

TASCHENBUCH DER PHYSIK

VON

Oberstudienrat HORST KUCHLING

13., durchgesehene Auflage

Mit 518 Bildern



FACHBUCHVERLAG LEIPZIG

INHALTSVERZEICHNIS

G	GRÖSSEN UND EINHEITEN	27
1.	Physikalische Größen	27
1.1.	Basisgrößenarten	27
1.2.	Abgeleitete Größenarten	27
1.3.	Formelzeichen	28
1.4.	Dimension	28
1.5.	Skalare Größen	29
1.6.	Vektorielle Größen	29
1.7.	Rechnen mit vektoriellen Größen	30
1.7.1.	Summe vektorieller Größen	30
1.7.2.	Differenz vektorieller Größen	31
1.7.3.	Produkt einer vektoriellen mit einer skalaren Größe	31
1.7.4.	Skalarprodukt zweier vektorieller Größen	32
1.7.5.	Vektorprodukt zweier vektorieller Größen	32
1.7.6.	Komponentendarstellung vektorieller Größen	33
2.	Gleichungen physikalischer Größen	34
2.1.	Größengleichungen	34
2.2.	Zugeschnittene Größengleichungen	34
2.2.1.	Tabellenköpfe	36
2.2.2.	Koordinatenachsen	36
2.3.	Zahlenwertgleichungen	37
3.	Internationales Einheitensystem (SI)	37
3.1.	Basiseinheiten des SI	37
3.2.	Abgeleitete SI-Einheiten	37
3.3.	Dezimale Vielfache und Teile der SI-Einheiten	38
3.4.	SI-fremde Einheiten	39
3.5.	Gesetzliche Einheiten	39
3.6.	Einheiten der wichtigsten physikalischen Größenarten	39
M	MECHANIK	51
4.	Basiseinheiten der Mechanik	51
4.1.	Einheit der Länge	51
4.1.1.	Längenmessung	52
4.1.2.	Flächenmessung	52

4.1.3.	Volumenmessung	52
4.1.4.	Winkelmessung	53
4.2.	Zeiteinheit	54
4.3.	Masseinheit	54
5.	Statik des starren Körpers	55
5.1.	Zusammensetzen von Kräften	55
5.1.1.	Kräfte mit gleicher Wirkungslinie	56
5.1.2.	Kräfte mit gemeinsamem Angriffspunkt	56
5.1.3.	Kräfte mit verschiedenen Angriffspunkten	57
5.1.4.	Parallele Kräfte	57
5.2.	Zerlegen von Kräften	58
5.3.	Drehmoment	59
5.4.	Gleichgewichtsbedingungen	60
5.5.	Einfache Maschinen	60
5.5.1.	Hebel	61
5.5.2.	Feste Rolle	61
5.5.3.	Lose Rolle	62
5.5.4.	Flaschenzug	62
5.5.5.	Differentialflaschenzug	62
5.5.6.	Geneigte Ebene	63
5.5.7.	Keil	63
5.5.8.	Schraube	64
5.6.	Gleichgewicht	65
5.6.1.	Schwerpunkt (Massenmittelpunkt)	65
5.6.2.	Gleichgewichtsarten	67
5.6.3.	Standfestigkeit	67
6.	Kinematik (Bewegungslehre)	68
6.1.	Translation (geradlinige Bewegung)	68
6.1.1.	Gleichförmige Translation	69
6.1.2.	Gleichmäßig beschleunigte Translation	70
6.1.3.	Ungleichmäßig beschleunigte Translation	73
6.2.	Fall und Wurf	76
6.2.1.	Freier Fall	76
6.2.2.	Senkrechter Wurf	77
6.2.3.	Zusammengesetzte Bewegungen	78
6.2.4.	Waagerechter Wurf	79
6.2.5.	Schräger Wurf	81
6.3.	Rotation (Drehbewegung)	83
6.3.1.	Gleichförmige Rotation	86
6.3.2.	Gleichmäßig beschleunigte Rotation	86
6.3.3.	Ungleichmäßig beschleunigte Rotation	90
6.3.4.	Bewegung auf der Kreisbahn (Umfangsbewegung)	93
6.3.5.	Größen der Rotation als Vektoren	94

