

Friedhelm Kuypers

Klassische Mechanik

Mit 99 Beispielen und 172 Aufgaben
mit Lösungen

5., überarbeitete Auflage

 **WILEY-VCH**

Weinheim · Berlin · New York · Chichester · Brisbane · Singapore · Toronto

Inhaltsverzeichnis

A Die Lagrangesche Mechanik

1 Zwangsbedingungen	2
1.1 Generalisierte Koordinaten	2
1.2 Klassifizierung von Zwangsbedingungen	2
1.3 Newtonsche Bewegungsgleichungen	6
1.4 Zusammenfassung	11
1.5 Aufgaben	11
2 Das d'Alembert-Prinzip	13
2.1 Virtuelle Verrückungen	13
2.2 Das d'Alembert-Prinzip	14
2.3 Richtung der Zwangskräfte *	19
2.4 Das Gleichgewichtsprinzip	21
2.5 Wichtigkeit des d'Alembert-Prinzips	21
2.6 Zusammenfassung	22
2.7 Aufgaben	23
3 Die Lagrangegleichungen 2. Art	25
3.1 Aufstellung der Lagrangegleichungen 2. Art	25
3.2 Forminvarianz der Lagrangegleichungen	29
3.3 Wichtigkeit der Lagrangegleichungen 2. Art	30
3.4 Zusammenfassung	31
3.5 Aufgaben	32
4 Lagrangeformalismus mit Reibung	38
4.1 Dissipationsfunktion	38
4.2 Zusammenfassung	42
4.3 Aufgaben	43
5 Symmetrien und Erhaltungsgrößen	45
5.1 Kanonische Impulse	45
5.2 Zyklische Koordinaten und Erhaltungsgrößen	45
5.3 Das Noether-Theorem *	49
5.4 Energieerhaltungssatz	54
5.5 Zusammenfassung	56
5.6 Aufgaben	57

6 Stabilität und Bifurkationen.....	58
6.1 Bedingungen für nichtchaotisches Verhalten	58
6.2 Untersuchung von Differentialgleichungen.....	60
6.3 Stabilität : Erste Methode von Ljapunow	62
6.4 Stabilität : Direkte Methode von Ljapunow	69
6.5 Bifurkationen	73
6.6 Zusammenfassung	79
6.7 Aufgaben.....	81
7 Die Lagrangegleichungen 1. Art	85
7.1 Aufstellung der Lagrangegleichungen 1. Art	85
7.2 Wichtigkeit der Lagrangegl. 1. Art.....	94
7.3 Zusammenfassung	94
7.4 Aufgaben.....	95
8 Das Hamiltonsche Prinzip.....	100
8.1 Variationsrechnung	100
8.2 Hamiltonsches Prinzip	105
8.3 Wichtigkeit des Hamiltonschen Prinzips.....	108
8.4 Zusammenfassung	109
8.5 Aufgaben.....	110
 B Anwendungen der Mechanik	
9 Zentralkraftbewegungen.....	114
9.1 Zweikörperproblem	114
9.2 Zentralkräfte	115
9.3 Wiederholung.....	117
9.4 Bewegung im konservativen Zentralkraftfeld	117
9.5 Effektives Potential.....	123
9.6 Streuung im Zentralkraftfeld *	125
9.7 Streuung im Laborsystem *	132
9.8 Zusammenfassung	138
9.9 Aufgaben.....	141
10 Beschleunigte Bezugssysteme	144
10.1 Forminvarianz der Lagrangegleichungen *	144
10.2 Rotierende Bezugssysteme; Corioliskräfte.....	145
10.3 Corioliskräfte der Erdrotation *	150
10.4 N -Teilchensysteme mit Nebenbedingungen	153
10.5 Zusammenfassung	154
10.6 Aufgaben.....	156



11 Der starre Körper	158
11.1 Bewegungen starrer Körper	158
11.2 Kinetische Energie und Trägheitstensor	160
11.3 Drehimpuls	164
11.4 Schwerpunktsatz und Drehimpulssatz	169
11.5 Die Eulerschen Winkel	176
11.6 Die Lagrangegleichungen des starren Körpers	184
11.7 Analogie Translation – Rotation *	188
11.8 Zusammenfassung	190
11.9 Aufgaben	194
12 Lineare Schwingungen	204
12.1 Schwingungen mit einem Freiheitsgrad	204
12.2 Periodische Anregung und Fourierentwicklung	212
12.3 Schwingungen mit mehreren Freiheitsgraden	218
12.4 Übergang zum schwingenden Kontinuum	230
12.5 Analogie Mechanik – Elektrik	242
12.6 Zusammenfassung	244
12.7 Aufgaben	246
13 Nichtlineare Schwingungen	252
13.1 Lineare und nichtlineare Kräfte	252
13.2 Störungsrechnung	253
13.3 Verfahren der harmonischen Balance	260
13.4 Erzwungene nichtlineare Schwingungen	262
13.5 Selbst- und parametererregte Schwingungen	268
13.6 Zusammenfassung	270
13.7 Aufgaben	271
14 Greensche Funktionen und Deltafunktion	275
14.1 Einführung der Greenfunktionen	275
14.2 Greenfunktionen und Fouriertransformationen	280
14.3 Die Deltafunktion	289
14.4 Andere Darstellungen der Deltafunktion	293
14.5 Zusammenfassung	295
14.6 Aufgaben	297
C Die Hamiltonsche Mechanik	
15 Die Hamiltonschen Gleichungen	300
15.1 Legendre-Transformation	300
15.2 Die Hamiltonschen Gleichungen	301
15.3 Hamiltonfunktion und Energie	304

