
Inhaltsverzeichnis

Teil I Formalismus und Interpretation

1	Einleitung: Nichtlokal oder unreal?	3
2	Formalismus I: Endlichdimensionale Hilbert-Räume	9
2.1	Die Postulate der Quantenmechanik – Überblick	9
2.2	Zustände im Hilbert-Raum	14
2.3	Lineare hermitesche Operatoren	19
2.4	Eigenwerte und Eigenvektoren	24
2.5	Projektion und Messung	27
2.6	Unitäre Operatoren	36
2.7	Zeitentwicklung und Schrödinger-Gleichung	42
2.8	Kommutator und Unschärfe	49
2.9	Schrödinger-Bild und Heisenberg-Bild	57
2.10	Tensorprodukte	62
3	Formalismus II: Unendlichdimensionale Hilbert-Räume	75
3.1	Mengen von Funktionen als Vektorräume	76
3.2	Skalarprodukt und Orthonormalbasis	80
3.3	Pseudo-Vektoren und Fourier-Transformation	95
3.4	Orts- und Impulsoperator, Korrespondenzprinzip	106
3.5	Materiewellen und Welle-Teilchen-Dualität	109
3.6	Schrödinger-Gleichung im eindimensionalen Ortsraum	117
3.7	Mehrere Dimensionen	120
3.8	Mehrere Teilchen	127
4	Interpretationen	133
4.1	Problematik	133
4.2	Viele-Welten-Interpretation	137
4.3	Kopenhagener Deutung	144
4.4	De-Broglie-Bohm-Theorie	146

XI

4.5	Kollapsmodelle	149
4.6	New-Age-Interpretation	151
4.7	Schlussfolgerungen	152

Teil II Einzelnes skalares Teilchen in äußerem Potential

5	Eindimensionale Probleme	157
5.1	Zerfließen eines Gauß'schen Wellenpakets	158
5.2	Stückweise konstante Potentiale	162
5.2.1	Allgemein	162
5.2.2	Potentialstufe	164
5.2.3	Potentialtopf	167
5.2.4	Potentialwall	172
5.3	Harmonischer Oszillator	174
6	Zweidimensionale Systeme	179
6.1	Kartesische Koordinaten	179
6.2	Polarkoordinaten	182
7	Dreidimensionale Systeme	189
7.1	Drehimpulsalgebra	190
7.2	Kugelflächenfunktionen	196
7.3	Zentralpotential	204
7.4	Freies Teilchen	209
7.5	Coulomb-Potential und Wasserstoffatom	213
8	Streutheorie	221
8.1	Wirkungsquerschnitt	222
8.2	Born'sche Näherung	226
8.3	Streuphasenanalyse	231

Teil III Weiterführende Themen

9	Spin	237
9.1	Spin 1/2 und Spin 1	237
9.2	Addition von Drehimpulsen	241
9.3	SO(3) und SU(2)	248
10	Elektromagnetische Wechselwirkung	259
10.1	Hamilton-Operator	260
10.2	Eichinvarianz	262
10.3	Magnetisches Moment	265

10.4	Effekte	268
10.4.1	Normaler Zeeman-Effekt	268
10.4.2	Stern-Gerlach-Versuch	269
10.4.3	Aharanov-Bohm-Effekt	270
11	Störungstheorie	273
11.1	Stationäre Störungstheorie	274
11.1.1	Entwicklung nach Störparameter	274
11.1.2	Stark-Effekt	277
11.1.3	Fein- und Hyperfeinstruktur des H-Atoms	279
11.2	Zeitabhängige Störungstheorie	280
11.2.1	Entwicklung nach Störparameter	280
11.2.2	Dirac-Bild	282
11.2.3	Periodische Störung und Fermis Goldene Regel	286
12	N-Teilchen-Systeme	291
12.1	Bosonen und Fermionen	292
12.1.1	Unterscheidbare und ununterscheidbare Teilchen	292
12.1.2	Zwei Teilchen	293
12.1.3	N Teilchen	296
12.2	Fock-Raum	299
12.3	Dichteoperator	301
12.4	Dekohärenz	307
13	Pfadintegral	313
14	Dirac-Gleichung	319
15	Quanten-Pandämonium	325
15.1	Ein Delayed-Choice-Experiment	326
15.2	Wechselwirkungsfreie Messung	328
15.3	Quantenradierer mit verschränkten Photonen	330
15.4	Quanten-Zeno-Effekt	332
15.5	Kochen-Specker-Theorem	334
	Lösungen der Aufgaben	337
	Literaturverzeichnis	369
	Sachverzeichnis	373