

Register

Abkürzungen

BS	Bezugssystem
IS	Inertialsystem
KS	Koordinatensystem
LS	Laborsystem
LT	Lorentztransformation
SRT	Spezielle Relativitätstheorie
SS	Schwerpunktsystem

Einheiten

Å	Ångström, $1 \text{ Å} = 10^{-8} \text{ cm}$
eV	Elektronenvolt
fm	Fermi, $1 \text{ fm} = 10^{-13} \text{ cm}$
GeV	Gigaelektronenvolt $1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}$
J	Joule, $1 \text{ J} = 1 \text{ N m}$
N	Newton, $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/s}^2$
W	Watt, $1 \text{ W} = \text{J/s}$

Symbole

= const.	gleich einer konstanten Größe
≡	identisch gleich oder definiert durch
:=	dargestellt durch, z. B. $\mathbf{r} := (x, y, z)$
$\stackrel{(5.20)}{=}$	ergibt mit Hilfe von Gleichung (5.20)
≐	entspricht
\propto	proportional zu
\approx	ungefähr gleich
\sim	von der Größenordnung
$= \mathcal{O}(\dots)$	von der Ordnung oder Größenordnung

A

Aberration, 311
abgeschlossenes System, 26, 37–38, 87–89
Abplattung der Erde, 179
absolut entfernt (raumartig), 306
absolute Vergangenheit und Zukunft, 306
Abstand von Ereignissen, 292, 305–309

Additionstheorem für Geschwindigkeiten,
316–317
aktive Transformation, 36–37
Allgemeine Relativitätstheorie, 41, 344
Amplitude
 einer Schwingung, 210–212, 214, 221
 einer Welle, 262
Anfangsbedingung, 13, 59
antisymmetrisch, total a.s. Tensor, 187
aperiodischer Grenzfal, 212
Äquivalenz
 Masse und Energie, 331–332
 träge und schwere Masse, 41, 344
 Trägheits- und Gravitationskräfte, 41
Arbeit, 19–20
Atwoodsche Fallmaschine, 62–63, 78

B

Bahnkurve, 3–8
 im Zentralfeld, 135–139
Balkenbiegung, 264–268
barometrische Höhenformel, 275
Bernoulli-Gleichung, 277–278, 282
beschleunigtes Bezugssystem, 40–46,
 341–344
Beschleunigung, 7–8
bewegte Uhren und Maßstäbe in der SRT,
 299–309
Bewegungsgleichung
 Eulersche Gleichungen, 191–198
 für Drehimpuls, 18, 26–27
 Hamiltonsche Gleichungen, 235–240
 kanonische Gleichungen, 235–240
 Lagrangegleichungen 1. Art, 49–55
 Lagrangegleichungen 2. Art, 65–74
 Newtons Axiome, 9–15
 relativistische B. eines Massenpunkts,
 325–334
Bezugssystem, 3, 9–10, 31–46, 289, 290
 starrer Körper, 166–169
 Streuung, 157–161
Bohrsche Quantisierungsbedingung, 238
Brachistochrone, 96, 103

C

chaotische Bewegung, 145–146
 Corioliskraft, 44, 47
 Coulombkraft, -potenzial, 136, 141,
 155–157

D

d' Alembert, Lösungsmethode nach, 263
 d' Alembert-Operator, 323
 d' Alembert-Prinzip, 54
 deterministisch, 144–146
 deterministisches Chaos, 145
 differentieller Wirkungsquerschnitt,
 151–161
 Dispersion, 280
 -Relation, 233, 280
 Dissipation
 -Funktion, Rayleighsche, 74
 gedämpfte Schwingung, 215
 dissipative Kraft, 20–21, 28, 73–74
 Doppelpendel, 66, 67, 79, 85, 232
 mit Feder, 228–229
 Drehbewegung (starrer Körper), 165–207
 Drehimpuls
 -Erhaltung, 18, 26–27, 91
 Bewegungsgleichung, 18, 26–27
 Definition, 18
 starrer Körper, 173–175
 Drehmoment, 18, 27, 191
 Druck, 269
 Dyade, 174, 188
 Dynamik
 starrer Körper, 166
 Massenpunkt, 3
 dynamische Suszeptibilität, 212

E

ebene Welle, 281
 Eichtransformation
 Lagrangefunktion, 118–119
 Schrödingerfeld, 287
 Eichung von Uhren und Maßstäben (SRT),
 299–300
 Eigenfrequenz, 210, 217–221
 Eigenlänge, 300
 Eigenschwingung, -mode, 217–224
 Saite, 262
 Eigenwert, Eigenvektor
 kleine Schwingungen, 220–221
 Trägheitstensor, 175–177

