

# Inhalt

Geleitwort — V

Vorwort zur 2. Auflage — VII

Vorwort zur 1. Auflage — IX

Danksagung — XI

Zum Inhalt von Band I — XIII

Symbolverzeichnis Band I — XXI

## 1 Einleitung — 1

1.1 Was will die Physik? — 1

1.2 Messgrößen (*quantities*) und Einheiten (*units*) — 5

1.3 Messgenauigkeit (*accuracy*) und Messfehler (*error*) — 8

1.3.1 Festlegung eines Messwertes aus mehreren Einzelmessungen — 9

1.3.2 Zentraler Grenzwertsatz (*central limit theorem*) für rein statistische Fehler — 9

1.3.3 Die Fehler eines Messergebnisses — 10

1.3.4 Die Fehlerverteilungsfunktion — 11

1.3.5 Das Fehlerfortpflanzungsgesetz — 13

Zusammenfassung — 16

Anhang: Definition der *SI*-Basiseinheiten (*base quantities*) — 18

## 2 Mechanik des Massenpunktes — 25

2.1 Kinematik (*kinematics*) — 25

2.1.1 Geschwindigkeit und Beschleunigung — 27

2.1.2 Die allgemeine Bewegung des *MP* — 28

Berechnung der Normalbeschleunigung — 29

2.1.3 Spezielle Bewegungen — 31

2.2 Dynamik (*dynamics*) — 36

2.2.1 Die Newtonschen Axiome und der Impuls (*momentum*) — 38

2.2.2 Bahndrehimpuls und Drehmoment — 43

2.2.3 Kraftstoß, Arbeit und Energie, Leistung — 46

2.2.4 Erhaltung der mechanischen Gesamtenergie — 53

2.3 Bezugssysteme und Trägheitskräfte — 55

2.3.1 Inertialsysteme, Galilei-Transformation — 55

2.3.2 Geradlinig beschleunigte Bezugssysteme — 57

**XVI** — Inhalt

- 2.3.3 Rotierende Bezugssysteme — **59**
- 2.3.4 Die Erde als rotierendes Bezugssystem — **65**
- 2.4 Massenpunktsysteme und Erhaltungssätze (*conservation laws*) — **68**
  - 2.4.1 Der Massenmittelpunkt (=Schwerpunkt) und der (lineare) Gesamtimpuls — **68**
  - 2.4.2 Der Gesamtdrehimpuls eines Teilchensystems — **70**
  - 2.4.3 Die Gesamtenergie eines Teilchensystems — **71**  
Zusammenfassung — **73**
- Anhang 1 Gravitation und Planetenbewegung — **78**
  - A1.1 Das Gravitationsgesetz — **78**
  - A1.2 Das Keplerproblem — **82**
  - A1.3 Bestimmung der Erdbeschleunigung — **90**
    - A1.3.1 Das mathematische, ebene Pendel (*simple pendulum*) — **90**
    - A1.3.2 Das physikalische Pendel (*physical pendulum*) — **92**
    - A1.3.3 Das Reversionspendel — **94**
  - A1.4 Bestimmung der Gravitationskonstante — **97**
- Anhang 2 Stoßprozesse (*collisions*) und Streuung (*scattering*) — **104**
  - A2.1 Der elastische Stoß ( $Q = 0$ ) im Laborsystem (*laboratory coordinate system*) — **106**
  - A2.2 Elastischer Stoß ( $Q = 0$ ) im Schwerpunktsystem (*centre of mass system*) — **113**
  - A2.3 Inelastischer Stoß ( $Q \neq 0$ ) — **119**
    - A2.3.1 Maximal inelastischer Stoß, Teilcheneinfang ( $Q > 0$ ) — **119**
    - A2.3.2 Teilchenzerfall ( $Q < 0$ ) — **123**
  - A2.4 Potenzialstreuung (Coulombstreuung) — **124**
    - A2.4.1 Das  $\alpha$ -Teilchen im Coulombfeld eines Atomkerns — **124**
    - A2.4.2 Der differentielle Wirkungsquerschnitt – die Rutherford'sche Streuformel — **130**
- 3 Mechanik des starren Körpers (*rigid body*) — 137**
  - 3.1 Statik und Gleichgewicht (*statics and equilibrium*) — **137**
    - 3.1.1 Drehmoment und Bezugspunkt — **140**
    - 3.1.2 Der Massenmittelpunkt (= Schwerpunkt) — **142**
  - 3.2 Kinematik und Freiheitsgrade (*kinematics and degrees of freedom*) — **144**
    - 3.2.1 Allgemeine Bewegung der Massenpunkte eines starren Körpers — **144**
    - 3.2.2 Die Freiheitsgrade des starren Körpers — **145**
  - 3.3 Dynamik, Trägheitsmoment, Rotationsenergie (*dynamics, moment of inertia, rotational energy*) — **147**
    - 3.3.1 Bewegungsgleichungen des freien starren Körpers — **147**

- 3.3.2 Das Trägheitsmoment (*moment of inertia*) — 148
- 3.3.3 Die Rotationsenergie (*Rotational Energy*) — 151
- 3.3.4 Rotation um eine feste Achse — 152
- 3.3.5 Der Steinersche Satz (*parallel axes theorem*) — 154
- 3.3.6 Trägheits- und Energieellipsoid — 155
- 3.3.7 Freie Achsen — 159
- 3.4 Kreiselbewegung (*motion of a top*) — 160
- 3.4.1 Der kräftefreie, symmetrische Kreisel — 161
- 3.4.2 Der ‚schwere Kreisel‘ — 164
- 3.4.3 Die Eulerschen Kreiselgleichungen — 169
- Zusammenfassung — 172
- Anhang 1 Poinsothsche Beschreibung der Starrkörperbewegung — 176
- Anhang 2 Weiteres vom Kreisel — 178
- A2.1 Gleichsinniger Parallelismus — 178
- A2.2 Der Kreisel im mit der Präzessionsfrequenz  $\bar{\Omega}$  rotierenden Bezugssystem — 179
- A2.3 Das Zentrifugalmoment eines Körpers, der nicht um eine Hauptträgheitsachse rotiert — 181
  
