

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>5</b>	<b>Quantentheorie des Drehimpulses</b> . . . . .	<b>1</b>
5.1	Bahndrehimpuls . . . . .	4
5.1.1	Drehimpuls und Korrespondenzprinzip . . . . .	4
5.1.2	Drehungen und Drehimpulsoperator . . . . .	8
5.1.3	Vertauschungsrelationen . . . . .	13
5.1.4	Eigenwertproblem . . . . .	15
5.1.5	Ortsdarstellung des Bahndrehimpulses . . . . .	22
5.1.6	Eigenfunktionen in Ortsdarstellung . . . . .	26
5.1.7	Aufgaben . . . . .	33
5.2	Spin . . . . .	39
5.2.1	Operator des magnetischen Moments . . . . .	39
5.2.2	Magnetisches Moment und Drehimpuls . . . . .	41
5.2.3	Hilbert-Raum des Spins . . . . .	46
5.2.4	Spin $S = 1/2$ . . . . .	50
5.2.5	Aufgaben . . . . .	55
5.3	Relativistische Theorie des Elektrons . . . . .	60
5.3.1	Dirac-Gleichung . . . . .	60
5.3.2	Dirac'scher Spinoperator . . . . .	67
5.3.3	Elektronenspin (Pauli-Theorie) . . . . .	71
5.3.4	Spin-Bahn-Wechselwirkung . . . . .	74
5.3.5	Aufgaben . . . . .	81

5.4	Addition von Drehimpulsen . . . . .	83
5.4.1	Gesamtdrehimpuls . . . . .	83
5.4.2	Quantenzahlen des Gesamtdrehimpulses . . . . .	86
5.4.3	Clebsch-Gordan-Koeffizienten . . . . .	89
5.4.4	Aufgaben . . . . .	93
	Kontrollfragen . . . . .	94
<b>6</b>	<b>Zentralpotential . . . . .</b>	<b>99</b>
6.1	Allgemeine Aussagen . . . . .	101
6.1.1	Radialgleichung . . . . .	101
6.1.2	Lösungsstruktur . . . . .	105
6.1.3	Aufgaben . . . . .	107
6.2	Coulomb-Potential (H-Atom) . . . . .	109
6.2.1	Diskretes Energiespektrum . . . . .	109
6.2.2	Eigenfunktionen der gebundenen Zustände . . . . .	116
6.2.3	Laguerre-Polynome . . . . .	119
6.2.4	Wahrscheinlichkeiten, Erwartungswerte . . . . .	121
6.2.5	Kernmitbewegung; Zwei-Körper-Problem . . . . .	126
6.2.6	Aufgaben . . . . .	129
6.3	Kugelsymmetrischer Potentialtopf . . . . .	133
6.3.1	Radialgleichung . . . . .	133
6.3.2	Bessel-Funktionen . . . . .	134
6.3.3	Gebundene Zustände . . . . .	139
6.3.4	Kontinuumszustände . . . . .	141
6.3.5	Aufgaben . . . . .	143
6.4	Das freie Teilchen . . . . .	146
	Kontrollfragen . . . . .	149

<b>7</b>	<b>Näherungsmethoden</b>	<b>153</b>
7.1	Variationsverfahren	156
7.1.1	Extremalprinzip	156
7.1.2	Ritz'sches Verfahren	158
7.1.3	Hartree-Gleichungen	160
7.1.4	Aufgaben	163
7.2	Zeitunabhängige Störungstheorie	167
7.2.1	Störung eines nicht-entarteten Niveaus	169
7.2.2	Störung eines entarteten Niveaus	172
7.2.3	Quasientartung	176
7.2.4	Störungstheoretische Grundformel	180
7.2.5	Brillouin-Wigner'sche Störreihe	183
7.2.6	Aufgaben	184
7.3	Zeitabhängige (Dirac'sche) Störungstheorie	189
7.3.1	Grundgedanken	189
7.3.2	Übergangswahrscheinlichkeit	193
7.3.3	Fermi's Goldene Regel	196
7.3.4	Periodische Störungen	200
7.3.5	Aufgaben	202
7.4	Quasiklassische Näherung (WKB-Verfahren)	207
7.4.1	Der „ $\hbar \rightarrow 0$ “-Grenzfall der Wellenmechanik	208
7.4.2	WKB-Methode	210
7.4.3	Klassische Umkehrpunkte	213
7.4.4	Langer-Verfahren	216
7.4.5	Phasenintegralquantisierung	224
7.4.6	Mathematischer Zusatz: Bessel'sche Differentialgleichung	226
7.4.7	Aufgaben	230
	Kontrollfragen	233

<b>8</b>	<b>Mehr-Teilchen-Systeme</b> .....	<b>237</b>
8.1	Unterscheidbare Teilchen .....	240
8.1.1	Hilbert-Raum zweier unterscheidbarer Teilchen .....	240
8.1.2	Observable im Produktraum .....	244
8.1.3	Systeme aus $N$ unterscheidbaren Teilchen .....	247
8.1.4	Aufgaben .....	249
8.2	Identische Teilchen .....	250
8.2.1	Prinzip der Ununterscheidbarkeit .....	250
8.2.2	Observable und Zustände .....	253
8.2.3	Hilbert-Raum .....	256
8.2.4	Basiszustände .....	259
8.2.5	Besetzungszahldarstellung .....	261
8.2.6	Pauli-Prinzip .....	263
8.2.7	Aufgaben .....	267
8.3	Zweite Quantisierung .....	271
8.3.1	Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren .....	272
8.3.2	Operatoren in zweiter Quantisierung .....	279
8.3.3	Spezielle Operatoren .....	283
8.3.4	Aufgaben .....	287
8.4	Anwendungen .....	290
8.4.1	Hartree-Fock-Gleichungen .....	290
8.4.2	Wasserstoffmolekül .....	297
8.4.3	Heliumatom .....	302
8.4.4	Aufgaben .....	311
	Kontrollfragen .....	313
<b>9</b>	<b>Streutheorie</b> .....	<b>317</b>
9.1	Grundbegriffe .....	320
9.1.1	Modell des Streuprozesses .....	320

9.1.2	Formulierung des Streuproblems . . . . .	323
9.1.3	Aufgaben . . . . .	327
9.2	Partialwellenmethode . . . . .	328
9.2.1	Zerlegung nach Partialwellen . . . . .	328
9.2.2	Streuung an der harten Kugel . . . . .	332
9.2.3	Streuung langsamer Teilchen am Potentialtopf . . . . .	336
9.2.4	Resonanzstreuung . . . . .	340
9.2.5	$s$ -Streuung am Potentialtopf . . . . .	343
9.2.6	Integraldarstellung für Streuphasen . . . . .	345
9.2.7	Aufgaben . . . . .	348
9.3	Integralgleichungen für Streuprobleme . . . . .	350
9.3.1	Integralform der Streuamplitude . . . . .	351
9.3.2	Born'sche Reihe . . . . .	355
9.3.3	Aufgaben . . . . .	358
9.4	Formale Streutheorie . . . . .	360
9.4.1	Lippmann-Schwinger-Gleichung . . . . .	360
9.4.2	$S$ - und $T$ -Matrix . . . . .	365
9.4.3	Møller-Operatoren . . . . .	372
9.4.4	Streuoperator . . . . .	379
9.4.5	Aufgaben . . . . .	384
	Kontrollfragen . . . . .	385
	<b>Lösungen der Übungsaufgaben . . . . .</b>	<b>389</b>
	<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>625</b>