

Inhaltsverzeichnis

Nutzen Sie dieses Buch individuell XXI

1. Mechanik der Massenpunkte

1

1.1 Messen und Maßeinheiten	1
1.1.1 Messen	1
1.1.2 Maßeinheiten	2
1.1.3 Maßsysteme und Dimensionen	2
1.1.4 Längeneinheit	3
1.1.5 Winkelmaße	4
1.1.6 Zeitmessung	4
1.1.7 Messfehler	5
1.2 Kinematik	9
1.2.1 Ortsvektor	9
1.2.2 Geschwindigkeit	10
1.2.3 Beschleunigung	11
1.3 Dynamik	12
1.3.1 Trägheit	12
1.3.2 Kraft und Masse	12
1.3.3 Maßeinheiten	13
1.3.4 Newtons Axiome	13
1.4 Einfache Bewegungen	14
1.4.1 Die gleichmäßig beschleunigte Bewegung	14
1.4.2 Die gleichförmige Kreisbewegung ..	16
1.4.3 Die harmonische Schwingung	18
1.5 Arbeit, Energie, Impuls, Leistung	20
1.5.1 Arbeit	20
1.5.2 Kinetische Energie	22
1.5.3 Impuls	23
1.5.4 Kraftfelder	24
1.5.5 Potentielle Energie	24
1.5.6 Der Energiesatz	25
1.5.7 Leistung	26
1.5.8 Zentralkräfte	26
1.5.9 Anwendungen des Energie- und Impulsbegriffes ...	27
1.5.10 Impulsraum	38
1.6 Reibung	40
1.6.1 Reibungsmechanismen	40
1.6.2 Bewegung unter Reibungseinfluss ..	42
1.6.3 Flug von Geschossen	43
1.6.4 Die technische Bedeutung der Reibung	44
1.7 Gravitation	46
1.7.1 Das Gravitationsgesetz	46

1.7.2 Das Gravitationsfeld	48
1.7.3 Gezeitenkräfte	49
1.7.4 Planetenbahnen	52
1.8 Trägheitskräfte	54
1.8.1 Arten der Kräfte	54
1.8.2 Inertialsysteme	55
1.8.3 Rotierende Bezugssysteme	56
1.8.4 Bahnstörungen	57
1.8.5 Invarianzen und Erhaltungssätze ...	59
Aufgaben	61

2. Mechanik des starren Körpers

2

2.1 Translation und Rotation	72
2.1.1 Bewegungsmöglichkeiten eines starren Körpers	72
2.1.2 Infinitesimale Drehungen	73
2.1.3 Die Winkelgeschwindigkeit	73
2.2 Dynamik des starren Körpers	74
2.2.1 Rotationsenergie	74
2.2.2 Das Trägheitsmoment	74
2.2.3 Das Drehmoment	75
2.2.4 Der Drehimpuls	76
2.2.5 Das Trägheitsmoment als Tensor ...	77
2.2.6 Der Drehimpulssatz	77
2.2.7 Die Bewegungsgleichung des starren Körpers	80
2.3 Gleichgewicht und Bewegung eines starren Körpers	80
2.3.1 Gleichgewichtsbedingungen	80
2.3.2 Gleichmäßig beschleunigte Rotation	85
2.3.3 Drehschwingungen	85
2.3.4 Kippung	86
2.3.5 Drehung um freie Achsen	87
2.4 Der Kreisel	88
2.4.1 Nutation des kräftefreien Kreisels ..	88
2.4.2 Präzession des Kreisels	89
Aufgaben	91

