

Inhalt

Vorwort	XI
A Newtonsche Mechanik	1
1 Einführung	3
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
2 Grundbegriffe der Bewegung	33
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

3	Die beiden ersten Newtonschen Gesetze	69
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
4	Die Erhaltung von Energie und Impuls	109
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
5	Die rotierende Bewegung	145
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 rotierender Bewegung	187
	Literaturhinweise zu Kapitel 5	188
6	Die feste Materie	189
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
7	Flüssigkeiten und ihre Bewegung	211
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
8	Schwingungen	229
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
9	Wellen	249
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 Schwingungen	255
9.1.6	Eigenfrequenzen einer schwingenden Saite	256
9.1.7	Von schwingenden Saiten zur Musik	257
9.1.8	Bemerkungen zur Polarisation 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	Grundlagen der thermischen Physik	299
10	Die Temperatur und das ideale Gas	301
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
11	Wichtige thermische Eigenschaften der Materie	323
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
12	Ideale und reale Gase; Phasenumwandlung	341
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
13	Wärme, Energie und Entropie – die Hauptsätze	357
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
14	Einige Anwendungen der Thermodynamik	375
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
	Ratschläge fürs Studium	391
	Sachverzeichnis	393