

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

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 Einstein-Koeffizienten 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