

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

Mechanik der Flüssigkeiten und Gase

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

10 Strömende inkompressible Flüssigkeiten	160
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

Schwingungen und Wellen

11 Kinematik schwingender Körper	182
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
12 Dynamik schwingender Körper	195
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
13 Wellen	217
13.1 Grundbegriffe	217
13.2 Harmonische Wellen	220
13.3 Energietransport	223
13.4 Wellengruppen	225
14 Überlagerung von Wellen	228
14.1 Interferenzen	229
14.2 Stehende Wellen	230
15 Reflexion, Brechung und Beugung	232
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

Wärmelehre

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 Volumenausdehnungs- koeffizienten	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 Temperatúrausgleich	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 und Erstarren	322
23.1.1	Besonderheiten beim Schmelzen und Erstarren	323
23.2	Verdampfen und Kondensieren	324
23.2.1	Besonderheiten beim Verdampfen und Kondensieren	326
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

Optik

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

27.1.1	Planparallele Platte	354
27.2	Prisma	356
27.3	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 Sehwinkel	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	Strahlungsenergiedichte 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

Elektrizitätslehre

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

Quanten und Relativität

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

Atomphysik

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 α -Strahlung	737
53.2	Schwächung von β -Strahlung	738
53.3	Schwächung von γ -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)	752
54.5	Strahlenschutzmaßnahmen	753
54.6	Ionendosisleistung, Äquivalentdosisleistung, punktförmige γ -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
Sachwortverzeichnis		781