

# Inhaltsverzeichnis

1. Optik .....	1
1.1 Grundgesetze der Strahlenoptik .....	1
1.1.1 Lichtstrahlen .....	2
1.1.2 Reflexion von Lichtstrahlen .....	2
1.1.3 Brechung von Lichtstrahlen .....	5
1.1.4 Optische Abbildung mit idealen Linsen .....	9
1.1.5 Dicke Linsen und Objektive .....	14
1.1.6 Zusammenfassung .....	15
1.1.7 Aufgaben .....	16
1.2 Die Kamera und das Auge .....	17
1.2.1 Die fotografische Kamera .....	17
1.2.2 Das Wirbeltierauge .....	18
1.2.3 Der Sehwinkel .....	19
1.2.4 Aufgaben .....	19
1.3 Das Mikroskop .....	20
1.3.1 Die Lupe .....	21
1.3.2 Das Mikroskop .....	23
1.3.3 Zusammenfassung .....	27
1.3.4 Aufgaben .....	28
1.4 Exkurs: Schwingungen und Wellen .....	28
1.4.1 Wellenerscheinungen beim Licht .....	29
1.4.2 Schwingungen .....	30
1.4.3 Wellen .....	33
1.4.4 Zusammenfassung .....	39
1.4.5 Aufgaben .....	40
1.5 Licht als Welle .....	41
1.5.1 Spektralfarben .....	41
1.5.2 Beugung an Blenden und Gittern .....	43
1.5.3 Auflösungsvermögen des Mikroskops .....	47
1.5.4 Phasenkontrastverfahren und Interferenzmikroskop .....	50

1.5.5	Zusammenfassung .....	52
1.5.6	Aufgaben .....	53
1.6	Licht als elektromagnetische Welle .....	53
1.6.1	Elektromagnetische Wellen .....	53
1.6.2	Polarisation .....	55
1.6.3	Ausblick .....	57
1.6.4	Aufgabe .....	57
2.	<i>Elektrische Geräte und Schaltungen</i> .....	58
2.1	Die Grundphänomene der Elektrizität .....	59
2.1.1	Ladung .....	59
2.1.2	Der elektrische Strom .....	60
2.1.3	Die elektrische Spannung .....	63
2.1.4	Zusammenfassung .....	65
2.1.5	Aufgaben .....	65
2.2	Weitere elektrische Größen .....	65
2.2.1	Der elektrische Widerstand .....	66
2.2.2	Arbeit. Energie .....	68
2.2.3	Die elektrische Leistung .....	70
2.2.4	Zusammenfassung .....	71
2.2.5	Aufgaben .....	71
2.3	Gleichstrom und Wechselstrom .....	72
2.3.1	Zeitabhängigkeit .....	72
2.3.2	Mittelwerte .....	72
2.3.3	Effektivwerte .....	74
2.3.4	Meßverfahren .....	76
2.3.5	Biologische Wirkungen .....	77
2.3.6	Schutzkontakt-Systeme .....	78
2.3.7	Zusammenfassung .....	79
2.3.8	Aufgaben .....	79
2.4	Elektrische Bauelemente .....	80
2.4.1	Widerstand .....	80
2.4.2	Kondensator .....	81
2.4.3	Spule und Transformator .....	87
2.4.4	Zusammenfassung .....	88
2.4.5	Aufgaben .....	89
2.5	Elektrische Schaltungen .....	90
2.5.1	Stromteilung. Spannungsteilung .....	90
2.5.2	Meßschaltungen für Ströme und Spannungen .....	94

