

Norbert Straumann

Relativistische Quantentheorie

Eine Einführung in die Quantenfeldtheorie

mit 46 Abbildungen und 7 Tabellen

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
1. Quantentheorie der Strahlung	7
1.1 Das klassische Strahlungsfeld	7
1.2 Quantisierung des Strahlungsfeldes	13
1.3 Vakuum-Energie und Casimir-Effekt	18
1.4 Fock-Raum und Fock-Darstellung der kanonischen Vertauschungsrelationen	23
1.5 Vertauschungsrelationen der Feldoperatoren, Unschärferelationen und Vakuumfluktuationen	31
1.6 Quantentheorie des gekoppelten Systems: Teilchen und Feld ..	37
1.7 Strahlungsprozesse in tiefster Ordnung Störungstheorie	41
1.8 Streuung von Licht	65
1.9 Zerfall eines instabilen Zustandes	75
1.10 Selbstenergie eines gebundenen Elektrons, Lamb-Shift	85
1.11 Aufgaben	96
1.A Hamiltonsche Formulierung des klassischen gekoppelten Systems	102
1.B Berechnung der Multipolfelder, Vektorkugelfunktionen	111
2. Diracsche Wellengleichung des Elektrons	119
2.1 Erinnerungen an die Lorentz-Gruppe	119
2.2 Die quantenmechanische Lorentz-Gruppe	121
2.3 Endlichdimensionale Darstellungen von $SL(2, \mathbb{C})$	124
2.4 Lorentz-invariante Feldgleichungen	131
2.5 Die Dirac-Clifford-Algebra	137
2.6 Dirac-Gleichung mit äusseren Feldern	141
2.7 Nichtrelativistische Nährung	143
2.8 Feinstruktur niveaus des H-Atoms	147
2.9 Zentralfeld-Lösungen	150
2.10 Das Problem der Lösungen mit negativer Energie	159
2.11 Aufgaben	163
2.A Darstellungen der Clifford-Algebren	169

X Inhaltsverzeichnis

3.	Quantisierung des Dirac-Feldes	175
3.1	Der antisymmetrische Fock-Raum	175
3.2	Positive und negative Frequenzenlösungen	179
3.3	Quantisierung des Dirac-Feldes	183
3.4	Korrespondenzmässige Ausdrücke für Energie, Impuls und Strom	188
3.5	Aufgaben	193
3.A	Der Zusammenhang von Spin und Statistik (nach W. Pauli)	194
3.B	Quantisierung des Weyl-Feldes	197
4.	Das quantisierte Dirac-Feld in Wechselwirkung mit einem äusseren elektromagnetischen Feld	205
4.1	Quantisierung des wechselwirkenden Elektron-Positron-Feldes	205
4.2	Paarerzeugung in einem schwachen äusseren Feld	208
4.3	Vakuumpolarisation	213
4.4	Hinweise	223
4.5	Aufgaben	224
5.	Quantenelektrodynamische Prozesse in Bornscher Näherung	225
5.1	Klassische Theorie in der Coulomb-Eichung	225
5.2	Unrenormierte Störungsreihe	227
5.3	Paarvernichtung (Dirac, 1928)	231
5.4	Compton-Streuung	236
5.5	Möller-Streuung und Photonpropagator	238
5.6	Wirkungsquerschnitt für Compton-Streuung	242
5.7	Wirkungsquerschnitt für Paarvernichtung	248
5.8	Wirkungsquerschnitt für Möller- und Bhabha-Streuung	259
5.9	Die Breitsche Gleichung	263
5.10	Aufgaben	275
5.A	T -Matrixelement und Wirkungsquerschnitt	275
5.B	T -Matrix und Zerfallsrate	278
6.	Systematische Herleitung der Feynman-Regeln	281
6.1	T -Produkte und Normalprodukte, Theorem von Wick	281
6.2	Die Feynmanschen Regeln im x -Raum	286
6.3	Die Feynmanschen Regeln im p -Raum	290
6.4	Feynman-Regeln für die QED	294
6.5	Aufgaben	302
7.	Das anomale magnetische Moment des Elektrons	303
7.1	Elektronenstreuung an einem äusseren Feld	303
7.2	Magnetischer Formfaktor in erster Strahlungskorrektur	307
7.3	Höhere Strahlungskorrekturen	315
7.4	Aufgaben	318

Literaturverzeichnis	319
Index.....	321