

Inhalt

Vorwort 5

0 Zum richtigen Gebrauch dieses Buches 17

0.1 Achtung: Konsistenz-Prüfung !! Wichtig !! 19

0.2 Fehlersuche 21

0.3 Vorlesungsbegleitendes Üben der Rechentechniken 22

0.4 Klausurvorbereitung: Zusammenstellen eigener Übungs- und Trainingsklausuren ... 22

0.5 Selbstkontrolle durch Bewertung der eigenen Lösungen..... 23

0.6 Rundungsfehler und ein Sonderzeichen dieses Buches 23

0.7 Hinweis zum Kürzen und Vereinfachen von Ausdrücken..... 24

0.8 Hinweise zum Gebrauch von Formelsammlungen 24

0.9 Noch eine Bitte an alle Leserinnen und Leser..... 25

0.10 Hinweis: Nicht alle Leser verstehen alle Aufgaben 25

0.11 Naturkonstanten und Zahlenwerte 25

1 Mechanik 27

Aufgabe 1.1 Einführendes Beispiel: Geschwindigkeiten..... 27

Aufgabe 1.2 Beschleunigte Translationsbewegung 28

Aufgabe 1.3 Freier Fall 29

Aufgabe 1.4 Beschleunigte Translationsbewegung 31

Aufgabe 1.5 Wurfparabel (zweidimensional) 32

Aufgabe 1.6 Bahnkurve in Parameterform 34

Aufgabe 1.7 Geschwindigkeit, Reibung, Leistung 35

Aufgabe 1.8 Beschleunigung und Energieerhaltung..... 35

Aufgabe 1.9 Beschleunigte Rotationsbewegung..... 36

Aufgabe 1.10 Drehimpuls und Rotationsenergie 37

Aufgabe 1.11 Zentrifugalkraft..... 39

Aufgabe 1.12 Drehmomente beim Abrollen eines Fadens..... 40

Aufgabe 1.13 Schwerpunkt eines Zweikörpersystems 41

Aufgabe 1.14 Schwerpunkt eines Vielkörpersystems 43

Aufgabe 1.15 Ballistisches Pendel..... 45

Aufgabe 1.16 Elastischer Stoß (eindimensional) 47

Aufgabe 1.17 Rotationsenergie und Präzession..... 49

Aufgabe 2.41 Raumakustik, Direktschall und Diffusschall	157
Aufgabe 2.42 Kundt'sches Rohr, eindimensionale Modalanalyse	158
Aufgabe 2.43 Dreidimensionale Modalanalyse.....	159
Aufgabe 2.44 Schneiden- und Hiebtöne (bei Kühlventilatoren)	161
Aufgabe 2.45 Akustische Interferenzen	162
3 Elektrizität und Magnetismus	165
Aufgabe 3.1 Coulombfeld einer geladenen Kugel	165
Aufgabe 3.2 Geladene Teilchen im elektrischen Feld der Erde.....	166
Aufgabe 3.3 Elektrisches Feld der Erde (als Kugelkondensator).....	167
Aufgabe 3.4 Millikan-Versuch	168
Aufgabe 3.5 Elektrisches Feld eines geladenen Drahtes	169
Aufgabe 3.6 Elektrisches Feld zweier Punktladungen	172
Aufgabe 3.7 Elektrisches Feld eines speziellen Kondensators.....	174
Aufgabe 3.8 Coulombkräfte zwischen mehreren Ladungen	177
Aufgabe 3.9 Elektrisches Feld im Plattenkondensator	179
Aufgabe 3.10 Elektrometer als statisches Ladungsmessgerät	180
Aufgabe 3.11 Energie und Energiedichte des elektrischen Feldes	182
Aufgabe 3.12 Elektronenstrahl im elektrischen Feld	183
Aufgabe 3.13 Elektrisches Dipolmoment.....	185
Aufgabe 3.14 Potential und Gradient	186
Aufgabe 3.15 Vektorfeld, Rotation, Divergenz	187
Aufgabe 3.16 Vektorfeld, skalares Potential, Linienintegral	189
Aufgabe 3.17 Elektrischer Fluss.....	192
Aufgabe 3.18 Zahlenbeispiel zu Rotation und Divergenz.....	193
Aufgabe 3.19 Kondensator mit Dielektrikum	195
Aufgabe 3.20 Driftgeschwindigkeit von Elektronen im Draht.....	197
Aufgabe 3.21 Ladekurve eines Kondensators	198
Aufgabe 3.22 Messbereiche bei Strom- und Spannungsmessung	201
Aufgabe 3.23 Reale Spannungsquelle mit Innenwiderstand	202
Aufgabe 3.24 Widerstandnetzwerk	204
Aufgabe 3.25 Netzwerk aus Kondensatoren	206
Aufgabe 3.26 Wechselstrom-Impedanznetzwerk	207
Aufgabe 3.27 Elektrischer Schwingkreis, harmonische Schwingung	210
Aufgabe 3.28 Resonanz im elektrischen Schwingkreis.....	211
Aufgabe 3.29 Scheinwiderstand, Wirkwiderstand, Blindwiderstand	215
Aufgabe 3.30 Stromdichte in Hochspannungsleitungen	216

