

Inhaltsübersicht

Vorwort	XXI
Vorwort zur deutschen Ausgabe	XXVI
Kapitel 1 Einführung, Messungen, Abschätzungen	1
Kapitel 2 Beschreibung von Bewegungen – Kinematik in einer Raumrichtung	23
Kapitel 3 Kinematik in zwei Raumrichtungen; Vektoren	61
Kapitel 4 Dynamik: Die Newton'schen Axiome	103
Kapitel 5 Weitere Anwendungen der Newton'schen Axiome	141
Kapitel 6 Gravitation und das Newton'sche Gravitationsgesetz	175
Kapitel 7 Arbeit und Energie	205
Kapitel 8 Energieerhaltung	233
Kapitel 9 Impuls und Stöße	275
Kapitel 10 Drehbewegung um eine feste Achse	321
Kapitel 11 Allgemeine Drehbewegung	375
Kapitel 12 Statisches Gleichgewicht; Elastizität und Bruch	405
Kapitel 13 Fluide: Gase und Flüssigkeiten	449
Kapitel 14 Schwingungen	489
Kapitel 15 Wellen und Wellenausbreitung	523
Kapitel 16 Schall	559
Kapitel 17 Temperatur, Wärmeausdehnung und ideales Gasgesetz	597
Kapitel 18 Kinetische Gastheorie	625
Kapitel 19 Wärme und der erste Hauptsatz der Thermodynamik	651
Kapitel 20 Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik	693
Kapitel 21 Elektrische Ladung und elektrisches Feld	729
Kapitel 22 Das Gauss'sche Gesetz	767
Kapitel 23 Das elektrische Potential	789
Kapitel 24 Kapazität, Dielektrika und elektrische Energiespeicher	819
Kapitel 25 Elektrische Ströme und der elektrische Widerstand	847

Kapitel 26	Gleichstromkreise	879
Kapitel 27	Magnetismus	917
Kapitel 28	Erzeugung von Magnetfeldern	949
Kapitel 29	Elektromagnetische Induktion und das Faraday'sche Gesetz	981
Kapitel 30	Induktivität und elektromagnetische Schwingungen	1011
Kapitel 31	Wechselstromkreise	1033
Kapitel 32	Die Maxwell'schen Gleichungen und elektromagnetische Wellen	1055
Kapitel 33	Reflexion und Brechung	1085
Kapitel 34	Linsen und optische Instrumente	1119
Kapitel 35	Die Wellennatur des Lichts; Interferenz	1159
Kapitel 36	Beugung und Polarisierung	1185
Kapitel 37	Spezielle Relativitätstheorie	1221
Kapitel 38	Frühe Quantentheorie und Atommodelle	1263
Kapitel 39	Quantenmechanik	1301
Kapitel 40	Quantenmechanik von Atomen	1333
Kapitel 41	Moleküle und Festkörper	1367
Kapitel 42	Kernphysik und Radioaktivität	1407
Kapitel 43	Kernenergie; Auswirkungen und Anwendungsmöglichkeiten der Strahlung	1437
Kapitel 44	Elementarteilchen	1475
Kapitel 45	Astrophysik und Kosmologie	1509
Anhang		1549

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	XXI
Vorwort zur deutschen Ausgabe	XXVI
Kapitel 1 Einführung, Messungen, Abschätzungen	1
1.1 Das Wesen der Wissenschaft	4
1.2 Modelle, Theorien und Gesetze	4
1.3 Messungen und Messfehler; signifikante Stellen	5
1.4 Einheiten, Standards und das SI-System	8
1.5 Umrechnungseinheiten	11
1.6 Größenordnung: Schnelle Abschätzung	12
1.7 Einheiten und Einheitenüberprüfung	16
Zusammenfassung	17
Verständnisfragen	17
Aufgaben	18
Kapitel 2 Beschreibung von Bewegungen – Kinematik in einer Raumrichtung	23
2.1 Bezugssystem und Weg	25
2.2 Durchschnittsgeschwindigkeit	27
2.3 Momentangeschwindigkeit	28
2.4 Beschleunigung	31
2.5 Bewegung bei konstanter Beschleunigung	35
2.6 Problemlösungen	38
2.7 Der freie Fall	42
2.8 Einsatz der Integralrechnung; Ungleichförmige Beschleunigung	49
Zusammenfassung	50
Verständnisfragen	51
Aufgaben	52
Kapitel 3 Kinematik in zwei Raumrichtungen; Vektoren	61
3.1 Vektoren und Skalare	63
3.2 Vektoraddition – Grafische Methoden	63
3.3 Subtraktion von Vektoren und Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar	65
3.4 Vektoraddition in Komponentenschreibweise	66
3.5 Einheitsvektoren	71
3.6 Bewegung in zwei und drei Raumrichtungen	72
3.7 Wurfbewegung	74
3.8 Lösung von Aufgaben mit Wurfbewegungen	77
3.9 Gleichförmige Kreisbewegung	84
3.10 Relativgeschwindigkeit	87
Zusammenfassung	90
Verständnisfragen	91
Aufgaben	92

