

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b> .....	1
<b>Prolog: „Wie es anfang“</b> .....	5
0.1 Geburt der Quantentheorie .....	12
0.2 Lichtquanten.....	15
0.3 Aufgaben.....	21
<b>1. Materiewellen und Schrödingergleichung</b> .....	23
1.1 Experimenteller Nachweis der Materiewellen .....	23
1.2 Dispersionsgesetz für Materiewellen, kräftefreie Schrödingergleichung .....	24
1.3 Schrödingergleichung für ein Teilchen in äusseren Feldern ...	30
1.4 Der harmonische Oszillator .....	33
1.5 Das Wasserstoffatom.....	40
1.6 Aufgaben .....	45
1.A Krummlinige Koordinaten .....	51
1.B Kugelfunktionen .....	54
1.C Die konfluente hypergeometrische Funktion .....	62
1.D Orthogonale Polynome .....	78
<b>2. Statistische Deutung der Wellenfunktion,     Unschärferelationen und Messprozess</b> .....	83
2.1 Die statistische Interpretation der $\Psi$ -Funktion .....	85
2.2 Verallgemeinerung auf Mehrteilchensysteme.....	86
2.3 Grenzübergang zur klassischen Mechanik .....	88
2.4 Mittelwerte von Funktionen der Koordinaten und Impulse ...	90
2.5 Kanonische Vertauschungsrelationen und Unschärferelationen	93
2.6 Unschärferelationen und Komplementarität .....	94
2.7 Aufgaben.....	107
<b>3. Die formalen Prinzipien der Quantenmechanik</b> .....	113
3.1 Die kinematische Struktur der QM .....	113
3.2 Allgemeine Unschärferelation, kompatible Observablen .....	115
3.3 Idealmessung, Zustandsreduktion .....	116

3.4	Verallgemeinerung des Zustandsbegriffs	118
3.5	Vereinigung zweier quantenmechanischer Systeme	121
3.6	Automorphismen, Satz von Wigner	122
3.7	Allgemeine Form des dynamischen Gesetzes	125
3.8	Schrödinger-, Heisenberg- und Wechselwirkungsbild	128
3.9	Darstellungen der kanonischen Vertauschungsrelationen	131
3.10	Die spektrale Darstellung einer Observablen	132
3.11	Aufgaben	134
3.A	Spektralmasse und Spektralzerlegung eines selbstadjungierten Operators	137
<b>4.</b>	<b>Drehimpuls, Teilchen mit Spin</b>	<b>143</b>
4.1	Rotationsinvarianz und Drehimpuls für spinlose Teilchen	143
4.2	Projektive und unitäre Darstellungen	146
4.3	$SU(2)$ als universelle Überlagerungsgruppe von $SO(3)$	148
4.4	Drehimpuls und Parität	151
4.5	Die irreduziblen Darstellungen von $SU(2)$	153
4.6	Charaktere, Clebsch-Gordan-Reihe für $SU(2)$	160
4.7	Teilchen mit Spin, Pauli-Gleichung	165
4.8	Aufgaben	169
<b>5.</b>	<b>Störungstheorie und Anwendungen</b>	<b>175</b>
5.1	Die stationäre Störungsrechnung	175
5.2	Symmetrien und Aufspaltung der Eigenwerte	179
5.3	Auswahl- und Intensitäts-Regeln	183
5.4	Der Zeeman-Effekt	189
5.5	Gruppentheoretische Analyse des Stark-Effektes	193
5.6	Hyperfeinaufspaltung von H-Atomen	196
5.7	Aufgaben	199
5.A	Der quantenmechanische kräftefreie Kreisel	206
<b>6.</b>	<b>Mehrelektronensysteme</b>	<b>211</b>
6.1	Das Ausschlussprinzip für Elektronen	211
6.2	Das Spektrum von Helium	213
6.3	Spektren von Mehrelektronenatomen	222
6.4	Das Schalenmodell der Atome (Aufbau-Prinzip, $(L, S)$ -Terme)	231
6.5	Thomas-Fermi-Modell eines Atoms	239
6.6	Thomas-Fermi-Näherung für Weiße Zwerge	243
6.7	Hartree-Fock-Näherung für Atome	247
6.8	Aufgaben	252

<b>7. Streutheorie</b> .....	255
7.1 Stationäre Behandlung der Streuung an einem Potential .....	256
7.2 Die Coulomb-Streuung .....	261
7.3 Zweiteilchenstöße, Austauscheffekte bei identischen Teilchen .	265
7.4 Zeitabhängige Streutheorie .....	267
7.5 Aufgaben .....	284
<b>8. Quantenchemie</b> .....	287
8.1 Qualitative Betrachtungen .....	287
8.2 Die Born-Oppenheimer-Methode .....	289
8.3 Das $H_2^+$ -Ion .....	294
8.4 Heitler-London Theorie des $H_2$ -Moleküls .....	298
8.5 Sättigungseigenschaften der chemischen Bindung .....	303
8.6 Aufgaben .....	304
<b>9. Zeitabhängige Störungstheorie</b> .....	307
9.1 Dyson-Reihe, Übergangswahrscheinlichkeiten .....	307
9.2 Anregung eines Atoms durch Stoss mit einem schweren Teilchen .....	309
9.3 Semiklassische Theorie der Coulomb-Anregung .....	311
9.4 Zeitunabhängige Störungen, Goldene Regel .....	319
9.5 Adiabatisches Einschalten der Störung .....	324
9.6 Periodische Störungen, Resonanzen .....	325
9.7 Übergänge in 2. Ordnung .....	326
9.8 Aufgaben .....	328
<b>Gruppentheoretische Anhänge</b> .....	331
<b>A. Lineare Liesche Gruppen</b> .....	333
A.1 Die volle lineare Gruppe $GL(n, \mathbb{K})$ .....	333
A.2 Differenzierbare Mannigfaltigkeiten im $\mathbb{R}^n$ .....	333
A.3 Tangentialraum, Tangentialabbildung .....	337
A.4 Vektorfelder auf Mannigfaltigkeiten .....	338
A.5 Lineare Liesche Gruppen .....	338
A.6 Die Liealgebra einer linearen Lieschen Gruppe .....	339
A.7 Die Exponential-Darstellung .....	341
A.8 Homomorphismen von Liegruppen und Liealgebren .....	342
<b>B. Darstellungen von kompakten Gruppen in Hilberträumen</b>	349
B.1 Allgemeines, Charaktere und deren Orthogonalitätsrelationen .....	349
B.2 Haarsches Mass für $SU(2)$ .....	353
B.3 Die Gruppenalgebra einer kompakten Gruppe und Vollständigkeit der Charaktere .....	355

XIV Inhaltsverzeichnis

B.4 Ausreduktion einer unitären Darstellung einer kompakten Gruppe in einem Hilbertraum .....	360
<b>C. Clebsch-Gordan-Koeffizienten von <math>SU(2)</math> .....</b>	<b>363</b>
<b>D. Beweis eines Satzes von Hermann Weyl.....</b>	<b>367</b>
<b>Epilog: Grundlagenprobleme der QM .....</b>	<b>371</b>
1 Verborgene Variable, Satz von Kochen und Specker .....	371
2 Einstein-Podolsky-Rosen-Experimente .....	379
3 Bellsche Analyse ohne Bell-Ungleichungen .....	382
4 Das quantenmechanische Messproblem .....	386
<b>Literaturverzeichnis (Epilog) .....</b>	<b>393</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>395</b>
<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>399</b>