3. Mechanik deformierbarer Körper

3

3.1 Ruhende Flüssigkeiten und Gase (Hydro- und Aerostatik)	93
3.1.1 Der feste, flüssige und gasförmige Zustand	93

3.1.2	Die Gestalt von Flüssigkeitsoberflächen	94
3.1.3	Druck	95
3.1.4	Der Schweredruck	96
3.1.5	Gasdruck	98
3.1.6	Der Atmosphärendruck	99
3.2	Oberflächenspannung	100
3.3	Strömungen	104
3.3.1	Beschreibung von Strömungen	104
3.3.2	Innere Reibung	109
3.3.3	Die laminare Strömung	110
3.3.4	Bewegungsgleichung einer Flüssigkeit	115
3.3.5	Kriterien für die verschiedenen Strömungstypen	116
3.3.6	Strömung idealer Flüssigkeiten	118
3.3.7	Der hydrodynamische Impulssatz ..	121
3.3.8	Strömungswiderstand	123
3.3.9	Wirbel	125
3.3.10	Turbulenz	128
3.4	Der deformierbare Festkörper	130
3.4.1	Dehnung und Kompression	130
3.4.2	Scherung	131
3.4.3	Zusammenhang zwischen E -Modul und G -Modul	132
3.4.4	Anelastisches Verhalten	132
3.4.5	Elastische Energie	134
3.4.6	Wie biegen sich die Balken?	134
3.4.7	Knickung	135
3.4.8	Härte	135
Aufgaben	.....	136
4.	Schwingungen und Wellen 4	
4.1	Schwingungen	141
4.1.1	Überlagerung von Schwingungen ..	142
4.1.2	Gedämpfte Schwingungen	150
4.1.3	Erzwungene Sinusschwingungen ..	154
4.1.4	Amplituden- und Phasenmodulation	158
4.2	Wellen	160
4.2.1	Beschreibung von Wellen	160
4.2.2	Die Wellengleichung	161
4.2.3	Elastische Wellen	162
4.2.4	Überlagerung von Wellen	164
4.2.5	Intensität einer Welle	169
4.3	Wellenausbreitung	171
4.3.1	Streuung	172
4.3.2	Das Prinzip von Huygens-Fresnel ..	172
4.3.3	Das Prinzip von Fermat	173
4.3.4	Beugung	175
4.3.5	Doppler-Effekt; Mach-Wellen	176
4.3.6	Absorption	178
4.3.7	Stoßwellen	179
4.4	Eigenschwingungen	181
4.4.1	Gekoppelte Pendel	181
4.4.2	Wellen im Kristallgitter; die Klein-Gordon-Gleichung	182
4.4.3	Stehende elastische Wellen	184
4.4.4	Eigenschwingungen von Platten, Membranen und Hohlräumen	186
4.4.5	Entartung	188
4.5	Schallwellen	189
4.5.1	Schallmessungen	189
4.5.2	Töne und Klänge	191
4.5.3	Lautstärke	193
4.5.4	Das Ohr	194
4.5.5	Ultraschall und Hyperschall	196
4.6	Oberflächenwellen auf Flüssigkeiten	197
Aufgaben	.....	202
5.	Wärme 5	
5.1	Wärmeenergie und Temperatur	207
5.1.1	Was ist Wärme?	207
5.1.2	Temperatur	208
5.1.3	Thermometer	210
5.1.4	Freiheitsgrade	211
5.1.5	Wärmekapazität	212
5.1.6	Kalorimeter	214
5.2	Kinetische Gastheorie	214
5.2.1	Der Gasdruck	214
5.2.2	Die Zustandsgleichung idealer Gase	216
5.2.3	Der 1. Hauptsatz der Wärmelehre ..	217
5.2.4	c_V und c_p bei Gasen	218
5.2.5	Adiabatische Zustandsänderungen ..	219
5.2.6	Druckarbeit	220
5.2.7	Mittlere freie Weglänge und Wirkungsquerschnitt	221
5.2.8	Brownsche Bewegung	223
5.2.9	Die Boltzmann-Verteilung	224
5.2.10	Die Maxwell-Verteilung	225
5.3	Wärme kraftmaschinen	227
5.3.1	Thermische Energiewandler	227
5.3.2	Arbeitsdiagramme	229
5.3.3	Wirkungsgrad von thermischen Energiewandlern ..	229
5.4	Wärmeleitung und Diffusion	232
5.4.1	Mechanismen des Wärmetransportes	232
5.4.2	Die Gesetze der Wärmeleitung	232
5.4.3	Wärmeübergang und Wärmedurchgang	236
5.4.4	Wärmetransport durch Konvektion ..	237
5.4.5	Diffusion in Gasen und Lösungen ..	237