Eigenwertgleichung, 176
 Eigenzeit, 304–305
 eingeschwungener Zustand, 214
 Einstein
 Allgemeine Relativitätstheorie, 41, 344
 Äquivalenzprinzip, 41
 Relativitätsprinzip, 289–291
 Spezielle Relativitätstheorie, 289–351
 elastische Streuung, 161
 elektromagnetische Kräfte, 73
 elektromagnetisches Feld, 349–350
 Ellipsenbahn, 141–142
 Energie
 Äquivalenz mit Masse, 331–332
 -Bilanz bei Streuung, 161–162
 -Erhaltung, 19–21, 28, 55, 71–72,
 89–90, 100, 134–135, 286
 E.-Impuls-Beziehung (SRT), 334
 kinetische, 20–21, 28
 potenzielle, 20–21, 28
 relativistische, 331–332
 starrer Körper, 171–172
 Erde (Abplattung), 179
 Ereignis, 32, 290
 Abstand zweier E., 292
 Erhaltungssatz, -größe, 18–23, 54–55,
 86–93, 99–100, 121–127,
 237–238, 285–288
 erstes Integral der Bewegung, 23
 Erzeugende einer kanonischen
 Transformation, 246
 erzwungene Schwingung, 24, 209–216
 euklidischer Raum, 5–6
 Euler-Lagrange-Gleichung, 97–102, 109,
 111
 Eulergleichung der Hydrodynamik, 271–272
 Eulersche Gleichungen des starren Körpers,
 191–198
 Eulerwinkel, 169–170
 Exzentrizität (Kegelschnitt), 141

F

Feld, -theorie, 255–288
 Feldbegriff, 255
 Feldgleichung, 255
 allgemeine Form, 284
 Balken, 266
 Hydrodynamik, 271–272
 Saite, 259
 Feldstärketensor, 350
 Figurenachse, 195, 197

Flächensatz, 19, 142
 Flüssigkeit (ideale), 270
 Forminvarianz (Kovarianz)
 Galileitransformation, 33–38
 Lorentztransformation, 318–319, 347
 orthogonale Transformation, 184–185
 Foucaultsches Pendel, 46
 freie Rotation, 193–195
 Freiheitsgrad, 65
 starrer Körper, 165
 Funktional, 95–96

G

Galilei-Invarianz, 126–127
 Galileigruppe, 34
 Galileis Relativitätsprinzip, 289–291
 Galileitransformation, 31–35, 86–87, 93,
 127
 gedämpfter harmonischer Oszillator, 24,
 209–216
 Energiebilanz, 215–216
 gekoppelte Pendel, 228–229
 generalisierte Koordinaten, 65–67
 geodätische Linie, 105, 112–113
 Geschwindigkeit, 7–8
 Gitterschwingungen, 233
 Gleichzeitigkeit, 305–309
 Gravitation, 11, 40–41, 136, 141–150
 Gruppe
 Galilei-, 34
 Lorentz-, 312–317
 orthogonale Transformationen, 182
 Poincaré-, 313

H

Hamilton-Jacobi-Gleichung, 251–254
 Hamiltonformalismus, 235–254
 Hamiltonfunktion, 235–237
 Hamiltonsche Gleichungen, 235–240
 Hamiltonsches Prinzip, 115–119, 243–244,
 257, 265, 284, 347
 harmonischer Oszillator, 209–216
 im Hamiltonformalismus, 247
 harte Kugel, 163
 Hauptachsentransformation, 175–177, 227
 Hauptträgheitsmoment, 176
 Haus-Stab-Experiment, 308
 holonome Nebenbedingung, 105, 109–111
 holonome Zwangsbedingung, 50
 Homogenität der Zeit, 87–90, 346

Homogenität des Raums, 87–90, 346
 Hydrodynamik, 269–281
 Hydrostatik, 274–276
 Hyperbelbahn, 141, 147–148
 hyperbolische Bewegung, 338–339

I

ideale Flüssigkeit, 270
 Impuls
 -Erhaltung, 18, 25–26, 90, 100,
 348–349
 kanonischer, 235
 Massenpunkt, 10
 relativistischer, 333
 Schwerpunkt-, 25–26
 verallgemeinerter, 72
 Vierer-, 327
 Inertialsystem, 9, 31–39, 86–88
 lokales, 344
 inkompressibel, 273
 integrables System, 146
 Invarianz, 37–39
 der Wirkung, 121–127
 unter Galileitransformation, 37–38
 isoperimetrische Nebenbedingung, 104,
 107–109
 Isotropie des Raums, 87–89, 91, 346

