

# Literaturverzeichnis

- [1] V. Fock, *Näherungsmethode zur Lösung des quantenmechanischen Mehrkörperproblems*, Zeitschr. f. Phys. 61 (1930) 126
- [2] Latter, *Atomic Energy Levels for the Thomas-Fermi and Thomas-Fermi-Dirac Potential*, Phys. Rev. 99, (1955) 510
- [3] V. Fock und Petraschen, Phys. Zeits. Sowjetunion 6 (1934) 368
- [4] G.W. Kellner, *Die Ionisierungsspannung des Heliums nach der Schrödinger'schen Theorie*, Z. Phys. 44 (1928) 469
- [5] E. Hylleraas, *Reminiscences from early quantum mechanics of two-electron atoms*, Rev. Modern Phys. 35 (1963) 421
- [6] R.N. Hill, *Proof that the  $H^-$  Ion Has Only One Bound State*, Phys. Rev. Letters, 38 (1977) 643
- [7] E. U. Condon and G. H. Shortley, *The Theory of Atomic Spectra*, Cambridge Univ. Press, London (1935)
- [8] C. L. Pekeris,  *$1^1S, 2^1S$ , and  $2^3S$  States of  $H^-$  and of  $He$* , Phys. Rev. 126 (1962) 1470
- [9]
- [10]
- [11] M. Born, *Quantenmechanik der Stoßvorgänge*, Zeitschrift für Physik 38 (1926) 803
- [12] G. Baym, *Lectures on Quantum Mechanics*, Addison-Wesley, 1973, Seite 202
- [13] siehe z.B. Abramowicz, Seite 504 ff
- [14] N.F. Mott, *The Collision between Two Electrons*, Proc. Soc. London 126 (1930) 259
- [15] C. Gerthsen, Annalen der Physik 9 (1931) 769

- 
- [16] J. Williams, Proceedings Royal Society London 128 (1930) 459
- [17] A. A. Michelson and E. W. Morley, Phil. Mag **24** (1887) 463; A. A. Michelson, **34** (1892) 280.
- [18] G. Hansen, Annalen der Physik **78** (1925) 558
- [19] O. Klein, Zeitschrift für Physik 37 (1926) 895; V. Fock, Zeitschrift für Physik 38 (1926) 242 und 39 (1926) 226; J. Kudar, Annalen der Physik 81 (1926) 632; W. Gordon, Zeitschrift für Physik 40 (1926) 117.
- [20] P.A.M. Dirac, Proc. Roy. Soc. **A117** (1928) 610 und **118** (1928) 351.
- [21] D.M. Volkov, *Über eine Klasse von Lösungen der Diracschen Gleichung*, Zeitschrift für Physik 94 (1935) 250

# Index

- $\alpha$ -Matrizen, 132
- $\gamma_5$ , 129
- Übergänge, 55
  - erste Ordnung, 55
  - zweite Ordnung, 62
- Übergangsamplitude
  - 1. Ordnung, 55
- Übergangsrate, 57
- 3j-Symbole, 36
  
- Absorption, 61
- Adiabatische Approximation, 58
- Antikommutator, 122
- Antispinorfeld, 124
- Antiteilchen, 116
- asymptotisch vollständig, 98
- Atommodelle, 21
- Ausschlussprinzip, 10
- Austauscheffekte
  - bei Streuung, 93
- Austauschenergie, 25
- Austauschentartung, 9
- Austauschterm, 23, 94
- Auswahlregel, 37
  - für Tensoroperatoren, 39
  
- Besselgleichung, 91
- Bilineare Tensorfelder, 130
- Bohr-Magneton, 42
- Bornsche Näherung, 74
- Bornsche Reihe, 72
- Bosonen, 9, 10
  
- Clebsch-Gordan Koeffizienten, 31, 33
- Compton-Wellenlänge, 111
- Coulombstreuung, 77
  - von  $\alpha$ -Teilchen, 94
  
- Darstellung
  - irreduzible, 123
  - reduzible, 123
- Darstellung der Permutationsgruppe, 7
- Darwin-Term, 48, 141
- Differentialgleichung
  - hypergeometrische, 78
- Dipol-Operator, 65
- Dipolübergänge, 163
- Dirac-Hamiltonian, 132
- Diracalgebra, 122
- Diracbild, 52
- Diracgleichung, 120
  - nichtrelativistische Näherung, 137
  - radiale, 155
  - zweite Ordnungs-Gleichung, 145
- Diracscher Erhaltungssatz, 151
- Diracsee, 120
- Diractheorie
  - freie Lösungen, 133
- Drehimpuls
  - Produktzustände, 30
- Drehimpuls in Diractheorie, 142
- drehinvarianter Hamiltonian, 142
- Dreiecksregel, 32
- Dyson-Reihe, 55
  
