

Inhaltsverzeichnis

I	Symmetrien in der Quantenmechanik	1
1	Symmetrien in der klassischen Physik	1
2	Raumverschiebungen in der Quantenmechanik	17
3	Der unitäre Verschiebungsoperator	18
4	Die Bewegungsgleichung für räumlich verschobene Zustände	20
5	Symmetrie und Entartung von Zuständen	22
6	Zeitverschiebungen in der Quantenmechanik	29
7	Definition einer Gruppe	32
8	Rotationen und ihre Gruppeneigenschaften	34
9	Ein Isomorphismus der Rotationsgruppe	37
10	Infinitesimale und endliche Drehungen	39
11	Die Isotropie des Raumes	41
12	Der Drehoperator für Vielteilchenzustände	51
II	Drehimpulsalgebra und Darstellung der Drehimpulsoperatoren	53
13	Irreduzible Darstellungen der Rotationsgruppe	53
14	Matrixdarstellungen der Drehimpulsoperatoren	58
15	Die Addition von zwei Drehimpulsen	66
16	Berechnung von Clebsch-Gordan-Koeffizienten	70
17	Rekursionsformeln für Clebsch-Gordan-Koeffizienten	71
18	Explizite Berechnung der Clebsch-Gordan-Koeffizienten	72
III	Mathematische Ergänzung: Elementares über Lie-Gruppen	81
19	Allgemeine Struktur von Lie-Gruppen	81
20	Kommutatoren als verallgemeinerte Vektorprodukte	91
21	Algebraische Begriffe	93
22	Kompakte Lie-Gruppen und Lie-Algebren	100
23	Invariante Operatoren (Casimir-Operatoren)	100
24	Racah'sches Theorem	101
25	Erläuterungen zu Multipletts	101
26	Invarianz unter einer Symmetriegruppe	104
27	Konstruktion des invarianten Operators	107
28	Casimir-Operatoren Abel'scher Lie-Gruppen	109
29	Vollständigkeitsrelation für Casimir-Operatoren	110
30	Zusammenstellung einiger Gruppen und ihrer Eigenschaften	111
31	Koordinatentransformationen und Funktionstransformationen	112

IV	Symmetriegruppen und ihre physikalische Bedeutung	125
32	Symmetrien des Hamilton-Operators	125
33	Multiplett-Struktur der Zustände	127
34	Massenentartung innerhalb von Multipletts	129
V	Die Isospingruppe (Isobarens spin)	131
35	Isospin als Eigenschaft der Nukleonen	131
36	Isospin-Operatoren für ein Viel nukleonensystem	137
37	Darstellungen einer Lie-Algebra – Allgemeines	144
38	Reguläre (oder adjungierte) Darstellung einer Lie-Algebra	145
39	Transformationsgesetz für Isospin-Vektoren	149
40	Experimenteller Test der Isospin-Invarianz	157
VI	Die Hyperladung	173
41	Vom Isospin zur Hyperladung	173
42	Isospin und Hyperladung von Antiteilchen	179
VII	Die SU(3)-Symmetrie	181
43	Die Gruppen $U(n)$ und $SU(n)$	181
44	Die Generatoren der SU(3)-Gruppe	185
45	Die Lie-Algebra der SU(3)-Gruppe	187
46	Unteralgebren der SU(3) und Schiebeoperatoren	196
47	Kopplung von T -, U - und V -Multipletts	198
48	Quantitative Abrundung unserer Schlussfolgerungen	200
49	Geometrische Gestalt eines SU(3)-Multipletts	202
50	Anzahl der Zustände auf Gitterpunkten innerer Schalen	203
VIII	Quarks und die Gruppe SU(3)	215
51	Quarks als kleinste nichttriviale Darstellung der SU(3)	215
52	Suche nach Quarks	218
53	Die Transformationseigenschaften der Quark-Zustände	219
54	Konstruktion von SU(3)-Multipletts aus elementaren Darstellungen	225
55	Aufbau der Darstellungen $D(p, q)$ aus Quarks und Antiquarks	227
56	Mesonen-Multipletts	231
57	Regeln für die Reduktion direkter Produkte von SU(3)-Multipletts	243
58	U -Spin-Invarianz	247
59	Test der U -Spin-Invarianz	250
60	Die Gell-Mann-Okubo-Massenformel	251
61	Die Clebsch-Gordan-Koeffizienten der SU(3)	254
62	Quarkmodelle mit inneren Freiheitsgraden	257
63	Die Massenformel in der SU(6)	285
64	Magnetische Momente im Quarkmodell	286
65	Angeregte mesonische und baryonische Zustände	288
IX	Darstellungen der Permutationsgruppe und Young-Tableaux	295
66	Die Permutationsgruppe und identische Teilchen	295
67	Die Standard-Anordnung der Young-Tableaux	299

