

Helmut Günther

Spezielle Relativitätstheorie

Helmut Günther

Spezielle Relativitätstheorie

**Ein neuer Einstieg
in Einsteins Welt**



Teubner

Inhalt

Raum · Zeit · Bewegung	13
1 Maßstäbe und Uhren	13
2 Inertialsysteme	14
3 Koordinaten und Geschwindigkeiten	16
3.1 <i>Ein</i> Inertialsystem	16
3.1.1 Ortskoordinaten	16
3.1.2 Das Problem der Zeitmessung	16
3.1.3 Die Relativgeschwindigkeit	19
3.2 <i>Zwei</i> Inertialsysteme	20
3.2.1 Koordinaten-Transformationen	21
3.2.2 Das Additionstheorem der Geschwindigkeiten	21
4 Die speziellen Koordinaten-Transformationen	23
4.1 Die Definition der Gleichzeitigkeit	24
4.2 Die linearen Transformationsformeln	25
4.3 Das Additionstheorem der Geschwindigkeiten	26
5 Bewegte Maßstäbe und Uhren	27
5.1 Bewegte und ruhende Maßstäbe	27
5.2 Bewegte und ruhende Uhren	29
Das Relativitätsprinzip	32
6 EINSTEINS Relativitätsprinzip	32
7 Elementare Relativität	36
Elementarer Aufbau der klassischen Raum-Zeit	39
8 Die physikalischen Postulate der klassischen Raum-Zeit	39
9 Elementare Relativität - Die GALILEI-Transformation	40
Elementarer Aufbau der relativistischen Raum-Zeit	44
10 Der bewegte Stab ist verkürzt - Das MICHELSON-Experiment	44
11 Die bewegte Uhr geht nach - EINSTEINS experimentum crucis der Speziellen Relativitätstheorie	51
12 Die physikalischen Postulate der relativistischen Raum-Zeit	54
13 Elementare Relativität - Die LORENTZ-Transformation	56
14 Die lineare Näherung der Speziellen Relativitätstheorie	61
Die ganze Theorie auf einer Seite	65

Die NEWTONSche Mechanik	66
15 Die NEWTONSchen Axiome	66
16 Die klassische Mechanik	70
17 Das TOLMANSche Gedankenexperiment - Die relativistische Mechanik	72
17.1 Die relativistische Massenformel	72
17.2 Die relativistischen Grundgleichungen der Mechanik	76
EINSTEINS Energie-Masse-Äquivalenz	79
18 Die Trägheit der Energie	79
19 EINSTEINS Idee der Energie-Masse-Äquivalenz	85
Relativistische Phänomene und Paradoxa	87
20 FRESNELScher Mitführungskoeffizient	87
21 Ein Paradoxon zum Mitführungskoeffizienten	88
22 THOMAS-Präzession	89
23 Das Maßstabsparadoxon	93
24 DOPPLER-Effekt	98
24.1 Die klassische Theorie des DOPPLER-Effektes	99
24.1.1 Longitudinale Beobachtung	99
24.1.2 Transversale Beobachtung	101
24.2 Die exakte Theorie des DOPPLER-Effektes	103
24.2.1 Longitudinale Beobachtung	103
24.2.2 Transversale Beobachtung	105
25 Aberration	106
25.1 Die Aberration im Teilchenbild	106
25.2 Die Aberration im Wellenbild	109
26 Ein Paradoxon zur Aberration von Wellen	112
27 Das Zwillingsparadoxon	116
Der mathematische Formalismus der Speziellen Relativitätstheorie	125
28 Die LORENTZ-Gruppe	125
28.1 Die spezielle LORENTZ-Transformation	125
28.2 Die allgemeine LORENTZ-Transformation	132
28.3 Die allgemeine eigentliche LORENTZ-Transformation	138
28.4 Allgemeine Theorie der THOMAS-Präzession	142
28.5 Geometrie im MINKOWSKI-Raum	146
28.6 EINSTEINS Relativitätsprinzip im MINKOWSKI-Raum	153

29	Die kovariante Formulierung der relativistischen Mechanik	154
29.1	Die Bewegung eines Teilchens im MINKOWSKI-Raum	154
29.1.1	Die Eigenzeit einer Teilchenbewegung	154
29.1.2	Die Vierervektoren einer Teilchenbewegung	156
29.2	Die Dynamik der Teilchen im MINKOWSKI-Raum	158
30	Elektrodynamik - Kovariante Formulierung	164
30.1	Die MAXWELLSche Theorie	165
30.1.1	Ladungen und Ströme - Die Kontinuitätsgleichung	166
30.1.2	Die LORENTZ-Kraft	169
30.1.3	Induktionsfluß und Induktionsgesetz	170
30.1.4	Elektrische Verschiebung und magnetische Erregung	174
30.1.5	Die MAXWELLSchen Gleichungen - Elektromagnetische Wellen	179
30.2	Die kovariante Formulierung der Elektrodynamik	186
30.2.1	Die vierdimensionalen Größen der Elektrodynamik	186
30.2.2	Die vierdimensionale Elektrodynamik im Vakuum	192
30.2.3	Die vierdimensionale Elektrodynamik bewegter Medien	198
30.3	Die Elektrodynamik im absoluten Maßsystem	202
30.3.1	Elektrodynamik im Medium	202
30.3.2	Elektrodynamik im Vakuum - Vierdimensionale Formulierung	202

Anhang 208

31	Relativität der Längen- und Zeitmessungen	208
32	Maßstabsparadoxon und Zwillingsparadoxon bei nichtkonventioneller Gleichzeitigkeit	213
32.1	Das Maßstabsparadoxon	214
32.2	Das Zwillingsparadoxon	215
33	EINSTEINS Additionstheorem für beliebig gerichtete Geschwindigkeiten	216
34	Testexperimente zur Speziellen Relativitätstheorie	218
35	Ein Gittermodell der relativistischen Raum-Zeit	224
36	Mathematische Hilfsmittel	240
36.1	Erinnerung an die Tensorrechnung	240
36.2	Integralsätze	251
36.3	Die δ -Funktion	259
37	Aufgaben und Lösungen	262
	Nachwort: Die Spezielle Relativitätstheorie im Verlag B.G. TEUBNER in Leipzig	330

Literatur 333

Register 335