

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Physikalischer Erkenntnisprozess	1
1.2	Bereiche der physikalischen Erkenntnis	3
1.3	Physikalische Größen	6
1.3.1	Definition und Maßeinheit	6
1.3.2	Messgenauigkeit	10
1.3.3	Fehlerfortpflanzung	14
1.3.4	Kurvenanpassung	14
1.3.5	Ausgleichsgeradenkonstruktion	16
1.3.6	Korrelationsanalyse	17
1.3.7	Zur Übung	18
2	Mechanik	21
2.1	Einführung	21
2.2	Kinematik des Punktes	21
2.2.1	Eindimensionale Kinematik	22
2.2.2	Dreidimensionale Kinematik	28
2.2.3	Kreisbewegungen	31
2.2.4	Zur Übung	34
2.3	Grundgesetze der klassischen Mechanik	34
2.3.1	Konzept der klassischen Dynamik	34
2.3.2	Newton'sche Axiome	35
2.3.3	Masse	36
2.3.4	Kraft	37
2.3.5	Zur Übung	40
2.4	Dynamik in bewegten Bezugssystemen	41
2.4.1	Relativ zueinander geradlinig bewegte Bezugssysteme	41
2.4.2	Gleichförmig rotierende Bezugssysteme	43
2.4.3	Zur Übung	46
2.5	Impuls	47
2.5.1	Impuls eines materiellen Punktes	47
2.5.2	Impuls eines Systems materieller Punkte	48
2.5.3	Raketengleichung	50
2.5.4	Zur Übung	51

2.6	Arbeit und Energie	52
2.6.1	Arbeit	52
2.6.2	Leistung, Wirkungsgrad	54
2.6.3	Energie	56
2.6.4	Energieerhaltungssatz	57
2.6.5	Zur Übung	57
2.7	Stoßprozesse	58
2.7.1	Übersicht und Grundbegriffe	58
2.7.2	Gerader, zentraler, elastischer Stoß	59
2.7.3	Gerader, zentraler, unelastischer Stoß	60
2.7.4	Schiefe, zentrale Stöße	62
2.7.5	Zur Übung	63
2.8	Drehbewegungen	64
2.8.1	Drehmoment	64
2.8.2	Newton'sches Aktionsgesetz der Drehbewegung	64
2.8.3	Arbeit, Leistung und Energie bei der Drehbewegung	66
2.8.4	Drehbewegungen von Systemen materieller Punkte	66
2.8.5	Analogie Translation und Rotation	68
2.8.6	Zur Übung	69
2.9	Mechanik starrer Körper	69
2.9.1	Freiheitsgrade und Kinematik	69
2.9.2	Kräfte am starren Körper	71
2.9.3	Schwerpunkt und potenzielle Energie eines starren Körpers	73
2.9.4	Kinetische Energie eines starren Körpers	74
2.9.5	Massenträgheitsmomente starrer Körper	76
2.9.6	Kreisel	83
2.9.7	Zur Übung	87
2.10	Gravitation	88
2.10.1	Beobachtungen	88
2.10.2	Newton'sches Gravitationsgesetz	89
2.10.3	Hubarbeit und potenzielle Energie	93
2.10.4	Satellitenbahnen	94
2.10.5	Zur Übung	95
2.11	Mechanik deformierbarer fester Körper – Elastomechanik	95
2.11.1	Elastische Verformung	95
2.11.2	Plastische Verformung	102
2.11.3	Härte fester Körper	105
2.11.4	Zur Übung	107
2.12	Mechanik der Flüssigkeiten und Gase-, Hydro- und Aeromechanik	107
2.12.1	Ruhende Flüssigkeiten (Hydrostatik) und ruhende Gase (Aerostatik)	109
2.12.2	Fluide – strömende Flüssigkeiten (Hydrodynamik) und Gase (Aerodynamik)	120

