

QUANTENMECHANIK WS 2004/05

1. *Quantenmechanik des Zweizustands-Systems*

- Wahrscheinlichkeitsamplitude, Operatoren und Erwartungswerte, Schwankungsquadrate, Schrödinger-Gleichung, Spin im Magnetfeld

- a) Statistische Beschreibung der Welt
- b) Zwei-Zustands-System
- c) Wahrscheinlichkeits-Amplitude
- d) Normierung der Wellenfunktion
- e) Skalar-Produkt zweier Zustandsvektoren
- f) Operatoren und Erwartungswerte
- g) Quantenmechanik
- h) Spin
- i) Bewegung eines Spins im Magnetfeld
- j) Spin-Präzession
- k) Erhaltung der Normierung
- l) Schwankungsquadrate
- m) Eigenvektoren und Eigenwerte
- n) Messung in der Quantenmechanik
- o) Spin im Magnetfeld: Unschärfe
- p) Oszillationen zwischen zwei Positionen
- q) Axiome der Quantenmechanik

2. *N-Komponenten-Systeme*

- Zustandsvektor, Operatoren als Matrizen, Grenzübergang $N \rightarrow \infty$, Quantenmechanik für Teilchen in Potenzial

- a) N-komponentige Zustandsvektoren
- b) Realteil und Imaginärteil des Erwartungswerts
- c) Unitäre Zeitentwicklung
- d) Allgemeines Zwei-Zustands-System
- e) Grenzübergang $N \rightarrow \infty$, Wellenfunktion
- f) Interpretation der Wellenfunktion
- g) Quantenmechanik für Teilchen in einem Potenzial, Schrödinger-Gleichung
- h) Differentialoperatoren in N-Zustands-Systemen
- i) Hermitizität des Impuls-Operators

3. *Teilchen-Welle-Dualismus*

- a) Beschreibungsgrößen der klassischen Physik
- b) Teilchen und Wellen
- c) Elektromagnetische Strahlung
- d) Beziehung zwischen Teilchen- und Wellen-Größen, Compton-Streuung
- e) Welleneigenschaften der Teilchen

4. *Motivation der Schrödingergleichung*

- „Wellenfunktion“ für „Photon“, Impulsoperator, relativistische und nicht-relativistische Feldgleichung

A) „Wellenfunktion“ für „Photon“

- a) Ebene monochromatische Welle in x-Richtung, zirkular polarisiert
- b) Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Spezialfall
- c) Komplexe Schreibweise
- d) Impuls- und Energie-Operatoren

B) Schrödinger-Gleichung

- e) Relativistisches masseloses Teilchen mit Spin 0
- f) Nicht-relativistischer Grenzfall

5. *Einfache eindimensionale Probleme*

- Kastenpotenzial,
Harmonischer Oszillator

- a) Stationäre Zustände
- b) Potenzialtopf
- c) Harmonischer Oszillator
- d) Algebraische Methode, Auf- und Absteigeoperatoren
- e) Absteigen im Spektrum
- f) Energie des Grundzustands
- g) Grundzustand
- h) Spektrum, angeregte Zustände
- i) Besetzungszahl-Darstellung
- j) Molekül-Schwingungen
- k) Funktionenraum

6. *Bewegung im Zentralpotenzial, Drehimpuls*

- Wasserstoffatom, Zeeman-Effekt

- a) Schrödinger-Gleichung für isotrope Systeme, Kugelkoordinaten
- b) Drehimpulsoperator
- c) Erhaltene Größen
- d) Drehimpuls in Kugelkoordinaten
- e) Spektrum des Drehimpulsoperators
- f) Bahndrehimpuls in Kugelkoordinaten, Kugelfunktionen
- g) Bindungszustände im Zentral-Potenzial
- h) Wasserstoff-Atom
- i) Diskretes Spektrum
- j) Spin und Gesamtdrehimpuls
- k) Schalenmodell
- l) Wellenfunktionen der stationären Zustände
- m) Vollständiges Funktionensystem
- n) Bewegung im elektromagnetischen Feld
- o) Magnetisches Moment des Elektrons, Zeeman-Effekt
- p) Dreidimensionaler harmonischer Oszillator