2.5.3 Zusammenfassung .....	96
2.5.4 Aufgaben .....	97
2.6 Elektrische Operationseinheiten .....	98
2.6.1 Stromquellen .....	98
2.6.2 Gleichrichter .....	99
2.6.3 Verstärker .....	101
2.6.4 Meßwandler .....	104
2.6.5 Registriergeräte .....	106
2.6.6 Zusammenfassung .....	109
2.6.7 Aufgaben .....	109
2.7 Optoelektronik .....	110
2.7.1 Fotozellen, Sekundärelektronenvervielfacher .....	110
2.7.2 Fotoleiter .....	112
2.7.3 Fotospannungseffekt .....	112
2.7.4 Aufgaben .....	113
2.8 Ausblick .....	114
 3. Bewegung von Teilchen in Feldern .....	115
3.1 Grundbegriffe der Mechanik .....	115
3.1.1 Kinematik .....	115
3.1.2 Grundgesetz der Dynamik .....	120
3.1.3 Homogene Kraftfelder .....	122
3.1.4 Zusammenfassung .....	125
3.1.5 Aufgaben .....	126
3.2 Elektrisches und magnetisches Feld .....	126
3.2.1 Kraftwirkung des elektrischen Feldes .....	127
3.2.2 Kraftwirkung des magnetischen Feldes .....	128
3.2.3 Ladungen als Quellen eines elektrostatischen Feldes ...	130
3.2.4 Magnetfeld stationärer Ströme .....	132
3.2.5 Maxwell-Gleichungen .....	133
3.2.6 Zusammenfassung .....	134
3.2.7 Aufgaben .....	134
3.3 Energie .....	135
3.3.1 Kinetische und potentielle Energie. Energieerhaltung ..	135
3.3.2 Kraft und Arbeit .....	136
3.3.3 Reibung .....	138
3.3.4 Elektrisches Feld und Spannung .....	139
3.3.5 Elektrische Leistung .....	141
3.3.6 Zusammenfassung .....	142
3.3.7 Aufgaben .....	142

3.4	Das Elektronenmikroskop .....	143
3.4.1	Elektronen als Teilchen und Wellen .....	144
3.4.2	Auflösungsvermögen .....	145
3.4.3	Bildkontrast .....	146
3.4.4	Arbeitsweise des Elektronenmikroskops .....	147
3.4.5	Aufgaben .....	150
3.5	Das Massenspektrometer .....	150
3.5.1	Aufbau eines Massenspektrometers .....	151
3.5.2	Probenzuführung und Ionenerzeugung .....	151
3.5.3	Massentrennung .....	152
3.5.4	Ionennachweis .....	154
3.5.5	Aufgaben .....	155
3.6	Reibung und elektrische Leitfähigkeit .....	155
3.6.1	Bewegung eines Teilchens mit Reibung .....	156
3.6.2	Elektrischer Widerstand .....	157
3.6.3	Aufgaben .....	160
3.7	Quantenmechanik .....	161
	Aufgaben .....	163
4.	<i>Mechanik fester, flüssiger und gasförmiger Körper</i> .....	164
4.1	Ruhende Flüssigkeiten und Gase .....	164
4.1.1	Ungeordnete Bewegung in ruhenden Flüssigkeiten und Gasen .....	165
4.1.2	Dichte und Druck .....	167
4.1.3	Barometrische Höhenformel .....	171
4.1.4	Auftrieb .....	174
4.1.5	Sedimentationsgleichgewicht .....	176
4.1.6	Zusammenfassung .....	177
4.1.7	Aufgaben .....	178
4.2	Zentrifugation .....	178
4.2.1	Zentrifugalkraft .....	178
4.2.2	Sedimentationsgleichgewicht und Gradientenmethode .....	180
4.2.3	Zeitlicher Ablauf der Sedimentation .....	183
4.2.4	Zusammenfassung .....	184
4.2.5	Aufgaben .....	185
4.3	Strömung von Flüssigkeiten .....	185
4.3.1	Geschwindigkeitsfeld. Stromdichte. Kontinuitätsgleichung .....	186
4.3.2	Bernoullische Gleichung .....	187

