

Prof. Dr. Andreas Knorr

Mathias Hayn, Helge Neitsch, Jan F. Totz, Kilian Kuhla, Anke Zimmermann

1. Übungsblatt – Quantenmechanik I**Abgabe: Fr. 19. 4. 2013 bis 11:00 Uhr im Briefkasten 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, Matrikelnummer und das Tutorium an!

Aufgabe 1 (15 Punkte): *Zeitentwicklung eines Gauß'sches Wellenpaketes*

Diese Aufgabe dient zur Rekapitulation der ersten beiden Vorlesungen. Wie bereits bekannt, beschreibt man mit einem Wellenpaket Teilchen, welche in einem gewissen räumlichen Gebiet lokalisiert sind:

$$\psi(x, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} dk \hat{\psi}(k) e^{i[kx - \omega(k)t]} \quad (1)$$

Diese Wellenfunktion besteht aus einer gewichteten Superposition ebener Wellen.

- (a) Bestimmen Sie die positive Normierungskonstante A mit dem Ansatz für die Anfangsverteilung aus der Vorlesung:

$$\psi(x, t = 0) = A \cdot e^{-x^2/\sigma^2} \quad (2)$$

- (b) Berechnen Sie die Gewichtungsfaktoren bzw. Fourierkoeffizienten $\hat{\psi}(k)$ in (1) mit (2). *Tipp:* Verwenden Sie quadratische Ergänzung und Gauß-Integrale.

- (c) Welche *Dispersionsrelation* muss für $\omega(k)$ gelten, damit die freie SCHRÖDINGER-Gleichung erfüllt ist?

- (d) Wie entwickeln sich die Wellenfunktion $\psi(x, t)$ und die Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichte $|\psi(x, t)|^2$ zeitlich? Ist die Normierungsbedingung weiterhin erfüllt? Verwenden Sie ein geeignetes Programm zum Plotten (Mathematica, gnuplot).

- (e) Berechnen Sie den Mittelwert $\langle x \rangle$ und das mittlere Schwankungsquadrat für den Ort $\langle (\Delta x)^2 \rangle = \langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2$. Verwenden Sie $\Delta x = \sqrt{\langle (\Delta x)^2 \rangle}$ als Maß für die Unschärfe. Plotten und diskutieren Sie Ihre Ergebnisse als Funktion der Zeit für ein Elektron.

- (f) Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeitsverteilung im Impulsraum $\hat{\rho}(p, t) = \frac{1}{2\pi\hbar} |\hat{\psi}(p, t)|^2$ und verwenden Sie diese dazu den Mittelwert $\langle p \rangle$ und das mittlere Schwankungsquadrat des Impulses $\langle (\Delta p)^2 \rangle$ zu berechnen. Bestimmen Sie schließlich die Unschärferelation für das Wellenpaket.

Aufgabe 2 (5 Punkte): *Delokalisierung in der Quantenmechanik*

Zum Zeitpunkt $t = 0$ s sei ein Teilchen bei $x = 0$ durch ein Wellenpaket beschrieben. Bei den Positionen $x = L$ und $x = -L$ fällt die Wahrscheinlichkeit gerade auf den Wert $1/e$ des Wahrscheinlichkeitsmaximums. Berechnen Sie die Wahrscheinlichkeit das Teilchen bei $t_0 = 0$ s, $t_1 = 10^{-7}$ s und $t_2 = 30$ s im Intervall $[2L, 3L]$ anzufinden für (a) ein Elektron, (b) ein Fulleren-Molekül (C_{60}), (c) einen Rice Yellow Mottle Virus und (d) eine Hauskatze durchschnittlicher Größe. Plotten und interpretieren Sie die Ergebnisse.

1. 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.

Tutorien: Bitte bis zum 10.4.2013 Präferenzen für angebotene Tutorientermine im MOSES-System eintragen. Welche Termine endgültig angeboten werden, wird am Ende der ersten Vorlesungswoche festgelegt.

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 – 16:00 Uhr	EW 711	27884
Helge Neitsch	Mo	13:00 – 14:00 Uhr	EW 269	28852
Jan F. Tötz	Mi	12:00 – 13:00 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