E- Lehre

Coulombgesetz

$\vec{F}_{21} = K\frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}\hat{r}_{12}$, $\hat{r}_{12} = \frac{\vec{r}_1 - \vec{r}_2}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|}$,

$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$

E-Feld

Allgemein:

$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{\vec{F}(\vec{r})}{q}$

E-Feld Punkladung:

$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}\hat{r}$

Elektrische Felder sind wirbelfrei

Elektrischer Fluss

$\Phi_E = \int \vec{E}\, d\vec{A}$, $d\vec{A} = \vec{n}A$

Gaussches Gesetz

1st Maxwell Gleichung

$\oint \vec{E} d\vec{A} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$

Man darf rechnen $E\oint dA = Q/\varepsilon_0$, wenn E ueberall an jedem dA die selbe staerke hat und immer senkrecht zu den dA's steht.

$\oint \vec{E} d\vec{A} = \int_V div\vec{E}\, dV$

$div\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$

mit ρ =ortsabhaengige Ladungsdichteverteilung.

E in Leitern

$E_{im\ Leiter} = 0$

Elektrische Potential

Arbeit von q, im E Feld.

$W = E_{pot}(2) - E_{pot}(1) = -\int \vec{F}_e\, d\vec{s}$

$\vec{F}_e = -grad\, \vec{E}_{pot}(\vec{r})$

Elektrisches Potetnial:

$\varphi(\vec{r}) = \frac{E_{pot}(\vec{r})}{q}$

Coulomb Potential:

$\varphi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r}$, $\varphi(\infty) = 0$

$\Delta\varphi = \int_1^2 \vec{E}\, d\vec{s}$

Differnetielle Form

$\vec{E}(\vec{r}) = -grad(\varphi(\vec{r})) = -\nabla\varphi(\vec{r})$

Zirkulaitionsgesetz (Elektrostatik:)

$\oint_C \vec{E}\, d\vec{s} = 0$

$rot\vec{E} = 0$

Gilt fuer jedes Feld, welches durch gradienten Bildung des Potentials erlangt wird. (konservativ ist).

Beliebiges Potential:

$\varphi(\vec{R}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int \frac{\rho(\vec{r})}{|\vec{R}-\vec{r}|} dr$

Laplace Gleichung:

$\Delta\varphi = -\frac{\rho}{\varepsilon_0}$

Im freien Raum gilt $\rho = 0$

E Felder im geladenen Leiter

$\rightarrow$ Im inneren gilt $\vec{E} = 0$

$\rightarrow$ innenflaeche von ladungsfrein Hohlraumen: $\sigma_q = 0$ (flaechenladungsdichte)

$\rightarrow$ Auf Leiterflachen: $\vec{E}||\vec{A}$, $\vec{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\hat{n}$ und das Oberflaechenpotential ist kosntant.

2 Metallkugeln:

$|\vec{E}_1| = |\vec{E}_2|\frac{R_2}{R_1}$

E-Dipol

Fuer $|\vec{r}| >> |\vec{d}|$, gilt:

$\varphi = \frac{\vec{p}\vec{r}}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$, $\vec{p} = q\vec{d}$

E Feld von Punktladung: $1/r^2$, E von Dipol: $1/r^3$

Dipol im E-feld

Homogen: $\vec{M} = \vec{p}\times\vec{E}$

Allgemein: $\vec{F} = (\nabla\times\vec{E})\vec{p}$

Kapazitaet:

$C = \frac{Q}{U}$

Plattenkondi:

$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{Q}{A\varepsilon_0}$

$C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$, $E = \frac{U}{d}$

$F_{platte\ zu\ platte} = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{A\varepsilon_0} = \frac{1}{2}\varepsilon_0 AE^2$

Parallelschaltung

$C_{tot} = \sum_i C_i$

Reihenschaltung

$\frac{1}{C_{tot}} = \sum_i \frac{1}{C_i}$

Energie im Kondi

$E = \frac{1}{2}CU^2$

Dielektrikum

kapazitaet mit dielektrikum:

$C_{dia} = \varepsilon_r \cdot C_{vak}$

$\rightarrow \vec{E}_{vak} = \varepsilon_r \vec{E}_{diel}$

$\rightarrow \sigma_0 = \varepsilon_r \sigma_{eff}$

$\rightarrow Q_0 = \varepsilon_r Q_{eff}$

elektrische Verschiebung

$\vec{D} = \varepsilon_0\varepsilon_r\vec{E}_{diel} = \varepsilon_0\vec{E}_{vak}$

Grenzflaechenuebergaenge:

$\rightarrow E_{vak}^{||} = E_{diel}^{||}$, $E_{vak}^{\perp} = \varepsilon_r E_{Diel}^{\perp}$

$\rightarrow D_{vak}^{||} = \frac{1}{\varepsilon_r}D_{diel}^{||}$, $D_{vak}^{\perp} = D_{Diel}^{\perp}$

Maxwell Dinge:

$div\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_r\varepsilon_0}$, $\oint \vec{E}\, d\vec{A} = \frac{Q_{frei}}{\varepsilon_r\varepsilon_0}$

$div\vec{D} = \rho_{frei}$, $\oint \vec{D} d\, \vec{A} = Q_{frei}$

Stromdinge:

