

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 |