5.4.6 Transportphänomene 239

5.5 Entropie 242

5.5.1 Irreversibilität 242

5.5.2 Wahrscheinlichkeit und Entropie ... 243

5.5.3 Entropie und Wärmeenergie 245

5.5.4 Berechnung von Entropien 245

5.5.5 Der 2. Hauptsatz der Wärmelehre .. 248

5.5.6 Reversible Kreisprozesse 249

5.5.7 Das thermodynamische
Gleichgewicht 251

5.5.8 Chemische Energie 255

5.5.9 Freie Energie, Helmholtz-Gleichung
und 3. Hauptsatz der Wärmelehre .. 259

5.6 Aggregatzustände 261

5.6.1 Koexistenz
von Flüssigkeit und Dampf 261

5.6.2 Koexistenz
von Festkörper und Flüssigkeit 265

5.6.3 Koexistenz dreier Phasen 266

5.6.4 Reale Gase 267

5.6.5 Kinetische Deutung
der van der Waals-Gleichung 269

5.6.6 Joule-Thomson-Effekt;
Gasverflüssigung 270

5.6.7 Erzeugung tiefster Temperaturen ... 272

5.7 Lösungen 274

5.7.1 Grundbegriffe 275

5.7.2 Osmose 275

5.7.3 Dampfdrucksenkung 276

5.7.4 Destillation 277

5.8 Vakuum 278

5.8.1 Bedeutung der Vakuumtechnik 278

5.8.2 Vakuumpumpen 279

5.8.3 Strömung verdünnter Gase 281

5.8.4 Vakuum-Messgeräte 282

Aufgaben 284

**6. Elektromagnetismus:
Ladungen und Ströme**

6

6.1 Elektrostatik 293

6.1.1 Elektrische Ladungen 293

6.1.2 Das elektrische Feld 296

6.1.3 Spannung und Potential 298

6.1.4 Berechnung von Feldern 302

6.1.5 Kapazität 305

6.1.6 Dipole 308

6.1.7 Influenz 309

6.1.8 Energie einer Ladungsverteilung ... 310

6.1.9 Das elektrische Feld als Träger
der elektrischen Energie 310

6.2 Dielektrika 311

6.2.1 Die Verschiebungsdichte 311

6.2.2 Dielektrizitätskonstante 311

6.2.3 Mechanismen
der dielektrischen Polarisierung 314

6.2.4 Energiedichte des elektrischen
Feldes im Dielektrikum 316

6.2.5 Elektrostriktion;
Piezo- und Pyroelektrizität 316

6.3 Gleichströme 318

6.3.1 Stromstärke 318

6.3.2 Das ohmsche Gesetz 319

6.3.3 Energie und Leistung
elektrischer Ströme 321

6.3.4 Gleichstromtechnik 322

6.4 Mechanismen der elektrischen Leitung ... 326

6.4.1 Nachweis freier Elektronen
in Metallen 326

6.4.2 Elektronentransport in Metallen ... 327

6.4.3 Elektrische Leitfähigkeit 328

6.4.4 Elektrolyse 331

6.4.5 Elektrolytische Leitfähigkeit 333

6.4.6 Ionenwolken;
elektrochemisches Potential 336

6.5 Galvanische Elemente 340

6.5.1 Ionengleichgewicht
und Nernst-Gleichung 340

6.5.2 Auflösung von Metallionen 341

6.5.3 Galvanische Elemente 341

6.5.4 Galvanische Polarisierung 342

6.5.5 Polarisierung
und Oberflächenspannung 343

6.6 Thermoelektrizität 344

6.6.1 Der Seebeck-Effekt 344

6.6.2 Peltier-Effekt
und Thomson-Effekt 346

6.7 Ströme und Felder 346

6.7.1 Elektrostatik 346

6.7.2 Lorentz-Kraft und Magnetfeld 347

6.7.3 Kräfte auf Ströme im Magnetfeld .. 348

6.7.4 Der Hall-Effekt 350

6.7.5 Relativität der Felder 351

6.8 Erzeugung von Magnetfeldern 353

6.8.1 Das Feld
des geraden Elektronenstrahls
oder des geraden Drahtes 353

6.8.2 Der gerade Draht,
relativistisch betrachtet 354

6.8.3 Allgemeine Eigenschaften
des Magnetfeldes 355

6.8.4 Bezeichnungen
elektromagnetischer Felder 357

6.9 Das Magnetfeld von Strömen 357

6.9.1 Vergleich mit dem elektrischen Feld;
der Satz von Biot-Savart 360

6.9.2 Magnetostatik 362

6.9.3 Elektromagnete 364

6.9.4 Magnetische Spannung
und Vektorpotential 365

6.9.5 Das Magnetfeld der Erde 366

Aufgaben 371

7. Elektrodynamik

7

7.1 Induktion 379

7.1.1 Faradays Induktionsversuche 379

7.1.2 Das Induktionsgesetz
als Folge der Lorentz-Kraft 381

7.1.3 Die Richtung des induzierten
Stromes (Lenz-Regel) 384

7.1.4 Wirbelströme 385

7.1.5 Induktivität 386

7.1.6 Ein- und Ausschalten
von Gleichströmen 387

7.1.7 Energie und Energiedichte
im Magnetfeld 388

