

# Inhaltsverzeichnis

## Einleitung

1	Physikalische Größen und Gleichungen	21
1.1	Physikalische Größen	21
1.2	Vektorielle und skalare Größen	22
1.3	Physikalische Gleichungen	22
1.3.1	Größengleichungen	22
1.3.2	Zugeschnittene Größengleichungen	23
1.3.3	Einheitengleichungen	24
1.3.4	Dimensionen	24
1.4	Internationales Einheitensystem	24
1.4.1	Längeneinheit Meter	26
1.4.2	Masseinheit Kilogramm	27
1.4.3	Zeiteinheit Sekunde	28
1.5	Meßgrößen und Meßwerte	28
1.5.1	Grundbegriffe	28
1.5.2	Meßunsicherheiten	29
1.5.3	Meßreihen	29
1.5.4	Fehlerfortpflanzung	33
1.5.5	Regression	34

## Mechanik des Massenpunkts und des starren Körpers

2	Kinematik	37
2.1	Einführung	37
2.2	Bezugssysteme, Ortsvektor	38
2.3	Geschwindigkeit	41
2.4	Beschleunigung	46
2.5	Bewegung im Schwerfeld der Erde	50
2.5.1	Freier Fall	50
2.5.2	Senkrechter Wurf	52
2.5.3	Waagerechter und schräger Wurf	53
2.6	Kreisbewegung	55
2.6.1	Polarkoordinaten	55
2.6.2	Winkelgeschwindigkeit und Winkelbeschleunigung	56
2.6.3	Radialbeschleunigung bei der Kreisbewegung	59
3	Kräfte am Massenpunkt	61
3.1	Das Trägheitsgesetz	61
3.2	Das Grundgesetz der Dynamik	62
3.3	Überlagerung von Kräften	65
3.4	Das Reaktionsprinzip	67

3.5	Messung von Kräften . . . . .	68
3.6	Trägheitskräfte . . . . .	69
3.7	Reibung . . . . .	73
4	Gravitation . . . . .	77
4.1	Schwerkraft . . . . .	77
4.2	Das Gravitationsgesetz . . . . .	78
4.3	Kraftfelder . . . . .	82
5	Arbeit und Leistung . . . . .	84
5.1	Arbeit als physikalische Größe . . . . .	84
5.2	Formen mechanischer Arbeit . . . . .	86
5.2.1	Beschleunigungsarbeit . . . . .	87
5.2.2	Verschiebungsarbeit . . . . .	88
5.3	Leistung . . . . .	91
6	Energie . . . . .	93
6.1	Kinetische und potentielle Energie . . . . .	93
6.2	Die Erhaltung der Energie . . . . .	96
6.3	Rotationsenergie . . . . .	99
7	Impuls . . . . .	103
7.1	Impulserhaltung . . . . .	103
7.2	Stoßvorgänge . . . . .	106
7.3	Der Massenmittelpunkt . . . . .	111
8	Kräfte am starren Körper . . . . .	113
8.1	Statik . . . . .	114
8.1.1	Innere und äußere Kräfte . . . . .	114
8.1.2	Kräfte mit unterschiedlichen Angriffspunkten . . . . .	114
8.1.3	Drehmomente . . . . .	116
8.1.4	Das Drehmoment als Vektor . . . . .	120
8.1.5	Der Schwerpunkt . . . . .	122
8.2	Kinetik starrer Körper . . . . .	125
8.2.1	Drehbeschleunigung . . . . .	125
8.2.2	Kreisel, Drehimpuls . . . . .	129
8.2.3	Rotation und Translation . . . . .	136
<b>Mechanik der Flüssigkeiten und Gase</b>		
9	Ruhende Flüssigkeiten und Gase . . . . .	142
9.1	Kennzeichen des flüssigen Zustandes . . . . .	142
9.2	Oberflächenspannung . . . . .	143
9.3	Druck und Druckausbreitung . . . . .	146
9.3.1	Druck . . . . .	146
9.3.2	Druck in Flüssigkeiten (hydrostatischer Druck) . . . . .	149
9.3.3	Druck und Volumen der Gase . . . . .	152
9.3.4	Schweredruck in Gasen . . . . .	154
9.4	Auftrieb . . . . .	157

