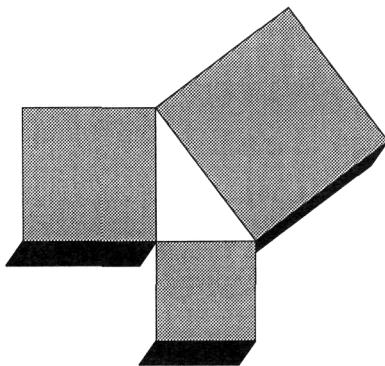


Ulrich E. Schröder

# **Spezielle Relativitätstheorie**

mit  
21 Aufgaben und  
18 Abbildungen



Verlag  
Harri  
Deutsch

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Zur historischen Entwicklung der Relativitätstheorie</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Die physikalischen und begrifflichen Grundlagen der speziellen Relativitätstheorie</b>	<b>11</b>
3.1	Die Hypothesen der Newtonschen Mechanik . . . . .	11
3.2	Das Galileische Relativitätsprinzip und seine Grenzen . . . . .	13
3.3	Das Einsteinsche Relativitätsprinzip . . . . .	19
3.4	Die Lorentz-Transformation . . . . .	21
	Herleitung der Lorentz-Transformation aus dem Relativitätsprinzip . . . . .	22
	Herleitung der Lorentz-Transformation aus dem Relativitätsprinzip und der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit . .	31
	Die Lorentztransformation bei beliebiger Richtung der Relativgeschwindigkeit . . . . .	33
	Abstand und Invarianzprinzip . . . . .	33
3.5	Kinematische Folgerungen aus der Lorentz-Transformation . . . . .	36

Längenkontraktion . . . . .	36
Zeitdilatation . . . . .	38
Nichtsynchroner Stand bewegter Uhren . . . . .	42
Transformation der Geschwindigkeit . . . . .	43
Maßstabparadoxon . . . . .	46
Zwillingsparadoxon . . . . .	48
Beobachtung bewegter Objekte . . . . .	54
<b>4 Tensoren</b>	<b>59</b>
4.1 Skalare Größen, kontravariante und kovariante Vektorkomponenten . . . . .	60
4.2 Tensoren höherer Stufe . . . . .	64
Kontraktionen . . . . .	67
Quotiententheorem . . . . .	67
Relative Tensoren . . . . .	69
4.3 Der metrische Tensor . . . . .	71
4.4 Differentiation von Tensorfeldern . . . . .	74
4.5 Vektoren im euklidischen Raum . . . . .	77
<b>5 Die Formulierung der Relativitätstheorie im Minkowski-Raum</b>	<b>83</b>
5.1 Der vierdimensionale Minkowski-Raum . . . . .	83
5.2 Vierervektoren und -tensoren . . . . .	88
5.3 Die vollständige Lorentz-Gruppe . . . . .	91
5.4 Geometrische Darstellung der Lorentz-Transformation . . . . .	97
5.5 Eigenzeit, Geschwindigkeit, Beschleunigung . . . . .	102

<b>6</b>	<b>Die relativistische Mechanik</b>	<b>105</b>
6.1	Die Bewegungsgleichung für einen Massenpunkt . . . . .	105
6.2	Impuls, Energie, Masse . . . . .	110
6.3	Wechselwirkungen relativistischer Teilchen durch Felder . . . . .	120
6.4	Energie-Impulserhaltung bei Teilchenreaktionen . . . . .	125
	Zerfall . . . . .	126
	Erzeugung . . . . .	128
	Streuung . . . . .	131
6.5	Prinzip der kleinsten Wirkung, Lagrange-Funktion . . . . .	133
6.6	Erhaltungssätze . . . . .	136
<b>7</b>	<b>Die Elektrodynamik als relativistische Feldtheorie</b>	<b>143</b>
7.1	Die Wellengleichung für die elektromagnetischen Potentiale . . . . .	144
7.2	Die Lagrange-Funktion für eine Ladung im äußeren Feld . . . . .	147
7.3	Der Feldtensor und die Bewegungsgleichungen im äußeren Feld	149
7.4	Transformation der Feldstärken und die Invarianten des Feldes	152
7.5	Eichinvarianz . . . . .	156
7.6	Die Maxwell-Gleichungen in kovarianter Form . . . . .	158
7.7	Der Doppler-Effekt . . . . .	160
7.8	Das Wirkungsintegral für das elektromagnetische Feld und die Feldgleichungen . . . . .	164
7.9	Das Noether-Theorem . . . . .	168
7.10	Der Energie-Impuls-Tensor des elektromagnetischen Feldes . .	175

## VIII

<b>8</b>	<b>Relativistische Hydrodynamik</b>	<b>185</b>
8.1	Die nichtrelativistischen Gleichungen . . . . .	187
8.2	Erhaltung der Teilchenzahl . . . . .	188
8.3	Inkohärente Materie . . . . .	190
8.4	Die ideale Flüssigkeit . . . . .	192
<b>9</b>	<b>Grenzen der speziellen Relativitätstheorie</b>	<b>197</b>
<b>A</b>	<b>Aufgaben</b>	<b>205</b>
<b>B</b>	<b>Experimente zur Prüfung der speziellen Relativitätstheorie</b>	<b>209</b>
<b>C</b>	<b>Testtheorien und neue Experimente zur Prüfung der speziellen Relativitätstheorie</b>	<b>213</b>