

Stichwortverzeichnis

A

Adjungiert 47
Algorithmus
 Numerov 114
Alpha-Teilchen 225, 263
Amplitude 25
Anti-hermitescher Operator 49, 50
Antisymmetrische Wellenfunktion 218,
 224–226
Antiteilchen 32
Atom
 Diskrete Spektren 273
 Pauli-Prinzip 229
 Periodensystem 230
 Vielelektronen-Atome 215
 Zusammengesetzte Teilchen 225
 Zweiatomiges Molekül 135
Austauschoperator 216, 218, 220
Austausch-Symmetrie 216

B

Bahndrehimpuls 151, 180
Basisfreie Vektoren 42
Begrenztes Potential 77
 Nichtnull-Lösung 83
 Reflektionskoeffizient 78, 83
 Teilchen mit genügend Energie 78
 Teilchen mit geringer Energie 81
 Transmissionskoeffizient 78, 83
Beschleunigung 95
Besetzungszahloperator 98
Bessel-Funktionen 183, 186
Bohr, Niels 201
Bohrscher Radius 73, 201, 202, 212
Bornsche Näherung 260, *siehe* Streuung
Boson 154, 224
Bra-Ket-Schreibweise 40
Bra-Vektor 41, 42

C

Compton, Artur 31
Compton-Effekt 31
Compton-Wellenlänge 32

D

De Broglie, Louis 33
Diagonalisierung 48, 56
Differentieller Wirkungsquerschnitt
 Bornsche Näherung 260
 Definition 250
 Laborsystem 254
 Schwerpunktsystem 254
 Spinlose Teilchen 256
 Streutheorie 250
Dirac, Paul 32, 40
Dirac-Schreibweise
 Bra-Vektor 41
 Ket-Vektoren 40
 Überblick 39
Diskrete Atomspektren 273
Doppelspaltanordnung 33
Drehimpuls
 Eigenfunktionen 144, 145
 Eigenwerte 132
 Eigenzustände 130
 einer rotierenden Scheibe 128
 Erhöhungsoperator 131
 Erniedrigungsoperator 131
 Impulsoperatoren 129
 in klassischer Mechanik 127
 Kommutatoren 129
 Kugelkoordinaten 142
 Matrix-Darstellung 137
 Orbital 209
 Quantenzahl 202, 206
 Quaternzahl 153
 Rotationsenergie 135
 Spinoperator 154
 Überblick 128
 Zustandsgleichungen 132
d-Zustand 209, 230

E

- Eigenfunktion
 - Antisymmetrische 218
 - Symmetrische 218
 - von L_z in Kugelkoordinaten 144, 145
 - von L_z und L^2 142
- Eigenvektor
 - Bestimmung 57
 - Definition 53
 - eines Operator 55
 - Entarteter Hamilton-Operator 246
 - und Eigenwerte 53
- Eigenwert
 - Bestimmung 57
 - Erhöhungsoperator 136
 - Erniedrigungsoperator 136
 - und Eigenvektoren 53
- Eigenzustand
 - Drehimpuls 128
 - Erster angeregter Zustand 99
 - Erzeugungsoperator 97
 - Grundzustand 98
 - Ortsraum 101
 - Vernichtungsoperator 97
 - Zweiter angeregter Zustand 99
 - Energie von $a^{\dagger} |n\rangle$ 99
 - Energie von $a |n\rangle$ 100
- Einfallende Stromdichte 78
- Einfallender Fluss 250
- Einfallendes Licht 26
- Einfallendes Teilchens, Wellenfunktion 257
 - Kinetische Energie 263
- Einheitsmatrix 57
- Einheitsoperator 44
- Einstein, Albert 29, 30, 31, 33, 34
- Elektrisches Feld
 - Harmonischer Oszillator im 239
 - Schwaches Feld 239
 - Wasserstoffatom im 246
- Elektron
 - Antiteilchen 32
 - Bohrscher Radius 212
 - Compton-Wellenlänge 32
 - Emission 29
 - Kinetische Energie 191
 - Lokalisierung im Wasserstoffatom 210
 - Orbital 209, 230
 - Periodensystem 230
 - Photoelektrischer Effekt 29
 - Schalenstruktur 230
 - Stöße 223
 - Unterschalen 230
- Elektronenstrahl 34
- Elektrostatische potentielle Energie 192
- Energie 25, 32, 241
- Energie des Grundzustands 114
- Energie-Entartung
 - Stark-Effekt 247
 - Wasserstoffatom 206
- Energieniveaus
 - Bestimmung 72
 - Entartung 206
 - Harmonische Oszillator im elektrischen Feld 240
- Entartete Hamilton-Operatoren 244
- Entartung
 - Austausch-Entartung 224
 - Stark-Effekt 247
 - Wasserstoffatom 206
- Erhöhungsoperator 101, 131–133, 136, 155
- Erlaubte gebundene Zustände 68
- Erniedrigungsoperator
 - Drehimpuls 131
 - Eigenwerte 136
 - Harmonischer Oszillator 99, 102, 110, 101
- Erster angeregter Zustand 99
- Erwartungswert
 - Elektronenabstand 210
 - eines anti-hermiteschen Operators 50, 51
 - eines hermiteschen Operators 48, 51
 - eines Operators 45
- Erzeugungsoperator 97