4.3.3 Viskosität. Laminare Strömung .....	188
4.3.4 Reibungswiderstand von Körpern .....	193
4.3.5 Ähnlichkeitsgesetze. Turbulenz .....	195
4.3.6 Zusammenfassung .....	197
4.3.7 Aufgaben .....	197
4.4 Deformation elastischer Materialien .....	198
4.4.1 Dehnungselastizität. Hookesches Gesetz .....	198
4.4.2 Anisotropes elastisches Verhalten .....	201
4.4.3 Plastische Verformung. Reißen .....	202
4.4.4 Aufgabe .....	203
4.5 Akustik .....	203
4.5.1 Elastische Schwingungen. Schallquellen .....	204
4.5.2 Schallwellen .....	206
4.5.3 Resonanz. Schallempfänger .....	210
4.5.4 Das Ohr. Subjektive Schallempfindung .....	212
4.5.5 Zusammenfassung .....	215
4.5.6 Aufgaben .....	215
4.6 Oberflächen und Membranen .....	217
4.6.1 Grenzflächen von Flüssigkeiten. Kohäsion und Adhäsion ..	217
4.6.2 Adhäsion zwischen Flüssigkeit und festem Stoff .....	220
4.6.3 Lipidschichten .....	222
4.6.4 Zusammenfassung .....	224
4.6.5 Aufgaben .....	225
5. Atom- und Moleküophysik. Spektrometrie .....	226
5.1 Entwicklung und Bedeutung von Modellvorstellungen im atomaren Bereich .....	226
5.2 Elektronen machen sich bemerkbar .....	229
5.2.1 Gebundene und freie Elektronen .....	229
5.2.2 Atomelektronen und Molekülelektronen .....	233
5.2.3 Spektrometrie .....	236
5.2.4 Zusammenfassung .....	238
5.2.5 Aufgaben .....	238
5.3 Atome und Moleküle lassen sich "sehen" .....	240
5.3.1 Spektrometrie mit sichtbarem und ultraviolettem Licht ..	240
5.3.2 Spektrometrie in der Gasphase .....	241
5.3.3 Spektrometrie an Lösungen .....	244
5.3.4 Lichtstreuung .....	251
5.3.5 Elektronenspinresonanz (ESR) und Kernspinresonanz (NMR)	254

5.3.6 Zusammenfassung .....	256
5.3.7 Aufgaben .....	257
5.4 Moleküle lassen sich erkennen .....	258
5.4.1 Moleküle schwingen .....	258
5.4.2 Moleküle rotieren .....	260
5.4.3 Moleküle absorbieren und emittieren in charakteristischer Weise Infrarotstrahlung .....	263
5.4.4 Zusammenfassung .....	268
5.4.5 Aufgaben .....	268
5.5 Weitere Wechselwirkungen von Licht und Materie .....	269
5.5.1 Photochemische Wirkungen .....	269
5.5.2 Fotosynthese .....	271
5.5.3 Der Laser .....	272
5.5.4 Aufgaben .....	275
5.6 Ausblick .....	275
 6. Kernphysik .....	277
6.1 Der Atomkern .....	278
6.1.1 Die Nukleonen .....	278
6.1.2 Natürliche Radioaktivität .....	282
6.1.3 Halbwertszeit .....	284
6.1.4 Die Maßeinheit der Radioaktivität .....	285
6.1.5 Aufgaben .....	286
6.2 Künstliche Radioaktivität .....	287
6.2.1 Das Positron .....	287
6.2.2 Die Kernspaltung .....	288
6.2.3 Die Kernfusion .....	290
6.2.4 Aufgaben .....	291
6.3 Röntgenstrahlung. Gammastrahlung .....	291
6.3.1 Erzeugung von Röntgenstrahlung .....	292
6.3.2 Absorption von Röntgenstrahlung .....	295
6.3.3 Röntgendiffraktometrie .....	296
6.3.4 Kosmische Strahlung .....	298
6.3.5 Aufgaben .....	299
6.4 Nutzanwendungen radioaktiven Materials .....	300
6.4.1 Altersbestimmungen .....	300
6.4.2 Tracer-Methoden .....	301
6.4.3 Abschwächungs- und Verdünnungsmethoden .....	303
6.4.4 Ionisationseffekte .....	304
6.4.5 Aufgaben .....	305

