

TASCHENBUCH DER PHYSIK

von
Horst Kuchling, Oberstudienrat i. R.

18., neu bearbeitete Auflage

Mit zahlreichen Bildern und Tabellen

FACHBUCHVERLAG LEIPZIG
-LJI im Carl Hanser Verlag

INHALTSVERZEICHNIS

G	GROSSEN UND EINHEITEN	.26
1	Physikalische Größen	.26
1.1	Basisgrößenarten	26
1.2	Abgeleitete Größenarten	26
1.3	Formelzeichen	27
1.4	Dimension	28
1.5	Skalare Größen	28
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	30
1.7.3	Produkt einer vektoriellen mit einer skalaren Größe	31
1.7.4	Skalarprodukt zweier vektorieller Größen	31
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	35
2.2.2	Koordinatenachsen	36
2.3	Zahlenwertgleichungen	36
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	Einheiten außerhalb des SI (SI-fremde Einheiten)	38
3.5	Gesetzliche Einheiten	39
3.6	Physikalische Größenarten und ihre Einheiten	39
M	MECHANIK	.50
4	Basiseinheiten der Mechanik	.50
4.1	Einheit der Länge	50
4.1.1	Fläche	51
4.1.2	Volumen	52
4.1.3	Winkel	52
4.2	Zeiteinheit	53
4.3	Masseneinheit	54

Statik des starren Körpers	55
5.1 Zusammensetzen von Kräften	55
5.1.1 Kräfte mit gleicher Wirkungslinie	55
5.1.2 Kräfte mit gleichem 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	61
5.5.1 Hebel	61
5.5.2 Feste Rolle	62
5.5.3 Lose Rolle	62
5.5.4 Flaschenzug	62
5.5.5 Differenzialflaschenzug	63
5.5.6 Geneigte Ebene	63
5.5.7 Keil	64
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
Kinematik	68
6.1 Translation	68
6.1.1 Gleichförmige Translation	69
6.1.2 Gleichmäßig beschleunigte Translation	70
6.1.3 Ungleichmäßig beschleunigte Translation	74
6.2 Fall und Wurf	77
6.2.1 Freier Fall	77
6.2.2 Senkrechter Wurf	78
6.2.3 Zusammengesetzte Bewegung	79
6.2.4 Waagerechter Wurf	80
6.2.5 Schräger Wurf	82
6.3 Rotation	84
6.3.1 Gleichförmige Rotation	87
6.3.2 Gleichmäßig beschleunigte Rotation	87
6.3.3 Ungleichmäßig beschleunigte Rotation	91
6.3.4 Bewegung auf der Kreisbahn (Umfangsbewegung)	94
6.3.5 Größen der Rotation als Vektoren	95
6.4 Krummlinige Bewegung	95
Dynamik	98
7.1 Kräfte bei der Translation	98
7.1.1 Masse und Kraft	98
7.1.2 Dichte	101
7.1.3 Federkraft	103

7.1.4	Reibungskraft	104
7.1.5	Trägheitskräfte bei der Translation.	105
7.2	Arbeit, Energie und Leistung	106
7.2.1	Arbeit	106
7.2.2	Energie.	111
7.2.3	Gesetz von der Erhaltung der Energie.	113
7.2.4	Leistung.	114
7.2.5	Wirkungsgrad.	116
7.3	Impuls und Stoß.	117
7.3.1	Impuls.	117
7.3.2	Kraftstoß.	117
7.3.3	Impulssatz.	119
7.3.4	Elastischer Stoß.	119
7.3.5	Unelastischer Stoß.	121
7.3.6	Teilelastischer Stoß.	122
7.4	Dynamik der Drehbewegung (Dynamik starrer Körper).	124
7.4.1	Zentripetalkraft	124
7.4.2	Trägheitskräfte bei der Rotation.	125
7.4.3	Dynamisches Grundgesetz der Rotation.	126
7.4.4	Trägheitsmoment	128
7.4.5	Arbeit bei der Rotation.	135
7.4.6	Leistung bei der Rotation.	136
7.4.7	Rotationsenergie.	137
7.4.8	Drehimpuls (Drall).	138
7.5	Gravitation.	140
7.5.1	Gravitationsgesetz	141
7.5.2	Fallbeschleunigung.	142
7.5.3	Gravitationsfeld.	143
7.5.4	Arbeit im Gravitationsfeld.	144
7.5.5	Astronautische Geschwindigkeiten.	144
7.5.6	Kepler'sche Gesetze.	147
7.5.7	Daten des Sonnensystems.	148
Ruhende Flüssigkeiten.	150
8.1	Druck in Flüssigkeiten.	151
8.1.1	Kolbendruck	151
8.1.2	Schweredruck	152
8.2	Kompressibilität.	153
8.3	Auftrieb.	153
8.3.1	Bestimmung der Dichte fester Körper.	154
8.3.2	Bestimmung der Dichte von Flüssigkeiten.	155
Ruhende Gase.	156
9.1	Druck und Volumen eines Gases.	156
9.1.1	Überdruck.	157
9.1.2	Messung des Gasdrucks.	157

