

Relativistische Quantenfeldtheorie

von

Prof. Dr. James D. Bjorken

und

Prof. Dr. Sidney D. Drell

Stanford Linear Accelerator Center

Stanford University



Bibliographisches Institut Mannheim/Wien/Zürich
B.I.-Wissenschaftsverlag

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort

11. KAPITEL: Allgemeiner Formalismus

11.1	Konsequenzen einer Beschreibung durch lokale Felder	14
11.2	Der kanonische Formalismus und das Quantisierungsverfahren für Teilchen.	16
11.3	Kanonischer Formalismus und Quantisierung von Feldern	22
11.4	Symmetrien und Erhaltungssätze	28
11.5	Andere Formulierungen.	34
	Aufgaben.	34

12. KAPITEL: Das Klein-Gordon-Feld

12.1	Quantisierung und Teilcheninterpretation.	36
12.2	Symmetrie der Zustände.	42
12.3	Meßbarkeit des Feldes und Mikrokausalität	43
12.4	Vakuum-Fluktuationen.	45
12.5	Das geladene Skalarfeld.	46
12.6	Der Feynman-Propagator.	50
	Aufgaben.	52

13. KAPITEL: Zweite Quantisierung des Dirac-Feldes

13.1	Die Quantenmechanik n geladener Teilchen.	53
13.2	Die Teilchendarstellung für Fermionen.	55
13.3	Die Dirac-Theorie.	63
13.4	Entwicklungen im Impulsraum.	65
13.5	Relativistische Kovarianz.	71
13.6	Der Feynman-Propagator.	72
	Aufgaben.	74

14. KAPITEL: Quantisierung des Elektromagnetischen Feldes

14.1	Einleitung	75
14.2	Quantisierung.	76
14.3	Kovarianz des Quantisierungsverfahrens.	80
14.4	Entwicklungen im Impulsraum.	81

14.5	Der Spin des Photons	84
14.6	Der Feynman-Propagator für transversale Photonen	85
	Aufgaben	87

15. KAPITEL. Wechselwirkende Felder

15.1	Einleitung	90
15.2	Die elektromagnetische Wechselwirkung	90
15.3	Lorentz- und Translationsinvarianz.	94
15.4	Entwicklungen im Impulsraum.	96
15.5	Die Selbstenergie des Vakuums; Normalordnung	97
15.6	Andere Wechselwirkungen.	100
15.7	Symmetrie-Eigenschaften der Wechselwirkungen.	102
15.8	Starke Wechselwirkungen von Pi-Mesonen und Nukleonen	105
15.9	Symmetrien der seltsamen Teilchen.	107
15.10	Diskrete Symmetrietransformationen.	114
15.11	Parität	114
15.12	Ladungskonjugation.	119
15.13	Zeitumkehr.	125
15.14	Das γ /CP-Theorem	130
	Aufgaben	134

16. KAPITEL: Vakuumerwartungswerte und S-Matrix

16.1	Einleitung	136
16.2	Eigenschaften physikalischer Zustände.	136
16.3	Die Konstruktion von In-Feldern und In-Zuständen; die Asymptotenbedingung.	139
16.4	Die Spektraldarstellung für den Vakuumerwartungswert von Kommutator und Propagator eines Skalarfeldes.	144
16.5	Die Out-Felder und Out-Zustände.	148
16.6	Definition und allgemeine Eigenschaften der S-Matrix	150
16.7	Die Reduktionsformel für skalare Felder.	153
16.8	In- und Out-Felder und Spektraldarstellung in der Dirac-Theorie.	157
16.9	Die Reduktionsformel für Dirac-Felder.	166
16.10	In- und Out-Zustände und die Reduktionsformel für Photonen.	169
16.11	Die Spektraldarstellung für Photonen.	172
16.12	Der Zusammenhang von Spin und Statistik.	177
	Aufgaben.	179

17. KAPITEL: Störungstheorie

17.1	Einleitung	180
17.2	Die U -Matrix	181
17.3	Die Störungsreihe für die r -Funktionen und die S -Matrix	185
17.4	Das Wicksche Theorem	187
17.5	Graphische Darstellung	191
17.6	Vakuum-Amplituden	194
17.7	Spin und Isotopenspin; J_i -Meson-Nukleon-Streuung	195
17.8	$II-II$ -Streuung	199
17.9	Regeln für Graphen der Quantenelektrodynamik	204
17.10	Die Abstrahlung weicher Photonen von einer klassischen Stromverteilung; die Infrarotkatastrophe	208
	Aufgaben	213

18. KAPITEL: Dispersionsrelationen

18.1	Die Kausalität und die Kramers-Krönig Relation	215
18.2	Anwendung auf die Hochenergiephysik	219
18.3	Analytische Eigenschaften von Vertexgraphen in der Störungstheorie	221
18.4	Verallgemeinerung auf beliebige Graphen und Analogie zu elektrischen Stromkreisen	225
18.5	Schwellensingularitäten für den Propagator	232
18.6	Singularitäten eines allgemeinen Graphen und die Landau-Bedingungen	237
18.7	Die analytische Struktur von Vertexgraphen; Anomale Schwellen	241
18.8	Dispersionsrelationen für eine Vertexfunktion	248
18.9	Singularitäten von Streuamplituden	252
18.10	Anwendung auf die Pion-Nukleon-Streuung in Vorwärtsrichtung	260
18.11	Axiomatische Herleitung der Dispersionsrelationen für Pion-Nukleon-Streuung in Vorwärtsbewegung	271
18.12	Dynamische Berechnungen der Pion-Pion-Streuung mit Hilfe von Dispersionsrelationen	277
18.13	Die Elektromagnetische Struktur des Pions	287
	Aufgaben	291

19. KAPITEL: Renormierung

19.1	Einleitung	293
19.2	Eigentliche Selbstenergie- und Vertexteile und der Elektron-Positron-Kern	294

19.3	Integralgleichungen für die Selbstenergie- und Vertexteile. . .	300
19.4	Integralgleichungen für die r -Funktionen und den Kern K ; Skelettgraphen.	303
19.5	Ein topologischer Satz.	308
19.6	Die Ward-Identität.	309
19.7	Definition der Renormierungskonstanten und Renormierungsvorschrift.	313
19.8	Zusammenfassung: Die renormierten Integralgleichungen. . .	319
19.9	Analytische Fortsetzung und intermediäre Renormierung. . .	322
19.10	Divergenzgrad und Konvergenzkriterium.	327
19.11	Beweis, daß die renormierte Theorie endlich ist.	341
19.12	Beispiel: Ladungsrenormierung in vierter Ordnung.	356
19.13	Theorem über die Compton-Streuung bei kleinen Energien. . .	369
19.14	Asymptotisches Verhalten der Feynman-Amplituden.	376
19.15	Die Renormierungsgruppe.	381
	Aufgaben.	389

ANHANG A: Notation

Orts- und Impulskoordinaten.	391
Dirac-Matrizen und Spinoren.	392
Spuren und Identität mit γ -Matrizen.	394

ANHANG B: Regeln für Feynman-Graphen

Graphenregeln.	395
Spinorelektrodynamik.	397
Elektrodynamik eines Bosons mit Spin Null.	398
γ_5 -Meson-Nukleon-Streuung.	399
Elektrodynamik eines Bosons mit Spin Eins.	400

ANHANG C: Kommutator- und Propagatorfunktionen	402
--	-----

Sachregister	406
--------------	-----