

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