<b>10 Strömende inkompressible Flüssigkeiten</b>	<b>160</b>
10.1 Reibungsfreie Strömungen . . . . .	160
10.1.1 Grundbegriffe des Strömungsfeldes . . . . .	160
10.1.2 Gesetz von BERNOULLI . . . . .	163
10.1.3 Ausfluß aus Gefäßen . . . . .	165
10.1.4 Weitere Anwendungen der BERNOULLIschen Gleichung . . . . .	166
10.2 Strömungen mit Reibung . . . . .	169
10.2.1 Innere Reibung . . . . .	169
10.2.2 Anwendungen des Reibungsgesetzes . . . . .	171
10.2.3 Grenzschicht und Wirbelbildung . . . . .	174
10.2.4 Strömungswiderstand von Körpern . . . . .	175
10.2.5 Ähnlichkeitsgesetz der Strömungen . . . . .	178
 <b>Schwingungen und Wellen</b>	
<b>11 Kinematik schwingender Körper</b>	<b>182</b>
11.1 Die harmonische Schwingung . . . . .	183
11.2 Zusammengesetzte Schwingungen . . . . .	187
11.2.1 Schwebungen . . . . .	187
11.2.2 Allgemeine periodische Schwingungen . . . . .	189
11.2.3 Schwingungen mit mehreren Freiheitsgraden . . . . .	192
11.2.4 Drehschwingungen . . . . .	194
<b>12 Dynamik schwingender Körper</b>	<b>195</b>
12.1 Der freie harmonische Oszillator . . . . .	195
12.1.1 Lineare Federschwingung . . . . .	195
12.1.2 Drehschwinger . . . . .	197
12.1.3 Energiebilanz . . . . .	200
12.2 Dämpfung . . . . .	200
12.3 Erzwungene Schwingungen . . . . .	203
12.4 Gekoppelte Oszillatoren . . . . .	209
12.4.1 Systeme aus einzelnen Oszillatoren . . . . .	209
12.4.2 Schwingungen ausgedehnter Körper . . . . .	213
<b>13 Wellen</b>	<b>217</b>
13.1 Grundbegriffe . . . . .	217
13.2 Harmonische Wellen . . . . .	220
13.3 Energietransport . . . . .	223
13.4 Wellengruppen . . . . .	225
<b>14 Überlagerung von Wellen</b>	<b>228</b>
14.1 Interferenzen . . . . .	229
14.2 Stehende Wellen . . . . .	230
<b>15 Reflexion, Brechung und Beugung</b>	<b>232</b>
15.1 Elementarwellen . . . . .	232
15.2 Reflexion . . . . .	234
15.3 Brechung . . . . .	234

15.4	Beugung	236
16	Schallwellen	237
16.1	Schallausschlag, Schallschnelle	237
16.2	Schallgeschwindigkeit	238
16.3	Schalldruck	241
16.4	Schallenergie	242
16.5	Strahlungsdruck	244
16.6	Schallpegel	245
16.7	Reflexion und Transmission	246
16.8	Lautstärke	248
16.9	DOPPLER-Effekt	250
16.10	Ultraschall	253
<b>Wärmelehre</b>		
17	Temperatur und thermische Ausdehnung	255
17.1	Temperaturmessung	255
17.2	Ausdehnung fester und flüssiger Körper	257
17.2.1	Längenausdehnung	257
17.2.2	Volumenausdehnung	259
17.3	Verhalten der Gase bei Temperaturänderung	261
17.3.1	Gesetz von GAY-LUSSAC bei konstantem Druck	262
17.3.2	Gesetz von GAY-LUSSAC bei konstantem Volumen	263
17.3.3	Experimentelle Bestimmung des Volumenausdehnungskoeffizienten	264
17.4	Zustandsgleichung idealer Gase	265
17.4.1	Stoffmenge, das Mol	266
17.4.2	Allgemeine und spezielle Gaskonstante	267
18	Wärme und erster Hauptsatz der Wärmelehre	269
18.1	Wärme und Wärmekapazität	269
18.2	Erster Hauptsatz der Wärmelehre	274
19	Zustandsänderungen idealer Gase	276
19.1	Isochore Zustandsänderung	276
19.2	Isobare Zustandsänderung	277
19.3	Isotherme Zustandsänderung	279
19.4	Adiabatische Zustandsänderung	282
19.5	Polytrope Zustandsänderung	285
19.6	Bestimmung des Verhältnisses der spezifischen Wärmekapazitäten	286
20	Kinetische Theorie der Wärme	287
20.1	Masse der Atome und Moleküle, AVOGADRO-Konstante	288
20.2	Geschwindigkeit der Gasteilchen	290
20.2.1	Grundgleichung der kinetischen Gastheorie, Druck	291
20.2.2	Kinetische Energie der Gasteilchen, Temperatur	293
20.2.3	MAXWELLSche Geschwindigkeitsverteilung	295
20.3	Theorie der Wärmekapazität	298

