

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung .....</b>	<b>13</b>
1.1 Entwicklung des physikalischen Weltbildes .....	13
1.2 Bedeutung der Physik in verschiedenen Wissensgebieten und Anwendungen .....	16
1.3 System und Modell .....	17
1.4 Der Messvorgang .....	18
1.5 Physikalische Größen und Einheiten .....	19
1.6 Messgenauigkeit .....	23
<b>2 Mechanik .....</b>	<b>31</b>
2.1 Mechanik von Massenpunkten .....	31
2.1.1 Kinematik von Massenpunkten .....	31
2.1.2 Dynamik von Massenpunkten, Erhaltungssätze .....	39
2.1.3 Wechselwirkungskräfte .....	57
2.1.3.1 Gravitationswechselwirkung, Newton'sches Gravitationsgesetz ..	58
2.1.3.2 Molekulare Wechselwirkung und harmonischer Oszillator .....	69
2.2 Bewegte Bezugssysteme, Trägheitskräfte .....	72
2.2.1 Translation von Bezugssystemen .....	72
2.2.2 Rotation von Bezugssystemen .....	76
2.3 Streuvorgänge .....	81
2.4 Mechanik starrer Körper .....	92
2.4.1 Statik starrer Körper .....	93
2.4.2 Dynamik der Rotation starrer Körper .....	98
2.4.3 Rotation starrer Körper um feste Achsen .....	103
2.4.4 Rotation starrer Körper um freie Achsen, Kreiselbewegung .....	111
2.5 Mechanik fester Körper, Elastizitätslehre .....	117
2.5.1 Deformationen (Verzerrungen) fester Körper .....	117
2.5.2 Spannungen in festen Körpern .....	119
2.5.3 Elastische Eigenschaften isotroper und anisotroper Festkörper .....	121
2.5.4 Spezielle elastische Verformungen isotroper Festkörper .....	124
2.5.5 Oberflächeneigenschaften fester Körper .....	127
2.5.5.1 Härte von Festkörpern .....	127
2.5.5.2 Reibung von Festkörpern .....	128
2.6 Mechanik von Flüssigkeiten und Gasen .....	131
2.6.1 Mechanik ruhender Flüssigkeiten und Gase (Hydrostatik) .....	131
2.6.2 Oberflächeneigenschaften ruhender Flüssigkeiten .....	136

2.6.3 Mechanik strömender Flüssigkeiten und Gase (Hydrodynamik) .....	139
2.6.3.1 Grundbegriffe .....	139
2.6.3.2 Erhaltung der Masse, Kontinuitätsgleichung .....	140
2.6.3.3 Strömung reibungsfreier Fluide .....	143
2.6.3.4 Strömung zäher Fluide .....	148
<b>3 Schwingungen und Wellen .....</b>	<b>153</b>
3.1 Grundbegriffe .....	153
3.2 Schwingungen .....	154
3.2.1 Ungedämpfte Schwingungen .....	154
3.2.2 Überlagerung ungedämpfter Schwingungen .....	156
3.2.3 Gedämpfte Schwingungen .....	159
3.2.4 Erzwungene Schwingungen .....	162
3.2.5 Gekoppelte Schwingungen .....	165
3.3 Wellen .....	166
3.3.1 Grundbegriffe .....	166
3.3.2 Ausbreitungsgeschwindigkeit von Wellen .....	169
3.3.3 Wellengleichung .....	172
3.3.4 Ausbreitung und Überlagerung von Wellen .....	173
3.3.5 Dopplereffekt .....	174
3.3.6 Mechanische Wellen in elastisch deformierbaren Medien .....	177
<b>4 Thermodynamik .....</b>	<b>181</b>
4.1 Grundlagen .....	181
4.2 Temperatur und Temperaturskalen .....	182
4.2.1 Temperaturmessung, Celsius-Skala .....	183
4.2.2 Zustandsgleichung idealer Gase, Kelvin-Skala .....	183
4.3 Wärmemenge und mechanische Energie .....	185
4.4 Kinetik idealer Gase .....	187
4.4.1 Kinetische Berechnung des Gasdruckes .....	187
4.4.2 Kinetische Definition der Temperatur .....	190
4.4.3 Brown'sche Bewegung .....	191
4.4.4 Maxwell-Boltzmann'sche Geschwindigkeitsverteilung .....	193
4.4.5 Mittlere freie Weglänge .....	197
4.5 Wärmekapazität .....	198
4.5.1 Wärmekapazität von idealen Gasen .....	199
4.5.2 Wärmekapazität fester Körper .....	202
4.6 Transportvorgänge .....	204
4.6.1 Impulstransport .....	204
4.6.2 Massetransport .....	205
4.6.3 Wärmetransport .....	208

