

Inhaltsverzeichnis

1. Newtonsche Mechanik	1
1.1 Newtonsche Bewegungsgleichung	1
1.2 Getriebener Oszillator	8
1.3 N -Teilchen-Systeme und Bilanzgleichungen	14
1.3.1 Schwerpunktsatz	15
1.3.2 Drehimpulssatz	16
1.3.3 Energiesatz	18
1.3.4 Existenz eines Potentials, konservative Kräfte	21
1.4 Zwei harmonisch gebundene Massenpunkte	22
1.5 Inertialsysteme und Galilei-Invarianz	25
1.5.1 Trägheitskräfte	25
1.5.2 Die Galilei-Gruppe	30
1.5.3 Inertialsysteme: Definition	34
1.5.4 Inertialsysteme: Rolle der Galilei-Gruppe	38
1.5.5 Sprung über den Grand Canyon	41
1.6 Aufgaben	42
1.6.1 Bremsweg	42
1.6.2 Wurfparabel	44
1.6.3 Atomares Kraftmikroskop	45
1.6.4 Trägheitskräfte im rotierenden System	46
2. Lagrange-Formalismus	49
2.1 Hamiltonsches Prinzip	49
2.2 Holonome Zwangsbedingungen und verallgemeinerte Koordinaten	51
2.3 Kleine Schwingungen gekoppelter Pendel, Schwebung	56
2.4 Anholonome Zwangsbedingungen, Lagrange-Gleichungen 1. Art	60
2.5 Aufgaben	66

VIII Inhaltsverzeichnis

2.5.1	Kleine Schwingungen des sphärischen mathematischen Pendels	66
2.5.2	Schiffschaukel	67
3.	Symmetrien und Erhaltungssätze	69
3.1	Änderung der Ortskoordinaten	69
3.2	Anwendungen für abgeschlossene N -Teilchen-Systeme	74
3.3	Änderung der Zeitkoordinate	76
3.4	Erhaltungssätze für verallgemeinerte Koordinaten	79
3.5	Ein Teilchen auf einem rotierenden kreisförmigen Draht ...	83
3.6	Aufgaben	87
3.6.1	Elastischer Stoß zweier Massenpunkte	87
3.6.2	Ein System mit zeitlicher Skaleninvarianz	89
3.6.3	Noch einmal: Sphärisches mathematisches Pendel ..	91
4.	Kleine Schwingungen gekoppelter Systeme	93
4.1	Normalkoordinaten und Normalschwingungen	94
4.2	Normalschwingungen dreier gekoppelter Massenpunkte	97
4.3	Aufgaben	101
4.3.1	Eigenschwingungen eines linearen Systems dreier Teilchen	101
4.3.2	Zweiatomige lineare Kette	103
5.	Geladenes Teilchen in äußeren Feldern	109
5.1	Lagrange-Funktion	109
5.2	Aufgaben	110
5.2.1	Geladenes Teilchen in gekreuzten Feldern	110
5.2.2	Geladenes Teilchen im Feld einer schwachen elektromagnetischen Welle	112
6.	Bewegung in Zentralpotentialen, Kepler-Problem	115
6.1	Bewegung in Zentralpotentialen	116
6.2	Kepler-Problem: Reduktion auf 1-Teilchen-Problem	118
6.3	Kepler-Problem: Bestimmung der Bahnen	121
6.4	Streuung in Zentralpotentialen	130
6.4.1	Streuung an der Kugel und axialsymmetrische Streuung am Torus	133
6.4.2	Rutherford-Streuung	135

6.5	Aufgaben	138
6.5.1	Kepler-Problem mit $l = 0$	138
6.5.2	Lenz-Runge-Vektor	139
6.5.3	Noch einmal: Harmonisch gebundene Massenpunkte	140
6.5.4	$\frac{1}{r^2}$ -Potential	145
7.	Starre Körper	149
7.1	Koordinatensysteme für starre Körper, Euler-Winkel	151
7.2	Bewegungsgleichungen des starren Körpers	154
7.2.1	Bewegungsgleichungen eines starren Körpers, der nicht in einem Punkt fixiert ist	155
7.2.2	Bewegungsgleichungen des in einem Punkt gelagerten starren Körpers	157
7.2.3	Energiesatz für die Drehbewegung	158
7.2.4	Bewegungsgleichungen der Rotationsfreiheitsgrade im körperfesten System: Eulersche Gleichungen	160
7.2.5	Trägheitstensoren eines Ellipsoids	162
7.3	Der symmetrische kräftefreie Kreisel	164
7.4	Aufgaben	169
7.4.1	Optimierte Räder für die schiefe Ebene	169
7.4.2	Energie eines starren Körpers im Gravitationsfeld ..	170
7.4.3	Trägheitsmomente einer Kugel	171
7.4.4	Über eine Kante abrollender Quader	172
8.	Relativistische Mechanik	175
8.1	Lorentz-Transformationen	178
8.2	Bewegte Maßstäbe und Uhren	186
8.3	Addition von Geschwindigkeiten	189
8.4	Relativistisches freies Teilchen, 4-Impuls	191
8.5	Ko- und kontravariante 4-Vektoren	196
8.6	Relativistische Bewegungsgleichung in äußeren Feldern	198
8.7	Aufgaben	201
8.7.1	Erhaltungsgrößen des relativistischen Teilchens	201
8.7.2	Relativistisches Schwerpunktsystem	202
8.7.3	Relativistischer Stoß	204
9.	Hamilton-Formalismus und Hamilton-Jacobi-Theorie ..	207
9.1	Hamiltonsche Bewegungsgleichungen	207

X Inhaltsverzeichnis

9.2	Hamilton–Jacobische Gleichung	209
9.2.1	Herleitung der Hamilton–Jacobi–Gleichung aus den Hamiltonschen Bewegungsgleichungen	211
9.2.2	Lösung der Hamiltonschen Bewegungsgleichungen aus der Hamilton–Jacobi–Gleichung	212
9.2.3	Teilchen in einem Potential	215
9.3	Poisson–Klammern	216
9.4	Kanonische Transformationen	219
9.4.1	Erzeugende kanonischer Transformationen	220
9.4.2	Invarianz der Poisson–Klammern unter kanonischen Transformationen	225
9.5	Aufgaben	227
9.5.1	Harmonischer Oszillator im Hamilton–Jacobi–Formalismus	227
9.5.2	Kanonische Transformationen für eindimensionale Potentialprobleme	228
10.	Greensche Funktion des Oszillators	231
10.1	Greensche Funktion	232
10.2	δ –Funktion	234
10.3	Aufgaben	237
10.3.1	$x(t)$ für exponentiell abfallende Kraft	237
10.3.2	Propagation der Anfangsbedingungen	238
	Literaturverzeichnis	239
	Sachverzeichnis	241