Elektrisches Feld

	Kreis	Kugel	Zylinder
Umfang	$2 r \pi$		
Fläche	$r^2 \pi$	$4 r^2 \pi$	$2 \pi r h$
Volumen		$4/3\, r^3 \pi$	$r^2 \pi h$

Elektrische Spannung u. Potential:

$$U_{1,2} = \frac{W_1 - W_2}{Q}; \quad U_{1,2} = \varphi_1 - \varphi_2;$$

Elektrische Feldstärke:

$$U_{1,2} = E \cdot l \quad \text{(für homogene elektrische Felder)}$$

$$U_{1,2} = \int_1^1 E \cdot ds \quad \text{(Linienintegral ist wegunabhängig!!!)} \quad ; \quad \int_1^2 E \cdot ds = \int \frac{F}{Q} \cdot ds = \frac{1}{Q} \int F \cdot ds \quad \text{mit } \int F \cdot ds = W_1 - W_2$$

$$\Rightarrow \frac{W_1 - W_2}{Q} = U \quad ; \quad \text{Kraft auf eine Punktladung:} \quad E = \frac{F}{Q} \quad ; \quad E = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r^2}$$

Energie der Punktladung:

$$W = Q \cdot \varphi = Q \cdot U$$

Coulombsche Kraft:

$$F_c = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r^2}$$

Elektrische Stromstärke:

Elektrisches Strömungsfeld, Materialgesetz:

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad ; \quad J = \frac{I}{A} \quad \text{(für homogene elektrische Strömungsfelder)}; \; I = \int_A J \cdot dA \quad ; \quad J = \kappa \cdot E \quad ; \quad J = \frac{E}{\rho}$$

Axialsymetrischer homogener Leiter:

$$E = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot l} \quad ; \quad J = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot l} \qquad U_{1,2} = \frac{\rho \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln\left(\frac{r_a}{r_i}\right); R = \frac{U_{1,2}}{I} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln\left(\frac{r_a}{r_i}\right); C = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot l}{\ln \frac{r_a}{r_i}}$$

Elektrische Flussdichte:

$$D = \frac{Q}{A} = \frac{\Psi}{A} \quad (\Psi: \text{elektrischer Fluß})$$

$$Q_{eingeschlossen} = \int_A D \cdot dA \quad \text{(Gaußscher Satz)}$$

Materialgesetz des elektrostatischen Feldes:

$$D = \varepsilon \cdot E$$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r; \qquad \varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \; \frac{F}{m}$$

Kapazität:

$$C = \frac{Q}{U} \qquad \text{Plattenkondensator:} \quad C = \varepsilon \cdot \frac{A}{d} \quad ; \quad F = \frac{1}{2} \cdot C \cdot \frac{U^2}{d}$$

Energie und Kraft zwischen Elektroden v. Kapazitäten:

$$W = \frac{Q_e^2}{2 \cdot C}; \quad W = \frac{C \cdot U^2}{2} \quad ; \quad W = \frac{Q_e \cdot U_e}{2} \quad ; \quad F = \frac{1}{2} \cdot D \cdot A \cdot E = \frac{1}{2} \cdot A \cdot \varepsilon \cdot E^2$$

Koaxialkabel:

$$E(r) = \frac{C'_{Ges} \cdot U}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r}; \; C'_{Ges} = \frac{C'_i \cdot C'_a}{C'_i + C'_a}; \; C'_i = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_i}{\ln \frac{r_\varepsilon}{r_i}}; \; C'_a = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_a}{\ln \frac{r_a}{r_\varepsilon}}; \; C' = \frac{C}{l}$$

Reihenschaltung von ungeladenen Kondensatoren: Q = konst.