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

El. Stromdichte

$|\vec{j}| = \frac{I}{A} \rightarrow I = \int \vec{j}\, d\vec{A}$

$\int div\, \vec{j}\, dV = \oint \vec{j}\, d\vec{A} = -\frac{dQ}{dt} = -\int \dot{\rho}\, dV$

Kontinuitaetsgleichung

$div\, \vec{j} + \dot{\rho} = 0$

Stromdichte ist auch raumladungsdichte times Geschrindigkeit:

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

Widerstand:

differentieller Widerstand (ohm)

$\vartheta = \frac{dU}{dI}$

differentielle Leitfaehigkeit(siemens)

$S = \frac{dI}{dU}$

$R = \frac{U}{I}$

$\vec{j} = \frac{I}{A} = \frac{l}{RA}\vec{E} = \sigma\vec{E}$,mit der spezifischen Leitfähigkeit/Materialkonstanten

$\sigma = \frac{l}{RA}$

Bei spezif. Widerstand ρ gilt: $E = \rho\cdot\vec{j}$

bei linearem Zusammenhang: U=RI

$\rightarrow$ Heissleiter: $\frac{d\rho}{dT} < 0$ $(\frac{d\vartheta}{dT} < 0)$

$\rightarrow$ Kaltleiter: $\frac{d\rho}{dT} > 0$ $(\frac{d\vartheta}{dT} > 0)$

E-Leistung

$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$

Kirchhoffsche Regeln

$\rightarrow$ Knotenregel: In jdem Knoten gilt: $\sum I_k = 0$

$\rightarrow$ Maschenregel: In jeder Masche gilt: $\sum U_k = 0$

folgt aus der Maxxwellschen Gleichung

Widerstandsnetzwerke

Reihenschaltung:

$R_{tot} = \sum R_i$, $U_{tot} = \sum U_i$

U_i sind die an den Rs abfallenden Spnnungen.

Parralelschaltung

$\frac{1}{R_{tot}} = \sum\frac{1}{R_i}$ $I_{tot} = \sum I_n$

Magnetostatik

Magnetischer Fluss

$\Phi_M = \int \vec{B}\, d\vec{A}$

B-Felder

stromdurcflossener Leiter im vakuum:

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

lange spule

$B = \mu_0 nI$, dabei ist n die Windungsdichte.

Lorentzkraft

Auf Leiter:

$\vec{F} = I\cdot(\vec{l}\times\vec{B})$

$\vec{F} = lA\cdot(\vec{j}\times\vec{B})$

Eizelne Ladung: $\vec{F} = q\cdot(\vec{v}\times\vec{B})$

Verallgemeinert:

$\vec{F} = q\cdot(\vec{E}+\vec{v}\times\vec{B})$

Zyklotronfrequenz:

$\omega = \frac{q}{m}\cdot B$

Drehmoment auf Dipol

$\vec{M} = \vec{\mu}\times\vec{B}$, $\vec{\mu} = I\cdot\vec{A}$

Hall-Sonde

Misst die "Hall-" Spannung

$F_e = \frac{q\cdot U_H}{b} = F_m = q\cdot v\cdot B = \frac{I}{nbd}B$

$U_H = R_H\cdot\frac{I}{d}B$, $R_H = \frac{1}{nq}$

B-Felder

stromdurcflossener Leiter im vakuum:

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

fuer die Quellenfront B Feld:

(2nd Maxwellsche Gleichung)

$\oint_A \vec{B}\, d\vec{A}$,

$div\vec{B} = 0$ (Quellenfreiheit)

Ampersche Gesetz:

$\oint \vec{B}\, d\vec{s} = \mu_0 I_{innen}$, $rot\vec{B} = \mu_0\vec{j}$

$\oint \vec{B}\, d\vec{s} = \mu_0\int \vec{j}\, d\vec{A}$

Biot- Savart Gesetz

$B(\vec{r}) = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\int \frac{d\vec{s}\times(\vec{r}-\vec{r}')}{|\vec{r}-\vec{r}'|^3}$

Dabei ist ds, wegelement vom Stromdurhcfluss, $\vec{r}$der vektor zum punkt, andem wir B Feld brauchen, und $\vec{r}'$, vektor hin zu ds element

Materie im B- Feld

Magnetisierung $\vec{M} = \frac{1}{V}\sum\vec{\mu}_i$

B-Feld mit Material

Superposition, Anregung plus Magnetisieung:

$\vec{B} = \vec{B}_0 + \mu_0\vec{M}$, $\vec{B}_0 = \mu_0\vec{H}$

Magentische Erregung:

$\vec{H} = \frac{1}{\mu_0}\vec{B} - \vec{M}$

$\oint \vec{H}\, d\vec{s} = I_{frei}$, $rot\vec{H} = \vec{j}_{frei}$

$rot\vec{M} = \vec{j}_{geb}$, $rot\vec{B} = \mu_0\vec{j}_{gesamt}$

$\vec{j}_{gesamt} = \vec{j}_{geb} + \vec{j}_{frei}$

$\vec{B} = \mu_0(\vec{H}+\vec{M}) = \mu_0\mu_r\vec{H}$

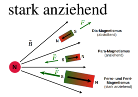
Magnetische Suszepitlitaet

$\vec{M} = \chi_M\cdot\vec{H}$

$\rightarrow$Diamagnetische: $-10^{-4} \leqslant \chi_M \leqslant -10^{-9}$ abstoßend