9.2	Luftdruck	157
9.2.1	Luftdruckmessung	159
9.2.2	Wirkung des Luftdrucks	160
9.2.3	Auftrieb in Gasen	160
10	Strömungen	161
10.1	Reibungsfreie Strömung	161
10.1.1	Ausfluss aus Gefäßen	161
10.1.2	Durchfluss durch Röhren	162
10.1.3	Druck in Strömungen	163
10.1.4	Druckmessung in Strömungen	165
10.2	Laminare Strömung	167
10.2.1	Dynamische Viskosität (Zähigkeit)	168
10.2.2	Laminare Strömung durch ein Rohr	169
10.2.3	Laminare Strömung um eine Kugel	172
10.3	Turbulente Strömung	173
10.3.1	Strömungswiderstand	173
10.3.2	Strömungsleistung	174
10.3.3	Reynolds'sches Ähnlichkeitsgesetz	174
11	Moleküle	176
11.1	Molekularkräfte	176
11.1.1	Kohäsion und Adhäsion	176
11.1.2	Oberflächenspannung	177
11.1.3	Kapillarität	179
11.2	Molekularbewegung	180
11.2.1	Diffusion	181
11.2.2	Osmose	181
11.3	Lösungen	181
11.3.1	Molekulardisperse Systeme (echte Lösungen)	181
11.3.2	Kolloiddisperse Systeme (kolloide Lösungen)	182
11.3.3	Korpuskulardisperse Systeme	182
12	Elastizität fester Körper	184
12.1	Dehnung	184
12.2	Kompression	187
12.3	Scherung	188
12.4	Torsion (Drillung)	189
12.5	Härte	190
13	Mechanische harmonische Schwingungen	192
13.1	Ungedämpfte harmonische Schwingung	193
13.1.1	Phasenwinkel	193
13.1.2	Elongation	194
13.1.3	Geschwindigkeit	195
13.1.4	Beschleunigung	195
13.1.5	Rückstellkraft	196

13.2	Eigenfrequenz der ungedämpften harmonischen Schwingung	197
13.2.1	Schwingungsgleichung.	197
13.2.2	Lineare Federschwingung.	198
13.2.3	Drehschwingung.	199
13.2.4	Pendelschwingungen.	200
13.2.5	Flüssigkeitsschwingungen.	203
13.2.6	Schwingungsenergie.	203
13.3	Freie gedämpfte Schwingung.	205
13.3.1	Schwingungsgleichung.	206
13.3.2	Elongation.	207
13.3.3	Eigenfrequenz.	209
13.3.4	Aperiodische Bewegung.	210
13.4	Erzwungene Schwingung.	213
13.4.1	Schwingungsgleichung.	213
13.4.2	Elongation.	214
13.4.3	Resonanz	215
13.5	Überlagerung von Schwingungen.	218
13.5.1	Schwingungen gleicher Richtung und Frequenz.	218
13.5.2	Schwingungen gleicher Richtung und ungleicher Frequenz	220
13.5.3	Schwingungen ungleicher Richtung.	222
13.6	Gekoppelte Schwingungen.	226
14	Mechanische Wellen.	229
14.1	Wellenausbreitung.	229
14.1.1	Huygens'sches Prinzip.	229
14.1.2	Wellenarten.	229
14.2	Lineare Sinuswelle.	231
14.2.1	Wellengleichung.	231
14.2.2	Elongation.	231
14.2.3	Phasengeschwindigkeit	232
14.2.4	Phasensprung.	233
14.2.5	Stehende Wellen.	233
14.3	Wellen in ausgedehnten Medien.	235
14.3.1	Überlagerung.	235
14.3.2	Reflexion.	236
14.3.3	Brechung.	236
14.3.4	Beugung.	237
14.4	Größen des Wellenfeldes.	238
14.4.1	Energiedichte.	238
14.4.2	Energiestrom.	238
14.4.3	Leistung.	239
14.4.4	Intensität	239
	14.4.5 Wellenwiderstand.	240

