Universität des Saarlandes
Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät (NT)

Fachrichtung Physik
Dr. Ferdi Schank
M.Sc. M. Schöndorf (Mail: marius@lusi.uni-sb.de)
M.Sc. E. Maikranz (Mail: e.maikranz@lusi.uni-sb.de)
Web: http://santen.physik.uni-saarland.de/

Saarbrücken, den 11.01.2019

Übungsblatt 11 zur Theoretischen Physik I+II für Lehramtskandidaten, WS2018

Aufgabe 1 *Erhaltung magnetischer Monopole* [2 Punkte]

Bisher hat man in Experimenten keine magnetischen Ladungen nachweisen können. Sollte es eines Tages doch möglich sein, so lassen sich magnetische Ladungen beschreiben indem man eine magnetische Ladungsdichte $\rho_m(\mathbf{r}, t)$ und eine magnetische Stromdichte $\mathbf{j}_m(\mathbf{r}, t)$ einführt. Leiten Sie aus den modifizierten Maxwell-Gleichungen

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

die zugehörige Kontinuitätsgleichung für ρ_m und $\mathbf{j}_m$ her. Interpretieren Sie die Kontinuitätsgleichung und stellen Sie diese in Integralform da.

Aufgabe 2 *Poyntingvektor* [$3 + 1 = 4$ Punkte]

Durch einen Draht der Länge L und Radius R fließe unter der Potentialdifferenz der Enden V ein homogener Strom I.

a) Berechnen Sie, das elektrische Feld und die magnetische Flussdichte in- und außerhalb des Drahtes. Die Ergebnisse (in cgs Einheiten) sind für $0 \leq z \leq L$:

$$\mathbf{E} = E_z \hat{e}_z$$
$$E_z = \frac{V}{L}\begin{cases} 1, & r \leq R \\ 0, & r \geq R \end{cases}$$
$$\mathbf{B} = B_\varphi \hat{e}_\varphi$$
$$B_\varphi = \frac{2I}{c}\begin{cases} \frac{r}{R^2}, & r \leq R \\ \frac{1}{r}, & r \geq R \end{cases}$$

b) Berechnen Sie den Poyntingvektor in- und außerhalb des Drahtes.

Hinweis: Die Felder sind zeitunabhängig.

Aufgabe 3 *Galilei-Transformation* [3 + 2 = 5 Punkte]

a) Zeigen Sie das für ein zeitabhängiges Vektorfeld $\mathbf{F}$ unter der Galilei-Transformation

$$\begin{aligned} t &\mapsto t + \tau \\ \mathbf{r} &\mapsto U\mathbf{r} + \mathbf{v}t + \mathbf{R} \end{aligned}$$

($\mathbf{v}$ ist konstante Geschwindigkeit und U eine konstante Drehmatrix).

$$\begin{aligned} \nabla \cdot \mathbf{F} &= \nabla' \cdot \mathbf{F}' \\ \nabla \times \mathbf{F} &= \nabla' \times \mathbf{F}' \\ \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial t} &= \left((\mathbf{v} \cdot \nabla') + \frac{\partial}{\partial t'} \right) \mathbf{F}' \end{aligned}$$

gilt.

Hinweis: Erinnern Sie sich an die Transformation von Vektorfelder mithilfe der Jacobi-Matrix. Drücken Sie die alten Komponenten und Basisvektoren in den neuen aus und verwenden Sie die Kettenregel. Außerdem gilt für die Transformation des Levi-Civita Symbols unter Rotation (mit ESVK)

$$\epsilon_{jki} = \epsilon'_{spq} U_{js} U_{kp} U_{qi}$$

b) Transformieren Sie die Maxwell-Gleichungen

$$\begin{aligned} \nabla \cdot \mathbf{E} &= 4\pi\rho \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{1}{c}\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{B} &= \frac{4\pi}{c}\mathbf{j} + \frac{1}{c}\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \end{aligned}$$

mittels der Galilei-Transformation.

Was ist problematisch und welche Erklärungsmöglichkeiten gibt es ?