$\rightarrow$Paramagnetische: $+10^{-6} \leqslant \chi_M \leqslant 10^{-4}$ anziehend

$\rightarrow$ Ferromagnetische: $10^2 \leqslant \chi_M \leqslant 10^5$ stark anziehend



Hysterese

$\rightarrow$ Verzögerung der Magnetisierung bei wechselndem Magnetfeld

$\rightarrow$Magnetisierung folgt nicht sofort dem äußeren Feld

$\rightarrow$Führt zu geschlossener Schleife im B-H-Diagramm

$\rightarrow$Energieverlust pro Zyklus als Wärme (Hystereseverlust)

$\rightarrow$Typisch für ferromagnetische Materialien

Feldgleichugnen in Materie

Vakuum: $\vec{B} = \mu_0\vec{H}$

Materie: $\vec{B} = \mu_0\mu_r\vec{H} = \mu_0(\vec{H}+\vec{M})$

$\vec{M}$ muss gegeben sein, bei permanemtmagneten.

Uebergangflachen:

$H_{||}^{(1)} = H_{||}^{2}$; $\mu_1 H_{\perp}^{(1)} = \mu_2 H_{\perp}^{(2)}$

$\frac{B_{||}^{(1)}}{\mu_1} = \frac{B_{||}^{(2)}}{\mu_2}$: $B_{\perp}^{(1)} = B_{\perp}^{(2)}$

Es gilt in der Statik:

$\rightarrow B_{\perp}(E_{||})$ sind immer stetig.

$\rightarrow H_{||}(D_{\perp})$ nur stetig, wenn $\vec{j}_{frei}(\rho_{frei}) = 0$

Induktionsshit

Lenzsche Regel: alles was durch Induktion entsteht wirkt deren Ursache entgegen.

$U_{ind} = -\dot{\phi}_M$ mit $\phi_M = \int \vec{B}\, d\vec{A}$

Es folgt 3tes Maxwellsche Gleichung:

$\oint \vec{E}\, d\vec{s} = -\frac{d}{dt}\int \vec{B}\, d\vec{A}$ (Integral)

$rot\vec{E} = -\dot{\vec{B}}$ (Diffenzial)

$\nabla\times\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$

$\vec{E}$wirbelt um B-Feldlinien.

Induktivitaet

$L = \frac{\phi_M}{I} \Leftrightarrow \phi_M = LI$

$U_{ind} = -\dot{\phi}_M = -L\dot{I}$

Erweiterung Ampergesetz

$\oint \vec{B}\, d\vec{s} = \mu_0\int \vec{j}\, d\vec{A} + \mu_0\varepsilon_0\int \frac{\partial\vec{E}}{\partial t}\, d\vec{A}$

$rot\vec{B} = \mu_0\vec{j} + \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial\vec{E}}{\partial t} = \mu_0\vec{j} + \frac{1}{c^2}\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}$

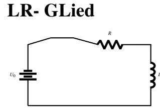
Ampere-Maxwell-Gesetz

(4th Maxwellsche Gleichung) $\oint \vec{H}\, d\vec{s} = \int \vec{j}\, d\vec{A} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}\, d\vec{A}$

$rot\vec{H} = \vec{j} + \dot{\vec{D}}$

Schaltdinge

LR- GLied



Einschalten

$U_0 + U_{ind} = IR$,mit $U_{ind} = -L\dot{I}$

$\rightarrow$ $\frac{dI}{dt} + \frac{R}{L}I = \frac{U_0}{L}$

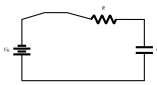
$\rightarrow$ $I(t) = \frac{U_0}{R}\left(1 - e^{-\frac{R}{L}\cdot t}\right)$

Auschalten

$U_{ind} = -L\dot{I} = IR$

$\rightarrow$ $I(t) = \frac{U_0}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$, $\tau = \frac{L}{R}$

RC- Glied



DGL

$U_0 = IR + \frac{Q}{C} \rightarrow \frac{dI}{dt} + \frac{I}{RC} = 0$

Einschalten

$I(t) = \frac{U_0}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$, $\tau = RC$

$U_C(t) = U_0 - I(t)\cdot R$

Entladen

In der DGl wird $U_0 = 0$

$I(t) = -\frac{U_0}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$

$U_C(t) = U_0\cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

LCR mit AC

Leistung

$\overline{P} = \frac{1}{2}U_0 I_0 = U_{eff}\cdot I_{eff}$

mit $U_{eff} = \frac{1}{\sqrt{2}}U_0$

Induktiver Widerstand

$U(t) + U_{ind}(t) = 0$, $U(t) = U_0\cos(\omega t)$, $U_{ind} = -L\dot{I}$

Integriren fuer I

$I(t) = \frac{U_0}{\omega L}\sin(\omega t) \rightarrow$ Phasenverschiebung $-\frac{\pi}{2}$: Strom lauft hinterher

$Z_L = \omega L$ Induktiver Widerstand.

Kapazitiver Widerstand

$U(t) = U_C(t) \rightarrow Q(t) = CU_0\cos(\omega t)$ nun ableiten fuer I

$I(t) = -\omega CU_0\sin(\omega t)$

Phasenverschiebung um $\frac{\pi}{2}$: Strom lauft vorraus!