W	WÄRMELEHRE	2
15	Temperatur.	2
15.1	Temperaturmessung.	2
15.1.1	Temperaturskalen.	2
15.1.2	Thermometer.	2
15.2	Ausdehnung fester Körper.	2
15.2.1	Längenänderung.	2
15.2.2	Flächenänderung.	2
15.2.3	Volumenänderung.	2
15.3	Ausdehnung von Flüssigkeiten.	2
15.3.1	Volumenänderung.	2
15.3.2	Dichteänderung.	2
15.4	Ausdehnung der Gase.	2
15.4.1	Volumenänderung.	2
15.4.2	Druckänderung.	2
15.5	Gasgesetze.	2
15.5.1	Zustandsgleichung des idealen Gases.	2
15.5.2	Gasdichte.	2
15.5.3	Normvolumen.	2
15.5.4	Gasgemische.	2
15.5.5	Molare Größen.	2
16	Wärmeenergie.	2
16.1	Wärmemenge.	2
16.1.1	Wärmeinhalt.	2
16.1.2	Wärmekapazität.	2
16.1.3	Wasserwert.	2
16.2	Spezifische Wärmekapazität.	2
16.3	Wärmemischung.	2
16.4	Wärmequellen.	2
16.4.1	Sonnenenergie.	2
16.4.2	Verbrennungsenergie.	2
16.4.3	Elektrische Energie.	2
16.4.4	Mechanische Energie.	2
17	Aggregatzustände.	2
17.1	Schmelzen und Erstarren.	2
17.1.1	Schmelzpunkt.	2
17.1.2	Erstarrungspunkt von Lösungen.	2
17.1.3	Volumenänderung.	2
17.1.4	Schmelzwärme.	2
17.1.5	Lösungswärme.	2
17.2	Verdampfen und Kondensieren.	2
17.2.1	Siedepunkt.	2
17.2.2	Siedepunkt von Lösungen.	2
17.2.3	Volumenänderung.	2

17.2.4	Verdampfungswärme.	274
17.2.5	Verdunsten.	275
17.2.6	Sublimieren.	275
17.3	Dämpfe.	275
17.3.1	Gesättigter Dampf.	275
17.3.2	Ungesättigter Dampf.	276
17.3.3	Dampfbildung im gaserfüllten Raum.	276
17.3.4	Tripelpunkt.	277
17.3.5	Luftfeuchtigkeit.	278
17.4	Reale Gase.	280
17.4.1	Zustandsgleichung realer Gase.	280
17.4.2	Kritische Temperatur.	281
17.4.3	Verflüssigung der Gase.	282
18	Zustandsänderung des idealen Gases.	284
18.1	Erster Hauptsatz.	284
18.1.1	Volumenänderungsarbeit	285
18.1.2	Innere Energie.	286
18.1.3	Enthalpie.	287
18.2	Isochore Zustandsänderung.	287
18.3	Isobare Zustandsänderung.	288
18.4	Isotherme Zustandsänderung.	289
18.5	Isentrope Zustandsänderung.	291
18.6	Polytrope Zustandsänderung.	294
18.7	Kreisprozesse.	298
18.7.1	Carnot'scher Kreisprozess.	299
18.7.2	Thermischer Wirkungsgrad des Carnot-Prozesses	300
18.7.3	Thermische Maschinen.	301
18.8	Zweiter Hauptsatz.	303
18.8.1	Reversible und irreversible Prozesse.	303
18.8.2	Entropie.	304
19	Kinetische Wärmetheorie.	309
19.1	Anzahl und Masse der Moleküle.	309
19.1.1	Loschmidt-Konstante.	309
19.1.2	Avogadro-Konstante.	309
19.1.3	Boltzmann-Konstante.	310
19.1.4	Masse eines Moleküls.	310
19.2	Druck in einem Gas.	310
19.3	Geschwindigkeit der Moleküle.	312
19.3.1	Maxwell-Verteilung der Geschwindigkeit.	312
19.3.2	Wahrscheinlichste Geschwindigkeit.	313
19.3.3	Mittlere quadratische Geschwindigkeit.	314
19.3.4	Mittelwert der Geschwindigkeit.	314
19.4	Energie der Moleküle.	315
19.4.1	Kinetische Energie eines Moleküls.	315

