

## Übungen zu T3p Elektrodynamik im SoSe 2023 Blatt 5

### Aufgabe 1: Feldenergie einer geladenen Kugel

Gegeben sei eine homogen geladene Kugel mit Radius  $R$  und Ladung  $Q$ .

- a) Berechnen Sie über das  $\mathbf{E}$ -Feld die Feldenergie  $\mathcal{E}$  der Kugel.
- b) Berechnen Sie noch einmal die Feldenergie, indem Sie die Arbeit betrachten, die nötig ist, um die Kugel aus infinitesimalen Ladungselementen aufzubauen, die aus dem Unendlichen herangebracht werden.
- c) Betrachten Sie nun den Grenzfall einer Punktladung, d.h.  $R \rightarrow 0$ . Was passiert?
- d) Berechnen Sie aus der Ruheenergie des Elektrons und der Formel aus a) den klassischen Radius des Elektrons (Zahlenwert angeben. Achten Sie dabei auf die Einheiten!).

### Aufgabe 2: Poynting-Vektor für einen Kondensator

Betrachten Sie einen kreisförmigen Kondensator, der langsam aufgeladen wird bis das Feld  $\mathbf{E}_f$  im Kondensator erreicht ist. Vernachlässigen Sie Randeffekte.

- a) Berechnen Sie den Poynting-Vektor in 1. Näherung in den Zeitableitungen, d.h. berücksichtigen Sie  $c\nabla \times \mathbf{B} = \partial_t \mathbf{E}$ , aber vernachlässigen Sie die sich ergebende Korrektur des  $\mathbf{E}$ -Feldes über  $c\nabla \times \mathbf{E} = -\partial_t \mathbf{B}$ .
- b) Vergleichen Sie die Feldenergie mit der in das Kondensatorvolumen geflossenen Energie.
- c) Nehmen Sie eine zeitlich sinusförmige Aufladung des Kondensators an. Welche Bedingung muss gelten, damit die Näherung in a) erfüllt ist? Erklären Sie, welche Bedingungen an eine allgemeine Funktion der Kondensatorladung  $Q_{\text{Kond}}(t)$  gestellt werden müssen, damit die Näherung noch gemacht werden kann. (Begründung?)
- d) Interpretieren Sie die Energieerhaltung des gesamten Systems mit Hilfe des Poynting-Vektors.

### Aufgabe 3: Poynting-Vektor für einen ohmschen Draht

Betrachten Sie einen zylindrischen, ohmschen Draht der Leitfähigkeit  $\kappa$ . Durch eine an den Enden angelegte Spannung ergebe sich ein homogenes elektrisches Feld im Innern. Berechnen Sie den Poynting-Vektor und stellen Sie die Energiebilanz unter Berücksichtigung der ohmschen Verluste auf. Wie fällt in diesem Fall die Interpretation der Energieerhaltung aus?