4.6.3.1 Wärmeleitung .....	208
4.6.3.2 Wärmetransport durch Konvektion .....	210
4.6.3.3 Wärmestrahlung .....	211
4.7 Energieaustausch thermodynamischer Systeme, Hauptsätze der Thermodynamik .....	215
4.7.1 Grundbegriffe .....	215
4.7.2 Erster Hauptsatz der Thermodynamik .....	216
4.7.3 Spezielle Zustandsänderungen idealer Gase .....	217
4.7.3.1 Isochore Zustandsänderungen .....	217
4.7.3.2 Isobare Zustandsänderungen .....	217
4.7.3.3 Isotherme Zustandsänderungen .....	218
4.7.3.4 Adiabatische Zustandsänderungen .....	219
4.7.4 Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik .....	221
4.7.5 Kreisprozesse in idealen Gasen .....	222
4.7.6 Entropie und dritter Hauptsatz der Thermodynamik .....	225
4.7.7 Statistische Interpretation der Entropie .....	229
4.7.8 Thermodynamische Potenziale, Gleichgewichtsbedingungen .....	233
4.8 Reale Gase .....	234
4.8.1 Van der Waals'sche Zustandsgleichung .....	235
4.8.2 Phasenübergänge .....	236

## **5 Elektrodynamik ..... 241**

5.1 Grundbegriffe .....	241
5.2 Elektrostatik .....	242
5.2.1 Grundlagen, Coulomb'sches Kraftgesetz, Gauß'sches Gesetz .....	242
5.2.2 Elektrische Felder statischer Ladungsverteilungen, Influenz .....	249
5.2.3 Kondensatoren .....	255
5.2.4 Energiedichte des elektrischen Feldes .....	264
5.2.5 Elektrische Dipole .....	266
5.2.6 Isolierende Stoffe (Dielektrika) im elektrischen Feld .....	269
5.2.7 Freie Ladungen und dielektrische Verschiebung .....	274
5.3 Elektrische Ströme .....	283
5.3.1 Grundbegriffe .....	283
5.3.2 Erhaltung der Ladung, Kontinuitätsgleichung .....	285
5.3.3 Leitfähigkeit elektrischer Leiter, Ohm'sches Gesetz .....	286
5.3.4 Gleichstromnetzwerke .....	288
5.3.5 Stromleistung .....	292
5.3.6 Schaltvorgänge bei Kondensatoren .....	294
5.3.7 Stromleitung in materiellen Medien .....	297
5.3.7.1 Stromleitung in Festkörpern, elektrische Kontaktspannungsreihe ..	297
5.3.7.2 Stromleitung in Flüssigkeiten, elektrochemische Spannungsreihe	303