20.4	Stoßzahl und mittlere freie Weglänge . . . . .	301
21	Kreisprozesse und zweiter Hauptsatz der Wärmelehre . . . . .	302
21.1	Wirkungsweise einer Wärmekraftmaschine . . . . .	303
21.2	Kältemaschine und Wärmepumpe . . . . .	306
21.3	Reversible und irreversible Vorgänge . . . . .	308
21.4	CARNOTScher Kreisprozeß . . . . .	310
21.5	Zweiter Hauptsatz der Wärmelehre . . . . .	314
21.5.1	Entropie beim CARNOTSchen Kreisprozeß . . . . .	314
21.5.2	Berechnung der Entropie . . . . .	315
21.5.3	Entropieänderung beim Temperatenausgleich . . . . .	316
21.5.4	Entropie und Wahrscheinlichkeit . . . . .	317
22	Reale Gase . . . . .	319
22.1	Isothermen eines realen Gases . . . . .	319
22.2	Kritischer Zustand . . . . .	320
22.3	Verflüssigung der Gase . . . . .	320
23	Änderungen des Aggregatzustandes . . . . .	322
23.1	Schmelzen – Erstarren und deren Besonderheiten . . . . .	322
23.2	Verdampfen – Kondensieren und deren Besonderheiten . . . . .	324
23.3	Dämpfe . . . . .	326
23.3.1	Dampf- und Gaszustand . . . . .	326
23.3.2	Dampfdruck und Temperatur . . . . .	329
23.3.3	Luftfeuchtigkeit . . . . .	331
24	Ausbreitung der Wärme . . . . .	334
24.1	Wärmeleitung . . . . .	334
24.2	Wärmeübergang . . . . .	337
24.3	Wärmedurchgang . . . . .	337
<b>Optik</b>		
25	Wesen und Ausbreitung des Lichtes . . . . .	339
25.1	Wesen des Lichtes . . . . .	339
25.2	Ausbreitung des Lichtes . . . . .	341
26	Reflexion des Lichtes . . . . .	343
26.1	Ebener Spiegel . . . . .	343
26.2	Gekrümmter Spiegel . . . . .	346
26.2.1	Sphärischer Hohlspiegel . . . . .	346
26.2.2	Abbildung im sphärischen Hohlspiegel . . . . .	347
26.3	Sphärischer Wölbspiegel (Konvexspiegel oder erhabener Spiegel) . . . . .	351
27	Brechung (Refraktion) des Lichtes . . . . .	352
27.1	Brechungsgesetz . . . . .	352
27.2	Planparallele Platte . . . . .	354
27.3	Prisma . . . . .	356
27.4	Totalreflexion . . . . .	357