7.1.8 Gegeninduktion 388

7.2 Magnetische Materialien 390

7.2.1 Magnetisierung 390

7.2.2 Diamagnetismus 392

7.2.3 Paramagnetismus 392

7.2.4 Ferromagnetismus 393

7.2.5 Der Einstein-de Haas-Effekt 395

7.2.6 Struktur der Ferromagnetika 395

7.2.7 Antiferromagnetismus
und Ferrimagnetismus 398

7.2.8 Ferro- und Antiferroelektrizität 398

7.3 Wechselströme 398

7.3.1 Erzeugung von Wechselströmen 399

7.3.2 Effektivwerte
von Strom und Spannung 401

7.3.3 Wechselstromwiderstände 402

7.3.4 Zweipole, Ortskurven,
Ersatzschaltbilder 405

7.3.5 Messinstrumente
für elektrische Größen 408

7.3.6 Drehstrom 411

7.3.7 Schwingkreise 413

7.3.8 Transformatoren 415

7.3.9 Das Betatron 418

7.3.10 Elektromotoren und Generatoren ... 420

7.3.11 Skineffekt 424

7.4 Elektromagnetische Wellen 425

7.4.1 Der Verschiebungsstrom 425

7.4.2 Der physikalische Inhalt
der Maxwell-Gleichungen 426

7.4.3 Ebene elektromagnetische Wellen .. 427

7.4.4 Energiedichte und Energieströmung 431

7.4.5 Der lineare Oszillator 431

7.4.6 Die Ausstrahlung
des linearen Oszillators 433

7.4.7 Wellengleichung
und Telegraphengleichung 435

7.4.8 Warum funkt man
mit Trägerwellen? 437

7.4.9 Drahtwellen 438

7.4.10 Hohlraumoszillatoren
und Hohlleiter 439

Aufgaben 441

8. Freie Elektronen und Ionen

8

8.1 Erzeugung von freien Ladungsträgern 447

8.1.1 Glühemission (Richardson-Effekt) . 447

8.1.2 Photoeffekt
(Lichtelektrischer Effekt) 449

8.1.3 Feldemission 450

8.1.4 Sekundärelektronen 451

8.1.5 Ionisierung eines Gases 451

8.2 Bewegung freier Ladungsträger 452

8.2.1 Elektronen
im homogenen elektrischen Feld ... 452

8.2.2 Elektronen
im homogenen Magnetfeld 453

8.2.3 Oszilloskop und Fernsehöhre 455

8.2.4 Thomsons Parabelversuch;
Massenspektroskopie 456

8.2.5 Die Geschwindigkeitsabhängigkeit
der Elektronenmasse 457

8.2.6 Die Elektronenöhre 458

8.2.7 Elektronenöhren als Verstärker 461

8.2.8 Schwingungserzeugung
durch Rückkopplung 462

8.2.9 Erzeugung und Verstärkung
höchsfrequenter Schwingungen 463

8.2.10 Teilchenfallen 464

8.3 Gasentladungen 465

8.3.1 Leitfähigkeit von Gasen 465

8.3.2 Stoßionisation 468

8.3.3 Einteilung der Gasentladungen 469

8.3.4 Glimmentladungen 470

8.3.5 Bogen und Funken 470

8.3.6 Gasentladungslampen 471

8.3.7 Kathoden-, Röntgen-
und Kanalstrahlung 472

8.4 Plasmen 473
 8.4.1 Der „vierte Aggregatzustand“ 473
 8.4.2 Plasmaschwingungen 475
 8.4.3 Plasmen im Magnetfeld 476
 8.4.4 Fusionsplasmen 478
Aufgaben 480

9. Geometrische Optik 9

9.1 Reflexion und Brechung 483
 9.1.1 Lichtstrahlen 483
 9.1.2 Reflexion 484
 9.1.3 Brechung 487
 9.1.4 Totalreflexion 487
 9.1.5 Prismen 489
9.2 Optische Instrumente 490
 9.2.1 Brechung an Kugelflächen 490
 9.2.2 Dicke Linsen 493
 9.2.3 Linsenfehler 494
 9.2.4 Abbildungsmaßstab
 und Vergrößerung 495
 9.2.5 Die Lupe 496
 9.2.6 Das Mikroskop 496
 9.2.7 Der Dia-Projektor 498
 9.2.8 Das Fernrohr oder Teleskop 499
 9.2.9 Das Auge 501
9.3 Die Lichtgeschwindigkeit c 502
 9.3.1 Astronomische Methoden 502
 9.3.2 Laufzeitmessungen im Labor 503
 9.3.3 Resonatormethoden 504
 9.3.4 Anwendungen 505
 9.3.5 Lichtgeschwindigkeit im Medium .. 505
9.4 Matrizenoptik 506
9.5 Geometrische Elektronenoptik 507
 9.5.1 Das Brechungsgesetz
 für Elektronen 507
 9.5.2 Elektrische Elektronenlinsen 509
 9.5.3 Magnetische Linsen 510
 9.5.4 Elektronenmikroskope 511
Aufgaben 514

10. Wellenoptik 10

10.1 Interferenz und Beugung 519
 10.1.1 Kohärenz 520
 10.1.2 Die Grundkonstruktion
 der Interferenzoptik 521
 10.1.3 Gitter 523
 10.1.4 Spalt- und Lochblende 525
 10.1.5 Auflösungsvermögen
 optischer Geräte 526

