

INHALTSVERZEICHNIS

5 Quantentheorie des Drehimpulses	1
5.1 Bahndrehimpuls	2
5.1.1 Drehimpuls und Korrespondenzprinzip	2
5.1.2 Drehungen und Drehimpulsoperator	6
5.1.3 Vertauschungsrelationen	11
5.1.4 Eigenwertproblem	13
5.1.5 Ortsdarstellung des Bahndrehimpulses	20
5.1.6 Eigenfunktionen in Ortsdarstellung	24
5.1.7 Aufgaben	30
5.2 Spin	34
5.2.1 Operator des magnetischen Moments	34
5.2.2 Magnetisches Moment und Drehimpuls	36
5.2.3 Hilbert-Raum des Spins	42
5.2.4 Spin $S = \frac{1}{2}$	46
5.2.5 Aufgaben	51
5.3 Relativistische Theorie des Elektrons	53
5.3.1 Dirac-Gleichung	53
5.3.2 Diracscher Spinoperator	59
5.3.3 Elektronenspin (Pauli-Theorie)	63
5.3.4 Spin-Bahn-Wechselwirkung	67
5.3.5 Aufgaben	74
5.4 Addition von Drehimpulsen	75
5.4.1 Gesamtdrehimpuls	75
5.4.2 Quantenzahlen des Gesamtdrehimpulses	78
5.4.3 Clebsch-Gordan-Koeffizienten	82
5.4.4 Aufgaben	85
5.5 Kontrollfragen	86
6 Zentralpotential	91
6.1 Allgemeine Aussagen	92
6.1.1 Radialgleichung	92
6.1.2 Lösungsstruktur	97
6.1.3 Aufgaben	98
6.2 Coulomb-Potential	100
6.2.1 Diskretes Energiespektrum	100
6.2.2 Eigenfunktionen der gebundenen Zustände	107
6.2.3 Laguerre-Polynome	110
6.2.4 Wahrscheinlichkeiten, Erwartungswerte	112
6.2.5 Kernmitbewegung; Zweikörperproblem	117
6.2.6 Aufgaben	121
6.3 Kugelsymmetrischer Potentialtopf	123

6.3.1	Radialgleichung	123
6.3.2	Bessel-Funktionen	124
6.3.3	Gebundene Zustände	129
6.3.4	Kontinuumszustände	132
6.3.5	Aufgaben	134
6.4	Das freie Teilchen	136
6.5	Kontrollfragen	139
7	Näherungsmethoden	142
7.1	Variationsverfahren	143
7.1.1	Extremalprinzip	143
7.1.2	Ritzsches Verfahren	145
7.1.3	Hartree-Gleichungen	148
7.1.4	Aufgaben	151
7.2	Zeitunabhängige Störungstheorie	153
7.2.1	Störung eines nicht-entarteten Niveaus	155
7.2.2	Störung eines entarteten Niveaus	158
7.2.3	Quasientartung	163
7.2.4	Störungstheoretische Grundformel	167
7.2.5	Brillouin-Wignersche Störreihe	170
7.2.6	Aufgaben	171
7.3	Zeitabhängige (Diracsche) Störungstheorie	174
7.3.1	Grundgedanken	174
7.3.2	Übergangswahrscheinlichkeit	179
7.3.3	Fermi's Goldene Regel	182
7.3.4	Periodische Störungen	186
7.3.5	Aufgaben	188
7.4	Quasiklassische Näherung (WKB-Verfahren)	190
7.4.1	Der " $\hbar \rightarrow 0$ "-Grenzfall der Wellenmechanik	191
7.4.2	WKB-Methode	194
7.4.3	Klassische Umkehrpunkte	197
7.4.4	Langer-Verfahren	200
7.4.5	Phasenintegralquantisierung	209
7.4.6	Mathematischer Zusatz: Besselsche Differentialgleichung	210
7.4.7	Aufgaben	214
7.5	Kontrollfragen	215
8	Mehr-Teilchen-Systeme	218
8.1	Unterscheidbare Teilchen	219
8.1.1	Hilbert-Raum zweier unterscheidbarer Teilchen	219
8.1.2	Observable im Produktraum	223
8.1.3	Systeme aus N unterscheidbaren Teilchen	226
8.1.4	Aufgaben	229

8.2	Identische Teilchen	229
8.2.1	Prinzip der Ununterscheidbarkeit	230
8.2.2	Observable und Zustände	233
8.2.3	Hilbert-Raum	236
8.2.4	Basiszustände	239
8.2.5	Besetzungszahldarstellung	241
8.2.6	Pauli-Prinzip	243
8.2.7	Aufgaben	247
8.3	Zweite Quantisierung	249
8.3.1	Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren	250
8.3.2	Operatoren in zweiter Quantisierung	256
8.3.3	Spezielle Operatoren	261
8.3.4	Aufgaben	264
8.4	Anwendungen	266
8.4.1	Hartree-Fock-Gleichungen	266
8.4.2	Wasserstoffmolekül	274
8.4.3	Heliumatom	279
8.4.4	Aufgaben	288
8.5	Kontrollfragen	289
9	Streutheorie	294
9.1	Grundbegriffe	295
9.1.1	Modell des Streuprozesses	295
9.1.2	Formulierung des Streuproblems	298
9.1.3	Aufgaben	302
9.2	Partialwellenmethode	303
9.2.1	Zerlegung nach Partialwellen	303
9.2.2	Streuung an der harten Kugel	307
9.2.3	Streuung langsamer Teilchen am Potentialtopf	312
9.2.4	Resonanzstreuung	316
9.2.5	s-Streuung am Potentialtopf	318
9.2.6	Integraldarstellung für Streuphasen	321
9.2.7	Aufgaben	324
9.3	Integralgleichungen für Streuprobleme	325
9.3.1	Integralform der Streuamplitude	325
9.3.2	Bornsche Reihe	329
9.3.3	Aufgaben	332
9.4	Formale Streutheorie	334
9.4.1	Lippmann-Schwinger-Gleichung	334
9.4.2	S- und T-Matrix	339
9.5	Kontrollfragen	347

Anhang: Lösungen der Übungsaufgaben	350
Kapitel 5.1.7	350
Kapitel 5.2.5	363
Kapitel 5.3.5	371
Kapitel 5.4.4	375
Kapitel 6.1.3	381
Kapitel 6.2.6	385
Kapitel 6.3.5	391
Kapitel 7.1.3	405
Kapitel 7.2.6	412
Kapitel 7.3.5	428
Kapitel 7.4.6	438
Kapitel 8.1.4	443
Kapitel 8.2.7	445
Kapitel 8.3.4	451
Kapitel 8.4.4	458
Kapitel 9.1.3	468
Kapitel 9.2.7	469
Kapitel 9.3.3	473
Stichwörterverzeichnis	485