

## 8. Übungsblatt zur Theoretische Physik IIIa: Quantenmechanik

**Abgabe: Dienstag 13.06.06** in der Vorlesung

### **Aufgabe 19(14 Punkte):** *Drehimpulsoperator in Kugelkoordinaten*

Zur Behandlung von Zentralpotenzialen ist es sinnvoll, Kugelkoordinaten zu verwenden. Benutzt die in der Vorlesung verwendete Definition der Winkel  $\vartheta$  und  $\varphi$ , so dass sich die folgenden Transformationen von Kugelkoordinaten in kartesische Koordinaten ergeben:

$$\begin{aligned}x &= r \sin(\vartheta) \cos(\varphi) \\y &= r \sin(\vartheta) \sin(\varphi) \\z &= r \cos(\vartheta).\end{aligned}$$

1. Berechnet den Nabla-Operator  $\nabla$  und den Laplace-Operator  $\Delta$  in Kugelkoordinaten. Geht hierfür nur von den obigen Definitionen aus. (Einheitsvektoren sind also noch nicht bekannt.)
2. Ermittelt den Bahndrehimpulsoperator  $\underline{L}$  und  $\underline{L}^2$  in Kugelkoordinaten.
3. Bestimmt die Komponenten  $L_x$ ,  $L_y$  und  $L_z$  des Bahndrehimpulsoperators in Abhängigkeit von  $r$ ,  $\vartheta$  und  $\varphi$ .
4. Zeigt mit Hilfe der obigen Teilaufgaben

$$\Delta = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial}{\partial r} \right) + \Delta_{\vartheta\varphi}$$

mit

$$\Delta_{\vartheta\varphi} = -\frac{\hat{L}^2}{r^2 \hbar^2}.$$

### **Aufgabe 20(6 Punkte):** *Kugelflächenfunktionen*

Visualisiert das Betragsquadrat der Kugelflächenfunktionen  $Y_{lm}(\vartheta, \varphi)$  für  $l = 1$  mit  $m = -1, 0, 1$  sowie für  $l = 2$  mit  $m = 0, 1, 2$ . Was wird dabei dargestellt? (Verwendet dafür z.B. Mathematica und das Kommando `SphericalPlot3D` und die Funktion `SphericalHarmonicsY`).

Hinweise:

Scheinkriterien:

- Mindestens 50% der Übungspunkte (Abgabe in Dreiergruppen).
- Bestandene Klausur.
- Regelmäßige Teilnahme am Tutorium.

Es wird voraussichtlich insgesamt 11 reguläre Übungsblätter geben.

Übungsblätter werden Dienstag in der Vorlesung ausgegeben und eine Woche später am Ende der Vorlesung eingesammelt.

Zur Erinnerung: die **Vorlesung** findet

- Dienstags 9-10 Uhr, PN 229
- Mittwochs 10-12 Uhr, PN 229

statt.

Literaturtipps zur Lehrveranstaltung (nur eine Auswahl):

- A. Messiah, Quantenmechanik I und II, de Gruyter
- E. Fick, Einführung in die Grundlagen der Quantentheorie, Akademische Verlagsges.
- W. Nolting, Grundkurs Theoretische Physik Band 5 Quantenmechanik, Teil I+II, Springer
- C. Cohen-Tannoudji, Quantenmechanik I+II, de Gruyter

Kontakt: [www.itp.physik.tu-berlin.de/lehre/TPIIIa](http://www.itp.physik.tu-berlin.de/lehre/TPIIIa)