

	Inhaltsverzeichnis	I
1	Kinematik	1
2	Dynamik	28
3	Starre Körper	66
4	Gravitation und Relativitätstheorie	85
5	Mechanik der Flüssigkeiten und Gase.....	101
6	Tabellen zur Mechanik	129
7	Schwingungen	134
8	Wellen	151
9	Akustik	170
10	Optik	187
11	Tabellen zu Akustik und Optik	225
12	Ladungen und Ströme	228
13	Elektrisches und magnetisches Feld.....	237
14	Anwendungen in der Elektrotechnik.....	268
15	Stromleitung in Flüssigkeiten, in Gasen und im Vakuum.....	296
16	Tabellen zur Elektrizitätslehre.....	311
17	Gleichgewicht und Zustandsgrößen.....	316
18	Wärme, Energieumwandlung und Zustandsänderungen	346
19	Phasenumwandlungen, Reaktionen und Wärmeausgleich.....	375
20	Tabellen zur Thermodynamik.....	389
21	Photonen - Elektromagnetische Strahlung und Lichtquanten	391
22	Materiewellen - Wellenmechanik der Teilchen.....	397
23	Atomphysik	400
24	Elementarteilchenphysik.....	411
25	Kernphysik.....	416
26	Festkörperphysik.....	438
27	Tabellen zur Quantenphysik.....	464
28	Messungen und Messfehler.....	465
29	Tabellen zum SI-System.....	473
	Index.....	477

Inhaltsverzeichnis

I	Mechanik	1
1	Kinematik	1
1.1	Beschreibung von Bewegungen	1
1.1.1	Bezugssysteme	1
1.1.2	Zeit	4
1.1.3	Länge, Fläche, Volumen	5
1.1.4	Winkel	6
1.1.5	Mechanische Systeme	8
1.2	Bewegung in einer Dimension	10
1.2.1	Geschwindigkeit	10
1.2.2	Beschleunigung	12
1.2.3	Einfache Bewegungen in einer Dimension	14
1.3	Bewegung in mehreren Dimensionen	16
1.3.1	Geschwindigkeitsvektor	17
1.3.2	Beschleunigungsvektor	19
1.3.3	Freier Fall und Wurf	20
1.4	Drehbewegung	23
1.4.1	Winkelgeschwindigkeit	23
1.4.2	Winkelbeschleunigung	25
1.4.3	Bahngeschwindigkeit	26
2	Dynamik	28
2.1	Grundgesetze der Dynamik	28
2.1.1	Masse und Impuls	28
2.1.2	Newtonsche Gesetze	30
2.1.3	Drehmoment	38
2.1.4	Dynamisches Grundgesetz für Drehbewegungen	41
2.2	Kräfte	42
2.2.1	Gewichtskraft	42
2.2.2	Federkräfte und Torsionskräfte	43
2.2.3	Reibungskräfte	45
2.3	Trägheitskräfte in rotierenden Bezugssystemen	47
2.3.1	Zentripetalkraft und Zentrifugalkraft	48
2.3.2	Corioliskraft	49
2.4	Arbeit und Energie	51
2.4.1	Arbeit	51
2.4.2	Energie	53

II INHALTSVERZEICHNIS

2.4.3	Kinetische Energie	54
2.4.4	Potentielle Energie	55
2.4.5	Reibungsarbeit	58
2.5	Leistung	58
2.5.1	Wirkungsgrad	59
2.6	Stoßprozesse	60
2.6.1	Elastische, gerade, zentrale Stöße	62
2.6.2	Unelastische Stöße	63
2.7	Raketen	64
2.7.1	Schubkraft	64
3	Starre Körper	66
3.1	Kinematik	66
3.1.1	Dichte	66
3.1.2	Schwerpunkt	66
3.2	Statik	68
3.2.1	Kraftvektoren	68
3.2.2	Drehmoment	70
3.2.3	Gleichgewichtsbedingungen der Statik	71
3.3	Dynamik	74
3.4	Trägheitsmoment und Drehimpuls	75
3.4.1	Massenträgheitsmoment	75
3.4.2	Drehimpuls	79
3.5	Arbeit, Energie und Leistung	81
3.5.1	Kinetische Energie	82
3.5.2	Potentielle Energie der Torsion	84
4	Gravitation und Relativitätstheorie	85
4.1	Gravitationsfeld	85
4.1.1	Gravitationsgesetz	85
4.1.2	Planetenbewegung	87
4.2	Relativitätstheorie	89
4.2.1	Relativitätsprinzip	90
4.2.2	Lorentz-Transformation	92
4.2.3	Relativistische Effekte	94
4.2.4	Relativistische Dynamik	96
4.3	Allgemeine Relativitätstheorie und Kosmologie	99
5	Mechanik der Flüssigkeiten und Gase	101
5.1	Hydrostatik, Aerostatik	101
5.1.1	Flüssigkeiten und Gase	101
5.1.2	Druck	101
5.1.3	Auftrieb	107
5.1.4	Kohäsion, Adhäsion, Oberflächenspannung	109
5.2	Hydrodynamik, Aerodynamik	112
5.2.1	Strömungsfeld	112
5.2.2	Grundgleichungen idealer Strömungen	114
5.2.3	Reale Strömungen	121
5.2.4	Turbulente Strömungen	125

