Prof. Dr. Andreas Knorr
Dr. Carsten Weber
Dipl. Phys. Alexander Carmele
Dipl. Phys. Ken Lichtner

1. Übungsblatt – Theoretische Physik V: Quantenmechanik II

Abgabe: Fr. 29.10.2010 12:00 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 Dreiergruppen erfolgen.

Aufgabe 1 (8 Punkte): *Grundlegende Energiespektren und Wellenfunktionen der stationären Schrödingergleichung*

(a) Betrachten Sie die folgenden quantenmechanischen Systeme in einer Dimension: Teilchen im unendlich tiefen Potentialtopf, Teilchen im harmonischen Oszillator und freies Teilchen. Schreiben Sie jeweils den Hamiltonoperator, die Energieeigenwerte und die zugehörigen Wellenfunktionen auf (ohne Herleitung).

(b) Plotten Sie für den Grundzustand und den ersten angeregten Zustand jeweils die Aufenthaltswahrscheinlichkeiten.

(c) Was ist der qualitative Unterschied zwischen dem Energiespektrum des harmonischen Oszillators und dem des unendlich tiefen Potentialtopfs?

(d) Das Energiespektrum des freien Teilchens unterscheidet sich grundsätzlich von den Energiespektren des harmonischen Oszillators und des unendlich tiefen Potentialtopfs. Inwiefern? Was ist die physikalische Bedeutung dieses Unterschiedes (Stichwort ungebundene / gebundene Zustände)?

Aufgabe 2 (4 Punkte): *Erwartungswerte beim harmonischen Oszillator*

Die Grundzustandswellenfunktion eines Teilchens im eindimensionalen harmonischen Oszillator ist im Ortsraum gegeben durch

$$\psi(x) = A_0 \exp\left(-\frac{m\omega}{2\hbar}x^2\right).$$

Berechnen Sie A_0, $\langle\hat{x}\rangle$ und $\langle\hat{x}^2\rangle$.

Zur Erinnerung: Der Erwartungswert des Operators $\Omega(\hat{x})$ ist gegeben durch

$$\langle\Omega(\hat{x})\rangle = \int_{-\infty}^{\infty} dx\, \psi^*(x)\Omega(x)\psi(x).$$

Aufgabe 3 (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?

Bitte Rückseite beachten!⟶

Aufgabe 4 (4 Punkte): *Definitionen*

(a) Damit ein Satz von Vektoren die Basis eines Vektorraums bildet, muss unter anderem die *Vollständigkeit* gewährleistet sein. Wie ist diese definiert?

(b) Welche Eigenschaften muss die Basis eines Vektorraums haben, damit sie *orthonormal* ist?

(c) Welche Eigenschaften zeichnen einen *hermiteschen Operator* aus?

(d) Was haben die drei hervorgehobenen Begriffe mit der Quantenmechanik zu tun? Schreiben Sie jeweils *einen* Satz.

Vorlesung:

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

Anmeldung:

Die Tutorieneinteilung, Punkteverteilung und Scheinvergabe zu der Vorlesung "Theoretische Physik V: Quantenmechanik II" erfolgt über das Moseskontosystem: https://moseskonto.tu-berlin.de/moseskonto/ vom 01.10.-20.10.2010 (Mitternacht).
Eine spätere Anmeldung ist nicht möglich. Benötigt wird ein tubit Nutzerkonto. Alternativ kann ein temporärer Account im Mathematikservicezentrum MA 708 erstellt werden.

Klausur:

- Dienstag, den 08.02.2011 um 8:00 Uhr s.t.

Scheinkriterien:

- Mindestens 60% der Übungspunkte.
- Regelmäßige und aktive Teilnahme am Tutorium.
- Bestandene Klausur.

Literatur zur Lehrveranstaltung:

- U. Scherz, Quantenmechanik (Teubner).
- F. Schwabl, Quantenmechanik für Fortgeschrittene (Springer) (online verfügbar).
- W. Nolting, Grundkurs Theoretische Physik 5/1,2: Quantenmechanik (Springer) (online verfügbar).
- W. Nolting, Grundkurs Theoretische Physik 7: Vielteilchentheorie (Springer) (online verfügbar).
- C. Cohen-Tannoudji, Quantenmechanik Teil 2 (de Gruyter).
- Eugen Fick, Einführung in die Grundlagen der Quantentheorie (Aula-Verlag).