

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort *V*

MECHANICUS *VIII*

## A Die Newtonsche Mechanik *1*

- 1 Einteilchensysteme *2***
  - 1.1 Die Newtonschen Axiome *2*
  - 1.2 Konservative Kräfte und Potentiale *5*
  - 1.3 Energieerhaltungssatz *10*
  - 1.4 Beschleunigte Bezugssysteme *10*
  - 1.5 Corioliskräfte der Erdrotation\* *16*
  - 1.6 Zusammenfassung *19*
  - 1.7 Aufgaben *21*
  
- 2 Mehrteilchensysteme *23***
  - 2.1 Impulssatz und Schwerpunktsatz *23*
  - 2.2 Drehimpulssatz *28*
  - 2.3 Die zehn Erhaltungsgrößen *33*
  - 2.4 Zusammenfassung *41*
  - 2.5 Aufgaben *43*

## B Die Lagrangesche Mechanik *47*

- 3 Zwangsbedingungen *48***
  - 3.1 Generalisierte Koordinaten *48*
  - 3.2 Klassifizierung von Zwangsbedingungen *48*
  - 3.3 Newtonsche Bewegungsgleichungen *52*
  - 3.4 Zusammenfassung *56*
  - 3.5 Aufgaben *57*

<b>4</b>	<b>Das d'Alembert-Prinzip</b>	<b>58</b>
4.1	Virtuelle Verrückungen	58
4.2	Das d'Alembert-Prinzip	59
4.3	Richtung der Zwangskräfte*	64
4.4	Das Gleichgewichtsprinzip	66
4.5	Wichtigkeit des d'Alembert-Prinzips	66
4.6	Zusammenfassung	66
4.7	Aufgaben	67
<b>5</b>	<b>Die Lagrangegleichungen 2. Art</b>	<b>69</b>
5.1	Aufstellung der Lagrangegleichungen 2. Art	69
5.2	Forminvarianz der Lagrangegleichungen	73
5.3	Beschleunigte Bezugssysteme*	75
5.4	Wichtigkeit der Lagrangegleichungen 2. Art	76
5.5	Zusammenfassung	77
5.6	Aufgaben	78
<b>6</b>	<b>Lagrangeformalismus mit Reibung</b>	<b>83</b>
6.1	Reibungstypen*	83
6.2	Dissipationsfunktion	84
6.3	Zusammenfassung	87
6.4	Aufgaben	88
<b>7</b>	<b>Symmetrien und Erhaltungsgrößen</b>	<b>90</b>
7.1	Kanonische Impulse	90
7.2	Zyklische Koordinaten und Erhaltungsgrößen	90
7.3	Das Noether-Theorem	93
7.4	Energieerhaltungssatz	98
7.5	Zusammenfassung	100
7.6	Aufgaben	101
<b>8</b>	<b>Stabilität und Bifurkationen</b>	<b>103</b>
8.1	Bedingungen für nichtchaotisches Verhalten	103
8.2	Untersuchung von Differentialgleichungen	106
8.3	Stabilität: Erste Methode von Ljapunow	108
8.4	Stabilität: Direkte Methode von Ljapunow	114
8.5	Bifurkationen	118
8.6	Zusammenfassung	123
8.7	Aufgaben	125
<b>9</b>	<b>Die Lagrangegleichungen 1. Art</b>	<b>127</b>
9.1	Vom d'Alembert-Prinzip zu Lagrange I	127
9.2	Wichtigkeit der Lagrangegleichungen 1. Art	136
9.3	Zusammenfassung	136
9.4	Aufgaben	137

- 10 Das Hamiltonsche Prinzip 143**
- 10.1 Variationsrechnung 143
- 10.2 Hamiltonsches Prinzip 148
- 10.3 Wichtigkeit des Hamiltonschen Prinzips 150
- 10.4 Zusammenfassung 151
- 10.5 Aufgaben 152
  
- C Anwendungen der Mechanik 155**
  
- 11 Zentralkraftbewegungen 156**
- 11.1 Zweikörperproblem 156
- 11.2 Zentralkräfte 157
- 11.3 Wiederholung 158
- 11.4 Bewegung im konservativen Zentralkraftfeld 159
- 11.5 Effektives Potential 164
- 11.6 Streuung im Zentralkraftfeld\* 167
- 11.7 Streuung im Laborsystem\* 174
- 11.8 Zusammenfassung 178
- 11.9 Aufgaben 180
  
- 12 Der starre Körper 185**
- 12.1 Bewegungen starrer Körper 185
- 12.2 Kinetische Energie und Trägheitstensor 186
- 12.3 Drehimpuls 191
- 12.4 Schwerpunktsatz und Drehimpulssatz 195
- 12.5 Die Eulerschen Winkel 204
- 12.6 Lagrangegleichungen des starren Körpers 212
- 12.7 Analogie Translation – Rotation \* 217
- 12.8 Zusammenfassung 219
- 12.9 Aufgaben 221
  
- 13 Lineare Schwingungen 231**
- 13.1 Harmonischer Oszillator 231
- 13.2 Gekoppelte Schwingungen 240
- 13.3 Übergang zum schwingenden Kontinuum 252
- 13.4 Zusammenfassung 263
- 13.5 Aufgaben 265
  
- 14 Nichtlineare Schwingungen 269**
- 14.1 Lineare und nichtlineare Kräfte 269
- 14.2 Störungsrechnung 270
- 14.3 Verfahren der harmonischen Balance 275
- 14.4 Erzwungene nichtlineare Schwingungen 278
- 14.5 Selbst- und parametererregte Schwingungen 281