- Eichpotential, 114

- Eichtransformation  
in Diractheorie, 132
- Einstein-Koeffizient, 66
- Einteilchenoperator, 23
- Elektron, 121
- Elektronenfeld, 121
- Emission  
induzierte, 61
- Ereignis, 103
- Erzeugende  
der Lorentzgruppe, 107
- Exponentialpotential, 90
- Feinstruktur, 45, 149, 163  
von pionischen Atomen, 118
- Feinstruktur-Formel, 161
- Feinstrukturkonstante, 117
- Feldstärketensor, 115
- Fermi-Energie, 13
- Fermienergie, 14
- Fermifläche, 14
- Fermigas  
ideales, 13
- Fermionen, 9, 10
- Foldy-Wouthuyson-Transformation, 138
- Formfaktor, 76
- Gamma-Matrizen, 122
- Gesamtdrehimpuls  
in chiraler Darstellung, 143  
in Diractheorie, 149
- goldene Regel, 62
- goldene Regel von Fermi, 57
- Greensche Funktion, 85
- Grundzustand im TF-Atom, 21
- Gruppe  
nicht-Abelsche, 7  
spezielle lineare, 125
- Hamilton-Operator, 3
- Hartree-Fock Gleichungen, 26
- Hartree-Fock-Gleichungen, 26
- Hyperfeinstruktur, 49, 165
- identische Teilchen, 7, 10
- Impuls  
relativistischer, 110
- Instabilität des Vakuums, 162
- Ionisierungsenergie, 162
- Jost-Funktion  
für Exponentialpotential, 93
- Jostfunktion, 88
- Kernmagneton, 49
- Klein-Gordon Gleichung, 109, 115
- Korrespondenzregel, 110
- kovariante Ableitung, 114
- Kummerfunktion, 78
- Ladung  
elektrische, 112
- Ladungskonjugation, 116, 135
- Lamb-Verschiebung, 164
- Landé Faktor, 42
- Larmorfrequenz, 42
- Leiteroperatoren, 29
- Levinson-Theorem, 89, 90
- Lippmann-Schwinger-Gleichung, 69, 72
- Lorentzalgebra, 107
- Lorentztransformation, 105
- magnetisches Moment des Elektrons, 138
- Majorana-Darstellung, 136
- Mehrkörpersysteme, 3
- Metrik, 103
- Minkowskiraum, 103
- Mott-Streuung, 94
- Møller-Operatoren, 96, 97
- Noetherstrom, 111

- Operator
  - symmetrischer, 9
- Operatoren
  - symmetrische, 8
- optisches Theorem, 83
- Partialwellen, 80
- Pauli-Hamiltonian, 138
- Permutation, 7
- Permutationen, 8
- Pionische Atome, 117
- plötzliches Einschalten, 56
- Poincare Transformationen, 103
- Poincare-Gruppe, 105
- Polarisation des Vakuums, 117
- Positron, 121
- Potentialstreuung, 69
- Produktzustand, 5
- Propagator, 53
- Rückwärtslichtkegel, 106
- Resonanz, 61
- Resonanzen, 89
- Rutherford-Formel, 75, 76
- S-Matrix, 100, 101
- Schiebeoperatoren auf  $\ell_2$ , 98
- Schrödingergleichung, 4
- Sirius B, 17
- skalare Operatoren, 37
- Slater-Determinante, 12
- Spektraldichte, 14, 58
- Spin
  - des Elektrons, 145
- Spin-Bahn-Kopplung, 46, 141
- Spinor
  - Dirac-konjugierter, 129
- Spinor-Harmonische, 155
- Spinoren
  - Drehungen, 127
  - Lorentztransformation, 126
  - Raumspiegelungen, 127
- Spinorfeld, 124
- Störungen
  - periodische, 60
- Störungstheorie
  - zeitabhängige, 52
- Streuamplitude
  - analytische Eigenschaften, 80
- Streumatrix, 55
- Streuoperator, 100, 101
- Streuphase
  - für Exponentialpotential, 92
- Streuphasen, 82
- Streutheorie
  - formale, 96
- Streuung
  - elastische, 67, 75
  - inelastische, 67
  - von identischen Bosonen, 93
  - von identischen Fermionen, 95
- Streuwinkel, 74, 76
- Strom
  - in Diractheorie, 132
- Teilchen
  - identische, 7
  - zusammengesetzte, 10
- Tensorfeld
  - bilinear in  $\psi$ , 130
- Tensoroperator, 38
- Tensoroperatoren, 38
- Tensorprodukt, 4
- Thomas-Fermi
  - Gleichung, 18
  - Potential, 19
- Thomas-Fermi Atome, 17
- Thomas-Präzession, 46
- Thomas-Term, 141

