

Wolfgang Nolting

Grundkurs Theoretische Physik 5/1

Quantenmechanik – Grundlagen

7., aktualisierte Auflage

 Springer

Inhaltsverzeichnis

1	Induktive Begründung der Wellenmechanik	
1.1	Grenzen der klassischen Physik	4
1.1.1	Aufgaben	7
1.2	Das Plancksche Wirkungsquantum	8
1.2.1	Wärmestrahlungsgesetze	8
1.2.2	Das Versagen der klassischen Physik	11
1.2.3	Die Plancksche Formel	14
1.2.4	Aufgaben	17
1.3	Atome, Elektronen, Atomkerne	18
1.3.1	Teilbarkeit der Materie	18
1.3.2	Elektronen	23
1.3.3	Rutherford-Streuung	32
1.3.4	Aufgaben	38
1.4	Lichtwellen, Lichtquanten	40
1.4.1	Interferenz, Beugung	40
1.4.2	Fraunhofer-Beugung	43
1.4.3	Beugung am Kristallgitter	47
1.4.4	Lichtquanten, Photonen	52
1.4.5	Aufgaben	57
1.5	Semiklassische Modellvorstellungen zum Atomaufbau	59
1.5.1	Versagen des klassischen Rutherford-Modells	59
1.5.2	Bohrsches Atommodell	62
1.5.3	Korrespondenzprinzip	70
1.5.4	Aufgaben	74
1.6	Kontrollfragen	75
2	Schrödinger-Gleichung	
2.1	Materiewellen	82
2.1.1	Wirkungswellen in der Hamilton-Jacobi-Theorie	83
2.1.2	Die de Broglie-Wellen	87
2.1.3	Das Doppelspaltexperiment	90
2.1.4	Aufgaben	92
2.2	Die Wellenfunktion	93
2.2.1	Statistische Interpretation	93
2.2.2	Die freie Materiewelle	97
2.2.3	Wellenpakete	100
2.2.4	Wellenfunktion im Impulsraum	106

2.2.5	Periodische Randbedingungen	107
2.2.6	Mittelwerte, Schwankungen	109
2.2.7	Aufgaben	111
2.3	Der Impulsoperator	115
2.3.1	Impuls- und Ortsdarstellung	115
2.3.2	Nicht-Vertauschbarkeit von Operatoren	118
2.3.3	Korrespondenzregel	119
2.3.4	Aufgaben	122
2.4	Kontrollfragen	125

3 Grundlagen der Quantenmechanik (Dirac-Formalismus)

3.1	Begriffe	132
3.1.1	Zustand	132
3.1.2	Präparation eines reinen Zustands	133
3.1.3	Observable	138
3.2	Mathematischer Formalismus	139
3.2.1	Hilbert-Raum	139
3.2.2	Hilbert-Raum der quadratintegrablen Funktionen ($\mathcal{H} = L^2$)	145
3.2.3	Dualer Raum, bra- und ket-Vektoren	147
3.2.4	Uneigentliche (Dirac-)Vektoren	149
3.2.5	Lineare Operatoren	153
3.2.6	Eigenwertproblem	157
3.2.7	Spezielle Operatoren	162
3.2.8	Lineare Operatoren als Matrizen	169
3.2.9	Aufgaben	174
3.3	Physikalische Interpretation	185
3.3.1	Postulate der Quantenmechanik	185
3.3.2	Meßprozeß	187
3.3.3	Verträgliche, nicht-verträgliche Observable	191
3.3.4	Dichtematrix (Statistischer Operator)	194
3.3.5	Unbestimmtheitsrelation	199
3.3.6	Aufgaben	200
3.4	Dynamik der Quantensysteme	204
3.4.1	Zeitentwicklung der Zustände (Schrödinger-Bild)	204
3.4.2	Zeitentwicklungsoperator	208
3.4.3	Zeitentwicklung der Observablen (Heisenberg-Bild) ...	211
3.4.4	Wechselwirkungsdarstellung (Dirac-Bild)	215
3.4.5	Quantentheoretische Bewegungsgleichungen	218

3.4.6	Energie-Zeit-Unschärferelation.....	220
3.4.7	Aufgaben.....	222
3.5	Korrespondenzprinzip.....	225
3.5.1	Heisenberg-Bild und klassische Poisson-Klammer.....	225
3.5.2	Orts- und Impulsdarstellung.....	228
3.5.3	Aufgaben.....	235
3.6	Kontrollfragen.....	239

4 Einfache Modellsysteme

4.1	Allgemeine Aussagen zu eindimensionalen Potentialproblemen	248
4.1.1	Lösung der eindimensionalen Schrödinger-Gleichung	248
4.1.2	Wronski-Determinante	252
4.1.3	Eigenwertspektrum	254
4.1.4	Parität	259
4.1.5	Aufgaben.....	261
4.2	Potentialtopf	261
4.2.1	Gebundene Zustände	262
4.2.2	Streuzustände.....	267
4.2.3	Aufgaben.....	272
4.3	Potentialbarrieren	276
4.3.1	Potentialstufe	276
4.3.2	Potentialwall.....	282
4.3.3	Tunneleffekt	284
4.3.4	Beispiel: α -Radioaktivität	286
4.3.5	Kronig-Penney-Modell.....	290
4.3.6	Aufgaben.....	296
4.4	Harmonischer Oszillator	301
4.4.1	Erzeugungs- und Vernichtungsoperator	303
4.4.2	Eigenwertproblem des Besetzungszahloperators	305
4.4.3	Spektrum des harmonischen Oszillators.....	308
4.4.4	Ortsdarstellung	311
4.4.5	Sommerfeldsche Polynommethode	315
4.4.6	Mehrdimensionaler harmonischer Oszillator.....	319
4.4.7	Aufgaben.....	321
4.5	Kontrollfragen	328

Lösungen der Übungsaufgaben	331
--	------------

Sachverzeichnis.....	503
-----------------------------	------------