- 4 Mechanik deformierbarer Körper — 183**
- 4.1 Aggregatzustände und Bindungen — 183
- 4.1.1 Gasförmiger Zustand — 184
- 4.1.2 Flüssiger Zustand — 185
- 4.1.3 Fester Zustand — 185
- 4.2 Deformation fester Körper — 188
- 4.2.1 Hookesches Gesetz, Elastizitätsmodul — 188
- 4.2.2 Scherung und Torsion — 196
- 4.2.3 Elastische Konstanten und Kristallstruktur — 199
- 4.2.4 Der Elastizitätstensor, allgemeines Hookesches Gesetz — 201
- 4.3 Mechanik von Flüssigkeiten und Gasen (Fluiden) — 206
- 4.3.1 Die Kontinuitätsgleichung — 209
- 4.3.2 Die Eulergleichung — 211
- 4.3.3 Ruhende Flüssigkeit im Schwerfeld — 217
- 4.3.4 Ruhendes ideales Gas bei konstanter Temperatur im Schwerfeld — 219
- 4.3.5 Die Bernoulli-Gleichung — 222
- 4.3.6 Die Potenzialströmung (wirbelfreie Strömung) — 226
- 4.3.7 Wirbelströmung (*vortical flow*), Turbulenz — 230
- 4.3.7.1 Ideale, reibungsfreie Flüssigkeit, Wirbelsätze — 230
- 4.3.7.2 Reibungsbehaftete (zähe) Flüssigkeiten — 234
- 4.3.8 Oberflächenspannung und Kapillarität — 238
- 4.3.8.1 Spezifische Oberflächenenergie, spezifische Grenzflächenenergie, Oberflächenspannung, Grenzflächenspannung — 238

**XVIII — Inhalt**

4.3.8.2 Normaldruck gekrümmter Oberflächen — 243

4.3.8.3 Kapillarität — 245

Zusammenfassung — 248

Anhang 1 Gleichgewicht im elastischen Körper: Grundgleichung  
der Elastostatik — 253

**5 Mechanische Schwingungen und Wellen (*oscillations and waves*) — 255**

5.1 Ungedämpfte harmonische Schwingungen (*undamped harmonic oscillations*) — 258

5.1.1 Der freie, ungedämpfte harmonische Oszillator (*simple harmonic oscillator*) — 258

5.1.2 Überlagerung von harmonischen Schwingungen (*superposition of harmonic oscillations*) — 270

5.1.3 Zerlegung von periodischen und unperiodischen Funktionen,  
Fourieranalyse und Fouriertransformation — 278

5.2 Der freie, gedämpfte Oszillator — 288

5.2.1  $\gamma^2 < \omega_0^2$ ,  $\Leftrightarrow \beta^2 < 4$  km, schwache Dämpfung (*underdamped*) — 289

5.2.2  $\gamma^2 > \omega_0^2$ ,  $\Leftrightarrow \beta^2 > 4$  km, starke Dämpfung (*overdamped*) — 292

5.2.3  $\gamma^2 = \omega_0^2$ ,  $\Leftrightarrow \beta^2 = 4$  km,  $\alpha = \sqrt{\gamma^2 - \omega_0^2} = 0$ , kritische Dämpfung  
(= aperiodischer Grenzfall, *critically damped*) — 294

5.2.4 Die Energie der Schwingungsbewegung — 296

5.3 Erzwungene Schwingung und Resonanz — 299

5.3.1 Periodische Anregung, komplexe und reelle Amplituden  
der erzwungenen Schwingung — 299

5.3.2 Resonanz — 302

5.3.3 Energiebilanz der erzwungenen Schwingung — 304

5.4 Gekoppelte Oszillatoren — 305

5.5 Mechanische Wellen (*mechanical waves*) — 310

5.5.1 Ebene Wellen (*plane waves*), Phasengeschwindigkeit (*phase velocity*) — 310

5.5.2 Die Gruppengeschwindigkeit — 314

5.5.3 Die Wellengleichung — 320

5.5.4 Ausbreitung von mechanischen Wellen — 326

5.5.5 Energiedichte und Energietransport — 334

5.6 Akustik — 335

5.6.1 Stehende Wellen (*standing waves*) — 335

5.6.2 Resonanzbedingung der schwingenden Saite — 337

5.6.3 Physik der Musik, Entwicklung der europäischen Tonleitern — 341

5.6.4 Schallfeldgrößen und ihre Messung — 346

5.6.5 Die Schall-Kugelwelle — 351

5.6.6 Stimme und Ohr, Lautstärke — 354

5.6.7 Ultraschall und seine Anwendungen — 361

5.6.8	Akustischer Dopplereffekt, Kopfwellen —	362
5.6.8.1	Zentraler Dopplereffekt —	363
5.6.8.2	Nichtzentraler Dopplereffekt —	368
5.6.8.3	Kopfwellen —	370
	Zusammenfassung —	372
Anhang 1	Schwingungsformen einer gezupften Saite —	379
Anhang 2	Frequenzauflösung im Ohr durch Transversal-Wanderwellen —	381
<b>Literatur —</b>		<b>385</b>
<b>Register —</b>		<b>387</b>