- 
- Translation, 105  
Transposition, 8  
  
Umkehrproblem, 90  
  
Vektorfeld, 130  
Verflechtungsrelation  
    für Møller-Operatoren, 99  
Volkov-Lösung, 146  
Vorwärtslichtkegel, 106  
  
Wechselwirkungsbild, 52  
weisser Zwerg, 17  
Wellenfunktion  
    antisymmetrische, 10  
    symmetrische, 10  
Weylgleichung, 127  
Wirkungsquerschnitt, 68  
Wronski-Determinante, 85  
  
Yukawa-Potential, 75  
  
zeitgeordnetes Produkt, 54  
Zweiteilchenoperator, 24

# Index

- $\alpha$ -Matrizen, 132
- $\gamma_5$ , 129
- Übergänge, 55
  - erste Ordnung, 55
  - zweite Ordnung, 62
- Übergangsamplitude
  - 1. Ordnung, 55
- Übergangsrate, 57
- 3j-Symbole, 36
  
- Absorption, 61
- Adiabatische Approximation, 58
- Antikommutator, 122
- Antispinorfeld, 124
- Antiteilchen, 116
- asymptotisch vollständig, 98
- Atommodelle, 21
- Ausschlussprinzip, 10
- Austauscheffekte
  - bei Streuung, 93
- Austauschenergie, 25
- Austauschentartung, 9
- Austauschterm, 23, 94
- Auswahlregel, 37
  - für Tensoroperatoren, 39
  
- Besselgleichung, 91
- Bilineare Tensorfelder, 130
- Bohr-Magneton, 42
- Bornsche Näherung, 74
- Bornsche Reihe, 72
- Bosonen, 9, 10
  
- Clebsch-Gordan Koeffizienten, 31, 33
- Compton-Wellenlänge, 111
- Coulombstreuung, 77
  - von  $\alpha$ -Teilchen, 94
  
- Darstellung
  - irreduzible, 123
  - reduzible, 123
- Darstellung der Permutationsgruppe, 7
- Darwin-Term, 48, 141
- Differentialgleichung
  - hypergeometrische, 78
- Dipol-Operator, 65
- Dipolübergänge, 163
- Dirac-Hamiltonian, 132
- Diracalgebra, 122
- Diracbild, 52
- Diracgleichung, 120
  - nichtrelativistische Näherung, 137
  - radiale, 155
  - zweite Ordnungs-Gleichung, 145
- Diracscher Erhaltungssatz, 151
- Diracsee, 120
- Diractheorie
  - freie Lösungen, 133
- Drehimpuls
  - Produktzustände, 30
- Drehimpuls in Diractheorie, 142
- drehinvarianter Hamiltonian, 142
- Dreiecksregel, 32
- Dyson-Reihe, 55
  