F

- Fermion 153, 155, 224
- Freie Teilchen
 - Schrödinger-Gleichung 91
 - Kugelkoordinaten 182
 - Wellenpaket 92
- f-Zustand 209, 230

G

- Gamma-Strahlen 32
- Gaussches Wellenpaket 93
- Gebundener Zustand 68, 69, 76

Geladener Oszillator 239
 Energie 241
 Wellenfunktion 242
 Gerlach, Walther 151
 Gesamtenergie 215, 220, 227
 Geschwindigkeit 251
 Gestreute Wellenfunktion 257
 Gleichbleibender Hamilton-Operator 224
 Goudsmit, Samuel A. 152
 Gradientoperator 45
 Graviton 154
 Greensche Funktion 259
 g-Zustand 230

H

Hamilton-Operator
 Definition 44
 Eigenwerte 60
 Harmonischer Oszillator 97, 239
 Näherung nullter Ordnung 244
 Störungstheorie 234, 235, 239
 Vielteilchensysteme 214
 Harmonischer Oszillator
 3D 188
 Eigenzustände 99
 Energie von $a |n\rangle$ 99
 Energie von $a^\dagger |n\rangle$ 100
 Energieniveaus 98
 Energie-Zustandsgleichungen 98
 Erster angeregter Zustand 99
 Erzeugungsoperator 97
 Grundzustandsenergie 114
 Hermite-Polynome 106
 im elektrischen Feld 239
 Isotrop 188
 Java-Programm 113
 Klassisch 95
 Matrizen 108
 Operatoren 97
 Ortsraum 101
 Proton 107
 Quantisierung 273
 Vernichtungsoperator 97
 Wellenfunktion des Grundzustands 103
 Zweiter angeregter Zustand 99
 Hauptquantenzahl 200, 201, 206, 230
 Heisenbergsche Unschärferelation 34, 50, 52, 272
 Hermite-Polynome 106
 Hermitesch Konjugiert 41, 47

Hermitescher Operator
 Definition 48
 Eigenwerte 53
 Ersetzung von Operatoren Operator 48
 Hermitesch konjugierte 41
 Kommutator 48
 Unitär Transformierte 60
 Hilbertraum
 Erstellung von Vektoren 37
 Ortsvektoren 43
 Zustandsvektor 39
 Hooksches Gesetz 95
 h-Zustand 230

I

Identische nicht-wechselwirkende Teilchen 227
 Impulsoperator 45, 52, 129
 Impulsvektor 25, 43, 129
 Interferenz von Wellen 34
 Isotroper harmonischer Oszillator 188

J

Java-Programm
 eindimensionale Schrödinger-Gleichung 113
 Erstellung 114
 Laufen lassen 122
 Näherung 113
 Schreiben 116

K

Ket-Vektoren
 Basislose Zustandsvektoren 42
 Normalisiert 42
 Orthogonal 44
 Orthonormal 44
 Schwarzsche Ungleichung 43
 Zustandsvektor als 40
 Kinetische Energie
 eines Elektrons 192
 eines Protons 191
 Einfallendes Teilchen 263
 Mahrelektronen-Atom 216
 Radial 180
 Rotationsenergie 180
 Klassische Physik 25

