

Inhaltsverzeichnis

1	Vektoranalysis	1
1.1	Skalar- und Kreuzprodukt	1
1.2	Summationskonvention	3
1.3	Krummlinige Orthogonalkoordinaten	5
1.4	Koordinatensysteme	7
1.5	Felder und Vektordifferentiation	10
1.6	Gradient	12
1.7	Gradient in krummlinigen Koordinaten	16
1.8	Linienintegral	17
1.9	Oberflächenintegral	20
1.10	Rotor und der Satz von Stokes	21
1.11	Divergenz und der Satz von Gauß	28
1.12	div und rot mit metrischen Faktoren	32
1.13	Nabla-Operator	34
1.14	rot grad	35
1.15	div rot	36
1.16	Erster Helmholtzscher Wirbelsatz	37
1.17	Vektorgradient	39
1.18	Tensoren	41
1.19	Vektortransport	43
2	Kinematik	47
2.1	Geschwindigkeit und Beschleunigung	47
2.2	Galileitransformation	48
2.3	Inertialsysteme	49
2.4	Variablen x , \dot{x} und Orts-Geschwindigkeits-Raum	50
2.5	Bahnbeschleunigung	51
2.6	Eulerformel für rotierende Vektoren	54
2.7	Scheinbeschleunigungen	56
2.8	Eine Meeresströmung	59
2.9	Trägheitskräfte	60

XI

3	Schwingungen	63
3.1	Newtons Axiome	63
3.2	Energiesatz für konservative Kräfte	64
3.3	Oszillatorgleichung	66
3.4	Energiesatz des Oszillators	67
3.5	Gedämpfter Oszillator	68
3.6	Getriebener Oszillator	69
3.7	Zwei gekoppelte Oszillatoren	70
3.8	Drei gekoppelte Oszillatoren	71
3.9	Doppelpendel	73
4	Gravitation	77
4.1	Raumwinkel	77
4.2	Poissongleichung	78
4.3	Zentralkraft	81
4.4	Drehimpulserhaltung	82
4.5	Flächensatz	84
4.6	Newtons Beweis des Flächensatzes	85
4.7	Potentialtopf	86
4.8	Keplerellipse	89
4.9	Gezeitenpotential	92
4.10	Eingeschränktes Dreikörperproblem	96
4.11	Hillsche Mondtheorie	96
5	Teilchensysteme	101
5.1	Impulssatz	101
5.2	Drehimpulserhaltung	103
5.3	Energie und Arbeit	104
5.4	Potential	105
6	Euler-Lagrange-Formalismus 2. Art	109
6.1	Prinzip der kleinsten Wirkung	109
6.2	Variablen x , \dot{x} und verallgemeinerte Koordinaten	110
6.3	Der Algorithmus	112
6.4	Schnellste und kürzeste Bahn	118
6.5	Aufgabenstellung der Variationsrechnung	120
6.6	Eulers originale Herleitung	122
6.7	Herleitung nach Lagrange	127
6.8	Moderne Herleitung	128
6.9	Höhere Differentialordnung	129
6.10	Mehrere Variablen	130
6.11	Die Oszillatorkette	131
6.12	Die Wellengleichung	133

7	Euler-Lagrange-Formalismus 1. Art	137
7.1	Zwangsbedingungen	137
7.2	Prinzip der virtuellen Arbeit	138
7.3	Herleitung der Euler-Lagrange-Gleichungen 1. Art	139
7.4	Virtuelle Arbeit und Zwangskraft	142
7.5	Euler-Lagrange 1. Art für verallgemeinerte Koordinaten	143
7.6	Euler-Lagrange 1. Art für nichtholonome Zwänge	144
7.7	Eulers originale Herleitung	146
7.8	Isoperimetrisches Problem	149
7.9	Lagrangesches Lemma	151
8	Hamiltonmechanik	153
8.1	Energieerhaltung	153
8.2	Impulserhaltung	155
8.3	Drehimpulserhaltung	156
8.4	Hamiltonsche Gleichungen	157
8.5	Phasenraum	160
8.6	Legendretransformation	160
8.7	Periodische und zyklische Koordinaten	162
8.8	Phasenraumtori	163
8.9	Wirkungs- und Winkelvariablen	165
8.10	Kanonische Transformationen	168
8.11	Erzeugende Funktionen	169
8.12	Exaktes Differential	173
8.13	Zeitentwicklung als kanonische Transformation	174
8.14	Hamilton-Jacobi-Gleichung	176
8.15	Definition der Poissonklammer	178
8.16	Poissonklammer und kanonische Koordinaten	179
8.17	Poissonklammer und Hamiltongleichungen	181
8.18	Poissonklammer und Integrale der Bewegung	182
9	Satz von Liouville	185
9.1	Phasenraumflüssigkeit	185
9.2	Herleitung des Satzes von Liouville	187
9.3	Beweis mit Volumendeformation	192
9.4	Beweis mit Jacobideterminante	194
9.5	Gerader elastischer Stoß	196
9.6	Poincaréinvarianten	197
10	Störungen	199
10.1	Deltafunktion	199
10.2	Fouriertransformation	201
10.3	Greenfunktion	203
10.4	Dispersionsrelation und Greenfunktion	207
10.5	Gestörte Phasenraumtori	208
10.6	Resonanznenner	209

11	Drehungen	217
11.1	Drehungen um drei Achsen	217
11.2	Orthogonale Matrizen	219
11.3	Drehoperatoren und Drehgruppe	220
11.4	Tensoren vom Rang 2	220
11.5	Dualvektorraum und Tensoren	223
11.6	Bra-kets nach Dirac	225
11.7	Infinitesimale Drehungen	226
11.8	Zahl der Drehungen im \mathbb{R}^n	229
12	Starrer Körper	231
12.1	Translationsinvarianz von $\vec{\omega}$	231
12.2	Rotationsenergie	232
12.3	Trägheitstensor	233
12.4	Transformationsverhalten von Tensoren	234
12.5	Transformationsverhalten von Gleichungen	236
12.6	Hauptachsentransformation	236
12.7	Dreharme	238
12.8	Invarianz von Kräftepaaren	239
12.9	Die Eulerschen Kreiselgleichungen	241
12.10	Der kräftefreie, symmetrische Kreisel	242
	Sachverzeichnis	245