

Inhalt

Vorwort — IX

1 Klassische Felder — 1

- 1.1 Relativistische Notation — 1
- 1.2 Relativistische Felder — 5
- 1.3 Die Lagrangeschen Gleichungen — 7
- 1.4 Noether-Theorem für Felder — 8
- 1.5 Innere Symmetrien — 12

2 Feldquantisierung — 15

- 2.1 Quantisierung des skalaren Feldes — 15
- 2.2 Poincaré-Invarianz — 20
- 2.3 Kausalität — 25
- 2.4 Der Propagator — 26

3 Das Dirac-Feld — 29

- 3.1 Die Dirac-Gleichung — 29
- 3.2 Lorentz-Transformationen des Dirac-Feldes — 30
- 3.3 Bilineare Kovariante — 33
- 3.4 Noether-Ströme — 34
- 3.5 Lösungen der Dirac-Gleichung — 36
- 3.6 Projektionsoperatoren — 39
- 3.7 Quantisierung des Dirac-Feldes — 40
- 3.8 Der Propagator des Dirac-Feldes — 43
- 3.9 Kausalität für Fermionen — 44

4 Quantisierung des elektromagnetischen Feldes — 45

- 4.1 Maxwell-Gleichungen — 45
- 4.2 Quantisierung — 46
- 4.3 Elektron-Photon Wechselwirkung — 52

5 Wechselwirkende Felder — 57

- 5.1 Streumatrix — 57
- 5.2 Das Wechselwirkungsbild — 58
- 5.3 Das Wicksche Theorem — 63
- 5.4 S-Matrixelement für die Compton-Streuung — 65
- 5.5 Feynman-Regeln — 68

6 Streuquerschnitt — 71

- 6.1 Übergangswahrscheinlichkeit — 71
- 6.2 Absolutquadrat von Spinoramplituden — 73
- 6.3 Spinprojektion für Spinoren — 76
- 6.4 Phasenraumintegrale — 77
- 6.5 Streuquerschnitt im CM-System — 79
- 6.6 Streuquerschnitt im Laborsystem — 81

7 Compton-Streuung — 85

- 7.1 Compton-Streuung im Schwerpunktsystem — 85
- 7.2 Compton-Streuung im Laborsystem — 87

8 Weitere elementare Prozesse — 89

- 8.1 Elektron-Myon-Streuung — 89
- 8.2 Coulomb-Streuung — 91
- 8.3 $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ -Paarvernichtung — 93

9 Greensche Funktionen — 97

- 9.1 Die Formel von Gell-Mann und Low — 97
- 9.2 Asymptotische Zustände — 100
- 9.3 Die LSZ Reduktionsformel — 103
- 9.4 Renormierung der $\lambda\Phi^4$ -Theorie — 106

10 Ward-Identitäten in der QED — 109

- 10.1 BRS-Transformation — 109
- 10.2 Ward-Identitäten — 111

11 Pauli-Villars-Regularisierung — 115

- 11.1 Die Pauli-Villars-Regularisierung — 116
- 11.2 Die Vakuumpolarisation — 116
- 11.3 Einführung in die Renormierung — 121
- 11.4 Lamb-Verschiebung (Lamb shift) — 123

12 Dimensionale Regularisierung — 125

- 12.1 n -dimensionale Integrale — 125
- 12.2 Dirac-Algebra in n Dimensionen — 131

13 Renormierung der QED — 135

- 13.1 Die unrenormierte Lagrange-Dichte — 135
- 13.2 Oberflächliche Divergenz — 135
- 13.3 Renormierungskonstante — 137
- 13.4 Renormierung von Greenfunktionen: — 140
- 13.5 On-Shell-Renormierung (Skalare Felder) — 140

- 13.6 Massen- und Wellenfunktionsrenormierung für das Elektron — 142
- 13.7 Wellenfunktionsrenormierung für das Photon — 144
- 13.8 Vertex- und Ladungsrenormierung — 146
- 13.9 Das \overline{MS} Subtraktionsschema — 148

