

# Inhalt

<b>Kurzbiographie Albert Einsteins</b>	<b>11</b>
<b>1 Vorrelativistische Physik</b>	<b>21</b>
1.1 Das Physikverständnis von Aristoteles und Galilei . . . . .	21
1.2 Newtonsche Mechanik und Gravitationstheorie: Newtons Auffassung von Raum und Zeit, Grundgesetze der mechanischen Bewegung und der Gravitation . . . . .	26
1.3 Inertialsystem und Nichtinertialsystem, Galileisches Relativitätsprinzip . . . . .	34
1.4 Maxwellsche Theorie des Elektromagnetismus . . . . .	42
1.5 Die Krise in der Newtonschen Mechanik und in der Elektromagnetik-Optik am Ende des 19. Jahrhunderts. Das Michelson-Experiment und der Zusammenbruch der Ätherhypothese	47
<b>2 Weitere Experimente zur Vorbereitung oder Bestätigung der Speziellen Relativitätstheorie</b>	<b>56</b>
2.1 Astronomische Aberration . . . . .	56
2.2 Doppler-Effekt . . . . .	58
2.3 Trouton-Noble-Versuch . . . . .	59
2.4 Wienscher Versuch . . . . .	59
2.5 Fizeauscher Mitführungsversuch . . . . .	60
2.6 Messung der Lebensdauer von Myonen . . . . .	61
2.7 Sagnac-Versuch . . . . .	61
2.8 Michelson-Gale-Versuch . . . . .	62
<b>3 Speziell-relativistische Physik</b>	<b>63</b>
3.1 Die Vorläufer der Speziellen Relativitätstheorie . . . . .	63
3.2 Das Spezielle Relativitätsprinzip und die Lorentz-Transformation . . . . .	66

## 8 Inhalt

3.3	Die Entdeckung der Vierdimensionalität der Raum-Zeit (Minkowski-Raum) . . . . .	72
3.4	Speziell-relativistische Theorienbildung: Mechanik, Elektromagnetik und Quantenmechanik . . . . .	80
3.5	Einige Folgerungen aus der Speziellen Relativitätstheorie . . . . .	84
3.5.1	Speziell-relativistische Längenkontraktion . . . . .	84
3.5.2	Speziell-relativistische Zeitdilatation . . . . .	87
3.5.3	Relativierung der Gleichzeitigkeit . . . . .	88
3.5.4	Kausalität der Zeitfolge . . . . .	89
3.5.5	Zwillingsparadoxon . . . . .	89
3.5.6	Veränderlichkeit der Masse . . . . .	92
3.5.7	Masse-Energie-Relation . . . . .	94
3.5.8	Additionstheorem der Geschwindigkeiten . . . . .	97
3.6	Die Grenzen der Speziellen Relativitätstheorie . . . . .	98
<b>4</b>	<b>Allgemein-relativistische Physik</b>	<b>101</b>
4.1	Einstiens Weg zur Allgemeinen Relativitätstheorie . . . . .	101
4.2	Das Wesen der Allgemeinen Relativitätstheorie . . . . .	114
4.2.1	Zum Schöpfungsprozeß großer Theorien . . . . .	114
4.2.2	Allgemeines Relativitätsprinzip . . . . .	115
4.2.3	Gravitation als Krümmung der Raum-Zeit . . . . .	121
4.2.4	Problem der Absolutheit von Beschleunigung und Rotation . . . . .	123
4.2.5	Machsches Prinzip . . . . .	125
4.2.6	Die Relativitätstheorie in einem logischen Schema ihrer Bestandteile . . . . .	129
4.3	Einige Folgerungen aus der Einsteinschen Gravitationstheorie . . . . .	131
4.3.1	Problem der exakten Lösungen . . . . .	131
4.3.2	Schwarzschild-Lösung . . . . .	133
4.3.3	Periheldrehung der Planeten . . . . .	135
4.3.4	Ablenkung elektromagnetischer Wellen an der Sonne . . . . .	137
4.3.5	Gravitative Frequenzverschiebung bei einer elektromagnetischen Welle . . . . .	139
4.3.6	Hafele-Keating-Experiment . . . . .	142
4.3.7	Shapiro-Experiment . . . . .	144
4.3.8	Quasare . . . . .	146
4.3.9	Pulsare, Neutronensterne . . . . .	149
4.3.10	Schwarze Löcher . . . . .	152

4.3.11	Gravitationswellen . . . . .	158
4.4	Kosmologie . . . . .	166
4.4.1	Zur Vorgeschichte der Kosmologie . . . . .	166
4.4.2	Hubbles Entdeckungen: Approximative Homogenität und Isotropie, kosmologische Rotverschiebung und Weltexpansion . .	169
4.4.3	Thermische Hintergrundstrahlung . . . . .	171
4.4.4	Friedman-Modell des Kosmos . . . . .	172
<b>5</b>	<b>Symmetrie und Erhaltung in der Relativitätstheorie</b>	<b>184</b>
5.1	Das Wesen physikalischer Erhaltungssätze . . . . .	184
5.2	Erhaltungssätze in der Speziellen Relativitätstheorie . . . .	187
5.3	Erhaltungssätze in der Allgemeinen Relativitätstheorie . . .	188
<b>6</b>	<b>Zur Einheit der Physik</b>	<b>192</b>
6.1	Allgemeine Gesichtspunkte . . . . .	192
6.2	Die Elementarteilchen und die vier fundamentalen Wechselwirkungen . . . . .	196
6.3	Einheitliche Feldtheorie in der 4-dimensionalen Raum-Zeit . .	199
6.4	Einheitliche Feldtheorie vom Kaluza-Klein-Typ in einem 5-dimensionalen Raum mit Riemannscher Geometrie . . . .	201
6.5	Einheitliche Feldtheorie in einem 5-dimensionalen projektiven Raum . . . . .	203
6.6	Ausklang . . . . .	206
<b>Literatur</b>		<b>215</b>
<b>Sachverzeichnis</b>		<b>217</b>
<b>Namensverzeichnis</b>		<b>221</b>