Kapitel 4	Dynamik: Die Newton'schen Axiome	103
4.1	Kraft	105
4.2	Das erste Newton'sche Axiom	106
4.3	Masse	107
4.4	Das zweite Newton'sche Axiom	108
4.5	Das dritte Newton'sche Axiom	111
4.6	Gewicht – Die Gravitationskraft	115
4.7	Das Lösen von Aufgaben mit den Newton'schen Axiomen: Kräfteparallelogramme	118
4.8	Problemlösung – Allgemeine Herangehensweise	127
	Zusammenfassung	128
	Verständnisfragen	129
	Aufgaben	131
Kapitel 5	Weitere Anwendungen der Newton'schen Axiome	141
5.1	Anwendungen der Newton'schen Axiome – Reibung	143
5.2	Dynamik der gleichförmigen Kreisbewegung	152
5.3	Erhöhte und nicht erhöhte Straßenkurven	157
5.4	Ungleichförmige Kreisbewegung	160
5.5	Geschwindigkeitsabhängige Kräfte; Endgeschwindigkeit	161
	Zusammenfassung	164
	Verständnisfragen	164
	Aufgaben	165
Kapitel 6	Gravitation und das Newton'sche Gravitationsgesetz	175
6.1	Das Newton'sche Gravitationsgesetz	177
6.2	Vektorielle Form des Newton'schen Gravitationsgesetzes	180
6.3	Gravitation in der Nähe der Erdoberfläche – Geophysikalische Anwendungen	181
6.4	Satelliten und „Schwereelosigkeit“	184
6.5	Kepler'sche Gesetze und Newton'sches Gravitationsgesetz	188
6.6	Gravitationsfeld	193
6.7	Fundamentale Wechselwirkungen	194
6.8	Schwere Masse – Träge Masse – Äquivalenzprinzip	194
6.9	Gravitation als Raumkrümmung – Schwarze Löcher	195
	Zusammenfassung	196
	Verständnisfragen	197
	Aufgaben	198
Kapitel 7	Arbeit und Energie	205
7.1	Durch eine konstante Kraft verrichtete Arbeit	207
7.2	Skalarprodukt zweier Vektoren	212
7.3	Durch eine veränderliche Kraft verrichtete Arbeit	213
7.4	Arbeit und Kinetische Energie	216
7.5	Kinetische Energie bei sehr hohen Geschwindigkeiten	222
	Zusammenfassung	223
	Verständnisfragen	223
	Aufgaben	224
Kapitel 8	Energieerhaltung	233
8.1	Konservative und nichtkonservative Kräfte	235
8.2	Potentielle Energie	237
8.3	Mechanische Energie und ihre Erhaltung	242

