

# Inhalt

	<b>Vorwort</b> . . . . .	<b>XI</b>
<b>A</b>	<b>Newtonsche Mechanik</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>3</b>
1.1	Historische Vorbemerkungen . . . . .	4
1.2	Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen . . . . .	6
1.2.1	Starke (oder Farb-)Wechselwirkung . . . . .	9
1.2.2	Elektromagnetische Wechselwirkung . . . . .	10
1.2.3	Schwache Wechselwirkung . . . . .	11
1.2.4	Gravitation . . . . .	12
1.3	Die Struktur der Materie . . . . .	16
1.3.1	Kerne . . . . .	16
1.3.2	Atome . . . . .	18
1.3.3	Moleküle . . . . .	20
1.3.4	Die Materie bei verschiedenen Temperaturen . . . . .	22
1.4	Grundkonzepte physikalischer Naturbeschreibung . . . . .	25
	Literaturhinweise zu Kapitel 1 . . . . .	30
<b>2</b>	<b>Grundbegriffe der Bewegung</b>	<b>33</b>
2.1	Zeitmessung . . . . .	34
2.1.1	Kurze Zeiten . . . . .	36
2.1.2	Sehr kurze Zeiten . . . . .	37
2.1.3	Lange Zeiten . . . . .	39
2.1.4	Einheiten der Zeit . . . . .	45
2.2	Längenmessung . . . . .	47
2.2.1	Große Abstände . . . . .	47
2.2.2	Kleine Abstände . . . . .	52
2.3	Bewegungen . . . . .	53
2.3.1	Geschwindigkeit . . . . .	53
2.3.2	Beschleunigung . . . . .	58
2.3.3	Kreisbewegung . . . . .	62
2.3.4	Lineare harmonische Schwingung . . . . .	63
	Literaturhinweise zu Kapitel 2 . . . . .	65

<b>3</b>	<b>Die beiden ersten Newtonschen Gesetze</b>	<b>69</b>
3.1	Das Trägheitsprinzip oder 1. Newtonsches Gesetz . . . . .	69
3.1.1	Die statische Messung einer Kraft . . . . .	72
3.2	Das Aktionsprinzip oder 2. Newtonsches Gesetz . . . . .	75
3.2.1	Kraft und Beschleunigung . . . . .	75
3.2.2	Inertialsysteme . . . . .	78
3.2.3	Die Maßeinheit der Masse . . . . .	79
3.2.4	Maßeinheit der Kraft . . . . .	80
3.2.5	Anwendung des 2. Newtonschen Gesetzes . . . . .	81
3.3	Kraftgesetz des harmonischen Oszillators . . . . .	81
3.3.1	Der ungedämpfte harmonische Oszillator . . . . .	81
3.3.2	Der gedämpfte harmonische Oszillator . . . . .	84
3.3.3	Reibungskräfte . . . . .	86
3.4	Das universelle Gravitationsgesetz . . . . .	91
3.4.1	Das Fallgesetz . . . . .	91
3.4.2	Äquivalenzprinzip . . . . .	92
3.4.3	Die Keplerschen Gesetze . . . . .	96
3.4.4	Der Mond fällt wie der Apfel . . . . .	98
3.4.5	Die Gravitationskonstante . . . . .	99
3.5	Einfache Anwendungen des Gravitationsgesetzes . . . . .	101
3.5.1	Satellitenbahnen . . . . .	101
3.5.2	Bestimmung der Masse und Dichte von Jupiter . . . . .	102
3.5.3	Numerische Berechnung von Planetenbahnen . . . . .	103
	Literaturhinweise zu Kapitel 3 . . . . .	108
<b>4</b>	<b>Die Erhaltung von Energie und Impuls</b>	<b>109</b>
4.1	Die Erhaltung der Summe von kinetischer und potentieller Energie . . . . .	110
4.2	Einfache Anwendungen des Prinzips der Energieerhaltung . .	121
4.3	Äquipotentialflächen der potentiellen Energie und ihr Gradient	124
4.4	Konservative und nichtkonservative Kräfte . . . . .	126
4.5	Reaktionsprinzip und Impulserhaltung . . . . .	127
4.6	Stoßprozesse . . . . .	129
4.7	Gesamtimpuls eines Systems mit äußeren Kräften . . . . .	134
4.8	Beispiele für die Impulserhaltung . . . . .	138
	Literaturhinweise zu Kapitel 4 . . . . .	144
<b>5</b>	<b>Die rotierende Bewegung</b>	<b>145</b>
5.1	Drehimpulserhaltung für einen Massenpunkt . . . . .	151
5.2	Die Erhaltung des Drehimpulses bei Systemen von Massenpunkten . . . . .	160
5.3	Der Drehimpuls starrer Körper . . . . .	166

