

3. Übungsblatt zur Theoretischen Physik III: Elektrodynamik

Abgabe: bis Mittwoch 11.11.2009 12:15 Uhr in der Vorlesung.

Aufgabe 6 (7 Punkte): *Kugel- und Zylinderwellen*

Wir betrachten die skalare Wellengleichung für eine beliebige Komponente des elektrischen Feldes:

$$\Delta E - \frac{1}{c^2} \partial_t^2 E = 0.$$

Berechnen Sie nun die allgemeinen Lösungen, indem Sie annehmen:

1. das System sei zylindersymmetrisch.
2. das System sei kugelsymmetrisch.

Interpretieren Sie die Ergebnisse der jeweiligen Lösung. Bestimmen Sie die Flächen konstanter Phase und vergleichen Sie dies mit ebenen Wellen.

Aufgabe 7 (3 Punkte): *Potentialgleichungen*

(a) Leiten Sie ausgehend von den Maxwellgleichungen und den Potentialdefinitionen ($\mathbf{B} = \nabla \times \mathbf{A}$, $\mathbf{E} = -\nabla\phi - \partial_t \mathbf{A}$) die Potentialgleichungen ab.

(b) Führen Sie die Lorenz-Eichung durch. Wie lauten dann die *entkoppelten* Potentialgleichungen?

Aufgabe 8 (10 Punkte): *Elektrodynamische Potentiale*

Seien $\mathbf{A}(\mathbf{r}, t)$ und $\phi(\mathbf{r}, t)$ elektrodynamische Potentiale, die die Lorenz-Eichung erfüllen. Weiterhin sei $\chi(\mathbf{r}, t)$ eine Funktion, die die homogene Wellengleichung $\square\chi = 0$ erfüllt. Zeigen Sie, dass die Funktionen

$$\mathbf{A}' = \mathbf{A} + \nabla\chi \quad , \quad \phi' = \phi - \frac{\partial}{\partial t}\chi$$

elektromagnetische Potentiale sind und ebenfalls die Lorenz-Eichung erfüllen.

Als Beispiel seien nun folgende elektrodynamische Potentiale gegeben:

$$\begin{aligned} \phi(x, y, z, t) &= \frac{2\alpha c^2}{\gamma} x e^{-\gamma t} \\ \mathbf{A}(x, y, z, t) &= \alpha e^{-\gamma t} (x^2, xz, xy) \end{aligned}$$

wobei α , γ und c physikalische Konstanten seien.

a) Berechnen Sie die sich ergebenden Felder \mathbf{E} und \mathbf{B} .

b) Finden Sie eine Eichfunktion $\chi(x, y, z, t)$, so dass das umgeichtete Skalarpotential $\phi' = \phi - \frac{\partial}{\partial t}\chi$ verschwindet. Berechnen Sie das sich ergebende Vektorpotential $\mathbf{A}' = \mathbf{A} + \nabla\chi$.

Achtung: Neuer Klausurtermin! Die Klausur findet am Freitag, den 5.2.2010 im ER 270 statt.