

Prof. Dr. Eckehard Schöll, PhD und Dr. Kathy Lüdge

Dr. Clive Emary, Dipl. Phys. Stefan Fruhner, Dipl. Phys. Miriam Wegert, Dipl. Phys. Philipp Zedler

3. Übungsblatt – Theoretische Physik V: Quantenmechanik II**Abgabe: Mo. 09.11.2009 bis 18:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude und mit ISIS***Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Die Abgabe soll in Dreiergruppen erfolgen.***Aufgabe 6 (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.

Zeigten 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 7 (6 Punkte): Harmonischer Oszillator

Der HAMILTON-Operator des eindimensionalen harmonischen Oszillators lautet

$$\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + \frac{m\omega^2 \hat{x}^2}{2}.$$

- Berechnen Sie die Zeitabhängigkeit des Ort- und Impulsoperators im HEISENBERGBILD.
- Geben Sie den Erwartungswert dieser beiden Operatoren zum Zeitpunkt t_1 an, wenn zum Zeitpunkt $t_0 = 0$ $\langle \hat{x} \rangle = x_0$ und $\langle \hat{p} \rangle = p_0$ gilt.
- Berechnen Sie den Kommutator $[\hat{x}_H(t_1), \hat{x}_H(t_2)]$ zweier Ortsoperatoren im Heisenbergbild zu verschiedenen Zeiten t_1, t_2 .

Aufgabe 8 (10 Punkte): Kohärente Zustände des harmonischen OszillatorsEin Kohärenter Zustand $|\alpha\rangle$ ist definiert durch $|\alpha\rangle = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\alpha^n}{\sqrt{n!}} |n\rangle$, wobei $|n\rangle$ den Eigenzustand des Besetzungszahloperators $\hat{N} = \hat{b}^\dagger \hat{b}$ bezeichnet.

- Normieren Sie den Zustand $|\alpha\rangle$.
- Zeigen Sie, dass $|\alpha\rangle$ Eigenzustand des Vernichtungsoperators \hat{b} ist, und bestimmen Sie den zugehörigen Eigenwert.
- Bestimmen Sie das Unschärfeprodukt $\Delta x \cdot \Delta p$ für einen Glauber-Zustand. Interpretieren Sie den Wert des Unschärfeprodukts?
Hinweis: Berechnen Sie die Erwartungswerte von \hat{x} , \hat{p} , \hat{x}^2 und \hat{p}^2 für einen Glauber-Zustand.
- Die relative Fluktuation einer Observablen \hat{A} ist definiert als $\frac{\Delta A}{\langle A \rangle}$. Bestimmen Sie die relative Fluktuation von Ort, Impuls und Energie eines Glauber-Zustands.
- Wie verhalten sich die relativen Fluktuationen von Ort, Impuls und Energie beim Übergang zu einem makroskopischen Oszillator?

3. Übung TPV WS09/10

- Vorlesung:**
- Dienstags 8:30 Uhr – 10:00 Uhr im EW 203.
 - Donnerstags 8:30 Uhr – 10:00 Uhr im EW 203.

- Klausur:**
- Donnerstag, den 04.02.2010, von 08:00 – 10:00 Uhr in EW 201.

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

Literatur zur Lehrveranstaltung:

Siehe auch Semesterapparat in der Physikbibliothek.

- 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

Sprechzeiten:

Name	Tag	Zeit	Raum	Tel.
Prof. Dr. E. Schöll, PhD	Mi.	14:30 - 15:30	EW 735/36	23500
Dr. Kathy Lüdge	Do.	14:30 - 15:30	EW 741	23002
Dr. Clive Emary	Di.	16:00 - 17:00	EW 705	22741
Stefan Fruhner	Fr.	13:30 - 14:30	EW 627/28	27681
Miriam Wegert	Mi.	13:00 - 14:00	EW 279	24474
Philipp Zedler	Mi.	11:00 - 12:00	EW 711	27884