

Inhaltsverzeichnis

1	Die frühen Entdeckungen	1
1.1	Versagen der klassischen Physik – Ausblick	1
1.2	Das Plancksche Strahlungsgesetz (1900)	3
1.3	Der Photoeffekt (Einstein 1905)	8
1.4	Das Bohrsche Atommodell (1913)	12
1.5	Die $\hbar$ -Regel	21
2	Das Quanton und die Heisenbergschen Ungleichungen	27
2.1	Zwei Experimente: ein neues Prinzip	28
2.1.1	Beugung von Licht am Spalt	28
2.1.2	Streuung von α -Teilchen an Atomkernen	31
2.1.3	Der Quantonbegriff	35
2.2	Die Teilchen-Wellen-Symmetrirelationen	36
2.2.1	Die Planck-Einstein-Beziehung	36
2.2.2	Die De-Broglie-Beziehung	39
2.2.3	Die Quantisierung des Drehimpulses	55
2.3	Die Heisenbergschen Ungleichungen	60
2.3.1	Die klassischen spektralen Ungleichungen	60
2.3.2	Energie und Zeit	63
2.3.3	Impuls und Ort	80
2.3.4	Drehimpuls und Winkel	85
2.4	Das Stern-Gerlach-Experiment (1922)	97
2.5	Die Eigenschaften des Quantons (Zusammenfassung)	101
3	Wahrscheinlichkeit und Quantenamplitude	111
3.1	Polarisationsexperimente mit Licht (klassisch)	111
3.1.1	Lineare Polarisation	111
3.1.2	Zirkulare Polarisation	114
3.2	Projektionswahrscheinlichkeit und die Messung physikalischer Größen	117
3.2.1	Polarisation zur Basis (x,y)	117
3.2.2	Die z-Komponente des Drehimpulses	125
3.2.3	Polarisation zur Basis (R,L)	127
3.2.4	Polarisation und Drehimpuls des Photons	130
3.2.5	Zusammenfassung	133

3.3	Die Quantenamplitude und ihre Gesetze	135
3.3.1	Das Quanteninterferenzexperiment	135
3.3.2	Zirkulare Polarisation und inverse Projektionen	142
3.3.3	Reiner Zustand und Gemisch	148
3.3.4	Quanton mit Spin $1/2$	149
4	Das Quanton in Raum und Zeit	155
4.1	Die Zeitabhängigkeit der Quantenamplitude	155
4.1.1	Eigenzustände der Energie	156
4.1.2	Das μ SR(Müon-Spin-Rotation)-Experiment	157
4.1.3	Allgemeine Zeitabhängigkeit	171
4.2	Wellenfunktion im Orts- und Impulsraum	171
4.2.1	Ortsamplitude und Wahrscheinlichkeitsdichte	171
4.2.2	Impulsamplitude	178
4.2.3	Größen mit kontinuierlichen Eigenwertspektren	182
4.2.4	Wellenfunktionen in drei Dimensionen	183
4.3	Spinoren	185
5	Die Schrödinger-Wellengleichung	191
5.1	Die Schrödinger-Gleichung des freien Quantons	192
5.1.1	Das Quanton im unendlich tiefen Kastenpotential	193
5.1.2	Die Parität	201
5.1.3	Die allgemeinste Bewegung des freien Quantons	202
5.2	Die Schrödinger-Gleichung mit Potential	204
5.2.1	Die Kontinuitätsgleichung	207
5.2.2	Stetigkeitsbedingungen	209
5.2.3	Streuung an der Potentialstufe	210
5.2.4	Der Tunneleffekt	216
5.2.5	Der harmonische Oszillator	226
5.2.6	Der doppelte Potentialtopf	233
5.2.7	Das Wasserstoffatom	246
6	Elektromagnetische Prozesse	261
6.1	Klassische Theorie	262
6.1.1	Spontane Emission	262
6.1.2	Resonanzfluoreszenzstreuung	268
6.2	Halbklassische Theorie	271
6.2.1	Elektrische Dipolstrahlung	271
6.2.2	Der Laser	285
7	Systeme identischer Quantonen	291
7.1	Das Zwei-Quanton-System	292
7.1.1	Ortsraum	292
7.1.2	Spinraum	297
7.1.3	Ort und Spin	302

7.1.4	Wasserstoffatom	305
7.1.5	Positronium	316
7.1.6	Das Heliumatom	319
7.2	Bosonen und Fermionen	331
7.3	Das Pauli-Prinzip	333
7.3.1	Atombau	334
7.3.2	Metalle-Halbleiter-Isolatoren	337
7.3.3	Atomkerne (Schalenmodell)	342
7.4	Bosonische Systeme	343
7.4.1	Das Bose-Einstein-Kondensat im Gas	343
7.4.2	Suprafluidität und Supraleitung	347
8	Materie, Antimaterie und Strahlung	359
8.1	Dirac's Entdeckung	360
8.2	Die Struktur der Materie	362
8.3	Materie und Strahlung	365
8.3.1	Die vier fundamentalen Kräfte	365
8.3.2	Die Vektorbosonen	366
8.3.3	Die elementaren Prozesse	368
8.3.4	Elektromagnetische Prozesse	370
8.3.5	Die Pion-Nukleon-Streuung	371
8.3.6	Elektroschwache Prozesse und Zerfälle	373
8.3.7	Offene Fragen der Teilchenphysik	376
	Lösungen der Aufgaben	379
A	Statistische Fehler	393
B	Die Wellenfunktionen des Wasserstoffatoms	401
C	Der Zustandsvektor	411
D	Schrödinger-Gleichung des Zwei-Quanton-Systems	413
E	Die Operatoren der Quantenmechanik	419
F	Einheiten und physikalische Konstanten	427
F.1	Das SI-System	427
F.2	Physikalische Konstanten	429
F.3	Umrechnungsfaktoren	430
	Sachverzeichnis	433