$\omega = \frac{2\pi}{T}$ מהירות זוויתית

$$\int \frac{dx}{(x^2 \pm a^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{\pm x}{a^2\sqrt{x^2 \pm a^2}}$$

אלקטרוסטטיקה

צפיפות מטענים:

dq -אלמנט מטען, dl אלמנט אורך, dA אלמנט שטח, dV אלמנט נפח

צפיפות מטען ליחידת אורך: λ- למדה $\lambda = \frac{dq}{dl}$, ליחידת שטח $\sigma = \frac{dq}{dA}$, ליחידת נפח $\rho = \frac{dq}{dV}$

קורדינטות כדוריות: אפשר לעבור לפעמי לקורדינטות כדוריות: $dV = r^2 \sin(\phi) dr d\theta d\phi$

$$Q = \int_0^R dr \int_0^\pi d\phi \int_0^{2\pi} \rho r^2 \sin(\phi) d\phi$$

וכאשר dV לא תלוי בזווית: $dV = 4\pi r^2 dr$

חוק קולון – משיכה חשמלית:משיכה ודחייה ביו מטענים $\vec{F} = \sum \frac{kq_i q}{|r - r_i|} = \frac{kq_1q_2}{r^2}\hat{r} = \frac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\hat{r}$

$\boxed{\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}}$ $\boxed{k = 9 \cdot 10^9 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}}$

מומנט דיפול חשמלי $p = 2aQ$ $N = P \times E$ **שדה חשמלי** $\boxed{\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = \frac{kq}{r^2}\hat{r}}$

חוק גאוס: ϕ_E הוא השטף החשמלי דרך מעטפת גאוסית. dS = אלמנט שטח, q_{in}= המטענים בתוך המעטפת הגאוסית.

$$\boxed{\phi_E = \oint E ds = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum q_i^{in}}$$

1.שימושי בעיקר בבעיות בעלות סימטריה גבוהה

2. בתוך המעטפת הגאוסית השדה הוא אפס

התנגדות סגולית $R = \rho\frac{l}{A}$

מוליכות סגולית $\sigma = 1/\rho$

שדה חשמלי

מסביב למטען נקודתי $\frac{kq}{r^2}$	בתוך כדור מבודד טעון הומוגנית (R = רדיוס) $\vec{E} = \frac{Qr}{4\pi R^3 \varepsilon_0}\hat{r}$	מחוץ לכדור טעון הומוגנית $\vec{E} = \frac{Q}{4\pi r^2 \varepsilon_0}\hat{r}$
סביב תיל ישר אינסופי $\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi r \varepsilon_0}\hat{r}$	בתוך קבל לוחות $\vec{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$	קבל של כל לוח אינסופי בנפרד $\vec{E} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$
מסביב לטבעת $\vec{E} = \frac{Qr}{4\pi\varepsilon_0 (R^2 + r^2)^{\frac{3}{2}}}\hat{r}$		

עבור כדורים מוליכים המטענים מתרכזים בדפנות ולכן השדה בפנים ובחוץ מתנהג כמו מטען נקודתי

הארכה – הפוטנציל במקום המוארק הופך ל 0 המטען הכולל שבגוף שווה ל 0

המטענים נמצאים על הדפנות השדה בפנים שווה אפס.

בתוך גוף מוליך השדה תמיד 0

כשהפוטנציאל קבוע השדה 0

שטח כדור $4\pi r^2$

נפח כדור $\frac{4}{3}\pi r^3$

עבודה $W = \Delta V q$ עבודה ליחידת אורך $\frac{W}{q} = \Delta V$

אנרגיה/עבודה $p\Delta t = W$

קינמטיקה

$x = x_0 + v_0 t + 1/2\, a t^2$

$x = x_0 + \frac{v_0 + v_t}{2} t$

$v_t^2 = v_0^2 + 2a(x_t - x_0)$

כוח לא נקודתי $\boxed{\vec{F} = \int \vec{E} dq}$

פוטנציאל ואנרגיה חשמלית

אנרגיה פוטנציאלית חשמלית – הגדרה: האנרגיה הדרושה להעברת חלקיק מהאינסוף ל r – $U_{(r)} = \int_{-\infty}^{r} F_{(r)} d\vec{r}$

