

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur zweiten Auflage	VII
Vorwort zur ersten Auflage	IX
1. Einleitung	1
2. Prolog: „Wie es anfang“	5
2.1 Geburt der Quantentheorie	12
2.2 Lichtquanten	16
2.3 Aufgaben	22
3. Materiewellen und Schrödingergleichung	23
3.1 Experimenteller Nachweis der Materiewellen	23
3.2 Dispersionsgesetz für Materiewellen, kräftefreie Schrödingergleichung	24
3.2.1 Der Satz von der Gruppengeschwindigkeit	24
3.2.2 Die Schrödingergleichung im kräftefreien Fall	26
3.2.3 Das Anfangswertproblem der kräftefreien Schrödingergleichung	27
3.3 Schrödingergleichung für ein Teilchen in äußeren Feldern ...	30
3.4 Der harmonische Oszillator	33
3.5 Das Wasserstoffatom	40
3.6 Aufgaben	45
3.7 Anhang: Kugelfunktionen, die konfluente hypergeometrische Funktion, orthogonale Polynome	50
3.7.1 Krummlinige Koordinaten	50
3.7.2 Kugelfunktionen	53
3.7.3 Die konfluente hypergeometrische Funktion	60
3.7.4 Orthogonale Polynome	77
4. Statistische Deutung der Wellenfunktion, Unschärferelationen und Messprozess	83
4.1 Die statistische Interpretation der Ψ -Funktion	85
4.2 Verallgemeinerung auf Mehrteilchensysteme	86

4.3	Grenzübergang zur klassischen Mechanik	89
4.4	Mittelwerte von Funktionen der Koordinaten und Impulse	90
4.5	Kanonische Vertauschungsrelationen und Unschärferelationen	93
4.6	Unschärferelationen und Komplementarität	95
4.6.1	Zustandsänderung bei einer Ortsmessung	96
4.6.2	Ortsmessungen	97
4.6.3	Impulsmessung	99
4.6.4	Das Doppelspaltexperiment	100
4.7	Aufgaben	107
5.	Die formalen Prinzipien der Quantenmechanik	111
5.1	Die kinematische Struktur der QM	111
5.2	Allgemeine Unschärferelation, kompatible Observablen	113
5.3	Idealmessung, Zustandsreduktion	114
5.4	Verallgemeinerung des Zustandsbegriffs	116
5.5	Vereinigung zweier quantenmechanischer Systeme	119
5.6	Automorphismen, Satz von Wigner	120
5.7	Allgemeine Form des dynamischen Gesetzes	123
5.8	Schrödinger-, Heisenberg- und Wechselwirkungsbild	126
5.9	Darstellungen der kanonischen Vertauschungsrelationen	128
5.10	Die spektrale Darstellung einer Observablen	130
5.11	Aufgaben	131
5.12	Anhang: Spektralmaße und Spektralzerlegung eines selbstadjungierten Operators	134
6.	Drehimpuls, Teilchen mit Spin	141
6.1	Rotationsinvarianz und Drehimpuls für spinlose Teilchen	141
6.2	Projektive und unitäre Darstellungen	144
6.3	$SU(2)$ als universelle Überlagerungsgruppe von $SO(3)$	147
6.4	Drehimpuls und Parität	150
6.4.1	Gekoppelte Systeme	151
6.5	Die irreduziblen Darstellungen von $SU(2)$	152
6.5.1	Globale Methode	152
6.5.2	Infinitesimale Methode	156
6.6	Charaktere, Clebsch-Gordan-Reihe für $SU(2)$	158
6.6.1	Clebsch-Gordan-Reihe von $SU(2)$	162
6.7	Teilchen mit Spin, Pauli-Gleichung	163
6.8	Aufgaben	167
7.	Störungstheorie und Anwendungen	173
7.1	Die stationäre Störungsrechnung	173
7.1.1	Verallgemeinerungen	176
7.2	Symmetrien und Aufspaltung der Eigenwerte	177