Formelzeichen Mechanik	128
6 Tabellen zur Mechanik	129
6.1 Dichte	129
6.1.1 Festkörper	129
6.1.2 Flüssigkeiten	131
6.1.3 Gase	131
6.2 Dynamische Eigenschaften	132
6.2.1 Reibungszahlen	132
6.2.2 Oberflächenspannung	133
6.2.3 Strömungswiderstand	133
II Schwingungen, Wellen, Akustik und Optik	134
7 Schwingungen	134
7.1 Freie ungedämpfte Schwingungen	137
7.1.1 Federpendel	137
7.1.2 Fadenpendel	139
7.1.3 Flüssigkeitspendel	142
7.1.4 Elektrischer Schwingkreis	143
7.2 Gedämpfte Schwingungen	144
7.2.1 Reibung	144
7.2.2 Gedämpfter elektrischer Schwingkreis	147
7.3 Erzwungene Schwingungen	148
8 Wellen	151
8.1 Grundlegende Eigenschaften von Wellen	151
8.2 Polarisierung	156
8.3 Interferenz	156
8.3.1 Kohärenz	156
8.3.2 Interferenz	157
8.3.3 Stehende Wellen	158
8.3.4 Wellen mit unterschiedlichen Frequenzen	160
8.4 Doppler-Effekt	161
8.5 Brechung	163
8.6 Reflexion	163
8.6.1 Phasenbeziehungen	164
8.7 Dispersion	164
8.8 Beugung	165
8.8.1 Beugung am Spalt	165
8.8.2 Beugung am Gitter	166
8.9 Modulation von Wellen	167
8.10 Oberflächenwellen und Schwerewellen	168
9 Akustik	170
9.1 Schallwellen	170
9.1.1 Schallgeschwindigkeit	170

IV INHALTSVERZEICHNIS

9.1.2	Schallkenngrößen	172
9.1.3	Verhältnisgrößen	175
9.2	Schallquellen und Schallempfänger	177
9.2.1	Mechanische Schallsender	177
9.2.2	Elektroakustische Schallwandler	179
9.2.3	Schallabsorption	180
9.2.4	Schalldämmung	182
9.3	Ultraschall	183
9.4	Physiologische Akustik und das Gehör	184
9.4.1	Schallempfindung	185
10	Optik	187
10.1	Strahlenoptik	188
10.1.1	Optische Abbildung - Grundbegriffe	190
10.1.2	Reflexion	193
10.1.3	Brechung	197
10.2	Linse n	203
10.2.1	Dicke Linse n	204
10.2.2	Dünne Linse n	208
10.3	Optische Instrumente	209
10.3.1	Linse n mit Blenden	209
10.3.2	Lochkamera	210
10.3.3	Fotokamera	210
10.3.4	Auge	211
10.3.5	Auge und optische Instrumente	211
10.4	Wellenoptik	215
10.4.1	Streuung	215
10.4.2	Beugung und Auflösungsbegrenzung	215
10.4.3	Brechung im Wellenbild	217
10.4.4	Interferenz	218
10.4.5	Polarisation des Lichts	221
	Formelzeichen Schwingungen, Wellen, Akustik und Optik	224
11	Tabellen zu Akustik und Optik	225
11.1	Tabellen zur Akustik	225
11.2	Tabellen zur Optik	226
III	Elektrizitätslehre	228
12	Ladungen und Ströme	228
12.1	Elektrische Ladung	228
12.1.1	Coulombsches Gesetz	230
12.2	Elektrischer Strom	231
12.2.1	Amperesches Gesetz	233
12.3	Elektrischer Widerstand und elektrischer Leitwert	234
12.3.1	Elektrischer Widerstand	234

