



Übungsblatt 4 - Störungstheorie

Abgabe: 07.05.2010 (bis 12:00 in Briefkasten auf N3)

Besprechung: 10.05.2010 und 12.05.2010

1. *Lithium*

Die Energie des tiefsten Zustands 2s im Li-Atom ist $E = -5.39$ eV, die in 20s ist -0.034 eV. Wie groß ist die effektive Kernladung Z_{eff} bzw. die effektive Quantenzahl n_{eff} und der mittlere Bahnradius des dritten Elektrons in beiden Zuständen?

2. *anharmonischer Oszillator*

Berechnen Sie in erster Ordnung Störungstheorie die Verschiebung der Energieniveaus des anharmonischen Oszillators

$$V(x) = \frac{m\omega^2}{2}x^2 + \lambda_1 x^3 + \lambda_2 x^4$$

gegenüber dem harmonischen.

Die Lösung des harmonischen Oszillators können Sie aus der Vorlesung Physik C übernehmen.

3. *relativistischer Wasserstoff*

Die Energie eines relativistischen Punktteilchens ist bekanntlich gegeben durch

$$E = \sqrt{m^2 c^4 + p^2 c^2}.$$

Entwickeln Sie diesen Ausdruck für kleine p bis zur zweiten Ordnung. Betrachten Sie nun den relativistischen Hamiltonian des Wasserstoffatoms

$$\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} - \frac{e^2}{r} - \frac{\hat{p}^4}{8mc^3}$$

und berechnen Sie mit Hilfe der Störungsrechnung die relativistische Energiekorrektur in erster Ordnung.

Folgende Relationen könnten hilfreich sein:

$$\langle \psi_{nl} | r^{-1} | \psi_n \rangle = \frac{1}{a_0 n^2}$$
$$\langle \psi_{nl} | r^{-2} | \psi_n \rangle = \frac{2}{a_0^2 (2l + 1) n^3}$$