Technische Universität Berlin – Institut für Theoretische Physik

18. Juni 2007

Prof. Dr. Eckehard Schöll, PhD
Dr. Kathy Lüdge
Dr. Michael Block

www.itp.tu-berlin.de/ss07tpiii.html

9. Übungsblatt – Theoretische Physik III – Elektrodynamik/Optik

Abgabe: Montag 25.6.2007 bis 12:00 in den Briefkasten (Altbau) oder online über Moodle

Aufgabe 21 (10 Punkte): *Strahlungsdämpfung eines Dipols*

Im Rutherfordschen Atommodell für das Wasserstoffatom nimmt man an, dass sich ein Elektron (Ladung -e) auf einer Kreisbahn (Radius R) mit der Winkelgeschwindigkeit ω um den Kern bewegt.

(a) Berechnen Sie für das rotierende Elektron die elektromagnetischen Felder $\mathbf{E}$ und $\mathbf{B}$ in der Fernzone.

(b) Berechnen Sie die gesamte abgestrahlte Leistung. Nutzen Sie dazu, dass die mittlere Strahlungsleistung pro Raumwinkelelement in Richtung $\mathbf{n}$ durch

$$\frac{dI}{d\Omega} = r^2 | < \mathbf{S} > \cdot \mathbf{n}|$$

gegeben ist, wobei $< \mathbf{S} >$ das zeitliche Mittel des Poyntingvektors beschreibt.

(c) Schätzen Sie die Lebensdauer T des Wasserstoffatoms im Rahmen dieser klassischen Betrachtungsweise ab.

(d) Welcher Widerspruch ergibt sich aus diesem Ergebnis für reale Atome, und was ergibt sich damit für die Anwendung der klassischen Betrachtung auf das Problem?

Aufgabe 22 (10 Punkte): *Kirchhoff'sche Beugungstheorie am Gitter*

Eine ebene Welle $\phi(\mathbf{r}, t) = \phi_0 \exp(i(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} - \omega t)) = \tilde{\phi}(\mathbf{r}) \exp(-i\omega t)$ trifft senkrecht auf eine Lochblende B (Ausbreitungsrichtung sei die z-Richtung). Diese Blende besitzt Löcher in einem Rechteckraster. Der Abstand zwischen den Löchern der Blende ist in x-Richtung Δx (Anzahl $2N_x + 1$) und in y-Richtung Δy (Anzahl $2N_y + 1$). Die als rechteckig angenommenen Löcher haben alle jeweils eine Breite von l_x bzw l_y in x-Richtung bzw. in y-Richtung. Im Abstand d von der Blende B befinde sich parallel zu ihr ein ebener Schirm S, auf dem das Beugungsbild beobachtet werden soll.

(a) Skizzieren Sie die Annordnung des Systems, insbesondere die Blende mit den gegeben Abmessungen.

(b) Erklären Sie die Kirchhoff'sche Näherung. Gehen Sie dabei insbesondere auf die sogenannten Kirchhoff'schen Annahmen ein.

(c) Bestimmen Sie ausgehend von der skalaren Kirchhoff-Identität in der Fernzone

$$\tilde{\phi}(\vec{\mathbf{r}}') = \frac{1}{4\pi} \int_{\partial V} d^2 r \left\{ \frac{\partial}{\partial n} \tilde{\phi}(\vec{\mathbf{r}}) - ik\tilde{\phi}(\vec{\mathbf{r}}) \cos(\vartheta) \right\} \frac{e^{ikR}}{R}$$

für den Fall der Fraunhofer-Beugung die Verteilung des Feldes $\tilde{\phi}(\vec{\mathbf{r}}')$ hinter der Blende.

(d) Berechnen Sie für den Fall der Fraunhofer-Beugung die Intensitätsverteilung auf dem Schirm $I(x, y, z = d) = \phi^*(\mathbf{r}, t)\phi(\mathbf{r}, t)$. Diskutieren Sie die Intensitätsverteilung und stellen Sie sie grafisch dar.