10.1.6 Auflösungsvermögen
 des Spektrographen 528
 10.1.7 Fraunhofer-Beugung 532
 10.1.8 Fresnel-Linsen 532
 10.1.9 Holographie 534
 10.1.10 Fresnel-Beugung 535
 10.1.11 Stehende Lichtwellen 536
 10.1.12 Interferenzfarben 537
 10.1.13 Interferometrie 538
10.2 Polarisation des Lichts 543
 10.2.1 Lineare und elliptische Polarisation 543
 10.2.2 Polarisationsapparate 544
 10.2.3 Polarisation durch Doppelbrechung 544
 10.2.4 Polarisation
 durch Reflexion und Brechung 547
 10.2.5 Intensitätsverhältnisse
 bei Reflexion und Brechung 548
 10.2.6 Reflexminderung 550
 10.2.7 Interferenzen im parallelen
 linear polarisierten Licht 551
 10.2.8 Interferenzen im konvergenten
 polarisierten Licht 553
 10.2.9 Drehung der Polarisationssebene ... 553
 10.2.10 Der elektrooptische Effekt
 (Kerr-Effekt) 555
**10.3 Absorption, Dispersion und Streuung
 des Lichts** 555
 10.3.1 Absorption 556
 10.3.2 Dispersion 557
 10.3.3 Atomistische Deutung
 der Dispersion 558
 10.3.4 Deutung des Faraday-Effektes 561
 10.3.5 Warum ist der Himmel blau? 562
Aufgaben 566

11. Strahlungsfelder 11

11.1 Das Strahlungsfeld 569
 11.1.1 Strahlungsgrößen 569
 11.1.2 Photometrische Größen 571
 11.1.3 Photometrie
 und Strahlungsmessung 571
11.2 Strahlungsgesetze 573
 11.2.1 Wärmestrahlung
 und thermisches Gleichgewicht 573
 11.2.2 Das Spektrum
 der schwarzen Strahlung 575
 11.2.3 Plancks Strahlungsgesetz 576
 11.2.4 Lage des Emissionsmaximums;
 Wiensches Verschiebungsgesetz 578
 11.2.5 Gesamtemission des schwarzen
 Strahlers; Stefan-Boltzmann-Gesetz 579

11.2.6	Der kosmische schwarze Strahler ...	580
11.2.7	Pyrometrie	581
11.3	Die Welt der Farben	582
11.3.1	Farbe	582
11.3.2	Infrarot und Ultraviolett	587
11.3.3	Die Strahlung der Sonne	593
11.3.4	Warum sind die Blätter grün?	599
Aufgaben	.....	602

12. Relativistische Physik 12

12.1	Maßstäbe und Uhren – Raum und Zeit	607
12.1.1	Bezugs- oder Inertialsysteme	608
12.1.2	Das Michelson-Experiment	609
12.1.3	Das Relativitätspostulat	613
12.1.4	Die 4. Dimension: Die Zeit	614
12.2	Gleichzeitigkeit	616
12.2.1	Pythagoras und Minkowski	618
12.2.2	Abstände in der Raumzeit	619
12.2.3	Kausalität	620
12.2.4	Bewegte Uhren gehen langsamer – die Zeitdilatation	620
12.2.5	Das Zwillingssparadoxon	623
12.2.6	Maßstabsvergleich und Längenkontraktion	626
12.3	Die Lorentz-Transformation	627
12.4	Vierervektoren	628
12.5	Relativistischer Doppler-Effekt	630
12.6	Addition von Geschwindigkeiten	633
12.7	Relativistisches Sehen	634
12.7.1	Ruhende Beobachter, bewegte Objekte	635
12.7.2	Bewegte Beobachter, ruhende Objekte	637
12.8	Relativistischer Impuls und relativistische Energie	639
12.8.1	Die newtonschen Impulse werden beim Wechsel des Bezugssystems nicht erhalten	640
12.8.2	Der 4-Impuls	641
12.8.3	Systeme von Teilchen	643
12.9	Elektromagnetische Felder und Bewegung	644
12.9.1	Relativistische Ladungsinvarianz	645
12.9.2	Der elektromagnetische Feldtensor .	648
12.9.3	Elektromagnetische Wellen	650
12.10	Gravitation und Kosmologie	650
12.10.1	Allgemeine Relativität	650
12.10.2	Einsteins Gravitationstheorie	652
12.10.3	Gravitationswellen	655
12.10.4	Schwarze Löcher	657
12.10.5	Kosmologische Modelle	659
12.10.6	Die kosmologische Kraft	661