פוטנציאל חשמלי ע"פ הגדרה: האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית בנקודה r ליח' מטען חיובית. יחידות: $[V] = Joul \backslash Coulomb = Volt(m.k.s)$

$W = q\Delta V = E \cdot dr \cdot q$ $V_{(r)} = \frac{U}{q} = \frac{W}{q}$ $V_{(r)} = -\int_{\infty}^{r} E_{(r)} d\vec{r}$

אנרגיה של שדה חשמלי: $U = \frac{\varepsilon_0}{2}\int_{-\infty}^{r} E^2 d\vec{V}$ $\Delta U = U_2 - U_1$

שדה חשמלי דרך פוטנציאל $E_{(r)} = -\frac{dV}{dr}\hat{r} = -\Delta V_{(r)}$ וגם שווה לדעת ש: $V_{(b)} - V_{(a)} = -\int_a^b E d\vec{r} \Rightarrow [E = -\Delta V_{(r)}]$

נוסחאות חשובות

$V_{(r)} = \frac{kq}{r}$

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

$V_{(r)} = \int_{-\infty}^{r} E_{(r)} d\vec{r}$

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

צפיפות שטחית = מטען ליחידת שטח $\boxed{\sigma = \frac{q}{A}}$

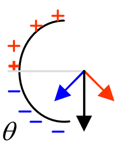
הפוטנציאל סביב מטען נקודתי: $V_{(r)} = \frac{kq}{r}$

- פניו של מוליך טעון הם משטח שווה פוטנציאל

- פוטנציאל, לעומת שדה הוא פונקציה רציפה

אורך קשת $\Delta L = R\Delta\theta$

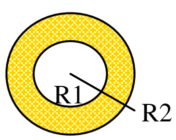
$\sigma = \frac{2Q}{\pi R}$



$\Delta E = \frac{K\sigma\Delta l}{R^2}\cos\theta$

$\Delta L = R\Delta\theta$

$E = 2 \times \int_0^{\pi/2} \frac{K\sigma R\Delta\theta}{R^2}\cos\theta$



$r > R_2$

$V = \frac{kq}{r}$

$q = \rho\frac{4\pi R_2^3}{3} - \rho\frac{4\pi R_1^3}{3}$

$V = \frac{\rho}{3\varepsilon_0}\left(\frac{R_2^3}{r} - \frac{R_1^3}{r}\right)$

$r < R_1$

$\Delta v = 4\pi r^2 \Delta r$

$\Delta V = \frac{k 4\pi r^2 \Delta r \rho}{r}$

$V = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\rho r}{\varepsilon_0}\Delta r = \frac{\rho}{2\varepsilon_0}\left(R_2^2 - R_1^2\right)$

$R_1 < r < R_2$

$V = \frac{\rho}{3\varepsilon_0}\left(\frac{r^3}{r} - \frac{R_1^3}{r}\right) + \frac{\rho}{2\varepsilon_0}\left(R_2^2 - r^2\right)$

קיבול

$\frac{Coulonb}{Volt}=Farad$

קבל: מוליכים בעלי מטען שווה אך הפוך בסימנו.

קיבול של קבל: $\boxed{C \equiv \frac{Q}{V_{A\to B}}}$

קיבול של גוף יחיד: $C \equiv \frac{Q_A}{V_A} = \frac{r}{K}$

קיבול של קבל לוחות מקבילים: $C=\frac{\varepsilon_0 A}{d}=\frac{q}{V}$ $\boxed{V=E\cdot d}$

קיבול של קבל כדורי: שתי קליפות כדוריות קונצנטריות כאשר a ברדיוס קליפה פנימית ו – b ברדיוס קליפה חיצונית: $C=\frac{4\pi\varepsilon_0 ab}{b-a}$

קבל גלילי: בתוך הקבל ומחוץ לקבל E=0 **השדה בין הגלילים** $E=\frac{q_{neto}}{\varepsilon_0 2\pi rL}$ **הקיבול** $C=\frac{\varepsilon_0 2\pi L}{\ln\frac{a}{b}}$

חיבור קבלים במקביל: הפרש הפוטנציאלים על פני לוחות הקבל שווה $C=C_1+C_2$

חיבור קבלים בטור: המטען על פני לוות הקבל שווה $\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}$

אנרגיה האצורה בקבל זוהי למעשה האנרגיה הדרושה על מנת לטעון קבל C במטען Q $U=W=\frac{Q^2}{2C}=\frac{(CV)^2}{2C}=\frac{CV^2}{2}=\int_0^q\frac{qdq}{C}$