3	Thermodynamik	155
3.1	Grundlagen	155
3.1.1	Einführung	155
3.1.2	Thermodynamische Grundbegriffe	157
3.1.3	Temperatur	158
3.1.4	Thermische Ausdehnung	160
3.1.5	Allgemeine Zustandsgleichung idealer Gase	164
3.1.6	Zur Übung	166
3.2	Kinetische Gastheorie	167
3.2.1	Gasdruck	167
3.2.2	Thermische Energie und Temperatur	169
3.2.3	Geschwindigkeitsverteilung der Gasmoleküle	170
3.2.4	Zur Übung	172
3.3	Hauptsätze der Thermodynamik	173
3.3.1	Wärme	173
3.3.2	Zur Übung	175
3.3.3	Erster Hauptsatz der Thermodynamik	175
3.3.4	Berechnung der Wärmekapazitäten	178
3.3.5	Spezielle Zustandsänderungen idealer Gase	181
3.3.6	Kreisprozesse	189
3.3.7	Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik	198
3.3.8	Thermodynamische Potenziale	205
3.3.9	Dritter Hauptsatz der Thermodynamik	207
3.4	Zustandsänderungen realer Gase	208
3.4.1	Van-der-Waals'sche Zustandsgleichung	208
3.4.2	Gasverflüssigung (Joule-Thomson-Effekt)	211
3.4.3	Phasenumwandlungen	212
3.4.4	Dämpfe und Luftfeuchtigkeit	218
3.5	Wärmeübertragung	222
3.5.1	Wärmeleitung	223
3.5.2	Konvektion	228
3.5.3	Wärmestrahlung	233
3.5.4	Wärmedurchgang	236
3.5.5	Zur Übung	239
3.6	Energiesysteme	240
4	Elektrizität und Magnetismus	243
4.1	Physikalische Gesetze und Definitionen	244
4.1.1	Ladung	244
4.1.2	Stromstärke	246
4.1.3	Spannung	247
4.1.4	Widerstand und Leitwert	249
4.1.5	Ohm'sches Gesetz	252
4.1.6	Kirchhoff'sche Regeln im verzweigten Stromkreis	252
4.1.7	Schaltung von Widerständen	255
4.1.8	Messbereichserweiterung	258
4.1.9	Ausgewählte Messanordnungen	259
4.1.10	Klemmenspannung und innerer Widerstand	261

4.1.11	Schaltung von Spannungsquellen	262
4.1.12	Elektrische Leistung und elektrische Arbeit	264
4.1.13	Zur Übung	266
4.2	Ladungstransport in Flüssigkeiten und Gasen	266
4.2.1	Ladungstransport in Flüssigkeiten	266
4.2.2	Ladungstransport im Vakuum und in Gasen	280
4.2.3	Plasmaströme	285
4.2.4	Zur Übung	286
4.3	Elektrisches Feld	286
4.3.1	Allgemeiner Feldbegriff	286
4.3.2	Beschreibung des elektrischen Feldes	286
4.3.3	Elektrische Feldstärke und Kraft	288
4.3.4	Elektrische Feldstärke und elektrostatisches Potenzial	290
4.3.5	Bewegung geladener Teilchen im elektrischen Feld	295
4.3.6	Leiter im elektrischen Feld	299
4.3.7	Nichtleiter im elektrischen Feld, elektrische Polarisation und Permittivitätszahl	308
4.3.8	Energieinhalt des elektrischen Feldes	316
4.3.9	Zur Übung	318
4.4	Magnetisches Feld	319
4.4.1	Magnetfelder	319
4.4.2	Kraftwirkungen im Magnetfeld	320
4.4.3	Magnetische Feldstärke und Durchflutungsgesetz	328
4.4.4	Berechnung von Magnetfeldern	331
4.4.5	Materie im Magnetfeld	337
4.4.6	Zur Übung	351
4.5	Instationäre Felder	352
4.5.1	Elektromagnetische Induktion	352
4.5.2	Periodische Felder (Wechselstromkreis)	365
4.5.3	Ein- und Ausschaltvorgänge in Stromkreisen	377
4.5.4	Zusammenhang elektrischer und magnetischer Größen – Maxwell'sche Gleichungen	381
4.5.5	Zur Übung	387
4.6	Technische Anwendungen	388
4.6.1	Elektrische Maschinen	388
4.6.2	Messgeräte	391
5	Schwingungen und Wellen	397
5.1	Schwingungen	397
5.1.1	Physikalische Grundlagen schwingungsfähiger Systeme	397
5.1.2	Freie Schwingung	401
5.1.3	Erzwungene Schwingung	420
5.1.4	Überlagerung von Schwingungen	427
5.1.5	Schwingungen mit mehreren Freiheitsgraden (gekoppeltes Schwingungssystem)	435
5.1.6	Nichtlineare Schwinger	438
5.1.7	Parametrisch erregte Schwingungen	439
5.1.8	Zur Übung	440

