

VL Quantenmechanik II

Prof. Sabine Klapp

WS 2018/2019

Di 8:15 - 9:45

Do 8:15 - 9:45

Übungen

Alexander Carmele

Matte Selig

Javier Cerrillo

Anmeldung bei Moses

bis Fr 17.10 18.00

(Verteilung Tutorien Do 18.10)

Beginn der Übungen: Zweite VL-Woche

Ausgabe der Zettel: Do Beginn VL

Abgabe der Zettel: Do Briefkasten (2 Wochen danach)

max: 12:00 Uhr

Scheinkriterien:

- 80% Punkte auf Ü-Zettel
- Aktive Teilnahme

Abgabe in 3-Gruppen

Quantenmechanik II (Theoretische Physik IV)

Schwerpunkte

- Relativistische Quantentheorie

bisher QM für nicht-relativistische Grenzfall ($\frac{v}{c} \ll 1$)

Spin nur postuliert Schrödinger Gleichung

jetzt Relativistische Formulierung

Klein-Gordon-Gl., Dirac-Gl., Spin

Feinstruktur des Wasserstoffatoms

- Vielteilchen - Quantenmechanik
 - Systeme identischer Teilchen, Pauli-Prinzip
(entl. schon in der statistische Physik
jetzt aus Sicht der QM)
 - 2. Quantisierung (Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren)
→ Koden eines Quantenteilchens
 - Näherungsmethoden für Vielteilchensysteme
(Hartree-Fock, Austausch-WW)
- Streutheorie
 - Streuung von Teilchen an Teilchen
Lippman-Schwinger-Gleichung

○ Wiederholung: Element der QM I

- a) Beschreibung des Zustands eines Systems
 (ket-) Vektor im Hilbertraum $|\psi(t)\rangle$
 zugehöriger bra-Vektor $\langle\psi(t)|$
 (dualer Raum)

Es gibt Skalarprodukt $\langle\psi_1|\psi_2\rangle (= \langle\psi_2|\psi_1\rangle^*)$

normierte Zustände $\langle\psi|\psi\rangle = 1$

* Ortsdarstellung $\langle r|\psi\rangle = \psi(r, t)$
 "Wellenfunktion" (i.A. komplex)

$$(p(r, t) = |\psi(r, t)|^2 = \psi(r, t)\psi^*(r, t)$$

Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichte

* Impulsdarstellung (Äquivalent)
 $\langle p|\psi\rangle = \tilde{\psi}(p, t)$

Übergang dazwischen:

$$\langle r | \psi \rangle = \langle r | \hat{1} | \psi \rangle = \int dp \langle r | p \rangle \langle p | \psi \rangle$$

"Einschieben einer Eins"

Ortsdarstellung der Impulsoperatoren Eigenfunktionen

benutze $\langle r | p \rangle = c e^{\frac{i}{\hbar} p r}$

wähle $c = \frac{1}{(2\pi\hbar)^{3/2}}$

$$\langle r | \psi \rangle = \frac{1}{(2\pi\hbar)^{3/2}} \int dp \tilde{\psi}(p) e^{\frac{i}{\hbar} p r}$$

entspricht eine Fouriertransformation!

außerdem haben wir hier benutzt

Volständigkeitsrelation

$$\int dp |p\rangle \langle p| = \hat{1}, \quad \text{analog} \quad \int dr |r\rangle \langle r| = \hat{1}$$

(falls diskrete Variablen $\sum_{i=1}^n |e_i\rangle \langle e_i| = \hat{1}$)

schließlich

Skalarprodukt im Ortsraum:

$$\begin{aligned} \langle \psi_1 | \psi_2 \rangle &= \langle \psi_1 | \hat{1} | \psi_2 \rangle \\ &= \int dr \langle \psi_1 | r \rangle \langle r | \psi_2 \rangle \\ &= \int dr \psi_1^*(r) \psi_2(r) \end{aligned}$$

Operatoren

Eigenwertproblem eines Operators (Observablen wenn Hermitesch)

$$\hat{A} |n\rangle = a_n |n\rangle$$

→ Eigenwerte
→ Eigenzustände

bei Hermiteschen Operatoren (Eigenwerte sind reell)

$$\sum_n |n\rangle \langle n| = \hat{1}$$

↓
Projektor (kett mal bra)

Volständigkeitsrelation $\langle n | m \rangle = \delta_{nm}$
Orthonormal

$$|\psi(A)\rangle = \sum_n c_n(A) |n\rangle \quad \text{mit} \quad c_n(A) = \langle n | \psi(A) \rangle$$