$Z_C = \frac{1}{\omega C}$ Kapazitiver Widerstand.

Komplexe Darstellung

$\hat{U} = U_0 e^{i\varphi}e^{i(\omega t)} = \hat{U}_0 e^{i(\omega t)}$

Komplexe Impendanz

$\rightarrow \hat{Z}_R = R$

$\rightarrow \hat{Z}_L = i\omega L = \omega Le^{+i\frac{\pi}{2}}$

$\rightarrow \hat{Z}_C = \frac{1}{i\omega C} = \frac{1}{\omega C}e^{-i\frac{\pi}{2}}$

Es gilt wieder

$\hat{U} = \hat{Z}\cdot\hat{I}$

RC Serienschaltung

$\hat{Z} = |\hat{Z}|e^{i\varphi}$

$|\hat{Z}| = \sqrt{R^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}}$

$\varphi = \arctan(-\frac{1}{\omega RC})$

RC Parralel

$|\hat{Z}| = \frac{R}{\sqrt{1+(R\omega C)^2}}$

$\varphi = \arctan(\omega RC)$

Erweiterte Kirchoff:

$\rightarrow \sum\hat{I} = 0$

$\rightarrow \sum\hat{U} = 0$

$\rightarrow$ Reihe: $\hat{Z} = \sum\hat{Z}_i$

$\rightarrow$ Paralel: $\frac{1}{\hat{Z}} = \sum\frac{1}{\hat{Z}_i}$

Innerhalb einer Masche koennen $\hat{U}_i$ Phasenverschoben sein, und im Knoten koennen $\hat{I}_i$ Phasenverschoben sein.

LCR Schwingkreis

Guetefaktor: $Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$

Ressonanz (in rad): $\omega^2 = \frac{1}{LC}$

Trafos

$U_2 = \frac{N_2}{N_1}U_1$

$I_2 = \frac{N_1}{N_1}I_1$

Elektrische / Magnetische Feldenergie

Kapazitaet:

$W_e = \frac{1}{2}C\, U(t)^2$

Induktivitaet:

$W_m = \frac{1}{2}L\, I(t)^2$

Energie im E-feld:

$W_e = \frac{1}{2}\varepsilon_r\varepsilon_0 VE^2$

Energie im B-Feld

$W_m = \frac{1}{2}\mu_r\mu_0 VH^2$

V ist Volumen.

$W_m = \frac{1}{2}LI^2$

Energiedichte allg., el.mag.Feld

$w_{em} = \frac{1}{2}(\vec{E}\vec{D} + \vec{B}\vec{H})$

El.mag. Wellen

Kreiswellenzahl: $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

Kreisfrequenz: $\omega = 2\pi f$

Ausbreitungsgecshwindigkeit: $v_{ph} = \frac{\lambda}{T} = \frac{\omega}{k}$

Welle: $y(x,t) = A\sin(k(x - v_{ph}t)) = A\sin(kx - \omega t)$

Uberlagerung zweier Wellen mit gleicher A

$\psi_1 = A\cos(k_1 x - \omega_1 t)$, $\psi_2 = A\cos(k_2 x - \omega_2 t)$

$\psi_1 + \psi_2 = 2A\cos(\frac{k_1+k_2}{2}x - \frac{\omega_1+\omega_2}{2}t)\cos(\frac{k_1-k_2}{2}x - \frac{\omega_1-\omega_2}{2}t)$

Fourirs Dinge

Fuer periodische funktionen: $f(x) = f(x+T)$

$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n\cos(n\omega t) = b_n\sin n\omega t$

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

$a_n = \frac{2}{T}\int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t)\cos(n\omega t)dt$

$b_n = \frac{2}{T}\int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t)\sin(n\omega t)dt$

Furier Integral

Fuer aperiodische FUnktionen

$f(t) = \frac{1}{\pi}\int_o^{\infty}[a(\omega)\cos(\omega t) + b(\omega)\sin(\omega t)]d\omega$

$a(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\cos(\omega t)dt$

$b(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\sin(\omega t)dt$

Wellengleichung

Wellengleichung:

$\frac{\partial^2\Psi}{\partial t^2} = v^2\Delta\Psi$

Dissperion: Wellengeschwindigkeit ist frequenzabhaengig:

$v_{ph} = \frac{\omega}{k}$

Gruppengeschwindikkeit:

$v_{gr}(k) = \frac{\partial\omega}{\partial k}$

$v_{gr}\cdot v_{ph} = c^2$

Wellengl. Elmag.wellen

$\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = \frac{1}{\varepsilon_0\mu_0}\Delta\vec{E}$

$\frac{\partial^2 B}{\partial t^2} = \frac{1}{\varepsilon_0\mu_0}\Delta\vec{B}$

$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}$

In Materiel dann noch mit μ_r, ε_r

Ausrichtung

Felder sind senkrecht zur Ausbreitungsbeschwindigkeit.

Felder sind senkrecht zueinander.

$\vec{E}$und $\vec{B}$ sind in Phase.