12.10.7	Gab es einen Urknall?	663
12.10.8	Das Geheimnis der dunklen Massen	666
Aufgaben	.....	667

13. Teilchen, Wellen, mikroskopische Physik 13

13.1	Das Photon	678
13.1.1	Entdeckung des Photons	678
13.1.2	Masse und Impuls der Photonen; Strahlungsdruck	679
13.1.3	Stoß von Photonen und Elektronen; Compton-Effekt	680
13.1.4	Rückstoß bei der γ -Emission; Mößbauer-Effekt	681
13.2	Wellen und Teilchen	683
13.2.1	Materiewellen	683
13.2.2	Elektronenbeugung	684
13.2.3	Elektronenbeugung an Lochblenden	685
13.2.4	Selbstinterferenz von Atomen	687
13.2.5	Interferometrie mit Materiewellen ..	689
13.2.6	Die Unbestimmtheitsrelation	690
13.3	Spektren	691
13.3.1	Emission und Absorption von Licht	691
13.3.2	Linienverbreiterung	692
13.3.3	Fluoreszenz	694
13.3.4	Phosphoreszenz	695
13.3.5	Raman-Effekt	695
13.4	Der Versuch von Franck und Hertz	696
13.4.1	Die Energiestufen der Atome	697
13.4.2	Anregung und Ionisierung	698
13.5	Die Entdeckung des Atomkerns	699
13.5.1	Das leere Atom	700
13.5.2	Das Experiment von Rutherford	701
13.6	Grundzüge der Quantenmechanik	704
13.6.1	Einleitung: Mathematisches Handwerkszeug ...	704
13.6.2	Vektoren und Funktionen	705
13.6.3	Matrizen und Operatoren	705
13.6.4	Eigenfunktionen und Eigenwerte ...	706
13.6.5	Zustandsgrößen der Quantenmechanik	708
13.6.6	Die Unbestimmtheitsrelation	711
13.6.7	Der Energieoperator (Hamilton-Operator)	713
13.6.8	Die Schrödinger-Gleichung	716
13.7	Teilchen in Potentialtöpfen	717
13.7.1	Stationäre Zustände	717
13.7.2	Der Tunneleffekt	720
13.7.3	Harmonisch gebundene Teilchen ...	722
13.7.4	Der Knotensatz	724
Aufgaben	.....	726

14. Physik der Atome und ihre Anwendungen 14

- 14.1 Quantenphysik und Atome** 732
 - 14.1.1 Bohr-Sommerfeld-Modelle
des Atoms 732
 - 14.1.2 Quanten-Fluktuationen
stabilisieren die Atome 733
 - 14.1.3 Atomare Einheiten
und Feinstrukturkonstante α 734
- 14.2 Das Wasserstoffatom nach Schrödinger** .. 735
 - 14.2.1 Das Kepler-Problem
im Coulombfeld 735
 - 14.2.2 Schrödinger-Gleichung
für das Wasserstoffatom 736
 - 14.2.3 Quantenzahlen, Spektrum
und Energiediagramm 741
 - 14.2.4 Aufhebung der *l*-Entartung:
Einelektronenatome 743
- 14.3 Magnetismus von Atomen** 744
 - 14.3.1 Stern-Gerlach-Experiment 744
 - 14.3.2 Magnetisches Moment eines Atoms 744
 - 14.3.3 Präzession im Magnetfeld 745
 - 14.3.4 Spektrum im Magnetfeld,
der normale Zeeman-Effekt 745
- 14.4 Elektronenspin und Feinstruktur** 747
 - 14.4.1 Magnetische Spin-Bahn-Kopplung . 748
 - 14.4.2 Gesamtdrehimpuls 749
 - 14.4.3 Feinstruktur
im Einelektronen-Atom 750
 - 14.4.4 Zeeman-Effekt
von Einelektronen-Atomen 752
 - 14.4.5 Stark-Effekt 755
- 14.5 Atome mit zwei Elektronen** 755
 - 14.5.1 Das Helium-Atom 755
 - 14.5.2 Der Grundzustand
des Helium-Atoms 757
 - 14.5.3 Angeregte Zustände
des Helium-Atoms 758
 - 14.5.4 Drehimpulse im Helium-Atom 759
 - 14.5.5 Andere Zweielektronen-Atome 760
- 14.6 Wie strahlen die Atome?** 761
 - 14.6.1 Atomare Antennen 761
 - 14.6.2 Quantentheorie
der atomaren Strahlung 765
 - 14.6.3 Absorption und Emission 769
 - 14.6.4 Strahlungsverschiebungen 774
- 14.7 Lichtkräfte** 777
 - 14.7.1 Strahlungsdruck 777
 - 14.7.2 Optische Dipolkräfte 778
 - 14.7.3 Laserkühlung 778
- 14.8 Atomoptik** 780
 - 14.8.1 Atomare Beugung 782

- 14.8.2 Atominterferometer 783
- 14.9 Der Einfluss der Atomkerne** 784
 - 14.9.1 Isotopieverschiebungen 784
 - 14.9.2 Kernmagnetismus
und Hyperfeinstruktur 786
 - 14.9.3 Magnetische Resonanz 789
 - 14.9.4 Magnetische Resonanz
in Chemie und Medizin 794
 - 14.9.5 Rabi-Atomstrahlresonanz 796
 - 14.9.6 Ramseys Methode
der getrennten oszillierenden Felder 798
 - 14.9.7 Atomuhren, atomare Springbrunnen
und GPS 800
 - 14.9.8 Optisches Pumpen
und Magnetometer 803
- 14.10 Kräfte zwischen Atomen** 804
 - 14.10.1 Van der Waals-Kräfte 804
 - 14.10.2 Atomare Stöße 805
 - 14.10.3 Streuung
ununterscheidbarer Teilchen 807
- 14.11 Quantenmaterie** 808
 - 14.11.1 Bose-Einstein-Kondensation 810
 - 14.11.2 Atomare Bose-Kondensate 811
 - 14.11.3 Einteilchen-
und Vielteilchen-Quantenzustände . 813
 - 14.11.4 Materiewellen 814
 - 14.11.5 Suprafluidität und Vortizes 815
 - 14.11.6 Atomare Fermi-Gase 818
- Aufgaben** 820

