

Prof. Dr. Tobias Brandes

Dipl.-Phys. Arash Azhand, Andrea Vüllings M.Sc., Dipl.-Phys. Ken Lichtner

Emely Wiegand B.Sc., Christian Frässdorf B.Sc.

**5. Übungsblatt – Theoretische Physik III: Elektrodynamik****Abgabe: Mo. 26.11.2012 bis 11:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude***Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Die Abgabe soll in Dreiergruppen erfolgen.***Aufgabe 13 (4 Punkte): Elektrische Dipolstrahlung**

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

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}, t) \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\ddot{\mathbf{d}} \times \mathbf{n}}{c^3 r}$$

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

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  $\omega$  in einer Ebene dreht. Berechnen Sie das Feld entlang der z-Achse und diskutieren Sie seine physikalische Bedeutung.

**Aufgabe 14 (6 Punkte): Magnetische Dipolstrahlung**

Es sei gegeben die Stromdichte

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

- (a) 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.
- (b) Bestimmen Sie nun die Felder  $\mathbf{E}$  und  $\mathbf{B}$  in der Fernfeldnäherung und diskutieren Sie das Ergebnis physikalisch.

**Aufgabe 15 (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  $\omega$  um den Kern bewegt. Dieses hat das elektrische Dipolmoment  $\mathbf{d}(t) = -e\mathbf{r}(t)$  zur Folge.

- (a) 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 ( $\theta = \frac{\pi}{2}$ ).
- (b) Leiten Sie einen Ausdruck für den Poynting-Vektor ab und berechnen Sie dessen zeitlichen Mittelwert  $\langle \mathbf{S} \rangle$  und diskutieren Sie die Richtungsabhängigkeit.
- (c) 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! →**

5. Übung TPIII WS12/13

- (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?

<b>Vorlesung:</b>	Mittwoch 12:15 Uhr – 13:45 Uhr im EW 203 Freitag 08:15 Uhr – 09:45 Uhr im EW 203
<b>Klausur:</b>	Mittwoch, 8. Februar 2013, von 08:00 – 10:00 Uhr im EW 203
<b>Tutorien:</b>	Mo 12–14 Uhr in EW 731 bei Christian Di 10–12 Uhr in EB 417 bei Emely Di 12–14 Uhr in EW 731 bei Emely Mi 10–12 Uhr in EW 731 bei Arash/Andrea/Ken Mi 10–12 Uhr in EW 246 bei Christian Do 08–10 Uhr in EW 731 bei Arash/Andrea/Ken Do 10–12 Uhr in EW 731 bei Arash/Andrea/Ken
<b>Sprechzeiten:</b>	Mo 15–16 Uhr in EW 060 bei Emely Mi 15–16 Uhr in EW 632 bei Andrea Do 15–16 Uhr in EW 627 bei Arash Fr 11–12 Uhr in EW 266 bei Ken
<b>Scheinkriterien:</b>	Mindestens 50% der Übungspunkte Regelmäßige und aktive Teilnahme am Tutorium Bestandene Klausur