28	Zerlegung des Lichtes (Dispersion)	360
28.1	Dispersion	360
28.2	Spektren	362
29	Sphärische Linsen	365
29.1	Dünne Linsen	365
29.1.1	Brennweite und Vorzeichenregeln	366
29.1.2	Abbildungsgesetze	368
29.2	Dicke Linsen	371
29.3	Linsensysteme	372
29.4	Linsenfehler	375
29.4.1	Chromatischer Fehler	375
29.4.2	Sphärische Fehler	376
29.4.3	Astigmatismus und weitere Fehler	376
30	Optische Instrumente	378
30.1	Auge	378
30.1.1	Sehweite und Schwinkel	378
30.1.2	Sehschärfe	379
30.2	Kamera und Projektor	380
30.3	Lupe	380
30.4	Fernrohre	381
30.4.1	Astronomisches Fernrohr	381
30.4.2	GALILEISches Fernrohr	382
30.5	Mikroskop	383
31	Interferenz des Lichtes	384
31.1	Voraussetzungen für Interferenzerscheinungen	384
31.2	Interferenzen gleicher Neigung	387
31.3	Farben dünner Blättchen	389
31.4	Interferenzen gleicher Dicke	391
32	Beugung des Lichtes	393
32.1	Beugung am Spalt	394
32.2	Beugungsgitter	396
32.3	Auflösungsvermögen optischer Instrumente	398
32.4	Holografie	400
33	Polarisation des Lichtes	403
33.1	Polarisation durch Reflexion und Brechung	404
33.2	Polarisation durch Doppelbrechung und andere Polarisationseffekte	405
34	Strahlungsgesetze	408
34.1	Strahlungsphysikalische Größen	408
34.1.1	Strahlungsfluß, Strahlungsflußdichte und spezifische Ausstrahlung	408
34.1.2	Strahlstärke	409
34.1.3	Strahldichte	410
34.1.4	Bestrahlungsstärke und Bestrahlung	411

34.1.5	Strahlungsenergie-dichte und Strahlungsdruck . . . . .	412
34.2	Temperaturstrahlung . . . . .	412
34.2.1	Transmission, Reflexion und Absorption der Temperaturstrahlung . . . . .	413
34.2.2	KIRCHHOFFsches Strahlungsgesetz . . . . .	415
34.2.3	STEFAN-BOLTZMANNsches Strahlungsgesetz . . . . .	418
34.2.4	Spektrale Verteilung der Temperaturstrahlung . . . . .	419
34.2.5	Temperaturmessung durch Strahlung . . . . .	422
35	Physiologische Wirkungen des Lichtes . . . . .	423
35.1	Spektraler Hellempfindlichkeitsgrad . . . . .	423
35.2	Lichttechnische Größen . . . . .	424
35.2.1	Lichtstärke . . . . .	424
35.2.2	Lichtstrom, Lichtmenge, spezifische Ausstrahlung und Lichtausbeute . . . . .	426
35.2.3	Leuchtdichte . . . . .	428
35.2.4	Beleuchtungsstärke und Belichtung . . . . .	429
35.3	Extinktion . . . . .	431
35.4	Fotometrische Meßgeräte . . . . .	433
36	Farbenlehre . . . . .	434
36.1	Spektral- und Komplementärfarben . . . . .	434
36.2	Additive und subtraktive Farbmischungen, Körperfarben . . . . .	435
36.3	Farbmetrik . . . . .	436
<b>Elektrizitätslehre</b>		
37	Wichtige elektrische Größen . . . . .	440
37.1	Vorbemerkungen . . . . .	440
37.2	Elektrische Stromstärke und elektrische Ladung . . . . .	441
37.3	Elektrische Spannung . . . . .	443
37.4	Elektrischer Widerstand und elektrischer Leitwert . . . . .	445
37.5	Elektrischer Widerstand und Temperatur . . . . .	447
38	Gleichstromkreis . . . . .	448
38.1	OHMSches Gesetz . . . . .	448
38.2	KIRCHHOFFsche Gesetze . . . . .	449
38.3	Verzweigter Stromkreis . . . . .	450
38.4	Unverzweigter Stromkreis . . . . .	452
38.5	Innerer Widerstand von Spannungsquellen, Klemmenspannung . . . . .	455
38.6	Meßbereichserweiterungen von Strom- und Spannungsmessern . . . . .	457
38.7	Spannungsteiler . . . . .	458
38.8	Messung elektrischer Widerstände . . . . .	460
38.9	Elektrische Energie und elektrische Leistung . . . . .	462
39	Elektrisches Feld . . . . .	463
39.1	Grunderscheinungen elektrischer Ladungen . . . . .	463
39.1.1	Elektrische Feldlinien . . . . .	465
39.1.2	Influenz . . . . .	468