K

KAM-Theorem, 146
 kanonische Gleichungen, 235–240
 kanonische Transformation, 243–250
 Erzeugende, 246
 kartesische Koordinaten, 5–6
 Keplerproblem, 141–148
 Keplersche Gesetze, 142–143
 Kettenlinie, 111–112
 Kinematik
 Massenpunkt, 3
 starrer Körper, 165–207
 kinetische Energie, 20–21, 28
 Labor- und Schwerpunktsystem,
 335–337
 relativistische, 331–332
 starrer Körper, 171–172
 kleine Schwingungen, 209–234
 Knoten (stehende Welle), 262
 Kompressibilität, 272
 konservative Kraft, 20–21, 28
 Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, 291

Kontinuitätsgleichung, 270–271
 Kontinuumsmechanik, 255–288
 Kontraktion, 320
 Kontraktion von Tensorindizes, 184
 kontravariante Komponenten, 319
 Koordinaten
 kartesische, 5–6
 krummlinige, 7–8, 79–81
 orthogonale, 80
 verallgemeinerte, 65–67
 zyklische, 72
 Koordinatensystem, 3–8
 Koordinatentransformation
 Galileitransformation, 31–35, 86–87
 Lorentztransformation, 293–297,
 312–317
 orthogonale Transformation, 180–182
 körperfestes Koordinatensystem, 166–169
 kovariante Komponenten, 319
 Kovarianz
 Galileitransformation, 33–38
 Lorentztransformation, 318–319, 347
 orthogonale Transformation, 184–185
 Kraft
 dissipative, 20–21, 28, 73–74
 innere, äußere, 25
 konservative, 20–21, 28
 Lorentz-, 73, 329–330, 350
 Messung, 10–11
 Minkowski-, 327–329
 Newtonsche, 325–328
 verallgemeinerte, 69
 Kreisel, 166
 kräftefreier symmetrischer, 195–198
 schwerer symmetrischer, 200–203
 Kristallmodell, 233–234
 Kroneckersymbol (als Tensor), 186, 322
 krummlinige Koordinaten, 7–8, 79–81
 Kugelwelle, 281

L

Laborsystem (Streuung), 157–161, 335–337
 Lagrange-Multiplikator, 105–107
 Lagrangedichte, 257, 265, 282–284
 Lagrangeformalismus, 49–93
 Lagrangefunktion, 67–70
 Äquivalenz von, 94, 120
 Teilchen im elektromagnetischen Feld,
 73, 75

Lagrangegleichungen
 1. Art, 49–55
 2. Art, 65–74
 schwerer symmetrischer Kreisel,
 199–203
 Längenkontraktion, 300–302, 308–309
 Längenmessung (SRT), 299–302, 308–309
 Laplacegleichung, 278
 Leistung, 20
 Lenzscher Vektor, 149
 Levi-Civita-Symbol, 186, 187, 322
 lichtartig (Abstand, SRT), 305–307
 Lichtgeschwindigkeit, 38, 289–291
 Konstanz der, 291
 maximale Teilchengeschwindigkeit, 333
 Lineare Kette, 232
 Linearisierung, 279
 Liouvillescher Satz, 242
 lokales Inertialsystem, 344
 longitudinale Welle, 259, 280
 Lorentzgruppe, 312–317
 Lorentzkraft, 73, 329–330, 350
 Lorentztensor (-skalar, -vektor), 318–323
 Lorentztransformation, 293–297, 312–317
 homogene, inhomogene, 312
 spezielle, 294–297
 Lösungsmethode nach d' Alembert, 263

M

Mach-Prinzip, 31
 Masse
 Messung, 10–11
 relativistische, 330
 träge und schwere M., 11, 41
 Masse-Energie-Äquivalenz, 331–332
 Massendefekt, 332
 Massendichte, 172–173, 256, 264, 271
 Massenpunkt, 3–4
 auf Kreiskegel, 81–84
 auf rotierender Stange, 61–62, 77–78
 Matrixschreibweise, 174, 175, 313
 Maxwellgleichungen, 38–39, 285, 291
 Metrik, 80
 Michelson-Morley-Experiment, 291
 Minkowskikraft, 327–329
 Minkowskiraum, 318
 Minkowskitensor, 322
 Molekülschwingung, 229–231
 Myon (Lebensdauer), 310