19.4.2	Gleichverteilungssatz	316
19.4.3	Innere Energie und spezifische Wärmekapazität	316
19.5	Stoßzahl und freie Weglänge	318
19.5.1	Mittlere Stoßzahl	318
19.5.2	Mittlere freie Weglänge	319
20	Wärmetransport	321
20.1	Wärmeströmung (Konvektion)	321
20.2	Wärmeleitung	321
20.3	Wärmeübergang	324
20.4	Wärmedurchgang	325
20.5	Temperaturstrahlung	328
20.5.1	Absorption	328
20.5.2	Emission	329
20.5.3	Strahlungsgesetz von Stefan und Boltzmann	330
20.5.4	Strahlungsgesetz von Planck	331
20.5.5	Verschiebungsgesetz von Wien	332
A	AKUSTIK	333
21	Schallerzeugung	333
21.1	Wesen des Schalls	333
21.2	Schallquellen	334
21.2.1	Schwingende Saiten	334
21.2.2	Schwingende Luftsäulen	335
21.3	Tonleiter	335
21.3.1	Harmonische (diatonische) Tonleiter	336
21.3.2	Chromatische Tonleiter	336
21.3.3	Gleichmäßig temperierte chromatische Tonleiter	337
21.3.4	Normstimmton	337
21.3.5	Intervalle	338
22	Schallausbreitung	340
22.1	Schallgeschwindigkeit	340
22.1.1	Schallgeschwindigkeit in Festkörpern	340
22.1.2	Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten	340
22.1.3	Schallgeschwindigkeit in Gasen	341
22.1.4	Schallgeschwindigkeit in Luft	341
22.2	Doppler-Effekt	342
22.3	Überlagerung von Schallwellen	346
22.3.1	Auslöschung	346
22.3.2	Verstärkung	346
22.3.3	Schwebung	346
23	Schallmessung	348
23.1	Schallfeldgrößen	348
23.1.1	Schallschnelle	348
23.1.2	Schalldruck	349
23.1.3	Schallintensität	350

23.1.4	Schallpegel	351
23.1.5	Relativer Schallpegel	354
23.2	Hören	354
23.2.1	Hörfäche	354
23.2.2	Lautstärkepegel	355
23.2.3	Bewerteter Schallpegel	357
24	Ultraschall.	358
24.1	Eigenschaften	358
24.1.1	Schallstärke.	358
24.1.2	Ausbreitung.	358
24.2	Erzeugung von Ultraschall	359
O	OPTIK	360
25	Strahlenoptik	360
25.1	Lichtausbreitung	360
25.1.1	Geradlinigkeit der Ausbreitung	360
25.1.2	Lichtgeschwindigkeit	360
25.2	Reflexion.	361
25.2.1	Reflexionsgesetz	361
25.2.2	Ebener Spiegel.	362
25.2.3	Hohlspiegel (Konkavspiegel).	362
25.2.4	Wölbspiegel (Konvexspiegel).	364
25.3	Brechung.	365
25.3.1	Brechungsgesetz	365
25.3.2	Totalreflexion.	366
25.3.3	Planparallele Platte.	367
25.3.4	Prisma.	368
25.4	Linsen.	369
25.4.1	Linsenarten	369
25.4.2	Bestimmung der Brennweite.	371
25.4.3	Konstruktion des Linsenbildes.	372
25.4.4	Abbildungsgesetze.	373
25.4.5	Dicke Linsen	374
25.4.6	Abbildungsfehler.	375
25.5	Optische Geräte.	376
25.5.1	Projektor.	376
25.5.2	Kamera (Fotoapparat).	378
25.5.3	Auge.	379
25.5.4	Lupe.	381
25.5.5	Mikroskop.	382
25.5.6	Fernrohre.	383
25.6	Zerlegung des Lichts.	385
25.6.1	Lichtquellen.	385
25.6.2	Lichtzerlegung.	386
25.6.3	Komplementärfarben.	387