$|\vec{B}| = \frac{|\vec{E}|}{c}$

$\vec{E} = \frac{\omega}{k^2}(\vec{k}\times\vec{B})$

Energiestromdrichte

$S = \frac{\text{Strahlungsleitung}}{\text{Fläche}} = \frac{\text{Energie}}{\text{Fläche}\cdot\text{Zeit}}$

.

$= Energiedichte \times Geschwindigkeit$

$S = EH, \quad \vec{S} = \frac{1}{\mu_0}(\vec{E}\times\vec{B}) = \vec{E}\times\vec{H}$

$S = \omega_{em}\cdot c = \varepsilon_0 c E^2 = \varepsilon_0 c^2 EB = \frac{1}{\mu_0}EB$

Und es gibt noch Unterschied zur Intensitaet:

$I = \langle S\rangle = \frac{1}{2}|S_{max}|$

Wichtige wellengleichung

$\lambda = \frac{c}{f}$

$E = hf$

Hertzscher Dipol

$\vec{B}(\vec{r},t) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 c^2 r^3}\left[\dot{\vec{p}}\times\vec{r} + \frac{r}{c}(\ddot{\vec{p}}\times\vec{r})\right]$

$\vec{E}(\vec{r},t) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 r^3}$

$\left(\left[\vec{p} + \frac{r}{c}\dot{\vec{p}} + 3((\vec{p} + \frac{r}{c}\dot{\vec{p}})\hat{r})\hat{r}\right] + \frac{1}{c^2}\ddot{\vec{p}}\times\vec{r})\times\vec{r}\right)$

Nahfeld: $E\propto\frac{1}{r^2},\frac{1}{r^3}, \quad B\propto\frac{1}{r^2}$

$(r >> \lambda; \lambda >> d)$

Fernfeld: $E\propto\frac{1}{r}, \quad B\propto\frac{1}{r}$

$(r >> \lambda)$ Strahlungsleistung:

$S(r,v) = \frac{p_0^2\omega^2 sin^2(\theta)}{16\pi^2\varepsilon_0 c^3 r^2}\cdot sin^2(\omega t - \vec{k}\vec{r})$

Optik

Beugung Einzelspalt

Pos. der Minima:

$\lambda = a\sin(\theta)$

Intensitaet

$I = I_0\cdot\frac{\sin^2\left(\frac{k\cdot a}{2}\sin(\theta)\right)}{\left(\frac{k\cdot a}{2}\right)^2\cdot\sin^2(\theta)}$

Beugung Doppelspalt

d ist Spaltabstand

Fuer Maxima

$d\cdot\sin(\theta) = n\cdot\lambda$

Fuer Minima

$d\cdot\sin(\theta) = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$

Intensity

$I = 4I_0\left(\frac{\sin(\frac{1}{2}\phi)}{\frac{1}{2}\phi}\right)^2\cos^2\left(\frac{1}{2}\delta\right)$

mit:

$\phi = \frac{2\pi}{\lambda}\cdot a\cdot\sin(\theta)$

Reflexion und Brechung

huygensches Pirinzip:

Einfall $\longrightarrow$ reflektion + transmission

Brechung (Refraction)

verringerung der Lichtgeschwindigkeit in einem Medium $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\cdot\mu\cdot\varepsilon_0\cdot\mu_0}} = \frac{c_0}{n}$ wobei $c_0 = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}$

Snellius

$n_1\cdot sin(\theta_1) = n_2\cdot sin(\theta_2)$

Totalreflexion

Licht bleibt in dichterem Meduim (n_2), sobald $\theta > \theta_c$

(nur möglich wenn $n_2 >> n_1$),

wobei $sin(\theta_c) = \frac{n_1}{n_2}$

Fermatsches Prinzip

Licht nimmt zwischen zwei Punkten A und B stehts den lokal minimalen Weglaenge in terms of dauer. (Laufdaueroptimiert)

Optischer Weg s' über actual Laufzeit s definiert:

$s' = n\cdot s$

bei Lichtbrechung zwischen zwei Medien:

Minimum von: $t = t_1 + t_2 = \frac{l_1}{c_1} + \frac{l_2}{c_2} = \frac{n_1 l_1}{c} + \frac{n_2 l_2}{c}$

PolarisationsDinge

Gesetz von Malus

$I = I_0\cdot cos^2(\theta)$,

$E = E_0\cdot cos(\theta)$

Amplitude bei unpolarisiertem Licht:

$I_{pol} = I_{unpol}\cdot\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}cos^2(\theta) = \frac{I_{unpol}}{2}$

Streuung:

Streuung = Absoption und Wiederabstrahlung

Polarisation durch Reflexion

über $E-$Felder und $B-$Felder.

e: einfall, t: transmission , r: reflektion

$E_e - E_r = E_t$

$H_e + H_r = Ht$

$B_e + B_r = Bt$

$\rightarrow B = \frac{E}{c} = E\sqrt{\varepsilon_0\mu_0\varepsilon\mu} = \mu_0 H$

$\rightarrow E = \sqrt{\frac{\mu_0\mu}{\varepsilon_0\varepsilon}}H = Z\cdot H$

Im Vakuum $Z_0 = \frac{\mu_0}{\varepsilon_0} = 377\Omega$

Reflexion: $\rho = \frac{E_r}{E_e} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{H_r}{H_e}$

Transmission $\tau_E = \frac{E_t}{E_e} = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}$

