_L - x_R$

פתרון (מודים עצמיים): $x_s(t) = A_s \cos(\omega_s t + \varphi_s)$

$x_f(t) = A_f \cos(\omega_f t + \varphi_f)$

כאשר: $\omega_s = \sqrt{\frac{k_1}{m}}$ ו- $\omega_f = \sqrt{\frac{k_1 + 2k_2}{m}}$

פעימות: עבור: $x_L(0) = \dot{x}_L(0) = \dot{x}_R(0) = 0$; $x_R(0) = R$

מקבלים: $x_L(t) = A \sin(\epsilon t) \sin(\Omega t)$

$x_R(t) = A \cos(\epsilon t) \cos(\Omega t)$

תדירות הפעימה: $\epsilon = \frac{\omega_f - \omega_s}{2}$

תדירות הפעימה: $\Omega = \frac{\omega_f + \omega_s}{2}$

כוח מרסן ומאלץ:

המשוואות והפתרונות עבור x_s ו- x_f הן אלו של תנועה הרמונית מרוסנת ומאלצת

במקרה $\omega \ll 2\omega$ (ω תדירות הכוח המאלץ, Γ מקדם הכוח המרסן)

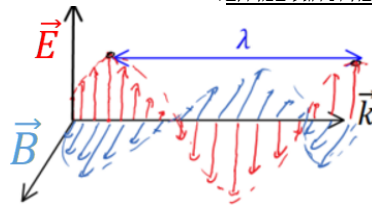
אם $\omega \approx \omega_s$ אז $A_f \gg A_s \approx x_R \approx x_L$ כלומר רק המוד (1,1) מתעורר

התאבכות: סכימה של גלים שנפגשים

חזית גל: אוסף הנקודות המגיעות לשיא באותו זמן

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

צורת הגל במרחב:



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

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

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

$$E_i(\vec{r}, t) = A_i \cos(\vec{k} \cdot \vec{r} + \omega t) : \text{היחס מתקבל מהצבה של הפתרון במשוואת הגלים}$$

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

GOOL

מבוא לאופטיקה

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 : \text{חוק סנל}$$

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

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} : \text{נוסחת העדשות}$$

$$u - \text{מרחק העצם מהעדשה} ; v - \text{מרחק הדמות מהעדשה} ; f - \text{מוקד העדשה}$$

$$m = \frac{H_i}{H_o} = \frac{|v|}{|u|} : \text{הגדלה קווית}$$

$$H_o - \text{גובה הדמות} ; H_i - \text{גובה העצם}$$

$$C = \frac{1}{f} : \text{עוצמת העדשה}$$

$$V_y(t) - \text{מהירות אלמנט מסה (מהירות החומר)}$$

$$\text{מקדמי העברה והחזרה בפגיעה של גל מתווך 1 ל-2} :$$

$$r = \frac{z_1 - z_2}{z_1 + z_2} : \text{מקדם החזרה} ; t = \frac{2z_1}{z_1 + z_2} : \text{מקדם העברה}$$

$$z_1 = z_2 \Leftrightarrow t = 1 \Leftrightarrow r = 0 : \text{תאום עכבות}$$

GOOL

אנרגיה הספק ותנע

אנרגיה ליחידת אורך של גל נע במיתר:

$$\varepsilon(x, t) = \rho \left(\frac{\partial \Psi}{\partial t} \right)^2 = \rho v^2 \left(\frac{\partial \Psi}{\partial x} \right)^2$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \rho \omega^2 |A|^2 : \text{אנרגיה ממוצעת בזמן}$$

הספק רגעי בנקודה, כמה עבודה עושה החלק השמאלי על החלק הימני ביחידת זמן:

$$P^{\pm} = \pm Z \left(\frac{\partial \Psi}{\partial t} \right)^2 = \pm v \varepsilon(x, t)$$

$$P^{\pm} : \text{הוא הספק רגעי של גל הנע בכיוון החיובי/שלילי}$$

$$\bar{P}^{\pm} = \pm \frac{1}{2} Z \omega^2 |A|^2 : \text{הספק הממוצע בזמן}$$

$$R = \frac{P_1^-}{P_1^+} = r^2 = \left(\frac{z_1 - z_2}{z_1 + z_2} \right)^2 : \text{מקדם החזרה של האנרגיה}$$

$$T = \frac{P_2^+}{P_1^+} = \frac{z_2}{z_1} t^2 = \frac{4z_1 z_2}{(z_1 + z_2)^2} : \text{מקדם העברה של האנרגיה}$$

$$R + T = 1$$

תנע: התנע הוא אפס.