זרם העתקה בקבל: $I_d=\varepsilon_0 A\frac{dE}{dt}$

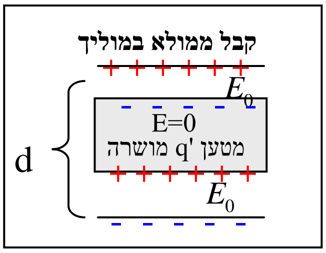
קבלים עם חומר דיאלקטרי: k– קבוע דיאלקטרי, A– שטח הלוחות. **השדה הבסיסי בתוך קבל לוחות הוא** $E_0=\frac{q}{\varepsilon_0 A}$

$E_d=E_0-E'$

שדה נטו נמדד   שדה הטבלות   שדה דיפול

השדה שנוצר עם הדיאלקטרון: $E=\frac{E_0}{\kappa}=\frac{q}{\varepsilon_0 A\kappa}$

השדה המושרה בתוך הדיאלקטרון: $E_i=\frac{q_i}{\varepsilon_0 A}$



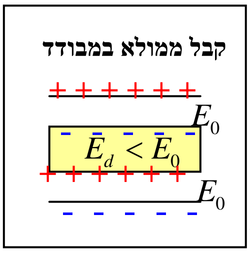
סה"כ השדה: $\varepsilon=\varepsilon_0\kappa$

* הקיבול של קבל עם חומר דיאלקטרי יגדל ויהפוך ל: ck
* האנרגיה האצורה בקבל עם חומר דיאלקטרי תוכפל גם היא בקבוע הדיאלקטרי k $\frac{q^2}{2C}=\frac{q_i^2}{2C}\cdot\kappa$

חוק גאוס בתוך דיאלקטרי: $\oint\varepsilon_0\kappa\vec{E}d\vec{S}=q$

$\vec{D}=\varepsilon_0\kappa\vec{E}$

היחס לפני הכנסת החומר הדיאלקטרי ואחרי $\kappa=\frac{V_0}{V_d}\cdot\frac{E_0}{E}$



שלושת וקטורים חשובים:

1. וקטור השדה החשמלי 2. וקטור ההעתקה החשמלי 3. וקטור פולריזציה

קבל של כדור מבודד $C=4\pi\varepsilon_0 r$ צפיפות אנרגיה (אנרגיה ליחידת נפח) קבל לוחות $\frac{W}{Ad}=U=\frac{1}{2}\varepsilon_0E^2$

A שטח לוחות, d מרחק בין לוחות

זרם והתנגדות

הזרם החשמלי I: $I\equiv\frac{dq}{dt}=C\frac{dV}{dt}\Rightarrow[I]=Amper=\frac{Coulomb}{Sec}$ **התנגדות** $R=\frac{\rho L}{A}$ **חוק אום** $\boxed{V=RI}$

וקטור צפיפות הזרם החשמלי J: $I=\int\vec{J}d\vec{S}\Rightarrow if\ \ \vec{J}\|d\vec{S}\Rightarrow\vec{J}=\frac{I}{A}$

δ מספר מסויים, σ- המוליכות הסגולית, ρ - ההתנגדות הסגולית, A- השטח המוליך L- אורך המוליך $\vec{J}=\delta\vec{E}$ וגם $\vec{J}=\sigma\vec{E}=\frac{1}{\rho}\vec{E}$

מהירות ה – e בחומר מוליך: אם מחשבים בצורה ישירה את מהיאות ה- e במולים בצורה ישירה מחישובי כוחות, המהירות יוצאת מאוד גדולה וזו לא הלכה למעשה המהירות המעשית שלהם היא:

n- מספר ה – e ליחידת שטח, A– שטח המוליך $\Leftarrow V_{drift}=\frac{I}{q_{net}nA}$

הספק שמתבזבז בנגד: $P=\frac{dW}{dt}=IV=RI^2=\frac{V^2}{R}$

חיבור נגדים בטור: $R=R_1+R_2$

חיבור נגדים במקביל $\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$

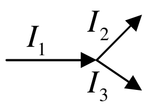
כוח אלקטרו מניע – כא"מ $\mathcal{E}$ כאשר u היא האנרגיה ו – q הוא המטען: $\varepsilon=\frac{du}{dq}$

מתבסס על העובדה שלכל ספק יש התנגדות פנימית ולכן הכא"מ הוא סך הכל המתח שהספק מספק.