$\tau_H = \frac{H_t}{H_e} = \frac{2Z_2 1}{Z_1 + Z_2}$

Intensität

$R := \frac{I_r}{I_e} = \frac{E_r H_r}{E_e H_e} = \frac{(Z_1 - Z_2)^2}{(Z_1 + Z_2)^2}$

$T := \frac{I_t}{I_e} = \frac{E_t H_t}{E_e H_e} = \frac{4Z_1\cdot Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$

$R + T = 1$ (EnergieErhaltung)

Fresnelschen Gleichungen

für nicht Magnetische Gläser:

$\perp$: E-Feld senkrecht zur Brechungsebene

$\|$: E-Feld parallel zur Brechungsebene

Reflektionsgrad:

$R_\perp(\alpha,\beta) = \frac{I_{\perp,r}}{I_{\perp,e}} = (\frac{sin(\alpha-\beta)}{sin(\alpha+\beta)})^2$

$R_\|(\alpha,\beta) = \frac{I_{\|,r}}{I_{\|,e}} = (\frac{tan(\alpha-\beta)}{tan(\alpha+\beta)})^2$

Transmissionsgrad:

$T_\perp(\alpha,\beta) = \frac{I_{\perp,tr}}{I_{\perp,e}} = (\frac{2sin(\beta)cos(\alpha)}{sin(\alpha+\beta)})^2$

$T_\|(\alpha,\beta) = \frac{I_{\|,tr}}{I_{\|,e}} = (\frac{2sin(\beta)cos(\alpha)}{sin(\alpha+\beta)cos(\alpha-\beta)})^2$

Es gilt EnergieErhaltung:

$R_\perp + T_\perp = 1$

$R_\| + T_\| = 1$

$n_1 sin(\alpha) = n_2 sin\beta$

$n_2 sin(90\circ - \alpha = n_2 cos(\alpha))$

Brewster Winkel

$tan(\theta_{Brewster}) = \frac{n_2}{n_1}$

Polarisation durch Doppelbrechung

$c_{medium} = \frac{c}{n_0}$

sei das Licht nun senkrecht zur optischen Achse, so ist:

$c_o = \frac{c}{n_0} = c_{medium}$ ordentlich

$c_{ao} = \frac{c}{n_{ao}}$ mit $c_o \neq c$ außerordentlich

Optische Abbildungen

Alles unter Annahme einer dünnen Linse (d=0, ideal) $\frac{1}{f} = \frac{n_2 - n_1}{n_1}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$

Sammellinse/bikonvex: $R_1 > 0, R_2 < 0$

Zerstreuungslinse/bikonkav: $R_1 < 0, R_2 > 0$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$

$\frac{G}{B} = \frac{g}{b}$

.

$f < g < 2f, \quad b > 2f$ Vergroesserung

$g > 2f, \quad f < b < 2f$ verkleinereung

Ex1 Dinge, die wichtig sind

Zentripetal: $F = \frac{mv^2}{r}$

Beziehungen

i wish i had one...

Kugeloberflaeche: $A = 4\pi r^2, \quad dA = r^2\sin(\theta)d\theta d\varphi$

Kugelvolumen:$V = \frac{4}{3}\pi R^3$

$\vec{s}(u)\rightarrow d\vec{s} = \frac{d\vec{s}}{du}ds$

$\ln(\frac{x}{y}) = \ln(x) - \ln(y), \quad \ln(xy) = \ln(x) + \ln(y)$

Aufgaben

Blatt 1

Aufgabe 3 Gausscher Satz anwenden. Fuer innere Ladung einer Kugel gilt: $Q_{ges} = \sigma\cdot V_{gesamt}\rightarrow Q_{innen} = \sigma V_{innen}$, dann Umstellen.

b)

Zwei kugelschalen, innerhalb der Kugel ist $E = 0$, ausserhalb der ersten, ists nur die erste Kugelschale, ausserhalb der zweiten ist es die addition, der beiden Kugelschalen (also mitQ_{ges}).

Blatt 2

Potentialberechnung

Algemein: dq bestimmen, und Vektor $\vec{a}$ vom desired Point zum $dq = \sigma ds$. dann $d\vec{E} = K\frac{\sigma ds}{a^3}\vec{a}$, das folgt aus $E = F_e/q$. Nachdem man $E(r)$ hat nur noch nach r integreiren (Integrationsgrenzen beachten!).

Bandgenerator

In der Formel fuer E und φ chillt ein Q, also nach Q_{max} aufloesen und einsetzen.

geladene Vollkugel

Ausserhalb der Kugel einfach eine Punktladung (coulombpotential)

Innerhalb der Kugel muss mann wieder zuerst das E feld innerhalb der Kuggel bestimmen (siehe Aufgabe3Blatt1). Dann vorsichtig integrieren.

$\varphi = \int_r^\infty Edr = \int_r^R E_{innen}dr + \int_R^\infty E_{aussen}dr$

Arbeit entland dieses Weges fuer Probeladung:

$W = q\cdot\varphi(2) - q\cdot\varphi(1)$

Blatt 3

Dipol E-Felder sind additiv, also einfach die einzelnen E-felder addieren. **Plattnkondi**

Formelsn anwenden und erinnern, dass Arbeit= kraft * weg. Und F=Q*E.

