

Inhaltsverzeichnis

A Die Newtonsche Mechanik

| | |
|--|-----------|
| 1 Einteilchensysteme | 2 |
| 1.1 Die Newtonschen Axiome..... | 2 |
| 1.2 Konservative Kräfte und Potentiale | 5 |
| 1.3 Energieerhaltungssatz..... | 9 |
| 1.4 Beschleunigte Bezugssysteme..... | 10 |
| 1.5 Corioliskräfte der Erdrotation * | 15 |
| 1.6 Zusammenfassung | 18 |
| 1.7 Aufgaben | 20 |
| 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

| | |
|---|-----------|
| 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 |
| 4 Das d'Alembert-Prinzip | 58 |
| 4.1 Virtuelle Verrückungen..... | 58 |
| 4.2 Das d'Alembert-Prinzip..... | 59 |
| 4.3 Richtung der Zwangskräfte * | 64 |
| 4.4 Das Gleichgewichtsprinzip..... | 65 |
| 4.5 Wichtigkeit des d'Alembert-Prinzips | 66 |
| 4.6 Zusammenfassung | 66 |
| 4.7 Aufgaben | 67 |

| | |
|--|------------|
| 5 Die Lagrangegleichungen 2. Art..... | 69 |
| 5.1 Aufstellung der Lagrangegleichungen 2. Art | 69 |
| 5.2 Forminvarianz der Lagrangegleichungen..... | 73 |
| 5.3 Beschleunigte Bezugssysteme * | 74 |
| 5.4 Wichtigkeit der Lagrangegleichungen 2. Art | 75 |
| 5.5 Zusammenfassung | 76 |
| 5.6 Aufgaben | 77 |
| 6 Lagrangeformalismus mit Reibung | 82 |
| 6.1 Reibungstypen * | 82 |
| 6.2 Dissipationsfunktion..... | 83 |
| 6.3 Zusammenfassung | 86 |
| 6.4 Aufgaben | 87 |
| 7 Symmetrien und Erhaltungsgrößen..... | 89 |
| 7.1 Kanonische Impulse | 89 |
| 7.2 Zyklische Koordinaten und Erhaltungsgrößen..... | 89 |
| 7.3 Das Noether-Theorem * | 92 |
| 7.4 Energieerhaltungssatz..... | 96 |
| 7.5 Zusammenfassung | 98 |
| 7.6 Aufgaben | 99 |
| 8 Stabilität und Bifurkationen | 101 |
| 8.1 Bedingungen für nichtchaotisches Verhalten..... | 101 |
| 8.2 Untersuchung von Differentialgleichungen | 104 |
| 8.3 Stabilität : Erste Methode von Ljapunow..... | 106 |
| 8.4 Stabilität : Direkte Methode von Ljapunow..... | 112 |
| 8.5 Bifurkationen..... | 116 |
| 8.6 Zusammenfassung | 121 |
| 8.7 Aufgaben | 124 |
| 9 Die Lagrangegleichungen 1. Art..... | 127 |
| 9.1 Aufstellung der Lagrangegleichungen 1. Art | 127 |
| 9.2 Wichtigkeit der Lagrangegl. 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