$\varepsilon=(r_{in}+R)I$

$\sum\varepsilon_i=\sum_j R_jI_j$

חוק העניבות של קירכהוף: החוק השני של קירכהוף: $I_1=I_2+I_3$



חוקי קירכהוף: $\sum\varepsilon=\sum IR$ $\sum I=0$

מעגלי RC

מעגלים שבהם יש קבל ונגד. $Q_{(t)}$ - המטען על הקבל כפונקציה של הזמן, $Q_{(i)}$ איזשהו קבוע בהינתן תנאי התחלה $Q_{(0)}=0$ מטען על הקבל

$Q_{(t)}=\varepsilon C+Q_{(i)}e^{-\frac{t}{RC}}$ הזרם שנוצר בטעינת הקבל: $I_{(t)}=I_{(0)}e^{-\frac{t}{RC}}$ פריקת קבל: $Q_{(t)}=Q_0e^{-\frac{t}{RC}}$

$Q_{(t)}=\varepsilon C(1-e^{-\frac{t}{RC}})$ $V=\varepsilon(1-e^{-\frac{t}{RC}})$

זרם מושרה $\boxed{I=\frac{\varepsilon}{R}}$

השדה המגנטי: $\vec{B}$ $[B]Tesla(M.K.S)=Gauss(c.g.s)$ $N/(C\cdot\frac{m}{s})$ $10^{-4}tesla=gauss$

שטף מגנטי: $\phi_B=\int\vec{B}d\vec{S}$ **כוח מגנטי הפועל על מטען q:** $\vec{F}=q\vec{V}\times\vec{B}$ **כוח לורנס:** אם קיים בנוסף גם שדה חשמלי: $\vec{F}=q\vec{E}+q\vec{V}\times\vec{B}$

חוק אמפר: כוח על מוליך נושא זרם בשדה מגנטי (dl– אלמנט אורך של התיל נושא הזרם) $d\vec{F}=Id\vec{l}\times\vec{B}$

עבור תיל ישר נושא זרם בשדה אחיד B הניצב לו: $\boxed{F=IlB}$

$\boxed{\frac{mv^2}{R}=qvB=F}$

אפקט הול: V– מתח, n– הצפיפות הנפחית של נושאי המטען, d– עובי המוליך, J– וקטור הצפיפות החשמלית.

1. אפקט הול שימושי למציאת שדה מגנטי לא ידוע אם יודעים את כל יתר הפרמטרים.
2. אם השדה המגנטי ידוע, מוצאים את סימן נושאי המטען. $B=\frac{nq_eV}{dJ}$

תאוצה רדיאלית $\frac{v^2}{R}$

תדירות הסיבוב בשדה מגנטי: $\omega_c=\frac{qB}{m}$

מטען בסיבוב - כמות המטען בסיבוב
. הזמן שלוקח להשלים סיבוב

עבודה $W=F\cdot x=Fvt$

מומנט מגנטי ומומנט כוח: (עבור N כריכות =NIA) **מומנט מגנטי:** $\vec{\mu}=I\vec{A}$ **מומנט כוח:** $\vec{\tau}=\vec{\mu}\times\vec{B}$ $N=IBA$ A שטח, B שדה, I זרם

חוק אמפר תיקון $\boxed{(\mu_0=4\pi\cdot10^{-7})}$ $\boxed{\oint\vec{B}d\vec{L}=\mu_0I_{in}}$ **חוק ביו סבר:** $\boxed{d\vec{B}=\frac{\mu_0IdL\sin\alpha}{4\pi|r|^2}}$ או במילים אחרות $\boxed{\vec{B}=\int_a^b\frac{\mu_0IdL\sin\alpha}{4\pi|r|^2}}$

שדה מגנטי...