6.4.	Krummlinige Bewegung	94
6.4.1.	Radialbeschleunigung (Normalbeschleunigung) . . .	96
7.	Dynamik	97
7.1.	Kräfte bei der Translation	97
7.1.1.	Masse und Kraft	97
7.1.2.	Dichte	100
7.1.3.	Federkraft	102
7.1.4.	Reibungskraft	103
7.1.5.	Trägheitskräfte bei der Translation	104
7.2.	Arbeit, Energie und Leistung	105
7.2.1.	Arbeit	105
7.2.2.	Energie	110
7.2.3.	Gesetz von der Erhaltung der Energie	112
7.2.4.	Leistung	113
7.2.5.	Wirkungsgrad	114
7.3.	Impuls und Stoß	115
7.3.1.	Impuls (Bewegungsgröße)	115
7.3.2.	Kraftstoß	116
7.3.3.	Impulssatz	117
7.3.4.	Elastischer Stoß (gerade, zentral)	118
7.3.5.	Unelastischer Stoß (gerade, zentral)	119
7.3.6.	Teilelastischer Stoß (gerade, zentral)	120
7.4.	Dynamik der Drehbewegung (Dynamik starrer Körper)	122
7.4.1.	Zentripetalkraft (Radialkraft)	122
7.4.2.	Trägheitskräfte bei der Rotation	123
7.4.3.	Dynamisches Grundgesetz der Rotation	124
7.4.4.	Trägheitsmoment	125
7.4.5.	Arbeit bei der Rotation	132
7.4.6.	Leistung bei der Rotation	133
7.4.7.	Rotationsenergie	134
7.4.8.	Drehimpuls (Drall)	135
7.5.	Gravitation (Massenanziehung)	137
7.5.1.	Gravitationsgesetz	138
7.5.2.	Fallbeschleunigung	139
7.5.3.	Gravitationsfeld	140
7.5.4.	Arbeit im Gravitationsfeld	141
7.5.5.	Astronautische Geschwindigkeiten	141
7.5.6.	Planetenbewegung	143
8.	Ruhende Flüssigkeiten (Hydrostatik)	145
8.1.	Druck in Flüssigkeiten	146
8.1.1.	Kolbendruck	146
8.1.2.	Schweredruck	147

8.2.	Kompressibilität	148
8.3.	Auftrieb	149
8.3.1.	Bestimmung der Dichte fester Körper	150
8.3.2.	Bestimmung der Dichte von Flüssigkeiten	150
9.	Ruhende Gase (Aerostatik)	151
9.1.	Druck und Volumen eines Gases	151
9.1.1.	Überdruck	152
9.1.2.	Messung des Gasdrucks	152
9.2.	Luftdruck	152
9.2.1.	Luftdruckmessung	154
9.2.2.	Wirkung des Luftdrucks	154
10.	Strömungen	155
10.1.	Reibungsfreie Strömung	155
10.1.1.	Ausfluß aus Gefäßen	155
10.1.2.	Durchfluß durch Röhren	156
10.1.3.	Druck in Strömungen	157
10.1.4.	Druckmessung in Strömungen	159
10.2.	Laminare Strömung	161
10.2.1.	Dynamische Viskosität (Zähigkeit)	161
10.2.2.	Laminare Strömung durch ein Rohr	163
10.2.3.	Laminare Strömung um eine Kugel	165
10.3.	Turbulente Strömung	166
10.3.1.	Strömungswiderstand	166
10.3.2.	Strömungsleistung	167
10.3.3.	REYNOLDSSches Ähnlichkeitsgesetz	167
11.	Moleküle	168
11.1.	Molekularkräfte	168
11.1.1.	Kohäsion und Adhäsion	169
11.1.2.	Oberflächenspannung	169
11.1.3.	Kapillarität	171
11.2.	Molekularbewegung	172
11.2.1.	Diffusion	173
11.2.2.	Osmose	173
11.3.	Lösungen	173
11.3.1.	Echte Lösungen (molekulardisperse Systeme)	174
11.3.2.	Kolloide Lösungen (kolloiddisperse Systeme)	174
11.3.3.	Korpuskulardisperse Systeme	174
12.	Elastizität fester Körper	175
12.1.	Dehnung	176
12.2.	Kompression	178
12.3.	Scherung	180

