

Einführung in die Quantenmechanik

Literatur:

- Cohen-Tannoudji, Quantenmechanik I+II
- Schwabl, Quantenmechanik
- Nolting, Grundkurs Theoretische Physik 5/1 (Quantenmechanik Grundlagen)
- Galindo Pascual, Quantum Mechanics I+II

I. Wellenmechanik

- A. Klassische Physik (Grundlagen der klassischen Mechanik und Elektrodynamik)
- B. Empirische Grundlagen der QM (Experimentelle Evidenz für Teilchencharakter von Wellen und Wellencharakter von Teilchen)
- C. Materiewellenfunktion (Wellenfunktion, Eigenschaften, Interpretation)
- D. Impulswellenfunktionen
- E. Wellenmechanik in einer Dimension (Wellenpakete und quantenmechanische Dispersion)
- F. Erhaltung der Wahrscheinlichkeit (Wahrscheinlichkeitsstrom, Erhaltungssatz)
- G. Zeitunabhängige Schrödingergleichung
- H. Wellenmechanik in 1D mit Potential (Potentialstufe, Potentialschwelle, Potentialtopf, Blochsches Theorem)
- I. Der Impulsoperator

II. Der mathematische Rahmen der Quantenmechanik

- A. Der Raum der Wellenfunktionen (Hilberträume, lineare Operatoren, Kommutator, adjungierte und selbstadjungierte Operatoren)
- B. Dirac Schreibweise (Ket, Bra, Skalarprodukt)
- C. Orts- und Impulsbasis (Verschiebungsoperator, Ortsbasis, Impulsbasis)
- D. Der quantenmechanische harmonische Oszillator (algebraische Behandlung, Spektrum, Eigenzustände, kohärente Zustände, zeitliche Evolution)

III. Axiomatische Formulierung der Quantenmechanik

- A. Die Postulate der Quantenmechanik (Postulat I-IV zur Beschreibung von Zuständen, zeitlicher Evolution, Messgrößen und Messungen, Quantisierungsregel)
- B. Diskussion und Konsequenzen aus den Postulaten („Kollaps“ der Wellenfunktion, globale Phase, stationäre Zustände, Mittelwerte, Resultate aufeinanderfolgender Messungen, kommutierende und nichtkommutierende Observable, Heisenbergsche Unschärfe, vollständiger Satz kommutierender Observabler, Evolutionsoperator, Schrödinger- und Heisenbergbild, Ehrenfestisches Theorem, Erhaltungsgrößen)

IV. Drehimpuls

- A. Drehimpuls in quantenmechanischer Beschreibung (Bahndrehimpuls, Vertauschungsrelationen für Drehimpulsoperatoren)
- B. Drehimpulseigenzustände und –werte (Auf- und Absteigeoperatoren, Spektrum und Eigenzustände)
- C. Bahndrehimpuls (Ortsdarstellung)

V. Wasserstoffatom

- A. Stationäre Zustände im Zentralpotential (Hamiltonoperator in Kugelkoordinaten, Separation der Variablen, radiale Schrödingergleichung)
- B. Wasserstoffatom (Energieeigenzustände und –werte, Eigenschaften)

VI. Elektrospin

- A. Stern-Gerlach Experiment
- B. Quantenmechanische Beschreibung des Elektronenspins (Paulioperatoren, wiederholte Messungen)
- C. Gesamtwellenfunktion des Elektrons, Tensorprodukt

- VII. Addition von Drehimpulsen**
- A. Gesamtdrehimpuls (Addition von Drehimpulsen, Clebsch-gordan Koeffizienten)
 - B. Addition von Bahndrehimpuls und Spin (Spinorkugelflächenfunktionen)
- VIII. Störungstheorie**
- A. Zeitunabhängige, nicht-entartete Störungstheorie (Korrekturen erster und zweiter Ordnung, Starkeffekt)
 - B. Zeitunabhängige, entartete Störungstheorie
- IX. Feinstruktur des Wasserstoffatoms**
- A. Feinstruktur – Hamiltonoperator (relativistische Korrekturen, Größenordnung)
 - B. Störungstheoretische Behandlung
- X. Mehrteilchensysteme**
- A. Wasserstoff als Zweiteilchensystem (Relativ- und Schwerpunktskoordinaten, Gesamtwellenfunktion)
 - B. Unterscheidbare Teilchen (Permutationsoperator, Problem der Austauschentartung, Symmetrisierungspostulat, Wellenfunktionen von Bosonen und Fermionen)
 - C. Konsequenzen aus dem Symmetrisierungspostulat (Pauliprinzip, Grundzustand identischer Teilchen, Messungen an identischen Teilchen)
 - D. Helium (Spektrum, Ortho- und Parahelium)
- XI. Näherungsverfahren**
- A. Variationsverfahren (Prinzip, Heliumgrundzustand)
 - B. Ritzsches Variationsverfahren und kovalente von H_2^+ -Molekül
 - C. Zeitabhängige Störungstheorie (Wechselwirkungsbild, Übergangsamplituden und –wahrscheinlichkeiten, Fermis goldene Regel, periodische Störung, Wechselwirkung von Licht mit Atomen)
- XII. Indeterminismus der Quantenmechanik** (Realismus, Lokalität, Bellsche Ungleichung)

Statistische Physik

Literatur:

- F. Schwabl, Statistische Mechanik
 - W. Nolting, Grundkurs Theoretische Physik 4, Thermodynamik
 - W. Nolting, Grundkurs Theoretische Physik 6, Statistische Physik
- I. **Thermodynamik:** Variablen und Zustand, Gleichgewicht, Wärme, adiabatische und reversible Prozesse, Zustandsgleichung, die 4 Hauptsätze der Thermodynamik, empirische und absolute Temperatur, Kreisprozess, Carnot-Maschine, Carnot-Satz, Entropie, thermodynamische Potentiale, Legendre-Transformation, Antwortfunktionen, spezifische Wärme, Kompressibilität und Suszeptibilität, ideales Gas
- II. **Grundlagen der Statistischen Physik:** Quantenvielteilchensysteme, Dichteoperator, Gemisch, von Neumann-Gleichung, Zeitmittelung und Ensemblemittelung, reduzierte Dichtematrix, mikroskopische Definition der Entropie, Zentrales Postulat, Variationsrechnung, Minimierung unter Nebenbedingungen, statistische Gesamtheit, mikrokanonisches, kanonisches und großkanonisches Ensemble, klassischer Grenzfall, Systeme von harmonischen Oszillatoren und von nicht-wechselwirkenden Spins.
- III. **Ideale Quantengase:** Identische Teilchen, Bosonen und Fermionen, Fock-Raum, Besetzungszahldarstellung, Bose-Einstein- und Fermi-Dirac-Verteilungsfunktionen, Einteilchen-Zustandsdichte, Photonengas, freies Bose-Gas und freies Fermi-Gas, klassischer Limes, Fermi-Temperatur und Fermi-Energie, Bose-Einstein-Kondensation, Debye- und Einstein-Phononen