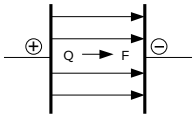
Elektrotechnik 2

Elektrostatik

Bezeichnung	***Zeichen***	***Einheit***
Feldstärke	E	V/m
Ladung	Q	As = C
Radius	r	m
Spannung	U	V
Abstand	s	m
Flächenladungsdichte	σ	C/m^2
elektrischer Fluss	Ψ	C
elektrische Flussdichte	D	C/m^2
Kraft	F	N
Energie	W	J = Ws
Potential	ϕ	V
Kapazität	C	F

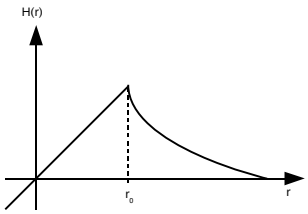
	Formel
elektrische Feldkonstante ϵ_0	$\epsilon_0 = 8.854\,187 \cdot 10^{-12} \frac{As}{V \cdot m}$
Elementarladung	$e = \pm 1.602 \cdot 10^{-19}\, C$
elektrische Feldstärke E	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q}$ E ist konstant im homogenen Feld
	$\vec{E} = \frac{U}{s}$ $\vec{E} = \frac{F}{l}$
an Kugeloberfläche	$\vec{E}(r) = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot r^2}$
linienförmiger Leiter	$\vec{E}(r) = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot l \cdot \epsilon \cdot r}$
Flächenladungsdichte σ	$\sigma = \frac{dQ}{dA}$
elektrischer Fluss Ψ	$\psi = Q$ $\psi = \vec{D} \cdot A$

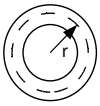
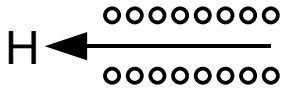
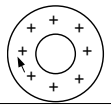
	Formel
elektrische Flussdichte D	$\vec{D}=\epsilon\cdot\vec{E}$ $\vec{D}=\frac{Q}{A}$
Ladung Q	$Q=C\cdot U$ $Q=I\cdot t$
Kapazität Plattenkondensator	$C=\frac{\epsilon\cdot A}{d}$
zwischen 2 langen dünnen Leitern	$C=\frac{\pi\cdot\epsilon\cdot l}{\ln\left(\frac{d-r}{r}\right)}$ oder für d >> r $C=\frac{\pi\cdot\epsilon\cdot l}{\ln\left(\frac{d}{r}\right)}$
Konzentrische Zylinder	$C=\frac{2\cdot\pi\cdot\epsilon\cdot l}{\ln\frac{r_a}{r_i}}$
Konzentrische Kugeln	$C=4\cdot\pi\cdot\epsilon\cdot\frac{r_a\cdot r_i}{r_a-r_i}=\frac{4\cdot\pi\cdot\epsilon}{\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_a}}$
Kraft auf eine Punktladung	$F=Q\cdot E$ 
zwischen 2 Punktladungen	$\vec{F}=\frac{1}{4\cdot\pi\cdot\epsilon}\cdot\frac{Q_1\cdot Q_2}{r^2}$
Gesammt Kraft auf eine Elektrode	$F_{ges}=\frac{D^2}{2\cdot\epsilon}\cdot A$
Energie im Kondensator	$W=\frac{1}{2}\cdot C\cdot U^2=\frac{Q^2}{2\cdot C}=\frac{1}{2}\cdot Q\cdot U$
Potential ϕ	$\phi=\frac{Q}{4\cdot\pi\cdot\epsilon\cdot r}$ $\phi=\frac{W}{Q}=-\int_0^A\vec{E}\cdot ds$
parallele lange Leiter	$\phi=\frac{Q}{2\cdot\pi\cdot\epsilon\cdot l}\cdot\ln\left(\frac{R_0}{r}\right)$ R_0 Abstand Ladungsbezugspunkt r Abstand zur Ladung
Spannung	$U=\varphi_B-\varphi_A=-\int_B^A\vec{E}\cdot ds=\int_A^B\vec{E}\cdot ds$
Kondensator laden mit konstanter Spannung	$u_c=U\cdot\left[1-e^{\frac{-t}{\tau}}\right]$

	Formel
	$i = I_0 \cdot e^{\frac{-t}{\tau}}$
mit Konstantstrom	$U = \frac{I \cdot t}{C}$
Zeitkonstante τ	$\tau = R \cdot C$