Aufgabe 3.31 RC-Phasenschieber.....	217
Aufgabe 3.32 Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes	220
Aufgabe 3.33 Energiespeicherung in Batterie.....	221
Aufgabe 3.34 Lorentz-Kraft: Elektronenstrahl im Magnetfeld.....	224
Aufgabe 3.35 Magnetischer Fluss.....	226
Aufgabe 3.36 Induktion einer Wechselspannung.....	227
Aufgabe 3.37 Magnetfeld einer zylindrischen Spule.....	228
Aufgabe 3.38 Kraft zwischen stromdurchflossenen Leitern	229
Aufgabe 3.39 Magnetfeld einer Leiterschleife.....	230
Aufgabe 3.40 Magnetfeldlinien verschiedener Leiteranordnungen	232
Aufgabe 3.41 Magnetisches Dipolmoment einer Spule.....	234
Aufgabe 3.42 Biot-Savart: Magnetfeld eines geraden Leiters	236
Aufgabe 3.43 Homogene Magnetfelder, Helmholtz-Spulen	239
Aufgabe 3.44 Induktivität einer Spule	241
Aufgabe 3.45 Hall-Effekt.....	242
Aufgabe 3.46 Poynting-Vektor elektromagnetischer Wellen	243
4 Gase und Wärmelehre	245
Aufgabe 4.1 Umrechnen zwischen Temperaturskalen	245
Aufgabe 4.2 Spezifische Wärmekapazität.....	246
Aufgabe 4.3 Mischungskalorimetrie.....	247
Aufgabe 4.4 Latente Wärme bei Phasenübergängen.....	248
Aufgabe 4.5 Energieeinheiten Kalorie und Joule.....	249
Aufgabe 4.6 Gesetz von Gay-Lussac	250
Aufgabe 4.7 Gesetz von Gay-Lussac	251
Aufgabe 4.8 Temperaturabhängigkeit der Dichte eines Gases.....	252
Aufgabe 4.9 Teilchendichte im Vakuum	253
Aufgabe 4.10 Zustandsdiagramm von Wasser, Gibbs'sche Phasenregel	254
Aufgabe 4.11 Maxwell-Verteilung.....	256
Aufgabe 4.12 Maxwell-Geschwindigkeitsverteilung (mikroskopisch).....	260
Aufgabe 4.13 Barometrische Höhenformel	262
Aufgabe 4.14 Aufsteigen eines Helium-Ballons	263
Aufgabe 4.15 Gleichverteilungssatz, thermodynamische Freiheitsgrade	266
Aufgabe 4.16 Adiabatische Kompression eines idealen Gases.....	268
Aufgabe 4.17 Isobare Zustandsänderung eines idealen Gases.....	271
Aufgabe 4.18 Isotherme Expansion eines idealen Gases.....	274
Aufgabe 4.19 Adiabatische Kompression eines idealen Gases.....	276

