

Inhaltsverzeichnis

1. Symmetrien und Symmetriegruppen in der Quantenphysik	
1.1 Wirkung von Symmetrien und Wigner'sches Theorem	2
1.1.1 Kohärente Unterräume des Hilbert-Raums und Superauswahlregeln	3
1.1.2 Wigner'sches Theorem	6
1.2 Die Drehgruppe (Teil 2)	9
1.2.1 Zusammenhang zwischen $SU(2)$ und $SO(3)$	10
1.2.2 Die irreduziblen, unitären Darstellungen der $SU(2)$	14
1.2.3 Addition von Drehimpulsen und Clebsch-Gordan-Koeffizienten	24
1.2.4 Berechnung der Clebsch-Gordan-Koeffizienten und die $3j$ -Symbole	29
1.2.5 Tensoroperatoren und Wigner-Eckart-Theorem	33
1.2.6 *Intertwiner, $6j$ - und $9j$ -Symbole	38
1.2.7 Reduzierte Matrixelemente in gekoppelten Zuständen	46
1.2.8 Bemerkung über kompakte Lie-Gruppen und Innere Symmetrien	49
1.3 Lorentz- und Poincarégruppe	53
1.3.1 Die Erzeugenden der Lorentz- und der Poincaré-Gruppe	53
1.3.2 Energie-Impuls, Masse und Spin	59
1.3.3 Physikalische Darstellungen der Poincaré-Gruppe	60
1.3.4 Massive Einteilchen-Zustände und Poincaré-Gruppe	66
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 Maxwell'sche Theorie im Lagrangeformalismus	103
2.3.2 Kanonische Impulse, Hamilton- und Impulsdichte	107
2.3.3 Lorenz- und transversale Eichungen	107
2.3.4 Quantisierung des Maxwell-Feldes	111
2.3.5 Energie, Impuls und Spin der Photonen	114
2.3.6 Helizität und Bahndrehimpuls von Photonen	114
2.4 Wechselwirkung des quantisierten Maxwell-Feldes mit Materie	119
2.4.1 Viel-Photonenzustände und Matrixelemente	120
2.4.2 Absorption und Emission einzelner Photonen	122
2.4.3 Rayleigh- und Thomson-Streuung	127
2.5 Kovariante Quantisierung des Maxwell-Feldes	133
2.5.1 Eichfixierung und Quantisierung	134
2.5.2 Normalmoden und Ein-Photon-Zustände	136
2.5.3 Lorenz-Bedingung, Energie und Impuls des Strahlungsfeldes	138
2.6 *Der Zustandsraum der Quantenelektrodynamik	140
2.6.1 *Feldoperatoren und Maxwell'sche Gleichungen	141
2.6.2 *Die Methode von Gupta und Bleuler	144

2.7	Pfadintegrale und Quantisierung	148
2.7.1	Die Wirkung in der klassischen Mechanik	148
2.7.2	Die Wirkung in der Quantenmechanik	149
2.7.3	Klassische und Quantenpfade.....	154
2.8	*Pfadintegral für Feldtheorien	155
2.8.1	Die Funktionalableitung	155
2.8.2	Funktionalpotenzreihen und Taylor-Reihen	156
2.8.3	Erzeugendes Funktional	158
2.8.4	Ein Beispiel: Der Propagator des Skalarfeldes.....	160
2.8.5	Komplexes Skalarfeld und Pfadintegrale	162
3.	Streumatrix und Observable in Streuung und Zerfällen	
3.1	Nichtrelativistische Streutheorie in Operatorform	165
3.1.1	Die Lippmann-Schwinger-Gleichung	165
3.1.2	T -Matrix und Streuamplitude.....	168
3.2	Kovariante Streutheorie	170
3.2.1	Voraussetzungen und Konventionen	170
3.2.2	S -Matrix und optisches Theorem	171
3.2.3	Wirkungsquerschnitte bei zwei streuenden Teilchen.....	177
3.2.4	Zerfallsbreiten instabiler Teilchen.....	182
3.3	Streuende Wellenpakete	187
4.	Teilchen mit Spin 1/2 und die Dirac-Gleichung	
4.1	Zusammenhang zwischen $SL(2, \mathbb{C})$ und L_+^\uparrow	192
4.1.1	Darstellungen mit Spin 1/2.....	195
4.1.2	Die Dirac-Gleichung im Impulsraum.....	197
4.1.3	Lösungen der Dirac-Gleichung im Impulsraum	205
4.1.4	Dirac-Gleichung im Ortsraum und Lagrangedichte.....	210
4.2	Quantisierung des Dirac-Feldes	214
4.2.1	Quantisierung von Majorana-Feldern.....	215
4.2.2	Quantisierung von Dirac-Feldern.....	218
4.2.3	Elektrische Ladung, Energie und Impuls	221
4.3	Dirac-Felder und Wechselwirkungen	224
4.3.1	Spin und Spin-Dichtematrix	224
4.3.2	Der Fermion-Antifermion Propagator	229
4.3.3	Spuren von Produkten von γ -Matrizen.....	231
4.3.4	Chirale Zustände und ihre Kopplungen an Spin-1 Teilchen ..	237
4.4	Die Dirac-Gleichung als Ein-Teilchen-Theorie?	244
4.4.1	Separation der Dirac-Gleichung in sphärischen Polarkoordinaten	244
4.4.2	Wasserstoff-Ähnliche Atome mit der Dirac-Gleichung	249
4.5	*Pfadintegrale mit fermionischen Feldern	256
5.	Elemente der Quantenelektrodynamik und der Schwachen Wechselwirkung	
5.1	S-Matrix und Störungsreihe	261
5.1.1	Bausteine der Quantenelektrodynamik mit Leptonen	265
5.1.2	Feynman-Regeln für Quantenelektrodynamik mit geladenen Leptonen.....	268
5.1.3	Einfache Prozesse in Baumnäherung	272
5.2	Strahlungskorrekturen, Regularisierung und Renormierung	287
5.2.1	Selbstenergie eines Elektrons zur Ordnung $\mathcal{O}(e^2)$	287
5.2.2	Renormierung der Fermionmasse	292
5.2.3	Streuung am äußeren Potential	295
5.2.4	Vertexkorrektur und anomales magnetisches Moment	303
5.2.5	Vakuumpolarisation	310
5.3	Ausblick: Die Quantenelektrodynamik im Rahmen der elektroschwachen Wechselwirkung	325

5.3.1	Schwache Wechselwirkung mit geladenen Strömen	326
5.3.2	Rein leptonische Prozesse und der Myon-Zerfall	329
5.3.3	Zwei einfache semi-leptonische Prozesse	335

Historische Anmerkungen zu diesem Band und zu Band 2	339
---	------------

Aufgaben mit Hinweisen und ausgewählten Lösungen	351
---	------------

Literatur	365
------------------------	------------

Anhang

A	Beweis des Theorems von Wigner (nach V. Bargmann)	371
A.1	Vorbemerkungen	371
A.2	Das Theorem	371
A.3	Einzelne Schritte des Beweises	372
B	Selbstenergie des Elektrons: Zwischenrechnung	374
C	Renormierung der Fermionmasse: Zwischenrechnung	376
D	Beweis der Identität (5.86)	378
E	Analyse der Vakuumpolarisation	380
F	Ward-Takahashi-Identität	383
G	Wichtige Zahlenwerte	385

Sachverzeichnis	387
------------------------------	------------

Theoretische Physik 4

Quantisierte Felder. Von den Symmetrien zur
Quantenelektrodynamik

Scheck, F.

2007, XII, 389 S. 53 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-540-71340-1