

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Zur historischen Entwicklung der Relativitätstheorie	3
3	Physikalische und begriffliche Grundlagen der speziellen Relativitätstheorie	9
3.1	Die Hypothesen der Newton'schen Mechanik	9
3.2	Das Galilei'sche Relativitätsprinzip und seine Grenzen	10
3.3	Das Einstein'sche Relativitätsprinzip	15
3.4	Die Lorentz-Transformation	16
3.4.1	Herleitung der Lorentz-Transformation aus dem Relativitätsprinzip	17
3.4.2	Herleitung der Lorentz-Transformation aus dem Relativitätsprinzip und der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit	24
3.4.3	Die Lorentztransformation bei beliebiger Richtung der Relativgeschwindigkeit	25
3.4.4	Abstand und Invarianzprinzip	26
3.5	Kinematische Folgerungen aus der Lorentz-Transformation	27
3.5.1	Längenkontraktion	28
3.5.2	Zeitdilatation	29
3.5.3	Nichtsynchroner Stand bewegter Uhren	33
3.5.4	Transformation der Geschwindigkeit	33
3.5.5	Maßstabparadoxon	35
3.5.6	Zwillingsparadoxon	37
3.5.7	Beobachtung bewegter Objekte	42
4	Tensoren	45
4.1	Skalare Größen, kontravariante und kovariante Vektorkomponenten	45
4.2	Tensoren höherer Stufe	49
4.2.1	Kontraktionen	51
4.2.2	Quotiententheorem	51
4.2.3	Relative Tensoren	52
4.3	Der metrische Tensor	54
4.4	Differenziation von Tensorfeldern	56
4.5	Vektoren im euklidischen Raum	58
5	Formulierung der Relativitätstheorie im Minkowski-Raum	63
5.1	Der vierdimensionale Minkowski-Raum	63
5.2	Vierervektoren und -tensoren	66
5.3	Die vollständige Lorentz-Gruppe	69
5.4	Geometrische Darstellung der Lorentz-Transformation	73
5.5	Eigenzeit, Geschwindigkeit, Beschleunigung	76

6	Relativistische Mechanik	79
6.1	Die Bewegungsgleichung für einen Massenpunkt	79
6.2	Impuls, Energie, Masse	82
6.3	Wechselwirkungen relativistischer Teilchen durch Felder	90
6.4	Energie-Impulserhaltung bei Teilchenreaktionen	94
6.4.1	Zerfall	94
6.4.2	Erzeugung	96
6.4.3	Streuung	98
6.5	Prinzip der kleinsten Wirkung, Lagrange-Funktion	100
6.6	Erhaltungssätze	102
7	Elektrodynamik als relativistische Feldtheorie	107
7.1	Die Wellengleichung für die elektromagnetischen Potenziale	107
7.2	Die Lagrange-Funktion für eine Ladung im äußeren Feld	109
7.3	Der Feldtensor und die Bewegungsgleichungen im äußeren Feld	111
7.4	Transformation der Feldstärken und die Invarianten des Feldes	113
7.5	Eichinvarianz	117
7.6	Die Maxwell-Gleichungen in kovarianter Form	118
7.7	Der Doppler-Effekt	120
7.8	Das Wirkungsintegral für das elektromagnetische Feld und die Feldgleichungen	122
7.9	Das Noether-Theorem	125
7.10	Der Energie-Impuls-Tensor des elektromagnetischen Feldes	130
8	Relativistische Hydrodynamik	139
8.1	Die nichtrelativistischen Gleichungen	140
8.2	Erhaltung der Teilchenzahl	141
8.3	Inkohärente Materie	142
8.4	Die ideale Flüssigkeit	144
9	Grenzen der speziellen Relativitätstheorie	149
10	Experimente zur Prüfung der speziellen Relativitätstheorie	155
A	Aufgaben	163
B	Testtheorien (Beitrag von C. Lämmerzahl)	167
B.1	Kinematische Testtheorien	167
B.1.1	Der Formalismus	167
B.1.2	Vergleich mit den Experimenten	169
B.2	Dynamische Testtheorien	173
B.2.1	Klein-Gordon-Gleichung	174
B.2.2	Maxwell-Gleichung	175
B.2.3	Dirac-Gleichung	178
B.2.4	Experimente	178
	Sachwortverzeichnis	181