

Wolfgang Nolting

# **Grundkurs Theoretische Physik 2**

Analytische Mechanik

7. Auflage

Mit 77 Abbildungen  
und 54 Aufgaben mit vollständigen Lösungen

 Springer

## Inhaltsverzeichnis

|          |                                                                     |     |
|----------|---------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>1</b> | <b>Lagrange-Mechanik</b>                                            |     |
| 1.1      | Zwangsbedingungen, generalisierte Koordinaten .....                 | 3   |
| 1.2      | Das d'Alembert'sche Prinzip .....                                   | 12  |
| 1.2.1    | Lagrange-Gleichungen .....                                          | 12  |
| 1.2.2    | Einfache Anwendungen .....                                          | 21  |
| 1.2.3    | Verallgemeinerte Potentiale .....                                   | 31  |
| 1.2.4    | Reibung .....                                                       | 34  |
| 1.2.5    | Nicht-holonome Systeme .....                                        | 37  |
| 1.2.6    | Anwendungen der Methode<br>der Lagrange'schen Multiplikatoren ..... | 40  |
| 1.2.7    | Aufgaben .....                                                      | 45  |
| 1.3      | Das Hamilton'sche Prinzip .....                                     | 59  |
| 1.3.1    | Formulierung des Prinzips .....                                     | 60  |
| 1.3.2    | Elemente der Variationsrechnung .....                               | 63  |
| 1.3.3    | Lagrange-Gleichungen .....                                          | 70  |
| 1.3.4    | Erweiterung des Hamilton'schen Prinzips .....                       | 73  |
| 1.3.5    | Aufgaben .....                                                      | 76  |
| 1.4      | Erhaltungssätze .....                                               | 78  |
| 1.4.1    | Homogenität der Zeit .....                                          | 80  |
| 1.4.2    | Homogenität des Raumes .....                                        | 83  |
| 1.4.3    | Isotropie des Raumes .....                                          | 86  |
| 1.5      | Kontrollfragen .....                                                | 89  |
| <b>2</b> | <b>Hamilton-Mechanik</b>                                            |     |
| 2.1      | Legendre-Transformation .....                                       | 94  |
| 2.1.1    | Aufgaben .....                                                      | 97  |
| 2.2      | Kanonische Gleichungen .....                                        | 97  |
| 2.2.1    | Hamilton-Funktion .....                                             | 97  |
| 2.2.2    | Einfache Beispiele .....                                            | 101 |
| 2.2.3    | Aufgaben .....                                                      | 107 |
| 2.3      | Wirkungsprinzipien .....                                            | 108 |
| 2.3.1    | Modifiziertes Hamilton'sches Prinzip .....                          | 108 |
| 2.3.2    | Prinzip der kleinsten Wirkung .....                                 | 111 |
| 2.3.3    | Fermat'sches Prinzip .....                                          | 115 |
| 2.3.4    | Jacobi-Prinzip .....                                                | 116 |
| 2.4      | Poisson-Klammer .....                                               | 121 |
| 2.4.1    | Darstellungsräume .....                                             | 121 |

|          |                                                   |     |
|----------|---------------------------------------------------|-----|
| 2.4.2    | Fundamentale Poisson-Klammern.....                | 125 |
| 2.4.3    | Formale Eigenschaften .....                       | 128 |
| 2.4.4    | Integrale der Bewegung .....                      | 130 |
| 2.4.5    | Bezug zur Quantenmechanik .....                   | 131 |
| 2.4.6    | Aufgaben .....                                    | 133 |
| 2.5      | Kanonische Transformationen .....                 | 135 |
| 2.5.1    | Motivation .....                                  | 135 |
| 2.5.2    | Die erzeugende Funktion .....                     | 140 |
| 2.5.3    | Äquivalente Formen der erzeugenden Funktion ..... | 143 |
| 2.5.4    | Beispiele kanonischer Transformationen .....      | 147 |
| 2.5.5    | Kriterien für Kanonizität .....                   | 151 |
| 2.5.6    | Aufgaben .....                                    | 153 |
| 2.6      | Kontrollfragen .....                              | 158 |
| <b>3</b> | <b>Hamilton-Jacobi-Theorie</b>                    |     |
| 3.1      | Hamilton-Jacobi-Gleichung .....                   | 164 |
| 3.2      | Die Lösungsmethode .....                          | 167 |
| 3.3      | Hamilton'sche charakteristische Funktion.....     | 172 |
| 3.4      | Separation der Variablen .....                    | 175 |
| 3.5      | Wirkungs- und Winkelvariable .....                | 181 |
| 3.5.1    | Periodische Systeme .....                         | 181 |
| 3.5.2    | Wirkungs- und Winkelvariable.....                 | 184 |
| 3.5.3    | Das Kepler-Problem .....                          | 188 |
| 3.5.4    | Entartung.....                                    | 195 |
| 3.5.5    | Bohr-Sommerfeld'sche Atomtheorie .....            | 197 |
| 3.6      | Der Übergang zur Wellenmechanik .....             | 198 |
| 3.6.1    | Wellengleichung der Klassischen Mechanik .....    | 199 |
| 3.6.2    | Einschub über Lichtwellen.....                    | 203 |
| 3.6.3    | Der Ansatz der Wellenmechanik.....                | 205 |
| 3.7      | Aufgaben .....                                    | 208 |
| 3.8      | Kontrollfragen .....                              | 210 |
|          | <b>Lösungen der Übungsaufgaben</b> .....          | 213 |
|          | <b>Sachverzeichnis</b> .....                      | 299 |