15. Laserphysik 15

- 15.1 Laserprozesse** 823
 - 15.1.1 Wie strahlen die Atome? 823
 - 15.1.2 Energieaustausch
von Licht und Materie 825
 - 15.1.3 Inversion und Verstärkung 826
 - 15.1.4 Verstärkung und Verluste im Laser . 827
 - 15.1.5 Laserschwelle
und gesättigte Verstärkung 828
 - 15.1.6 Laserbetrieb
mit drei und vier Niveaus 828
- 15.2 Laserstrahlen** 829
 - 15.2.1 Gaußstrahlen 829
 - 15.2.2 Optische Resonatoren 831
 - 15.2.3 Laserleistung 832
- 15.3 Laser, Typen und Eigenschaften** 833
 - 15.3.1 Helium-Neon-Laser und Gaslaser .. 833
 - 15.3.2 Neodym-Laser und Festkörperlaser 835
 - 15.3.3 Diodenlaser 837
 - 15.3.4 Durchstimmbare Laser 838

15.4	Kurzzeitleaser	839	17.2	Gitterschwingungen	910
15.4.1	Güteschaltung	839	17.2.1	Spezifische Wärmekapazität	911
15.4.2	Modenkopplung	840	17.2.2	Gitterdynamik	915
15.4.3	Das Femtosekunden-Stroboskop	843	17.2.3	Optik der Ionenkristalle	918
15.4.4	Höchstleistungslaser	844	17.2.4	Phononen	920
Aufgaben	845		17.2.5	Wärmeleitung in Isolatoren	921
16. Die Elemente und die Chemie	16		17.3 Metalle	922	
16.1	Systematik des Atombaus	847	17.3.1	Das klassische Elektronengas	923
16.1.1	Das Periodensystem der Elemente	847	17.3.2	Das Fermi-Gas	925
16.1.2	Einteilchenmodell und Quantenzustände	850	17.3.3	Metalloptik	927
16.2	Atome mit mehreren Elektronen in der Quantenmechanik	851	17.3.4	Elektrische und Wärmeleitung	929
16.2.1	Bauprinzipien der Elektronenhülle ..	851	17.3.5	Energiebänder	931
16.2.2	Zentralfeldnäherung	852	17.3.6	Elektronen und Löcher	933
16.2.3	Drehimpuls und Spin im Mehrelektronenatom	853	17.4 Halbleiter	935	
16.2.4	Jenseits des Periodensystems	855	17.4.1	Reine Halbleiter	935
16.3 Röntgenstrahlung	856		17.4.2	Gestörte Halbleiter	938
16.3.1	Erzeugung und Nachweis	856	17.4.3	Halbleiter-Elektronik	941
16.3.2	Röntgenbeugung	857	17.4.4	Amorphe Halbleiter	944
16.3.3	Röntgenoptik	861	17.5 Gitterfehler	945	
16.3.4	Bremsstrahlung	862	17.5.1	Idealkristall und Realkristall	946
16.3.5	Charakteristische Strahlung	863	17.5.2	Thermische Fehlordnung	946
16.3.6	Röntgenabsorption	865	17.5.3	Chemische Fehlordnung	948
16.4 Moleküle	869		17.5.4	Versetzungen	949
16.4.1	Die Energiestufen der Moleküle	869	17.6 Makromolekulare Festkörper	952	
16.4.2	Rotationsbanden	870	17.6.1	Definition und allgemeine Eigenschaften	952
16.4.3	Das Rotations-Schwingungs- Spektrum	871	17.6.2	Länge eines linearen Makromoleküls	953
16.4.4	Die Potentialkurve des Moleküls ...	872	17.6.3	Gummielastizität	955
16.4.5	Molekulare Quantenzustände	874	17.6.4	Hochpolymere	956
16.4.6	Quantenchemie	875	17.7 Supraleitung	957	
Aufgaben	880		Aufgaben	963	
17. Festkörperphysik	17		18. Kerne und Elementarteilchen	18	
17.1	Kristallgitter	884	18.1	Kernbausteine	969
17.1.1	Dichteste Kugelpackungen	885	18.1.1	Kernbausteine und Kernkräfte	969
17.1.2	Gittergeometrie	889	18.1.2	Massendefekt, Isotopie und Massenspektroskopie	971
17.1.3	Kristallstrukturanalyse	891	18.1.3	Kernmodelle	973
17.1.4	Gitterenergie	895	18.1.4	Kernspaltung	976
17.1.5	Kristallbindung	900	18.1.5	Kernfusion	977
17.1.6	Einiges über Eis	903	18.2 Radioaktivität	981	
17.1.7	Kristallwachstum	907	18.2.1	Elementumwandlung	981
17.1.8	Fullerene	909	18.2.2	Zerfallsenergie	984
			18.2.3	Das Zerfallsgesetz	986
			18.3 Schnelle Teilchen	988	
			18.3.1	Durchgang schneller Teilchen durch Materie	989
			18.3.2	Nachweis schneller Teilchen	990
			18.3.3	Teilchenbeschleuniger	995
			18.3.4	Strahlendosis und Strahlenwirkung	999

