

9. Übungsblatt zur Theoretische Physik IIIa: Quantenmechanik

Abgabe: Dienstag 20.06.06 in der Vorlesung

Aufgabe 21(8 Punkte): Wasserstoffatom

In der Vorlesung wurde für das Wasserstoffatom folgende Gleichung für den Radialteil der Wellenfunktion hergeleitet:

$$u_{nl}''(\rho) - \left(\frac{l(l+1)}{\rho^2} - \frac{\gamma}{\rho} + \frac{1}{4} \right) u_{nl}(\rho) = 0.$$

Leitet unter Verwendung des Ansatzes

$$u_{nl}(\rho) = e^{-\frac{\rho}{2}} \rho^{l+1} w(\rho)$$

und des Potenzreihenansatzes

$$w(\rho) = \sum_{\mu=0}^{\infty} a_{\mu} \rho^{\mu}$$

die folgende Rekursionsformel her:

$$a_{\mu+1} = a_{\mu} \frac{\mu + l + 1 - \gamma}{(\mu + 1)(\mu + 2l + 2)}, \quad \mu = 0, 1, 2, \dots$$

Aufgabe 22(6 Punkte): Wasserstoffatom

Plottet die radiale Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichte $\rho(r) = \int d\Omega r^2 |\Psi_{n,l,m}(\mathbf{r})|^2$ des Wasserstoffatoms für die Zustände $l = 0$ mit $n = 1, 2, 3, 4$ sowie für die Zustände $n = 4$ mit $l = 0, 1, 2, 3$. Verwendet dabei als Längenskala den Bohrschen Radius $a_0 = 4\pi\epsilon_0\hbar^2/(me^2)$. (Beachtet, dass die Laguerreschen Polynome in Mathematica nicht die übliche Normierung haben. Ihr müsst deswegen entweder neu normieren oder euch die Polynome selbst generieren.)

Aufgabe 23(6 Punkte): Zeeman-Effekt

Wir betrachten ein Wasserstoff-Atom in einem homogenen Magnetfeld $\underline{B} = B \underline{e}_z$. Der Hamilton-Operator sei gegeben durch

$$H = \frac{1}{2m} (\underline{p} - e\underline{A})^2 + V(\underline{r})$$

1. Warum kann $\underline{A} = \frac{1}{2}\underline{B} \times \underline{r}$ angenommen werden? (Wiederholung VL)
2. Leitet eine Zerlegung des Hamilton-Operators nach den verschiedenen Potenzen von $\underline{B}$ her.
3. Vernachlässigt die Terme mit Potenzen größer als 1 von $\underline{B}$ und gebt die Eigenfunktionen und die Veränderungen der Energien im Vergleich zum Wasserstoff-Atom ohne Magnetfeld an.

Hinweise:

Scheinkriterien:

- Mindestens 50% der Übungspunkte (Abgabe in Dreiergruppen).
- Bestandene Klausur.
- Regelmäßige Teilnahme am Tutorium.

Es wird voraussichtlich insgesamt 11 reguläre Übungsblätter geben.

Übungsblätter werden Dienstag in der Vorlesung ausgegeben und eine Woche später am Ende der Vorlesung eingesammelt.

Zur Erinnerung: die **Vorlesung** findet

- Dienstags 9-10 Uhr, PN 229
- Mittwochs 10-12 Uhr, PN 229

statt.

Literaturtipps zur Lehrveranstaltung (nur eine Auswahl):

- A. Messiah, Quantenmechanik I und II, de Gruyter
- E. Fick, Einführung in die Grundlagen der Quantentheorie, Akademische Verlagsges.
- W. Nolting, Grundkurs Theoretische Physik Band 5 Quantenmechanik, Teil I+II, Springer
- C. Cohen-Tannoudji, Quantenmechanik I+II, de Gruyter

Kontakt: www.itp.physik.tu-berlin.de/lehre/TPIIIa