8.4	Anwendungen des Energieerhaltungssatzes der Mechanik.....	243
8.5	Der Energieerhaltungssatz.....	251
8.6	Energieerhaltung mit dissipativen Kräften – Problemlösungen.....	253
8.7	Potentielle Energie und Fluchtgeschwindigkeit.....	255
8.8	Leistung.....	258
8.9	Potentielle Energie – Stabiles und labiles Gleichgewicht.....	261
	Zusammenfassung.....	263
	Verständnisfragen.....	263
	Aufgaben.....	265
Kapitel 9 Impuls und Stöße		275
9.1	Impuls und seine Beziehung zur Kraft.....	277
9.2	Impulserhaltung.....	279
9.3	Stöße und Kraftstoß.....	283
9.4	Energie- und Impulserhaltung bei Stößen.....	286
9.5	Elastische Stöße in einer Raumrichtung.....	287
9.6	Inelastische Stöße.....	290
9.7	Stöße in zwei oder drei Raumrichtungen.....	292
9.8	Massenmittelpunkt.....	294
9.9	Massenmittelpunkt und Translationsbewegung.....	300
9.10	Systeme mit veränderlicher Masse; Raketenantrieb.....	303
	Zusammenfassung.....	306
	Verständnisfragen.....	306
	Aufgaben.....	308
Kapitel 10 Drehbewegung um eine feste Achse		321
10.1	Winkelgrößen.....	323
10.2	Bewegungsgleichungen für gleichförmig beschleunigte Drehbewegungen.....	327
10.3	Rollbewegung (ohne Gleiten).....	328
10.4	Vektorielle Beschaffenheit von Winkelgrößen.....	331
10.5	Drehmoment.....	331
10.6	Drehdynamik; Drehmoment und Trägheitsmoment.....	334
10.7	Problemlösungen für drehdynamische Aufgabenstellungen.....	336
10.8	Bestimmung von Trägheitsmomenten.....	341
10.9	Drehimpuls und Drehimpulserhaltung.....	343
10.10	Kinetische Energie der Drehbewegung.....	348
10.11	Drehbewegung plus Translationsbewegung – Rollbewegung.....	350
10.12	Warum wird eine rollende Kugel langsamer?.....	359
	Zusammenfassung.....	360
	Verständnisfragen.....	361
	Aufgaben.....	362
Kapitel 11 Allgemeine Drehbewegung		375
11.1	Vektorprodukt (Kreuzprodukt).....	377
11.2	Der Drehmomentvektor.....	378
11.3	Drehimpuls eines Massenpunktes.....	380
11.4	Drehimpuls und Drehmoment eines Systems; Allgemeine Bewegung.....	381
11.5	Drehimpuls und Drehmoment eines starren Körpers.....	383
11.6	Dynamisches Ungleichgewicht.....	386
11.7	Drehimpulserhaltung.....	387
11.8	Der Kreisel.....	390

Kapitel 15	Wellen und Wellenausbreitung	523
15.1	Eigenschaften von Wellen	526
15.2	Wellenarten	527
15.3	Energietransport in Wellen	532
15.4	Mathematische Beschreibung der Wellenausbreitung	534
15.5	Die Wellengleichung	537
15.6	Das Superpositionsprinzip	539
15.7	Reflexion und Transmission	541
15.8	Interferenz	542
15.9	Stehende Wellen; Resonanz	544
15.10	Brechung	548
15.11	Beugung	549
	Zusammenfassung	550
	Verständnisfragen	551
	Aufgaben	552
Kapitel 16	Schall	559
16.1	Schalleigenschaften	561
16.2	Mathematische Darstellung longitudinaler Wellen	563
16.3	Intensität von Schall; Dezibel	564
16.4	Schallquellen: Schwingende Saiten und Luftsäulen	568
16.5	Klangqualität und Geräusche	575
16.6	Interferenz von Schallwellen; Schwebungen	575
16.7	Doppler-Effekt	578
16.8	Mach-Wellen und Überschallknall	582
16.9	Anwendungen: Sonar, Ultraschall und Ultraschall-Abbildung	584
	Zusammenfassung	585
	Verständnisfragen	586
	Aufgaben	587
Kapitel 17	Temperatur, Wärmeausdehnung und ideales Gasgesetz	597
17.1	Die Atomtheorie der Materie	599
17.2	Temperatur und Thermometer	601
17.3	Thermisches Gleichgewicht und der nullte Hauptsatz der Wärmelehre	603
17.4	Wärmeausdehnung	604
17.5	Mechanische Spannungen aufgrund der Wärmeausdehnung	609
17.6	Die Gasgesetze und die absolute Temperatur	609
17.7	Das ideale Gasgesetz	611
17.8	Problemlösung mit dem idealen Gasgesetz	612
17.9	Ideales Gasgesetz und Avogadro-Konstante	614
17.10	Temperaturskala des idealen Gases – Ein Standard	615
	Zusammenfassung	616
	Verständnisfragen	617
	Aufgaben	618
Kapitel 18	Kinetische Gastheorie	625
18.1	Das ideale Gasgesetz und die molekulare Interpretation der Temperatur	627
18.2	Molekulare Geschwindigkeitsverteilung	631
18.3	Reale Gase und Phasenänderungen	634
18.4	Dampfdruck und Luftfeuchte	636
18.5	Van der Waals'sche Zustandsgleichung	639