68	Irreduzible Darstellungen der Permutationsgruppe S_N	302
69	Der Zusammenhang zwischen $SU(2)$ und S_2	311
70	Die irreduziblen Darstellungen der $SU(n)$	314
71	Bestimmung der Dimension	320
72	Die $SU(n - 1)$ -Untergruppen von $SU(n)$	324
73	Zerlegung des Tensorproduktes zweier Multipletts	326
X	Mathematische Ergänzung: Gruppencharaktere	331
74	Definition von Gruppencharakteren	331
75	Die Schur'schen Lemmata	332
76	Orthogonalitätsrelationen für Darstellungen diskreter Gruppen . .	333
77	Äquivalenzklassen	335
78	Orthogonalitätsrelationen der Gruppencharaktere	337
79	Gruppencharaktere am Beispiel der Gruppe $D(3)$	338
80	Reduktion einer Darstellung	339
81	Kriterium für Irreduzibilität	340
82	Direktes Produkt von Darstellungen	341
83	Erweiterung auf kontinuierliche kompakte Gruppen	341
84	Mathematischer Exkurs: Gruppenintegration	342
85	Unitäre Gruppen	344
86	Der Übergang von $U(N)$ nach $SU(N)$ am Beispiel der $SU(3)$. . .	345
87	Integration über unitäre Gruppen	347
88	Gruppencharaktere der unitären Gruppen	350
XI	Charm und $SU(4)$	369
89	Die Entdeckung des Charm-Quarks	369
90	Teilchen mit Charm und die $SU(4)$	371
91	Die Gruppeneigenschaften der $SU(4)$	372
92	Strukturkonstanten f_{ijk} und Koeffizienten d_{ijk} für $SU(4)$	379
93	Multipletstruktur der $SU(4)$	381
94	Zerfall der Mesonen mit verborgenem Charm	390
95	Zerfall von Mesonen mit offenem Charm	391
96	Baryonen-Multipletts	392
97	Das Potentialmodell des Charmoniums	401
98	Die $SU(4)$ [$SU(8)$]-Massenformel	409
99	Die Υ -Resonanzen	412
100	Das Quark-Modell und das Top-Quark	414
XII	Mathematische Ergänzungen	419
101	Einführung	419
102	Wurzelvektoren und klassische Lie-Algebren	423
103	Skalarprodukte von Eigenwerten	427
104	Cartan-Weyl-Normierung	430
105	Graphische Darstellung der Wurzelvektoren	431
106	Lie-Algebra vom Rang 1	432
107	Lie-Algebren vom Rang 2	432
108	Lie-Algebren vom Rang $l > 2$	434

109	Die besonderen Lie-Algebren	435
110	Einfache Wurzeln und Dynkin-Diagramme	435
111	Die Dynkin'sche Vorschrift	437
112	Die Cartan'sche Matrix	439
113	Bestimmung aller Wurzeln aus den einfachen Wurzeln	440
114	Zwei einfache Lie-Algebren	441
115	Die Darstellungen der klassischen Lie-Algebren	443
XIII	Spezielle diskrete Symmetrien	449
116	Raumspiegelung (Paritätstransformation)	449
117	Gespiegelte Zustände und Operatoren	451
118	Zeitumkehr	452
119	Antiunitäre Operatoren	454
120	Mehrteilchensysteme	458
121	Reelle Eigenfunktionen	459
XIV	Dynamische Symmetrien	461
122	Das Wasserstoffatom	461
123	Die Gruppe $SO(4)$	464
124	Die Energieniveaus des Wasserstoffatoms	465
125	Der klassische isotrope Oszillator	466
126	Der quantenmechanische isotrope Oszillator	467
XV	Mathematische Ergänzung: Nichtkompakte Lie-Gruppen	481
127	Definition und Beispiele nichtkompakter Lie-Gruppen	481
128	Die Lie-Gruppe $SO(2,1)$	488
129	Anwendung auf Streuprobleme	492
XVI	Beweis des Racah'schen Theorems	495
130	Racah'sches Theorem	495
Index		503