12.4.	Torsion (Drillung)	181
12.5.	Härte	182
W	WÄRMELEHRE	183
13.	Temperatur	183
13.1.	Temperaturmessung	184
13.1.1.	Temperaturskalen	184
13.1.2.	Thermometer	185
13.2.	Ausdehnung fester Körper	186
13.2.1.	Längenänderung	186
13.2.2.	Flächenänderung	187
13.2.3.	Volumenänderung	187
13.3.	Ausdehnung von Flüssigkeiten	188
13.3.1.	Volumenänderung	188
13.3.2.	Dichteänderung	189
13.4.	Ausdehnung der Gase	190
13.4.1.	Volumenänderung	190
13.4.2.	Druckänderung	191
13.5.	Gasgesetze	193
13.5.1.	Zustandsgleichung des idealen Gases	193
13.5.2.	Gasdichte	195
13.5.3.	Normvolumen	196
13.5.4.	Gasgemische	196
13.5.5.	Molare Gaskonstante	197
14.	Wärmeenergie	199
14.1.	Wärmemenge	200
14.1.1.	Wärmeinhalt	200
14.1.2.	Wärmekapazität	201
14.1.3.	Wasserwert	202
14.2.	Spezifische Wärmekapazität	202
14.3.	Wärmemischung	204
14.4.	Wärmequellen	205
14.4.1.	Sonnenenergie	206
14.4.2.	Verbrennungsenergie	206
14.4.3.	Elektrische Energie	207
14.4.4.	Mechanische Energie	208
15.	Aggregatzustände	208
15.1.	Schmelzen und Erstarren	209
15.1.1.	Schmelzpunkt	209
15.1.2.	Erstarrungspunkt von Lösungen	209
15.1.3.	Volumenänderung	210
15.1.4.	Schmelzwärme	211
15.1.5.	Lösungswärme	212

15.2.	Verdampfen und Kondensieren	212
15.2.1.	Siedepunkt	212
15.2.2.	Siedepunkt von Lösungen	212
15.2.3.	Volumenänderung	213
15.2.4.	Verdampfungswärme	213
15.2.5.	Verdunsten	214
15.2.6.	Sublimieren	214
15.3.	Dämpfe	214
15.3.1.	Gesättigter Dampf	215
15.3.2.	Ungesättigter Dampf	215
15.3.3.	Dampfbildung im gaserfüllten Raum	216
15.3.4.	Tripelpunkt	216
15.3.5.	Luftfeuchtigkeit	217
15.4.	Reale Gase	219
15.4.1.	Zustandsgleichung realer Gase	219
15.4.2.	Kritische Temperatur	220
15.4.3.	Verflüssigung der Gase	221
16.	Zustandsänderung des idealen Gases	222
16.1.	Erster Hauptsatz	222
16.1.1.	Volumenänderungsarbeit	223
16.1.2.	Innere Energie	224
16.1.3.	Enthalpie	225
16.2.	Isochore Zustandsänderung	226
16.3.	Isobare Zustandsänderung	226
16.4.	Isotherme Zustandsänderung	227
16.5.	Isentrope Zustandsänderung	229
16.6.	Polytrope Zustandsänderung	234
16.7.	Kreisprozesse	236
16.7.1.	CARNOTScher Kreisprozeß	237
16.7.2.	Thermischer Wirkungsgrad des CARNOT-Prozesses	238
16.7.3.	Thermische Maschinen	239
16.8.	Zweiter Hauptsatz	241
16.8.1.	Reversible und irreversible Prozesse	241
16.8.2.	Entropie	242
17.	Kinetische Wärmetheorie	246
17.1.	Anzahl und Masse der Moleküle	246
17.1.1.	LOSCHMIDT-Konstante	246
17.1.2.	AVOGADRO-Konstante	246
17.1.3.	BOLTZMANN-Konstante	247
17.1.4.	Masse eines Moleküls	247
17.2.	Druck in einem Gas	248
17.3.	Geschwindigkeit der Moleküle	249
17.3.1.	MAXWELL-Verteilung der Geschwindigkeit	249

17.3.2.	Wahrscheinlichste Geschwindigkeit	251
17.3.3.	Mittlere quadratische Geschwindigkeit	251
17.3.4.	Mittelwert der Geschwindigkeit	252
17.4.	Energie der Moleküle	252
17.4.1.	Kinetische Energie eines Moleküls	252
17.4.2.	Gleichverteilungssatz	253
17.4.3.	Innere Energie und spezifische Wärmekapazität	254
17.5.	Stoßzahl und freie Weglänge	255
17.5.1.	Mittlere Stoßzahl	255
17.5.2.	Mittlere freie Weglänge	257
18.	Wärmetransport	258
18.1.	Wärmeströmung (Konvektion)	258
18.2.	Wärmeleitung	258
18.3.	Wärmeübergang	261
18.4.	Wärmedurchgang	262
18.5.	Temperaturstrahlung	265
18.5.1.	Absorption	265
18.5.2.	Emission	266
18.5.3.	Strahlungsgesetz von STEFAN und BOLTZMANN	266
18.5.4.	Strahlungsgesetz von PLANCK	268
18.5.5.	Verschiebungsgesetz von WIEN	268
S	SCHWINGUNGEN UND WELLEN	270
19.	Mechanische harmonische Schwingungen	270
19.1.	Ungedämpfte harmonische Schwingung	271
19.1.1.	Phasenwinkel	271
19.1.2.	Elongation	272
19.1.3.	Geschwindigkeit	273
19.1.4.	Beschleunigung	273
19.1.5.	Rückstellkraft	274
19.2.	Eigenfrequenz der ungedämpften harmonischen Schwingung	275
19.2.1.	Schwingungsgleichung	275
19.2.2.	Lineare Federschwingung	276
19.2.3.	Drehschwingung	277
19.2.4.	Pendelschwingungen	278
19.2.5.	Flüssigkeitsschwingungen	280
19.2.6.	Schwingungsenergie	281
19.3.	Freie gedämpfte Schwingung	283
19.3.1.	Schwingungsgleichung	283
19.3.2.	Elongation	284
19.3.3.	Eigenfrequenz	287
19.3.4.	Aperiodische Bewegung	288

