

Inhaltsverzeichnis

1. Symmetrien und Symmetriegruppen in der Quantenphysik	
1.1 Wirkung von Symmetrien und Wignersches Theorem	2
1.1.1 Kohärente Unterräume des Hilbert-Raums und Superauswahlregeln	2
1.1.2 Wignersches Theorem	6
1.2 Die Drehgruppe (Teil 2)	9
1.2.1 Zusammenhang zwischen $SU(2)$ und $SO(3)$	9
1.2.2 Die irreduziblen, unitären Darstellungen der $SU(2)$	13
1.2.3 Addition von Drehimpulsen und Clebsch-Gordan-Koeffizienten	23
1.2.4 Berechnung der Clebsch-Gordan-Koeffizienten und die $3j$ -Symbole	28
1.2.5 Tensoroperatoren und Wigner-Eckart-Theorem	32
1.2.6 * Intertwiner, $6j$ - und $9j$ -Symbole	38
1.2.7 Reduzierte Matrixelemente in gekoppelten Zuständen	45
1.2.8 Bemerkung über kompakte Lie-Gruppen und Innere Symmetrien	48
1.3 Lorentz- und Poincarégruppe	52
1.3.1 Die Erzeugenden der Lorentz- und der Poincaré-Gruppe	52
1.3.2 Energie-Impuls, Masse und Spin	58
1.3.3 Physikalische Darstellungen der Poincaré-Gruppe	59
1.3.4 Massive Einteilchen-Zustände und Poincaré-Gruppe	65
2. Quantisierung von Feldern und ihre Interpretation	
2.1 Das Klein-Gordon-Feld	71
2.1.1 Die kovariante Normierung	76
2.1.2 Bemerkung über physikalische Einheiten	77
2.1.3 Lösungen der Klein-Gordon-Gleichung zu festem Viererimpuls	80
2.1.4 Quantisierung des reellen Klein-Gordon-Feldes	82
2.1.5 Normalmoden, Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren	85
2.1.6 Kommutator zu verschiedenen Zeiten und Propagator	91
2.2 Das komplexe Klein-Gordon-Feld	96
2.3 Das quantisierte Maxwell-Feld	103
2.3.1 Maxwellsche Theorie im Lagrangeformalismus	103
2.3.2 Kanonische Impulse, Hamilton- und Impulsdichte	106
2.3.3 Lorenz- und transversale Eichungen	107
2.3.4 Quantisierung des Maxwell-Feldes	110
2.3.5 Energie, Impuls und Spin der Photonen	113
2.3.6 Helizität und Bahndrehimpuls von Photonen	114
2.4 Wechselwirkung des quantisierten Maxwell-Feldes mit Materie	119
2.4.1 Viel-Photonzustände und Matrixelemente	119
2.4.2 Absorption und Emission einzelner Photonen	121
2.4.3 Rayleigh- und Thomson-Streuung	126
2.5 Kovariante Quantisierung des Maxwell-Feldes	132
2.5.1 Eichfixierung und Quantisierung	132
2.5.2 Normalmoden und Ein-Photon-Zustände	135
2.5.3 Lorenzbedingung, Energie und Impuls des Strahlungsfeldes	137

2.6	*Der Zustandsraum der Quantenelektrodynamik	138
2.6.1	*Feldoperatoren und Maxwellsche Gleichungen	139
2.6.2	*Die Methode von Gupta und Bleuler	142
3.	Streumatrix und Observable in Streuung und Zerfällen	
3.1	Nichtrelativistische Streutheorie in Operatorform	147
3.1.1	Die Lippmann-Schwinger-Gleichung	147
3.1.2	T -Matrix und Streuamplitude	150
3.2	Kovariante Streutheorie	152
3.2.1	Voraussetzungen und Konventionen	152
3.2.2	S -Matrix und optisches Theorem	153
3.2.3	Wirkungsquerschnitte bei zwei streuenden Teilchen	159
3.2.4	Zerfallsbreiten instabiler Teilchen	164
3.3	Streuende Wellenpakete	169
4.	Teilchen mit Spin 1/2 und die Dirac-Gleichung	
4.1	Zusammenhang zwischen $SL(2, \mathbb{C})$ und L_+^\uparrow	174
4.1.1	Darstellungen mit Spin 1/2	177
4.1.2	Die Dirac-Gleichung im Impulsraum	178
4.1.3	Lösungen der Dirac-Gleichung im Impulsraum	187
4.1.4	Dirac-Gleichung im Ortsraum und Lagrangedichte	191
4.2	Quantisierung des Dirac-Feldes	195
4.2.1	Quantisierung von Majorana-Feldern	196
4.2.2	Quantisierung von Dirac-Feldern	199
4.2.3	Elektrische Ladung, Energie und Impuls	203
4.3	Dirac-Felder und Wechselwirkungen	205
4.3.1	Spin und Spin-Dichtematrix	205
4.3.2	Der Fermion-Antifermion Propagator	211
4.3.3	Spuren von Produkten von γ -Matrizen	213
4.3.4	Chirale Zustände und ihre Kopplungen an Spin-1 Teilchen	218
4.4	Die Dirac-Gleichung als Ein-Teilchen-Theorie?	225
4.4.1	Separation der Dirac-Gleichung in sphärischen Polarkoordinaten	226
4.4.2	Wasserstoff-Ähnliche Atome mit der Dirac-Gleichung	230
5.	Elemente der Quantenelektrodynamik und der Schwachen Wechselwirkung	
5.1	S-Matrix und Störungsreihe	239
5.1.1	Bausteine der Quantenelektrodynamik mit Leptonen	243
5.1.2	Feynman-Regeln für Quantenelektrodynamik mit geladenen Leptonen	246
5.1.3	Einfache Prozesse in Baumnäherung	250
5.2	Strahlungskorrekturen, Regularisierung und Renormierung	265
5.2.1	Selbstenergie eines Elektrons zur Ordnung $\mathcal{O}(e^2)$	265
5.2.2	Renormierung der Fermionmasse	270
5.2.3	Streuung am äußeren Potential	273
5.2.4	Vertexkorrektur und anomales magnetisches Moment	281
5.2.5	Vakuumpolarisation	288
5.3	Ausblick: Die Quantenelektrodynamik im Rahmen der elektroschwachen Wechselwirkung	302
5.3.1	Schwache Wechselwirkung mit geladenen Strömen	304
5.3.2	Rein leptonische Prozesse und der Myon-Zerfall	307
5.3.3	Zwei einfache semi-leptonische Prozesse	313

Anhang	317
Historische Anmerkungen zu diesem Band und zu Band 2	333
Aufgaben mit Hinweisen und ausgewählten Lösungen	343
Literatur	357
Sachverzeichnis	363

