

Prof. Dr. Tobias Brandes
Dipl.-Phys. Arash Azhand, Dipl.-Phys. Valentin Flunkert, Dipl.-Phys. Philipp Zedler
Benjamin Regler, Jan Techter

6. Übungsblatt zur Theoretischen Physik III: Elektrodynamik

Abgabe: Montag 06.12. bis 10:00 in den Briefkasten im Ernst-Ruska Gebäude (Physik Altbau).
Die Abgabe erfolgt in **3er Gruppen**.

Aufgabe 16 (4 Punkte): Elektrische Dipolstrahlung

Gegeben seien die aus der Vorlesung bekannten Gleichungen für die Felder (siehe Script S. 54)

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}, t) \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\ddot{\mathbf{d}} \times \mathbf{n}}{c^3 r}$$
$$\mathbf{E}(\mathbf{r}, t) \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\mathbf{n}(\ddot{\mathbf{d}} \cdot \mathbf{n}) - \ddot{\mathbf{d}}}{c^2 r}, \text{ mit } r \equiv |\mathbf{r}| \rightarrow \infty.$$

Berechnen Sie nun analog zur Vorlesung das Fernfeld eines elektrischen Dipols $\mathbf{d}(\tau) = q\mathbf{r}(\tau)$ im Ursprung, der sich kreisförmig und monoton mit der Winkelgeschwindigkeit ω in einer Ebene dreht. Berechnen Sie das Feld entlang der z-Achse und diskutieren Sie seine physikalische Bedeutung.

Aufgabe 17 (6 Punkte): Magnetische Dipolstrahlung

Es sei gegeben die Stromdichte

$$\mathbf{j}(\mathbf{r}, t) = -\mu(t) \times \nabla \delta(\mathbf{r}) e^{-i\omega t}$$

- Berechnen Sie hierfür das magnetische Moment und das Vektorpotential $\mathbf{A}(\mathbf{r}, t)$. Letzteres sowohl exakt als auch in zweiter Ordnung der Multipolentwicklung und vergleichen Sie die Ergebnisse der beiden Wege. Lassen Sie dabei ein zeitlich konstantes skalares Potential außer acht.
- Bestimmen Sie nun die Felder \mathbf{E} und \mathbf{B} in der Fernfeldnäherung und diskutieren Sie das Ergebnis physikalisch.

Aufgabe 18 (10 Punkte): Strahlungsdämpfung eines Dipols

Im Rutherford'schen Atommodell für das Wasserstoffatom nimmt man an, dass sich ein Elektron (Ladung $-e$) auf einer Kreisbahn mit dem Radius R und der Winkelgeschwindigkeit ω um den Kern bewegt. Dieses hat das elektrische Dipolmoment $\mathbf{d}(t) = -e\mathbf{r}(t)$ zur Folge.

- Berechnen Sie in Kugelkoordinaten die elektromagnetischen Felder \mathbf{E} und \mathbf{B} in der Fernzone (Dipolnäherung) für das schwingende Elektron. Diskutieren Sie die Polarisationsverhältnisse für die Beobachtung entlang der z-Achse ($\theta = 0$) und in der x-y-Ebene ($\theta = \frac{\pi}{2}$).
- Leiten Sie einen Ausdruck für den Poynting-Vektor ab und berechnen Sie dessen zeitlichen Mittelwert $\langle \mathbf{S} \rangle$ und diskutieren Sie die Richtungsabhängigkeit.
- Berechnen Sie daraus den zeitlichen Mittelwert der abgestrahlten Leistung $\langle P \rangle$.
Hinweis: Nutzen Sie dazu, dass die mittlere Strahlungsleistung pro Raumwinkelelement in Richtung \mathbf{n} durch

$$\frac{dP}{d\Omega} = r^2 |\langle \mathbf{S} \rangle \cdot \mathbf{n}|$$

gegeben ist.

Bitte Rückseite beachten! →

6. Übung TPIII WS2010/11

- (d) Schätzen Sie die Lebensdauer T des Wasserstoffatoms im Rahmen dieser klassischen Betrachtungsweise ab und deuten Sie Ihr Ergebnis.
- (e) Welcher Widerspruch ergibt sich aus diesem Ergebnis für reale Atome, und was ergibt sich damit für die Anwendung der klassischen Betrachtung auf das Problem?

Vorlesung:	Mittwoch 12:00 Uhr – 14:00 Uhr im EW 203 Freitag 08:00 Uhr – 10:00 Uhr im EW 203
Klausur:	Mittwoch, 16. Februar 2011, von 12:00 – 14:00 Uhr im ER 270
Tutorien:	Mo 10–12 Uhr in EW 731 bei Arash Azhand Mo 12–14 Uhr in EW 731 bei Benjamin Regler Di 08–10 Uhr in EW 731 bei Jan Techter Di 10–12 Uhr in EW 731 bei Jan Techter Di 12–14 Uhr in EW 731 bei Valentin Flunkert Do 08–10 Uhr in EW 731 bei Philipp Zedler Do 10–12 Uhr in EW 731 bei Benjamin Regler
Sprechzeiten:	Di 13–14 Uhr in EW 744 bei Tobias Brandes Mi 11–12 Uhr in EW 217 bei Philipp Zedler Do 11–12 Uhr in EW 217 bei Arash Azhand Do 12–13 Uhr in EW 217 bei Benjamin Regler Do 13–14 Uhr in EW 217 bei Valentin Flunkert Fr 13–14 Uhr in EW 217 bei Jan Techter
Scheinkriterien:	Mindestens 50% der Übungspunkte Regelmäßige und aktive Teilnahme am Tutorium Bestandene Klausur