Aufgabe 4.20 Thermodynamischer Kreisprozess	279
Aufgabe 4.21 Carnot-Wirkungsgrad	282
Aufgabe 4.22 Carnot-Wirkungsgrad	283
Aufgabe 4.23 Wärmepumpe	284
Aufgabe 4.24 Dritter Hauptsatz der Thermodynamik	285
Aufgabe 4.25 Thermodynamischer Kreisprozess des Ottomotors	285
Aufgabe 4.26 Entropie und Mischungskalorimetrie	288
Aufgabe 4.27 Entropie beim Vermischen zweier Gase	290
Aufgabe 4.28 Zustandsgleichung realer Gase (van der Waals)	292
Aufgabe 4.29 Wärmedehnung (bei Festkörpern)	297
Aufgabe 4.30 Presssitz aufgrund Wärmedehnung	298
Aufgabe 4.31 Wärmeleitung	300
Aufgabe 4.32 Wärmetransport mit Konvektion	301
Aufgabe 4.33 Wärmestrahlung (Gleichgewicht)	303
Aufgabe 4.34 Stefan-Boltzmann-Gesetz	304
Aufgabe 4.35 Stefan-Boltzmann-Gesetz, Wien'sches Verschiebungsgesetz	305
Aufgabe 4.36 Vakuummantelgefäß (Dewar)	307
Aufgabe 4.37 Photometrische Größen bei Wärmestrahlung	308
5 Optik	311
Aufgabe 5.1 Grenzwinkel der Totalreflexion	311
Aufgabe 5.2 Lichtbrechung, Gesetz von Snellius	311
Aufgabe 5.3 Lichtbrechung, Brechungsindex	313
Aufgabe 5.4 Strahlengänge an Sammellinsen	315
Aufgabe 5.5 Strahlengänge an Streulinsen	317
Aufgabe 5.6 Strahlengang am Konvexspiegel	319
Aufgabe 5.7 Strahlengang am Konkavspiegel	321
Aufgabe 5.8 Abbildungsgleichung sphärischer Spiegel	322
Aufgabe 5.9 Brechkraft und Vergrößerung von Linsen	322
Aufgabe 5.10 Kombination zweier Linsen	323
Aufgabe 5.11 Linsenmachergleichung	326
Aufgabe 5.12 Astronomisches Fernrohr	328
Aufgabe 5.13 Dispersion, Prisma	328
Aufgabe 5.14 Fotoapparat: Objektivbrennweite, Tiefenschärfe	330
Aufgabe 5.15 Polarisation von Licht, Brewster-Winkel	332
Aufgabe 5.16 Polarisation: Filter und Analysator	333
Aufgabe 5.17 Photoeffekt	335

Aufgabe 5.18 Teilchen-Welle-Dualismus	336
Aufgabe 5.19 Lichtdruck, Impuls von Photonen	338
Aufgabe 5.20 Beugung, Huygens'sche Elementarwellen	339
Aufgabe 5.21 Beugung und Interferenz am Einfachspalt	340
Aufgabe 5.22 Beugung und Interferenz am Gitter	344
Aufgabe 5.23 Kohärentes Licht	346
Aufgabe 5.24 Mehrstrahlinterferenz an dünnen Schichten	346
Aufgabe 5.25 Photometrische Größen	348
6 Festkörperphysik	349
Aufgabe 6.1 Röntgenbeugung, Bestimmung der Gitterabstände	349
Aufgabe 6.2 Miller'sche Indizes	350
Aufgabe 6.3 Reziprokes Gitter	352
Aufgabe 6.4 Wigner-Seitz-Zelle	353
Aufgabe 6.5 Brillouin-Zone	355
Aufgabe 6.6 Gitterfehler, einige Beispiele	356
Aufgabe 6.7 Frank-Read-Quelle	357
Aufgabe 6.8 Zugversuch, Spannungs-Dehnungs-Diagramm	358
Aufgabe 6.9 Bindungsmechanismus: Ionenbindung	360
Aufgabe 6.10 Bindungsmechanismus: Metallische Bindung	361
Aufgabe 6.11 Drude-Modell, Driftgeschwindigkeit der Elektronen	362
Aufgabe 6.12 Fermi-Niveau, Fermi-Energie, Fermi-Temperatur	363
Aufgabe 6.13 Bändermodell – Grundlagen der Entstehung	365
Aufgabe 6.14 Leitfähigkeit im Bändermodell	366
Aufgabe 6.15 Temperaturabhängigkeit des elektr. Widerstandes	367
Aufgabe 6.16 Dotierung von Halbleitern	368
Aufgabe 6.17 pn-Übergang (Diode)	369
Aufgabe 6.18 Diamagnetismus	371
Aufgabe 6.19 Paramagnetismus	372
Aufgabe 6.20 Ferromagnetismus, Curie-Temperatur	373
Aufgabe 6.21 Weiß'sche Bezirke	374
Aufgabe 6.22 Ferromagnetische Hystereseschleife	375
Aufgabe 6.23 Ferrimagnetika, Antiferromagnetika	377
Aufgabe 6.24 Dielektrische Polarisationsmechanismen	377
Aufgabe 6.25 Dielektrizitätszahl, Elektrolyt	379
Aufgabe 6.26 Piezoeffekt	382
Aufgabe 6.27 Beispiel für praktische Messung der Dielektrizitätszahl	382