25.6.4	Farbmischung	387
25.6.5	Spektren	388
25.6.6	Dispersion	389
26	Wellenoptik	391
26.1	Interferenz	391
26.1.1	Farben dünner Schichten	391
26.1.2	Newton'sche Ringe	392
26.2	Beugung	393
26.2.1	Beugung am engen Spalt	394
26.2.2	Beugung am Doppelspalt	395
26.2.3	Beugungsgitter	395
26.2.4	Beugungsspektrum	396
26.2.5	Beugung an kreisförmiger Öffnung	396
26.2.6	Auflösungsvermögen optischer Geräte	397
26.3	Polarisation	398
26.3.1	Polarisation durch Reflexion	399
26.3.2	Polarisation durch Doppelbrechung	400
26.3.3	Spannungsdoppelbrechung	401
26.3.4	Kerr-Effekt	402
26.3.5	Optische Aktivität	402
26.3.6	Faraday-Effekt	403
27	Lichtstrahlung	404
27.1	Strahlungsphysikalische Größen	404
27.2	Lichttechnische Größen (Fotometrie)	406
27.2.1	Spektraler Hellempfindlichkeitsgrad	406
27.2.2	Lichtstärke	407
27.2.3	Leuchtdichte	409
27.2.4	Lichtstrom	410
27.2.5	Spezifische Lichtausstrahlung	411
27.2.6	Lichtmenge	411
27.2.7	Beleuchtungsstärke	412
27.2.8	Belichtung	413
27.3	Fotometer	414
27.3.1	Messung der Lichtstärke	414
27.3.2	Messung des Gesamtlichtstroms	415
27.3.3	Messung der Beleuchtungsstärke	415
E	ELEKTRIK	416
28	Gleichstromkreis	416
28.1	Elektrischer Strom	416
28.1.1	Elektrische Stromstärke	416
28.1.2	Elektrische Ladung	416
28.2	Elektrische Spannung	417
28.2.1	Quellenspannung U_q (Urspannung)	417
28.2.2	Spannungsabfall U	418

28.3	Elektrischer Widerstand	418
28.3.1	Spezifischer elektrischer Widerstand	420
28.3.2	Widerstand und Temperatur	420
28.4	Elektrischer Stromkreis	421
28.5	Stromverzweigung	424
28.6	Schaltung von Widerständen	424
28.6.1	Reihenschaltung	424
28.6.2	Parallelschaltung	425
28.6.3	Spannungsteiler	426
28.6.4	Wheatstone'sche Messbrücke	426
28.7	Messung von Stromstärke und Spannung	427
28.7.1	Strommesser	427
28.7.2	Spannungsmesser	428
28.8	Elektrische Arbeit und Leistung	429
28.8.1	Elektrische Arbeit	429
28.8.2	Elektrische Leistung	430
29	Elektrisches Feld	431
29.1	Elektrische Ladung	431
29.2	Elektrische Feldstärke	432
29.2.1	Elektrisches Potenzial	433
29.2.2	Elektrische Flussdichte	435
29.2.3	Dielektrikum	436
29.2.4	Feldstärke an Kugeloberflächen	437
29.3	Kapazität	438
29.3.1	Kondensator	439
29.3.2	Parallelschaltung von Kondensatoren	442
29.3.3	Reihenschaltung von Kondensatoren	442
29.4	Kraft und Energie im elektrischen Feld	443
29.4.1	Kraftwirkung im Feld	443
29.4.2	Energie des Feldes	444
29.4.3	Energiedichte	445
29.4.4	Auf- und Entladung eines Kondensators	445
30	Magnetisches Feld	448
30.1	Dauermagnetismus (permanenter Magnetismus)	448
30.1.1	Stabmagnet	448
30.1.2	Magnetfeld der Erde	448
30.2	Elektromagnetismus	449
30.2.1	Magnetische Feldstärke	449
30.2.2	Durchflutungsgesetz	451
30.2.3	Magnetische Spannung	452
30.2.4	Magnetische Flussdichte	454
30.2.5	Magnetischer Fluss	455
30.2.6	Stoff im magnetischen Feld	456
30.2.7	Ferromagnetische Stoffe	458

