Kart. $x\,y\,z\,x\,y\,z$

$d\vec s = \vec e_x\,dx + \vec e_y\,dy + \vec e_z\,dz$

$dV = dx\,dy\,dz$

$\operatorname{grad} k = \frac{\partial k}{\partial x}\vec e_x + \frac{\partial k}{\partial y}\vec e_y + \frac{\partial k}{\partial z}\vec e_z$

$\operatorname{div} \vec k = \frac{\partial k_x}{\partial x} + \frac{\partial k_y}{\partial y} + \frac{\partial k_z}{\partial z}$

$\operatorname{rot} \vec k = \left(\frac{\partial k_z}{\partial y} - \frac{\partial k_y}{\partial z}\right)\vec e_x + \left(\frac{\partial k_x}{\partial z} - \frac{\partial k_z}{\partial x}\right)\vec e_y + \left(\frac{\partial k_y}{\partial x} - \frac{\partial k_x}{\partial y}\right)\vec e_z$

$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$

Zylinder $\rho\,\varphi\,z\,\rho\,\varphi\,z$

$d\vec A = \rho\,d\varphi\,dz\,\vec e_\rho$ $\quad \rho = \sqrt{x^2+y^2}$ $\quad \tan\varphi = \frac{y}{x}$

$x = \rho\cos\varphi \quad y = \rho\sin\varphi \quad z = z$

$\vec e_x = \vec e_\rho\cos\varphi - \vec e_\varphi\sin\varphi \quad \vec e_\rho = \vec e_x\cos\varphi + \vec e_y\sin\varphi$

$\vec e_y = \vec e_\rho\sin\varphi + \vec e_\varphi\cos\varphi \quad \vec e_\varphi = -\vec e_x\sin\varphi + \vec e_y\cos\varphi$

$d\vec s = \vec e_\rho\,d\rho + \vec e_\varphi\,\rho\,d\varphi + \vec e_z\,dz \quad dV = \rho\,d\rho\,d\varphi\,dz$

$\operatorname{grad} s = \frac{\partial s}{\partial \rho}\vec e_\rho + \frac{1}{\rho}\frac{\partial s}{\partial \varphi}\vec e_\varphi + \frac{\partial s}{\partial z}\vec e_z$

$\operatorname{div}\vec A = \frac{1}{\rho}\frac{\partial}{\partial \rho}[\rho A_\rho] + \frac{1}{\rho}\frac{\partial A_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$

$\operatorname{rot}\vec A = \left[\frac{1}{\rho}\frac{\partial A_z}{\partial \varphi} - \frac{\partial A_\varphi}{\partial z}\right]\vec e_\rho + \left[\frac{\partial A_\rho}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial \rho}\right]\vec e_\varphi + \frac{1}{\rho}\left[\frac{\partial}{\partial \rho}(\rho A_\varphi) - \frac{\partial A_\rho}{\partial \varphi}\right]\vec e_z$

Kugel. $r\,\vartheta\,\varphi\,r\,\vartheta\,\varphi$ $\quad 0 \le \vartheta \le \pi \quad 0 \le \varphi < 2\pi$

$d\vec A = r^2\sin\vartheta\,d\vartheta\,d\varphi\,\vec e_r$

$r = \sqrt{x^2+y^2+z^2} \quad \vartheta = \arccos\frac{z}{r} \quad \tan\varphi = \frac{y}{x}$

$x = r\sin\vartheta\cos\varphi \quad y = r\sin\vartheta\sin\varphi \quad z = r\cos\vartheta$

$\vec e_x = \vec e_r\sin\vartheta\cos\varphi + \vec e_\vartheta\cos\vartheta\cos\varphi - \vec e_\varphi\sin\varphi$

$\vec e_y = \vec e_r\sin\vartheta\sin\varphi + \vec e_\vartheta\cos\vartheta\sin\varphi + \vec e_\varphi\cos\varphi$

$\vec e_z = \vec e_r\cos\vartheta - \vec e_\vartheta\sin\vartheta \quad dV = r^2\sin\vartheta\,dr\,d\vartheta\,d\varphi$

$d\vec r = \vec e_r\,dr + \vec e_\vartheta\,r\,d\vartheta + \vec e_\varphi\,r\sin\vartheta\,d\varphi$

$\vec e_r = \vec e_x\sin\vartheta\cos\varphi + \vec e_y\sin\vartheta\sin\varphi + \vec e_z\cos\vartheta$

$\vec e_\vartheta = \vec e_x\cos\vartheta\cos\varphi + \vec e_y\cos\vartheta\sin\varphi - \vec e_z\sin\vartheta$