N

Naturgesetz, 9
 Navier-Stokes-Gleichungen, 274
 Nebenbedingung (Variation), 104–113
 Newtons Axiome, 9–15
 Newtonsche Kraft, 325–328
 Newtonsche Mechanik, 9–46
 Noethertheorem, 121–127
 Feldtheorie, 285–288
 Normalkoordinaten, 221–223
 Nutation, 198, 201, 202

O

orthogonale Koordinaten, 80
 orthogonale Transformation, 33, 176–177,
 180–182
 Orthogonalität
 Eigenvektoren bei kleinen
 Schwingungen, 222
 Eigenvektoren des Trägheitstensors, 177
 Oszillator
 anharmonisch, 16
 Erhaltungsgrößen, 128
 gedämpfter harmonischer, 24, 209–216
 sphärischer, 136, 139, 140
 Symmetrie und Erhaltungsgröße, 128

P

Parabelbahn, 141
 Parameter (Kegelschnitt), 141
 passive Transformation, 36–37
 Pendel
 Doppel-, 85, 232
 Doppelpendel, 66, 67, 79
 ebenes, 50, 66
 gekoppelte, 228–229
 Periheldrehung, 144, 149
 Phase, 212, 213, 262
 Phasenraum, 238–240
 -Volumen, 238
 Phasenverschiebung, 214
 Planetenbewegung, 141–144
 Vielkörperproblem, 144–146
 Platonisches Jahr, 207
 Poincaré-Gruppe, 313
 Poincaré-Schnitt, 146
 Poissonklammer, 247–249
 Polarkoordinaten, 7–8
 Polkegel, 196–198

Potenzial, 14, 21–23
 effektives, 136
 Vielteilchensystem, 29–30
 Potenzialströmung, 278
 potenzielle Energie, 20–21, 28
 Prinzip der kleinsten Wirkung, 115
 Prinzip der virtuellen Arbeit, 54
 Projektil, 151
 Präzession
 Erdachse, 203–207
 reguläre, 197, 198
 schwerer Kreisel, 202–203
 Präzessionskegel, 198
 Pseudotensor, 187
 Punktmasse, 172–173

Q

Quantisierungsbedingung, 238

R

Radialgleichung (Zentralpotenzial), 133–134
 Randbedingung, 102, 109, 111
 Balken, 266–268
 Saite, 258
 Rapidität, 296
 Raum-Zeit-Symmetrien, 86–93
 raumartig (Abstand, SRT), 305–307
 raumfestes Koordinatensystem, 166–169
 Rayleighsche Dissipationsfunktion, 74
 reduzierte Masse, 132
 Reibungskraft, 21, 73–74
 gedämpfte Schwingung, 215
 relativistisch
 Bewegungsgleichung, 325–334
 Energie, 331–332
 Gravitationstheorie, 344
 Impuls, 333
 Masse, 330
 Mechanik, 289–351
 Relativität der Raum-Zeit, 87–89, 92–93,
 126–127
 Relativitätsprinzip, 31
 Einstein, 289–291
 Galilei, 289–291
 Relativitätstheorie
 Allgemeine, 344
 Spezielle, 289–351
 Resonanzfrequenz, -kurve, 214
 Responsefunktion, 212
 rheonome Zwangsbedingung, 51

Rotation (Drehbewegung), 165–207
 Rotation um Hauptachsen, 193–195
 Rotationssymmetrie, 87–89, 91
 rotierende Flüssigkeit im Schwerfeld, 276
 rotierendes Bezugssystem, 42–46
 Ruheenergie, 331–332
 Ruhmasse, 325–326
 Rutherfordscher Wirkungsquerschnitt,
 155–161
 Rutherfordstreuung, 163

S

Saitenschwingung, 255–263
 Schallgeschwindigkeit, 280
 Schallwellen, 279–281
 Scheinkräfte, 40
 schiefe Ebene, 57–60, 77
 Schrödingergleichung, 284–285
 schwere Masse, 11, 41
 Schwerfeld, 13, 40–41
 schwerer symmetrischer Kreisel, 200–203
 Schwerpunkt, 25–26
 Impulserhaltung, 25–26, 127, 131, 132
 Schwerpunktsatz, 26
 Schwerpunktsystem (Streuung), 157–161,
 335–337
 Schwingung
 erzwungene, 24, 209–216
 kleine, 209–234
 Pendel, 228–229
 Saite, 255–263
 zwischen Umkehrpunkten im Potenzial,
 15
 Seifenhaut, 96, 103
 Seil im Schwerfeld, 104, 111–112
 Skalar, siehe Tensor
 Skalarprodukt, 6, 320
 skleronome Zwangsbedingung, 51
 Spezielle Relativitätstheorie, 289–351
 sphärischer Oszillator, 128
 Spurkegel, 198
 Stabilität der Gleichgewichtslage, 209, 219
 starre Rotation, 276
 starrer Körper, 165–207
 in der SRT, 309
 Staudruck, 278
 stehende Welle, 262
 Steinerscher Satz, 178
 Sternleichgewicht, 275
 Stoßparameter, 153, 154
 Streuquerschnitt, siehe Wirkungsquerschnitt

