

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	v
1 Materiewellen	1
1.1 Welleneigenschaften der Materie	1
1.2 Freie Teilchen	4
1.2.1 Wellenpakete	6
1.2.2 Zerfließen der Wellenpakete	7
1.2.3 Wellengleichung	9
1.2.4 Kontinuitätsgleichung	10
1.3 Deutung der Materiewellen	12
1.3.1 Wahrscheinlichkeitsinterpretation	14
1.3.2 Welle-Teilchen-Dualismus	16
1.4 Impulsraum	18
1.5 Impulsoperator, Ortsoperator	21
1.6 Heisenberg'sche Unschärferelation	23
2 Schrödingergleichung	29
2.1 Zeitabhängige Schrödingergleichung	29
2.2 Zeitunabhängige Schrödingergleichung	30
3 Wellenmechanik in einer Dimension	33
3.1 Teilchen im Kasten: unendlich hoher Potenzialtopf	34
3.1.1 Dreidimensionaler Kasten	37
3.2 Endlicher Potenzialtopf	39
3.2.1 Gebundene Zustände	40
3.2.2 Streuzustände	46
3.2.3 Streuung von Wellenpaketen	53
3.3 Potenzialbarriere	58
3.4 Tunneleffekt	60
3.4.1 α -Zerfall	61
3.4.2 Kalte Emission	63
3.5 Allgemeine eindimensionale Potenziale	64
4 Formalismus der Quantenmechanik	67
4.1 Hilbertraum	67
4.2 Physikalischer Zustandsraum	71
4.3 Lineare Operatoren	72
4.4 Diracnotation	77

4.5	Observable	78
4.5.1	Observable und Messwerte	78
4.5.2	Verträgliche Observable	79
4.5.3	Parität	81
4.5.4	Unschärferelation	83
4.6	Die Postulate der Quantenmechanik	84
4.7	Wahrscheinlichkeitsdeutung der Entwicklungskoeffizienten	84
5	Harmonischer Oszillator	87
5.1	Spektrum	87
5.2	Eigenfunktionen	91
5.3	Unschärfen	94
5.4	Oszillierendes Wellenpaket	95
5.4.1	Kohärente Zustände	97
5.5	Dreidimensionaler harmonischer Oszillator	99
6	Das Spektrum selbstadjungierter Operatoren	101
6.1	Diskretes Spektrum	101
6.2	Kontinuierliches Spektrum	101
6.2.1	Impulsoperator	101
6.2.2	Ortsoperator	103
6.2.3	Teilchen im Topf	104
6.2.4	Uneigentliche Eigenvektoren	106
6.3	Spektralsatz	108
6.4	Wahrscheinlichkeitsinterpretation	110
7	Darstellungen	111
7.1	Vektoren und Basen	111
7.2	Ortsdarstellung	113
7.3	Impulsdarstellung	113
7.4	Darstellungen der Quantenmechanik	114
7.5	Energiedarstellung	115
7.6	Basiswechsel	116
8	Zeitliche Entwicklung	119
8.1	Schrödingerbild	119
8.1.1	Neutrino-Oszillationen	121
8.2	Heisenbergbild	123
8.3	Ehrenfest'sche Theoreme	125

9 Drehimpuls	127
9.1 Drehimpulsoperator	127
9.2 Teilchen im Zentralpotenzial	129
9.2.1 Kugelkoordinaten	131
9.3 Eigenwerte des Drehimpulses	134
9.3.1 Allgemeine Drehimpulseigenwerte	134
9.3.2 Eigenwerte des Bahndrehimpulses	137
9.4 Eigenfunktionen zu \vec{L}^2 und L_3	139
9.4.1 Darstellung im Ortsraum	139
9.5 Radialgleichung	143
10 Rotation und Schwingung zweiatomiger Moleküle	145
10.1 Zweikörperproblem	146
10.2 Rotations-Vibrations-Spektrum	148
11 Kugelförmiger Kasten	151
12 Vollständige Sätze kommutierender Observablen	157
13 Das Wasserstoffatom, Teil I	159
13.1 Spektrum und Eigenfunktionen	160
13.2 Runge-Lenz-Pauli-Vektor	166
13.2.1 Klassische Mechanik	167
13.2.2 Quantenmechanik	168
14 Teilchen im elektromagnetischen Feld	173
14.1 Hamiltonoperator	173
14.2 Konstantes Magnetfeld	175
14.3 Bewegung eines Teilchens im konstanten Magnetfeld	176
14.4 Normaler Zeemaneffekt	179
15 Spin	181
15.1 Experimentelle Hinweise	181
15.2 Spin 1/2	181
15.3 Wellenfunktionen mit Spin	184
15.4 Pauligleichung	185
15.4.1 Spinpräzession	187
15.5 Stern-Gerlach-Versuch	188
15.6 Drehung von Spinoren	192
15.6.1 Eigenspinoren zu beliebigen Richtungen	192
15.6.2 Drehungen	193