30.3	Elektromagnetische Induktion.	461
30.3.1	Induktionsgesetz.	461
30.3.2	Induktion im bewegten Leiter.	462
30.3.3	Selbstinduktion.	463
30.3.4	Schaltung von Induktivitäten.	465
30.3.5	Ein- und Ausschalten von Stromkreisen mit Induktivität	465
30.4	Kraft und Energie im magnetischen Feld.	466
30.4.1	Kraftwirkungen im Feld.	466
30.4.2	Energie des Feldes.	472
30.4.3	Energiedichte.	473
30.4.4	Elektrische und magnetische Feldgrößen.	474
31	Elektrische Maschinen.	475
31.1	Generatoren.	475
31.1.1	Wechselstromgenerator.	475
31.1.2	Gleichstromgenerator.	477
31.1.3	Drehstromgenerator.	478
31.2	Motoren.	479
31.2.1	Wechselstrommotoren.	480
31.2.2	Gleichstrommotoren.	480
31.2.3	Drehstrommotoren.	481
32	Wechselstromkreis.	482
32.1	Effektivwerte von Strom und Spannung.	482
32.2	Wechselstromwiderstand.	483
32.2.1	Induktiverwiderstand.	483
32.2.2	Kapazitiverwiderstand.	485
32.2.3	Blindwiderstand.	486
32.2.4	Scheinwiderstand.	487
32.2.5	Phasenverschiebung.	488
32.2.6	Resonanz.	489
32.3	Wechselstromleistung.	490
32.3.1	Wirkleistung.	490
32.3.2	Blindleistung.	491
32.3.3	Scheinleistung.	492
32.4	Transformator.	493
33	Elektrische Leitung.	495
33.1	Stromleitung durch Festkörper.	497
33.1.1	Energiebändermodell.	497
33.1.2	Metallische Leiter.	498
33.1.3	Thermoelektrizität.	499
33.1.4	Halbleiter.	501
33.1.5	Eigenleitung.	501
33.1.6	n-Leitung.	503
33.1.7	p-Leitung.	504
33.1.8	pn-Übergang.	504

33.1.9	Bipolarer Transistor.	506
33.1.10	Unipolarer Transistor.	509
33.2	Stromleitung in Flüssigkeiten.	510
33.2.1	Elektrolyse.	510
33.2.2	Galvanische Elemente.	512
33.2.3	Akkumulatoren.	512
33.3	Stromleitung in Gasen.	514
33.3.1	Unselbstständige Entladung.	514
33.3.2	Selbstständige Entladung.	515
33.3.3	Glimmentladung.	515
33.3.4	Kathodenstrahlen.	516
33.3.5	Kanalstrahlen.	517
33.3.6	Röntgenstrahlung.	517
33.4	Stromleitung im Vakuum.	517
33.4.1	Energie und Geschwindigkeit freier Elektronen.	517
33.4.2	Elektronenbewegung im elektrischen Querfeld.	520
33.4.3	Elektronenemission aus Metallen.	521
33.4.4	Elektronenröhren.	524
34	Elektrische Schwingungen und Wellen.	527
34.1	Elektromagnetische Schwingungen.	527
34.1.1	Schwingkreis.	527
34.1.2	Ungedämpfte elektromagnetische Schwingung.	527
34.1.3	Erzeugung ungedämpfter elektromagnetischer Schwingungen.	529
34.1.4	Offener Schwingkreis.	529
34.1.5	Gedämpfte elektromagnetische Schwingung.	530
34.2	Elektromagnetische Wellen.	531
34.2.1	Elektromagnetische Welle auf einer Leitung.	531
34.2.2	Freie elektromagnetische Wellen.	533
34.2.3	Spektrum elektromagnetischer Wellen.	535
K	ATOM- UND KERNPHYSIK	537
35	Quanten.	537
35.1	Energie-Masse-Relation.	537
35.2	Photon.	538
35.2.1	Masse des Photons.	538
35.2.2	Impuls des Photons.	538
35.2.3	Compton-Effekt	539
35.3	Materiewellen.	541
35.4	Unschärferelation.	543
36	Atome.	545
36.1	Aufbau und Kennzeichnung.	545
36.1.1	Isotope Nuklide.	546
36.1.2	Isobare Nuklide.	546
36.1.3	Isotone Nuklide.	547

