

Inhaltsverzeichnis

Vorwort *V*

- 1 Quantenmechanik und moderne Welt** *1*

- 2 Die Anfänge der Quantenmechanik** *3*
 - 2.1 Plancksches Strahlungsgesetz 1900 *4*
 - 2.2 Der Photoeffekt 1905 *6*
 - 2.3 Das Bohrsche Atommodell 1913 *9*
 - 2.4 Welleneigenschaften der Materie 1924 *13*
 - 2.5 Der Compton-Effekt 1922 *16*
 - 2.6 Das Doppelspalt-Experiment *18*
 - 2.7 Leitgedanken *25*
 - 2.8 Aufgaben *29*

- 3 Die Schrödinger-Gleichung** *31*
 - 3.1 Aufstellung der Schrödinger-Gleichung 1926 *32*
 - 3.2 Stationäre Zustände *39*
 - 3.3 Orts- und Impulsoperator *43*
 - 3.4 Die Kontinuitätsgleichung *53*
 - 3.5 Leitgedanken *58*
 - 3.6 Aufgaben *64*

- 4 Freie Wellenpakete** *69*
 - 4.1 Klassische Wellenpakete * *69*
 - 4.2 Wellenpakete freier Quantenobjekte *74*
 - 4.3 Interferenz von zwei Wellenpaketen * *83*
 - 4.4 Leitgedanken *86*
 - 4.5 Aufgaben *89*

- 5 Stückweise konstante Potentiale** *92*
 - 5.1 Unendlich tiefer Potentialtopf *93*
 - 5.2 Potentialstufe *104*
 - 5.3 Wellenpakete an einer Potentialstufe * *110*
 - 5.4 Potentialwall und Tunneleffekt *114*
 - 5.5 Endlich tiefer Potentialtopf *124*

X | Inhaltsverzeichnis

- 5.6 Abschließende Bemerkungen 129
- 5.7 Leitgedanken 131
- 5.8 Aufgaben 136

- 6 Der harmonische Oszillator 141**
 - 6.1 Lösung mit Potenzreihen 142
 - 6.2 Algebraische Lösung mit Leiteroperatoren 151
 - 6.3 Schwingende Zustände * 156
 - 6.4 Leitgedanken 159
 - 6.5 Aufgaben 162

- 7 Die mathematische Struktur 167**
 - 7.1 Der Hilbertraum 168
 - 7.2 Die Operatoren der Quantenmechanik 178
 - 7.3 Das Ehrenfestsche Theorem 185
 - 7.4 Leitgedanken 190
 - 7.5 Aufgaben 193

- 8 Messprozess und Unbestimmtheitsrelation 200**
 - 8.1 Der Messprozess 201
 - 8.2 Allgemeine Unbestimmtheitsrelation 211
 - 8.3 Unbestimmtheitsrelation für Energie und Zeit 221
 - 8.4 Wechselwirkungsfreie Messung * 1993 229
 - 8.5 Interpretationsprobleme 233
 - 8.6 Leitgedanken 237
 - 8.7 Aufgaben 241

- 9 Der Drehimpulsoperator 247**
 - 9.1 Einführung und Motivation * 248
 - 9.2 Eigenwerte des Drehimpulsoperators 248
 - 9.3 Eigenfunktionen des Bahndrehimpulsoperators 255
 - 9.4 Leitgedanken 260
 - 9.5 Aufgaben 263

- 10 Das Wasserstoffatom 267**
 - 10.1 Spektrum des Wasserstoffatoms 267
 - 10.2 Wellenfunktionen des Wasserstoffatoms 276
 - 10.3 Leitgedanken 286
 - 10.4 Aufgaben 289

- 11 Elektromagnetische Felder 293**
 - 11.1 Hamiltonoperator und Eichinvarianz 293
 - 11.2 Homogene Magnetfelder 296
 - 11.3 Der Aharonov-Bohm-Effekt * 1959 299
 - 11.4 Leitgedanken 304
 - 11.5 Aufgaben 306

