Coulomb'sches Gesetz

Kraft auf q durch q_i

$$\vec{F}(\vec{r}) = \sum_{i=1}^{N} \frac{qq_i}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{\vec{r}-\vec{r}_i}{|\vec{r}-\vec{r}_i|^3}$$

$[F] = \mathrm{N} = \frac{\mathrm{kg \cdot m}}{\mathrm{s}^2}$

Elektrische Feldstärke

Feld, durch das q Kraft $\vec{F}$ erfährt

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

$[E] = \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}} = \frac{\mathrm{kg{\cdot}m}}{\mathrm{A{\cdot}s^3}}$

Elektrische Arbeit

Arbeit, um Punktladung von P_1 nach P_2 zu bringen

$$W_{12} = \int_{C(P_1,P_2)} \vec{F}(\vec{r})\,\mathrm{d}\vec{r}$$

$[W] = \mathrm{J} = \mathrm{Nm} = \frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}$

Grundgesetz der Elektrostatik

Elektrostatische Felder sind konservativ:

$$\oint_C \vec{E}\,\mathrm{d}\vec{r} = 0$$

$$\int_{P_1}^{P2} \vec{E}\,\mathrm{d}\vec{r} = \text{const.}$$

$$\operatorname{rot}\vec{E} = \nabla \times \vec{E} = 0$$

Elektrisches Potential

$$\Phi(\vec{r}) = \Phi(\vec{r_0}) - \int_{P_0}^{P} \vec{E}(\vec{r}\,')\,\mathrm{d}\vec{r}\,'$$

$\vec{r_0}$: Referenzpotential (meist 0)

$[\Phi] = \mathrm{V} = \frac{\mathrm{kg\cdot m^2}}{\mathrm{A\cdot s^3}}$

Spannung zwischen zwei Punkten

$$U_{12} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{E}\,\mathrm{d}\vec{r}$$

$$U_{12} = \Phi(P_1) - \Phi(P_2) = -U_{21}$$

$[U] = \mathrm{V} = \frac{\mathrm{kg \cdot m^2}}{\mathrm{A \cdot s^3}}$

Elektrische Feldkonstante

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$$

$$\epsilon_0 = 8.854188 \times 10^{-12}\,\frac{\mathrm{As}}{\mathrm{Vm}}$$

$$\epsilon_0 = 8.854188 \times 10^{-12}\,\frac{\mathrm{A^2 s^4}}{\mathrm{kg \cdot m^3}}$$

Dielektrisches Verschiebungsfeld

$$\vec{D}(\vec{r}) = \epsilon_0 \epsilon_r \vec{E}(\vec{r})$$

$[D] = \frac{\mathrm{As}}{\mathrm{m}^2}$

Raumladungsdichte

$$Q(V) = \int_V \rho(\vec{r}) \, \mathrm{d}^3 r$$

$[\rho] = \frac{\mathrm{As}}{\mathrm{m}^3}$

Oberflächenladungsdichte

$$Q(S) = \int_S \sigma(\vec{r}) \, \mathrm{d}a$$

$$\sigma = \vec{D} \cdot \vec{N}$$

$[\sigma] = \frac{\mathrm{As}}{\mathrm{m}^2}$

Gaußsches Gesetz

1. Maxwellgleichung

$$\int_{\partial V} \vec{D}\,\mathrm{d}\vec{a} = Q(V) = \int_V \rho\,\mathrm{d}V$$

$$\operatorname{div} \vec{D} = \rho$$

Herleitung mit Satz von Gauß.

