

# Inhalt

Verzeichnis der Tabellen . . . . .	11
Vorwort . . . . .	13
<b>1. Einführung . . . . .</b>	<b>15</b>
1.1 Die Teilchen der Physik und ihre Wechselwirkungen . . . . .	15
Die Elementarteilchen (15) – Die Gravitation (18) – Die elektromagnetische Wechselwirkung (21) – Die starke Wechselwirkung (22) – Die schwache Wechsel- wirkung (23)	
1.2 Die Struktur der Materie . . . . .	24
Atome (24) – Moleküle (25) – Zustandsformen der Materie bei verschiedenen Temperaturen (28)	
1.3 Grundkonzepte physikalischer Naturbeschreibung . . . . .	31
Literaturhinweise zu Kapitel 1 . . . . .	35
<b>2. Grundbegriffe der Bewegung . . . . .</b>	<b>37</b>
2.1 Zeitmessung . . . . .	37
Kurze Zeiten (40) – Sehr kurze Zeiten (41) – Lange Zeiten (42) – Einheiten der Zeit (46)	
2.2 Längenmessung . . . . .	49
Große Abstände (49) – Kleine Abstände (54)	
2.3 Bewegungen . . . . .	55
2.3.1 Geschwindigkeit . . . . .	55
Geradlinig gleichförmige Bewegung (56) – Messung von Geschwindigkeiten (57) – Geschwindigkeit in bewegten Bezugssystemen (59)	
2.3.2 Beschleunigung . . . . .	60
Gleichförmige beschleunigte geradlinige Bewegung (62) – Kreisbewegung (64) – Lineare harmonische Schwingung (66)	

	Literaturhinweise zu Kapitel 2 . . . . .	67
	Überblick über einige Lehrbücher der Mechanik Auswahl von Lehrbüchern, die die notwendigen mathematischen Voraussetzungen vermitteln	
3.	Die beiden ersten Newtonschen Gesetze . . . . .	70
3.1	Das Trägheitsprinzip oder 1. Newtonsches Gesetz . . . . . Die statische Messung einer Kraft (72) – Hookesches Gesetz (73)	70
3.2	Das Aktionsprinzip oder 2. Newtonsches Gesetz . . . . . Träge Masse (78) – Impuls (78) – Inertialsysteme (78) – Maßeinheit von Massen (79) – Maßeinheit der Kraft (81) – Anwendung des 2. Newtonschen Gesetzes (81)	75
3.3	Kraftgesetz des harmonischen Oszillators . . . . . Der gedämpfte harmonische Oszillator – Reibungs- kräfte (84)	82
3.4	Das universelle Gravitationskonstante (95) . . . . . Fallgesetz (88) – Äquivalenzprinzip (88) – Die Kep- lerschen Gesetze (92) – Der Mond fällt wie der Apfel (95) – Die Gravitationskonstante (95)	87
3.5	Einfache Anwendungen des Gravitationsgesetzes . . . . . Satellitenbahnen (97) – Bestimmung der Masse und Dichte von Jupiter (98) – Numerische Berechnung von Planetenbahnen (99)	97
	Literaturhinweise zu Kapitel 3 . . . . .	103
4.	Die Erhaltung von Energie und Impuls . . . . .	104
4.1	Die Erhaltung von kinetischer und potentieller Energie . . . . . Arbeit und potentielle Energie bei Deformation einer Feder (107) – Arbeit und potentielle Energie beim Heben einer Last (109) – Arbeit und potentielle Ener- gie bei elektrostatischen Kräften (110) – Potentielle Energie ausgedehnter Massen- und Ladungsvertei- lungen (112) – Maßeinheiten von Arbeit, Energie und Leistung (115)	105

---

4.2	Einfache Anwendungen des Prinzips der Energieerhaltung . . . . .	116
	Bewegungen von Körpern in Gravitationsfeldern (Bahngeschwindigkeiten von Planeten, Entweich- geschwindigkeit von Raketen) (116) – Gesetze des statischen Gleichgewichts (Hebel, hydrosta- tischer Druck) (117) – Energiesatz und Bewegungs- gleichung (118)	
4.3	Äquipotentialflächen der potentiellen Energie und ihr Gradient . . . . .	118
4.4	Konservative und nichtkonservative Kräfte . . . . .	121
4.5	Reaktionsprinzip und Impulserhaltung . . . . .	121
	Reaktionsprinzip (oder 3. Newtonsches Gesetz) (122) – Impulserhaltung bei Wirken innerer Kräfte (123)	
4.6	Stoßprozesse . . . . .	124
	Der vollkommen unelastische Stoß (125) – Der vollkommen elastische Stoß (126) – Huygens Be- weis für die Impulserhaltung beim Stoß (127)	
4.7	Gesamtimpuls eines Systems mit äußeren Kräften . . . . .	128
	Der Schwerpunktsatz (129) – Stoßprozesse im Schwerpunktsystem (131)	
4.8	Beispiele für die Impulserhaltung . . . . .	133
	Die elastische Proton-Proton-Streuung (133) – Elastische Neutronenstreuung (135) – Raketen- antrieb (136) – Das Neutrino (137)	
	Literaturhinweise zu Kapitel 4 . . . . .	139
5.	Die rotierende Bewegung . . . . .	140
5.1	Drehimpulserhaltung für einen Massenpunkt . . . . .	141
	Das Drehmoment und der Drehimpuls für einen Massen- punkt (141) – Die Erhaltung des Drehimpulses beim Wirken einer Zentralkraft (143) – Beschreibung der Planetenbewegung (144) – Streuung von $\alpha$ -Teilchen an schweren Kernen (148)	
5.2	Die Erhaltung des Drehimpulses bei Systemen von Massenpunkten . . . . .	151
	Bewegung des Massenschwerpunktes (151) – Die Drehimpulserhaltung bei einem System von Massen- punkten (152) – Drehimpulserhaltung beim Aus- fließen von Wasser aus einem Behälter (155) – Dreh- impulserhaltung im Sonnensystem (156)	

