

Inhaltsverzeichnis

Teil I: Newtonsche Mechanik	5
1 Vorbemerkungen	6
1.1 Zielsetzung der Theoretischen Physik	6
1.2 Geometrie von Raum und Zeit	7
1.2.1 Euklidische Geometrie des Raumes	8
1.3 Massenpunkt und starrer Körper	11
1.4 Inertialsysteme	12
1.5 Galileitransformationen und Galileisches Relativitätsprinzip	13
1.6 Träge und schwere Masse	15
1.7 Elemente der Newtonschen Mechanik und einfache Anwendungen	16
2 Oszillatoren und harmonische Schwingungen	21
2.1 Eindimensionaler harmonischer Oszillator ohne Reibung	21
2.1.1 Darstellung der Bewegung im Phasenraum, Phasenportrait	24
2.1.2 Instabile Gleichgewichtslage ($k < 0$)	25
2.2 Gedämpfter harmonischer Oszillator — Bewegung mit Reibung	25
2.2.1 “Kräftefreies Teilchen” mit Reibung	25
2.2.2 Gedämpfte Schwingungen	27
2.2.1 Güte eines Oszillators	30
2.3 Erzwungene Schwingungen	35
2.3.1 Erzwungene Schwingung mit sinusförmiger Kraft	36
2.4 Harmonische Oszillatoren in der Ebene	42
3 Rotationssymmetrische Potentiale	45
3.1 Allgemeine Eigenschaften	46
3.1.1 Drehimpulserhaltung	46
3.1.2 Keplerscher Flächensatz — 2. Keplersches Gesetz	47
3.1.3 Bewegung in Zylinderkoordinaten bzw. ebenen Polarkoordinaten	48
3.1.4 Qualitative Merkmale der Bewegung	50
3.1.5 Integration der Bewegungsgleichung	51
3.1.6 Bahngleichung	53
3.2 Bewegung im Gravitationspotential	54
3.2.1 Bahnkurve — 1. Keplersches Gesetz	54
3.2.2 3. Keplersches Gesetz	57
3.2.3 Zeitabhängigkeit der Bewegung ($E < 0$)	58
3.2.4 Der Runge-Lenz-Vektor	59
4 Zweikörperproblem	60
4.1 Allgemeine Eigenschaften	61
4.1.1 Erhaltung des Gesamtimpulses	61

4.1.2	Energieerhaltung	62
4.1.3	Erhaltung des Gesamtdrehimpulses	62
4.1.4	Separation von Schwerpunkt und Relativbewegung	63
4.2	Anwendungen	66
4.2.1	Bewegung des Systems Sonne – Planet	66
4.2.2	Zweikörperzerfall eines Teilchens	68
4.2.3	Elastische Streuung und Wirkungsquerschnitt	72
5	Newtonsche Mechanik von N Massenpunkten — N-Körperprobleme	77
5.1	Verhalten des Gesamtimpulses	78
5.2	Verhalten des Drehimpulses	79
5.3	Schwerpunktkoordinaten	80
5.4	Energieerhaltung	81
6	Ergänzung zur Newtonschen Mechanik: Virialsatz	81
Teil II: Analytische Mechanik		84
7	Systeme mit Zwangsbedingungen — Zwangskräfte und d'Alembertsches Prinzip, Lagrange-Gleichungen 1. und 2. Art	86
7.1	Schiefe Ebene als einfaches Beispiel	86
7.2	Mathematische Formulierung von Zwangsbedingungen	89
7.3	Virtuelle Verrückung und d'Alembertsches Prinzip	90
7.4	Lagrangesche Gleichungen 1. Art	94
7.5	Lagrangesche Gleichungen 2. Art	98
8	Das Hamiltonsche Prinzip	105
8.1	Elementare Variationsrechnung	105
8.2	Lagrangesche Gleichungen und Wirkungsprinzip	108
9	Symmetrien und Erhaltungssätze — Noethertheorem	111
9.1	Invariante Lagrangefunktion	111
9.2	Invarianz der Wirkung bis auf Randterme	113
9.3	Konstanz der Hamiltonfunktion	115
10	Hamiltonsche Formulierung der Mechanik — kanonische Gleichungen	116
10.1	Herleitung der kanonischen Gleichungen	117
10.2	Phasenraum und Observablen	120
10.3	Poisson-Algebra	120
10.4	Kanonische Transformationen	123
10.4.1	Die erzeugende Funktion $F_1(q_\alpha, Q_\alpha, t)$	125
10.4.2	Die erzeugende Funktion $F_2(q_\alpha, P_\alpha, t)$	126
10.5	Hamilton-Jacobi-Formulierung	127

10.6	Eigenschaften kanonischer Transformationen	130
10.6.1	Invarianz der Poissonklammern	130
10.6.2	Invarianz des Phasenraumvolumens unter kanonischen Transforma- tionen	131
10.7	Infinitesimale kanonische Transformationen	132
10.8	Liouville-Theorem	134
11	Beschleunigte Bezugssysteme	136
11.1	Trägheitskräfte im beschleunigten Bezugssystem	136
11.2	Anwendungen	144
11.2.1	Frei fallendes Bezugssystem	144
11.2.2	Freier Fall auf rotierender Erde	145
11.2.3	Foucaultpendel	148
12	Starrer Körper	151
12.1	Eulersche Winkel	153
12.2	Kinetische Energie und Trägheitstensor	154
12.3	Drehimpuls des starren Körpers	157
12.4	Eulersche Gleichungen	157
12.4.1	Freie Achsen und Stabilität	158
12.5	Freier symmetrischer Kreisel	159
12.6	Schwerer symmetrischer Kreisel	161
13	Spezielle Relativitätstheorie	164
13.1	Postulate der speziellen Relativitätstheorie	165
13.2	Lorentztransformationen	165
13.2.1	Anwendungen der Lorentztransformationen	168
13.3	Lorentztransformationen für beliebige Geschwindigkeit $\vec{u}$	172
13.4	Minkowski-Raum und Vierervektoren	173
13.5	Eigenzeit	179
13.6	Eigenschaften von Lorentztransformationen	180
13.7	Hintereinanderausführen von Lorentztransformationen — Rapidity	183
13.8	Relativistische Dynamik	184
13.9	Lagrangefunktion der kräftefreien relativistischen Bewegung	188
13.10	Vierertensoren	190
	Index	191