

Elektrodynamik für das Lehramt WS 21/22

DR. L. JANSSEN

6. Übung (Besprechung: 22.-26.11.21)

1. Aufladung eines Plattenkondensators

Ein Plattenkondensator (Plattenradius R , Abstand der Platten d) wird mit konstantem Strom I geladen.

- (a) Finden Sie, unter Vernachlässigung von Randeffekten, die Felder \vec{E} und \vec{B} im Kondensator mittels Symmetriebetrachtungen und geeigneter integraler Maxwell-Gleichungen.
- (b) Wie groß ist die im coaxialen Zylinder mit Radius $r_{\perp} < R$ gespeicherte Feldenergie?
- (c) Berechnen Sie den Energiestrom durch den coaxialen Zylinder aus (b) und vergleichen Sie diesen mit der Änderung der im Zylinder eingeschlossenen Feldenergie.

2. Energiesatz in einem zylindrischen Leiter

Ein unendlich langer zylindrischer Leiter (Radius R) werde homogen vom Strom I durchflossen.

- (a) Berechnen Sie das Magnetfeld \vec{B} im ganzen Raum mittels Symmetriebetrachtungen und einer geeigneten integralen Maxwell-Gleichung.
- (b) Bestimmen Sie die einzelnen Terme in der Energiebilanz für das coaxiale Zylindervolumen V mit Radius $r_{\perp} < R$,

$$\frac{d}{dt}W_{\text{mech}} + \frac{d}{dt} \int d^3\vec{r} w_{\text{em}} + \oint_{S(V)} d\vec{S} \cdot \vec{S} = 0, \quad (1)$$

mit dem Poynting-Vektor $\vec{S} = \vec{E} \times \frac{1}{\mu_0} \vec{B}$ und der Feldenergiedichte $w_{\text{em}} = \frac{\epsilon_0}{2} \vec{E}^2 + \frac{1}{2\mu_0} \vec{B}^2$. Nehmen Sie dabei an, dass die Stromdichte \vec{j} im Leiter mit Leitfähigkeit σ durch ein homogenes elektrisches Feld \vec{E} gemäß $\vec{j} = \sigma \vec{E}$ angetrieben wird. Interpretieren Sie Ihr Ergebnis.

3. Magnetfeld einer unendlich langen Spule II

In einer unendlich langen Spule (Radius R , n Windungen pro Längeneinheit) fließe ein zeitabhängiger Strom $I(t)$. Berechnen Sie unter Vernachlässigung des Verschiebungsstromes das \vec{B} -Feld und daraus das \vec{E} -Feld im gesamten Raum unter Ausnutzung der Symmetrie des Problems mit Hilfe der integralen Form der Maxwell-Gleichungen. Unter welcher Bedingung ist die Vernachlässigung des Verschiebungsstromes gerechtfertigt?