36.2	Masse	547
36.2.1	Atommasse	547
36.2.2	Anzahl der Atome	549
36.2.3	Massendefekt	549
36.3	Kernbindungsenergie	550
36.4	Größe	551
36.4.1	Elektronenradius	551
36.4.2	Kernradius	552
36.4.3	Atomradius	552
37	Atomhülle	553
37.1	Bohr'sche Postulate	553
37.1.1	I.Postulat	553
37.1.2	2. Postulat	554
37.2	Wasserstoffatom	554
37.2.1	Bahngeschwindigkeit	554
37.2.2	Umlauffrequenz	555
37.2.3	Bahnradius	556
37.2.4	Energieniveau	557
37.2.5	Frequenzen der Strahlung	559
37.2.6	Wasserstoffspektrum	560
37.3	Quantenzahlen	561
37.3.1	Hauptquantenzahl n	561
37.3.2	Nebenquantenzahl / (Drehimpulsquantenzahl)	561
37.3.3	Magnetische Quantenzahl m	562
37.3.4	Spinquantenzahl s	563
37.3.5	Besetzung der Schalen	564
37.4	Strahlungsemision	565
37.4.1	Termschema	565
37.4.2	Anregung	565
37.4.3	Metastabile Zustände	566
37.4.4	Röntgenstrahlung	567
37.5	Wellenmechanisches Atommodell	568
38	Radioaktivität	570
38.1	Radioaktive Umwandlung (radioaktiver Zerfall)	570
38.1.1	Stabilität des Kems	570
38.1.2	α -Zerfall	571
38.1.3	β -Zerfall	571
38.1.4	β^+ -Zerfall	572
38.1.5	γ -Emission	573
38.2	Statistik des Zerfalls	573
38.2.1	Zerfallskonstante	573
38.2.2	Zerfallsgesetz	573
38.2.3	Halbwertszeit	574
38.2.4	Aktivität	574

38.3	Zerfallsreihen	576
38.4	Schwächung der Kernstrahlung	577
38.4.1	γ -Strahlung	577
38.4.2	β -Strahlung	579
38.4.3	α -Strahlung	580
38.5	Dosimetrie	581
38.5.1	Energiedosis	581
38.5.2	Energiedosisleistung	581
38.5.3	Ionendosis	582
38.5.4	Äquivalentdosis	583
38.6	Strahlenschutz	584
38.7	Strahlennachweis	585
39	Künstliche Kernumwandlungen	586
39.1	Teilchenbeschleuniger	586
39.2	Kernreaktionen	586
39.3	Uranspaltung	587
39.3.1	Kettenreaktion	588
39.3.2	Energiebilanz	589
39.4	Kernfusion	589
39.5	Anwendung radioaktiver Nuklide	590
40	Elementarteilchen	591
40.1	Elementare Teilchen	592
40.1.1	Leptonen	592
40.1.2	Quarks	592
40.2	Zusammengesetzte Elementarteilchen (Hadronen)	593
40.2.1	Mesonen	593
40.2.2	Baryonen	594
R	RELATIVISTISCHE MECHANIK	595
41	Relativistische Mechanik	595
41.1	Galilei-Transformation	595
41.1.1	Zeitkoordinaten	596
41.1.2	Ortskoordinaten	596
41.1.3	Geschwindigkeit	596
41.1.4	Beschleunigung	597
41.2	Lorentz-Transformation	597
41.2.1	Ortskoordinaten	598
41.2.2	Zeitkoordinaten	598
41.3	Relativistische Kinematik	598
41.3.1	Zeitdilatation	598
41.3.2	Längenkontraktion	599
41.3.3	Addition von Geschwindigkeiten	600
41.4	Relativistische Dynamik	601
41.4.1	Masse	601
41.4.2	Impuls	602