Kommutatoren
 Bestimmung von 48
 von Drehimpulsoperatoren 129
 von Operatoren 48
 Unitäre Umformungen 60
Komplex konjugiert
 Bra-Vektoren 41
 Definition 41
 Hermitesch Adjungierte 47
 Unitäre Operatoren 59
 Zahl 47
Kontinuierliche Darstellung 61
Korrekturen zweiter Ordnung 237
Korrekturterm zweiter Ordnung 238, 234
Kosmische Strahlung 32
Kreisfrequenz 239
 eines Zustandsvektors 62
Kugelkoordinaten
 Definition 177, 178
 Eigenfunktion
 von L_2 145
 von L_z 144
 Freie Teilchen in 3D 182
 Isotroper harmonischer Oszillator 188
 Radiusvektor 178
 Schrödinger-Gleichung 180
 Sphärische Bessel-Funktionen 183
 Sphärische Neumann-Funktionen 183
 Überblick 142, 177
 Umrechnung 143
 und rechtwinklige Koordinaten 177
 Zentralpotential 179

L

L_2 -Operator 130
Laborsystem
 Streuwinkel 252
 Teilchen gleicher Masse 255
 Überblick 251
 und Schwerpunktsystem 251
 Wirkungsquerschnitt 254
Laguerre-Polynome 204, 247
Laplace-Operator 45, 62, 179, 194
Licht
 als Teilchen 28, 271
 Frequenz 27
 Lichtgeschwindigkeit 32
 Photoelektrischer Effekt 29, 271
 Photon 30, 33
 Schwarzkörperstrahlung 26

Spektrum 26
Streuung 31
Wellenlängenshift 31
Lichtgeschwindigkeit 32
Lichtwellen 25, 28
Linearer Operator 47

M

Masse 32, 95, 215, 239
Matrix-Darstellung 60
Matrizen
 Drehimpuls 137
 Harmonischer Oszillator 108
 Pauli-Matrizen 155
 Spin $\frac{1}{2}$ -Matrizen 156
Matrizenmechanik 60
Momentanbeschleunigung 95

N

Näherung nullter Ordnung 244
Nebelkammer 32
Neumann-Funktionen 183, 186
Neutron 224, 225
Newtonsche Gesetze 272
Nichtentartete Hamilton-Operatoren 234
Normalisiert
 Ket 42
Normalisierte Funktion 73
Normalverteilung 25, 37, 67, 95, 127, 151,
 177, 191, 213, 233, 249, 267, 271
Numerov-Algorithmus 114

O

Operator *siehe* Spezielle Operatoren
Orbital 209, 230
Orthogonal 44
Orthonormal 44
Ortsoperator 97
 Ortsoperatoren 129
Ortsvektor 43, 61

P

Paarerzeugung 33
Paarvernichtung 33
Pauli-Matrizen 155
Pauli-Prinzip 213, 229
Periodensystem 230

Permutationsoperator 228
 Photoelektrischer Effekt 29, 271
 Photon 30, 31, 33, 224
 Pi-Meson 224
 Planck, Max 28
 Plancksche Quantisierung 28
 Plancksches Gesetz 28
 Plancksche Konstante 28, 32
 Potentialbarriere
 $E > V_0$ 85, 87
 Reflexionskoeffizient 89
 Schrödinger-Gleichung 85
 Tunneln 90
 Überblick 85
 Wentzel-Kramers-Brillouin-Methode 90
 Potentialstufe 77
 Potentialtopf 68, 69
 Erlaubte gebundene Zustände 68
 Sphärisch 184
 Teilchen einschließen 68
 Überblick 67
 und quantisierte Energie 273
 Wellenfunktion 68
 Potentielle Energie 180, 191, 213, 216,
 220
 Proton 107, 114, 191, 213, 224, 225
 Proton/Elektron-System
 Schwerpunkt 193
 p-Zustand 209, 230

Q

Quantenmechanik 127
 Quanten-Schwingung 96
 Quantentunneln 90, 273
 Quantenzahl
 Drehimpuls 128, 131, 132, 134, 153,
 202
 Hauptquantenzahl 200, 206
 i-tes 221
 i-tes Teilchen 228
 Orbitale 209, 230
 Periodensystem 230
 Quantenzustand des Wasserstoffatoms
 206
 Quantisierte Zustände 72
 Radiale Quantenzahl 200
 Spin 153
 und Pauliprinzip 229
 Quantisierungsbedingung 200
 Quark 225