5.3	Der Drehimpuls starrer Körper . . . . .	157
	Drehimpuls einer rotierenden Platte (157) – Drehimpuls eines rotationssymmetrischen Körpers (158) – Das Trägheitsmoment (159) – Drehimpuls eines beliebig geformten Körpers (161)	
5.4	Die kleinste Einheit des Drehimpulses in der Natur . . . . .	163
	Stickstoffmolekül (163) – Wasserstoffatom (164) – Spin von Elementarteilchen (165)	
5.5	Der symmetrische Kreisel . . . . .	166
	Der kräftefreie symmetrische Kreisel (167) – Der Kreisel unter dem Einfluß eines Drehmoments (168)	
5.6	Die Energie eines starren Rotators . . . . .	171
5.7	Scheinkräfte in rotierenden Bezugssystemen . . . . .	173
5.8	Schlußbemerkung: Vergleich zwischen linearer und rotierender Bewegung . . . . .	177
	Literaturhinweise zu Kapitel 5 . . . . .	177
6.	Bewegte Bezugssysteme – Relativistische Mechanik . . . . .	178
6.1	Die Galilei-Transformation und das Relativitätsprinzip der klassischen Mechanik . . . . .	178
	Dynamische Äquivalenz (178) – Die Galilei-Transformation (180)	
6.2	Das Relativitätsprinzip und die Elektrodynamik . . . . .	181
	Der Michelson-Versuch (182) – Ergebnis eines Michelson Experimentes (187)	
6.3	Die Lorentz-Transformation . . . . .	188
	Die Relativität der Gleichzeitigkeit (188) – Die Lorentz-Transformation (192) – Addition von Geschwindigkeiten (194) – Längenkontraktion (195) – Die Zeitdilatation (199)	
6.4	Der Doppler-Effekt in relativistischer Behandlung . . . . .	204
6.5	Relativistische Dynamik . . . . .	208
	Impulserhaltung in der speziellen Relativitätstheorie – relativistischer Impuls (208) – Bewegungsgleichung (213) – Energieerhaltung (217) – Teilchen mit der Ruhemasse Null (225)	
	Literaturhinweise zu Kapitel 6 . . . . .	227

<b>7.</b>	<b>Thermische Eigenschaften von Gasen</b> . . . . .	228
7.1	Die absolute Temperatur und das empirische Gasgesetz . . . . .	228
7.2	Mikroskopische Analyse des Gasdrucks . . . . .	230
7.3	Die Wärmekapazität von idealen Gasen . . . . .	232
7.4	Isotherme und adiabatische Zustandsänderungen . . . . .	234
7.5	Die Dichte der Erdatmosphäre in größeren Höhen . . . . .	236
7.6	Gasdruck und mittlere freie Weglänge . . . . .	238
	Der mittlere Abstand (238) – Mittlere freie Weglänge (239)	
7.7	Ideale und reale Gase . . . . .	240
	Literaturhinweise zu Kapitel 7 . . . . .	242
<b>8.</b>	<b>Bewegung von Flüssigkeiten</b> . . . . .	243
	Kontinuitätsgleichung (243) – Bernoullisches Gesetz (245) – Gesetz von Kutta-Joukowski (246)	
	Literaturhinweise zu Kapitel 8 . . . . .	247
<b>9.</b>	<b>Schwingungen</b> . . . . .	249
9.1	Freie Schwingungen (Ungedämpfter harmonischer Oszillator) . . . . .	249
9.2	Der gedämpfte freie Oszillator . . . . .	251
	Abklingzeiten für Amplitude und Energie (252) – Gütefaktor (253)	
9.3	Erzwungene Schwingungen . . . . .	253
	Phasenverschiebung (255) – Amplitude (256) – Absorbierte Leistung (257) – Infrarotabsorption in NaCl-Kristallen (259) – $\gamma$ -Resonanzabsorption (260) – Kurzlebige kombinierte Kerne und Teilchen (261)	
9.4	Gekoppelte Oszillatoren . . . . .	262
	Literaturhinweise zu Kapitel 9 . . . . .	265
<b>10.</b>	<b>Wellen</b> . . . . .	266
10.1	Die Seilwelle . . . . .	266
	Wellengleichung (268) – Ausbreitungsgeschwindigkeit	

	keit (269) – Reflexion einer Seilwelle (269) – Sinusförmige Wellen (Harmonische Wellen) (270) – Reflexion von harmonischen Wellen: stehende Wellen (272) – Eigenfrequenz einer schwingenden Saite (272) – Bemerkung zur Polarisatation einer Welle (273)	
10.2	Schallwellen . . . . .	274
	Wellengleichung (275) – Schallwellen in Gasen (276) – Transversale elastische Wellen in Festkörpern (277) – Akustische Wellen in der Geologie (277)	
10.3	Die Ausbreitung von ebenen Wellen in drei Dimensionen . . . . .	280
10.4	Der Doppler-Effekt . . . . .	281
10.5	Schockwellen . . . . .	283
10.6	Die Brandung . . . . .	285
10.7	Fourier-Analyse von periodischen und nichtperiodischen Vorgängen . . . . .	285
10.8	Gruppengeschwindigkeit . . . . .	289
	Literaturhinweise zu Kapitel 10 . . . . .	293
	Ratschläge für's Studium . . . . .	295
	Sachregister . . . . .	297