41.4.3 Kraft	603
41.4.4 Energie	603
F FEHLERRECHNUNG	605
42 Fehlerrechnung bei physikalischen Messungen	605
42.1 Fehlerbegriff	605
42.2 Systematische Fehler	605
42.3 Zufällige Fehler	606
42.3.1 Mittelwert der Messreihe	606
42.3.2 Standardabweichung (mittlerer Fehler) der Einzelmes- sung	607
42.3.3 Standardabweichung (mittlerer Fehler) des Mittelwer- tes	608
42.4 Fehlerfortpflanzung	609
42.4.1 Mittelwert des Funktionswertes	609
42.4.2 Mittlerer Fehler des Funktionswertes	610
42.4.3 Größtfehler des Funktionswertes	611
42.4.4 Fehlerschätzung	612
42.5 Darstellung des Endergebnisses	612
T TABELLEN	614
Tabelle 1a Dichte fester Stoffe	614
Tabelle 1b Dichte von Flüssigkeiten	616
Tabelle 1c Normdichte gasförmiger Stoffe	616
Tabelle 2 Reibungszahlen	617
Tabelle 3 Stoßzahl	619
Tabelle 4 Kompressibilität von Flüssigkeiten	619
Tabelle 5 Luftdruck in Abhängigkeit von der Höhe	620
Tabelle 6 Dynamische Viskosität und kinematische Viskosität	621
Tabelle 7 Widerstandsbeiwert	622
Tabelle 8 Oberflächenspannung	623
Tabelle 9 Elastizitätsmodul, Schubmodul, Kompressionsmodul	624
Tabelle 10 Längenausdehnungskoeffizient fester Stoffe	625
Tabellen Volumenausdehnungskoeffizient von Flüssigkeiten	627
Tabelle 12 Volumenausdehnungskoeffizient gasförmiger Stoffe	627
Tabelle 13 Luftdichte in Abhängigkeit von Druck und Temperatur	628
Tabelle 14 Spezielle Gaskonstante	628
Tabelle 15 Dichtetes Wassers in Abhängigkeit von der Temperatur	629
Tabelle 16 Spezifische Wärmekapazität fester Stoffe	629
Tabelle 17 Spezifische Wärmekapazität von Flüssigkeiten	631
Tabelle 18 Spezifische Wärmekapazität von Gasen	632
Tabelle 19 Spezifischer Heizwert fester Brennstoffe	633
Tabelle 20 Spezifischer Heizwert flüssiger Brennstoffe	633
Tabelle 21 Spezifischer Heizwert gasförmiger Brennstoffe	633
Tabelle 22 Schmelztemperatur und spezifische Schmelzwärme	634
Tabelle 23 Siedetemperatur und spezifische Verdampfungswärme	637



Tabelle 24	Siedetemperatur des Wassers in Abhängigkeit vom Druck	640
Tabelle 25	Siedetemperatur des Wassers in Abhängigkeit vom Luftdruck.	640
Tabelle 26	Sättigungsdruck.	641
Tabelle 27	Sättigungsdruck und Sättigungsmenge für Wasserdampf.	641
Tabelle 28	Kryoskopische und ebullioskopische Konstante.	642
Tabelle 29	Van-der-Waals-Konstanten.	642
Tabelle 30	Kritische Temperatur und kritischer Druck	643
Tabelle 31	Wärmeleitfähigkeit.	644
Tabelle 32	Wärmeübergangskoeffizient	646
Tabelle 33	Wärmedurchgangskoeffizient	647
Tabelle 34	Emissionsgrad.	648
Tabelle 35	Schallgeschwindigkeit	650
Tabelle 36	Schalldämmmaß.	651
Tabelle 37	Lautstärkepegel.	652
Tabelle 38	Lichtgeschwindigkeit	652
Tabelle 39	Brechzahl.	653
Tabelle 40	Grenzwinkel.	654
Tabelle 41	Polarisationswinkel.	654
Tabelle 42	Wellenlängen wichtiger Spektrallinien.	655
Tabelle 43	Mittlere Dispersion und Abbe'sche Zahl.	655
Tabelle 44	Gesamtlichtstrom und Lichtausbeute von Lampen.	656
Tabelle 45	Spezifischer elektrischer Widerstand.	658
Tabelle 46	Temperaturkoeffizient	659
Tabelle 47	Permittivitatzzahl.	660
Tabelle 48	Permeabilitatzzahl.	661
Tabelle 49	Curie-Temperaturferromagnetischer Stoffe.	663
Tabelle 50	Beweglichkeit von Ladungsträgern.	664
Tabelle 51	Sprungtemperatur bei Supraleitern.	665
Tabelle 52	Elektrochemisches Äquivalent	666
Tabelle 53	Elektrochemische Spannungsreihe.	666
Tabelle 54	Ablosearbeit	667
Tabelle 55	Elektronenanordnung bei den Elementen.	668
Tabelle 56	Chemische Elemente und ihre Isotope.	671
Tabelle 57	Halbwertszeit und Zerfallsenergie radioaktiver Isotope.	686
Tabelle 58	Schwächungskoeffizient für Y-Strahlung.	688
Tabelle 59	Schwächungskoeffizient für Y-Strahlung des Co-60.	689
Tabelle 60	Halbwertsschichdicke für Y-Strahlung.	689
Tabelle 61	Maximale Reichweite und Halbwertsschichdicke für -Strahlung in Aluminium.	689
! Tabelle 62	Dosisleistungskonstante	690
 Tabelle 63	Griechische Buchstaben	690
SACHWORTVERZEICHNIS.691