Magnetische Felder

Bezeichnung	***Zeichen***	***Einheit***
magnetische Feldstärke	H	A/m
magnetische Flussdichte (Induktion)	B	Vs/m^2 = T
magnetischer Fluss	Φ	Vs = Wb
Spulenfluss	Ψ	Vs = Wb
Durchflutung	Θ	A
magnetische Spannung	V_{magn}	A
Induktivität	L	Vs/A = H
Geschwindigkeit	υ	m/s
magnetischer Widerstand	R_{magn}	1/H
Drehmoment	M	Nm
Kraft pro Fläche	σ	N/m^2

	Formel
induktions Konstante	$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am} \approx 1,257 \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{Am}$
magnetische Feldstärke (gerader Leiter)	$\vec{H} = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r_0}$ 
Innere Feldstärke	$H_i = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r_0^2} \cdot r$ 
Äussere Feldstärke	$H_a = \frac{I}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{1}{r}$
auf der Kreisachse	$\lvert\vec{H}\rvert = \frac{I}{d} \cdot \sin^3(\alpha)$

mitten in der Schleife für $\alpha=\pi/2$	$\lvert\vec{H}\rvert=\frac{I}{d}$
in der Ringspule (Toroid)	$\lvert\vec{H}\rvert=\frac{N\cdot I}{2\cdot\pi\cdot r}=\frac{N\cdot I}{l}$ 
Zylinder Spule	$H=\frac{N\cdot I}{l}$ 
Koaxialer Zylinder (Koaxialkabel)	$H=\frac{I}{2\cdot\pi\cdot r}$ 
magnetische Flussdichte (Induktion)	$\vec{B}=\mu\vec{H}$ $\vec{B}=\frac{\phi}{A}$ bei $I_L << I_E$ gilt $B_L = B_E$
mit 2 Querschnitten	$B_2=\frac{B_1\cdot A_1}{A_2}$
B_{Fe}	$B_{Fe}=\mu_0\cdot\alpha\cdot\left[\frac{\Theta}{l_{Fe}}-H_{Fe}\right]$ $\alpha=\frac{l_{Fe}}{l_l}$
magnetischer Fluss	$\phi=I\cdot L$ $\phi=\int_a^b B(r)\cdot dA=B\cdot A$ $dA=l\cdot dr$
Spulenfluss	$\psi=N\cdot\phi$
Durchflutung mit Luftspalt	$\Theta=H_{Eisen}\cdot l_{Eisen}+H_{Luft}\cdot l_{Luft}$
Durchflutung	$\Theta=I\cdot N=\sum H\cdot l$
magnetischer Widerstand	$R_{magn}=\frac{\Theta}{\phi}=\frac{l}{\mu_0\cdot\mu_r\cdot A}$
magnetischer Leitwert	$\Lambda=\frac{1}{R_{magn}}=\frac{\phi}{\Theta}$
magnetische Spannung	$V_{magn}=H\cdot l$
μ_{reff}	$\mu_{re}=\frac{B_E}{H_E\cdot\mu_0}$ $\alpha=\frac{l_E}{l_L}$ $\mu_{reff}=\frac{\alpha\cdot\mu_{re}}{\alpha+\mu_{re}}$
Länge des Luftspaltes	$l_L=\frac{l_E\cdot(\mu_{re}-\mu_{reff})}{\mu_{reff}\cdot\mu_{re}}$
Induktivität	$L=\frac{N\cdot\phi}{l}$ $L=\frac{N^2}{R_{magn}}$ $L(I)=\frac{\phi}{I}$

in der Zylinderspule	$L \approx \frac{\mu \cdot N^2 \cdot A}{l}$
im Koaxialkabel	$L = \frac{\mu \cdot l}{2 \cdot \pi} \ln\left[\frac{r_a}{r_i}\right]$
Kraft im magnetischen Feld: Ladung bewegt sich normal zur Feldstärke	$\lvert\vec{F}\rvert = Q \cdot \upsilon \cdot B$
	$F = \frac{A_L \cdot B_L^2}{2 \cdot \mu_0}$ $\quad \frac{\mu_0 \cdot A \cdot H^2}{2}$
Gerader Leiter normal zur Feldstärke	$\lvert\vec{F}\rvert = I \cdot l \cdot B$
zwischen zwei parallelen Leitern	$\lvert\vec{F}\rvert = \frac{\mu \cdot l}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{d}$
Drehmoment	$\lvert\vec{M}\rvert = A \cdot I \cdot B \cdot \sin(\alpha)$ $\quad \vec{M} = I \cdot (\vec{A} \, x \, \vec{B})$
Kraft pro Fläche	$\sigma = \frac{1}{2 \cdot \mu} \cdot B^2 = \frac{1}{2} \cdot \mu \cdot H^2$
Wellenwiderstand	$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$
Füllfaktor	$\rho = \frac{A_{eff}}{A} \rightarrow A_{eff} = \rho \cdot A$