14.6	Zusammenfassung	282
14.7	Aufgaben	283
<b>15</b>	<b>Greensche Funktionen und Deltafunktion</b>	<b>288</b>
15.1	Einführung der Greenschen Funktionen	288
15.2	Greensche Funktionen und Fouriertransformationen	292
15.3	Die Deltafunktion	301
15.4	Andere Darstellungen der Deltafunktion	305
15.5	Zusammenfassung	306
15.6	Aufgaben	308

## D Die Hamiltonsche Mechanik 310

<b>16</b>	<b>Die Hamiltonschen Gleichungen</b>	<b>312</b>
16.1	Legendre-Transformation	312
16.2	Die Hamiltonschen Gleichungen	313
16.3	Hamiltonfunktion und Energie	316
16.4	Hamiltonsche Gleichungen und Hamiltonsches Prinzip	319
16.5	Wichtigkeit der Hamiltonschen Gleichungen	320
16.6	Zusammenfassung	321
16.7	Aufgaben	321
<b>17</b>	<b>Die Poisson-Klammern</b>	<b>323</b>
17.1	Definition und Eigenschaften	323
17.2	Wichtigkeit der Poisson-Klammern	324
17.3	Zusammenfassung	325
17.4	Aufgaben	326
<b>18</b>	<b>Kanonische Transformationen</b>	<b>327</b>
18.1	Punkttransformationen	327
18.2	Kanonische Transformationen im weiteren Sinn	329
18.3	Kanonische Transformationen	332
18.4	Wiederholung*	333
18.5	Erzeugende kanonischer Transformationen	334
18.6	Wichtigkeit der kanonischen Transformationen	341
18.7	Zusammenfassung	342
18.8	Aufgaben	343
<b>19</b>	<b>Kanonische Invarianten</b>	<b>346</b>
19.1	Kanonische Invarianz der Poisson-Klammern	346
19.2	Kanonische Invarianz des Phasenvolumens	347
19.3	Zusammenfassung	348
19.4	Aufgaben	349

<b>20</b>	<b>Der Satz von Liouville</b>	350
20.1	Phasenbahnen	350
20.2	Grundlagen der Statistischen Mechanik	350
20.3	Beweis des Satzes von Liouville	352
20.4	Konsequenzen des Satzes von Liouville	354
20.5	Zusammenfassung	356
20.6	Aufgaben	357
<b>21</b>	<b>Hamilton-Jacobi-Theorie</b>	359
21.1	Hamilton-Jacobi-Gleichung	359
21.2	Berechnung einer Prinzipalfunktion	362
21.3	Integrabilität	367
21.4	Wichtigkeit der Hamilton-Jacobi-Theorie	370
21.5	Zusammenfassung	370
21.6	Aufgaben	372
<b>22</b>	<b>Übergang zur Quantenmechanik</b>	373
22.1	Analogie Mechanik – geometrische Optik	374
22.2	Zeitunabhängige Schrödinger-Gleichung	377
22.3	Zusammenfassung	380
<b>E</b>	<b>Die Relativistische Mechanik</b>	381
<b>23</b>	<b>Raum und Zeit</b>	382
23.1	Das Galileische Relativitätsprinzip	382
23.2	Die Einsteinschen Postulate	382
23.3	Relativität der Zeit	385
23.4	Die Lorentz-Transformationen	389
23.5	Zeitdilatation und Längenkontraktion	395
23.6	Zusammenfassung	405
23.7	Aufgaben	406
<b>24</b>	<b>Relativistische Kinematik</b>	409
24.1	Maximale Geschwindigkeit	409
24.2	Vierdimensionale Entfernungen	410
24.3	Doppler-Effekt	415
24.4	Addition von Geschwindigkeiten	420
24.5	Beschleunigungen*	427
24.6	Zusammenfassung	429
24.7	Aufgaben	430
<b>25</b>	<b>Relativistische Dynamik</b>	434
25.1	Vierervektoren	434
25.2	Relativistischer Impuls	436

25.3	Masse und Energie	442
25.4	Photonen	447
25.5	Grenzen der Raumfahrt*	451
25.6	Zusammenfassung	458
25.7	Aufgaben	460

**Lösungen** 463

Lösungen 1: Einteilchensysteme	463
Lösungen 2: Mehrteilchensysteme	467
Lösungen 3: Zwangsbedingungen	472
Lösungen 4: Das d'Alembert-Prinzip	474
Lösungen 5: Die Lagrangegleichungen 2. Art	478
Lösungen 6: Lagrangeformalismus mit Reibung	493
Lösungen 7: Symmetrien und Erhaltungsgrößen	496
Lösungen 8: Stabilität und Bifurkationen	500
Lösungen 9: Die Lagrangegleichungen 1. Art	507
Lösungen 10: Das Hamiltonsche Prinzip	531
Lösungen 11: Zentralkraftbewegungen	543
Lösungen 12: Der starre Körper	557
Lösungen 13: Lineare Schwingungen	600
Lösungen 14: Nichtlineare Schwingungen	620
Lösungen 15: Greensche Funktionen und Deltafunktion	631
Lösungen 16: Die Hamiltonschen Gleichungen	642
Lösungen 17: Die Poisson-Klammern	646
Lösungen 18: Kanonische Transformationen	649
Lösungen 19: Kanonische Invarianten	657
Lösungen 20: Der Satz von Liouville	659
Lösungen 21: Hamilton-Jacobi-Theorie	661
Lösungen 23: Raum und Zeit	667
Lösungen 24: Relativistische Kinematik	674
Lösungen 25: Relativistische Dynamik	680

**Index** 685