סביב תיל אינסופי: $\vec{B}=\frac{\mu_0I}{2\pi r}$ | **בתוך סליל ארוך(סילוניד):** $\vec{B}=\frac{\mu_0IN}{L}$ | **בתוך טורואיד:** $\vec{B}=\frac{\mu_0NI}{2\pi R}$ | **בתיל בעל עובי סופי:** $\vec{B}=\frac{\mu_0Ir}{2\pi R^2}$

במרכז סליל מעגלי דק: $\vec{B}=\frac{\mu_0IN}{2R}$ לולאה מעגלית כאשר N=1 | **במרכז טבעת שעובר בה זרם:** $\vec{B}=\frac{\mu_0I}{2R}$ | **על ציר טבעת נושאת זרם:** $\vec{B}=\frac{\mu_0IR^2}{2\pi r^3}$

במרכז סליל $\vec{B}=\frac{\mu_0IN}{\sqrt{L^2+4R^2}}$ | **בסליל אין סופי** $\vec{B}=\mu_0IN$ זרם ליחידת אורך - צפיפות זרם אורכית באותו כיוון מתקרבים | R – רדיוס הסליל L אורך הסליל, r – מיקום השדה N מספר כריכות

כוח בין שני תיילים מקבילים: L אורך התיילים, d המרחק ביניהם: $F=L\frac{\mu_0I_1I_2}{2\pi d}$ באותו כיוון מתקרבים

אנרגית חום $I^2Rt=\frac{V^2}{R}t$

עבור מטען מסתובב (f היא תדירות הסיבוב) $I=qf$ $[I=\iint(\vec{J}\cdot\hat{n})dA,\ J=\rho\cdot\vec{V}]$

חוק פרדיי: כא"מ נוצר ע"י שינוי השטף המגנטי $\Leftarrow[\varepsilon=\oint\vec{E}d\vec{L}]$ $\boxed{\varepsilon=-\frac{d\phi_B}{dt}=BVL}$ V מהירות, L אורך **ועבור N כריכות:** $\varepsilon=-\frac{Nd\phi_B}{dt}$

חוק לנץ: כיוון הזרם שיוצר ישאף להתנגד לשינוי בשטף המגנטי ובגלל זה סימן המינוס.

השראת סליל שטוח: $L=\mu_0N^2\frac{\pi}{2}R$

השראות: השראות היא תמיד על סליל $L=\frac{Nd\phi_B}{I}$ והכא"מ כתלות בהשראות: $\boxed{\varepsilon=-L\frac{dI}{dt}}$

[יחידות ההשראות הן HENRI]

השראות של סילוניד: $L=\frac{\mu_r\mu_0N^2S}{l}$

אנרגיה האצורה בסליל: ההספק בסליל $\frac{dU_B}{dt}=\frac{L}{2}\frac{dI^2}{dt}$ **אנרגיה האצורה בסליל:** $U_B=\frac{1}{2}LI^2$

וכפונק' של B: $\frac{U_B}{lA}=\frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_0}$

מעגלי RL מתח על סליל: $V_L=L\frac{dI}{dt}$ זרם במעגל $I_{(t)}=\frac{\varepsilon}{R}\left(1-e^{-\frac{Rt}{L}}\right)$

מעגלי LC $I_{(t)}=\varepsilon\sqrt{\frac{C}{L}}\cdot\sin\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right)=I_{\max}\sin(2\pi ft)$

מעגלי RLC: $\left[\omega=\sqrt{\frac{1}{LC}-\left(\frac{R}{2L}\right)^2}\right]$ $I_{(t)}=\varepsilon\sqrt{\frac{C}{L}}\cdot e^{-\frac{Rt}{2L}}\sin(\omega t+\varphi)$

מעגלי LC עם אילוץ $I_{(t)}=I_0\cos(\omega t)$ $\left[I_0=\frac{V_0}{\frac{1}{\omega C}-L\omega}\right]$

מעגלי RLC עם אילוץ $\left[I_0=\frac{V_0}{\sqrt{R^2+L\omega-\left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}\right]$ $I_{(t)}=I_0\cos(\omega t+\varphi)$

$$\sin\alpha\pm\sin\beta=2\sin\left(\frac{\alpha\pm\beta}{2}\right)\cos\left(\frac{\alpha\mp\beta}{2}\right)$$
$$\cos\alpha+\cos\beta=2\cos\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)\cos\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right)$$
$$\cos\alpha-\cos\beta=-2\sin\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)\cos\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right)$$
$$\sin\alpha\cos\beta=\tfrac{1}{2}(\sin(\alpha+\beta)+\sin(\alpha-\beta))$$
$$\sin\alpha\sin\beta=\tfrac{1}{2}(\cos(\alpha-\beta)-\cos(\alpha+\beta))$$
$$\cos\alpha\cos\beta=\tfrac{1}{2}(\cos(\alpha+\beta)+\cos(\alpha-\beta))$$