- Eichpotential, 114

- Eichtransformation  
in Diractheorie, 132
- Einstein-Koeffizient, 66
- Einteilchenoperator, 23
- Elektron, 121
- Elektronenfeld, 121
- Emission  
induzierte, 61
- Ereignis, 103
- Erzeugende  
der Lorentzgruppe, 107
- Exponentialpotential, 90
- Feinstruktur, 45, 149, 163  
von pionischen Atomen, 118
- Feinstruktur-Formel, 161
- Feinstrukturkonstante, 117
- Feldstärketensor, 115
- Fermi-Energie, 13
- Fermienergie, 14
- Fermifläche, 14
- Fermigas  
ideales, 13
- Fermionen, 9, 10
- Foldy-Wouthuyson-Transformation, 138
- Formfaktor, 76
- Gamma-Matrizen, 122
- Gesamtdrehimpuls  
in chiraler Darstellung, 143  
in Diractheorie, 149
- goldene Regel, 62
- goldene Regel von Fermi, 57
- Greensche Funktion, 85
- Grundzustand im TF-Atom, 21
- Gruppe  
nicht-Abelsche, 7  
spezielle lineare, 125
- Hamilton-Operator, 3
- Hartree-Fock Gleichungen, 26
- Hartree-Fock-Gleichungen, 26
- Hyperfeinstruktur, 49, 165
- identische Teilchen, 7, 10
- Impuls  
relativistischer, 110
- Instabilität des Vakuums, 162
- Ionisierungsenergie, 162
- Jost-Funktion  
für Exponentialpotential, 93
- Jostfunktion, 88
- Kernmagneton, 49
- Klein-Gordon Gleichung, 109, 115
- Korrespondenzregel, 110
- kovariante Ableitung, 114
- Kummerfunktion, 78
- Ladung  
elektrische, 112
- Ladungskonjugation, 116, 135
- Lamb-Verschiebung, 164
- Landé Faktor, 42
- Larmorfrequenz, 42
- Leiteroperatoren, 29
- Levinson-Theorem, 89, 90
- Lippmann-Schwinger-Gleichung, 69, 72
- Lorentzalgebra, 107
- Lorentztransformation, 105
- magnetisches Moment des Elektrons, 138
- Majorana-Darstellung, 136
- Mehrkörpersysteme, 3
- Metrik, 103
- Minkowskiraum, 103
- Mott-Streuung, 94
- Møller-Operatoren, 96, 97
- Noetherstrom, 111



- Operator
  - symmetrischer, 9
- Operatoren
  - symmetrische, 8
- optisches Theorem, 83
- Partialwellen, 80
- Pauli-Hamiltonian, 138
- Permutation, 7
- Permutationen, 8
- Pionische Atome, 117
- plötzliches Einschalten, 56
- Poincare Transformationen, 103
- Poincare-Gruppe, 105
- Polarisation des Vakuums, 117
- Positron, 121
- Potentialstreuung, 69
- Produktzustand, 5
- Propagator, 53
- Rückwärtslichtkegel, 106
- Resonanz, 61
- Resonanzen, 89
- Rutherford-Formel, 75, 76
- S-Matrix, 100, 101
- Schiebeoperatoren auf  $\ell_2$ , 98
- Schrödingergleichung, 4
- Sirius B, 17
- skalare Operatoren, 37
- Slater-Determinante, 12
- Spektraldichte, 14, 58
- Spin
  - des Elektrons, 145
- Spin-Bahn-Kopplung, 46, 141
- Spinor
  - Dirac-konjugierter, 129
- Spinor-Harmonische, 155
- Spinoren
  - Drehungen, 127
  - Lorentztransformation, 126
  - Raumspiegelungen, 127
- Spinorfeld, 124
- Störungen
  - periodische, 60
- Störungstheorie
  - zeitabhängige, 52
- Streuamplitude
  - analytische Eigenschaften, 80
- Streumatrix, 55
- Streuoperator, 100, 101
- Streuphase
  - für Exponentialpotential, 92
- Streuphasen, 82
- Streutheorie
  - formale, 96
- Streuung
  - elastische, 67, 75
  - inelastische, 67
  - von identischen Bosonen, 93
  - von identischen Fermionen, 95
- Streuwinkel, 74, 76
- Strom
  - in Diractheorie, 132
- Teilchen
  - identische, 7
  - zusammengesetzte, 10
- Tensorfeld
  - bilinear in  $\psi$ , 130
- Tensoroperator, 38
- Tensoroperatoren, 38
- Tensorprodukt, 4
- Thomas-Fermi
  - Gleichung, 18
  - Potential, 19
- Thomas-Fermi Atome, 17
- Thomas-Präzession, 46
- Thomas-Term, 141

- 
- Translation, 105  
Transposition, 8  
  
Umkehrproblem, 90  
  
Vektorfeld, 130  
Verflechtungsrelation  
    für Møller-Operatoren, 99  
Volkov-Lösung, 146  
Vorwärtslichtkegel, 106  
  
Wechselwirkungsbild, 52  
weisser Zwerg, 17  
Wellenfunktion  
    antisymmetrische, 10  
    symmetrische, 10  
Weylgleichung, 127  
Wirkungsquerschnitt, 68  
Wronski-Determinante, 85  
  
Yukawa-Potential, 75  
  
zeitgeordnetes Produkt, 54  
Zweiteilchenoperator, 24