- 14 Die Vakuumpolarisation in dimensionaler Regularisierung — 151**
 - 14.1 Dimensionale Regularisierung der Vakuumpolarisation — 151
 - 14.2 Die Vakuumpolarisation im On-Shell-Schema — 154
 - 14.3 Die Vakuumpolarisation im \overline{MS} -Schema — 156
 - 14.4 Die effektive Ladung — 157

- 15 Renormierung der Elektron-Selbstenergie — 159**
 - 15.1 Elektron-Selbstenergie in allgemeiner Eichung — 159
 - 15.2 Massenrenormierung im On-Shell-Schema — 163
 - 15.3 Wellenfunktionsrenormierung im On-Shell-Schema — 164
 - 15.4 Der renormierte Propagator — 168
 - 15.5 Massenrenormierung in $\mathcal{O}(\alpha^2)$ — 170
 - 15.6 Renormierung der Wellenfunktion in $\mathcal{O}(\alpha^2)$ — 171
 - 15.7 Die Elektron-Selbstenergie im \overline{MS} -Schema — 172
 - 15.8 Zusammenhänge zwischen On-Shell- und \overline{MS} -Schema — 174

- 16 Vertex-Renormierung — 175**
 - 16.1 Die Renormierung der Vertexfunktion — 175
 - 16.2 Die Vertexfunktion in $\mathcal{O}(\alpha)$ — 177
 - 16.3 Die renormierte Vertexfunktion in $\mathcal{O}(\alpha)$ — 183
 - 16.4 Ladungsradius des Elektrons — 185

- 17 Strahlungskorrekturen zur Coulomb-Streuung — 187**
 - 17.1 Die Coulomb-Streuung — 187
 - 17.2 Virtuelle Korrekturen der Ordnung α — 189
 - 17.3 Infrarotproblem — 190
 - 17.4 IR-Divergenzen in der Bremsstrahlung — 192

- 18 Vakuumpolarisation in $\mathcal{O}(\alpha^2)$ — 197**
 - 18.1 Ein-Schleifen-Integrale — 197
 - 18.2 Die Ein-Schleifen-Vakuumpolarisation bis $\mathcal{O}(\epsilon)$ — 199
 - 18.3 Der Zwei-Schleifen-Beitrag Graph (b) — 201
 - 18.4 Der Zwei-Schleifen-Beitrag Graph (c) — 205
 - 18.5 Berechnung der Zwei-Schleifen-Integrale — 206
 - 18.6 Die unrenormierte Vakuumpolarisation in $\mathcal{O}(\overline{\alpha}_0^2)$ — 208
 - 18.7 Renormierung $\mathcal{O}(\alpha^2)$ — 209
 - 18.8 Partielle Integration in Feynman-Integralen — 212

19	Renormierungsgruppengleichung in der QED — 215
19.1	Renormierungsgruppengleichung für Observable — 215
19.2	Die Beta-Funktion der QED — 217
19.3	Die laufende Kopplung — 219
19.4	Die anomale Massendimension — 220
19.5	Die Laufende Masse — 222
19.6	Der Zusammenhang zwischen dem \overline{MS} - und dem On-Shell-Schema — 223
19.7	RGG für eine allgemeine Green-Funktion — 223
19.8	Anwendung der RGG auf die Vakuumpolarisation — 226
19.9	Die Renormierungsgruppe — 228
20	Entkopplung schwerer Teilchen in der QED — 231
20.1	Die effektive QED — 231
20.2	Vakuumpolarisation in der vollständigen Theorie — 233
20.3	Die effektive Lagrangedichte — 235
20.4	Matching — 237
20.5	Skalenverhalten der effektiven Felder und Parameter — 240
Literatur — 243	
Stichwortverzeichnis — 245	