R

Radiale kinetische Energie 180
 Radiale Quantenzahl 200
 Radiale Schrödinger-Gleichung
 Erlaubte Energien 201
 Hauptquantenzahl 200
 Lösung 197, 201
 Lösung für große r 197
 Lösung für kleine r 196
 Radiale Quantenzahl 200
 Radialgleichung 182, 197
 Radiusvektor 178
 Rayleigh-Jeans-Gesetz 27
 Rechtwinklige Koordinaten
 und Kugelkoordinaten 178
 Reduzierte Masse 194
 Reflexionskoeffizient 78, 87, 89
 Relativitätstheorie 32, 33
 Rotationsenergie 127, 135, 180
 Rückstellkraft 188
 Rydberg-Konstante 246

S

S2-Operator 154
 Schrödinger, Erwin 61
 Schrödinger-Gleichung
 Definition 67
 Eindimensional 113
 Freie Teilchen 91
 Java-Programm 113
 Lösung der Radialgleichung 201
 Lösung für $\psi(r)$ 196
 Lösung für $\psi(R)$ 195
 Lösung für große r 197
 Lösung für kleine r 196
 Numerov-Algorithmus 114
 Potentialbarriere 88
 Potentialstufe 82
 Radiale Quantenzahl 200
 Radialgleichung 197
 Teilchenenergie 78
 Teilung für Wasserstoffatom 193
 Vereinfachung für Wasserstoffatom 193
 Wasserstoffatom 191
 Wellenmechanik 63
 Zeitabhängig 75
 Zentralpotential 179
 Schrödingers Katze 274
 Schwarzkörperstrahlung 26

- Schwarzsche Ungleichung 43
 - Schwellfrequenz 30
 - Schwerpunktsystem
 - Definition 251
 - und Laborsystem 251
 - und Streuwinkel 251, 264
 - und Wirkungsquerschnitt 254
 - Spaltenvektor 45
 - Sphärische Bessel-Funktionen 183, 186
 - Sphärische Neumann-Funktionen 183, 186
 - Sphärischer Laplace-Operator 180
 - Sphärisches Kastenpotential 184
 - Spin
 - Bosonen 154
 - Definition 152
 - down 152
 - Eigenzustände 152
 - Entdeckung 152, 272
 - Fermionen 153, 155
 - Pauli-Spinmatrizen 157
 - Quantenzahlen 153
 - und Bahndrehimpuls 152
 - up 152
 - Spin $\frac{1}{2}$ -Matrizen 156
 - Spinlose Teilchen 256
 - Stark-Effekt 247
 - Stern, Otto 151
 - Stern-Gerlach-Versuch 151, 272
 - Störung
 - Energie des ungestörten Systems 234
 - Energieniveaus 235
 - Entartete Hamilton-Operatoren 244
 - Gleichungen 235
 - Hamilton-Operator 234, 235, 246
 - Koeffizienten von λ 235
 - Korrekturen erster Ordnung 234, 236
 - Korrekturen zweiter Ordnung 234, 237
 - Nichtentartete Hamilton-Operatoren 234
 - Oszillator im elektrischen Feld 241
 - Wasserstoff in elektrischen Feldern 246
 - Wellenfunktion 235
 - Zeitunabhängige Störungstheorie 233
 - Störungstheorie 233, 239
 - Streuung
 - Bornsche Näherung 260
 - Differentieller Wirkungsquerschnitt 250
 - Einfallender Fluss 250
 - Laborsystem 251
 - Schwerpunktsystem 251
 - Spinlose Teilchen 256
 - Teilchen gleicher Masse 255
 - Totaler Wirkungsquerschnitt 250
 - Überblick 249
 - Wirkungsquerschnitt 250
 - Wirkungsquerschnitte Umrechnen 254
 - Streuwinkel
 - Bezugssysteme 252
 - Compton-Effekt 31
 - Schwerpunktsystem 264
 - Winkelelement 249
 - Wirkungsquerschnitt 264
 - Stromdichte 250
 - Symmetrische Wellenfunktion 224, 225, 226
 - Symmetrischer rechteckiger Potentialtopf 76
 - Symmetrisierungspostulat 225
 - Synchrotron 32, 249
 - Sz-Operator 154
 - s-Zustand 209, 230
- T**
- Teilchen 25, 33, 68, 96, 239
 - Totaler Wirkungsquerschnitt 250
 - Trägheitsmoment 127, 135
 - Transmissionskoeffizient 78, 83, 86, 89, 90
 - Tunneleffekt 90, 273
- U**
- Uhlenbeck, George E. 152
 - Ultraviolett-Katastrophe 27
 - Unendliche rechteckige Potentialtöpfe
 - Berechnung der Wellenfunktionen 71
 - Energieniveaus 72
 - Normalisierung der Wellenfunktionen 73
 - Symmetrische Töpfe 76
 - Teilchen einfangen 70
 - Zeitabhängigkeit der Wellenfunktionen 74
 - Ungestörte Energie 234, 247
 - Ungestörtes System 234
 - Unitäre Operatoren 59
 - Unschärferelation 34, 50
 - Unterschalen 230
- V**
- Vektor
 - als Ket 42
 - Basisfrei 42
 - im Hilbertraum 37
 - Ortsvektor 43, 61