19.4.	Erzwungene Schwingung	290
19.4.1.	Schwingungsgleichung	290
19.4.2.	Elongation	291
19.4.3.	Resonanz	292
19.5.	Überlagerung von Schwingungen.	295
19.5.1.	Schwingungen gleicher Richtung und Frequenz	295
19.5.2.	Schwingungen gleicher Richtung und ungleicher Frequenz	297
19.5.3.	Schwingungen ungleicher Richtung.	299
19.6.	Gekoppelte Schwingungen	303
20.	Mechanische Wellen	304
20.1.	Wellenausbreitung	304
20.1.1.	HUYGENSSches Prinzip	304
20.1.2.	Wellenarten	305
20.2.	Lineare Sinuswelle	306
20.2.1.	Wellengleichung	307
20.2.2.	Elongation	307
20.2.3.	Phasengeschwindigkeit	308
20.2.4.	Phasensprung	309
20.2.5.	Stehende Wellen	309
20.3.	Wellen in ausgedehnten Medien	310
20.3.1.	Überlagerung	310
20.3.2.	Reflexion	311
20.3.3.	Brechung	312
20.3.4.	Beugung	313
20.4.	Größen des Wellenfeldes	313
20.4.1.	Energiedichte	313
20.4.2.	Energiestrom	314
20.4.3.	Leistung	314
20.4.4.	Intensität	314
20.4.5.	Wellenwiderstand	315
A	AKUSTIK	316
21.	Schallerzeugung	316
21.1.	Wesen des Schalls	316
21.2.	Schallquellen	317
21.2.1.	Schwingende Saiten	317
21.2.2.	Schwingende Luftsäulen	317
21.3.	Tonleiter	318
21.3.1.	Harmonische (diatonische) Tonleiter	318
21.3.2.	Chromatische Tonleiter	319
21.3.3.	Gleichmäßig temperierte chromatische Tonleiter	320
21.3.4.	Normstimmton (Kammerton)	320
21.3.5.	Intervalle	321

22.	Schallausbreitung	323
22.1.	Schallgeschwindigkeit	323
22.1.1.	Schallgeschwindigkeit in Festkörpern	323
22.1.2.	Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten	323
22.1.3.	Schallgeschwindigkeit in Gasen	324
22.1.4.	Schallgeschwindigkeit in Luft	324
22.2.	DOPPLER-Effekt	325
22.3.	Überlagerung von Schallwellen	329
22.3.1.	Auslöschung	329
22.3.2.	Verstärkung	329
22.3.3.	Schwebung	329
23.	Schallmessung	330
23.1.	Schallfeldgrößen	330
23.1.1.	Schallschnelle	330
23.1.2.	Schalldruck	331
23.1.3.	Schallintensität	333
23.1.4.	Schallpegel	334
23.1.5.	Relativer Schallpegel	336
23.2.	Hören	337
23.2.1.	Hörfläche	337
23.2.2.	Lautstärkepegel	338
23.2.3.	Bewerteter Schallpegel	339
24.	Ultraschall	339
24.1.	Eigenschaften	339
24.1.1.	Schallstärke	340
24.1.2.	Ausbreitung	340
24.2.	Erzeugung von Ultraschall	340
0	OPTIK	342
25.	Strahlenoptik	342
25.1.	Lichtausbreitung	342
25.1.1.	Geradlinigkeit der Ausbreitung	342
25.1.2.	Lichtgeschwindigkeit	342
25.2.	Reflexion	343
25.2.1.	Reflexionsgesetz	343
25.2.2.	Ebener Spiegel	344
25.2.3.	Hohlspiegel (Konkavspiegel)	344
25.2.4.	Wölbspiegel (Konvexspiegel)	346
25.3.	Brechung	347
25.3.1.	Brechungsgesetz	347
25.3.2.	Totalreflexion	348
25.3.3.	Planparallele Platte	349

