

TET Formelsammlung (Prof. H.G. Krauthäuser, TU Dresden, CC0 1.0 Universal)

Maxwell Gleichungen

$$\begin{aligned}\text{rot } \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \xrightarrow{\text{Stokes}} \oint_{C(A)} \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d}{dt} \iint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} \\ \text{rot } \vec{H} &= \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \xrightarrow{\text{Stokes}} \oint_{C(A)} \vec{H} \cdot d\vec{s} = \iint_A \vec{J} \cdot d\vec{A} + \frac{d}{dt} \iint_A \vec{D} \cdot d\vec{A} \\ \text{div } \vec{B} &= 0 \xrightarrow{\text{Gauss}} \oiint_{O(V)} \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \\ \text{div } \vec{D} &= \rho_V \xrightarrow{\text{Gauss}} \oiint_{O(V)} \vec{D} \cdot d\vec{A} = \iiint_V \rho_V dV\end{aligned}$$

Material Gleichungen

$$\begin{aligned}\vec{D} &= \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \xrightarrow{\text{hli}} \vec{D} = \varepsilon \vec{E} \\ \vec{B} &= \mu_0 (\vec{H} + \vec{M}) \xrightarrow{\text{hli}} \vec{B} = \mu \vec{H}\end{aligned}$$

Kontinuitätsgleichung

$$\text{div } \vec{J} = -\frac{\partial \rho_V}{\partial t} \xrightarrow{\text{Gauss}} \oiint_{O(V)} \vec{J} \cdot d\vec{A} = -\iiint_V \frac{\partial \rho_V}{\partial t} dV$$

Stetigkeitsbedingungen

Für Normalenvektor \vec{n} von ① nach ②:

$$\begin{array}{l|l} \textcircled{1} & \textcircled{2} \\ \hline \rightarrow \vec{n} & \vec{n} \times (\vec{E}_2 - \vec{E}_1) = \vec{0} \\ & \vec{n} \cdot (\vec{D}_2 - \vec{D}_1) = \rho_F \\ & \vec{n} \times (\vec{H}_2 - \vec{H}_1) = \vec{J}_A \\ & \vec{n} \cdot (\vec{B}_2 - \vec{B}_1) = 0 \end{array}$$

Elektrisches Skalarpotential

$$\begin{aligned}\text{rot } \vec{E} &= \vec{0} \rightarrow \vec{E} = -\text{grad } \phi \\ \Delta \phi &= -\frac{1}{\varepsilon} \rho_V \text{ Poisson-Gleichung}\end{aligned}$$

Coulomb-Integral

$$\phi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \iiint_V \frac{\rho_V(\vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|} d^3r'$$

Spannung an \vec{r}_2 bezogen auf \vec{r}_1

$$\text{rot } \vec{E} = \vec{0} \rightarrow U_{21} = \phi(\vec{r}_2) - \phi(\vec{r}_1) = \int_{\vec{r}_2}^{\vec{r}_1} \vec{E} \cdot d\vec{s} \text{ wegunabhängig}$$

Kraft auf q , Arbeit $\vec{r}_1 \rightarrow \vec{r}_2$, Energie

$$\begin{aligned}\vec{F} &= q\vec{E} \quad A = q \int_{\vec{r}_2}^{\vec{r}_1} \vec{E} \cdot d\vec{s} = q [\phi(\vec{r}_2) - \phi(\vec{r}_1)] = qU_{21} \\ w_e &= \frac{1}{2} \vec{E} \cdot \vec{D} \quad W_e = \frac{1}{2} \iiint_V \vec{E} \cdot \vec{D} dV\end{aligned}$$

Dipol bei \vec{r}' , Dipoldichte, Kraft, Drehmoment

$$\begin{aligned}\phi_D(\vec{r}) &= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{\vec{p} \cdot (\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \\ \vec{E}_D(\vec{r}) &= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \left[\frac{3[\vec{p} \cdot (\vec{r} - \vec{r}')](\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^5} - \frac{\vec{p}}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \right] \\ \phi_D(\vec{r}) &= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \iiint_V \frac{\vec{m} \cdot (\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} d^3r' \\ \vec{F}_D(\vec{r}) &= (\vec{p} \cdot \nabla) \vec{E}(\vec{r}) = \text{grad} (\vec{p} \cdot \vec{E}(\vec{r})) \quad \vec{M}_D(\vec{r}) = \vec{p} \times \vec{E}(\vec{r})\end{aligned}$$

Skalarpotential mit Randwerten auf $O(V)$

$$\begin{aligned}\phi(\vec{r}) &= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \iiint_V \frac{\rho_V(\vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|} d^3r' \\ &+ \frac{1}{4\pi} \oiint_{O(V)} \left[\frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}'|} \frac{\partial \phi(\vec{r}')}{\partial n'} - \phi(\vec{r}') \frac{\partial}{\partial n'} \frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}'|} \right] d^2r'\end{aligned}$$

Greensche Funktionen von $\Delta G(\vec{r}, \vec{r}') = -\frac{1}{\varepsilon} \delta(\vec{r} - \vec{r}')$

$$\begin{aligned}G(\vec{r}, \vec{r}') &= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}'|} + \Gamma(\vec{r}, \vec{r}') \\ \Delta \Gamma(\vec{r}, \vec{r}') &= 0, \quad \Gamma(\vec{r}, \vec{r}') = \Gamma(\vec{r}', \vec{r})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi(\vec{r}) &= \iiint_V \rho_V(\vec{r}') G(\vec{r}, \vec{r}') d^3r' \\ &+ \varepsilon_0 \oiint_{O(V)} \left[G(\vec{r}, \vec{r}') \frac{\partial \phi(\vec{r}')}{\partial n'} - \phi(\vec{r}') \frac{\partial G(\vec{r}, \vec{r}')}{\partial n'} \right] d^2r'\end{aligned}$$

Dirichlet RB: $G(\vec{r}, \vec{r}') = 0$ für $\vec{r}' \in O(V)$

Neumann RB: $-\varepsilon_0 \oiint_{O(V)} \phi(\vec{r}') \frac{\partial G(\vec{r}, \vec{r}')}{\partial n'} d^2r' = \phi_0$