
Inhaltsverzeichnis

1	Relativität in der klassischen Mechanik	1
1.1	Bezugssysteme	1
1.2	Das Relativitätsprinzip	2
1.3	Koordinatentransformationen	4
1.4	Die Newtonschen Gesetze	6
1.5	Galilei Transformationen	8
1.6	Masse, Energie und Impuls	10
1.7	Die Raumzeit	13
1.8	*Galilei-Symmetrien	16
1.9	Historische Notiz	17
1.10	Aufgaben	18
2	Die Maxwell'schen Gleichungen der Elektrodynamik	21
2.1	Einführung	21
2.2	Die Vereinigung von Elektrizität und Magnetismus	22
2.3	Ladungen, Felder und die Lorentzkraft	23
2.4	Stationäre Ladungsverteilungen	25
2.5	Die Divergenz des magnetischen Feldes	28
2.6	Inkonsistenzen mit dem galileischen Relativitätsprinzip	28
2.7	Die Grenzen der Galilei-Invarianz	30
2.8	Das Induktionsgesetz von Faraday	30
2.9	Die Felder gleichförmig bewegter Ladungen	33
2.10	Die Maxwell'schen Gleichungen	34
2.11	Die Kontinuitätsgleichung	34
2.12	Die Erhaltung der Ladung	35
2.13	Historische Notiz	36
2.14	Aufgaben	37
3	Die Ausbreitung des Lichts	39
3.1	Der Verschiebungsstrom	39
3.2	Die quellenfreien Gleichungen	41

3.3	Die Wellengleichung	42
3.4	Monochromatische ebene Wellen	43
3.5	Polarisation	45
3.6	Potentiale	46
3.7	Eichtransformationen	48
3.8	Photonen	49
3.9	Das Relativitätsprinzip und die Ausbreitung des Lichts	50
3.10	Das Michelson-Morley-Experiment	51
3.11	Aufgaben	54
4	Die Spezielle Relativitätstheorie Einsteins	57
4.1	Die Lorentz-Kontraktion	57
4.2	Operative Definitionen von Distanz und Gleichzeitigkeit	58
4.3	Die Relativität der Gleichzeitigkeit	60
4.4	Der k -Faktor von Bondi	63
4.5	Die Zeitdilatation	64
4.6	Die zweidimensionale Lorentz-Transformation	65
4.7	Die Transformation der Geschwindigkeit	67
4.8	Die Lorentz-Kontraktion	68
4.9	Die Verknüpfung von Lorentz-Transformationen	69
4.10	Die Schnelligkeit	70
4.11	*Die Lorentz- und Poincaré-Gruppen	71
4.12	Aufgaben	72
5	Die vierdimensionalen Lorentz-Transformationen	75
5.1	Koordinaten in vier Dimensionen	75
5.2	Vierdimensionale Koordinatentransformationen	76
5.3	Die Lorentz-Transformationen in vier Dimensionen	79
5.4	Die Standard-Lorentz-Transformationen	81
5.5	Die allgemeinen Lorentz-Transformationen	82
5.6	Euklidischer Raum und Minkowski-Raum	84
5.7	Vierervektoren	84
5.8	Zeitliche und räumliche Anteile	87
5.9	Das innere Produkt	88
5.10	Klassifizierung von Vierervektoren	90
5.11	Die kausale Struktur des Minkowski-Raums	92
5.12	Invariante Operatoren	93
5.13	Der Frequenz-Vierervektor	97
5.14	*Affine Räume und Kovektoren	98
5.15	Aufgaben	99

6	Relativbewegungen	103
6.1	Transformationen zwischen Bezugssystemen	103
6.2	Die Eigenzeit	104
6.3	Die Vierergeschwindigkeit	105
6.4	Die Viererbeschleunigung	109
6.5	Konstante Beschleunigung	112
6.6	Stetige Verteilungen	115
6.7	*Die Bewegung eines starren Körpers	116
6.8	Visuelle Beobachtungen	119
6.9	Aufgaben	123
7	Relativistische Stöße	125
7.1	Die operative Definition der Masse	126
7.2	Die Erhaltung des Vierer-Impulses	127
7.3	Die Äquivalenz von Masse und Energie	128
7.4	Aufgaben	131
8	Relativistische Elektrodynamik	135
8.1	Die Lorentz-Transformationen von E und B	135
8.2	Der Viererstrom und das Viererpotential	138
8.3	Transformationen von E und B	140
8.4	Linear polarisierte ebene Wellen	143
8.5	Die elektromagnetische Energie	145
8.6	Der Vierer-Impuls des Photons	146
8.7	*Avancierte und retardierte Lösungen	148
8.8	Aufgaben	151
9	*Tensoren und Isometrien	155
9.1	Affine Räume	156
9.2	Die Lorentz-Gruppe	157
9.3	Tensoren	158
9.4	Das Tensorprodukt	159
9.5	Tensoren im Minkowski-Raum	162
9.6	Tensorkomponenten	163
9.7	Beispiele von Tensoren	165
9.8	Einparametrische Untergruppen	170
9.9	Isometrien	172
9.10	Die Riemannsche Sphäre und Spinoren	174
10	Anhang: Bemerkungen zu den Aufgaben	179

11	Anhang: Vektoranalysis	191
11.1	Dreiervektor-Identitäten	191
11.2	Vierervektor-Identitäten	192
11.3	Die Existenz von Potentialen	192
Literatur		195
Sachverzeichnis		197