
Inhaltsverzeichnis

Teil I Spezielle Relativitätstheorie (SRT)

1	Einführung	3
1.1	Das Relativitätsprinzip der klassischen Mechanik	3
1.2	Die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit	6
1.3	Die Relativität der Gleichzeitigkeit	7
2	Der Minkowski-Raum – die Raumzeit der SRT	11
2.1	Ereignisse, Weltlinien und der invariante Abstand	11
2.2	Raumartige, zeitartige sowie lichtartige Abstände und der Lichtkegel	15
2.3	Die Eigenzeit	19
3	Lorentz-Transformationen	29
3.1	Verschiebungen und Drehungen in der Raumzeit	29
3.2	Allgemeine Lorentz-Transformationen	31
3.3	Inertialsysteme mit Relativbewegung	33
4	Vierervektoren und Vierertensoren	43
4.1	Der Ortsvektor im Minkowski-Raum	43
4.2	Vierervektoren	44
4.3	Vierertensoren	47
5	Relativistische Punktmechanik	55
5.1	Kinematik	55
5.2	Dynamik	57
5.3	Die Energie-Impuls-Beziehung	59
6	Andere Teilgebiete der Physik im Rahmen der SRT	71
6.1	Elektrodynamik	71
6.2	Hydrodynamik	75
6.3	Das Problem der Gravitation	80

Teil II Allgemeine Relativitätstheorie (ART)

7	Grundideen	87
7.1	Geometrisierung der Gravitation	87
7.2	Mach'sches Prinzip und Gravitomagnetismus	90
7.3	Der Energie-Impuls-Tensor als Quellterm	92
8	Geometrie der Raumzeit	95
8.1	Metrik, Vektoren und Tensoren	95
8.2	Lokale Inertialsysteme	99
8.3	Die kovariante Ableitung	101
9	Physik in der gekrümmten Raumzeit	111
9.1	Die Übertragungsregel	111
9.2	Punktmechanik	112
9.3	Elektrodynamik und Hydrodynamik	117
10	Die Einstein'schen Feldgleichungen	125
10.1	Ein Weg zu den Feldgleichungen der Gravitation	125
10.2	Der Riemann'sche Krümmungstensor	128
10.3	Nichtlinearität, Kopplung und Konsistenz	129
11	Der Newton'sche Grenzfall	143
11.1	Voraussetzungen	143
11.2	Die Newton'sche Gravitationsfeldgleichung	144
11.3	Die Newton'sche Bewegungsgleichung	146
12	Die Schwarzschild-Lösung	153
12.1	Ricci-Tensor einer kugelsymmetrischen Metrik	153
12.2	Auswertung der Vakuum-Feldgleichungen	155
12.3	Eigenschaften der Schwarzschild-Lösung	157
13	Die klassischen Effekte der ART	163
13.1	Periheldrehung	163
13.2	Lichtablenkung	169
13.3	Rotverschiebung	171
14	Kugelsymmetrische Sternmodelle	179
14.1	Feldgleichungen innerhalb des Sterns	179
14.2	Hydrostatisches Gleichgewicht	182
14.3	Gravitativer Massendefekt	183
15	Die Schwarzschild-Lösung als Schwarzes Loch	193
15.1	Der Ereignishorizont	193
15.2	Radiale Nullgeodäten	198
15.3	Kugelsymmetrischer Gravitationskollaps	199

16	Das Wirkungsprinzip der ART	205
16.1	Die Hilbert-Wirkung	205
16.2	Ankopplung der Materie	208
16.3	Beispiel: Elektrisch geladener Staub	209
17	Ausblick	217
17.1	Gravitationswellen	217
17.2	Kosmologie	220
17.3	Das Problem der Quantengravitation	223
 Teil III Ergänzungen für Fortgeschrittene		
18	Mathematische Methoden	231
18.1	Killing-Vektoren und Lie-Ableitung	231
18.2	Erhaltungsgrößen und Fernfeld	235
18.3	Die Einstein-Maxwell-Gleichungen bei Axialsymmetrie und Stationarität	239
18.4	Lösungsmethoden aus der Solitonentheorie	244
19	Rotierende und elektrisch geladene Schwarze Löcher	271
19.1	Das Randwertproblem für ein isoliertes Schwarzes Loch	271
19.2	Beweis der Eindeutigkeit der Lösung	275
19.3	Vollständige Herleitung der Kerr-Newman-Lösung	282
19.4	Eigenschaften der Kerr-Newman-Lösung	288
19.5	Thermodynamik Schwarzer Löcher	295
20	Die rotierende Staubscheibe	321
20.1	Rotierende Sterne in der ART	321
20.2	Der Scheibengrenzfall	323
20.3	Die Lösung	326
Literatur		333
Stichwortverzeichnis		339