

Inhaltsverzeichnis

I	Symmetrietransformationen	1
A	Grundlegende Symmetrien	1
B	Symmetrien in der klassischen Mechanik	5
C	Symmetrien in der Quantenmechanik	25
A_I	Statistische Mechanik im Phasenraum	33
1	Euler-Darstellung	34
2	Lagrange-Darstellung	36
B_I	Satz von Noether in der Feldtheorie	41
1	Euler-Lagrange-Formalismus für Felder	41
2	Symmetrietransformation und erhaltener Strom	44
3	Verallgemeinerte Formulierung in der Raumzeit	45
4	Lokale Energieerhaltung	45
II	Grundbegriffe der Gruppentheorie	47
A	Eigenschaften von Gruppen	47
B	Darstellungen einer Gruppe	58
A_{II}	Zerlegungen von Gruppen	67
1	Nebenklassen	67
2	Faktor- oder Quotientengruppe	68
III	Einführung in Lie-Gruppen	71
A	Allgemeine Eigenschaften	71
B	Beispiele	88
C	Galilei- und Poincaré-Gruppe	100
A_{III}	Adjungierte Darstellung und Casimir-Operator	111
1	Adjungierte Darstellung einer Lie-Algebra	111
2	Ein Skalarprodukt auf \mathcal{L} : die Killing-Form	113
3	Vollständig antisymmetrisierte Strukturkonstanten	115
4	Konstruktion des Casimir-Operators	116

IV	Darstellungen von Gruppen in der Quantenmechanik	117
A	Physikalische Eigenschaften einer Transformation	119
B	Der Satz von Wigner	120
C	Transformation von Observablen	125
D	Unitäre Darstellungen auf einem Zustandsraum	127
E	Phasenfaktoren und projektive Darstellungen	131
A_{IV}	Projektive Darstellungen von Lie-Gruppen – Satz von Bargmann	137
1	Einfach zusammenhängende Gruppe	138
2	<i>p</i> -fach zusammenhängende Gruppe	140
B_{IV}	Der Satz von Uhlhorn-Wigner	143
1	Reeller Vektorraum	143
2	Komplexer Vektorraum	147
V	Erzeugende Operatoren der Galilei- und Poincaré-Gruppe	149
A	Darstellungen im Zustandsraum	150
B	Galilei-Gruppe	151
C	Lorentz-Poincaré-Gruppe	165
A_V	Die eigentliche Lorentz-Gruppe	181
1	Beziehung zur Gruppe $SL(2, \mathbb{C})$	181
2	Kleine Gruppe eines Vierervektors	188
B_V	Die Spinoperatoren S und W	193
1	Spinoperator S	193
2	Der Pauli-Lubanski-Vektor	195
3	Spinquadrat in einem Unterraum mit beliebigem Viererimpuls	198
C_V	Die Bewegungs- oder Euklidische Gruppe	201
1	Wiederholung der klassischen Eigenschaften	202
2	Operatoren auf dem Zustandsraum	211
D_V	Raumspiegelung (Parität)	221
1	Wirkung im Ortsraum	221
2	Operator auf dem Zustandsraum	223
3	Erhaltung und Verletzung der Parität	225
VI	Zustandsräume und Wellengleichungen	229
A	Galilei-Gruppe und Schrödinger-Gleichung	229
B	Relativistische Wellengleichungen	242

A_{VI}	Relativistische Invarianz der Dirac-Gleichung und nichtrelativistischer Grenzfall	263
1	Lorentz-Transformation der Dirac-Spinoren	263
2	Nichtrelativistischer Grenzfall	266
B_{VI}	Endliche Lorentz-Transformationen und Dirac-Zustandsraum	271
1	Geometrische Bewegungen	271
2	Lorentz-Transformationen	273
3	Zustandsraum und Observablen für die Dirac-Gleichung	276
C_{VI}	Lagrange-Funktionen und Erhaltungsgrößen	283
1	Notation und komplexe Felder	283
2	Schrödinger-Gleichung	284
3	Klein-Gordon-Gleichung	287
4	Dirac-Gleichung	289
5	Das Standardmodell der Elementarteilchen	292
VII	Drehimpulse, Drehgruppe, Spinoren	297
A	Elementare Theorie des Drehimpulses	297
B	Transformation von Vektoren und Spinoren	304
C	Irreduzible unitäre Darstellungen	314
D	Addition von Drehimpulsen	323
A_{VII}	Die SU(2) überlagert die Drehgruppe homomorph	331
1	Wirkung der SU(2) auf reelle Vektoren	331
2	Die Transformation ist eine Drehung	333
3	Homomorphismus zwischen SO(3) und SU(2)	334
4	Bezug zum Kapitel VII	336
B_{VII}	Kopplung von drei Drehimpulsen	339
1	Unterräume mit Gesamtdrehimpuls Null	339
2	3j-Symbole	341
3	6j-Symbole	343
VIII	Transformation von Observablen unter Drehungen	347
A	Vektorielle Operatoren	348
B	Tensoroperatoren	353
C	Der Satz von Wigner-Eckart	368
D	Anwendungen	373
A_{VIII}	Elementare Eigenschaften von Tensoren	383
1	Vektoren	383
2	Tensoren	385

3	Produkt und Kontraktion	388
4	Symmetrische und antisymmetrische Tensoren	390
5	Zerlegung in irreduzible Tensoren	392
B_{VIII}	Irreduzible Zerlegung von Tensoren zweiter Ordnung	395
1	Tensorprodukt von zwei Vektoroperatoren	395
2	Irreduzible Komponenten in der Cartesischen Basis	397
C_{VIII}	Multipolmomente	401
1	Elektrische Multipole	402
2	Magnetische Multipole	412
3	Multipolmomente von Systemen mit Drehimpuls J	417
D_{VIII}	Zerlegung einer Dichtematrix in irreduzible Tensoren	423
1	Liouville-Raum	423
2	Transformation unter Drehungen	425
3	Eine Basis irreduzibler Operatoren	426
4	Drehsymmetrie und Zeitentwicklung	428
IX	Interne Symmetrien	433
A	Systeme von Teilchen mit interner Symmetrie	434
B	Die Isospin-Symmetrie	448
C	Flavour-Symmetrie und die Gruppe SU(3)	454
A_{IX}	Symmetrisieren von gleichwertigen Teilchen	477
1	Fermionen	478
2	Bosonen	482
3	Vollständig (anti)symmetrisierte Zustände	482
4	Äquivalenz zwischen zwei Vierteilchensystemen	483
X	Gebrochene Symmetrie	487
A	Ferromagnetismus	488
B	Weitere Beispiele	493
A	Zeitumkehr	501
A	In der klassischen Mechanik	502
B	Antilineare Operatoren	505
C	Quantenmechanischer Zeitumkehroperator	512
D	Explizite Konstruktion von Operatoren für Zeitumkehr	518
E	Anwendungen	521
Literaturverzeichnis		529
Sach- und Namenverzeichnis		535