

Inhalt

1 Überblick	1
1.1 Das Universum	1
1.2 Der Aufbau der Materie	3
1.2.1 Der Aufbau der Atome	3
1.3 Der Aufbau der Kerne	6
1.3.1 Radioaktivität	6
1.3.2 Die α -Strahlung	7
1.3.3 Die β -Strahlung	8
1.3.4 Die γ -Strahlung	9
1.4 Der Aufbau der Baryonen	9
1.5 Vorläufige Zusammenfassung	11
1.6 Übungsaufgabe	12
2 Die Entwicklung des Universums	13
2.1 Die Ausdehnung des Universums in der allgemeinen Relativitätstheorie	13
2.2 Die Geschichte des Universums	16
2.3 Die dunkle Materie und die dunkle Energie	19
2.4 Inflation	22
2.5 Zusammenfassung und offene Fragen	23
2.6 Übungsaufgaben	25
3 Elemente der Relativitätstheorie	27
3.1 Die spezielle Relativitätstheorie	27
3.1.1 Energie und Impuls	34
3.2 Die allgemeine Relativitätstheorie: gekrümmte Räume	36
3.2.1 Das schwarze Loch	40
3.3 Übungsaufgaben	42
4 Die Feldtheorie	43
4.1 Die Klein–Gordon–Gleichung	43
4.2 Die Wellenlösung	44

4.3	Die Coulomb–Lösung	48
4.4	Gravitationswellen	48
4.5	Übungsaufgaben	51
5	Die Elektrodynamik	53
5.1	Die klassische Elektrodynamik	53
5.2	Die Elektron–Elektron–Streuung	56
5.3	Die Quantenelektrodynamik	58
5.4	Der innere Drehimpuls	66
5.5	Das Bohr'sche Atommodell	68
5.6	Übungsaufgaben	71
6	Die starke Wechselwirkung	73
6.1	Zusammenfassung	80
6.2	Übungsaufgabe	80
7	Die schwache Wechselwirkung	81
7.1	W- und Z-Bosonen	81
7.2	Die Paritätsverletzung	87
7.3	Das Higgs-Boson	89
7.4	Die CP-Verletzung	95
7.5	Neutrino–Oszillationen	96
7.6	Übungsaufgaben	101
8	Die Produktion von Elementarteilchen	103
8.1	Der Aufbau von Ringbeschleunigern und Detektoren	106
8.2	Die Entdeckung neuer Elementarteilchen	111
8.3	Übungsaufgabe	122
9	Symmetrien	123
9.1	Äußere Symmetrien	123
9.2	Innere Symmetrien	125
9.3	Eichsymmetrien und Eichfelder	129
9.4	Übungsaufgaben (Anspruchsvoll!)	138
10	Das Standardmodell der Elementarteilchenphysik	139
11	Quantenkorrekturen und die Renormierungsgruppengleichungen	143
11.1	Übungsaufgabe	151
12	Jenseits des Standardmodells	153
12.1	Die große Vereinheitlichung	153
12.2	Das Hierarchieproblem und die Supersymmetrie	156
12.3	Quantengravitation, Stringtheorie und zusätzliche Dimensionen	162
12.4	Übungsaufgabe	175

Inhalt	xi
Anhang	177
A.1 Wichtige Konstanten und Abkürzungen	177
A.2 Nützliche Internetadressen	178
Lösungen der Übungsaufgaben	179
Literatur	187
Sachverzeichnis	189