18.4 Elementarteilchen 1002

18.4.1 Historischer Überblick 1002

18.4.2 Wie findet man neue Teilchen? 1004

18.4.3 Myonen und Pionen 1008

18.4.4 Neutron und Neutrinos 1009

18.4.5 Wechselwirkungen 1012

18.4.6 Elektromagnetische Wechselwirkung 1016

18.4.7 Die innere Struktur der Nukleonen 1018

18.4.8 Das Quarkmodell 1019

18.4.9 Quantenchromodynamik 1023

18.4.10 Symmetrien, Invarianzen, Erhaltungssätze 1026

18.4.11 Magnetische Monopole 1029

18.5 Kosmische Strahlung 1030

18.5.1 Ursprung und Nachweis 1030

18.5.2 Wechselwirkung mit Materie 1031

18.5.3 Strahlungsgürtel 1032

Aufgaben 1035

19. Statistische Physik 19

19.1 Statistik der Ensembles 1045

19.1.1 Zufallstexte 1045

19.1.2 Wahrscheinlichkeit einer Komposition 1046

19.1.3 Die wahrscheinlichste Komposition 1048

19.1.4 Schwankungerscheinungen 1050

19.1.5 Die kanonische Verteilung 1051

19.1.6 Beispiel: „Harmonischer Oszillator“ 1054

19.1.7 Mischungsentropie 1055

19.1.8 Das kanonische Ensemble (Ensemble von Gibbs) 1056

19.1.9 Arbeit und Wärme 1057

19.2 Physikalische Ensembles 1058

19.2.1 Physikalische Deutung 1058

19.2.2 Zustandsänderungen 1058

19.2.3 Verteilungsmodul und Temperatur 1059

19.2.4 Wahrscheinlichkeit und Entropie ... 1060

19.2.5 Die freie Energie; Gleichgewichtsbedingungen 1060

19.2.6 Statistische Gewichte 1062

19.2.7 Der Phasenraum 1063

19.2.8 Das ideale Gas 1064

19.2.9 Absolute Reaktionsraten 1066

19.3 Quantenstatistik 1067

19.3.1 Abzählung von Quantenteilchen 1067

19.3.2 Fermi-Dirac- und Bose-Einstein-Statistik 1068

19.3.3 Das Fermi-Gas 1071

19.3.4 Stoßvorgänge bei höchsten Energien 1074

19.3.5 Extreme Zustände der Materie 1076

19.3.6 Biografie eines Schwarzen Loches 1077

Aufgaben 1079

20. Nichtlineare Dynamik 20

20.1 Stabilität 1086

20.1.1 Dynamische Systeme 1086

20.1.2 Stabilität von Fixpunkten 1088

20.1.3 Der Phasenraum deterministischer Systeme 1090

20.2 Nichtlineare Schwingungen 1093

20.2.1 Pendel mit großer Amplitude 1093

20.2.2 Erzwungene Schwingungen mit nichtlinearer Rückstellkraft 1094

20.2.3 Selbsterregte Schwingungen 1096

20.2.4 Parametrische Schwingungserregung 1100

20.3 Biologische und chemische Systeme 1101

20.3.1 Populationsdynamik 1101

20.3.2 Einfache ökologische Modelle 1106

20.3.3 Kinetische Probleme 1109

20.4 Chaos und Ordnung 1113

20.4.1 Einfache Wege ins Chaos 1113

20.4.2 Chaos und Fraktale 1115

20.4.3 Iteratives Gleichungslösen 1120

20.4.4 Chaos im Kochtopf 1121

Aufgaben 1125

Quellennachweis

für die Einleitungs- und Ausblickabbildungen ... 1131

Sach- und Namenverzeichnis

A–Z 1133



<http://www.springer.com/978-3-540-25421-8>

Gerthsen Physik

(Ed.)D. Meschede

2006, XIX, 1162 S. 1347 Abb. Mit-CD-ROM., Hardcover

ISBN: 978-3-540-25421-8