Aufgabe 6.28 Seebeck-Effekt, Peltier-Effekt	383
Aufgabe 6.29 Supraleitung	384
Aufgabe 6.30 Tunneleffekt	385
7 Spezielle Relativitätstheorie.....	389
Aufgabe 7.1 Strahlungsdruck elektromagnetischer Wellen	389
Aufgabe 7.2 Kastenexperiment nach Einstein	392
Aufgabe 7.3 Galilei- und Lorentz-Transformation	393
Aufgabe 7.4 Energie elektromagnetischer Wellen	395
Aufgabe 7.5 Masse-Energie-Äquivalenz	395
Aufgabe 7.6 Betazerfall des Neutrons	397
Aufgabe 7.7 Michelson-Morley-Experiment	398
Aufgabe 7.8 Zeitdilatation und Längenkontraktion	400
Aufgabe 7.9 Zeitdilatation in Maßstäben des Alltagslebens	402
Aufgabe 7.10 Lebensdauer relativistisch bewegter Teilchen	404
Aufgabe 7.11 Relativistische Massenzunahme, Impuls	405
Aufgabe 7.12 Addition von Geschwindigkeiten (relativistisch)	408
Aufgabe 7.13 Lichtausbreitung im bewegten Bezugssystem	409
Aufgabe 7.14 Relativistisch bewegte Masse und Impuls	411
Aufgabe 7.15 Relativistische Geschwindigkeitsberechnung	413
Aufgabe 7.16 Relativistischer Dopplereffekt	414
8 Atomphysik, Kernphysik, Elementarteilchen	417
Aufgabe 8.1 Bohr'sches Atommodell	417
Aufgabe 8.2 Stehwellenbedingung für Elektronenwellen	420
Aufgabe 8.3 D'Alembert'sche Wellengleichung & Schrödingergleichung	421
Aufgabe 8.4 Eindimensionaler Potentialtopf	422
Aufgabe 8.5 Elektron im Potential eines Atomkerns	426
Aufgabe 8.6 Quantenzahlen der Elektronen in der Atomhülle	428
Aufgabe 8.7 Experimentelle Überprüfung der Quantenzahlen	430
Aufgabe 8.8 Notation der Spektroskopie	431
Aufgabe 8.9 Feinstrukturaufspaltung, Natrium-Doublett (D-Linien)	432
Aufgabe 8.10 Isotopieaufspaltung von Spektrallinien	432
Aufgabe 8.11 Wien'sches Verschiebungsgesetz	433
Aufgabe 8.12 Aufbau des chemischen Periodensystems	434
Aufgabe 8.13 Röntgenstrahlung, Auger-Elektronen	436
Aufgabe 8.14 Photoeffekt	437