39.2	Elektrische Feldgrößen . . . . .	469
39.2.1	Elektrische Feldstärke . . . . .	469
39.2.2	Elektrische Flächenladungsdichte (Ladungsbedeckung) . . . . .	471
39.2.3	Elektrische Flußdichte und elektrischer Fluß . . . . .	472
39.3	Kraftwirkungen im elektrischen Feld . . . . .	474
39.3.1	Kraft zwischen zwei Punktladungen (COULOMB-Kraft) . . . . .	474
39.3.2	Kraft auf einen Dipol im elektrischen Feld . . . . .	476
39.3.3	Potential und Spannung . . . . .	477
39.4	Elektrisches Feld mehrerer Ladungen . . . . .	482
39.5	Kapazität . . . . .	484
39.6	Schaltung von Kondensatoren . . . . .	487
39.7	Energie und Energiedichte des elektrischen Feldes . . . . .	489
39.8	Lade- und Entladevorgänge in einem Stromkreis mit Kondensator . . . . .	491
39.9	Elektrisches Feld und Stoff . . . . .	492
39.9.1	Permittivitätszahl (Dielektrizitätszahl) . . . . .	492
39.9.2	Vorgänge im Dielektrikum . . . . .	494
39.9.3	Piezoelektrischer Effekt . . . . .	496
39.9.4	Bildung elektrischer Doppelschichten . . . . .	497
40	Magnetisches Feld . . . . .	499
40.1	Grunderscheinungen des Magnetismus . . . . .	499
40.2	Elektrischer Strom und Magnetfeld . . . . .	500
40.3	Magnetische Feldgrößen . . . . .	502
40.3.1	Magnetische Feldstärke (magnetische Erregung) . . . . .	502
40.3.2	Durchflutungsgesetz . . . . .	504
40.3.3	BIOT-SAVARTSches Gesetz . . . . .	506
40.3.4	Magnetischer Fluß und magnetische Flußdichte . . . . .	509
40.3.5	Magnetisches Moment . . . . .	512
40.4	Magnetisches Feld und Stoff . . . . .	513
40.4.1	Permeabilitätszahl . . . . .	513
40.4.2	Ferromagnetismus, Magnetisierungskurve und Hysteresis . . . . .	516
40.4.3	Para- und diamagnetische Stoffe . . . . .	519
40.4.4	Magnetischer Kreis . . . . .	520
40.5	Elektromagnetische Induktion . . . . .	523
40.5.1	Induktionsgesetz . . . . .	523
40.5.2	Induktionsvorgänge in bewegten Leitern . . . . .	527
40.5.3	Gleichstromgenerator . . . . .	529
40.5.4	Selbstinduktion . . . . .	531
40.6	Kraft und Energie im Magnetfeld . . . . .	533
40.6.1	Kraft auf eine bewegte Ladung im Magnetfeld (LORENTZ-Kraft) . . . . .	533
40.6.2	Kraft auf einen geraden stromführenden Leiter . . . . .	534
40.6.3	Drehmoment auf einen magnetischen Dipol . . . . .	536
40.6.4	Kraft zwischen parallelen stromführenden Leitern . . . . .	540
40.6.5	Energie und Energiedichte des magnetischen Feldes . . . . .	541
40.6.6	Zugkraft eines Magnets . . . . .	543