12	Der Spin	308
12.1	Einführung	309
12.2	Der Stern-Gerlach-Versuch 1922	309
12.3	Spin-1/2-Teilchen	311
12.4	Magnetisches Moment des Spins	319
12.5	Wellenfunktionen mit Spin	324
12.6	Leitgedanken	327
12.7	Aufgaben	330
13	Addition von Drehimpulsen	336
13.1	Einführung und Motivation *	336
13.2	Addition von zwei Spins mit $s = \frac{1}{2}$	337
13.3	Addition von Bahndrehimpuls und Spin	341
13.4	Allgemeine Addition von zwei Drehimpulsen	345
13.5	Leitgedanken	346
13.6	Aufgaben	350
14	Zeitunabhängige Störungstheorie	352
14.1	Einführung	352
14.2	Störung nicht entarteter Niveaus	353
14.3	Störung entarteter Niveaus	360
14.4	Feinstruktur des Wasserstoffatoms	364
14.5	Der Zeeman-Effekt	371
14.6	Leitgedanken	377
14.7	Aufgaben	384
15	Variationsprinzip	388
15.1	Das Variationsprinzip	388
15.2	Leitgedanken	393
15.3	Aufgaben	394
16	Identische Teilchen	396
16.1	Unterscheidbare Teilchen	397
16.2	Identische Teilchen	398
16.3	Symmetrisierung und Antisymmetrisierung	406
16.4	Leitgedanken	421
16.5	Aufgaben	424
17	Mehrelektronenatome	429
17.1	Das Heliumatom	429
17.2	Das Periodensystem *	436
17.3	Die Hartree-Methode	440
17.4	Leitgedanken	444
17.5	Aufgaben	447

XII | *Inhaltsverzeichnis*

- 18 Moleküle 449**
 - 18.1 Das ionisierte Wasserstoffmolekül 449
 - 18.2 Das Wasserstoffmolekül 454
 - 18.3 Hybridorbitale * 459
 - 18.4 Van-der-Waals-Kräfte * 461
 - 18.5 Leitgedanken 464
 - 18.6 Aufgaben 469

- 19 Kristalle 470**
 - 19.1 Klassische Frequenzaufspaltung 470
 - 19.2 Energiebänder in Kristallen 471
 - 19.3 Leitgedanken 481
 - 19.4 Aufgaben 485

- 20 Zeitabhängige Störungstheorie 487**
 - 20.1 Allgemeine Störungsentwicklung 488
 - 20.2 Absorption und induzierte Emission 494
 - 20.3 Auswahlregeln für elektrische Dipolübergänge 505
 - 20.4 Spontane Emission und Einsteinkoeffizienten 508
 - 20.5 Plötzliche Parameteränderung * 513
 - 20.6 Leitgedanken 516
 - 20.7 Aufgaben 522

- 21 Der Dichteoperator 525**
 - 21.1 Der Dichteoperator reiner Gesamtheiten 525
 - 21.2 Der Dichteoperator gemischter Gesamtheiten 526
 - 21.3 Leitgedanken 537
 - 21.4 Aufgaben 539

- 22 Verschränkung 543**
 - 22.1 Verschränkung 544
 - 22.2 No-Cloning-Theorem 1982 551
 - 22.3 Verschränkung und Doppelspalt-Experiment 555
 - 22.4 Die Dekohärenz-Theorie * 562
 - 22.5 Quantenkryptographie * 571
 - 22.6 Leitgedanken 576
 - 22.7 Aufgaben 581

- 23 EPR und Bellsche Ungleichungen 585**
 - 23.1 Das EPR-Paradoxon 1935 585
 - 23.2 Die Bellschen Ungleichungen 1964 589
 - 23.3 Leitgedanken 594
 - 23.4 Aufgaben 597

Lösungen 599

Lösungen 2: Die Anfänge der Quantenmechanik	599
Lösungen 3: Die Schrödinger-Gleichung	601
Lösungen 4: Freie Wellenpakete	611
Lösungen 5: Stückweise konstante Potentiale	618
Lösungen 6: Der harmonische Oszillator	633
Lösungen 7: Die mathematische Struktur	647
Lösungen 8: Messprozess und Unbestimmtheitsrelation	658
Lösungen 9: Der Drehimpulsoperator	677
Lösungen 10: Das Wasserstoffatom	689
Lösungen 11: Elektromagnetische Felder	702
Lösungen 12: Der Spin	707
Lösungen 13: Addition von Drehimpulsen	725
Lösungen 14: Zeitunabhängige Störungstheorie	729
Lösungen 15: Variationsprinzip	740
Lösungen 16: Identische Teilchen	744
Lösungen 17: Mehrelektronenatome	757
Lösungen 18: Moleküle	761
Lösungen 19: Kristalle	764
Lösungen 20: Zeitabhängige Störungstheorie	768
Lösungen 21: Der Dichteoperator	775
Lösungen 22: Verschränkung	782
Lösungen 23: EPR und Bellsche Ungleichungen	787

Literaturverzeichnis 790**Stichwortverzeichnis** 791