Poissongleichung

$$\operatorname{div}(\epsilon \nabla \Phi) = -\rho$$

Kapazität

$$C = \frac{Q}{U_{12}}$$

$[C] = \mathrm{F} = \frac{\mathrm{As}}{\mathrm{V}} = \frac{\mathrm{A}^2\mathrm{s}^4}{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^2}$

Kondensatoren

Plattenkondensator:

$$C_P = \epsilon \frac{A}{d}$$

Kugelkondensator:

$$C_K = 4\pi\epsilon \frac{ab}{b-a}$$

Kondensatorschaltungen

Parallelschaltung:

$$C_{\text{par}} = \sum_{i=1}^{N} C_i$$

Reihenschaltung:

$$\frac{1}{C_{\text{rei}}} = \sum_{i=1}^{N} \frac{1}{C_i}$$

Dielektrika

Parallelschaltung:

$$C_P = C_1 + C_2 = \frac{\epsilon_1 A_1}{d} + \frac{\epsilon_2 A_2}{d}$$

Reihenschaltung:

$$C_R = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)^{-1} = \left(\frac{d_1}{\epsilon_1 A} + \frac{d_2}{\epsilon_2 A}\right)^{-1}$$

Energie eines Kondensators

$$W_{el} = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2}CU^2$$

$$W_{el} = \int_V w_{el}\,\mathrm{d}V$$

$[W] = \mathrm{J} = \frac{\mathrm{kg \cdot m^2}}{\mathrm{s^2}}$

Energiedichte des E-Felds

$$w_{el} = \frac{1}{2}\vec{E} \cdot \vec{D}$$

$[w] = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{m}^3} = \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m \cdot s^2}}$

Stromstärke

$$I = \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t}$$

$[I] = \mathrm{A}$

Stromdichte

$$I(S) = \int_S \vec{j}\,\mathrm{d}\vec{a}$$

$$\vec{j} = q \cdot n \cdot \vec{v} = \rho \cdot \vec{v} = |q| \cdot n \cdot \mu \cdot \vec{E}$$

$[j] = \frac{\mathrm{A}}{\mathrm{m}^2}$

Ohmsches Gesetz

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}$$

$$I = GU$$

Verlustleistung

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

$[P] = \mathrm{W} = \mathrm{V} \cdot \mathrm{A} = \frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^3}$

Lorentzkraft

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

$$\mathrm{d}\vec{F}_L = I \cdot \mathrm{d}\vec{s} \times \vec{B}$$

Elektromagnetische Kraft:

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

Drehmoment

$$\vec{m} = I\vec{A}$$

$$\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B} = I\vec{A} \times \vec{B}$$

$[M] = \mathrm{Nm} = \frac{\mathrm{kg{\cdot}m^2}}{\mathrm{s^2}}$

Quellenfreiheit des B-Feldes

3. Maxwellgleichung

$$\int_{\partial V} \vec{B}\,\mathrm{d}\vec{a} = 0$$

$$\operatorname{div} \vec{B} = 0$$

$$[B] = \mathrm{T} = \frac{\mathrm{V{\cdot}s}}{\mathrm{m}^2} = \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{A{\cdot}s}^2}$$

Ampèresches Durchflutungsgesetz

4. Maxwellgleichung

$$\int_{\partial A} \vec{H}\,\mathrm{d}\vec{s} = \int_{A} \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) \mathrm{d}\vec{a}$$

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

Magnetische Feldkonstante

$$\mu = \mu_0 \mu_r$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \, \frac{\mathrm{Vs}}{\mathrm{Am}}$$

$$\mu_0 = 12.56637 \times 10^{-7} \, \frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}}{\mathrm{A}^2 \mathrm{s}^2}$$

Magnetische Feldstärke

$$\vec{H} = \frac{1}{\mu}\vec{B}$$

$[H] = \frac{\mathrm{A}}{\mathrm{m}}$

Magnetischer Fluss

$$\Phi = \int_A \vec{B} \, \mathrm{d}\vec{a}$$

$[\Phi] = \mathrm{Vs} = \frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}^2}{\mathrm{A} \cdot \mathrm{s}^2}$

Induktionsgesetz

2. Maxwellgleichung

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

Induzierte Spannung

Ruheinduktion:

$$U_{ind} = -\int_{A(t)} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \, \mathrm{d}\vec{a} + \int_{\partial A} (\vec{v} \times \vec{B}) \, \mathrm{d}\vec{r}$$

Bewegungsinduktion:

$$U_{ind} = -\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t} \Phi(A(t))$$

Fehler bitte *sofort* melden.

https://github.com/latex4ei/EuM-Karten/issues