40.7	Schaltvorgänge in einem Stromkreis mit Induktivität . . . . .	544
40.8	Gegenüberstellung elektrischer und magnetischer Größen . . . . .	545
41	Wechselstromkreis . . . . .	547
41.1	Eigenschaften des Einphasenwechselstromes . . . . .	547
41.1.1	Entstehung einer sinusförmigen Wechselspannung . . . . .	547
41.1.2	Wechselstromgenerator . . . . .	548
41.1.3	Gleichricht- und Effektivwerte von Wechselspannung und Wechselstrom . . . . .	549
41.2	Widerstände im Wechselstromkreis . . . . .	551
41.2.1	Wirkwiderstand (Ohmscher Widerstand, Resistanz) . . . . .	551
41.2.2	Induktiver Blindwiderstand (Induktive Reaktanz) . . . . .	552
41.2.3	Kapazitiver Blindwiderstand (Kapazitive Reaktanz) . . . . .	554
41.2.4	Addition phasenverschobener Spannungen und Stromstärken . . . . .	555
41.2.5	Reihenschaltung von Wechselstromwiderständen . . . . .	556
41.2.6	Parallelschaltung von Wechselstromwiderständen . . . . .	559
41.2.7	Resonanz im Wechselstromkreis . . . . .	562
41.3	Leistung im Wechselstromkreis . . . . .	565
41.3.1	Wirkleistung . . . . .	565
41.3.2	Blindleistung . . . . .	565
41.3.3	Scheinleistung und Leistungsfaktor . . . . .	567
41.4	Bedeutung und Kompensation der Blindleistung . . . . .	569
41.5	Transformator . . . . .	571
41.6	Berechnungen von Wechselstromkreisen mit komplexen Zahlen . . . . .	573
41.7	Dreiphasenwechselstrom . . . . .	575
41.7.1	Entstehung des Dreiphasenwechselstromes . . . . .	575
41.7.2	Dreieckschaltung . . . . .	576
41.7.3	Sternschaltung . . . . .	577
41.7.4	Leistung im Drehstromkreis . . . . .	578
42	Elektromagnetische Schwingungen und Wellen . . . . .	579
42.1	Schwingkreis . . . . .	579
42.2	Erzeugung elektrischer Schwingungen . . . . .	581
42.3	Dipol als Schwingkreis . . . . .	582
42.4	Freie elektromagnetische Wellen . . . . .	583
42.5	MAXWELLSche Gleichungen . . . . .	586
43	Leitung des elektrischen Stromes in festen Körpern . . . . .	591
43.1	Geschwindigkeit freier Elektronen . . . . .	591
43.2	Driftgeschwindigkeit und Beweglichkeit von Ladungsträgern . . . . .	592
43.3	Metallische Leiter . . . . .	593
43.4	Supraleitung . . . . .	594
43.5	HALL-Effekt . . . . .	597
43.6	Elektronengas . . . . .	598
43.7	Thermoelektrische Erscheinungen . . . . .	600
43.8	Halbleiter . . . . .	602

43.8.1	Eigenleitung . . . . .	603
43.8.2	Störleitung (Störstellenleitung) . . . . .	606
43.8.3	pn-Übergang, Dioden . . . . .	607
43.8.4	Bipolartransistor . . . . .	612
43.8.5	Thyristor . . . . .	616
43.8.6	Unipolar- oder Feldeffekt-Transistor . . . . .	617
44	Elektrische Leitung in Elektrolyten . . . . .	620
44.1	Ionenleitung und Ionenbeweglichkeit . . . . .	620
44.2	FARADAYSche Gesetze . . . . .	622
44.3	Galvanische Elemente . . . . .	624
45	Elektrische Leitung in Gasen . . . . .	629
45.1	Unselbständige und selbständige Entladung . . . . .	629
45.2	Glimmentladung . . . . .	631
46	Elektrische Leitung im Vakuum . . . . .	633
46.1	Elektronenemission aus Metallen . . . . .	633
46.2	Ablenkung von Elektronen im elektrischen Feld . . . . .	634
46.3	Ablenkung von Elektronen im magnetischen Feld . . . . .	636
46.4	Elektronenröhren . . . . .	637
<b>Quanten und Relativität</b>		
47	Quanteneigenschaften des Lichtes . . . . .	641
47.1	Lichtquanten (Photonen) . . . . .	641
47.2	Äußerer Fotoeffekt (Lichtelektrischer Effekt) . . . . .	643
47.3	Innerer Fotoeffekt . . . . .	645
48	Grundlagen der speziellen Relativitätstheorie . . . . .	649
48.1	MICHELSON-Versuch . . . . .	649
48.2	LORENTZ-Transformation . . . . .	650
48.3	Masse-Energie-Beziehung . . . . .	654
48.4	Relativistische Massenzunahme . . . . .	656
49	Dualismus Welle–Teilchen . . . . .	659
49.1	Masse und Impuls von Lichtquanten . . . . .	659
49.2	Welleneigenschaften der Teilchen – Materiewellen . . . . .	659
50	HEISENBERGSche Unbestimmtheitsrelation (Unschärfebeziehung) . . . . .	663
<b>Atomphysik</b>		
51	Atomhülle . . . . .	668
51.1	Bestandteile des Atoms und ihre wichtigsten Eigenschaften . . . . .	668
51.2	Ordnungszahl und Massenzahl . . . . .	672
51.3	Wasserstoffatom . . . . .	674
51.3.1	BOHRsche Postulate . . . . .	675
51.3.2	Spektrallinien des Wasserstoffs . . . . .	676
51.3.3	Quantenzahlen . . . . .	679
51.3.4	Wellenmechanisches Atommodell . . . . .	682