18.6	Mittlere freie Weglänge	640
18.7	Diffusion	642
	Zusammenfassung	644
	Verständnisfragen	644
	Aufgaben	645
Kapitel 19 Wärme und der erste Hauptsatz der Thermodynamik		651
19.1	Was genau ist Wärme?	653
19.2	Innere Energie	655
19.3	Spezifische Wärmekapazität	656
19.4	Wärmemessung – Problemlösungen	657
19.5	Latente Wärme	659
19.6	Der erste Hauptsatz der Thermodynamik	663
19.7	Anwendungen des ersten Hauptsatzes; Arbeitsberechnung	665
19.8	Wärmekapazität für Gase und die Gleichverteilung der Energie	669
19.9	Adiabatische Expansion eines Gases	673
19.10	Wärmetransport: Wärmeleitung, Konvektion, Wärmestrahlung	675
	Zusammenfassung	680
	Verständnisfragen	681
	Aufgaben	683
Kapitel 20 Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik		693
20.1	Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik – Einführung	695
20.2	Wärmekraftmaschinen	696
20.3	Reversible und irreversible Prozesse; der Carnot-Prozess	699
20.4	Kältemaschinen, Klimaanlage und Wärmepumpen	705
20.5	Entropie	707
20.6	Entropie und der zweite Hauptsatz der Thermodynamik	709
20.7	Aus Ordnung wird Unordnung	714
20.8	Energieverfügbarkeit; Wärmetod	715
20.9	Statistische Interpretation der Entropie und des zweiten Hauptsatzes	716
20.10	Thermodynamische Temperaturskala; absoluter Nullpunkt und der dritte Hauptsatz der Thermodynamik	718
	Zusammenfassung	720
	Verständnisfragen	720
	Aufgaben	722
Kapitel 21 Elektrische Ladung und elektrisches Feld		729
21.1	Statische Elektrizität; elektrische Ladung und ihre Erhaltung	731
21.2	Elektrische Ladung im Atom	732
21.3	Isolatoren und metallische Leiter	733
21.4	Influenz; das Elektrometer	733
21.5	Das Coulomb'sche Gesetz	734
21.6	Das elektrische Feld	740
21.7	Berechnungen des elektrischen Feldes kontinuierlicher Ladungsverteilungen	744
21.8	Feldlinien	748
21.9	Elektrische Felder und metallische Leiter	750
21.10	Bewegung einer Punktladung in einem elektrischen Feld	751
21.11	Elektrische Dipole	753
	Zusammenfassung	755
	Verständnisfragen	756
	Aufgaben	757

Kapitel 22	Das Gauss'sche Gesetz	767
22.1	Der elektrische Fluss	769
22.2	Das Gauß'sche Gesetz	772
22.3	Anwendungen des Gauß'schen Gesetzes	775
22.4	Experimentelle Grundlagen des Gauß'schen und des Coulomb'schen Gesetzes	780
	Zusammenfassung	781
	Verständnisfragen	782
	Aufgaben	783
Kapitel 23	Das elektrische Potential	789
23.1	Elektrisches Potential und Potentialdifferenz	791
23.2	Beziehung zwischen elektrischem Potential und elektrischem Feld	795
23.3	Das elektrische Potential einer Punktladung	797
23.4	Das Potential beliebiger Ladungsverteilungen	800
23.5	Äquipotentialflächen	801
23.6	Elektrische Dipole	802
23.7	Bestimmung von E aus ϕ	804
23.8	Die elektrostatische potentielle Energie und das Elektronenvolt	805
23.9	Die Kathodenstrahlröhre: Fernseher, Computerbildschirm und Oszilloskop	807
	Zusammenfassung	809
	Verständnisfragen	810
	Aufgaben	811
Kapitel 24	Kapazität, Dielektrika und elektrische Energiespeicher	819
24.1	Kondensatoren	821
24.2	Bestimmung der Kapazität	822
24.3	Kondensatoren in Reihen- und Parallelschaltungen	825
24.4	Speicherung elektrischer Energie	829
24.5	Dielektrika	830
24.6	Molekulare Beschreibung von Dielektrika	833
	Zusammenfassung	836
	Verständnisfragen	837
	Aufgaben	838
Kapitel 25	Elektrische Ströme und der elektrische Widerstand	847
25.1	Die elektrische Batterie	849
25.2	Der elektrische Strom	851
25.3	Widerstände und das Ohm'sche Gesetz	852
25.4	Der spezifische elektrische Widerstand	855
25.5	Die elektrische Leistung	858
25.6	Die elektrische Leistung in Haushaltsstromkreisen	860
25.7	Wechselstrom	862
25.8	Mikroskopische Beschreibung des elektrischen Stroms: Stromdichte und Driftgeschwindigkeit	864
25.9	Supraleitung	867
25.10	Gefährdungen durch Elektrizität; Kriechströme	868
	Zusammenfassung	871
	Verständnisfragen	872
	Aufgaben	873