Streuung, 139, 151–162
 Stromdichte
 elektrische, 285
 Flüssigkeit, 270
 Teilchenstrahl, 151
 Stromlinie, 277
 Summenkonvention, 293
 Superpositionsprinzip
 Kräfte, 12
 Lösungen linearer
 Differenzialgleichungen, 260
 Suszeptibilität, 212
 Symmetrie, 86
 Raum-Zeit-, 86–93
 S. und Erhaltungsgröße, 121–127,
 285–288
 Synchronisation von Uhren, 299
 System, -zustand, 71, 238–240

T

Target, 151
 Tensor
 3-Tensor, 172, 180–190
 Definition, 183
 Rechenregeln, 184
 Tensorfeld, 189–190
 Tensorgleichungen, 184–185
 4-Tensor, 318–323
 Definition, 319
 Rechenregeln, 319–322
 Tensorfeld, 323
 Tensorgleichungen, 318–319
 total antisymmetrischer Tensor, 187, 322
 Transformation
 Galilei-, 31–35, 86–87
 kanonische, 243–250
 Lorentz-, 293–297, 312–317
 orthogonale, 33, 176–177, 180–182
 passive und aktive, 36–37
 zwischen Labor- und
 Schwerpunktsystem, 157–161,
 335–337
 Translationssymmetrie, 87–90
 transversale Welle, 259
 träge Masse, 11, 41
 Trägheitskräfte, 40
 Trägheitsmoment, 174–176
 Trägheitstensor, 171–177

U

Uhr

- in der SRT, 299–300
- Zeitmessung, 4–5

Unschärferelation, 240

Unwucht, 208

V

Variation

- mit Nebenbedingung, 104–113
- ohne Nebenbedingung, 95–102

Variationsprinzipien, 95–127

Vektor, siehe Tensor

verallgemeinerte Geschwindigkeit, 68

verallgemeinerte Koordinaten, 65–67

verallgemeinerte Kraft, 69

verallgemeinerter Impuls, 72

Vielkörperproblem, 144–146

vierdimensional

- Minkowskiraum, 318

- Wegelement, 293, 318, 320

Vierervektor (Lorentzvektor), 319

virtuelle Verrückung, 54

vollständiges Integral, 252

W

Wegelement, 80

- dreidimensionales, 318

- vierdimensionales, 293, 318, 320

Welle

- ebene, 281

- Kugel-, 281

- longitudinale, 280

- Saite, 255–262

- Schall, 279–281

- stehende, 262

Wellenfunktion, 284

Wellengeschwindigkeit, 262

Wellengleichung (Saite), 258–260

Wellenlänge, 262

Wellenpaket, 262, 280

Wellenzahl, 262

Winkelgeschwindigkeit (starrer Körper),

- 166–170

wirbelfreie Strömung, 278

Wirkung und Gegenwirkung, 12

Wirkung, -Funktional, 115, 243

Wirkungsquerschnitt, 151–161

- Rutherfordscher, 155–161

Z

zeitartig (Abstand, SRT), 305–307

Zeitdilatation, 303

Zeitkoordinate, 3

Zeitmessung, 4–5

- SRT, 299–300, 302–305

Zeitnullpunkt (Verschiebung), 32

Zeitparameter (beschleunigtes System), 342

Zentralkraft, 19

Zentralpotenzial, 131–162

Zentrifugalkraft, 44

Zustand (System-), 71, 238–240

Zustandsgleichung, 272–273

Zwangsbedingung, 49–51

Zwangskraft, 49, 51–52

Zweikörperproblem, 131–139

- Energieerhaltung, 134–135

- Reduktion zum Einteilchenproblem,

- 132–133

- Reduktion zur Radialgleichung,

- 133–134

Zwillingsparadoxon, 340–341

zyklische Koordinate, 72