Karlsruher Institut für Technologie

Institut für Theoretische Physik (ITP)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Moderne Theoretische Physik I (TheoD, QM I)
Dozent: Prof. Dr. Frans R. Klinkhamer
Assistent: Dr. Viacheslav A. Emelyanov

- `Abgabe am Montag, den 11.07.2016; Besprechung am Mittwoch, den 13.07.2016`
- `Aktuelle Informationen zur Vorlesung befinden sich unter folgendem Link: https://www.itp.kit.edu/~slava/quantenmechanik_ss_16.html`
- `Melden Sie sich rechtzeitig für Vorleistung und Klausur durch das QISPOS-System an. Dies ist erforderlich und erfolgt unter https://campus.studium.kit.edu`

Name: _____ Übungsgruppe: _____ Punkte: _____

Übungsblatt 12

Aufgabe 12.1: Würfelförmiger Potentialtopf (8 Punkte)

Wir betrachten das Potential

$$V(\mathbf{x}) \;=\; \begin{cases} 0\,, & \text{falls } \max(|x|,|y|,|z|) \;<\; R\,, \\ \infty\,, & \text{sonst.} \end{cases} \tag{1}$$

(a) Finden Sie alle Energieeigenzustände, indem Sie die dreidimensionale zeitunabhängige Schrödinger-Gleichung durch Trennung der Variablen lösen. **(4 Punkte)**

(b) Bestimmen Sie die Entartungsgrade der niedrigsten sechs Energieeigenwerte. Können Sie die Entartungen auf eine Symmetrie zurückführen? **(4 Punkte)**

Aufgabe 12.2: Wasserstoffatom (8 Punkte)

(a) Ein Wasserstoffatom befinde sich im Zustand

$$\psi \;=\; \frac{1}{6}\big(4\psi_{100} + 3\psi_{211} - \psi_{210} + \sqrt{10}\psi_{21-1}\big)\,. \tag{2}$$

Berechnen Sie die Norm von ψ sowie die Erwartungswerte der Energie, des Drehimpulsquadrates und der z-Komponente des Drehimpulses. **(4 Punkte)**

(b) Ein Wasserstoffatom befinde sich im Grundzustand. Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeit dafür, dass das Elektron weiter vom Proton entfernt aufhält als dies in der klassischen Mechanik bei derselben Gesamtenergie erlaubt wäre. **(4 Punkte)**

Stand 01. 07. 2016 um 09:04:27

Aufgabe 12.3: Stationäre Störungstheorie (8 Punkte)

(a) Der Hamilton-Operator des linearen anharmonischen Oszillators sei durch

$$\hat{H} \;=\; \hat{H}_0 + \hat{W}\,, \quad \text{wobei} \quad \hat{H}_0 \;=\; \frac{\hat{p}^2}{2m} + \frac{m\omega^2\hat{q}^2}{2} \quad \text{und} \quad \hat{W} \;=\; \alpha\frac{m^2\omega^2}{\hbar}\,\hat{q}^4 \tag{3}$$

gegeben. Der Parameter α sei positiv. Welche Energiekorrekturen ergeben sich in erster Ordnung Störungstheorie bezüglich $\hat{W}$? **(3 Punkte)**

Hinweis: Um das Problem zu lösen, verwenden Sie Ihre in Aufgabe 11.1.b. erhaltenen Zwischenergebnisse.

(b) Der eindimensionale harmonische Oszillator unterliege der Störung

$$\hat{W} \;=\; \alpha\big(\hat{q}\hat{p} + \hat{p}\hat{q}\big)\,. \tag{4}$$

Berechnen Sie die Zustände in erster Ordnung und die Energien bis zur zweiten Ordnung Störungstheorie. **(5 Punkte)**

Stand 01. 07. 2016 um 09:04:27