

Frankfurt, 15. Januar 2016

Übungen zur Vorlesung
Theoretische Physik III - Elektrodynamik
Wintersemester 2015/16

Blatt 11

(Abgabetermin: keine Abgabe, sondern Wertung als Präsenzübung)

Name(n)	
Übungsgruppe	
Punkte	

Blatt 11 wird als Präsenzübung gewertet, nicht in der Vorlesung abgegeben: In der Woche vom 25.1. bis 29.1. lösen Sie das Blatt in Ihrem Tutorium (90 Minuten Zeit, nur das Vorlesungsskript ist als Hilfsmittel zugelassen). Die Lösung sollten Sie natürlich gründlich zuhause vorbereiten.

Aufgabe 42 (Dielektrizitätskonstante) (7 Punkte)

Die Ladungsdichte des Hüllenelektrons in einem neutralen Wasserstoffatom werde durch

$$(1) \quad \rho_e(\mathbf{r}) = -\frac{e}{\pi a_B^3} \exp\left\{-\frac{2r}{a_B}\right\}$$

beschrieben, wobei e der Betrag der Elektronenladung, a_B der Bohrsche Radius und r der Abstand vom Proton ist. Beim Anlegen eines elektrischen Feldes \mathbf{E}_0 gilt in erster Näherung, dass die Ladungswolke des Elektrons ohne Deformation um den Vektor \mathbf{r}_0 gegen das Proton verschoben wird.

- Drücken Sie das Dipolmoment \mathbf{p} des Wasserstoffatoms im Feld \mathbf{E}_0 mit Hilfe von \mathbf{r}_0 aus.
- Berechnen Sie die Rückstellkraft auf das Proton durch die verschobene Ladungswolke des Elektrons. Drücken Sie diese für $r_0/a_B \ll 1$ durch das Dipolmoment \mathbf{p} aus. Finden Sie dann aus der Gleichgewichtsbedingung mit der vom elektrischen Feld \mathbf{E}_0 ausgeübten Kraft eine Darstellung für \mathbf{p} als Funktion des Feldes.
- Berechnen Sie die Dielektrizitätskonstante ϵ für ein Dielektrikum aus N homogen im Volumen V verteilten Wasserstoffatomen.

Aufgabe 43 (Wellen zwischen Leiterplatten) (8 Punkte)

Gegeben seien zwei unendlich ausgedehnte parallele Leiterplatten mit Abstand a . Im Raum zwischen den Platten sollen sich weder Ladungen noch Ströme befinden.

- a) Begründen Sie, dass das elektrische Feld überall senkrecht auf den Leiterplatten stehen muss.
- b) Zeigen Sie unter Verwendung des Induktionsgesetzes, dass für ein zeitlich veränderliches \mathbf{B} -Feld die Normalkomponente auf den Leiterplatten verschwinden muss.
- c) Finden Sie eine Lösung der Wellengleichung die eine fortschreitende elektromagnetische Welle zwischen den Platten beschreibt und die obigen Randbedingungen erfüllt.
Hinweis: Ein Separationsansatz $E_x(\mathbf{r}, t) = u(x)v(y)w(z)f(t)$ für die x -Komponente des elektrischen Feldes ist zielführend.
- d) Geben Sie eine reelle Lösung für das \mathbf{E} - und das \mathbf{B} -Feld an.

Aufgabe 44 (Punktladung vor dielektrischer Kugel) (7 Punkte)

Eine Punktladung q befinde sich bei $\mathbf{r}_0 = (0, 0, a)$ auf der z -Achse vor einer ungeladenen dielektrischen Kugel vom Radius R und Dielektrizitätskonstante ϵ , deren Mittelpunkt sich im Ursprung des Koordinatensystems befinde. Es gelte $a > R$. Bestimmen Sie das elektrische Potential überall im Raum.