

Ulrich Ellwanger

# Vom Universum zu den Elementarteilchen

Eine erste Einführung in die Kosmologie  
und die fundamentalen Wechselwirkungen

2. Auflage

 Springer

# Inhalt

<b>1 Überblick</b> .....	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 $\alpha$ -Strahlung .....	7
1.3.3 Die $\beta$ -Strahlung .....	8
1.3.4 Die $\gamma$ -Strahlung .....	9
1.4 Der Aufbau der Baryonen .....	9
1.5 Vorläufige Zusammenfassung .....	11
1.6 Übungsaufgabe .....	12
<b>2 Die Entwicklung des Universums</b> .....	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
<b>3 Elemente der Relativitätstheorie</b> .....	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
<b>4 Die Feldtheorie</b> .....	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
<b>5</b>	<b>Die Elektrodynamik .....</b>	<b>53</b>
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
<b>6</b>	<b>Die starke Wechselwirkung .....</b>	<b>73</b>
6.1	Zusammenfassung .....	80
6.2	Übungsaufgabe .....	80
<b>7</b>	<b>Die schwache Wechselwirkung .....</b>	<b>81</b>
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
<b>8</b>	<b>Die Produktion von Elementarteilchen .....</b>	<b>103</b>
8.1	Der Aufbau von Ringbeschleunigern und Detektoren .....	106
8.2	Die Entdeckung neuer Elementarteilchen .....	111
8.3	Übungsaufgabe .....	122
<b>9</b>	<b>Symmetrien .....</b>	<b>123</b>
9.1	Äußere Symmetrien .....	123
9.2	Innere Symmetrien .....	125
9.3	Eichsymmetrien und Eichfelder .....	129
9.4	Übungsaufgaben (Anspruchsvoll!) .....	138
<b>10</b>	<b>Das Standardmodell der Elementarteilchenphysik .....</b>	<b>139</b>
<b>11</b>	<b>Quantenkorrekturen und die Renormierungsgruppengleichungen ...</b>	<b>143</b>
11.1	Übungsaufgabe .....	151
<b>12</b>	<b>Jenseits des Standardmodells .....</b>	<b>153</b>
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
<b>Anhang</b> .....	177
A.1 Wichtige Konstanten und Abkürzungen .....	177
A.2 Nützliche Internetadressen .....	178
<b>Lösungen der Übungsaufgaben</b> .....	179
<b>Literatur</b> .....	187
<b>Sachverzeichnis</b> .....	189

/