
Inhaltsverzeichnis

1	Induktive Begründung der Wellenmechanik	1
1.1	Grenzen der klassischen Physik	4
1.1.1	Aufgaben	7
1.2	Das Planck'sche Wirkungsquantum	8
1.2.1	Wärmestrahlungsgesetze	8
1.2.2	Das Versagen der klassischen Physik	11
1.2.3	Die Planck'sche Formel	14
1.2.4	Aufgaben	18
1.3	Atome, Elektronen, Atomkerne	18
1.3.1	Teilbarkeit der Materie	18
1.3.2	Elektronen	23
1.3.3	Rutherford-Streuung	33
1.3.4	Aufgaben	38
1.4	Lichtwellen, Lichtquanten	41
1.4.1	Interferenz, Beugung	42
1.4.2	Fraunhofer-Beugung	45
1.4.3	Beugung am Kristallgitter	49
1.4.4	Lichtquanten, Photonen	54
1.4.5	Aufgaben	59
1.5	Semiklassische Modellvorstellungen zum Atomaufbau	61
1.5.1	Versagen des klassischen Rutherford-Modells	61

1.5.2	Bohr'sches Atommodell	65
1.5.3	Korrespondenzprinzip	72
1.5.4	Aufgaben	77
	Kontrollfragen	77
2	Schrödinger-Gleichung	81
2.1	Materiewellen	83
2.1.1	Wirkungswellen in der Hamilton-Jacobi-Theorie	84
2.1.2	Die de Broglie-Wellen	88
2.1.3	Das Doppelspaltexperiment	91
2.1.4	Aufgaben	93
2.2	Die Wellenfunktion	94
2.2.1	Statistische Interpretation	94
2.2.2	Die freie Materiewelle	98
2.2.3	Wellenpakete	102
2.2.4	Wellenfunktion im Impulsraum	107
2.2.5	Periodische Randbedingungen	109
2.2.6	Mittelwerte, Schwankungen	111
2.2.7	Aufgaben	112
2.3	Der Impulsoperator	117
2.3.1	Impuls- und Ortsdarstellung	117
2.3.2	Nicht-Vertauschbarkeit von Operatoren	120
2.3.3	Korrespondenzregel	122
2.3.4	Aufgaben	125
	Kontrollfragen	128
3	Grundlagen der Quantenmechanik (Dirac-Formalismus)	131
3.1	Begriffe	134
3.1.1	Zustand	134
3.1.2	Präparation eines reinen Zustands	135

3.1.3	Observable	140
3.2	Mathematischer Formalismus	141
3.2.1	Hilbert-Raum	141
3.2.2	Hilbert-Raum der quadratintegrablen Funktionen ($\mathcal{H} = L^2$)	147
3.2.3	Dualer Raum, bra- und ket-Vektoren	149
3.2.4	Uneigentliche (Dirac-)Vektoren	151
3.2.5	Lineare Operatoren	155
3.2.6	Eigenwertproblem	159
3.2.7	Spezielle Operatoren	164
3.2.8	Lineare Operatoren als Matrizen	170
3.2.9	Aufgaben	175
3.3	Physikalische Interpretation	188
3.3.1	Postulate der Quantenmechanik	189
3.3.2	Messprozess	191
3.3.3	Verträgliche, nicht-verträgliche Observable	195
3.3.4	Dichtematrix (Statistischer Operator)	198
3.3.5	Unbestimmtheitsrelation	203
3.3.6	Aufgaben	205
3.4	Dynamik der Quantensysteme	209
3.4.1	Zeitentwicklung der Zustände (Schrödinger-Bild)	210
3.4.2	Zeitentwicklungsoperator	213
3.4.3	Zeitentwicklung der Observablen (Heisenberg-Bild)	217
3.4.4	Wechselwirkungsdarstellung (Dirac-Bild)	220
3.4.5	Quantentheoretische Bewegungsgleichungen	223
3.4.6	Energie-Zeit-Unschärferelation	226
3.4.7	Aufgaben	228
3.5	Korrespondenzprinzip	231
3.5.1	Heisenberg-Bild und klassische Poisson-Klammer	232
3.5.2	Orts- und Impulsdarstellung	235
3.5.3	Aufgaben	241
	Kontrollfragen	245

4 Einfache Modellsysteme	251
4.1 Allgemeine Aussagen zu eindimensionalen Potentialproblemen	254
4.1.1 Lösung der eindimensionalen Schrödinger-Gleichung	254
4.1.2 Wronski-Determinante	258
4.1.3 Eigenwertspektrum	260
4.1.4 Parität	265
4.1.5 Aufgaben	267
4.2 Potentialtopf	268
4.2.1 Gebundene Zustände	268
4.2.2 Streuzustände	273
4.2.3 Aufgaben	278
4.3 Potentialbarrieren	283
4.3.1 Potentialstufe	283
4.3.2 Potentialwall	289
4.3.3 Tunneleffekt	292
4.3.4 Beispiel: α-Radioaktivität	293
4.3.5 Kronig-Penney-Modell	297
4.3.6 Aufgaben	303
4.4 Harmonischer Oszillator	307
4.4.1 Erzeugungs- und Vernichtungsoperator	309
4.4.2 Eigenwertproblem des Besetzungszahloperators	311
4.4.3 Spektrum des harmonischen Oszillators	315
4.4.4 Ortsdarstellung	317
4.4.5 Sommerfeld'sche Polynommethode	321
4.4.6 Mehrdimensionaler harmonischer Oszillator	325
4.4.7 Aufgaben	327
Kontrollfragen	334
Lösungen der Übungsaufgaben	339
Sachverzeichnis	535