Kapitel 26	Gleichstromkreise	879
26.1	Quellenspannung und Klemmenspannung.....	881
26.2	Widerstände in Reihen- und Parallelschaltung.....	883
26.3	Die Kirchhoff'schen Regeln	889
26.4	Schaltkreise mit Widerstand und Kondensator (RC-Schaltkreise).....	895
26.5	Gleichstrom-Amperemeter und Voltmeter.....	900
26.6	Wandler und Thermoelemente.....	903
	Zusammenfassung.....	905
	Verständnisfragen	905
	Aufgaben	907
Kapitel 27	Magnetismus	917
27.1	Magnete und Magnetfelder	919
27.2	Elektrische Ströme erzeugen Magnetfelder	921
27.3	Die Kraft auf einen elektrischen Strom im Magnetfeld; Definition von B	922
27.4	Die Kraft auf eine bewegte elektrische Ladung in einem Magnetfeld: Lorentz-Kraft.....	925
27.5	Das auf eine Leiterschleife wirkende Drehmoment und das magnetische Dipolmoment	929
27.6	Anwendungen: Galvanometer, Motoren und Lautsprecher.....	931
27.7	Das Elektron: Entdeckung und Eigenschaften	933
27.8	Der Hall-Effekt	935
27.9	Massenspektrometer	937
	Zusammenfassung.....	938
	Verständnisfragen	938
	Aufgaben	940
Kapitel 28	Erzeugung von Magnetfeldern	949
28.1	Das Magnetfeld eines geraden Leiters	951
28.2	Die Kraft zwischen zwei parallelen Drähten	952
28.3	Messvorschriften für das Ampere und das Coulomb.....	954
28.4	Das Ampère'sche Gesetz.....	954
28.5	Das Magnetfeld einer Spule und eines Toroids.....	959
28.6	Das Biot-Savart-Gesetz	962
28.7	Magnetische Materialien – Ferromagnetismus	966
28.8	Elektromagneten und Spulen	967
28.9	Magnetfelder in magnetischen Materialien; Hysterese	968
28.10	Paramagnetismus und Diamagnetismus.....	970
	Zusammenfassung.....	971
	Verständnisfragen	972
	Aufgaben	973
Kapitel 29	Elektromagnetische Induktion und das Faraday'sche Gesetz	981
29.1	Die Induktionsspannung.....	983
29.2	Das Faraday'sche Induktionsgesetz und die Lenz'sche Regel.....	984
29.3	Induktion einer Spannung in einem bewegten Leiter	988
29.4	Elektrische Generatoren	990
29.5	Gegenspannung und Gegendrehmoment; Wirbelströme.....	992
29.6	Transformatoren und Stromübertragung	995
29.7	Ein sich ändernder magnetischer Fluss erzeugt ein Magnetfeld	998
29.8	Anwendungen des Induktionsgesetzes: Tonsysteme, Datenspeicher und Seismografen.....	1000
	Zusammenfassung.....	1002

