

Integrierter Kurs:

Quantenmechanik - Theorieteil

I. Fundamentale Konzepte der Quantenmechanik

- I.1. Das Stern-Gerlach-Experiment
- I.2. Die Dirac'sche bra/ket-Notation
- I.3. Basiszustände und die Matrizen-Darstellung
- I.4. Der Meßprozeß, Observable und die Unschärferelation
- I.5. Basiswechsel (Darstellungswechsel)
- I.6. Ort und Impuls in der Quantenmechanik
- I.7. Wellenfunktionen im Orts- und Impulsraum

II. Die Dynamik quantenmechanischer Systeme

- II.1. Der Zeitentwicklungsoperator
- II.2. Das Schrödinger- und das Heisenberg-Bild
- II.3. Das Korrespondenzprinzip, das Ehrenfest-Theorem
- II.4. Die Schrödinger-Wellenfunktion
- II.5. Der Dichteoperator, gemischte Zustände

III. Einfache Quantensysteme

- III.1. Allgemeine Aussagen zu Potentialproblemen
- III.2. Der Paritätsoperator
- III.3. Der Potentialtopf
- III.4. Potentialbarrieren, der Tunneleffekt
- III.5. δ -Modellpotentiale
- III.6. Der harmonische Oszillator
- III.7. Ein Exkurs über nicht-elementare Differentialgleichungen
- III.8. Anwendungen; das Zentralpotential

IV. Der Drehimpuls in der Quantenmechanik

- IV.1. Drehimpuls und Rotationen
- IV.2. Spin $\frac{1}{2}$ als einfachste Darstellung der $SO(3)$
- IV.3. Das Eigenwertspektrum für Drehimpulse
- IV.4. Der Bahndrehimpuls
- IV.5. Die Addition von Drehimpulsen
- IV.6. Spezielle Kapitel

V. Näherungsmethoden

- V.1. Zeitunabhängige Störungsrechnung (im nicht-entarteten Fall)
- V.2. Störungstheorie mit Entartung
- V.3. Anwendungen und Beispiele
 - 1. Stark-Effekt
 - 2. Wechselwirkung mit elektromagnetischen Feldern
 - 3. Das reale Wasserstoff-Atom
 - 4. Der anomale Zeeman-Effekt
- V.4. Zeitabhängige Störungstheorie
- V.5. Die WKB-Methode

VI. Grundlagen der Streutheorie

- VI.1. Problemstellung und der Wirkungsquerschnitt
- VI.2. Streutheorie, die Lippmann-Schwinger-Gleichung und die Born'sche Näherung
- VI.3. Das optische Theorem
- VI.4. Partialwellenentwicklung
- VI.5. Zeitabhängige Formulierung der Streutheorie

VII. Der Pfadintegral-Formalismus

- VII.1. Der Schrödinger-Propagator
- VII.2. Das Pfadintegral
- VII.3. Der Aharonov-Bohm-Effekt

Integrierter Kurs:

Quantenmechanik, Atom- und Molekülphysik (Experimentalteil)

1. Resümée des Welle-Teilchen-Dualismus

- 1.1. Wege zur Quantenmechanik
- 1.2. "Problematische" Experimente
 1. Licht als Welle
 2. Licht als Teilchen
 3. Teilchen als Wellen
- 1.3. Quanteneigenschaften der Teilchen / des Lichts

2. Die Quantisierung des Drehimpulses

3. Das Stern-Gerlach-Experiment

4. Die Heisenberg'schen Ungleichungen

- 4.1. Klassische Grundlagen
- 4.2. Quantenmechanische Unschärferelationen

5. Zusammenfassung: Eigenschaften von Quantenteilchen

6. Wahrscheinlichkeiten und Quantenamplituden

- 6.1. Projektionsexperimente mit Licht
 1. Lineare Polarisation
 2. Zirkulare Polarisation
- 6.2. Projektionswahrscheinlichkeiten und die Messung physikalischer Größen
- 6.3. Polarisation und Drehimpuls der Photonen
- 6.4. Die Quantenamplitude
 1. Das Quanteninterferenzexperiment
 2. Zirkulare Polarisation, Phasenwinkel
 3. Reiner Zustand und Gemisch
 4. Quantenamplituden mit Spin $\frac{1}{2}$

7. Die Zeitabhängigkeit der Quantenamplitude

- 7.1. Eigenzustände der Energie
- 7.2. Das Müon-Spin-Rotations-Experiment (μ SR)
 1. Entstehung des μ^+
 2. Zerfall des μ^+ im Target
 3. Das μ^+ im Magnetfeld
 4. Die Phasenfunktion
 5. Der Erwartungswert des Drehimpulses
- 7.3. Die allgemeine Zeitabhängigkeit

8. Wellenfunktionen im Orts- und Impulsraum

- 8.1. Ortsamplitude und Wahrscheinlichkeitsdichte
- 8.2. Impulsamplitude
- 8.3. Größen mit kontinuierlichem Eigenwertspektrum
- 8.4. 3-D
- 8.5. Spinoren

9. Superposition, Verschränkung, Dekohärenz

- 9.1. Schrödinger's Katze
- 9.2. Dekohärenz
- 9.3. Verschränkung
- 9.4. Das Einstein-Podolsky-Rosen-Paradoxon
- 9.5. Die Bell'schen Ungleichungen und die Hypothese verborgener Parameter

10. Die Schrödinger-Gleichung

- 10.1. Quantenteilchen im unendlich tiefen Kastenpotential
- 10.2. Die allgemeine Bewegung des freien Quantenteilchens
- 10.3. Die Schrödinger-Gleichung mit Potential
- 10.4. Streuung an einer Potentialstufe
- 10.5. Der Tunneleffekt
- 10.6. Das Elektron im Metall
- 10.7. Der harmonische Oszillator
- 10.8. Der doppelte Potentialtopf – das Ammoniak-Molekül
- 10.9. Der Ammoniak-Maser

11. 3-dimensionale Probleme

- 11.1. Der starre Rotator
- 11.2. Das H-Atom
 1. Quantenmechanische Lösung
 2. Die Verwendung 2-komponentiger Wellenfunktionen
 3. Die Aufhebung der Bahnentartung im Spektrum der Alkalimetalle
- 11.3. Emission und Absorption von Strahlung
- 11.4. Die induzierte Emission / Absorption
- 11.5. Die Einstein-Koeffizienten
- 11.6. Die Feinstruktur des H-Atoms
 1. Die Spin-Bahn-Kopplung
 2. Relativistische Korrektur
 3. Der Darwin-Term
 4. Die gesamte Korrektur durch die Feinstruktur
 5. Die Lamb-Shift
- 11.7. Hyperfeinstruktur, Kopplung zum Kern
- 11.8. Einschub: Das magnetische Moment

12. Atome im Magnetfeld

- 12.1. Die Elektronen-Spin-Resonanz
- 12.2. Der normale Zeeman-Effekt
- 12.3. Der anomale Zeeman-Effekt
- 12.4. Der Paschen-Back-Effekt
- 12.5. Die Hyperfeinstruktur im äußeren Magnetfeld
- 12.6. Kernspin-Resonanz

13. Vielelektronensysteme

- 13.1. Elektronenabstoßung und Pauli-Prinzip
- 13.2. Kopplung von Drehimpulsen

14. Das Periodensystem

- 14.1. Allgemeines
- 14.2. Die Elektronenkonfiguration der Elemente
- 14.3. Grundzustände, die Hund'schen Regeln