12.3.2	Elektrischer Leitwert	235
12.3.3	Spezifischer Widerstand und elektrische Leitfähigkeit	235
12.3.4	Temperaturabhängigkeit des Widerstandes	236
13	Elektrisches und magnetisches Feld	237
13.1	Elektrisches Feld	237
13.2	Influenz	238
13.2.1	Elektrische Feldlinien	239
13.2.2	Elektrische Feldstärke von Punktladungen	241
13.3	Kraft	241
13.4	Elektrische Spannung	242
13.5	Elektrisches Potential	243
13.5.1	Feldstärke und Potential einiger Ladungsverteilungen	243
13.5.2	Verschiebungsdichte im Vakuum	245
13.6	Elektrische Polarisation	246
13.6.1	Dielektrikum	247
13.7	Kapazität	248
13.7.1	Plattenkondensator	248
13.7.2	Parallelschaltung von Kondensatoren	249
13.7.3	Reihenschaltung von Kondensatoren	249
13.8	Energie des elektrischen Feldes	250
13.9	Magnetisches Feld	250
13.10	Magnetismus	251
13.10.1	Magnetische Feldlinien	251
13.11	Magnetische Flussdichte	253
13.12	Magnetischer Fluss	255
13.13	Magnetische Feldstärke	256
13.13.1	Magnetfeld eines geraden Leiters	257
13.13.2	Magnetische Felder einiger Stromverteilungen	257
13.14	Materie im Magnetfeld	259
13.14.1	Diamagnetismus	260
13.14.2	Paramagnetismus	260
13.14.3	Ferromagnetismus	261
13.15	Induktion	262
13.15.1	Bewegungsinduktion	263
13.15.2	Transformatorische Induktion	264
13.16	Selbstinduktion	264
13.16.1	Transformator	265
13.17	Energie des Magnetfeldes	266
14	Anwendungen in der Elektrotechnik	268
14.1	Gleichstromkreis	269
14.1.1	Kirchhoffsche Gesetze im Gleichstromkreis	270
14.1.2	Widerstände im Gleichstromkreis	270
14.1.3	Reale Spannungsquelle	272
14.1.4	Leistung und Energie im Gleichstromkreis	273
14.1.5	Strom- und Spannungsmessung	274

14.1.6	Widerstandsbestimmung mittels Kompensationsmethode . .	276
14.1.7	Auf- und Entladung von Kondensatoren	277
14.1.8	Ein- und Ausschalten des Stroms im <i>RL</i> -Kreis	278
14.2	Wechselstromkreis	280
14.2.1	Wechselgrößen	280
14.2.2	Grundbegriffe der Wechselstromtechnik	282
14.2.3	Grundbauelemente im Wechselstromkreis	285
14.2.4	Reihenschaltung von Widerstand und Kapazität	288
14.2.5	Parallelschaltung von Widerstand und Kapazität	289
14.2.6	Parallelschaltung von Widerstand und Induktivität	289
14.2.7	Reihenschaltung von Widerstand und Induktivität	290
14.2.8	Reihenschwingkreis	291
14.2.9	Parallelschwingkreis	292
14.2.10	Elektromagnetische Wellen	294
15	Stromleitung in Flüssigkeiten, in Gasen und im Vakuum	296
15.1	Elektrolyse	296
15.1.1	Stoffmenge	296
15.1.2	Ionen	296
15.1.3	Elektroden	297
15.1.4	Elektrolyte	297
15.1.5	Galvanische Elemente	300
15.2	Stromleitung in Gasen	303
15.2.1	Unselbständige Gasentladung	303
15.2.2	Selbständige Gasentladung	304
15.3	Elektronenemission	306
15.3.1	Glühemission	306
15.3.2	Photoemission	307
15.3.3	Feldemission	307
15.3.4	Sekundärelektronenemission	307
15.4	Elektronenröhren	308
15.4.1	Katodenstrahlen	308
	Formelzeichen Elektrizitätslehre	310
16	Tabellen zur Elektrizitätslehre	311
16.1	Metalle und Legierungen	311
16.1.1	Spezifischer elektrischer Widerstand	311
16.1.2	Spannungsreihen	312
16.2	Dielektrika	313
16.3	Praktische Tabellen der Elektrotechnik	314
IV	Wärmelehre	316
17	Gleichgewicht und Zustandsgrößen	316
17.1	Systeme, Phasen und Gleichgewicht	316
17.1.1	Systeme	316