Verständnisfragen	1002
Aufgaben	1004
Kapitel 30 Induktivität und elektromagnetische Schwingungen	1011
30.1 Gegeninduktivität	1013
30.2 Selbstinduktivität	1015
30.3 Energiespeicherung im Magnetfeld	1018
30.4 LR-Stromkreise	1019
30.5 LC-Stromkreise und elektromagnetische Oszillationen	1022
30.6 LC-Stromkreis mit Widerstand (LRC-Stromkreis)	1024
Zusammenfassung	1026
Verständnisfragen	1026
Aufgaben	1027
Kapitel 31 Wechselstromkreise	1033
31.1 Einleitung: Wechselstromkreise	1035
31.2 Widerstand im Wechselstromkreis	1035
31.3 Induktionsspule im Wechselstromkreis	1036
31.4 Kondensator im Wechselstromkreis	1038
31.5 LRC-Wechselstromkreise in Reihenschaltung	1040
31.6 Resonanz im Wechselstromkreis	1044
31.7 Impedanzanpassung	1045
31.8 Drehstrom	1046
Zusammenfassung	1048
Verständnisfragen	1049
Aufgaben	1049
Kapitel 32 Die Maxwell'schen Gleichungen und elektromagnetische Wellen	1055
32.1 Ein sich änderndes elektrisches Feld erzeugt ein Magnetfeld. Das Ampère'sche Gesetz und der Verschiebungsstrom	1057
32.2 Das Gauß'sche Gesetz für den Magnetismus	1061
32.3 Die Maxwell'schen Gleichungen	1062
32.4 Erzeugung elektromagnetischer Wellen	1062
32.5 Elektromagnetische Wellen, Ableitung ihrer Ausbreitungsgeschwindigkeit aus den Maxwell'schen Gleichungen	1065
32.6 Licht als elektromagnetische Welle und das elektromagnetische Spektrum	1068
32.7 Die Energie in elektromagnetischen Wellen und der Poynting-Vektor	1071
32.8 Strahlungsdruck	1073
32.9 Radio und Fernsehen	1075
Zusammenfassung	1078
Verständnisfragen	1079
Aufgaben	1080
Kapitel 33 Reflexion und Brechung	1085
33.1 Strahlenoptik	1087
33.2 Lichtgeschwindigkeit und Brechungsindex	1088
33.3 Reflexion; Abbildung am ebenen Spiegel	1089
33.4 Abbildung an sphärischen Spiegeln	1093
33.5 Brechung: Das Snellius'sche Gesetz	1101
33.6 Sichtbares Spektrum und Dispersion	1103
33.7 Totalreflexion und Faseroptik	1104

33.8 Brechung an einer sphärischen Oberfläche.....	1107
Zusammenfassung.....	1110
Verständnisfragen.....	1110
Aufgaben.....	1112

Kapitel 34 Linsen und optische Instrumente 1119

34.1 Dünne Linsen, Aufbau des Strahlenganges.....	1121
34.2 Die Linsengleichung.....	1125
34.3 Linsensysteme.....	1129
34.4 Linsenmachergleichung.....	1131
34.5 Kameras.....	1134
34.6 Das menschliche Auge; Korrekturlinsen.....	1137
34.7 Vergrößerungsgläser.....	1140
34.8 Fernrohre.....	1142
34.9 Das Mikroskop.....	1145
34.10 Abbildungsfehler von Linsen und Spiegeln.....	1147
Zusammenfassung.....	1149
Verständnisfragen.....	1150
Aufgaben.....	1151

Kapitel 35 Die Wellennatur des Lichts; Interferenz 1159

35.1 Huygens-Prinzip und Beugung.....	1161
35.2 Huygens-Prinzip und Brechungsgesetz.....	1162
35.3 Interferenz – Das Young'sche Doppelspaltexperiment.....	1164
35.4 Kohärenz.....	1168
35.5 Die Intensität im Interferenzmuster des Doppelspalts.....	1169
35.6 Interferenz in dünnen Schichten.....	1173
35.7 Das Michelson-Interferometer.....	1177
35.8 Die Lichtstärke.....	1178
Zusammenfassung.....	1179
Verständnisfragen.....	1180
Aufgaben.....	1180