7. *Mathematischer Formalismus der Quantenmechanik*
- Hilbertraum, Operatoren, Darstellungstheorie
- a) Hilbertraum
 - b) Basis-Wechsel
 - c) Lineare Operatoren
 - d) Selbstadjungierte Operatoren
 - e) Spektrum von Operatoren
 - f) Orthonormal-Basis
 - g) Darstellung von Operatoren
 - h) Kommutator
 - i) Heisenbergsche Unschärferelation
 - j) Darstellungstheorie
 - k) Orts- und Impulsdarstellung
8. *Stationäre Störungsrechnung und Näherungsverfahren für gebundene Zustände*
- Feinstruktur
- a) Spin-Bahn-Kopplung
 - b) Nichtentartete Störungsrechnung
 - c) Entartete Störungsrechnung
 - d) Feinstruktur
 - e) Addition von Drehimpulsen
 - f) Variationsverfahren
9. *Zeitabhängige Störungsrechnung, Übergangswahrscheinlichkeit*
- Wasserstoffatom im elektromagnetischen Feld
- a) „Bewegung“ und Zeitabhängigkeit
 - b) Zeitentwicklungsoperator
 - c) Schrödinger – und Heisenberg-Bild
 - d) Korrespondenz mit klassischer Mechanik
 - e) Übergangswahrscheinlichkeit
 - f) Zeitabhängige Störungstheorie
 - g) Fermi's Goldene Regel
 - h) Wasserstoff-Atom im zeitabhängigen elektromagnetischen Feld
10. *Streutheorie*
- a) Streuquerschnitt
 - b) Streuamplitude
 - c) Green-Funktion
 - d) Störungstheorie

11. *Vielteilchen-Quantenmechanik*
 - identische Teilchen, Bose- und Fermi-Statistik,
 Quantisierung des elektromagnetischen Feldes
- a) Wellenfunktion für zwei identische Bosonen
 - b) Besetzungszahl-Darstellung
 - c) Fermionen
 - d) Ununterscheidbarkeit in der Quantenmechanik
 - e) Streuung identischer und verschiedener Teilchen
 - f) Bosonen und Fermionen, Spin + Statistik
 - g) Quantentheorie des elektromagnetischen Felds
 - i) Ein-Teilchen-Zustände
 - ii) Besetzungszahldarstellung
 - iii) Fockraum
 - iv) Darstellung durch harmonische Oszillatoren
 - v) Ein-Photon-Zustand
 - vi) Operatoren für elektromagnetisches Feld
 - h) Zustände mit N-Bosonen, Emission, Absorption, Laser
12. *Interferenz und Verschränkung*
- a) Doppelspalt-Experiment
 - b) Verschränkung
 - c) Einstein-Rosen-Podolski Paradoxon
13. *Wahrscheinlichkeitsaussagen in der Quantenmechanik*
 - Dichtematrix, reiner Zustand, Messprozess, „Paradoxa“ der Quantenmechanik
- a) Gemischte Zustände
 - b) Dichtematrix
 - c) Darstellung der Dichtematrix
 - d) Polarisierter und unpolarisierter Strahl
 - e) Von Neumann Gleichung
 - f) Wahrscheinlichkeit in der klassischen Physik und Quantenmechanik
 - g) Messprozess
 - h) Dekohärenz
 - i) Dichtematrix in Untersystemen
 - j) Bedingte Wahrscheinlichkeit, Reduktion der Wellenfunktion
14. *Symmetrien in der Quantenmechanik*
 - Parität, Ausblick auf die Quantenfeldtheorie
- a) Spiegelsymmetrie, Parität
 - b) Symmetrietransformationen und Erhaltungssätze
 - c) Ausblick auf Quantenfeldtheorie