25.3.4.	Prisma	349
25.4.	Linsen	350
25.4.1.	Linsenarten	351
25.4.2.	Konstruktion des Linsenbildes	352
25.4.3.	Abbildungsgesetze	352
25.4.4.	Bestimmung der Brennweite	353
25.4.5.	Dicke Linsen	355
25.4.6.	Abbildungsfehler	356
25.5.	Optische Geräte	357
25.5.1.	Projektor	357
25.5.2.	Fotoapparat (Kamera)	358
25.5.3.	Auge	359
25.5.4.	Lupe	361
25.5.5.	Mikroskop	362
25.5.6.	Fernrohre	363
25.6.	Zerlegung des Lichtes	365
25.6.1.	Lichtquellen	365
25.6.2.	Lichtzerlegung	366
25.6.3.	Komplementärfarben	367
25.6.4.	Farbmischung	367
25.6.5.	Spektren	368
25.6.6.	Dispersion	369
26.	Wellenoptik	370
26.1.	Interferenz	370
26.1.1.	Farben dünner Schichten	371
26.1.2.	NEWTONSche Ringe	372
26.2.	Beugung	373
26.2.1.	Beugung am engen Spalt	373
26.2.2.	Beugung am Doppelspalt	374
26.2.3.	Beugungsgitter	375
26.2.4.	Beugungsspektrum	375
26.2.5.	Beugung an kreisförmiger Öffnung	376
26.2.6.	Auflösungsvermögen optischer Geräte	376
26.3.	Polarisation	377
26.3.1.	Polarisation durch Reflexion	378
26.3.2.	Polarisation durch Doppelbrechung	379
26.3.3.	Spannungsdoppelbrechung	380
26.3.4.	KERR-Effekt	381
26.3.5.	Drehung der Schwingungsebene	381
26.3.6.	FARADAY-Effekt	382
27.	Lichtstrahlung	382
27.1.	Strahlungsgrößen	383
27.2.	Fotometrische Größen	385

27.2.1.	Spektraler Hellempfindlichkeitsgrad	385
27.2.2.	Lichtstärke	386
27.2.3.	Leuchtdichte	387
27.2.4.	Lichtstrom	388
27.2.5.	Spezifische Lichtausstrahlung	389
27.2.6.	Lichtmenge	390
27.2.7.	Beleuchtungsstärke	390
27.2.8.	Belichtung	392
27.3.	Fotometer	393
27.3.1.	Messung der Lichtstärke	393
27.3.2.	Messung des Gesamtlichtstroms	393
27.3.3.	Messung der Beleuchtungsstärke	394
E	ELEKTRIK	395
28.	Gleichstromkreis	395
28.1.	Elektrischer Strom	395
28.1.1.	Stromstärke	395
28.1.2.	Elektrische Ladung	395
28.2.	Spannung	396
28.2.1.	Urspannung U_e (Quellenspannung U_q)	396
28.2.2.	Spannungsabfall U	397
28.3.	Elektrischer Widerstand	397
28.3.1.	Spezifischer Widerstand	398
28.3.2.	Widerstand und Temperatur	399
28.4.	Elektrischer Stromkreis	400
28.5.	Stromverzweigung	402
28.6.	Schaltung von Widerständen	403
28.6.1.	Reihenschaltung	403
28.6.2.	Parallelschaltung	403
28.6.3.	Spannungsteiler	404
28.6.4.	WHEATSTONESCHE Meßbrücke	405
28.7.	Messung von Strom und Spannung	405
28.7.1.	Strommesser	406
28.7.2.	Spannungsmesser	407
28.8.	Elektrische Arbeit und Leistung	407
28.8.1.	Elektrische Arbeit	407
28.8.2.	Elektrische Leistung	408
29.	Elektrisches Feld	409
29.1.	Ladung	409
29.2.	Elektrische Feldstärke	410
29.2.1.	Elektrisches Potential	411
29.2.2.	Verschiebungsdichte	413
29.2.3.	Dielektrikum	414

