

## 9. Übungsblatt zur Theoretischen Physik IIIa

**Abgabe: Mittwoch 25.06.08** vor der Vorlesung

### Wasserstoffatom, zeitunabhängige Störungstheorie

**Aufgabe 21(10 Punkte): Radiale Aufenthaltswahrscheinlichkeit**

Plotten Sie 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  $l = 0, 1, 2, 3$ . Verwenden Sie dabei als Längenskala den Bohrschen Radius  $a_0 = 4\pi\epsilon_0\hbar^2/(me^2)$ . (Beachten Sie, dass die Laguerreschen Polynome in Mathematica nicht die übliche Normierung haben. Sie müssen deswegen entweder neu normieren oder sich die Polynome selbst generieren.)

**Aufgabe 22(8 Punkte): Wasserstoffatom**

Berechnen Sie aus dem radialen Anteil der Wellenfunktion die mittlere quadratische Schwankung des Abstandes zwischen Elektron und Proton  $r$  für  $l = n - 1$  und zeigen Sie, dass die relative Schwankung für große  $n$  beliebig klein wird.

**Aufgabe 23(22 Punkte): Gestörter harmonischer Oszillator**

Betrachten Sie einen eindimensionalen harmonischen Oszillator  $\hat{H}_0$ , der durch ein kubisches Potenzial  $V$  gestört wird:  $\hat{H} = \hat{H}_0 + \hat{V}$ , mit

$$\hat{H}_0 = \frac{\hat{p}^2}{2m} + \frac{1}{2}m\omega^2\hat{x}^2$$
$$\hat{V} = \lambda\sqrt{\frac{m^3\omega^5}{\hbar}}\hat{x}^3,$$

und  $\lambda \ll 1$ . Berechnen Sie unter Verwendung der Leiteroperatoren die störungstheoretischen Energiekorrekturen erster und zweiter Ordnung sowie die Zustandskorrektur erster Ordnung.