משוואות מקסוול

השטף ששדה חשמלי יוצר דרך משטח סגור $\oiint\vec{E}\cdot d\vec{a}=\frac{q_{net}}{\varepsilon}$

לא ניתן למצוא חד קוטב מגנטי $\oiint\vec{B}\cdot d\vec{a}=0$

הכוח האלקטרומוטיבי המושרה = קצב שינוי השטף עם הזמן שאינו 0 $\oint\vec{E}\cdot d\vec{l}=-\frac{d\phi_B}{dt}$

זרם * מסילה יתן זרם – חוק אמפר $\oint\vec{B}\cdot d\vec{l}=\mu i$

גלים

משוואת הגלים: $\frac{d^2\psi}{dX^2}=\frac{1}{V^2}\cdot\frac{d^2\psi}{dt^2}$ מתיחות $[\mu=\frac{m}{x}]$ $V=\sqrt{\frac{T}{\mu}}$ μ מסה ליחידת אורך **פיתרון משוואת הגלים** $y=A\sin(KX\pm\omega t)$

K הוא קבוע הגל $\boxed{v=\frac{\omega}{K}}$ $\boxed{K=\frac{2\pi}{\lambda}}$ $\boxed{\omega=\frac{2\pi}{T}}$ **פאזה** $\varphi=kx\mp\omega t+\varphi_0$

גל עומד – כדי למצוא משוואת גל עומד יש לחבר את הגלים ולמצוא גל שמתאים למשוואה וחלקו האחד יהיה תלוי רק ב X והשני תלוי רק ב t.

גלים עומדים במיתר: $y=A\sin(KX+\omega t)+A\sin(KX-\omega t)$ $\sin\alpha+\sin\beta=2\sin\frac{\alpha+\beta}{2}\cos\frac{\alpha-\beta}{2}\Rightarrow 2A\sin(KX)\cos(\omega t)$

הגדרת התדירות $f=\frac{V}{\lambda}$ V=מהירות $\sin(KL)=0\Rightarrow K_nL=n\pi\Rightarrow K_n=\frac{n\pi}{L}$ **נקודות קצה במיתר** $L=n\frac{\lambda}{2}$ **נקודות האפס** $\frac{\lambda(2n+1)}{4}$

בחיבור גלים - האמפליטודות מסתכמות, העוצמות לא

גזירת הגלים הא"מ ממשוואות מקסוול: $\left[C=\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}=\frac{\omega}{k}\right]$ $\frac{d^2E}{dX^2}=\frac{1}{c^2}\frac{d^2E}{dt^2}\Big/\frac{d^2B}{dX^2}=\frac{1}{c^2}\frac{d^2B}{dt^2}$

עצמת הקרינה של גל א"מ: $I_{intensity}\propto|E|^2$ פרופורציונלי לשדה בריבוע

וקטור פוינטינג: עוצמת הגל: $I=|\vec{S}|$ עוצמת הגל היא הגודל של וקטור פויטינג המוגדר: $\vec{S}=\frac{\vec{E}\times\vec{B}}{\mu_0}$

שדה חשמלי ומגנטי במרחק r ממקור נקודתי: $B=\frac{E}{c}$ $E=\sqrt{\frac{2\mu_0cP_0}{4\pi r^2}}$

אפקט דופלר

גל קול

מקור מתרחק/מתקרב מהצופה $v'=\frac{v}{1+\frac{u}{V}}$

צופה מתרחק/מתקרב מהמקור $v'=v(1-\frac{u}{V})$

גל אור $v'=\frac{v(1-\frac{u}{c})}{\sqrt{1-(u/c)^2}}$

מהירות הגל V

מהירות ההתרחקות u

אופטיקה

חוקי סנל: $1)\theta_1=\theta_1'$ $2)n_1\sin\theta_1=n_2\sin\theta_2$

עקרון הויגינס: כל נקודה על חזית גל יכולה להיחשב בפני עצמה כמקור של גלים כדוריים.