5.4	Die kleinste Einheit des Drehimpulses in der Natur . . . . .	172
5.5	Der symmetrische Kreisel . . . . .	176
5.6	Die Energie eines starren Rotators . . . . .	181
5.7	Scheinkräfte in rotierenden Bezugssystemen . . . . .	183
5.8	Schlußbemerkung: Vergleich zwischen linearer und rotieren- der Bewegung . . . . .	187
	Literaturhinweise zu Kapitel 5 . . . . .	188
<b>6</b>	<b>Die feste Materie</b>	<b>189</b>
6.1	Strukturen . . . . .	189
6.2	Makroskopisches mechanisches Verhalten fester Körper . . .	193
6.3	Mikroskopische Aspekte der plastischen Deformation . . . .	196
6.4	Keramische Werkstoffe . . . . .	199
6.5	Materie im Kleinen: Tasten und bearbeiten . . . . .	201
6.6	Warum ist Gummi so dehnbar? . . . . .	204
6.7	Zwischen fest und flüssig . . . . .	207
	Literaturhinweise zu Kapitel 6 . . . . .	209
<b>7</b>	<b>Flüssigkeiten und ihre Bewegung</b>	<b>211</b>
7.1	Hydrostatische Kräfte . . . . .	212
7.1.1	Die Auftriebskraft . . . . .	212
7.1.2	Oberflächen von Flüssigkeiten . . . . .	213
7.1.3	Die Benetzung von festen Oberflächen . . . . .	215
7.2	Kräfte in strömenden Flüssigkeiten . . . . .	219
7.2.1	Trägheitskräfte in stationären Strömungen . . . . .	219
7.2.2	Viskosität und Reibungskräfte . . . . .	222
7.2.3	Strömung bei großen Geschwindigkeiten . . . . .	224
7.2.4	Vom Fliegen . . . . .	226
	Literaturhinweise zu Kapitel 7 . . . . .	228
<b>8</b>	<b>Schwingungen</b>	<b>229</b>
8.1	Freie ungedämpfte Schwingungen . . . . .	229
8.2	Freie gedämpfte Schwingungen . . . . .	231
8.2.1	Abklingzeiten für Amplitude und Energie . . . . .	232
8.2.2	Der Gütefaktor . . . . .	233
8.3	Erzwungene Schwingungen . . . . .	233
8.4	Gekoppelte Schwingungen . . . . .	243
8.5	Parametrisch verstärkte Schwingungen . . . . .	245
	Literaturhinweise zu Kapitel 8 . . . . .	248
<b>9</b>	<b>Wellen</b>	<b>249</b>
9.1	Ein erstes Beispiel: Die Seilwelle . . . . .	250
9.1.1	Eine Störung breitet sich aus . . . . .	250
9.1.2	Ableitung der Wellengleichung und ihre Lösungen . . . . .	251

