

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	9
1 Einführung	11
1.1 Probleme	11
1.2 Das <i>Einsteinsche</i> Postulat	21
1.3 Längen- und Zeitmessung	23
1.4 <i>Minkowski</i> -Diagramme	26
1.5 Der κ -Faktor	28
1.6 Das Additionstheorem für Geschwindigkeiten	33
1.7 <i>Lorentz</i> -Transformationen	36
1.8 Das Myon-Problem	41
1.9 Messen und Sehen	47
2 Grundlagen der Speziellen Relativitätstheorie	52
2.1 Relativitätstheorie in drei Raumdimensionen	52
2.2 $m(v)$ -Formel	58
2.3 Anwendungen in der Elektrodynamik	64
3 Das Zwillingsparadoxon und seine Konsequenzen	76
3.1 Das Zwillingsparadoxon	76
3.2 Die Eigenzeit bei beschleunigten Beobachtern	80
3.3 Gleichzeitigkeit bei beschleunigten Beobachtern	84
3.4 Die Relativität der Existenz	87
4 Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie	96
4.1 Das Äquivalenzprinzip	96
4.2 Uhren und Maßstäbe im Gravitationsfeld - erste Überlegungen	100
4.3 Uhren im Gravitationsfeld	101
4.4 Das Experiment von <i>Hafele</i> und <i>Keating</i>	106
4.5 Maßstäbe im Gravitationsfeld	110
4.6 Die Lichtgeschwindigkeit im Gravitationsfeld	111
4.7 Das <i>Shapiro</i> -Experiment	116
4.8 Die gravitationsbedingte Rotverschiebung	119
4.9 Das t - r -Koordinatensystem des unendlich entfernten Be- obachters im Gravitationsfeld	122
4.10 Die Periheldrehung des Merkurs	125
5 Metrik und Koordinaten	127
5.1 Die <i>Schwarzschild</i> -Metrik	127
5.2 Erste Eigenschaften der SSM	131
5.3 v - und w -Linien in der SSM	132
5.4 Lichtkegel und Kausalität in der SSM	137

5.5	<i>Eddington-Finkelstein</i> -Koordinaten	138
5.6	Freier Fall ins Schwarze Loch	145
5.7	Phänomene am Ereignishorizont	150
6	Der Gravitationskollaps	156
6.1	Oberblick	156
6.2	Phänomenologie des Gravitationskollapses aus der Sicht des kollabierenden Sterns	158
6.3	Phänomenologie des Gravitationskollapses aus der Sicht eines fernen Beobachters	159
7	Sterne	164
7.1	Die allgemeine Gleichgewichtsbedingung	165
7.2	Der Gravitationsdruck	165
7.3	Normale Sterne	169
7.3.1	Temperaturen im Sterninnern	169
7.3.2	Die Energiequelle der Sonne	171
7.3.3	Rote Riesen	173
7.3.4	Relativistische Effekte bei normalen Sternen	174
7.4	Entartete Sterne	174
7.4.1	Die Zustandsgleichung für Weiße Zwerge	175
7.4.2	Die Gleichgewichtsbedingung für Weiße Zwerge	177
7.4.3	Relativistische Effekte bei Weißen Zwergen	179
7.4.4	Weiße Zwerge mit hoher Dichte	179
7.5	Neutronensterne	180
7.5.1	Zustandsgleichung für Neutronensterne	180
7.5.2	Die Gleichgewichtsbedingung für Neutronensterne	181
7.5.3	Relativistische Effekte bei Neutronensternen	182
7.6	Zur Stabilität entarteter Sterne	182
7.6.1	Sterne im M - ρ -Diagramm	183
7.6.2	Stabile und instabile Gleichgewichtslagen	185
7.7	Cygnus X1	186
7.7.1	Indizien für Schwarze Löcher	187
7.7.2	Die Entdeckung von Cygnus X1	188
7.7.3	Rückblick	191
8	Gravitation und Geometrie des Raumes	192
8.1	Das Flammparaboloid	193
8.2	Die Geometrie des Flammparaboloids	195
8.3	Die Geometrie des Kosmos	197
9	Schwarze Löcher: Ergänzungen	198
9.1	Noch einmal <i>Eddington-Finkelstein</i> -Koordinaten	198
9.1.1	<i>Eddington-Finkelstein</i> -Koordinaten mit "geraden" w -Linien	198
9.1.2	Verhalten von Massenkörpern und Lichtblitzen in der Umgebung eines punktförmigen Massenkörpers	199
9.1.3	Die Linien $t = \text{const.}$	199
9.1.4	Vergleich der beiden <i>Eddington-Finkelstein</i> -Koordinaten	200
9.2	<i>Kruskal</i> -Koordinaten	201
9.2.1	Vorbemerkungen	201
9.2.2	Konstruktion der <i>Kruskal</i> -Koordinaten	201
9.2.3	Orientierung im neuen Koordinatensystem	202
9.2.4	t - und r -Linien in <i>Kruskal</i> -Koordinaten	205

9.2.5	Zusammenfassung	206
9.3	Die kausale Struktur (zukunftsgerichtete Lichtkegel)	207
9.3.1	Möglicher Informationsfluß	209
9.3.2	Vergleich der kausalen Strukturen	210
9.4	Geladene Schwarze Löcher	210
9.4.1	Die <i>Reissner</i> -Metrik	210
9.4.2	Ereignishorizonte bei der <i>Reissner</i> -Metrik	212
9.5	Dynamik der Schwarzen Löcher	213
9.5.1	Der 2. Hauptsatz der Schwarze-Löcher-Dynamik	213
9.5.2	Schwarze Löcher können nicht bifurkieren	214
9.6	Rotierende Schwarze Löcher	214
9.6.1	Das <i>Newton-Machsche</i> Eimerproblem	215
9.6.2	Ereignishorizonte bei rotierenden Schwarzen Löchern	216
9.6.3	Der 3. Hauptsatz der Schwarze-Löcher-Dynamik	216
10	Schlußwort	217
Literatur		218
Mathematischer Anhang		219
Anhang zur Kinetischen Gastheorie		225
Physikalische Konstanten		227
Lösung ausgewählter Aufgaben		228
Stichwortverzeichnis		231