החזרה גמורה: זווית קריטית: זווית קריטית יכולה להתקבל רק במעבר מתווך שמקדם השבירה שלו גדול יותר ממקדם השבירה של התווך אליו יוצאת הקרן. לדוגמא יכולה להיות החזרה גמורה במעבר בין מים לאוויר אך לא להפך: $n_2>n_1$ $\sin\theta_c=\frac{n_1}{n_2}$

מאוויר למים – הקרן תתקרב לאנך

n מקדם צפיפות התווך θ זוית בין האנך לקרן

התאבכות: אותה פאזה $\Leftarrow$ התאבכות בונה $\Delta\phi=\pi\Leftarrow$ **התאבכות הורסת**

ניסוי יאנג: מרחק בין הסדקים – d, הפרש הדרכים האופטיות: $\boxed{\Delta x=d\sin\theta}$, $a_{slit}\sim\lambda$ מרחק מהמסך, דרישה: $d\gg a$

$$\boxed{\sin\theta=\frac{\Delta x}{L}=\frac{\lambda}{d}}$$

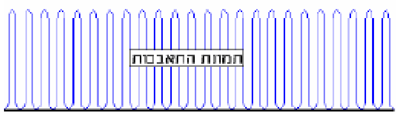
תנאי להתאבכות הורסת: $d\sin\theta=(2m+1)\frac{\lambda}{2}$ **תנאי להתאבכות בונה:** $\sin\theta=\frac{m\lambda}{d}$

מקום החושך הראשון: $y=\frac{\lambda L}{2d}$ $\sin\theta=\frac{(m+1/2)\lambda}{d}$ **מספר נקודות המקסימום:** $2m+1$ **שימור אנרגיה בניסוי יאנג:** $\left|\frac{d}{\lambda}\right|\geq|m|=\left|\frac{d}{\lambda}\sin\theta\right|$

עוצמת האור: $\beta=\frac{\phi}{2}=\frac{\pi d\sin\theta}{\lambda}$ $I=4I_0\cos^2(\frac{\pi}{\lambda}d\sin\theta)\sin^2(\omega t+\frac{\phi}{2})$ $4I_0=I_{\max}$

חיבור גלים רבים: (M – מספר המקורות) $\Delta\varphi=\frac{2\pi}{\lambda}d\sin\theta$ $I_p=I_0\frac{\sin^2(\frac{M}{2}\Delta\varphi)}{\sin^2(\frac{\Delta\varphi}{2})}$

נקודות מינימום: תתקבל כאשר $\sin\theta=\frac{n\lambda}{Md},n\neq0,\pm M,\pm2M\ldots$



התאבכות בשכבות דקות: תנאי התאבכות בונה בהחזרה: $2dn=(m+1/2)\lambda,m=0,1,2\ldots$ תנאי התאבכות הורסת בהחזרה: $2dn=m\lambda$, $m=1,2\ldots$

כאשר n הוא מקדם השבירה של השכבה הדקה.

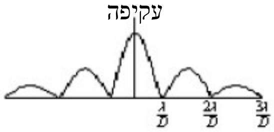
עקיפה: רוחב המפתח $a_{slit}\gg\lambda$ **יתקבל חושך על המסך:** $a\sin\theta=m\lambda$ **יתקבל אור על המסך:** $a\sin\theta=(m+1/2)\lambda$

עוצמת האור $[\alpha=\frac{\pi a}{\lambda}\sin\theta]$ $I_\theta=I_{\max}\frac{\sin^2(\alpha)}{\alpha^2}$

$E_\theta=E_{\max}\frac{\sin\alpha}{\alpha}$ $\alpha=\frac{\phi}{2}=\frac{\pi a}{\lambda}\sin\theta$

$I_\theta=I_{\max}\left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2$ $I_{\theta\max}\propto\frac{1}{(m+1/2)^2\pi^2}$

עקיפה

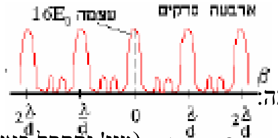


עקיפה במפתח עגול: טבעת חושך ראשונה תתקבל: $d\sin\theta=1.22\lambda$

שילוב של התאבכות ועקיפה:

תרומת ההתאבכות: $I_i=I_{\max}\cos^2\beta$ $\left(\beta=\frac{\pi d}{\lambda}\sin\theta\right)$ **תרומת העקיפה:** $\left(\alpha=\frac{\pi a}{\lambda}\sin\theta\right)$, $I_d=I_{\max}\left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2$