Zylinderkondi

Zuerst E(r) aufstellen, dabei $Q = Q_{innen}$, dann $C = Q/U$ anwenden und

$U = \int_{R_1}^{R_2}E(r)dr$

Wenn d¡¡R_1, dann $\ln(1 + \frac{d}{R_1})$, taylorn:

$\ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3}...$

Kondinetzwerk

Nutze $Q = C\cdot U$ und bilde $U = \varphi_1 - \varphi_2$

Dann noch schauen welche Ladungen Gleich sein muessen. $Q_3 = Q_1 + Q_2$

Blatt 4

Plettnkondi mit die

Betrachte Kondi, als mehrere:

$U_0 = E_1\cdot d_1 + E_2\cdot d_2 + E_3\cdot d_3$

Kraft ist null

C berechnen als waeren es 3 C's in Reihe

Im inneeren eines Leiter ist $E = 0$, auch in der MEtallplatte im E-Feld.

Zylinder-Trimkondo

Betrachte einschub von dielektrikum als parallelschaltung zeier kondis, C_{vak} rechnet man aus, mit $C = Q/U$ wobei $U = \int Edr$ und E bekommen wir aus dem Gausschens gesetz.

c) Kraft ist der negative Gradient der Energie: $F(a) = -\frac{dW_{el}}{da}$

Blitz

$\Delta\varphi = \int Edr$, mit $E = \rho\cdot j$ und $j = I/A$

Blatt 5

Wheatstone

Mit Maschenregel, alle Beziehungen aufstellen (auch Mache betrachten fuer Spannungsmesser und die Stromrichtungen betrachten wegen VZ)

Heizleistung $P = UI$.

Massenspektro

Setze Lorenzkraft und Zentripetalkraft gleich und ersetze v mit dem v der Breschleunigsungsspannung. Diese berechnet sich mit: $q\cdot U_B = \frac{1}{2}mv^2$

Blatt6

Biosavart Draht Zuerst den Weg s, den der Strom faehrt parametrisieren, dann Linienelement ds bilden, dann vektoren zu ds finden und Kreuzprodukt druchfuehren, dann ueber die parametrisierte groesse integrieesn.

Ladungstraeger im BFeld

Spannung zwischen Drahtsteuckende:

$\Delta\varphi = \int Eds = \int v\times Bds$,

Weil Lorenzkraft: $F_L = q(v\times B)$ und $E = F/q$

Blatt 7

Lange Spule

Der Trick ist $\oint Hds = I_{frei}$ zu nutzen und einen Weg axial entland der Spule zu waehlen.

Stromrohre

Ampersches Gesetz uber den eingeschlossenen Strom. Sobald rohr dicke hat und stromdurchfliest bildet man: $j = \frac{I}{A}$ und dann $I_{innen} = j\cdot A_{innen}$dabei wird A_{innen} einen Funktion von r sein, die die eingschlossenen stromdurchflossene Flaeche wiederspiegelt, und dann einfach Ampersches Gesetz!

Weichmagnetsicher Ringkern

zuerst Kern ohne Spalt $\oint Hds = NI$

dann kommt Luftspalt in Kern: $\oint Hds = H_k\cdot l + H_L + d$, dass ist nun der Weg, den wir gehen, diesr ist $= NI$.

Da H_K und H_L verschieden sind, aber wir wissen, dass bei einem senkrecheten uebergang, das B-Feld stetig ist schreiben wir $H_k = \frac{B}{\mu_0\mu_r}$ etc.

Wenn spule weg ist und Permanenmtmagnet kommt, gilt immernoch die stetigkeit des B feldes. Ausserde, wissen wir nun, dass $H_k l + H_L d = 0$, weil kein freier Strom, mit $H_k = \frac{B}{\mu_0\mu_r}$ und $H_L = \frac{B}{\mu_0} - M$ koennen wir nach B wieder auflosen, wichtig ist zu erkenne, dass das H feld im Permaentmmagneten duch M noch beeinflusst wird.

Blatt 8

Induktivitaet von Koaxialkabel

Berechne zuerst das Bfeld zwischen a und b, als funktion von r (amperschs gesetz).

Damit dann die Magnetsche Energie $W = 1/2\mu VH^2$, fuer das Volumen wird integriert auch ueber B(r), dann mit der anderen Formel $W = 1/2LI^2$ gleichsetzen.

Blatt 9

Zuendspule:

Auf Stromrichtung achten

Fuer I DGLs, alle Verbraucher auf eine Seite, und spannungsquellen auf die andere Seite, und danach erst $U_{ind} = -L\dot{I}$ einsetzen.

Tiefpass

Betrachte U_e komplex, aber ohne phasenverschiebung, Nutze Komplexe impendanzen und nutze diese wie wiederstaende. (Spannungsteilerprinzip). Die amplitide ist dann $U_0\cdot|H|$ wobei H die Uebertragfunktion ist, die sich aus impendanzen ergibt. Die phase ist das argument der komplexen uebertragsfunktion.

Blatt 10

RLC Schwingkreis

DGL Aufstellen mit $U_L = -L\dot{I}$,$U_R = IR$,und $U_C = \frac{Q}{C}$, dann ableiten fuer DGL in I, dann DGL loesen.

Beachte Kompleze rechneregeln!

