

Prof. Dr. Eckehard Schöll, PhD

Dipl. Phys. Arash Azhand, Dr. Alexander Carmele, Dr. Julia Kabuß, Jan Totz, M.Sc.

**2. Übungsblatt – Theoretische Physik V: Quantenmechanik II****Abgabe: Mo. 03.11.2014 bis 12:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude***Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Die Abgabe soll in Dreiergruppen erfolgen.***Aufgabe 4 (4 Punkte): Wechselwirkungsdarstellung**Der Zeitentwicklungsoperator  $\hat{U}_W(t, t')$  beschreibt die zeitliche Entwicklung von Zuständen im Wechselwirkungs-Bild:

$$|\psi_W(t)\rangle = \hat{U}_W(t, t')|\psi_W(t')\rangle.$$

Stellen Sie  $\hat{U}_W(t, t')$  mit Hilfe von  $\hat{U}_0(t, t')$  und  $\hat{U}(t, t')$  dar, wobei für die Definitionen gelten:  $|\psi_S(t)\rangle = \hat{U}_0(t, t_0)|\psi_W(t)\rangle$  (S für Schrödinger Bild, W für Wechselwirkungsbild) und  $|\psi_S(t)\rangle = \hat{U}(t, t')|\psi_S(t')\rangle$ .

Zeigen Sie, dass die Bewegungsgleichung für die quantenmechanischen Erwartungswerte forminvariant sind, d.h. im Schrödinger-, Heisenberg- und Wechselwirkungs-Bild:

$$i\hbar \frac{d}{dt} \langle \hat{Q} \rangle = \langle [\hat{Q}, \hat{H}] \rangle + i\hbar \left\langle \frac{\partial \hat{Q}}{\partial t} \right\rangle.$$

**Aufgabe 5 (4 Punkte): Drehimpuls im Ortsraum**

Der quantenmechanische Drehimpuls ist definiert als

$$\hat{\mathbf{L}} = \hat{\mathbf{r}} \times \hat{\mathbf{p}}.$$

Gehen Sie in die Ortsdarstellung über. Führen Sie das Kreuzprodukt aus, um die Komponenten  $L_i$  zu erhalten. Wie vertauschen diese Komponenten untereinander?**Aufgabe 6 (7 Punkte): Freie Teilchen**Zum Zeitpunkt  $t = 0$  ist der Zustand eines freien Teilchens durch die folgende Wellenfunktion beschrieben (hier  $\hbar = 1$ ):

$$\Psi(x, t = 0) = N \exp \left\{ -\frac{x^2}{2a^2} + ip_0 x \right\},$$

wobei  $N$  ein Normierungsfaktor ist.

- a) Finden Sie die Zeitentwicklung dieses Zustandes, z. B.,  $\Psi(x, t \geq 0)$ , und der folgenden Mittelwerte:

$$\langle x(t) \rangle, \quad \langle p(t) \rangle, \quad \langle (\Delta x(t))^2 \rangle \equiv \langle (x - \langle x(t) \rangle)^2 \rangle, \quad \text{und} \quad \langle (\Delta p(t))^2 \rangle \equiv \langle (p - \langle p(t) \rangle)^2 \rangle.$$

- b) Beweisen Sie, dass die Breite des Wellenpaketes,  $\langle (\Delta x(t))^2 \rangle$ , nicht beliebig klein sein kann.

## 2. Übung TPV WS14/15

### Vorlesung:

- Dienstags 8:15 Uhr – 10:00 Uhr im EW 203.
- Donnerstags 8:15 Uhr – 10:00 Uhr im EW 203.

### Tutorien:

- Mi. 08–10 Uhr im EW 731
- Do. 10–12 Uhr im EW 229
- Do. 10–12 Uhr im EW 246 (Reservetermin)
- Do. 12–14 Uhr im EW 731
- Fr. 12–14 Uhr im EW 731.

### Sprechzeiten:

- Do. 15–16 Uhr im EW 627 bei Arash Azhand
- Mi. 14–15 Uhr im EW 704 bei Alexander Carmele
- Fr. 14–15 Uhr im EW 703 bei Julia Kabuß
- Do 15–16 Uhr im EW 627 bei Jan Totz

### Scheinkriterien:

- Mindestens 50% der Übungspunkte.
- Regelmäßige und aktive Teilnahme in den Tutorien.
- Bearbeitung und Vorstellung eines Projektes (Projektvorstellung in der letzten Vorlesungswoche).

### Literatur zur Lehrveranstaltung:

- Udo Scherz, Quantenmechanik, Eine kompakte Einführung, Teubner, U Wiesbaden 2005.
- Eugen Fick, Einführung in die Grundlagen der Quantentheorie, 6. Auflage, Aula-Verlag, Wiesbaden 1988.
- Franz Schwabl, Quantenmechanik 1 & 2, 7. Auflage, Springer-Lehrbuch, Berlin 2007 (auch als ONLINE-Resource).
- Wolfgang Nolting, Grundkurs Theoretische Physik 5/1,2: Quantenmechanik, 5. Auflage, Springer-Lehrbuch, Berlin 2002 (auch als ONLINE-Resource).
- Albert Messiah, Quantenmechanik; Bd. 1 u. 2. Berlin : de Gruyter, 1990.
- Heinrich Mitter, Quantentheorie, 2., überarb. Aufl., unveränd. Nachdr. , BI-Wiss.-Verl., 1987.
- Walter Greiner, Relativistische Quantenmechanik und Quantentheorie-Spezielle Kapitel, Verlag Harri Deutsch.