29.2.4.	Feldstärke an Kugeloberflächen	415
29.3.	Kapazität	416
29.3.1.	Kondensator	417
29.3.2.	Parallelschaltung von Kondensatoren	419
29.3.3.	Reihenschaltung von Kondensatoren	420
29.4.	Kraft und Energie im elektrischen Feld	420
29.4.1.	Kraft	420
29.4.2.	Energie des Feldes	422
29.4.3.	Energiedichte	423
29.4.4.	Auf- und Entladung eines Kondensators	423
30.	Magnetisches Feld	424
30.1.	Dauermagnetismus (permanenter Magnetismus)	424
30.1.1.	Stabmagnet	424
30.1.2.	Magnetisches Feld der Erde	425
30.2.	Elektromagnetismus	425
30.2.1.	Magnetische Feldstärke	426
30.2.2.	Durchflutungsgesetz	428
30.2.3.	Magnetische Spannung	429
30.2.4.	Magnetische Induktion (Flußdichte)	430
30.2.5.	Magnetischer Fluß	431
30.2.6.	Stoff im magnetischen Feld	432
30.2.7.	Ferromagnetische Stoffe	434
30.3.	Elektromagnetische Induktion	437
30.3.1.	Induktionsgesetz	437
30.3.2.	Induktion im bewegten Leiter	437
30.3.3.	Selbstinduktion	438
30.3.4.	Schaltung von Induktivitäten	440
30.3.5.	Ein- und Ausschalten von Stromkreisen mit Induktivität	441
30.4.	Kraft und Energie im magnetischen Feld	442
30.4.1.	Kraftwirkungen	442
30.4.2.	Energie des Feldes	447
30.4.3.	Energiedichte	449
30.4.4.	Elektrische und magnetische Feldgrößen	449
31.	Elektrische Maschinen	449
31.1.	Generatoren	450
31.1.1.	Wechselstromgenerator	450
31.1.2.	Gleichstromgenerator	453
31.1.3.	Drehstromgenerator	454
31.2.	Motoren	455
31.2.1.	Wechselstrommotoren	456
31.2.2.	Gleichstrommotoren	456
31.2.3.	Drehstrommotoren	457

32.	Wechselstromkreis	457
32.1.	Effektivwerte von Strom und Spannung	458
32.2.	Wechselstromwiderstand	459
32.2.1.	Induktiver Widerstand	459
32.2.2.	Kapazitiver Widerstand	460
32.2.3.	Blindwiderstand	462
32.2.4.	Scheinwiderstand	463
32.2.5.	Phasenverschiebung	464
32.2.6.	Resonanz	465
32.3.	Wechselstromleistung	466
32.3.1.	Wirkleistung	466
32.3.2.	Blindleistung	467
32.3.3.	Scheinleistung	467
32.4.	Transformator	468
33.	Elektrische Leitung	469
33.1.	Stromleitung durch Festkörper	471
33.1.1.	Energiebändermodell	471
33.1.2.	Metallische Leiter	472
33.1.3.	Thermoelektrizität	473
33.1.4.	Halbleiter	475
33.1.5.	Eigenleitung	475
33.1.6.	n-Leitung	477
33.1.7.	p-Leitung	478
33.1.8.	pn-Übergang	478
33.1.9.	Transistor	480
33.2.	Stromleitung in Flüssigkeiten	483
33.2.1.	Elektrolyse	483
33.2.2.	Galvanische Elemente	485
33.2.3.	Akkumulatoren (Sammler)	486
33.3.	Stromleitung in Gasen	487
33.3.1.	Unselbständige Entladung	487
33.3.2.	Selbständige Entladung	487
33.3.3.	Glimmentladung	488
33.3.4.	Katodenstrahlen	489
33.3.5.	Kanalstrahlen	489
33.3.6.	Röntgenstrahlung	489
33.4.	Stromleitung im Vakuum	490
33.4.1.	Energie und Geschwindigkeit freier Elektronen	490
33.4.2.	Elektronenbewegung im elektrischen Querfeld	493
33.4.3.	Elektronenemission aus Metallen	494
33.4.4.	Elektronenröhren	497
34.	Elektrische Schwingungen und Wellen	499
34.1.	Elektromagnetische Schwingungen	499