7.2.1	Anwendung auf die 1. Ordnung der Störungstheorie...	179
7.2.2	Die Kommutante einer vollreduziblen Darstellung	180
7.2.3	Anwendung: Der Zeeman-Effekt	181
7.3	Auswahl- und Intensitäts-Regeln	182
7.3.1	Verallgemeinerung auf beliebige kompakte Gruppen...	186
7.4	Der Zeeman-Effekt	187
7.4.1	Der anomale Zeeman-Effekt (schwaches Feld)	188
7.4.2	Paschen-Back-Effekt (starkes Feld)	189
7.4.3	Unvollständiger Paschen-Back-Effekt (beliebiges Feld) .	190
7.5	Gruppentheoretische Analyse des Stark-Effektes	192
7.6	Hyperfeinaufspaltung von H-Atomen	194
7.7	Aufgaben	197
7.8	Anhang: Der quantenmechanische kräftefreie Kreisel	204
8.	Mehrelektronensysteme	209
8.1	Das Ausschlussprinzip für Elektronen	209
8.2	Das Spektrum von Helium	212
8.3	Spektren von Mehrelektronenatomen	220
8.4	Das Schalenmodell der Atome (Aufbau-Prinzip, (L, S)-Terme)	229
8.5	Thomas-Fermi-Modell eines Atoms	236
8.5.1	Das freie Elektronengas	236
8.5.2	Die Thomas-Fermi-Näherung	237
8.6	Thomas-Fermi-Näherung für Weiße Zwerge	240
8.7	Hartree-Fock-Näherung für Atome	244
8.8	Aufgaben	249
9.	Streutheorie	253
9.1	Stationäre Behandlung der Streuung an einem Potential	254
9.2	Die Coulomb-Streuung	259
9.3	Zweitelchenstöße, Austauscheffekte bei identischen Teilchen .	263
9.4	Zeitabhängige Streutheorie	265
9.4.1	Møller-Operatoren und S -Matrix	265
9.4.2	Streuamplitude und Wirkungsquerschnitt	273
9.4.3	Unitarität der S -Matrix und optisches Theorem	276
9.4.4	Die Lippmann-Schwinger-Gleichung	277
9.5	Aufgaben	282
10.	Quantenchemie	283
10.1	Qualitative Betrachtungen	283
10.2	Die Born-Oppenheimer-Methode	285
10.3	Das H_2^- -Ion	290
10.4	Heitler-London Theorie des H_2 -Moleküls	293
10.5	Sättigungseigenschaften der chemischen Bindung	298
10.6	Aufgaben	300

11. Zeitabhängige Störungstheorie	303
11.1 Dyson-Reihe, Übergangswahrscheinlichkeiten	303
11.2 Anregung eines Atoms durch Stoß mit einem schweren Teilchen	306
11.3 Semiklassische Theorie der Coulomb-Anregung	307
11.4 Zeitunabhängige Störungen, Goldene Regel	315
11.4.1 Übergänge in das kontinuierliche Spektrum	317
11.5 Adiabatisches Einschalten der Störung	320
11.6 Periodische Störungen, Resonanzen	321
11.7 Übergänge in 2. Ordnung	322
11.8 Aufgaben	323
12. Anhang A: Lineare Liesche Gruppen	327
12.1 Die volle lineare Gruppe $GL(n, \mathbb{K})$	327
12.2 Differenzierbare Mannigfaltigkeiten im \mathbb{R}^n	327
12.3 Tangentialraum, Tangentialabbildung	331
12.4 Vektorfelder auf Mannigfaltigkeiten	332
12.5 Lineare Liesche Gruppen	332
12.6 Die Liealgebra einer linearen Lieschen Gruppe	333
12.7 Die Exponential-Darstellung	335
12.8 Homomorphismen von Liegruppen und Liealgebren	337
13. Anhang B: Darstellungen von kompakten Gruppen in Hilberträumen	343
13.1 Allgemeines, Charaktere und deren Orthogonalitätsrelationen	343
13.2 Haarsches Maß für $SU(2)$	347
13.3 Die Gruppenalgebra einer kompakten Gruppe und Vollständigkeit der Charaktere	350
13.4 Ausreduktion einer unitären Darstellung einer kompakten Gruppe in einem Hilbertraum	355
14. Anhang C: Clebsch-Gordan-Koeffizienten von $SU(2)$	359
15. Anhang D: Beweis eines Satzes von Hermann Weyl	363
16. Epilog: Grundlagenprobleme der QM	367
16.1 Historisches	367
16.2 Verborgene Variable	368
16.2.1 Kinematische Struktur der QM	369
16.2.2 Die Kochen-Specker Bedingungen für verborgene Variablen	369
16.3 Der Satz von Kochen und Specker	372
16.3.1 Beweis für drei Spin-1/2-Systeme	372
16.3.2 Kochen-Specker-Theorem für Spin-1	374

16.3.3 Unmöglichkeit einer KS-Einbettung für zwei Spin-1/2 Freiheitsgrade	378
16.3.4 Kontext-abhängige verborgene Variablen	379
16.3.5 Klassisches Modell für Spin-1/2	379
16.4 Einstein-Podolsky-Rosen-Experimente	380
16.5 Bellsche Analyse ohne Bell-Ungleichungen	383
16.6 Das quantenmechanische Messproblem	387
16.6.1 Allgemeine Beschreibung einer Messung	387
16.6.2 Das Objektivierungsproblem	388
16.7 Literatur	392
17. Lösungen der Übungsaufgaben	395
Literaturverzeichnis	439
Sachverzeichnis	443