Coulomb'sches Gesetz

Elektrische Feldstärke

Elektrische Arbeit

Grundgesetz der Elektrostatik

Elektrisches Potential

Spannung zw. zwei Punkten

Elektrische Feldkonstante Dielektrizitätskonstante

Elektrische Flussdichte Dielektrische Verschiebung

Raumladungsdichte

Oberflächenladungsdichte

Gaußsches Gesetz

Maxwellgleichung

Poissongleichung

Kapazität

Kondensatoren

Plattenkondensator
Kugelkondensator

Kondensatorschaltungen

Parallelschaltung
Reihenschaltung

Dielektrika

Parallelschaltung
Reihenschaltung

4 *Grundgesetz der Elektrostatik*

Elektrostat. Felder sind konservativ

$$\Leftrightarrow \int_{C(P_1,P_2)} \vec{E}\, d\vec{r} = \int_{P_1}^{P_2} \vec{E}\, d\vec{r}$$

$$\Leftrightarrow \oint_C \vec{E}\, d\vec{r} = \int_{P_1}^{P_1} \vec{E}\, d\vec{r} = 0$$

3 *Elektrische Arbeit*

Arbeit, um Punktladung von P_1 nach P_2 zu bringen

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

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

2 *Elektrische Feldstärke*

Feld, durch das q Kraft F erfährt

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

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

1 *Coulomb'sches Gesetz*

Kraft auf q durch q_i

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

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

8 *Elektrische Flussdichte* *Dielektrische Verschiebung*

$$\vec{D}(\vec{r}) = \varepsilon_0 \varepsilon_r \vec{E}(\vec{r})$$

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

7 *Elektrische Feldkonstante* *Dielektrizitätskonstante*

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$$

$$\varepsilon_0 = 8,854188 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}$$

$$= 8,854188 \cdot 10^{-12} \frac{A^2 s^4}{kg\ m^3}$$

6 *Spannung zw. zwei Punkten*

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

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

5 *Elektrisches Potential*

$$\Phi(P) = U_{10} = \int_P^{P_0} \vec{E}\, d\vec{r} = -\int_{P_0}^{P} \vec{E}\, d\vec{r}$$

$$\Phi(P_0) = 0$$

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

12 *Poissongleichung*

$$\operatorname{div}(\varepsilon\ \operatorname{grad}\Phi) = -\rho$$

11 *Gaußsches Gesetz* *Maxwellgleichung*

$$\int_{\partial V} \vec{D}\, d\vec{a} = Q(V) = \sum_{\vec{r}_i \in V} q_i = \int_V \rho(\vec{r})\, d^3r$$

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

Herleitung mit Satz von Gauß

10 *Oberflächenladungsdichte*

$$Q(S) = \int_S \sigma(\vec{r})\, da$$

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

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

9 *Raumladungsdichte*

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

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

16 *Dielektrika* *Parallelschaltung* *Reihenschaltung*

$$C_P = C_1 + C_2 = \frac{\varepsilon_1 A_1}{d} + \frac{\varepsilon_2 A_2}{d}$$

$$C_R = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)^{-1} = \left(\frac{d_1}{\varepsilon_1 A} + \frac{d_2}{\varepsilon_2 A}\right)^{-1}$$

15 *Kondensatorschaltungen* *Parallelschaltung* *Reihenschaltung*

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

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

14 *Kondensatoren* *Plattenkondensator* *Kugelkondensator*

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

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

13 *Kapazität*

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

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

Elektrostatik # 17

Energie eines Kondensators

Elektrostatik # 18

Energiedichte des E-Felds

Stationäre Ströme # 19

Stromstärke

Stationäre Ströme # 20

Stromdichte

Stationäre Ströme # 21

Ohmsches Gesetz

Stationäre Ströme # 22

Verlustleistung

Magnetostatik # 23

Elektromagnetische Kraft

Magnetostatik # 24

Drehmoment

Magnetostatik # 25

Quellenfreiheit des $\vec{B}$-Feldes

Magnetische Flussdichte/Induktion
Maxwellgleichung

Magnetostatik # 26

Ampèrsches Durchflutungsgesetz

Maxwellgleichung

Magnetostatik # 27

Magnetische Feldkonstante Vakuumspermeabilität

Magnetostatik # 28

Magnetische Feldstärke

Magnetostatik # 29

Magnetischer Fluss

Magnetostatik # 30

Induktionsgesetz

Maxwellgleichung

Magnetostatik # 31

Induzierte Spannung

Ruheinduktion
Bewegungsinduktion

32

20 Stromdichte

$$I(S) = \int_S \vec{j}\, d\vec{a}$$
$$\vec{j} = q \cdot n \cdot \vec{v} = \rho \cdot \vec{v} = |q| \cdot n \cdot \mu \cdot \vec{E}$$
$$[j] = \frac{A}{m^2}$$

19 Stromstärke

$$I = \frac{dQ}{dt}$$
$$[I] = A$$

18 Energiedichte des E-Felds

$$w_{el} = \frac{1}{2}\vec{E} \cdot \vec{D}$$
$$[w] = \frac{J}{m^3} = \frac{kg}{m\ s^2}$$

17 Energie eines Kondensators

$$W_{el} = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} \cdot U \cdot Q = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$$
$$W_{el} = \int_V w_{el}\, dV$$
$$[W] = J = \frac{m^2\ kg}{s^2}$$

24 Drehmoment

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$
$$\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B} = I\vec{A} \times \vec{B}$$
$$[M] = Nm = \frac{kg\ m^2}{s^2}$$

23 Elektromagnetische Kraft

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

22 Verlustleistung

$$P_{el} = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = R \cdot I^2$$
$$[P] = W = VA = \frac{kg\ m^2}{s^3}$$

21 Ohmsches Gesetz

$$\vec{j} = \sigma\vec{E}$$
$$I = G \cdot U$$

28 Magnetische Feldstärke

$$\vec{H} = \frac{1}{\mu} \cdot \vec{B}$$
$$[H] = \frac{A}{m}$$

27 Magnetische Feldkonstante Vakuumspermeabilität

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$
$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\frac{Vs}{Am}$$
$$= 12,56637 \cdot 10^{-7}\frac{kg\ m}{A^2\ s^2}$$

26 Ampèrsches Durchflutungsgesetz Maxwellgleichung

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

25 Quellenfreiheit des $\vec{B}$-Feldes Magnetische Flussdichte/Induktion Maxwellgleichung

$$\mathrm{div}\ \vec{B} = 0$$
$$[B] = T = \frac{Vs}{m^2} = \frac{kg}{A\ s^2}$$

32

31 Induzierte Spannung Ruheinduktion Bewegungsinduktion

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

30 Induktionsgesetz Maxwellgleichung

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

29 Magnetischer Fluss

$$\Phi = \int_A \vec{B}\, d\vec{a}$$
$$[\Phi] = Vs = \frac{kg\ m^2}{A\ s^2}$$