5.2	Wellen	440
5.2.1	Physikalische Grundlagen der Wellenausbreitung . .	440
5.2.2	Harmonische Wellen	443
5.2.3	Zur Übung	449
5.2.4	Doppler-Effekt	450
5.2.5	Zur Übung	452
5.2.6	Interferenz	453
5.2.7	Zur Übung	463
6	Optik	465
6.1	Einführung	465
6.2	Geometrische Optik	466
6.2.1	Lichtstrahlen	466
6.2.2	Reflexion des Lichtes	467
6.2.3	Brechung des Lichtes	473
6.2.4	Abbildung durch Linsen	483
6.2.5	Blenden im Strahlengang	495
6.2.6	Zur Übung	496
6.2.7	Abbildungsfehler	496
6.2.8	Optische Instrumente	496
6.3	Radio- und Fotometrie	506
6.3.1	Einführung	506
6.3.2	Strahlungsphysikalische Größen	506
6.3.3	Zur Übung	513
6.3.4	Lichttechnische Größen	514
6.3.5	Zur Übung	516
6.3.6	Farbmetrik	516
6.3.7	Zur Übung	520
6.4	Wellenoptik	520
6.4.1	Interferenz und Beugung	520
6.4.2	Polarisation des Lichtes	547
6.5	Quantenoptik	556
6.5.1	Lichtquanten	556
6.5.2	Dualismus Teilchen–Welle	560
6.5.3	Wärmestrahlung	561
6.5.4	Laser	563
6.5.5	Materiewellen	567
6.6	Abbildung mikroskopischer Objekte	570
6.6.1	Beugungsbegrenzte Abbildung	570
6.6.2	Überwindung der Beugungsbegrenzung	573
7	Akustik	579
7.1	Einführung	579
7.2	Schallwellen	580
7.2.1	Schallausbreitung	580
7.2.2	Schallwandler	584
7.2.3	Schallwellen an Grenzflächen	589
7.2.4	Zur Übung	594

7.3	Schallempfindung	595
7.3.1	Physiologische Akustik	595
7.3.2	Musikalische Akustik	598
7.3.3	Zur Übung	601
7.4	Technische Akustik	602
7.4.1	Raumakustik	602
7.4.2	Luftschalldämmung	604
7.4.3	Körperschalldämmung	605
7.4.4	Strömungsgeräusche	608
7.4.5	Ultraschall	609
7.4.6	Schalleinsatz	610
7.4.7	Zur Übung	611
8	Atom- und Kernphysik	613
8.1	Bohr'sches Atommodell	614
8.1.1	Optisches Spektrum des Wasserstoffatoms	614
8.1.2	Bohr'sche Postulate	616
8.1.3	Quantenbedingungen nach Bohr/Sommerfeld	617
8.2	Quantentheorie	619
8.2.1	Hamilton-Operator	621
8.2.2	Schrödinger-Gleichung	623
8.2.3	Unschärferelation	628
8.2.4	Quantenmechanik des Wasserstoffatoms	630
8.2.5	Quanten-Hall-Effekt	633
8.2.6	Tunneleffekt	639
8.3	Bahn- und Spinmagnetismus	641
8.3.1	Zeeman- und Stark-Effekt	643
8.3.2	Elektronen- und Kernspinresonanz	643
8.4	Systematik des Atombaus	645
8.4.1	Periodensystem der Elemente	645
8.4.2	Aufbau der Elektronenhülle	646
8.5	Röntgenstrahlung	647
8.5.1	Bremsstrahlung und charakteristische Strahlung	647
8.5.2	Absorption von Röntgenstrahlung, Computertomografie	648
8.6	Molekülspektren	651
8.6.1	Potenzialkurve	651
8.6.2	Rotations-Schwingungs-Spektrum	654
8.6.3	Raman-Effekt	656
8.7	Aufbau der Atomkerne	657
8.7.1	Größe und Ladungsverteilung	657
8.7.2	Kernmodelle	660
8.8	Kernumwandlung	667
8.8.1	Radioaktiver Zerfall	667
8.8.2	Kernreaktionen	678
8.8.3	Kernspaltung und Kernreaktoren	684
8.8.4	Kernfusion	695