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \cdots + \frac{1}{C_n} \qquad U = \frac{Q}{C_e} \qquad U = U_1 + \cdots + U_n \qquad \frac{U_n}{U_m} = \frac{C_m}{C_n}$$

Für 2 in Reihe geschaltete Kapazitäten gilt:

$$C_e = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Parallelschaltung von ungeladenen Kondensatoren: U = konst.

$$C_e = C_1 + \cdots + C_n \qquad Q = U \cdot C_e \qquad Q = Q_1 + \cdots + Q_n \qquad \frac{Q_i}{Q_j} = \frac{C_i}{C_j}$$

Reihenschaltung von geladenen Kondensatoren (verschiedener Kapazität):

$$U'_n = U_n - \Delta U \cdot \frac{C_{ges}}{C_n}$$

Parallelschaltung von geladenen Kondensatoren:

Es erfolgt auf Grund des gleichen Potentials eine ausgleichende Umladung !!!

$$U = \frac{Q_{ges}}{C_{ges}} = \frac{Q_1 + \cdots + Q_n}{C_1 + \cdots + C_n} \quad ; \quad U = \frac{C_1 \cdot U_1 + \cdots + C_n \cdot U_n}{C_1 + \cdots + C_n}$$

Radialsymetrisches elektrostatisches Feld (Kugelkondensator):

$$E = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r^2} \qquad U_{1,2} = \frac{Q \cdot (r_a - r_i)}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r_a \cdot r_i} \qquad C = \frac{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r_a \cdot r_i}{r_a - r_i}$$

Alleinstehende Kugel:

$$r_a \to \infty; \quad U_{1,2} = \varphi_1 = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r_i} \qquad C = 4 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot r_i$$

Kondensator und Zeitkonstante:

$$\tau = C \cdot R_{Ersatz} = \frac{\varepsilon}{\kappa}$$

$$i = C \frac{dU}{dt} \quad ; \quad u = \frac{1}{C} \cdot \int_{t=0}^{t} i \cdot dt + U_0 \quad ; \quad i = \frac{1}{C} \cdot \int_{t=0}^{t} i \cdot dt + Q_0$$

$$\text{Entladen:} \quad U = U_0 \cdot e^{\frac{-t}{\tau}}; \quad I = I_0 \cdot e^{\frac{-t}{\tau}}$$

$$\text{Laden:} \quad U_C = U_0 \cdot (1 - e^{\frac{-t}{\tau}})$$

Energiedichte:

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

$$w_{el} = \frac{1}{2} \cdot E^2 \cdot \varepsilon$$

$$w_{el} = \frac{1}{2} \cdot \frac{D^2}{\varepsilon}$$

Magnetisches Feld

Magnetische Feldstärke:

Magnetische Flussdichte:

$$I_{eingeschlossen} = \oint \vec{H} \cdot d\vec{s} \quad \vec{F} = I \cdot (\vec{l} \times \vec{B}) \quad \text{(Lorentzkraft)} \Rightarrow \text{UVW – Regel rechte Hand}$$

$$\underline{\text{Draht:}} \quad H = \frac{I}{2\pi \cdot r} \quad \vec{F} = Q \cdot (\vec{v} \times \vec{B}) \quad \text{(Bewegte Einzelladung)} \quad F_Z = F_L \Rightarrow r = \frac{m \cdot v}{B \cdot Q}$$

Permeabilität:

$$B = \mu \cdot H \quad ; \quad \mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

Magnetischer Fluss:

$$\Phi = \iint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad ; \quad \oiint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

Magnetischer Widerstand:

$$G_m = \frac{\Phi}{\Theta} = \frac{1}{R_m}$$

Durchflutungsgesetz:

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{s} = I_{eingeschlossen} = N \cdot I = \Theta$$

Magnetische Spannung (Teil der Durchflutung!!!):

$$V_m = \int_1^2 \vec{H} \cdot d\vec{s}$$

Koaxialkabel:

$$\text{Innen } (0 < r < r_i): H = \frac{I}{2\pi \cdot r_i^2} \cdot r \quad ; \quad r_i < r < r_e: H = \frac{I}{2\pi \cdot R}$$

$$\text{Außen } (r_e < r < r_a): H = \frac{I}{2\pi \cdot r} \cdot \frac{r_a^2 - r^2}{r_a^2 - r_e^2}$$

Ringkern-, Zylinderspule

$$H = \frac{N \cdot I}{2\pi \cdot r}; \; H_i = \frac{N \cdot I}{l}$$

Induktiver Spannungsabfall:

$$U_L = L \cdot \frac{dI}{dt}$$

Verlustleistung einer Spule:

$$P_{VE} = \frac{m}{\rho} \cdot w_m \cdot f = V \cdot w_m \cdot f \quad ; \quad w_m: \text{Hysteresefläche}$$

Diamagnetisch: μ ~< 1 Paramagnetisch: μ ~< 1 Ferromagnetisch: μ >> 1