15.4 Hamiltonsche Gln. und Hamiltonsches Prinzip.....	307
15.5 Variation am Rande*	309
15.6 Wichtigkeit der Hamiltonschen Gln.	310
15.7 Zusammenfassung	310
15.8 Aufgaben.....	311
16 Die Poisson-Klammern.....	313
16.1 Definition und Eigenschaften	313
16.2 Wichtigkeit der Poisson-Klammern	314
16.3 Zusammenfassung	315
16.4 Aufgaben.....	316
17 Kanonische Transformationen.....	318
17.1 Punkttransformationen.....	318
17.2 Kanonische Transformationen im weiteren Sinn	320
17.3 Kanonische Transformationen.....	323
17.4 Wiederholung *.....	325
17.5 Erzeugende kanonischer Transformationen	325
17.6 Wichtigkeit der kanonischen Transformationen.....	333
17.7 Zusammenfassung	333
17.8 Aufgaben.....	335
18 Kanonische Invarianten.....	339
18.1 Kanonische Invarianz der Poisson-Klammern	339
18.2 Kanonische Invarianz des Phasenvolumens	340
18.3 Zusammenfassung	342
18.4 Aufgaben.....	342
19 Der Satz von Liouville	344
19.1 Phasenbahnen.....	344
19.2 Grundlagen der Statistischen Mechanik.....	344
19.3 Beweis des Satzes von Liouville	346
19.4 Konsequenzen des Satzes von Liouville.....	348
19.5 Zusammenfassung	350
19.6 Aufgaben.....	351
20 Hamilton-Jacobi-Theorie.....	353
20.1 Hamilton-Jacobi-Gleichung	353
20.2 Berechnung einer Prinzipalfunktion	356
20.3 Integrabilität.....	362
20.4 Nicht-Eindeutigkeit der Lösungen *.....	363
20.5 Wichtigkeit der Hamilton-Jacobi-Theorie.....	370
20.6 Zusammenfassung	370
20.7 Aufgaben.....	372

21 Übergang zur Quantenmechanik.....	374
21.1 Analogie Mechanik – geometrische Optik	375
21.2 Zeitunabhängige Schrödingergleichung	379
21.3 Zusammenfassung	381
22 Winkel- und Wirkungsvariable	383
22.1 Periodische Systeme	383
22.2 Definition der Winkel- und Wirkungsvariablen	385
22.3 Zeitliche Entwicklung der Variablen	387
22.4 Wiederholung.....	391
22.5 Berechnung der Grundfrequenzen	392
22.6 Adiabatische Invarianz der Wirkungsvariablen	399
22.7 Wichtigkeit der Winkel- und Wirkungsvariablen	402
22.8 Zusammenfassung	403
22.9 Aufgaben.....	406
Lösungen	
Lösungen: 1 Zwangsbedingungen	409
Lösungen: 2 Das d’Alembert-Prinzip	412
Lösungen: 3 Die Lagrangegl. 2. Art	416
Lösungen: 4 Lagrangeformalismus mit Reibung	435
Lösungen: 5 Symmetrien und Erhaltungsgrößen	440
Lösungen: 6 Stabilität und Bifurkationen.....	444
Lösungen: 7 Lagrangegl. 1. Art.....	452
Lösungen: 8 Das Hamiltonsche Prinzip	478
Lösungen: 9 Zentralkraftbewegungen	488
Lösungen: 10 Beschleunigte Bezugssysteme	499
Lösungen: 11 Der starre Körper	503
Lösungen: 12 Lineare Schwingungen.....	545
Lösungen: 13 Nichtlineare Schwingungen	570
Lösungen: 14 Greenscher Formalismus	581
Lösungen: 15 Die Hamiltonschen Gln.	594
Lösungen: 16 Die Poisson-Klammern.....	598
Lösungen: 17 Kanonische Transformationen.....	601
Lösungen: 18 Kanonische Invarianten	613
Lösungen: 19 Der Satz von Liouville.....	615
Lösungen: 20 Die Hamilton-Jacobi-Theorie	618
Lösungen: 22 Winkel- und Wirkungsvariable.....	627
Literaturbesprechung.....	635
Index.....	639