

1. Übungsblatt zur Theoretischen Physik II

Wiederholung einiger Grundlagen

Abgabe: Montag, 23. Oktober 2006 bis 12:00 Uhr in den Briefkasten im Physik-Altbau.

Aufgabe 1 (6 Punkte): *Grundlegende Energiespektren und Wellenfunktionen der stationären Schrödingergleichung*

- (1.1) Betrachte die folgenden quantenmechanischen Systeme in einer Dimension: Teilchen im unendlich tiefen Potentialtopf, Teilchen im harmonischen Oszillator und freies Teilchen. Schreibe jeweils den Hamiltonoperator, die Energieeigenwerte (zu den jeweiligen Quantenzahlen) und die zugehörigen Wellenfunktionen auf (alles ohne Herleitung).
- (1.2) Plote für Grundzustand und erste Anregung jeweils die Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichten.
- (1.3) Was ist der qualitative Unterschied zwischen dem Energiespektrum des harmonischen Oszillators und dem des unendlich tiefen Potentialtopfs?
- (1.4) Das Energiespektrum des freien Teilchens unterscheidet sich grundsätzlich von den Energiespektren des harmonischen Oszillators, sowie des unendlich tiefen Potentialtopfs. Wie? Was ist die physikalische Bedeutung dieses Unterschiedes (Stichwort ungebundene / gebundene Zustände, Nullpunktenergie)?

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

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

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

Berechne A_0 , $\langle x \rangle$ und $\langle x^2 \rangle$. Zur Erinnerung: Der Erwartungswert des Operators $\Omega(x)$ ist gegeben durch

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

Aufgabe 3 (4 Punkte): *Drehimpuls im Ortsraum*

Der quantenmechanische Drehimpuls ist definiert als

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

Verwende die Operatoren im Ortsraum $\hat{r}_i \Leftrightarrow r_i$ und $\hat{p}_i \Leftrightarrow -i\hbar \frac{\partial}{\partial r_i}$. Führe das Kreuzprodukt aus, um die Komponenten l_1 , l_2 und l_3 zu erhalten. Wie vertauschen diese Komponenten untereinander?

Tipp: Die Produktregel muss verwendet werden.

Aufgabe 4 (6 Punkte): *Begriffe*

- (4.1) Damit ein Satz von Vektoren die Basis eines Vektorraums bildet, muss unter anderem die *Vollständigkeit* gewährleistet sein. Wie ist diese definiert?
- (4.2) Welche Eigenschaften muss die Basis eines Vektorraums haben, damit sie *orthonormal* ist?
- (4.3) Welche Eigenschaften zeichnen einen *hermiteschen Operator* aus?
- (4.4) Was haben die drei hervorgehobenen Begriffe mit der Quantenmechanik zu tun?

- **Wichtig: Online-Anmeldung bis Freitag, 20.10., 13 Uhr** unter <https://www.itp.physik.tu-berlin.de/cgi-bin/anmeldung.py?id=ws06.tp2>
- **Internetseite der Veranstaltung:** <http://www.itp.tu-berlin.de/tpii-ws06.html>
- **Vorlesung:** Mittwoch 12:15 - 14:00 Uhr und Freitag 10:15 - 12:00 Uhr im PN 203
- **Ergänzungen zur Quantenmechanik:** Das erste Treffen zur Terminvereinbarung findet am Mittwoch, 25. Oktober um 8:30 Uhr im Raum P 164 statt.
- **Literatur:**
 - U. Scherz, Quantenmechanik - Eine kompakte Einführung (Teubner, 2005)
 - R. P. Feynman, R. B. Leighton, and M. Sands, Feynman Vorlesungen über Physik, Band 3, Quantenmechanik (Oldenburg, 2001)
 - W. Nolting, Grundkurs Theoretische Physik 5/1 und 5/2 (Springer, 2002)
 - F. Schwabl, Quantenmechanik (Springer 1993)
 - C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloe, Quantenmechanik 1 und 2 (de Gruyter 1999)
- **Tutorien:** Es werden 5 der folgenden 7 Termine angeboten:
 - Dienstag 8:15 - 10:00 Uhr im P-N 229
 - Mittwoch 10:15 - 12:00 Uhr im P-N 246
 - Mittwoch 14:15 - 16:00 Uhr im P-N 226
 - Donnerstag 10:15 - 12:00 Uhr im P-N 229
 - Donnerstag 12:15 - 14:00 Uhr im P-N 114
 - Donnerstag 14:15 - 16:00 Uhr im E-N 187
 - Freitag 12:15 - 14:00 Uhr im P-N 226
- **Eine Fragestunde zu diesem Übungszettel** gibt es am Donnerstag, 19. 10. um 12 Uhr im Raum P-N 210
- **Scheinkriterien:** 50% der Punkte aus den Übungszetteln, aktive Teilnahme an den Tutorien und bestandene Klausur
- **Sprechstunden:** Prof. Dr. A. Knorr Di, 13:00 - 14:00 Uhr PN 742
Die restlichen Sprechstunden werden nach Einteilung der Tutorien bekanntgegeben.
- **Klausur:** Mittwoch, 7. Februar 2007, 12:00 - 14:00. Raum wird noch bekannt gegeben.
- **Mathematica-Kurs:** <http://www.physik.tu-berlin.de/pcpool/kurse/mathematica/>