| | |
|--|------------|
| 11 Zentralkraftbewegungen | 156 |
| 11.1 Zweikörperproblem | 156 |
| 11.2 Zentralkräfte | 157 |
| 11.3 Wiederholung | 158 |
| 11.4 Bewegung im konservativen Zentralkraftfeld | 158 |
| 11.5 Effektives Potential | 164 |
| 11.6 Streuung im Zentralkraftfeld * | 166 |
| 11.7 Streuung im Laborsystem * | 173 |
| 11.8 Zusammenfassung | 178 |
| 11.9 Aufgaben | 179 |
| 12 Der starre Körper | 184 |
| 12.1 Bewegungen starrer Körper | 184 |
| 12.2 Kinetische Energie und Trägheitstensor | 185 |
| 12.3 Drehimpuls | 190 |
| 12.4 Schwerpunktsatz und Drehimpulssatz | 194 |
| 12.5 Die Eulerschen Winkel | 203 |
| 12.6 Die Lagrangegleichungen des starren Körpers | 211 |
| 12.7 Analogie Translation – Rotation * | 215 |
| 12.8 Zusammenfassung | 217 |
| 12.9 Aufgaben | 220 |
| 13 Lineare Schwingungen | 230 |
| 13.1 Schwingungen mit einem Freiheitsgrad | 230 |
| 13.2 Schwingungen mit mehreren Freiheitsgraden | 237 |
| 13.3 Übergang zum schwingenden Kontinuum | 249 |
| 13.4 Zusammenfassung | 261 |
| 13.5 Aufgaben | 262 |
| 14 Nichtlineare Schwingungen | 267 |
| 14.1 Lineare und nichtlineare Kräfte | 267 |
| 14.2 Störungsrechnung | 268 |
| 14.3 Verfahren der harmonischen Balance | 274 |
| 14.4 Erzwungene nichtlineare Schwingungen | 276 |
| 14.5 Selbst- und parametererregte Schwingungen | 279 |
| 14.6 Zusammenfassung | 281 |
| 14.7 Aufgaben | 282 |
| 15 Greensche Funktionen und Deltafunktion | 286 |
| 15.1 Einführung der Greenfunktionen | 286 |
| 15.2 Greenfunktionen und Fouriertransformationen | 290 |
| 15.3 Die Deltafunktion | 299 |

| | | |
|------|--|-----|
| 15.4 | Andere Darstellungen der Deltafunktion | 302 |
| 15.5 | Zusammenfassung | 304 |
| 15.6 | Aufgaben | 305 |

D Die Hamiltonsche Mechanik

16 Die Hamiltonschen Gleichungen309

| | | |
|------|---|-----|
| 16.1 | Legendre-Transformation..... | 309 |
| 16.2 | Die Hamiltonschen Gleichungen..... | 310 |
| 16.3 | Hamiltonfunktion und Energie..... | 313 |
| 16.4 | Hamiltonsche Gln. und Hamiltonsches Prinzip | 315 |
| 16.5 | Wichtigkeit der Hamiltonschen Gln..... | 317 |
| 16.6 | Zusammenfassung | 317 |
| 16.7 | Aufgaben | 318 |

17 Die Poisson-Klammern320

| | | |
|------|--|-----|
| 17.1 | Definition und Eigenschaften..... | 320 |
| 17.2 | Wichtigkeit der Poisson-Klammern | 321 |
| 17.3 | Zusammenfassung | 322 |
| 17.4 | Aufgaben | 323 |

18 Kanonische Transformationen325

| | | |
|------|--|-----|
| 18.1 | Punkttransformationen | 325 |
| 18.2 | Kanonische Transformationen im weiteren Sinn | 327 |
| 18.3 | Kanonische Transformationen | 329 |
| 18.4 | Wiederholung * | 331 |
| 18.5 | Erzeugende kanonischer Transformationen | 332 |
| 18.6 | Wichtigkeit der kanonischen Transformationen | 339 |
| 18.7 | Zusammenfassung | 339 |
| 18.8 | Aufgaben | 341 |

19 Kanonische Invarianten343

| | | |
|------|---|-----|
| 19.1 | Kanonische Invarianz der Poisson-Klammern | 343 |
| 19.2 | Kanonische Invarianz des Phasenvolumens | 344 |
| 19.3 | Zusammenfassung | 345 |
| 19.4 | Aufgaben | 346 |