34.1.1.	Schwingkreis	499
34.1.2.	Ungedämpfte elektromagnetische Schwingung . . .	500
34.1.3.	Erzeugung ungedämpfter elektromagnetischer Schwingungen	501
34.1.4.	Offener Schwingkreis	502
34.1.5.	Gedämpfte elektromagnetische Schwingung	502
34.2.	Elektromagnetische Wellen	504
34.2.1.	Elektromagnetische Welle auf einer Leitung . . .	504
34.2.2.	Freie elektromagnetische Wellen	505
34.2.3.	Spektrum elektromagnetischer Wellen	508
K	ATOM- UND KERNPHYSIK	509
35.	Quanten	509
35.1.	Energie-Masse-Relation	509
35.2.	Photon	510
35.2.1.	Masse des Photons	510
35.2.2.	Impuls des Photons	510
35.2.3.	COMPTON-Effekt	511
35.3.	Materiewellen	513
35.4.	Unschärferelation	515
36.	Atome	516
36.1.	Aufbau und Kennzeichnung	516
36.1.1.	Isotope Nuklide	517
36.1.2.	Isobare Nuklide	518
36.1.3.	Isotone Nuklide	518
36.2.	Masse	519
36.2.1.	Atommasse	519
36.2.2.	Anzahl der Atome	520
36.2.3.	Massendefekt	521
36.3.	Kernbindungsenergie	521
36.4.	Größe	522
36.4.1.	Elektronenradius	522
36.4.2.	Kernradius	523
36.4.3.	Atomradius	523
37.	Atomhülle	524
37.1.	BOHRsche Postulate	524
37.1.1.	1. Postulat	524
37.1.2.	2. Postulat	525
37.2.	Wasserstoffatom	525
37.2.1.	Bahngeschwindigkeit	526
37.2.2.	Umlauffrequenz	526
37.2.3.	Bahnradius	527

37.2.4.	Energieniveau	528
37.2.5.	Frequenzen der Strahlung	530
37.2.6.	Wasserstoffspektrum	531
37.3.	Quantenzahlen	533
37.3.1.	Hauptquantenzahl n	533
37.3.2.	Nebenquantenzahl l (Drehimpulsquantenzahl)	533
37.3.3.	Magnetische Quantenzahl m	534
37.3.4.	Spinquantenzahl s	535
37.3.5.	Besetzung der Schalen	535
37.4.	Strahlungsemission	536
37.4.1.	Termschema	537
37.4.2.	Anregung	537
37.4.3.	Metastabile Zustände	538
37.4.4.	Röntgenstrahlung	539
37.5.	Wellenmechanisches Atommodell	540
38.	Radioaktivität	540
38.1.	Radioaktiver Zerfall	541
38.1.1.	Stabilität des Kernes	541
38.1.2.	α -Zerfall	542
38.1.3.	β^- -Zerfall	542
38.1.4.	β^+ -Zerfall	543
38.1.5.	γ -Strahlung	543
38.2.	Statistik des Zerfalls	543
38.2.1.	Zerfallskonstante	543
38.2.2.	Zerfallsgesetz	544
38.2.3.	Halbwertszeit	544
38.2.4.	Aktivität	545
38.3.	Zerfallsreihen	546
38.4.	Schwächung radioaktiver Strahlen	547
38.4.1.	γ -Strahlen	547
38.4.2.	β -Strahlen	549
38.4.3.	α -Strahlen	550
38.5.	Dosimetrie	551
38.5.1.	Energiedosis	551
38.5.2.	Energiedosisrate	552
38.5.3.	Ionendosis	552
38.5.4.	Äquivalentdosis	553
38.6.	Strahlenschutz	554
38.7.	Strahlennachweis	555
39.	Künstliche Kernumwandlungen	555
39.1.	Teilchenbeschleuniger	555
39.2.	Kernreaktionen	556
39.3.	Uranspaltung	557

39.3.1.	Kettenreaktion	557
39.3.2.	Energiebilanz	559
39.4.	Kernfusion	559
39.5.	Anwendung radioaktiver Nuklide	559
40.	Elementarteilchen	560
R	RELATIVISTISCHE MECHANIK	562
41.	Relativistische Mechanik	562
41.1.	GALILEI-Transformation	562
41.1.1.	Zeitkoordinaten	563
41.1.2.	Ortskoordinaten	563
41.1.3.	Geschwindigkeit	563
41.1.4.	Beschleunigung	564
41.2.	LORENTZ-Transformation	564
41.2.1.	Ortskoordinaten	565
41.2.2.	Zeitkoordinaten	565
41.3.	Relativistische Kinematik.	565
41.3.1.	Zeitdilatation	565
41.3.2.	Längenkontraktion.	566
41.3.3.	Addition von Geschwindigkeiten	567
41.4.	Relativistische Dynamik	568
41.4.1.	Masse	568
41.4.2.	Impuls	569
41.4.3.	Kraft	570
41.4.4.	Energie	570
F	FEHLERRECHNUNG.	572
42.	Fehlerrechnung bei physikalischen Messungen	572
42.1.	Fehlerbegriff	572
42.2.	Systematische Fehler	572
42.3.	Zufällige Fehler	573
42.4.	Berechnung zufälliger Fehler	574
42.4.1.	Mittelwert der Meßreihe	574
42.4.2.	Standardabweichung	575
42.4.3.	Vertrauensbereich des Mittelwertes	576
42.4.4.	Mittlerer Fehler des Funktionswertes	577
42.4.5.	Maximalfehler des Funktionswertes	578
42.5.	Fehlerschätzung	579
42.6.	Rechnen mit fehlerbehafteten Größen und Fehlern	579
42.6.1.	Berechnen des Funktionswertes	579
42.6.2.	Berechnen des Fehlers	580
42.6.3.	Darstellung des Endergebnisses	580