Aufgabe 8.15 DeBroglie-Wellenlänge	438
Aufgabe 8.16 Compton-Effekt.....	440
Aufgabe 8.17 Paarbildung (Teilchen + Antiteilchen).....	442
Aufgabe 8.18 Gamma-Emission	443
Aufgabe 8.19 Heisenberg'sche Unschärferelation	444
Aufgabe 8.20 Kernradius und Ladungsdichte (Abschätzung)	446
Aufgabe 8.21 Kernzerfälle (α -, β -, γ - Strahlung)	448
Aufgabe 8.22 Kernphysikalische Reaktionsgleichungen.....	449
Aufgabe 8.23 Neutronenüberschuss in Atomkernen.....	449
Aufgabe 8.24 Kernspaltung als Kettenreaktion	450
Aufgabe 8.25 Masse-Energie-Äquivalenz bei Kernzerfällen.....	451
Aufgabe 8.26 Freie Neutronen bei der Kernspaltung	452
Aufgabe 8.27 Halbwertszeiten und Zerfallsraten.....	452
Aufgabe 8.28 Radiokarbonmethode zur Altersdatierung.....	454
Aufgabe 8.29 Natürliche Linienbreite angeregter Zustände	455
Aufgabe 8.30 Fundamentale Wechselwirkungen der Natur.....	456
Aufgabe 8.31 Wechselwirkungsquanten	457
Aufgabe 8.32 Grundbausteine der Materie	458
Aufgabe 8.33 Spinresonanzen.....	459
Aufgabe 8.34 Kernfusion und Kernspaltung	461
Aufgabe 8.35 Umrechnung Teilchenenergie - Temperatur	463
Aufgabe 8.36 Laser, Funktionsprinzip	464
Aufgabe 8.37 Kernfusion: Einschlussmethoden, Lawson-Kriterium	465
Aufgabe 8.38 Elektroneneinfang (electron capture)	466
Aufgabe 8.39 Betazerfall im Quarkmodell	467
Aufgabe 8.40 Teilchenbeschleuniger, Kollisionsmaschinen.....	469
9 Statistische Unsicherheiten	471
Aufgabe 9.1 Statistische Mittelwerte	471
Aufgabe 9.2 Gauß-Verteilung	473
Aufgabe 9.3 Lineare Regression	474
Aufgabe 9.4 Gauß'sche Fehlerfortpflanzung	477
Aufgabe 9.5 Gauß'sche Fehlerfortpflanzung	479
Aufgabe 9.6 Poisson-Verteilung	480

10 Musterklausuren (verschiedener Hochschulen)	481
Klausur 10.1 Mechanik (1. Semester)	481
Klausur 10.2 Wärmelehre (2. Semester).....	483
Klausur 10.3 Schwingungen, Wellen, Optik, Akustik (3. Semester).....	486
Klausur 10.4 Verschiedene Themen (zweisemestrige Vorlesung)	489
Klausur 10.5 Elektromagn., Optik, Atom- und Kernphysik (3.Semester).....	492
Klausur 10.6 Schwingungen, Wellen, Optik, Elektrik (2. Semester)	494
Lösung zur Klausur 10.1.	497
Lösung zur Klausur 10.2.	500
Lösung zur Klausur 10.3.	504
Lösung zur Klausur 10.4.	511
Lösung zur Klausur 10.5.	516
Lösung zur Klausur 10.6.	525
 11 Anhang: Formeln und Register	535
11.0 Anmerkung zur Liste einiger Naturkonstanten	535
11.1 Formeln zu Kapitel 1	536
11.2 Formeln zu Kapitel 2	538
11.3 Formeln zu Kapitel 3	541
11.4 Formeln zu Kapitel 4	544
11.5 Formeln zu Kapitel 5	546
11.6 Formeln zu Kapitel 6	548
11.7 Formeln zu Kapitel 7	548
11.8 Formeln zu Kapitel 8	550
11.9 Formeln zu Kapitel 9	552
11.10 Gebrauch verschiedener Koordinatensysteme.....	553
 Sachwortverzeichnis.....	555