$\vec e_\varphi = -\vec e_x\sin\varphi + \vec e_y\cos\varphi$

$\operatorname{grad} s = \frac{\partial s}{\partial r}\vec e_r + \frac{1}{r}\frac{\partial s}{\partial \vartheta}\vec e_\vartheta + \frac{1}{r\sin\vartheta}\frac{\partial s}{\partial \varphi}\vec e_\varphi$

$\operatorname{div}\vec A = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}[r^2 A_r] + \frac{1}{r\sin\vartheta}\frac{\partial}{\partial \vartheta}[A_\vartheta\sin\vartheta] + \frac{1}{r\sin\vartheta}\frac{\partial A_\varphi}{\partial \varphi}$

$\operatorname{rot}\vec A = \frac{1}{\sin\vartheta}\left[\frac{\partial}{\partial \vartheta}(A_\varphi\sin\vartheta) - \frac{\partial A_\vartheta}{\partial \varphi}\right]\vec e_r + \frac{1}{r}\left[\frac{1}{\sin\vartheta}\frac{\partial A_r}{\partial \varphi} - \frac{\partial}{\partial r}(rA_\varphi)\right]\vec e_\vartheta + \frac{1}{r}\left[\frac{\partial}{\partial r}(rA_\vartheta) - \frac{\partial A_r}{\partial \vartheta}\right]\vec e_\varphi$

$\vec a\times\vec b = -\vec b\times\vec a \quad \vec a\cdot(\vec b\times\vec c) = \vec c\cdot(\vec a\times\vec b) = \vec b\cdot(\vec c\times\vec a) \quad (\vec a\times\vec b)\cdot(\vec c\times\vec d) = (\vec a\cdot\vec c)(\vec b\cdot\vec d) - (\vec b\cdot\vec c)(\vec a\cdot\vec d)$

$\vec a\times(\vec b\times\vec c) = \vec b(\vec a\cdot\vec c) - \vec c(\vec a\cdot\vec b)$

$\operatorname{grad}(UV) = U\operatorname{grad}V + V\operatorname{grad}U \quad \operatorname{div}(V\vec A) = V\operatorname{div}\vec A + \vec A\operatorname{grad}V$

$\operatorname{div}(\vec A\times\vec B) = \vec B\operatorname{rot}\vec A - \vec A\operatorname{rot}\vec B \quad \operatorname{rot}(V\vec A) = V\operatorname{rot}\vec A - \vec A\times\operatorname{grad}V \quad \operatorname{div}\operatorname{grad}V = \Delta V \quad \operatorname{div}\operatorname{rot}\vec A = 0 = \operatorname{rot}\operatorname{grad}V \quad \operatorname{rot}\operatorname{rot}\vec A = \operatorname{grad}\operatorname{div}\vec A - \Delta\vec A$

Gauss der ET:

$\operatorname{div}\vec D = \rho \quad Q_{ein} = \oiint_H \vec D\,d\vec A = \iiint_V \rho\,dV = \Psi$

Quellenfreiheit mag. Feld

$\operatorname{div}\vec B = 0 \quad \oiint_H \vec B\,d\vec A = 0$

Induktionsgesetz:

$\operatorname{rot}\vec E = -\frac{\partial \vec B}{\partial t} \quad \oint_C \vec E\,d\vec s = -\frac{d}{dt}\iint_A \vec B\,d\vec A = -\frac{d\Phi}{dt}$

Durchflutungsgesetz:

$\operatorname{rot}\vec H = \vec J + \frac{\partial \vec D}{\partial t} \quad \oint_C \vec H\,d\vec s = \iint_A \left(\vec J + \frac{\partial \vec D}{\partial t}\right)d\vec A = I_{ein}$

Allgemeine Gleichungen:

$\vec M = \vec p\times\vec E \quad \vec p = Q\cdot\vec l$ von $- \to +$ Dipolmoment

$\vec m = A\cdot I\vec n$ mag. Moment (wenn A von $\vec B$ homogen durchsetzt)

$\vec L = \vec m\times\vec B$ hom. $\vec B$

Poisson-Gleichung: $\Delta\varphi = -\frac{\rho}{\varepsilon}$

Biot-Savart: bei Kreisströmen

$\vec B_A = \frac{\mu}{4\pi}\iiint_{V_Q}\frac{\vec J_Q\times\vec r_{AQ}}{r_{AQ}^3}\,dV_Q$

Bahngeschw. $v = \frac{2\pi r}{T} \quad \omega = \frac{v}{r} = \frac{2\pi}{T}$

$W_{kin} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}J\omega^2$

Drehmoment $\vec L = \vec r\times\vec F$

Magnetischer Widerstand:

$R_m = \frac{l}{\mu\cdot A}$

Durchflutung $\Theta = N\cdot I \mathrel{\hat=} U$ el.

Mag. Fluß $\Phi = \iint_A \vec B\,d\vec A \mathrel{\hat=} I$ el.