T	TABELLEN	581
Tab. 1	Dichte	581
Tab. 2	Reibungszahlen	584
Tab. 3	Stoßzahl	586
Tab. 4	Kompressibilität von Flüssigkeiten	586
Tab. 5	Luftdruck in Abhängigkeit von der Höhe	587
Tab. 6	Dynamische und kinematische Viskosität	588
Tab. 7	Widerstandsbeiwert	589
Tab. 8	Oberflächenspannung	590
Tab. 9	Elastizitätsmodul, Schubmodul, Kompressionsmodul und Poisson-Zahl	591
Tab. 10	Längenausdehnungskoeffizient fester Stoffe	592
Tab. 11	Volumenausdehnungskoeffizient von Flüssigkeiten	594
Tab. 12	Volumenausdehnungskoeffizient gasförmiger Stoffe	594
Tab. 13	Luftdichte in Abhängigkeit von Druck und Tempe- ratur	595
Tab. 14	Gaskonstante	595
Tab. 15	Dichte des Wassers	596
Tab. 16	Spezifische Wärmekapazität fester Stoffe	596
Tab. 17	Spezifische Wärmekapazität von Flüssigkeiten	598
Tab. 18	Spezifische Wärmekapazität von Gasen	599
Tab. 19	Heizwert fester Brennstoffe	600
Tab. 20	Heizwert flüssiger Brennstoffe	600
Tab. 21	Heizwert gasförmiger Brennstoffe	600
Tab. 22	Schmelztemperatur und spezifische Schmelzwärme	601
Tab. 23	Siedetemperatur und spezifische Verdampfungswärme	604
Tab. 24	Kryoskopische und ebullioskopische Konstante	607
Tab. 25	Siedetemperatur des Wassers	608
Tab. 26	Siedetemperatur des Wassers	608
Tab. 27	Sättigungsdruck	609
Tab. 28	Sättigungsdruck und -menge für Wasserdampf	609
Tab. 29	VAN-DER-WAALS-Konstanten	610
Tab. 30	Kritische Temperatur und kritischer Druck	611
Tab. 31	Wärmeleitfähigkeit	612
Tab. 32	Wärmeübergangskoeffizient	614
Tab. 33	Wärmedurchgangskoeffizient	615
Tab. 34	Emissionsgrad	616
Tab. 35	Schallgeschwindigkeit	618
Tab. 36	Schalldämm-Maß	619
Tab. 37	Lautstärkepegel	620
Tab. 38	Lichtgeschwindigkeit	620
Tab. 39	Brechzahl	621
Tab. 40	Grenzwinkel	622

Tab. 41	Polarisationswinkel	622
Tab. 42	Wellenlängen wichtiger Spektrallinien	623
Tab. 43	Mittlere Dispersion und ABBESche Zahl	623
Tab. 44	Gesamtlichtstrom und Lichtausbeute	624
Tab. 45	Spezifischer elektrischer Widerstand	626
Tab. 46	Temperaturkoeffizient	627
Tab. 47	Permittivitätszahl	627
Tab. 48	Permeabilitätszahl	628
Tab. 49	CURIE-Punkt ferromagnetischer Stoffe	631
Tab. 50	Beweglichkeit von Ladungsträgern	632
Tab. 51	Sprungtemperatur bei Supraleitern	633
Tab. 52	Elektrochemisches Äquivalent	633
Tab. 53	Elektrochemische Spannungsreihe	634
Tab. 54	Austrittsarbeit	635
Tab. 55	Chemische Elemente und ihre Isotope	635
Tab. 56	Elektronenanordnung bei den Elementen	650
Tab. 57	Spezifische Gammastrahlenkonstante	652
Tab. 58	Halbwertszeit und Zerfallsenergie	653
Tab. 59	Schwächungskoeffizient für γ -Strahlung	655
Tab. 60	Schwächungskoeffizient für γ -Strahlung (Co 60)	656
Tab. 61	Halbwertschicht für γ -Strahlung	656
Tab. 62	Maximale Reichweite und Halbwertschicht für β - Strahlung in Aluminium	656
Tab. 63	Griechische Buchstaben	657
V	SACHWORTVERZEICHNIS	658