

Inhaltsverzeichnis

1. Die Lorentztransformation	1
1.1 Inertialsysteme	1
1.2 Das Relativitätsprinzip	3
1.3 Folgerungen aus dem Relativitätsprinzip	4
1.4 Invarianz der Lichtgeschwindigkeit und Lorentztransformation	7
1.5 Das Linienelement	8
1.6 Michelson, Lorentz, Poincaré, Einstein	12
2. Physikalische Interpretation	18
2.1 Geometrische Darstellung der Lorentztransformation	18
2.2 Relativität der Gleichzeitigkeit. Kausalität	20
2.3 Überlichtgeschwindigkeit	23
2.4 Die Lorentzkontraktion	26
2.5 Retardierungseffekte: Die Unsichtbarkeit der Lorentzkontraktion und Überlichtgeschwindigkeiten	28
2.6 Eigenzeit und Zeitdilatation	31
2.7 Das Uhren- oder Zwillingsproblem („Paradoxon“)	33
2.8 Über den Einfluß von Beschleunigungen auf Uhren	36
2.9 Das Geschwindigkeitsadditionstheorem	37
2.10 Die Thomaspräzession	39
2.11 Die Synchronisation von Uhren	43
3. Lorentz-, Poincarégruppe und Minkowskigeometrie	49
3.1 Die Lorentz- und Poincarégruppe	50
3.2 Der Minkowski-Raum. Vierervektoren	52
3.3 Passive und aktive Transformationen. Spiegelungen	55
3.4 Kontravariante und kovariante Vektorkomponenten. Felder	58
4. Relativistische Mechanik	62
4.1 Kinematik	62
4.2 Die Stoßgesetze. Relativistische Massenzunahme	66
4.3 Lichtquanten: Dopplereffekt und Comptoneffekt	68
4.4 Die Umwandlung von Masse in Energie. Der Massendefekt	74
4.5 Der relativistische Phasenraum	77
5. Relativistische Elektrodynamik	84
5.1 Dynamik	84
5.2 Die kovariante Formulierung der Maxwell-Gleichungen	85

5.3	Die Lorentzkraft	89
5.4	Tensoralgebra	91
5.5	Invariante Tensoren, metrischer Tensor	93
5.6	Tensorfelder und Tensoranalysis	100
5.7	Das vollständige System der Maxwell-Gleichungen. Ladungserhaltung	104
5.8	Diskussion der Transformationseigenschaften	106
5.9	Erhaltungssätze. Der Energie-Impulstensor	113
5.10	Geladene Teilchen	120
6.	Die Lorentzgruppe und einige ihrer Darstellungen	133
6.1	Die Lorentzgruppe als Lie-Gruppe	133
6.2	Die Lorentzgruppe als quasidirektes Produkt	138
6.3	Einige Untergruppen der Lorentzgruppe	141
6.4	Einige Darstellungen der Lorentzgruppe	145
6.5	Direkte Summen und irreduzible Darstellungen	149
6.6	Das Schursche Lemma	154
7.	Darstellungstheorie der Drehgruppe	163
7.1	Die Drehgruppe $SO(3, \mathbf{R})$	164
7.2	Infinitesimale Transformationen	167
7.3	Lie-Algebra und Darstellungen der $SO(3)$	170
7.4	Lie-Algebren von Lie-Gruppen	173
7.5	Unitäre irreduzible Darstellungen von $SO(3)$	176
7.6	$SU(2)$, Spinoren und die Darstellungen endlicher Drehungen	186
7.7	Darstellungen in Funktionenräumen	196
7.8	Beschreibung von Teilchen mit Spin	202
7.9	Die volle orthogonale Gruppe $O(3)$	208
7.10	Mehrwertige Darstellungen	213
8.	Darstellungstheorie der Lorentzgruppe	218
8.1	Lie-Algebra und Darstellungen von \mathcal{L}_+^1	218
8.2	Die Spinordarstellung	222
8.3	Spinoralgebra	228
8.4	Der Zusammenhang von Spinoren und Tensoren	232
8.5	Endlichdimensionale Darstellungen der vollen Lorentzgruppe	238
9.	Darstellungstheorie der Poincarégruppe	244
9.1	Felder. Dirac-Gleichung	244
9.2	Relativistische Kovarianz in der Quantenmechanik	253
9.3	Lie-Algebra und Invarianten der Poincarégruppe	258
9.4	Irreduzible unitäre Darstellungen der Poincarégruppe	265
9.5	Darstellungstheorie von \mathcal{P}_+^1 und lokale Feldtheorie	278
9.6	Irreduzible semiunitäre Strahldarstellungen von \mathcal{P}	292

10. Erhaltungssätze in der relativistischen Feldtheorie	297
10.1 Wirkungsprinzip und Noether-Theorem	297
10.2 Anwendung auf Poincaré-kovariante Feldtheorien	303
10.3 Relativistische Hydrodynamik	311
Anhang A Gruppentheoretisches Glossar	316
Anhang B Abstrakte multilineare Algebra	319
B.1 Semilineare Abbildungen	319
B.2 Dualraum	320
B.3 Komplex-konjugierter Raum	320
B.4 Transposition, komplexe und hermitesche Konjugation von Abbildungen	320
B.5 Bi- und Sesquilinearformen	321
B.6 Realitätsstrukturen und komplexe Strukturen	321
B.7 Direkte Summen	322
B.8 Tensorprodukte	323
B.9 Komplexifizierung	324
B.10 Die Tensoralgebra über einem Vektorraum	324
B.11 Symmetrische und äußere Algebra	326
B.12 Inneres Produkt, Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren	327
B.13 Poincaré- und Hodge-Dualität	329
B.14 \mathcal{G} -Geometrien in Vektorräumen und Größen vom Typ (\mathcal{G}, σ)	331
Anhang C Majorana-Spinoren, Zeitumkehr und einige mit der Bispinor-Darstellung in Zusammenhang stehende Gruppenisomorphismen	335
C.1 Wiederholung aus Abschnitt 9.1	335
C.2 Majorana-Spinoren, Zeitumkehr	337
C.3 Einige mit der Bispinordarstellung in Zusammenhang stehende Gruppenisomorphismen	339
Anhang D Poincaré-Kovarianz in der zweiten Quantisierung	342
D.1 Der Einteilchenraum	342
D.2 Fockraum und Feldoperator	344
D.3 Poincaré-Kovarianz des Formalismus und Erhaltungsgrößen	345
Notation und Konventionen	349
Buchliteratur	353
Namenverzeichnis	362
Sachverzeichnis	366