

Prof. Dr. Andreas Knorr

Mathias Hayn, Marc Hennes, Helge Neitsch, Jan F. Tötz, Kilian Kuhla, Anke Zimmermann

7. Übungsblatt – Quantenmechanik I**Abgabe: Fr. 7. 6. 2013 bis 11:00 Uhr im Briefkasten (QMI) am Ausgang des ER-Gebäudes**

Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Die Abgabe soll in 3er-Gruppen erfolgen. Bitte geben Sie Ihre Namen, Matrikelnummern und das Tutorium an.

Aufgabe 12 (4 Punkte): Nachbereitung der VL: Wellenpaketdynamik

Zeigen Sie, dass die zeitabhängige Schrödingergleichung für ein Teilchen im zeitabhängigen Kraftfeld $F(t)$ durch

$$\psi(x, t) = \left(\frac{m\omega}{\pi\hbar}\right)^{1/4} \exp\left(-\frac{m\omega}{2\hbar} [x - \langle x \rangle(t)]^2 + \frac{i}{\hbar} \langle p_x \rangle(t)x - i\varphi(t)\right)$$

gelöst wird. Verwenden Sie das Korrespondenzprinzip, um die zeitliche Dynamik der Mittelwerte auf die Newton-Gleichungen abzubilden. Wie lautet der Zusammenhang zwischen der Phase $\varphi(t)$ und der Energie?

Aufgabe 13 (6 Punkte): Wechselwirkung eines Oszillators mit Umgebung

Lesen Sie sich den Vorlesungsteil „3. Wechselwirkung eines Oszillators mit seiner Umgebung“ durch. Berechnen Sie die Zeitentwicklung des Erwartungswertes $\langle \hat{a}_0 \rangle$ über die quantenmechanische Bewegungsgleichung und zeigen Sie, dass die Besetzungszahl des Oszillators $\langle \hat{a}_0^\dagger \hat{a}_0 \rangle$ zu Null zerfällt und somit nur der Grundzustand stabil ist. Kommentieren Sie außerdem das Auftreten und die Verwendung des Hauptwertintegrals.

Aufgabe 14 (10 Punkte): Dipolmatrixelement

Der Dipoloperator ist, analog zur klassischen Physik, definiert über $\hat{\mathbf{d}} = q\hat{\mathbf{r}}$, wobei q für die Ladung steht. Betrachten Sie in dieser Aufgabe ein Wasserstoffatom im elektrischen Feld \mathbf{E} , dessen Zustand mithilfe der Quantenzahlen n, l, m beschrieben ist durch $|n, l, m\rangle$.

(a) Berechnen Sie die folgenden Dipolmatrixelemente:

- (i) $\langle 2, 1, 0 | \hat{\mathbf{d}} | 1, 0, 0 \rangle$
- (ii) $\langle 2, 1, \pm 1 | \hat{\mathbf{d}} | 1, 0, 0 \rangle$
- (iii) $\langle 2, 0, 0 | \hat{\mathbf{d}} | 1, 0, 0 \rangle$

(b) Machen Sie sich den in der Vorlesung vorgezeichneten Weg zur Ableitung der Dipol-Auswahlregeln für beliebige Zustände des Wasserstoffatom klar:

- (i) Berechnen Sie vorab $\cos\theta Y_l^m(\theta, \varphi)$ mithilfe folgender Rekursionsbeziehung für assoziierte Legendre-Polynome: $(2l+1)xP_l^m(x) = (l+m)P_{l-1}^m(x) + (l-m+1)P_{l+1}^m(x)$. Verwenden Sie die Definition der Kugelflächenfunktionen $Y_l^m(\theta, \varphi)$.
- (ii) Bestimmen Sie einen allg. Ausdruck für das Dipolmatrixelement $\langle n', l', m' | \hat{\mathbf{d}} | n, l, m \rangle$ für den Fall, dass das Dipolmoment um einen Winkel θ zum externen elektrische Feld \mathbf{E} verkippt ist. Wann sind die Übergänge erlaubt bzw. verboten? Nehmen Sie an, dass \mathbf{E} parallel zur z -Achse verläuft. Erstellen Sie eine übersichtliche Skizze aller Übergänge für $n \in 1, 2, 3$ und diskutieren Sie die Ergebnisse.

7. Übung TPII SS13

Vorlesung: Di. um 8:15 Uhr – 9:45 Uhr in EW 201,
Mi. um 8:15 Uhr – 9:45 Uhr in EW 201.

Website: http://www.itp.tu-berlin.de/menue/lehre/lv/ss13/pflichtveranstaltungen-_bachelorstudium/theoretische_physik_ii_quantenmechanik/

Scheinkriterien:

- Mindestens 50% der schriftlichen Übungspunkte.
- Regelmäßige und aktive Teilnahme in den Tutorien.
- Bestandene Klausur.

Literatur zur Lehrveranstaltung:

- R. P. Feynman: „Vorlesungen über Physik - Band III - Quantenmechanik“
- T. Fließbach: „Quantenmechanik“
- F. Schwabl: „Quantenmechanik - Eine Einführung“
- W. Greiner: „Quantenmechanik - Einführung“
- R. Shankar: „Principles of Quantum Mechanics“
- J. J. Sakurai: „Modern Quantum Mechanics“
- N. Zettili: „Quantum Mechanics - Concepts and Applications“

Sprechzeiten:

Name	Tag	Zeit	Raum	Tel.
Prof. Dr. Andreas Knorr	Di	13:00 – 14:00 Uhr	EW 742	24255
Mathias Hayn	Mi	14:00 – 15:00 Uhr	EW 711	27884
	Fr	11:00 – 12:00 Uhr		
Marc Hennes	Mi	13:00 – 14:00 Uhr	EW 702	
Helge Neitsch	Fr	10:00 – 11:00 Uhr	EW 269	28852
Jan F. Totz	Mi	13:30 – 14:30 Uhr	EW 627	27681
Kilian Kuhla	Di	11:00 – 12:00 Uhr	EW 60	26143
Anke Zimmermann	Mi	11:30 – 12:30 Uhr	EW 60	26143