Kapitel 36 Beugung und Polarisation 1185

36.1 Beugung am Einfachspalt.....	1188
36.2 Intensität im Beugungsmuster des Einfachspalts.....	1190
36.3 Beugung am Doppelspalt.....	1193
36.4 Beschränkung der Auflösung; kreisförmige Öffnungen.....	1195
36.5 Auflösung von Teleskopen und Mikroskopen; der λ -Grenzfall.....	1197
36.6 Auflösungsvermögen des menschlichen Auges und sinnvolle Vergrößerung.....	1199
36.7 Beugungsgitter.....	1199
36.8 Spektrometer und Spektroskopie.....	1201
36.9 Linienbreite und Auflösungsvermögen eines Beugungsgitters.....	1203
36.10 Röntgenstrahlen und Röntgenbeugung.....	1205
36.11 Polarisation.....	1207
36.12 Die Streuung des Lichts an der Atmosphäre.....	1211
Zusammenfassung.....	1212
Verständnisfragen.....	1213
Aufgaben.....	1214

Kapitel 37	Spezielle Relativitätstheorie	1221
37.1	Galilei-Newton'sches Relativitätsprinzip	1223
37.2	Das Michelson-Morley-Experiment	1226
37.3	Die Postulate der speziellen Relativitätstheorie	1229
37.4	Gleichzeitigkeit	1231
37.5	Zeitdilatation und das Zwillingsparadoxon	1233
37.6	Längenkontraktion	1237
37.7	Die vierdimensionale Raumzeit	1240
37.8	Galilei- und Lorentz-Transformationen	1240
37.9	Relativistischer Impuls und relativistische Masse	1245
37.10	Grenzeschwindigkeit	1247
37.11	Energie und Masse; $E = mc^2$	1248
37.12	Doppler-Verschiebung des Lichts	1252
37.13	Die Auswirkungen der speziellen Relativitätstheorie	1253
	Zusammenfassung	1254
	Verständnisfragen	1255
	Aufgaben	1256
Kapitel 38	Frühe Quantentheorie und Atommodelle	1263
38.1	Die Planck'sche Quantenhypothese	1265
38.2	Photonentheorie des Lichts und der photoelektrische Effekt	1268
38.3	Photonen und der Compton-Effekt	1272
38.4	Photonenwechselwirkungen; Paarerzeugung	1274
38.5	Welle-Teilchen-Dualismus; das Komplementaritätsprinzip	1276
38.6	Die Wellennatur der Materie	1276
38.7	Elektronenmikroskope	1279
38.8	Frühe Atommodelle	1280
38.9	Atomspektren: Schlüssel zur Struktur des Atoms	1282
38.10	Das Bohr'sche Atommodell	1284
38.11	Die Anwendung der de Broglie'schen Hypothese auf Atome	1291
	Zusammenfassung	1292
	Verständnisfragen	1293
	Aufgaben	1295
Kapitel 39	Quantenmechanik	1301
39.1	Die Quantenmechanik: Eine neue Theorie	1304
39.2	Die Wellenfunktion und ihre Interpretation; das Doppelspaltexperiment	1304
39.3	Die Heisenberg'sche Unschärferelation	1306
39.4	Philosophische Konsequenzen; Wahrscheinlichkeit vs. Determinismus	1310
39.5	Die Schrödingergleichung in einer Dimension – zeitunabhängige Form	1312
39.6	Die zeitabhängige Schrödingergleichung	1314
39.7	Freie Teilchen; Ebene Wellen und Wellenpakete	1316
39.8	Teilchen in einem unendlich tiefen Potentialtopf (einem festen Kasten)	1317
39.9	Endlicher Potentialtopf	1321
39.10	Tunneln durch eine Potentialbarriere	1323
	Zusammenfassung	1327
	Verständnisfragen	1327
	Aufgaben	1328

