

Experimentalphysik 5a

WS 13/14

Prof. Dr. Werner Heil

Blatt 2

<http://www.ag-heil.physik.uni-mainz.de>

Abgabetermin: 11.11.2013, 10:30

Aufgabe 1 Relativistische Effekte im H-Atom (6 Punkte)

Der Darwin Term

$$-\frac{\hbar^2}{4m^2c^2}e\vec{E} \cdot \vec{\nabla} \quad (1)$$

beschreibt neben dem relativistischen Masseneffekt und der Spin-Bahn-Wechselwirkung eine relativistische Korrektur zu den Eigenenergien des Wasserstoffatoms.

- (a) Geben Sie das elektrische Feld einer Punktladung in Kugelkoordinaten an.
- (b) Zeigen Sie mit Hilfe der Störungstheorie 1. Ordnung, dass der Darwin Term zu einer Energieverschiebung

$$\Delta E = \frac{\pi\hbar^2}{2m^2c^2} \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0} |\psi(0)|^2 \quad (2)$$

der **Wasserstoffeigenzustände** führt!

Hinweis: Erinnern Sie sich an die Separation von Winkel- und Radialkoordinaten der Wellenfunktionen des Wasserstoffatoms und überlegen Sie sich auf welche Komponente die Ableitung des Darwin Terms wirkt. Nutzen Sie bei der Integration die Eigenschaft, dass die Wellenfunktionen orthonormiert sind!

Aufgabe 2 Störungstheorie Teil 2 (4 Punkte)

Betrachten Sie nun den Stark-Effekt für das Wasserstoffatom mit $n=1$. Ein externes elektrisches Feld verursacht eine Verschiebung der Energieniveaus, wobei diese mittels Störungstheorie berechnet werden kann. Solange die Störung schwach ist können die bereits bekannten Wellenfunktionen für das Wasserstoffatom verwendet werden. Mit $\vec{E} = E_{ext} \vec{e}_z$ erhält man das Störpotential

$$H_s \equiv eE_{ext} z. \quad (3)$$

Beachten Sie wieder die Kugelsymmetrie des Problems und zeigen Sie, dass die Grundzustandsenergie in erster Ordnung unverändert bleibt.