

Vorlesung Theoretische Physik III: Quantenmechanik I

Teil I: Einführung in die Quantenphysik

1. “Quanten sind anders” - Grenzen der klassischen Physik

Hohlraumstrahlung und Plancksche Quantenhypothese - Korpuskeleigenschaften elektromagnetischer Strahlung (Lichtelektrischer Effekt, Compton-Effekt) - Bohr-Sommerfeldsche Theorie (Rutherford'sches Atommodell, Bohrsche Postulate) - Welleneigenschaften von Teilchen (Beugung von Materiewellen, Materiefeldgleichung) - Welle-Teilchen-Dualismus (Heisenbergsche Unschärferelation & Bohrsches Korrespondenzprinzip)

2. Wellenmechanik

Schrödinger-Gleichung – Wahrscheinlichkeitsinterpretation

Kontinuitätsgleichung, Separation der Variablen, stationäre Lösungen, Grenzbedingungen
Einfache Beispiele

Potentialstufe, Potentialschwelle (Tunneleffekt α -Zerfall), Potentialtopf (Bindungs- & Streuzustände, analytische Eigenschaften des Transmissionskoeffizienten, Resonanzen), Ankopplung an elektromagnetisches Feld (globale und lokale Eichtransformationen, Aharonov-Bohm-Effekt, Selbstwechselwirkung des geladenen Materiefeldes)

Teil 2: Grundlagen der Quantentheorie

3. Axiomatischer Aufbau der Quantenmechanik

Mathematischer Rahmen

Vektoren des unitären Raumes (Skalarprodukt, Topologie, Superpositionsprinzip, Basis, Dirac-Vektoren, Basistransformationen), Lineare Operatoren (Definition & Eigenschaften, dyadisches Produkt, Matricelemente, spezielle Operatoren (inverse, adjungierte, hermitesche, unitäre, projektive), Eigenwertproblem hermitescher Operatoren, Darstellungstheorie)

Formulierung und Interpretation der Quantentheorie

(reine) Zustände, Observable, “Quantisierungsregeln”, (projektive) von Neumann Messung, Heisenbergsche Unschärferelation, Erwartungswert, vollständiger Satz kommutierender Observabler, Spektralzerlegung, zeitliche Entwicklung von Quantensystemen (Rolle der Zeit in der QM, zeitliche Veränderung eines Zustandes, Observable der zeitlichen Veränderung einer phys. Größe, Zeitentwicklungsoperator, Dynamik im Schrödinger-, Heisenberg- und Wechselwirkungsbild, Unitäräquivalenz, Ehrenfestsche Theoreme, Energie-Zeit-Unschärfe, Diracsche (zeitabhängige) Störungstheorie), Symmetrien (Gruppen, Darstellungen, Erhaltungsgrößen)

4. Durchführung der Theorie – Spezielle Probleme

Harmonischer Oszillator

Besetzungszahldarstellung, Eigenwertproblem, Eigenfunktionen in Ortsdarstellung, geladener Oszillator im elektrischen Feld (Molekülspektren)

Quantentheorie des Drehimpulses

Symmetrie & Vertauschungsrelationen, Leiteroperatoren, Eigenwertproblem (algebraisch), Bahndrehimpuls (Kugelflächenfunktionen, Legendre-Polynome), Spin, Gesamtdrehimpuls eines Elektrons (Produkt-Hilbert-Raum, Wigner-Koeff.), allg. Fall (Clebsch-Gordan-Koeff.)

Teilchen im Zentralkraftfeld

Radialgleichung, Wasserstoffatom, zweiatomiges Molekül - Rotationsschwingungsspektrum (starrer Rotator, gekoppelter Fall)

Näherungsmethoden

Störungstheorie (nichtentartet: 1. und 2. Ordnung, “level crossing”, Quantenresonanz...; Entartung), Variationsmethode (Ritz Theorem, Beispiele), Wentzel-Kramers-Brillouin Approximation (Bohr-Sommerfeld Quantisierungsbedingung)