

Übungsblatt # 13 zur Vorlesung Klassische Theoretische Physik III

Karlsruher Institut für Technologie

Institut für Theoretische Festkörperphysik

Karim Mnasri (karim.mnasri@kit.edu)

Prof. Dr. Carsten Rockstuhl (carsten.rockstuhl@kit.edu)

Übung 1 - Elektrodynamische Potentiale und Eichtransformationen (1+1+2+1 = 5 Punkte)

Zeigen Sie, dass die Potentiale

$$\phi(\mathbf{r}, t) = \frac{\partial \zeta(\mathbf{r}, t)}{\partial t} \quad , \quad \mathbf{A}(\mathbf{r}, t) = -\nabla \zeta(\mathbf{r}, t)$$

mit $\zeta(\mathbf{r}, t)$ einer beliebigen skalaren Funktion, durch Umeichung zum Verschwinden gebracht werden können. In diesem Fall würde man dies als *reine Eichung* bezeichnen.

- Berechnen Sie zunächst die elektrische Feldstärke $\mathbf{E}(\mathbf{r}, t)$ und die magnetische Induktion $\mathbf{B}(\mathbf{r}, t)$.
- Mit welcher Eichfunktion können die Potentiale $\phi(\mathbf{r}, t)$ und $\mathbf{A}(\mathbf{r}, t)$ zu null transformiert werden?
- Berechnen Sie die Ladungsdichte $\rho_{\text{ext}}(\mathbf{r}, t)$ und die Stromdichte $\mathbf{j}_{\text{makr}}(\mathbf{r}, t)$ mithilfe der Potentiale $\phi(\mathbf{r}, t)$ und $\mathbf{A}(\mathbf{r}, t)$. Gehen Sie dabei von **keiner** spezifischen Eichung aus!
- Welche Bedingung muss die Funktion $\zeta(\mathbf{r}, t)$ erfüllen, damit $\phi(\mathbf{r}, t)$ und $\mathbf{A}(\mathbf{r}, t)$ ihrerseits die Bedingung der Lorenz-Eichung erfüllen?

Übung 2 - Drehimpulsbilanz (3 Punkte)

Leiten Sie die Drehimpulsbilanzgleichung für das elektromagnetische Feld in lokaler (ausgedrückt in Drehimpulsdichten) und globaler Form her. Verbinden Sie diese mit der Drehimpulsbilanz der Mechanik und interpretieren Sie das Ergebnis.

Hinweis: Definieren Sie für die Herleitung die Drehimpulsstromdichte $\mathbf{\Lambda} = \mathbf{T} \times \mathbf{r}$, wobei \mathbf{T} der Maxwell'sche Spannungstensor ist.

Übung 3 - Stromführender Draht und Poyntingvektor (3+2 = 5 Punkte)

Ein langer, gerader Draht habe den Radius b und führe einen Strom der Stärke I aufgrund der Spannung U , die zwischen den Drahtenden angelegt ist.

- Berechnen Sie den Poyntingvektor im Falle von Gleichspannung.
- Bestimmen Sie zudem den Energiefluss pro Längeneinheit an der Oberfläche des Drahts. Vergleichen Sie dieses Ergebnis mit den Ohmschen Verlusten.

Abgabetermin: Freitag, 29.01.2016 um 9:45 Uhr.