

INHALTSVERZEICHNIS

4. Der Teilchenspin	1
4.1 Das spinlose geladene Teilchen im elektromagnetischen Feld	2
4.1.1 Die Lagrange- und Hamiltonfunktion des Problems	2
4.1.1.1 Konstruktion der Lagrangefunktion	4
4.1.1.2 Die Hamiltonfunktion	6
4.1.2 Die Schrödinger-Gleichung im elektromagnetischen Feld	7
4.1.2.1 Der Hamiltonoperator	7
4.1.2.2 Eichtransformationen	8
4.1.3 Homogene Magnetfelder	11
4.1.4 Die Zeemanaufspaltung der Niveaus des Wasserstoffatoms	14
4.2 Einführung des <i>Spins</i> in die Quantenmechanik	17
4.2.1 Experimentelle Evidenzen	18
4.2.2 Der Einbau des Spins in den Formalismus der Quantenmechanik	23
4.2.2.1 Zum Begriff der Konfiguration in der Quantenmechanik	24
4.2.2.2 Matrixdarstellung des Drehimpulses	28
4.2.2.3 Grundlegende Eigenschaften des Spins $s = 1/2$	33
4.2.3 Vollständige Formulierung der Quantenmechanik mit Spin	41
4.2.3.1 Zustände und Operatoren	41
4.2.3.2 Die Pauligleichung	46
4.2.3.3 Homogene Magnetfelder	48
4.2.4 Der Gesamtdrehimpuls eines Teilchens	51
4.2.5 Die Spinpräzession	53

5. Das quantenmechanische Mehrteilchenproblem I:	
Unterscheidbare Teilchen	58
5.1 Historische Vorbemerkungen	58
5.2 Wechselwirkungsfreie Systeme	60
5.3 Das Produkt linearer Räume	62
5.4 Systeme mit Wechselwirkung	69
5.5 Beispiel: Das H-Atom als Zweiteilchenproblem	71
6. Das quantenmechanische Mehrteilchenproblem II:	
Identische Teilchen	76
6.1 Der Begriff der Ununterscheidbarkeit	76
6.2 Permutationen und die symmetrische Gruppe	80
6.2.1 Konfigurations-Permutationen	80
6.2.2 Permutationsoperatoren im Zustandsraum	82
6.2.3 Konsequenzen der Ununterscheidbarkeit	86
6.2.4 Zur allgemeinen Bedeutung von Symmetrien in der Quantenmechanik	96
6.3 Das Pauli-Prinzip	98
6.4 Der Zustandsraum identischer Teilchen	104
6.4.1 Konstruktion des Zustandsraums	104
6.4.2 Zur Darstellung von Zuständen	106
6.5 Grundlegende Konsequenzen des Pauli-Prinzips	115
6.6 Zur Theorie des Helium-Atoms	125
Rückblick auf die Kapitel 1 bis 6 und Ausblick	140
7. Elementare Näherungsmethoden der Quantenmechanik	141
7.1 Das Ritzsche Variationsverfahren	142
7.2 Die zeitunabhängige Störungsrechnung	145
7.2.1 Der nichtentartete Fall	147
7.2.2 Bemerkungen über semikonvergente Reihen	153
7.2.3 Der entartete Fall	157
7.3 Die zeitabhängige Störungsrechnung	164
7.3.1 Durchführung der Störungsrechnung	166
7.3.2 Diskussion des Übergangsverhaltens	171
7.3.3 Das Konzept der Zustandsdichte	177
8. Die zweite Quantisierung	182
8.1 Die Besetzungszahldarstellung und der Fock-Raum	184
8.2 Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren	191
8.2.1 Der Bose-Fall	192
8.2.2 Der Fermi-Fall	198

8.3	Basistransformationen und Feldoperatoren	202
8.3.1	Diskrete Basen	203
8.3.2	Kontinuierliche Konfigurationen	206
8.3.3	Zweite Quantisierung und physikalische Anschauung ..	213
8.4	Operatoren in zweiter Quantelung	216
8.4.1	Allgemeine Zusammenhänge	217
8.4.2	Spezielle Operatoren	220
8.4.2.1	Einteilchen-Operatoren	220
8.4.2.2	Zweiteilchen-Operatoren	225
8.4.3	Veranschaulichung von Operatoren	233
8.5	Rechenpraxis: Erwartungswerte	235
8.6	Zeitabhängige Probleme	241
9.	Zur formalen Störungstheorie	248
9.1	Zur Integration der zeitabhängigen Schrödinger-Gleichung ...	248
9.2	Wechselwirkungsbild und Dysonsche Reihe	256
9.3	Die Resolvente eines Operators und verwandte Konzepte	262
9.3.1	Die Resolvente eines selbstdadjungierten Operators ..	262
9.3.2	Aufspaltungen und Umformungen der Resolvente	264
9.3.3	Über den Zusammenhang der Resolvente mit dem Zeitentwicklungsoperator	268
9.3.3.1	Die halbseitige Fouriertransformation	268
9.3.3.2	Zeitentwicklungsoperator und Resolvente ...	281
9.4	Zeitunabhängige Störungsrechnung	286
9.4.1	Die zeitunabhängige Störungsrechnung für eigentliche Zustände	286
9.4.2	Störungsrechnung im Kontinuum	293
9.4.2.1	Der Übergang zum Quasikontinuum	294
9.4.2.2	Behandlung mittels Greenscher Funktionen ..	297
9.5	Streutheorie	304
9.5.1	Das Grundproblem der Streutheorie	305
9.5.2	Mathematische Formulierung des Streuproblems	307
9.5.3	Die Streuzustände $ \varepsilon^+\rangle$ und $ \varepsilon^-\rangle$	314
9.5.4	Die Bornsche Integralgleichung	318
9.5.5	Die Streu- und die Transfermatrix	325
9.5.6	Transfermatrix, Streuamplitude und die Bornsche Reihe	332
10.	Das relativistische Elektron und die Dirac-Gleichung	339
10.1	Erinnerung an die relativistische Mechanik	339
10.2	Die Quantisierung	343

10.3	Die Dirac-Matrizen	347
10.4	Diracgleichung und Dirac-Operator	349
10.5	Lösung der Freiteilchen-Diracgleichung und Interpretation der Ergebnisse	351
10.6	Die Diracgleichung mit elektromagnetischem Feld	359
10.7	Die Pauligleichung als nichtrelativistischer Grenzfall der Diracgleichung mit elektromagnetischem Feld	361
10.8	Ausblick	366
Übungsaufgaben		369
Register		449