8.9	Elementarteilchen	699
8.9.1	Standardmodell der Elementarteilchen	701
8.9.2	Erhaltungssätze und Pauli-Prinzip	707
8.9.3	Fundamentale Wechselwirkungen	709
8.10	Strahlenschutz	712
8.10.1	Wechselwirkung der Strahlung mit Materie	713
8.10.2	Dosisgrößen	721
8.10.3	Biologische Wirkung der Strahlung	723
8.10.4	Dosismessung	727
8.10.5	Strahlenschutzmaßnahmen	729
8.10.6	Zur Übung	733
9	Festkörperphysik	735
9.1	Struktur fester Körper	735
9.1.1	Kristallbindungsarten	735
9.1.2	Kristalline Strukturen	738
9.1.3	Gitterfehler	741
9.1.4	Amorphe Werkstoffe	744
9.1.5	Makromolekulare Festkörper	745
9.1.6	Ausgewählte Werkstoffe	748
9.1.7	Flüssigkristalle	754
9.2	Elektronen in Festkörpern	757
9.2.1	Energiebänder-Modell	757
9.2.2	Metalle	760
9.2.3	Halbleiter	765
9.2.4	Supraleitung	777
9.2.5	Zur Übung	783
9.3	Thermodynamik fester Körper	784
9.3.1	Gitterschwingungen	784
9.3.2	Effekte im Zusammenhang mit Wärmefluss und elektrischem Strom	791
9.3.3	Piezoelektrizität	794
9.3.4	Zur Übung	796
9.4	Optoelektronische Halbleiter-Bauelemente	796
9.4.1	Strahlungsquellen	796
9.4.2	Empfänger	800
10	Spezielle Relativitätstheorie	809
10.1	Relativität des Bezugssystems	809
10.2	Lorentz-Transformation	811
10.3	Relativistische Effekte	813
10.3.1	Längenkontraktion	813
10.3.2	Zeitdilatation	814
10.3.3	Relativistische Addition der Geschwindigkeiten	815
10.4	Relativistische Dynamik	816

10.5	Spezielle Relativitätstheorie in der Elektrodynamik	820
10.5.1	Elektrodynamische Kraft	820
10.5.2	Doppler-Effekt des Lichtes	820
10.5.3	Zur Übung	821
11	Kosmologie	823
11.1	Eine kurze Geschichte der Kosmologie	823
11.2	Physik des Urknalls	825
11.3	Brücke zwischen dem Allerkleinsten und dem Allergrößten .	826
11.4	Die dunkle Seite des Kosmos	827
11.5	Schwarze Löcher	828
12	Anhang	831
12.1	Lösungen der Übungsaufgaben	831
12.1.1	Einführung	831
12.1.2	Mechanik	834
12.1.3	Thermodynamik	855
12.1.4	Elektrizität und Magnetismus	866
12.1.5	Schwingungen und Wellen	876
12.1.6	Optik	884
12.1.7	Akustik	908
12.1.8	Atom- und Kernphysik	913
12.1.9	Festkörperphysik	914
12.1.10	Spezielle Relativitätstheorie	919
12.2	Vektor-Operatoren	922
12.3	Physikalische Konstanten	924
12.4	Umrechnung von Energiemaßen und Energieäquivalenten . .	924
12.5	Veraltete Maßeinheiten oder solche außerhalb des SI	925
12.6	Nobelpreisträger der Physik	926
	Stichwortverzeichnis	935