Schwarzsche Ungleichung 43
 von Wahrscheinlichkeiten 45
 Vernichtungsoperator 97
 Verteilung
 Normalverteilung 25, 37, 67, 95, 127, 151,
 177, 191, 213, 233, 249, 267, 271
 Vielteilchensysteme 229
 Antisymmetrie 224
 Antisymmetrische Wellenfunktionen 224,
 226
 Austausch-Entartung 224
 Austausch-Operator 216
 Austausch-Symmetrie 216
 Gesamtenergie 215, 222, 227
 Gleichbleibender Hamiltonoperator 224
 Identische nicht-wechselwirkende Teilchen
 227
 Identitätsverlust 222
 Pauliprinzip 229
 Periodensystem 230
 Symmetrie 224
 Symmetrische Wellenfunktionen 224, 226
 Überblick 213
 Wellenfunktion 214, 226
 Zweiteilchensystem 227

W

Wahrscheinlichkeit 34
 Wahrscheinlichkeitsamplitude 35
 Wahrscheinlichkeitsdichte 35
 Wasserstoffatom
 Elektron im 191
 Energie-Entartung 206
 Erlaubte Energien 200
 Orbitale 209
 Proton im 191
 Quantenzustände 207
 Radiale Schrödinger-Gleichung 196
 Schrödinger-Gleichung 194
 Schwerpunkt 191
 Spin 207
 Wasserstoff-Wellenfunktionen 204
 Welle 25, 33
 Wellenfunktion
 Antisymmetrisch 218, 224, 226
 Bornsche Näherung 261
 eines oszillierenden Protons 108
 Elektronenspin 207
 Geladener Oszillator 242
 Hamilton-Operator 214

in Kugelkoordinaten 182
 Intensität 35
 Normalisierung 73, 80
 Radialteil 201
 Störungstheorie 235
 Symmetrisch 218, 224, 226
 Vielteilchensystem 214, 227, 229
 Wasserstoffatom 204
 Wellenfunktion 182
 Zeitabhängigkeit 74
 Zweiteilchensystem 227
 Wellenlänge 25, 31, 33
 Wellenlängenshift 31
 Wellenmechanik 62
 Wellenpaket 92
 Wellenvektor 25, 33
 Welle-Teilchen-Dualismus 25, 28, 33, 271
 Wentzel-Kramers-Brillouin-Methode 90
 Wien, Wilhelm 27
 Wiensches Verschiebungsgesetz 27
 Würfel 37
 Würfeloperator 46

Z

Zeilenvektor 45
 Zeitabhängige Schrödinger-Gleichung 75
 Zeitabhängigkeit 74
 Zentralpotential
 Definition 179
 Radialer Teil der Wellenfunktion 181
 Schrödinger-Gleichung 180
 Winkelabhängiger Teil der Wellenfunktion
 180
 Zielscheiben-Analogie 250
 Zusammengesetzte Teilchen 225
 Zustandsgleichung
 β_{\max} 132
 β_{\min} 132
 Drehimpuls 132
 Zustandsvektor
 Adjungierte 47
 Anti-hermitesche Operatoren 49
 Basislos 42
 Bra-Hermitesche Operatoren 41
 Bra-Vektor 41
 Definition 37
 Dirac-Schreibweise 39
 Eigenvektoren 53
 Eigenwerte 53

Quantenphysik für Dummies

Erwartungswert 45	Operatoren 44
im Hilbert-Raum 41	Schwarzsche Ungleichung 43
Ket-Vektor 40, 41	Unitäre Operatoren 59
Kommutator 48	Unschärferelation 50
Komplex konjugierte als Bra-Vektor 41	Wellenfunktion 62
kontinuierliche Darstellung 61	Zweiatomiges Molekül
Lineare Vektoren 47	Rotationsenergie 135
Matrixdarstellung 60	Zweiteilchen Systeme 227
Multiplikation von Bras und Kets 42	Zweiter angeregter Zustand 99, 201