6.5	Strahlenschäden und Strahlenschutz .....	305
6.5.1	Strahlendosimetrie .....	306
6.5.2	Strahlenbiologie. Dosiswirkungsbeziehungen .....	307
6.5.3	Strahlenschutz .....	310
6.5.4	Aufgaben .....	312
6.6	Kernstrahlungsmeßtechnik .....	312
6.6.1	Der Geiger-Müller-Zähler .....	313
6.6.2	Der Szintillationsdetektor .....	314
6.6.3	Der Halbleiterdetektor .....	316
6.6.4	Die Fotoschicht-Schwärzung .....	317
6.6.5	Nebel- und Blasenkammer .....	317
6.6.6	Fehlerquellen bei Kernstrahlungsmessungen .....	319
6.6.7	Aufgaben .....	320
6.7	Ausblick .....	320
7.	<i>Thermodynamik</i> .....	322
7.1	Das thermodynamische Gleichgewicht .....	323
7.1.1	Der Begriff des Gleichgewichtes .....	323
7.1.2	Zustandsgleichungen .....	326
7.1.3	Zusammenfassung .....	329
7.1.4	Aufgaben .....	330
7.2	Kinetik der Gase .....	331
7.2.1	Wahrscheinlichkeitsverteilung der Geschwindigkeit .....	331
7.2.2	Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung .....	332
7.2.3	Zustandsgleichungen .....	334
7.2.4	Entropie .....	337
7.2.5	Chemische Reaktionen in Gasen .....	342
7.2.6	Zusammenfassung .....	347
7.2.7	Aufgaben .....	348
7.3	Die Hauptsätze der Thermodynamik .....	349
7.3.1	Der erste Hauptsatz .....	349
7.3.2	Isobare Prozesse. Enthalpie .....	350
7.3.3	Der zweite Hauptsatz .....	352
7.3.4	Isobar-isotherme Prozesse. Freie Enthalpie .....	353
7.3.5	Zusammenfassung .....	355
7.3.6	Aufgaben .....	355
7.4	Anwendungen des zweiten Hauptsatzes .....	356
7.4.1	Phasen .....	356
7.4.2	Verdünnte Lösungen .....	358

7.4.3 Chemische Reaktionen. Bioenergetik .....	362
7.4.4 Elektrochemie .....	367
7.4.5 Zusammenfassung .....	368
7.4.6 Aufgaben .....	369
8. <i>Dissipative Prozesse</i> .....	370
8.1 Energietransport und Wärmeleitung .....	371
8.1.1 Wärmeleitung .....	371
8.1.2 Konvektion .....	374
8.1.3 Temperaturstrahlung .....	375
8.1.4 Regulation der Temperatur bei Warmblütern .....	377
8.1.5 Der Energiehaushalt der Erde .....	379
8.1.6 Zusammenfassung .....	380
8.1.7 Aufgaben .....	380
8.2 Stofftransport in Lösungen .....	381
8.2.1 Das 1. Ficksche Gesetz .....	382
8.2.2 Das 2. Ficksche Gesetz. Anwendungen auf einfache Diffusionsvorgänge .....	384
8.2.3 Abhängigkeit der Diffusionskonstanten von der Molekülgröße .....	390
8.2.4 Zusammenfassung .....	392
8.2.5 Aufgaben .....	392
8.3 Stofftransport durch Membranen .....	393
8.3.1 Transport ungeladener Moleküle durch einfache Diffusion .....	393
8.3.2 Transport von Ionen durch einfache Diffusion .....	398
8.3.3 Erleichterter Transport .....	400
8.3.4 Aktiver Transport .....	402
8.3.5 Zusammenfassung .....	406
8.3.6 Aufgaben .....	407
8.4 Nichtlineare Phänomene .....	407
Anhang A <i>Mathematische Formeln</i> .....	412
A.1 Geometrie .....	412
A.2 Vektoren .....	413
A.3 Funktionen .....	415
A.4 Differentiation .....	418
A.5 Integration .....	420

Anhang B <i>Physikalische Größen und Maßeinheiten</i> .....	422
B.1 <i>Physikalische Größen</i> .....	422
B.2 <i>Gegenseitiger Zusammenhang physikalischer Größen</i> .....	422
B.3 <i>Das internationale Einheitensystem</i> .....	423
B.4 <i>Dezimalfaktoren</i> .....	424
B.5 <i>Einige spezielle Größen und Einheiten</i> .....	425
Anhang C <i>Naturkonstanten</i> .....	428
Anhang D <i>Griechisches Alphabet</i> .....	429
Anhang E <i>Lösungen der Aufgaben</i> .....	430
Anhang F <i>Ergänzende und weiterführende Literatur</i> .....	443
Sachverzeichnis .....	449