20 Der Satz von Liouville347

| | | |
|------|---|-----|
| 20.1 | Phasenbahnen | 347 |
| 20.2 | Grundlagen der Statistischen Mechanik..... | 347 |
| 20.3 | Beweis des Satzes von Liouville | 349 |
| 20.4 | Konsequenzen des Satzes von Liouville | 351 |
| 20.5 | Zusammenfassung | 353 |
| 20.6 | Aufgaben | 354 |

| | |
|---|------------|
| 21 Hamilton-Jacobi-Theorie | 356 |
| 21.1 Hamilton-Jacobi-Gleichung | 356 |
| 21.2 Berechnung einer Prinzipalfunktion..... | 359 |
| 21.3 Integrabilität | 364 |
| 21.4 Wichtigkeit der Hamilton-Jacobi-Theorie..... | 367 |
| 21.5 Zusammenfassung | 367 |
| 21.6 Aufgaben | 369 |
| 22 Übergang zur Quantenmechanik | 370 |
| 22.1 Analogie Mechanik – geometrische Optik..... | 371 |
| 22.2 Zeitunabhängige Schrödingergleichung..... | 374 |
| 22.3 Zusammenfassung | 377 |
| E Die Relativistische Mechanik | |
| 23 Raum und Zeit..... | 379 |
| 23.1 Das Galileische Relativitätsprinzip | 379 |
| 23.2 Die Einsteinschen Postulate | 379 |
| 23.3 Relativität der Zeit..... | 382 |
| 23.4 Die Lorentz-Transformationen..... | 386 |
| 23.5 Zeitdilatation und Längenkontraktion | 391 |
| 23.6 Zusammenfassung | 400 |
| 23.7 Aufgaben | 402 |
| 24 Relativistische Kinematik..... | 405 |
| 24.1 Maximale Geschwindigkeit..... | 405 |
| 24.2 Raum-Zeit-Diagramme | 406 |
| 24.3 Doppler-Effekt..... | 411 |
| 24.4 Addition von Geschwindigkeiten | 415 |
| 24.5 Beschleunigungen *..... | 423 |
| 24.6 Zusammenfassung | 424 |
| 24.7 Aufgaben | 427 |
| 25 Relativistische Dynamik | 430 |
| 25.1 Vierervektoren..... | 430 |
| 25.2 Relativistischer Impuls | 432 |
| 25.3 Masse und Energie | 438 |
| 25.4 Photonen..... | 443 |
| 25.5 Grenzen der Raumfahrt * | 447 |
| 25.6 Zusammenfassung | 454 |
| 25.7 Aufgaben | 457 |

Lösungen

| | |
|--|------------|
| Lösungen: 1 Einteilchensysteme | 459 |
| Lösungen: 2 Mehrteilchensysteme | 464 |
| Lösungen: 3 Zwangsbedingungen | 469 |
| Lösungen: 4 Das d'Alembert-Prinzip | 472 |
| Lösungen: 5 Die Lagrangegl. 2. Art | 476 |
| Lösungen: 6 Lagrangeformalismus mit Reibung..... | 491 |
| Lösungen: 7 Symmetrien und Erhaltungsgrößen..... | 495 |
| Lösungen: 8 Stabilität und Bifurkationen..... | 499 |
| Lösungen: 9 Lagrangegl. 1. Art..... | 507 |
| Lösungen: 10 Das Hamiltonsche Prinzip | 533 |
| Lösungen: 11 Zentralkraftbewegungen | 544 |
| Lösungen: 12 Der starre Körper | 558 |
| Lösungen: 13 Lineare Schwingungen | 604 |
| Lösungen: 14 Nichtlineare Schwingungen..... | 631 |
| Lösungen: 15 Greenscher Formalismus | 643 |
| Lösungen: 16 Die Hamiltonschen Gln. | 655 |
| Lösungen: 17 Die Poisson-Klammern | 659 |
| Lösungen: 18 Kanonische Transformationen..... | 662 |
| Lösungen: 19 Kanonische Invarianten | 671 |
| Lösungen: 20 Der Satz von Liouville..... | 673 |
| Lösungen: 21 Die Hamilton-Jacobi-Theorie | 675 |
| Lösungen: 23 Raum und Zeit..... | 682 |
| Lösungen: 24 Relativistische Kinematik..... | 688 |
| Lösungen: 25 Relativistische Dynamik..... | 692 |
| | |
| Literaturbesprechung | 697 |
| | |
| Index | 701 |