Ringtrafo

Berechne $L = \frac{\phi_M}{I}$ und $\phi = \oint BdA, \quad \oint Hds = I$

Berechne $U = -L\frac{dI}{dt}$, dann U nach t integriesen um I zu erhalten.

Gegeninduktivitaet: $M = \sqrt{L_1 L_2}$

Damit auf Spannung U_2 bei belastetem Trafo:

$U_1 = -L_1\dot{I}_1 + M\dot{I}_2$

$U_2 = -L_2\dot{I}_2 + M\dot{I}_1$

Wellengelichung:

Vergleich mit Standartform, Faktoren mit $1/v^2$ vergleichen -¿ geschwindigkeit, fuer wellenlaenge dann $\lambda = \frac{v}{f}$ nutzen.

Blatt 11

Antenne

Waehle selbst Wellengleichung fuer B Feld entlag der Welle:

Magfluss, bestimme ueber das Integral, wobei $dA = dxdy$

Trick: int ueber $-L/2$bis$L/2$, dann sind Symmetreien einfacher

Radiosender

$I = I_{max}\cdot\sin^2\theta$, dann benutzen, dass $I\propto\frac{P}{A}$, also iwie: $P = I\cdot A$, und fuer A die Kugeloberflaehe im Abstand r nutzen, dann Integrieren ueber $d\theta d\varphi$. Danach nach I_{max} umstellen.

Bei E Feld aufpassen, weil $I = \frac{1}{2}\varepsilon_0 cE^2$, anders als bei S.

Laserpointer

Energie im Strahl = $w_{em}\cdot V$, dann bestimme w_{em} ueber $S = w_{em}\cdot c$ und bestimme $S = \frac{P}{A}$.

Blatt 12

Fuer maxima betrachte immer Gangunteschied $\delta = n\lambda$

Bei polarisaioton immmer mit gesetz von Malus rechnen.

Reflexionswinkel = gleiche phase bei parabolspiegeln.

Optische abbildung Parallel zur optischen Achse einfallende Lichtstrahlen werden durch eine Sammellinse so gebrochen, dass sie sich im Brennpunkt auf der anderen Seite der Linse schneiden.

Regeln

Immer Rechte Hand benutzen ab hier:

Lorentxzkraft

Daumen in v Richtung, Zeigefinger in B, Mittelfinger in F. (Achtung gilt fuer positive Ladungen, wenn e^-, dann daumen drehen)

Biot savart:

Daumen in I, gekruemmte Finger in B

Ampersche

Finger in B Feld, Daumen in I

Complex calc

Betrag: $\sqrt{z\cdot\bar{z}}$

Phase: $\arg(\frac{1}{z}) = -\arg(z), \quad \arg(z) = \arctan(\frac{Im}{Re})$

$\arg(\frac{f}{g}) = \arg(f) - \arg(g)$

$|\frac{f}{z}| = \frac{|f|}{|z|}$

Trig-Idents

$\rightarrow\sin^2 x + \cos^2 x = 1$

$\rightarrow 1 + \tan^2 x = \sec^2 x$

$\rightarrow 1 + \cot^2 x = \csc^2 x$

$\rightarrow\sin(2x) = 2\sin x\cos x$

$\rightarrow\cos(2x) = \cos^2 x - \sin^2 x = 2\cos^2 x - 1 = 1 - 2\sin^2 x$

$\rightarrow\sin(x\pm y) = \sin x\cos y \pm \cos x\sin y$

$\rightarrow\cos(x\pm y) = \cos x\cos y \mp \sin x\sin y$

$\rightarrow\tan(x\pm y) = \frac{\tan x\pm\tan y}{1\mp\tan x\tan y}$

$\rightarrow\quad\sin^2 x = \frac{1-\cos(2x)}{2}, \quad\cos^2 x = \frac{1+\cos(2x)}{2}$

Integraltricks

Power reduction formula

$\sin^2(\theta) = \frac{1-\cos(2\theta)}{2}$

$\cos^2(\theta) = \frac{1+\cos(2\theta)}{2}$

sin^3 - Trick

Ersetze $\sin^2$ durch $1 - \cos^2$, dann sub und int.

Standartintegrale:

$\rightarrow\int_0^{2\pi}\cos(\theta)d\theta = 0$

$\rightarrow\int_0^{2\pi}\sin(\theta)d\theta = 0$

$\rightarrow\int_0^{2\pi}\cos^2(\theta)d\theta = \int_0^{2\pi}\sin^2(\theta)d\theta = \pi$

$\rightarrow\int_0^{\pi}\sin^2(\theta)d\theta = \frac{\pi}{2}$ auch cos^2

$\rightarrow\int\frac{dx}{x^2+a^2} = \frac{1}{a}\arctan(\frac{x}{a}) + C$

$\rightarrow\int\frac{dx}{(x^2+a^2)^{3/2}} = \frac{x}{a^2}\sqrt{x^2+a^2} + C$

$\rightarrow\int\frac{dx}{\sqrt{x^2+a^2}} = \ln(|x + \sqrt{x^2+a^2}|) + C$

$\rightarrow\int\frac{dx}{\sqrt{a^2-x^2}} = \arcsin(\frac{x}{a}) + C$

hilfreiche subs:

Trig; $x = R\sin(\theta)$, um $\sqrt{R^2 - x^2}$zu beherrschen.