9.1.3	Reflexion von Seilwellen am festen Ende . . . . .	253
9.1.4	Sinusförmige (harmonische) Wellen . . . . .	254
9.1.5	Reflexion harmonischer Wellen: Stehende Wellen und Schwin- gungen . . . . .	255
9.1.6	Eigenfrequenzen einer schwingenden Saite . . . . .	256
9.1.7	Von schwingenden Saiten zur Musik . . . . .	257
9.1.8	Bemerkungen zur Polarisierung von Wellen . . . . .	258
9.2	Schallwellen . . . . .	259
9.2.1	Vorbemerkungen . . . . .	259
9.2.2	Longitudinale Schallwellen in Gasen und Flüssigkeiten . . . .	259
9.2.3	Das Schallfeld und seine Größen . . . . .	264
9.2.4	Schallwellen in der Natur und Technik . . . . .	272
9.2.5	Wellen auf Flüssigkeitsoberflächen . . . . .	282
9.2.6	Frequenzspektrum, Dispersion und Energietransport . . . . .	290
	Literaturhinweise zu Kapitel 9 . . . . .	297
<b>B</b>	<b>Grundlagen der thermischen Physik</b>	<b>299</b>
<b>10</b>	<b>Die Temperatur und das ideale Gas</b>	<b>301</b>
10.1	Thermodynamik und statistische Mechanik . . . . .	301
10.2	Die absolute Temperatur und das Gasgesetz . . . . .	303
10.3	Der Gleichgewichtszustand und die Relaxation . . . . .	306
10.4	Temperaturmessung . . . . .	307
10.5	Brownsche Bewegung . . . . .	312
10.6	Mikroskopische Analyse des Gasdrucks und innere Energie . .	315
10.7	Mittlere freie Weglänge und der Streuquerschnitt . . . . .	317
10.8	Die barometrische Höhenformel . . . . .	319
10.9	Der Boltzmann-Faktor und die thermische Energie . . . . .	321
<b>11</b>	<b>Wichtige thermische Eigenschaften der Materie</b>	<b>323</b>
11.1	Spezifische Wärme . . . . .	323
11.2	Der Gleichverteilungssatz und das mehratomige Gas . . . . .	328
11.3	Wärmeausdehnung . . . . .	330
11.4	Wärmetransport . . . . .	332
11.5	Diffusion . . . . .	339
<b>12</b>	<b>Ideale und reale Gase; Phasenumwandlung</b>	<b>341</b>
12.1	Die Aggregatzustände am Beispiel des Wassers . . . . .	341
12.2	Phasenumwandlungen erster und zweiter Ordnung . . . . .	344
12.3	Zustandsfläche und Zustandsänderung des idealen Gases . . .	345
12.4	Die Zustandsgleichung realer Gase . . . . .	348
12.5	Der kritische Punkt, die Tripellinie und der Dampfdruck . . .	350

---

12.6	Gibbssche Phasenregel und Phasendiagramme . . . . .	354
<b>13</b>	<b>Wärme, Energie und Entropie – die Hauptsätze</b>	<b>357</b>
13.1	Arbeitsleistung eines Gases . . . . .	357
13.2	Der erste Hauptsatz . . . . .	358
13.3	Reversible und irreversible Prozesse . . . . .	360
13.4	Der zweite Hauptsatz und die Entropie . . . . .	361
13.5	Der dritte Hauptsatz . . . . .	365
13.6	Der Carnot-Prozeß . . . . .	367
<b>14</b>	<b>Einige Anwendungen der Thermodynamik</b>	<b>375</b>
14.1	Die thermodynamische Temperaturskala . . . . .	375
14.2	Der Joule-Thomson-Effekt und die Enthalpie . . . . .	376
14.3	Gasverflüssigung und Tieftemperaturtechnik . . . . .	380
14.4	Wärmekraftmaschinen – Stirling-Prozeß . . . . .	386
	Literaturhinweise zu den Kapiteln 10–14 . . . . .	389
	<b>Ratschläge fürs Studium</b>	<b>391</b>
	<b>Sachverzeichnis</b>	<b>393</b>