שילוב התופעות $I=I_{\max}\left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2\cos^2\beta$ ובהצגה גראפית



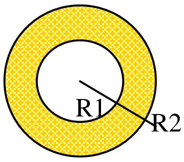
ככל שמקטינים את רוחב הסדק כך התמונה נמתחת לצדדים

בסריג התאבכות: ככל שיש יותר סדקים תמונת ההתאבכות תשתנה ותראה ככה: כלומר, יהיו מקסימומים ראשיים ומשניים וביניהם מינימומים. לכן, כאשר M הוא מספר הסדקים:

מספר מינימומים (בין כל שני מקסימומים ראשיים) $(n\neq0,\pm M,\pm2M..)M-1$ (מינ' יתקבל כאשר $\sin\theta=n\frac{\lambda}{Md}$)

מספר מקסימום משני $M-2$ (מקסימום יתקבל כאשר $\sin\theta=(n+\frac{1}{2})\frac{\lambda}{Md}$)

מספר מקסימום ראשי $2\left(\frac{d}{\lambda}\right)+1=2\left|\frac{n}{M}\right|+1$ $\sin\theta=(n+\frac{1}{2})\frac{\lambda}{Md}$, $n=0,\pm M,\pm2M\ldots$



$r > R_2$

$$V = \frac{kq}{r}$$

$$q = \rho\frac{4\pi R_2{}^3}{3} - \rho\frac{4\pi R_1{}^3}{3}$$

$$V = \frac{\rho}{3\varepsilon_0}\left(\frac{R_2{}^3}{r} - \frac{R_1{}^3}{r}\right)$$

$r < R_1$

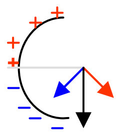
$$\Delta v = 4\pi r^2 \Delta r$$

$$\Delta V = \frac{k4\pi r^2 \Delta r \rho}{r}$$

$$V = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\rho r}{\varepsilon_0}\Delta r = \frac{\rho}{2\varepsilon_0}\left(R_2{}^2 - R_1{}^2\right)$$

$R_1 < r < R_2$

$$V = \frac{\rho}{3\varepsilon_0}\left(\frac{r^3}{r} - \frac{R_1{}^3}{r}\right) + \frac{\rho}{2\varepsilon_0}\left(R_2{}^2 - r^2\right)$$

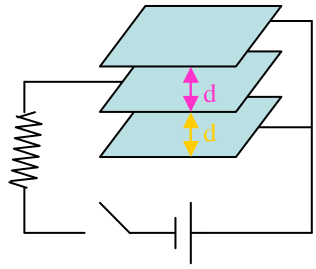


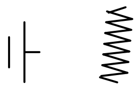
$$\sigma = \frac{2Q}{\pi R}$$

$$\Delta E = \frac{K\sigma\Delta l}{R^2}\cos\theta$$

$$\vartriangle L = R\Delta\theta$$

$$E \ = 2 \times \int_0^{\pi/2} \frac{K\sigma R\Delta\theta}{R^2}\cos\theta$$





R

ε

$$\boxed{\begin{array}{l} C_2 = \dfrac{A}{\varepsilon_0 d_2} \\ C_1 = \dfrac{A}{\varepsilon_0 d_1} \\ C = C_1 + C_2 \end{array}}$$

מה הזרם כפונקציה של הזמן? $I(t) = \frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$

מה השדות בין הלוחות? $E \cdot d = V_c$

$$V_c = -IR + \varepsilon = \varepsilon\left(-e^{-\frac{t}{RC}} + 1\right)$$

$$E_1 = \frac{\varepsilon}{d_1}\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

מול Q_2 יהיה $-Q_2$ נבנה מעטפת גאוסית דרך המוליכים
השטף דרכה 0 ולכן מטען כולל כולו 0

מצא התנגדות שקולה על המעגל
דרך 1 להגדיר 5 זרמים נעלמים
ולהשתמש בחוקי כירכהוף

דרך 2 קיצור דרך ע"י סימטריה

$I_1 + I_2 = I$

$2I_1 - 3(I_2 - I_1) - 4I_2 = 0$

נהפוך את הזרם ונגלה ש $I_1 = I_2$

$I_1 = 5/12I$

$I_2 = 5/12I$

$V_{ab} = 2I_1 + 4I_2 = 34/12I$

$R_{eq} = V/I = 17/6\Omega$