51.4	Aufbau der Atomhüllen der Elemente . . . . .	687
51.5	Röntgenstrahlung . . . . .	693
51.5.1	Röntgenbremsstrahlung . . . . .	694
51.5.2	Charakteristische Röntgenstrahlung . . . . .	696
51.6	Energiebändermodell . . . . .	699
51.6.1	Bändermodell der metallischen Leiter und der Nichtleiter . . . . .	701
51.6.2	Bändermodell der Halbleiter . . . . .	702
51.7	Fluoreszenz und Phosphoreszenz . . . . .	704
51.8	Laser . . . . .	705
52	Atomkern . . . . .	710
52.1	Natürliche Radioaktivität . . . . .	710
52.2	Gesetze der radioaktiven Umwandlung . . . . .	711
52.2.1	Allgemeine Merkmale . . . . .	711
52.2.2	Wichtigste Arten der radioaktiven Umwandlungen . . . . .	712
52.2.3	Statistischer Charakter der Kernumwandlungen . . . . .	716
52.2.4	Zerfallsgesetz . . . . .	717
52.2.5	Aktivität und spezifische Aktivität . . . . .	719
52.3	Umwandlungsreihen (Zerfallsreihen) . . . . .	720
52.4	Massen der Atomkerne . . . . .	723
52.4.1	Kernarten . . . . .	723
52.4.2	Massendefekt und Bindungsenergie, Reaktionsenergie . . . . .	724
52.5	Kernmodelle . . . . .	728
52.5.1	Kernkräfte . . . . .	728
52.5.2	Tröpfchenmodell . . . . .	729
52.5.3	Schalenmodell . . . . .	730
52.5.4	Energietopfmodell . . . . .	730
52.6	Künstliche Kernumwandlungen . . . . .	732
52.6.1	Kernreaktionen . . . . .	732
52.6.2	Teilchenbeschleuniger . . . . .	735
52.6.3	Künstliche Radionuklide . . . . .	736
53	Wechselwirkung zwischen Kernstrahlung und Materie . . . . .	737
53.1	Schwächung von $\alpha$ -Strahlung . . . . .	737
53.2	Schwächung von $\beta$ -Strahlung . . . . .	738
53.3	Schwächung von $\gamma$ -Strahlung . . . . .	741
53.4	Nachweis der Kernstrahlung . . . . .	745
54	Grundlagen der Dosimetrie . . . . .	749
54.1	Energieflußdichte (Strahlungsflußdichte) . . . . .	749
54.2	Kerma, Kermaleistung, Energiedosis und Energiedosisleistung . . . . .	750
54.3	Ionendosis und Ionendosisleistung . . . . .	751
54.4	Äquivalentdosis (Bewertete Dosis) . . . . .	751
54.5	Strahlenschutzmaßnahmen . . . . .	753
54.6	Ionendosisleistung, Äquivalentdosisleistung, punktförmige $\gamma$ -Strahlenquelle . . . . .	755
55	Gewinnung von Kernenergie . . . . .	757

---

55.1	Vorgang der Kernspaltung . . . . .	757
55.2	Kernspaltungsenergie . . . . .	759
55.3	Wechselwirkung von Neutronen mit Atomkernen . . . . .	760
55.4	Kernreaktor . . . . .	762
55.5	Anwendung von Radionukliden . . . . .	765
55.6	Thermonukleare Reaktion (Kernfusion) . . . . .	766
56	Elementarteilchen . . . . .	769
56.1	Kosmische Strahlung (Höhenstrahlung) . . . . .	770
56.2	Standardmodell der Elementarteilchen . . . . .	770
56.3	Ladungsartige Quantenzahlen und Erhaltungssätze . . . . .	777
56.4	Wechselwirkungen . . . . .	778
<b>Sachwortverzeichnis</b>		<b>781</b>