17.1.2	Phasen	317
17.1.3	Gleichgewicht	317
17.2	Zustandsgrößen	318
17.2.1	Zustandsgröße: Begriffsbestimmung	318
17.2.2	Temperatur	320
17.2.3	Druck	323
17.2.4	Teilchenzahl, Stoffmenge und Avogadrozahl	324
17.2.5	Entropie	327
17.3	Thermodynamische Potentiale	328
17.3.1	Prinzip der maximalen Entropie - Prinzip der minimalen Energie	328
17.3.2	Innere Energie als Potential	328
17.3.3	Entropie als thermodynamisches Potential	329
17.3.4	Freie Energie	329
17.3.5	Enthalpie	330
17.3.6	Thermodynamische Stabilität	331
17.4	Ideales Gas	331
17.4.1	Boyle-Mariottesches Gesetz	332
17.4.2	Gesetz von Gay-Lussac	333
17.4.3	Zustandsgleichung	334
17.5	Kinetische Theorie des idealen Gases	334
17.5.1	Druck und Temperatur	334
17.5.2	Freiheitsgrade	336
17.5.3	Gleichverteilungssatz	336
17.5.4	Transportvorgänge	337
17.6	Zustandsgleichungen	339
17.6.1	Zustandsgleichung des idealen Gases	339
17.6.2	Zustandsgleichung realer Gase	343
17.6.3	Zustandsgleichungen für Flüssigkeiten und Festkörper	344
18	Wärme, Energieumwandlung und Zustandsänderungen	346
18.1	Energieformen	346
18.1.1	Energieeinheiten	346
18.1.2	Arbeit	347
18.1.3	Wärme	348
18.2	Energieumwandlung	349
18.2.1	Umwandlung von äquivalenten Energien in Wärme	349
18.2.2	Umwandlung von Wärme in andere Energieformen	351
18.3	Wärmekapazität	352
18.3.1	Totale Wärmekapazität	352
18.3.2	Molare Wärmekapazität	353
18.3.3	Spezifische Wärmekapazität	354
18.4	Zustandsänderungen	358
18.4.1	Reversible und irreversible Prozesse	358
18.4.2	Isothermer Prozess	359
18.4.3	Isobarer Prozess	360
18.4.4	Isochorer Prozess	361

18.4.5	Adiabatischer (isentrop)er Prozess	362
18.5	Thermodynamische Hauptsätze	363
18.5.1	Nullter Hauptsatz	363
18.5.2	Erster Hauptsatz	364
18.5.3	Zweiter Hauptsatz	365
18.5.4	Dritter Hauptsatz	366
18.6	Carnotscher Kreisprozess	366
18.6.1	Prinzip und Anwendung	366
18.6.2	Energiebilanz und Wirkungsgrad des Carnot-Prozesses	369
18.7	Thermodynamische Maschinen	369
18.7.1	Rechts- und linkslaufende Prozesse	369
18.7.2	Wärmepumpe und Kältemaschine	370
18.7.3	Stirling-Prozess	371
18.7.4	Otto- und Diesel-Motor	372
18.7.5	Gasturbinen	374
19	Phasenumwandlungen, Reaktionen und Wärmeausgleich	375
19.1	Phase und Aggregatzustand	375
19.1.1	Phase	375
19.1.2	Aggregatzustände	375
19.1.3	Aggregatumsänderungen	376
19.1.4	Dampf	377
19.1.5	Siedeverzug und Kondensationsverzögerung	378
19.1.6	Siedepunkterhöhung und Gefrierpunktserniedrigung	378
19.2	Temperaturausgleich	379
19.2.1	Mischungstemperatur zweier Systeme	379
19.3	Wärmeübertragung	380
19.3.1	Wärmestrom	380
19.3.2	Wärmeübergang	381
19.3.3	Wärmeleitung	382
19.3.4	Wärmewiderstand	383
19.3.5	Wärmestrahlung	385
19.3.6	Strahlungsaufnahme	385
	Formelzeichen Wärmelehre	387
20	Tabellen zur Thermodynamik	389
20.1	Charakteristische Temperaturen	389
20.1.1	Schmelz- und Siedepunkte	389
20.2	Kenngrößen realer Gase	389
20.3	Thermische Eigenschaften der Stoffe	390
V	Quantenphysik	391
21	Photonen - Elektromagnetische Strahlung und Lichtquanten	391
21.1	Plancksches Strahlungsgesetz	391