15.7	Der Messprozess, illustriert am Beispiel des Spins	196
16	Addition von Drehimpulsen	205
16.1	Addition zweier Drehimpulse	205
16.2	Zwei Spins $1/2$	208
16.3	Bahndrehimpuls und Spin $1/2$	210
17	Zeitunabhängige Störungstheorie	211
17.1	Korrekturen zum Hamiltonoperator des Wasserstoffatoms .	211
17.2	Rayleigh-Schrödinger-Störungstheorie	212
17.2.1	Nicht entartete Störungstheorie	212
17.2.2	Störungstheorie für entartete Zustände	214
17.3	Das Wasserstoffatom, Teil II	216
17.3.1	Feinstruktur des Spektrums	216
17.4	Anormaler Zeemaneffekt	220
18	Quantentheorie mehrerer Teilchen	223
18.1	Mehrteilchen-Schrödingergleichung	223
18.2	Pauliprinzip	224
18.2.1	Ununterscheidbare Teilchen	224
18.2.2	Pauliprinzip	226
18.3	Bosonen und Fermionen	229
18.4	Das Heliumatom	230
18.4.1	Ortho- und Parahelium	230
18.4.2	Störungstheorie	231
18.4.3	Ritz'sches Variationsverfahren	235
18.5	Atombau	237
18.5.1	Zentralfeldmodell	237
18.5.2	Hartree-Fock-Approximation	240
18.6	Austauschwechselwirkung	244
18.7	Das Wasserstoffmolekül	246
19	Zeitabhängige Störungen	251
19.1	Zeitabhängige Störungstheorie	251
19.2	Fermis goldene Regel	256
19.2.1	Zeitunabhängige Störungen	256
19.2.2	Periodische Störungen	258
19.3	Absorption und Emission von Strahlung	260
19.4	Spontane Emission	263

20 Photonen	265
20.1 Quantisierung des Strahlungsfeldes	265
20.2 Spontane Emission	272
21 Statistischer Operator	277
21.1 Gemische	277
21.2 Unterschied zwischen reinen und gemischten Zuständen . .	280
22 Messprozess und Bell'sche Ungleichungen	283
22.1 Messprozess	283
22.2 EPR-Paradoxon und Bell'sche Ungleichungen	288
23 Stationäre Streutheorie	295
23.1 Das stationäre Streuproblem	295
23.2 Partialwellenentwicklung	302
23.3 Born'sche Näherung	311
24 Pfadintegrale in der Quantenmechanik	317
24.1 Grundkurs Pfadintegrale	317
24.1.1 Einführung	317
24.1.2 Übergangsamplitude	319
24.1.3 Harmonischer Oszillator	325
24.1.4 Aharonov-Bohm-Effekt	329
24.2 Aufbaukurs Pfadintegrale	334
24.2.1 Euklidisches Pfadintegral	334
24.2.2 Green'sche Funktionen	337
24.2.3 Erzeugende Funktionale	339
24.2.4 Harmonischer Oszillator II	340
24.2.5 Systeme mit quadratischer Wirkung	345
24.2.6 Beispiel: Energieaufspaltung	347
25 Relativistische Quantenmechanik	355
25.1 Relativistische Notation	355
25.2 Klein-Gordon-Gleichung	356
25.3 Diracgleichung	360
25.3.1 Diracgleichung	360
25.3.2 Spin 1/2	367
25.3.3 Relativistisches Coulombproblem	370
A Dirac'sche δ-Funktion	375

B	Fouriertransformation	381
B.1	Fourierreihen	381
B.2	Fourierintegrale	383
C	Formelsammlung	385
	Literaturhinweise	391
	Index	393