5.3.7.3 Stromleitung in Gasen .....	306
<b>5.4 Magnetostatik .....</b>	<b>308</b>
5.4.1 Grundlagen, Ampere'sches Gesetz, Quellfreiheit .....	308
5.4.2 Magnetfelder elektrischer Ströme, Biot-Savart'sches Gesetz .....	315
5.4.3 Magnetfelder spezieller stromdurchflossener Leiter, Spulen .....	318
5.4.4 Kräfte auf Ladungen im Magnetfeld, Lorentz-Kraft .....	325
5.4.5 Kraftwirkung zwischen stromdurchflossenen Leitern .....	327
<b>5.5 Zeitabhängige elektromagnetische Felder .....</b>	<b>328</b>
5.5.1 Zeitabhängige Magnetfelder, Faraday'sches Induktionsgesetz .....	328
5.5.2 Induktivität von Leiteranordnungen, Spulen .....	333
5.5.3 Schaltvorgänge bei Spulen .....	335
5.5.4 Energiedichte des magnetischen Feldes .....	338
5.5.5 Zeitabhängige elektrische Felder, Maxwell'scher Verschiebungsstrom	340
5.5.6 Magnetische Dipole .....	344
5.5.7 Materielle Medien (Magnetika) im magnetischen Feld .....	346
5.5.8 Freie Ströme und magnetische Feldstärke .....	353
5.5.9 Grundgleichungen der Elektrodynamik .....	358
<b>5.6 Elektromagnetische Schwingungen .....</b>	<b>360</b>
5.6.1 Wechselspannung und Wechselstrom .....	360
5.6.2 Drehstrom .....	364
5.6.3 Transformator .....	365
5.6.4 Komplexe Impedanz .....	368
5.6.5 Impedanzen spezieller Wechselstromwiderstände .....	370
5.6.6 Spezielle Wechselstromschaltungen, Resonanzerscheinungen .....	373
<b>5.7 Elektromagnetische Wellen .....</b>	<b>377</b>
5.7.1 Elektromagnetische Schwingkreise .....	377
5.7.2 Ausbreitung elektromagnetischer Wellenfelder .....	380
5.7.2.1 Wellenausbreitung in Abwesenheit freier Ladungen und Ströme	381
5.7.2.2 Wellenausbreitung in Anwesenheit freier Ladungen und Ströme	383
5.7.3 Ebene elektromagnetische Wellen im Vakuum .....	385
5.7.4 Energietransport in elektromagnetischen Wellen .....	388
<b>6 Optik .....</b>	<b>391</b>
6.1 Grundlagen .....	392
6.2 Strahlungsmessung und Fotometrie .....	394
6.3 Grundprinzipien der Optik .....	399
6.4 Strahlenoptik .....	400
6.4.1 Grundbegriffe .....	400
6.4.2 Reflexion des Lichtes .....	402
6.4.3 Abbildung durch Spiegel .....	402
6.4.4 Brechung des Lichtes .....	406

6.4.5 Lichtbrechung an einem Prisma .....	408
6.4.6 Abbildung durch dünne Linsen .....	410
6.4.7 Abbildungsfehler .....	417
6.4.8 Optische Instrumente .....	418
6.4.8.1 Kamera und Projektor .....	418
6.4.8.2 Lupe und Mikroskop .....	419
6.4.8.3 Fernrohr und Spiegelteleskop .....	419
6.5 Wellenoptik .....	420
6.5.1 Interferenz und Kohärenz .....	421
6.5.2 Interferometrie .....	425
6.5.2.1 Zweistrahlinterferenz .....	425
6.5.2.2 Vielstrahlinterferenz .....	428
6.5.3 Fraunhofer'sche Beugung .....	434
6.5.3.1 Fraunhofer'sche Beugung an einem einfachen Spalt .....	434
6.5.3.2 Fraunhofer'sche Beugung an einer kreisförmigen Öffnung .....	439
6.5.3.3 Fraunhofer'sche Beugung an einem Doppelspalt .....	439
6.5.3.4 Fraunhofer'sche Beugung an einem Gitter .....	442
6.5.4 Fresnel'sche Beugung .....	444
6.5.5 Auflösungsvermögen optischer Instrumente .....	446
6.5.5.1 Auflösungsvermögen eines Fernrohrs .....	447
6.5.5.2 Auflösungsvermögen eines Mikroskops .....	448
6.5.5.3 Auflösungsvermögen eines Gitterspektrometers .....	450
6.5.6 Reflexion und Polarisation des Lichtes .....	450
6.5.7 Optik anisotroper Medien und Doppelbrechung .....	454

## **7 Grundzüge der Relativitätsmechanik ..... 461**

7.1 Elektromagnetische Felder in verschiedenen Inertialsystemen .....	461
7.2 Grundprinzipien der speziellen Relativitätsmechanik .....	464
7.3 Gleichzeitigkeit .....	465
7.4 Zeitdilatation .....	467
7.5 Längenkontraktion .....	471
7.6 Lorentz-Transformation .....	473
7.7 Minkowski-Diagramme .....	476
7.8 Geschwindigkeitsaddition .....	480
7.9 Masse und Energie .....	481

## **8 Grundzüge der Quantenmechanik ..... 485**

8.1 Teilchennatur elektromagnetischer Wellen .....	485
8.2 Quantenzustände von Atomen .....	488
8.3 Wellennatur von Teilchen .....	491
8.4 Die Schrödinger-Gleichung .....	493

8.5 Beschreibung quantenmechanischer Zustände und Messgrößen .....	494
8.6 Die Heisenberg'sche Unschärferelation .....	496
8.7 Aufbau von Atomen .....	498
Physikalische Konstanten und Einheiten im Überblick .....	501
Sachregister .....	505