21.2	Photoelektrischer Effekt	394
21.3	Compton-Effekt	395
22	Materiewellen - Wellenmechanik der Teilchen	397
22.1	Wellennatur der Teilchen	397
22.2	Heisenbergsche Unschärferelation	398
22.2.1	Pauli-Prinzip	399
22.3	Spin und Gesamtdrehimpuls	399
23	Atomphysik	400
23.1	Grundbegriffe der Spektroskopie	401
23.2	Wasserstoffatom	402
23.2.1	Bohrsche Postulate	402
23.2.2	Quantenzahlen	403
23.2.3	Das Wasserstoffspektrum	405
23.2.4	Schalenstruktur der Elektronenhülle	406
23.3	Röntgenstrahlen	407
23.4	Periodensystem der Elemente	408
23.5	Wechselwirkung von Photonen mit Atomen und Molekülen	409
23.5.1	Spontane und induzierte Emission	409
24	Elementarteilchenphysik	411
24.1	Die Wechselwirkungen	411
24.1.1	Standard-Modell	411
24.1.2	Fermionen und Bosonen	413
24.2	Leptonen und Quarks	414
24.2.1	Leptonen	414
24.2.2	Quarks	414
24.2.3	Hadronen	415
25	Kernphysik	416
25.1	Bausteine des Atomkerns	416
25.2	Grundgrößen des Atomkerns	417
25.3	Kernmodelle	419
25.3.1	Tröpfchen-Modell	419
25.3.2	Schalenmodell	420
25.4	Kernreaktionen	421
25.4.1	Reaktionskanäle und Wirkungsquerschnitte	421
25.4.2	Kernspaltung	423
25.5	Kernzerfall	424
25.5.1	Zerfallsgesetz	425
25.5.2	α -Zerfall	427
25.5.3	β -Zerfall	428
25.5.4	γ -Zerfall	429
25.6	Kernreaktor	430
25.7	Wechselwirkung von Strahlung mit Materie	431
25.7.1	Ionisierende Teilchen	431

X INHALTSVERZEICHNIS

25.7.2	γ -Strahlung	431
25.8	Dosimetrie	433
25.8.1	Dosismessverfahren	434
25.8.2	Umweltradioaktivität	435
26	Festkörperphysik	438
26.1	Struktur fester Körper	438
26.1.1	Einige Grundbegriffe der Festkörperphysik	438
26.1.2	Struktur der Kristalle	438
26.1.3	Methoden der Strukturuntersuchung	441
26.2	Mechanische Eigenschaften von Werkstoffen	443
26.3	Elektronen im Festkörper	443
26.3.1	Bändermodell	444
26.4	Halbleiter	445
26.4.1	Störstellenleitung	447
26.4.2	Halbleiterdiode	449
26.4.3	Transistor	451
26.4.4	Unipolare (Feldeffekt-)Transistoren	454
26.5	Supraleitung	455
26.6	Magnetische Eigenschaften	455
26.6.1	Ferromagnetismus	456
26.7	Dielektrische Eigenschaften	457
26.8	Optische Eigenschaften von Kristallen	459
26.8.1	Photoleitfähigkeit	459
26.8.2	Lumineszenz	459
26.8.3	Optoelektronische Eigenschaften	460
	Formelzeichen Mikrophysik	461
27	Tabellen zur Quantenphysik	464
27.1	Elektronenemission	464
27.2	Wechselwirkung der Strahlung mit Materie	464
VI	Anhang	465
28	Messungen und Messfehler	465
28.1	Größen und SI-Einheiten	465
28.2	Fehlerrechnung und Statistik	467
28.2.1	Fehlerarten	467
28.2.2	Mittelwerte von Messreihen	469
28.2.3	Streuung	470
28.2.4	Korrelation	470
28.2.5	Ausgleichsrechnung, Regression	470
28.2.6	Zuverlässigkeit	471
29	Tabellen zum SI-System	473