Kapitel 40	Quantenmechanik von Atomen	1333
40.1	Quantenmechanische Sicht auf Atome	1335
40.2	Das Wasserstoffatom: Schrödingergleichung und Quantenzahlen	1336
40.3	Die Wellenfunktionen des Wasserstoffatoms	1340
40.4	Komplexe Atome; das Pauli-Prinzip	1343
40.5	Das Periodensystem der Elemente	1344
40.6	Röntgenspektren und Ordnungszahl	1347
40.7	Magnetische Dipolmomente; Gesamtdrehimpuls	1349
40.8	Fluoreszenz und Phosphoreszenz	1353
40.9	Laser	1354
40.10	Holographie	1357
	Zusammenfassung	1360
	Verständnisfragen	1360
	Aufgaben	1362
Kapitel 41	Moleküle und Festkörper	1367
41.1	Molekülbindungen	1369
41.2	Potentielle Energie von Molekülen	1372
41.3	Schwache (van-der-Waals)-Bindungen	1375
41.4	Molekülspektren	1377
41.5	Bindungen in Festkörpern	1385
41.6	Elektronentheorie der Metalle	1386
41.7	Das Energiebändermodell für Kristalle	1390
41.8	Halbleiter und Dotierung	1394
41.9	Halbleiterdioden	1395
41.10	Transistoren und integrierte Schaltkreise	1397
	Zusammenfassung	1399
	Verständnisfragen	1400
	Aufgaben	1401
Kapitel 42	Kernphysik und Radioaktivität	1407
42.1	Struktur und Eigenschaften des Atomkerns	1409
42.2	Bindungsenergie und Kernkräfte	1412
42.3	Radioaktivität	1415
42.4	Alphazerfall	1417
42.5	Betazerfall	1419
42.6	Gammazerfall	1422
42.7	Erhaltung der Nukleonenzahl und weitere Erhaltungssätze	1422
42.8	Halbwertszeit und Zerfallsrate	1423
42.9	Zerfallsreihen	1426
42.10	Die Radiokarbonmethode	1428
42.11	Strahlungsmessung	1430
	Zusammenfassung	1431
	Verständnisfragen	1432
	Aufgaben	1432
Kapitel 43	Kernenergie; Auswirkungen und Anwendungsmöglichkeiten der Strahlung	1437
43.1	Kernreaktionen und Transmutation von Elementen	1439
43.2	Der Wirkungsquerschnitt	1442
43.3	Kernspaltung; Kernreaktoren	1444
43.4	Fusion	1450

43.5	Durchgang der Strahlung durch Materie: Strahlungsschäden	1456
43.6	Strahlungsmessung – Dosimetrie	1457
43.7	Strahlentherapie	1460
43.8	Indikatoren	1461
43.9	Bildgebung durch Tomographie	1461
43.10	Kernspinresonanz (NMR) und bildgebende Kernspintomographie (MRI)	1464
	Zusammenfassung	1467
	Verständnisfragen	1468
	Aufgaben	1469
Kapitel 44 Elementarteilchen		1475
44.1	Hochenergetische Teilchen	1477
44.2	Teilchenbeschleuniger und Detektoren	1478
44.3	Anfänge der Elementarteilchenphysik – Teilchenaustausch	1484
44.4	Teilchen und Antiteilchen	1487
44.5	Wechselwirkungen von Teilchen und Erhaltungssätze	1488
44.6	Teilchenklassifikation	1490
44.7	Stabilität von Teilchen und Resonanzen	1491
44.8	Seltsame Teilchen	1493
44.9	Quarks	1495
44.10	Das „Standardmodell“: Quantenchromodynamik (QCD) und die elektroschwache Theorie	1498
44.11	Die große vereinheitlichte Theorie	1500
	Zusammenfassung	1503
	Verständnisfragen	1504
	Aufgaben	1504
Kapitel 45 Astrophysik und Kosmologie		1509
45.1	Sterne und Galaxien	1511
45.2	Sternentwicklung: Die Geburt und der Tod von Sternen	1516
45.3	Allgemeine Relativitätstheorie: Die Schwerkraft und die Krümmung des Raumes	1523
45.4	Das expandierende Universum	1528
45.5	Der Urknall und der kosmische Mikrowellenhintergrund	1532
45.6	Das kosmologische Standardmodell: Die Frühgeschichte des Universums	1534
45.7	Die Zukunft des Universums	1538
	Zusammenfassung	1542
	Verständnisfragen	1543
	Aufgaben	1544
Anhang		1549
A	Mathematische Formeln	1550
B	Ableitungen und Integrale	1552
C	Gravitationskraft und sphärische Masseverteilung	1554
D	Ausgewählte Isotope	1557
E	Lösungen zu den Aufgaben mit ungerader Nummerierung	1561
F	Physikalische Größen: Verwendete Symbole und ihre Einheiten	1585
G	Index	1590