$$\vec{\nabla}\cdot\vec{D} = 4\pi\rho_e \qquad \vec{\nabla}\times\vec{H} = \frac{1}{c}\frac{\partial\vec{D}}{\partial t} + \frac{4\pi}{c}\vec{j}_e$$

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{B} = 4\pi\rho_m \qquad -\vec{\nabla}\times\vec{E} = \frac{1}{c}\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} + \frac{4\pi}{c}\vec{j}_m$$

MWGsym

$$\left.\begin{aligned}\frac{\partial\rho_e}{\partial t} + \operatorname{div}\vec{j}_e = 0\\ \frac{\partial\rho_m}{\partial t} + \operatorname{div}\vec{j}_m = 0\end{aligned}\right\}$$ Ladungserhaltung für e und m.

Duale Vektoren

$$\vec{E} = \vec{E}'\cos\alpha + \vec{H}'\sin\alpha \qquad \vec{D} = \vec{D}'\cos\alpha + \vec{B}'\sin\alpha$$

$$\vec{H} = -\vec{E}'\sin\alpha + \vec{H}'\cos\alpha \qquad \vec{B} = \vec{D}'\sin\alpha + \vec{B}'\cos\alpha$$

F

$\Rightarrow$ $\vec{E}\times\vec{H}$, $\vec{E}\cdot\vec{D} + \vec{B}\cdot\vec{H}$ sowie $T_{\mu\nu}$ (Maxwellspannungstensor) alle invariant gegenüber Transformationen.

Wenn die Quellen (e + m) ebenso symmetrisch transformiert werden:

$$\rho_e = \rho_e' \cos\alpha + \rho_m' \sin\alpha \quad \rightarrow \quad \vec{j}_e = \vec{j}_e' \cos\alpha + \vec{j}_m' \sin\alpha$$

$$\rho_m = -\rho_e' \sin\alpha + \rho_m' \cos\alpha \qquad \vec{j}_m = -\vec{j}_e' \sin\alpha + \vec{j}_m' \cos\alpha \qquad (Q)$$

Quellen Q und Felder F in MWG sym einsetzen:

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{D} = 4\pi\rho_e' \qquad \vec{\nabla}\times\vec{H}' = \frac{1}{c}\frac{\partial D'}{\partial t} + \frac{4\pi}{c}\vec{j}_e'$$

$$\vec{\nabla}\cdot\vec{B} = 4\pi\rho_m' \qquad -\vec{\nabla}\times\vec{E}' = \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{B}'}{\partial t} + \frac{4\pi}{c}\vec{j}_m'$$

$$\rho_m = \rho_e' \left(-\sin\alpha + \frac{\rho_m'}{\rho_e'}\cos\alpha\right) = \emptyset$$

$$j_m = j_e \left(-\sin\alpha + \frac{j_m'}{j_e'}\cos\alpha\right) = j_e' \left(-\sin\alpha + \frac{\rho_m'}{\rho_e'}\cos\alpha\right) = \emptyset$$

Für diesen Winkel erhält man

$$q_e = -e \qquad q_m = \emptyset$$

Ladung q_m im Ursprung erzeugt am Ort im Abstand $\vec{r}$ mag. Induktion:

$$\vec{B}(r) = \frac{q}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{|r|}$$

Im Abstand b fliegt ein geladenes Teilchen vorbei mit Geschwindigkeit $\vec{v} = v\vec{e}_z$

$\Rightarrow$ Lorenz Kraft

$$\vec{F} = F_y \vec{e}_y = \frac{e \cdot v}{c} B_x = \frac{eq}{c} \frac{v \cdot b}{(b^2 + v^2 t^2)^{3/2}} \vec{e}_y$$

Impuls durch Stoß

$$\Delta P_y = \int_{-\infty}^{\infty} F_y \, dt = \frac{2eq}{c \cdot b}$$

Ein Impuls auf das Teilchen produziert nun Drehimpuls der Teilchens. Dieser ist gequantelt.

Drehimpuls-Änderung:

$$\Delta L_z = b \, \Delta P_y = \frac{2eq}{c} \qquad \Delta P_y = \int_{-\infty}^{\infty} F_y \, dt \ \ldots \text{ mit Resultat } \frac{2eq}{cb}$$

$$L_z = n\hbar \quad n = 0, \pm 1, \pm 2 \ldots \text{ etc} \qquad \hbar = \frac{h}{2\pi} \qquad \frac{eq}{\hbar} \Rightarrow \Delta L_z = an\hbar$$

d.h. $\frac{e q}{\hbar c} = \frac{n}{2}$ mit $\frac{e^2}{\hbar c} = \frac{1}{137}$

$$\rightarrow \frac{q m^2}{\hbar c} = \frac{n^2}{4} \frac{\hbar c}{e^2} = \frac{137}{4} n^2$$