Mag. Ohmsches Gesetz: $\Theta = \Phi\cdot R_m$

Dia: abstoßen in inhomogenen

Para: anziehen in inhomogenen

Biot-Savart-Anders

$\vec B_A = \frac{\mu I}{4\pi}\oint_C\frac{d\vec s\times\vec r_{AQ}}{r_{AQ}^3} = \frac{\mu I}{4\pi}\iiint_{V_Q}\frac{\vec J_Q\times\vec e_{AQ}}{r_{AQ}^2}\,dV_Q$

Mathe-Fundus

$\cos^2 x + \sin^2 x = 1$

$\sin(x_1 \pm x_2) = \sin x_1 \cos x_2 \pm \cos x_1 \sin x_2$

$\cos(x_1 \pm x_2) = \cos x_1 \cos x_2 \mp \sin x_1 \sin x_2$

$\vec A \cdot \vec B = \vec B \cdot \vec A = A \cdot B \cdot \cos(\sphericalangle \vec A, \vec B)$

$\vec A \cdot [\vec B \times \vec C] = \vec B [\vec C \times \vec A] = \vec C [\vec A \times \vec B]$

$\vec A \times [\vec B \times \vec C] = \vec B(\vec A \cdot \vec C) - \vec C(\vec A \cdot \vec B)$

Gaus: Volumen $\leftrightarrow$ Fläche

$$\int_V \operatorname{div} \vec A \, dV = \oint_{\partial V = c} \vec A \cdot d\vec V$$

Stokes: Fläche $\leftrightarrow$ Weg

$$\int_F \operatorname{rot} \vec A \, dF = \oint_{\partial F = c} \vec A \, d\partial \vec F$$

Produkt- und Kettenregel:

$\operatorname{grad} U(\varphi) = \frac{dU}{d\varphi} \operatorname{grad} \varphi$

$\operatorname{div}(U\vec A) = U \operatorname{div} \vec A + \vec A \operatorname{grad} U$

$\operatorname{grad}(U\varphi) = \varphi \operatorname{grad} U + U \operatorname{grad} \varphi$

$\operatorname{rot}(U\vec A) = U \operatorname{rot} \vec A - \vec A \times \operatorname{grad} U$

$\operatorname{div}(\vec A \times \vec B) = \vec B \operatorname{rot} \vec A - \vec A \operatorname{rot} \vec B$

Identitäten

$\operatorname{div}(\operatorname{rot} \vec A) = 0$

$\operatorname{rot}(\operatorname{grad} U) = 0$

$\operatorname{rot}(\operatorname{rot} \vec A) = \operatorname{grad}(\operatorname{div} \vec A) - \nabla^2 \vec A$

$\operatorname{grad} r = \frac{\vec r}{r} = \vec{e_r}$

$\operatorname{div} \vec r = 3, \quad \operatorname{rot} \vec r = 0$

C mit verschiebbarem Diel. mit U = const.

|| der Einzel-Cs $\quad W_C(h) = \frac{1}{2} U_0^2 C(h) \quad Q(h) = U_0 \cdot C(h) \quad \Delta Q = Q_2(h_2) - Q_1(h_1)$

$\Delta W_Q = U_0 \cdot \Delta Q \qquad W_C(h_1) + \Delta W_Q + W_{mech} = W_C(h_2)$

$dW_{mech} = -F \cdot dh \Rightarrow F = -\frac{dW_{mech}}{dh}$ als Ableitung

C mit +/-Q, kein festes U

$Q = C \cdot U \qquad W_e = \int_{Q'=0}^{Q} U(Q') \, dQ' = \int_{Q'=0}^{Q} \frac{Q'}{C} dQ' = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{C} Q^2 = \frac{1}{2} \cdot U \cdot Q$

hier steigt U ~ mit C an. $\quad dW_{mech} = F_z \cdot dz \quad F_z = \frac{dW_{mech}}{dz}$ als Ableitung.

Linienleiter $A_L = \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_0} \cdot I'$ umgeben von $\varepsilon_0, \varepsilon_0$

H-Feld-Zylinderspule: $H = \frac{NI}{l}$ $\qquad$ Durchschlag Luft $3 \frac{MV}{m}$

$A_{mx} = \frac{\mu}{4\pi} \iiint_{V_Q} \frac{J_x}{r_{AQ}} dV_Q \qquad A_{my} = \frac{\mu}{4\pi} \iiint_{V_Q} \frac{J_y}{r_{AQ}} dQ \qquad A_{mz} = \frac{\mu}{4\pi} \iiint_{V_Q} \frac{J_z}{r_{AQ}} dQ$

$\Rightarrow \vec{A_m} = \frac{\mu}{4\pi} \iiint \frac{\vec J}{r_{AQ}} dV_Q$ $\qquad$ Sto