GOOL

גלים עומדים

מיתר חצי אינסופי:

$$\Psi(x=0, t) = 0 \Rightarrow : \text{קצה קשור}$$

$$\Rightarrow \Psi(x, t) = C \sin(kx) \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\frac{\partial \Psi}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0 \Rightarrow \Psi(x, t) = C \cos(kx) \cos(\omega t + \varphi) : \text{קצה חופשי}$$

$$\frac{\partial \Psi}{\partial x} \Big|_{x=L} = 0 \Rightarrow \Psi(x, t) = C \cos(kx) \cos(\omega t + \varphi) : \text{מיתר סופי}$$

$$\Psi(x=0, t) = \Psi(x=L, t) = 0 : \text{קצוות קשורים}$$

$$\lambda_n = \frac{2L}{n} ; k_n = \frac{\pi n}{L} ; n = 0, 1, 2, 3 \dots ; f_n = \frac{v n}{2L}$$

$$\Psi(x, t) = \sum_{n=0}^{\infty} C_n \sin(k_n x) \sin(\omega_n t + \varphi_n)$$

$$\text{קצה קשור וקצה חופשי}$$

$$\Psi(x=0, t) = 0, \frac{\partial \Psi}{\partial x} \Big|_{x=L} = 0$$

$$k_n = \frac{\pi}{L} \left(n + \frac{1}{2} \right) ; n = 0, 1, 2, 3 \dots$$

$$\lambda_n = \frac{2L}{(n + \frac{1}{2})} ; f_n = \frac{v}{2L} \left(n + \frac{1}{2} \right)$$

$$\Psi(x, t) = \sum_{n=0}^{\infty} C_n \sin(k_n x) \sin(\omega_n t + \varphi_n)$$

$$\text{מיתר סופי עם 2 קצוות חופשיים}$$

$$\frac{\partial \Psi}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0, \frac{\partial \Psi}{\partial x} \Big|_{x=L} = 0$$

$$\lambda_n = \frac{2L}{n} ; f_n = \frac{v n}{2L} ; k_n = \frac{\pi n}{L} ; n = 0, 1, 2, 3 \dots$$

$$\Psi(x, t) = \sum_{n=0}^{\infty} C_n \cos(k_n x) \sin(\omega_n t + \varphi_n)$$

GOOL

גלים אלקטרומגנטיים

$$(\rho = I = 0) : \text{משוואות הגלים בריק}$$

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

$$c \text{ היא מהירות האור כאשר } \mu_0 \varepsilon_0 = \frac{1}{c^2}$$

$$- \text{למשוואות מגיעים ממשוואות מקסוול}$$

$$- \text{המשוואה מתקיימת עבור כל רכיב בנפרד}$$

$$\vec{\nabla}^2 \vec{E} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d^2 \vec{E}}{dt^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \vec{\nabla}^2 E_x = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d^2 E_x}{dt^2} ; \vec{\nabla}^2 E_y = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d^2 E_y}{dt^2} ; \text{כנל } z$$

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

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

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

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

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

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

$$\text{כאשר } f \text{ היא התדירות בהרץ ו- } T \text{ הוא זמן המחזור}$$

$$- \text{הקוסינוס בפתרון זהה לכל הרכיבים של השדה החשמלי והמגנטי, ההבדל בין הרכיבים הוא רק במקדם } A_i$$

$$- \text{אין למצא שדה מגנטי מחשמלי ולהפך}$$