

Inhaltsverzeichnis

1. Quantenmechanik eines Punktteilchens	
1.1 Grenzen der klassischen Physik	3
1.2 Die Heisenberg'sche Unschärferelation für Ort und Impuls	14
1.2.1 Streuung von Observablen	15
1.2.2 Quantenmechanische Unschärfen von kanonischen Variablen	18
1.2.3 Beispiele zur Heisenberg'schen Unschärferelation	22
1.3 Der Dualismus Teilchen–Welle	24
1.3.1 Die Wellenfunktion und ihre Interpretation	26
1.3.2 Erste Querverbindung zur Mechanik	29
1.3.3 Gauß'sches Wellenpaket	30
1.3.4 Elektron in äußeren elektromagnetischen Feldern	33
1.4 Schrödinger-Gleichung und Born'sche Interpretation der Wellenfunktion	37
1.5 Erwartungswerte und Observable	43
1.5.1 Observable als selbstadjungierte Operatoren auf L	45
1.5.2 Der Ehrenfest'sche Satz	49
1.6 Diskretes Spektrum: Harmonischer Oszillator in einer Dimension	51
1.7 Orthogonale Polynome in einer reellen Variablen	63
1.8 Observable und Erwartungswerte	71
1.8.1 Observable mit nichtentartetem Spektrum	71
1.8.2 Ein Beispiel	76
1.8.3 Observable mit entartetem, diskretem Spektrum	80
1.8.4 Observable mit rein kontinuierlichem Spektrum	85
1.9 Zentralkräfte in der Schrödinger-Gleichung	89
1.9.1 Der Bahndrehimpuls: Eigenwerte und Eigenfunktionen	90
1.9.2 Radialimpuls und kinetische Energie	100
1.9.3 Kräftefreie Bewegung bei scharfem Drehimpuls	103
1.9.4 Der Kugeloszillator	110
1.9.5 Gemischtes Spektrum: das Wasserstoffatom	117
2. Streuung von Teilchen an Potentialen	
2.1 Makroskopische und mikroskopische Skalen	127
2.2 Streuung am Zentralpotential	129
2.3 Partialwellenanalyse	134
2.3.1 Methoden der Berechnung von Streuphasen	139
2.3.2 Potentiale mit unendlicher Reichweite: Coulombpotential im Außenraum	142
2.4 Born'sche Reihe und Born'sche Näherung	146
2.4.1 Erste Born'sche Näherung	148
2.4.2 Formfaktoren bei elastischer Streuung	150
2.5 Analytische Eigenschaften der Partialwellenamplituden	154
2.5.1 Jost-Funktionen	156
2.5.2 Dynamische und kinematische Schnitte	156
2.5.3 Partialwellenamplituden als analytische Funktionen	160

2.5.4	Resonanzen	160
2.5.5	Streulänge und effektive Reichweite	163
2.6	Inelastische Streuung mit Partialwellenanalyse	166

3. Die Prinzipien der Quantentheorie

3.1	Darstellungstheorie	171
3.1.1	Dirac'sche Bracket-Schreibweise	174
3.1.2	Transformationen zwischen verschiedenen Darstellungen	177
3.2	Der Begriff des Hilbert-Raums	180
3.2.1	Definition von Hilbert-Räumen	182
3.2.2	Unterräume von Hilbert-Räumen	187
3.2.3	Dualraum eines Hilbert-Raums und Dirac'sche Notation	189
3.3	Lineare Operatoren auf Hilbert-Räumen	191
3.3.1	Selbstadjungierte Operatoren	192
3.3.2	Projektionsoperatoren	195
3.3.3	Spektralschar von Projektionsoperatoren	197
3.3.4	Unitäre Operatoren	201
3.3.5	Zeitliche Entwicklung quantenmechanischer Systeme	203
3.4	Quantenmechanische Zustände	205
3.4.1	Präparation von Zuständen	205
3.4.2	Statistischer Operator und Dichtematrix	209
3.4.3	Abhängigkeit eines Zustands von seiner Vorgeschichte	211
3.4.4	Beispiele zur Präparation von Zuständen	214
3.5	Zwischenbilanz	216
3.6	Schrödinger- und Heisenberg-Bild	218

4. Raum-Zeit-Symmetrien in der Quantenphysik

4.1	Die Drehgruppe (Teil 1)	221
4.1.1	Die Erzeugenden der Drehgruppe	221
4.1.2	Darstellungen der Drehgruppe	224
4.1.3	Die „Drehmatrizen“ D	230
4.1.4	Beispiele und Formeln für D -Matrizen	232
4.1.5	Spin und magnetisches Moment von Teilchen mit $j = 1/2$	233
4.1.6	Clebsch-Gordan-Reihe und Kopplung von Drehimpulsen	236
4.1.7	Spin- und Ortswellenfunktionen	239
4.1.8	Reine und gemischte Zustände für Spin $1/2$	240
4.2	Raumspiegelung und Zeitumkehr in der Quantenmechanik	242
4.2.1	Raumspiegelung und Parität	243
4.2.2	Bewegungs- und Zeitumkehr	245
4.2.3	Abschließende Bemerkungen zu T und	249
4.3	Symmetrie und Antisymmetrie bei identischen Teilchen	252
4.3.1	Zwei verschiedene Teilchen in Wechselwirkung	253
4.3.2	Identische Teilchen am Beispiel $N = 2$	255
4.3.3	Erweiterung auf N identische Teilchen	259
4.3.4	Zusammenhang zwischen Spin und Statistik	260

5. Rechenmethoden der Quantenmechanik

5.1	Stationäre Störungsrechnung	265
5.1.1	Störung eines nichtentarteten Energiespektrums	266
5.1.2	Störung eines Spektrums mit Entartung	270
5.1.3	Ein Beispiel: Der Stark-Effekt	271

5.1.4	Zwei weitere Beispiele: Ein Zwei-Niveau-System, Zeeman-Effekt der Hyperfeinstruktur in Myonium.....	274
5.2	Zeitabhängige Störungstheorie und Übergangswahrscheinlichkeiten	282
5.2.1	Störungsentwicklung der zeitabhängigen Wellenfunktion..	282
5.2.2	Erste Ordnung und Fermis Goldene Regel.....	285
5.3	Stationäre Zustände von N identischen Fermionen	288
5.3.1	Selbstkonsistenz und Hartree'sches Verfahren.....	288
5.3.2	Methode der zweiten Quantisierung.....	289
5.3.3	Die Hartree-Fock-Gleichungen.....	293
5.3.4	Hartree-Fock-Gleichungen und Restwechselwirkungen	296
5.3.5	Teilchen- und Lochzustände, Normalprodukt und Wick'sches Theorem.....	298
5.3.6	Anwendung auf den Hartree-Fock-Grundzustand.....	302
9.	Anhang	
A.1	Diracs $\delta(x)$ und temperierte Distributionen	307
A.1.1	Testfunktionen und temperierte Distributionen	308
A.1.2	Funktionen als Distributionen.....	310
A.1.3	Träger einer Distribution.....	311
A.1.4	Ableitungen temperierter Distributionen.....	312
A.1.5	Beispiele von Distributionen	312
A.2	Gammafunktion und Hypergeometrische Funktionen	315
A.2.1	Die Gammafunktion	315
A.2.2	Hypergeometrische Funktionen.....	318
A.3	Wichtige Zahlenwerte	323