



ph
physik

Douglas C. Giancoli

Physik

3., aktualisierte Auflage

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|------------|
| Vorwort | XXI |
| Kapitel 1 Einführung, Messungen, Abschätzungen | 1 |
| 1.1 Das Wesen der Wissenschaft | 4 |
| 1.2 Modelle, Theorien und Gesetze | 4 |
| 1.3 Messungen und Messfehler; signifikante Stellen | 5 |
| 1.4 Einheiten, Standards und das SI-System | 8 |
| 1.5 Umrechnungseinheiten | 11 |
| 1.6 Größenordnung: Schnelle Abschätzung | 12 |
| 1.7 Einheiten und Einheitenüberprüfung | 16 |
| Zusammenfassung | 17 |
| Verständnisfragen | 17 |
| Aufgaben | 18 |
| Kapitel 2 Beschreibung von Bewegungen – Kinematik in einer Raumrichtung | 23 |
| 2.1 Bezugssystem und Weg | 25 |
| 2.2 Durchschnittsgeschwindigkeit | 27 |
| 2.3 Momentangeschwindigkeit | 28 |
| 2.4 Beschleunigung | 31 |
| 2.5 Bewegung bei konstanter Beschleunigung | 35 |
| 2.6 Problemlösungen | 38 |
| 2.7 Der freie Fall | 42 |
| 2.8 Einsatz der Integralrechnung; Ungleichförmige Beschleunigung | 49 |
| Zusammenfassung | 50 |
| Verständnisfragen | 51 |
| Aufgaben | 52 |
| Kapitel 3 Kinematik in zwei Raumrichtungen; Vektoren | 61 |
| 3.1 Vektoren und Skalare | 63 |
| 3.2 Vektoraddition – Grafische Methoden | 63 |
| 3.3 Subtraktion von Vektoren und Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar | 65 |
| 3.4 Vektoraddition in Komponentenschreibweise | 66 |
| 3.5 Einheitsvektoren | 71 |
| 3.6 Bewegung in zwei und drei Raumrichtungen | 72 |
| 3.7 Wurfbewegung | 74 |
| 3.8 Lösung von Aufgaben mit Wurfbewegungen | 77 |
| 3.9 Gleichförmige Kreisbewegung | 84 |
| 3.10 Relativgeschwindigkeit | 87 |
| Zusammenfassung | 90 |
| Verständnisfragen | 91 |
| Aufgaben | 92 |
| Kapitel 4 Dynamik: Die Newton'schen Axiome | 103 |
| 4.1 Kraft | 105 |
| 4.2 Das erste Newton'sche Axiom | 106 |

| | | |
|---|--|------------|
| 4.3 | Masse | 107 |
| 4.4 | Das zweite Newton'sche Axiom | 108 |
| 4.5 | Das dritte Newton'sche Axiom | 111 |
| 4.6 | Gewicht – Die Gravitationskraft | 115 |
| 4.7 | Das Lösen von Aufgaben mit den Newton'schen Axiomen: Kräfteparallelogramme | 118 |
| 4.8 | Problemlösung – Allgemeine Herangehensweise | 127 |
| | Zusammenfassung | 128 |
| | Verständnisfragen | 129 |
| | Aufgaben | 131 |
| Kapitel 5 Weitere Anwendungen der Newton'schen Axiome | | 141 |
| 5.1 | Anwendungen der Newton'schen Axiome – Reibung | 143 |
| 5.2 | Dynamik der gleichförmigen Kreisbewegung | 152 |
| 5.3 | Erhöhte und nicht erhöhte Straßenkurven | 157 |
| 5.4 | Ungleichförmige Kreisbewegung | 160 |
| 5.5 | Geschwindigkeitsabhängige Kräfte; Endgeschwindigkeit | 161 |
| | Zusammenfassung | 164 |
| | Verständnisfragen | 164 |
| | Aufgaben | 165 |
| Kapitel 6 Gravitation und das Newton'sche Gravitationsgesetz | | 175 |
| 6.1 | Das Newton'sche Gravitationsgesetz | 177 |
| 6.2 | Vektorielle Form des Newton'schen Gravitationsgesetzes | 180 |
| 6.3 | Gravitation in der Nähe der Erdoberfläche – Geophysikalische Anwendungen | 181 |
| 6.4 | Satelliten und „Schwerelosigkeit“ | 184 |
| 6.5 | Kepler'sche Gesetze und Newton'sches Gravitationsgesetz | 188 |
| 6.6 | Gravitationsfeld | 193 |
| 6.7 | Fundamentale Wechselwirkungen | 194 |
| 6.8 | Schwere Masse – Träge Masse – Äquivalenzprinzip | 194 |
| 6.9 | Gravitation als Raumkrümmung – Schwarze Löcher | 195 |
| | Zusammenfassung | 196 |
| | Verständnisfragen | 197 |
| | Aufgaben | 198 |
| Kapitel 7 Arbeit und Energie | | 205 |
| 7.1 | Durch eine konstante Kraft verrichtete Arbeit | 207 |
| 7.2 | Skalarprodukt zweier Vektoren | 212 |
| 7.3 | Durch eine veränderliche Kraft verrichtete Arbeit | 213 |
| 7.4 | Arbeit und Kinetische Energie | 216 |
| 7.5 | Kinetische Energie bei sehr hohen Geschwindigkeiten | 222 |
| | Zusammenfassung | 223 |
| | Verständnisfragen | 223 |
| | Aufgaben | 224 |
| Kapitel 8 Energieerhaltung | | 233 |
| 8.1 | Konservative und nichtkonservative Kräfte | 235 |
| 8.2 | Potenzielle Energie | 237 |
| 8.3 | Mechanische Energie und ihre Erhaltung | 242 |
| 8.4 | Anwendungen des Energieerhaltungssatzes der Mechanik | 243 |
| 8.5 | Der Energieerhaltungssatz | 251 |
| 8.6 | Energieerhaltung mit dissipativen Kräften – Problemlösungen | 253 |

| | | |
|--|--|------------|
| 8.7 | Potenzielle Energie und Fluchtgeschwindigkeit | 255 |
| 8.8 | Leistung | 258 |
| 8.9 | Potenzielle Energie – Stabiles und labiles Gleichgewicht | 261 |
| | Zusammenfassung | 263 |
| | Verständnisfragen | 263 |
| | Aufgaben | 265 |
| Kapitel 9 Impuls und Stöße | | 275 |
| 9.1 | Impuls und seine Beziehung zur Kraft | 277 |
| 9.2 | Impulserhaltung | 279 |
| 9.3 | Stöße und Kraftstoß | 283 |
| 9.4 | Energie- und Impulserhaltung bei Stößen | 286 |
| 9.5 | Elastische Stöße in einer Raumrichtung | 287 |
| 9.6 | Inelastische Stöße | 290 |
| 9.7 | Stöße in zwei oder drei Raumrichtungen | 292 |
| 9.8 | Massenmittelpunkt | 294 |
| 9.9 | Massenmittelpunkt und Translationsbewegung | 300 |
| 9.10 | Systeme mit veränderlicher Masse; Raketenantrieb | 303 |
| | Zusammenfassung | 306 |
| | Verständnisfragen | 306 |
| | Aufgaben | 308 |
| Kapitel 10 Drehbewegung um eine feste Achse | | 321 |
| 10.1 | Winkelgrößen | 323 |
| 10.2 | Bewegungsgleichungen für gleichförmig beschleunigte Drehbewegungen | 327 |
| 10.3 | Rollbewegung (ohne Gleiten) | 328 |
| 10.4 | Vektorielle Beschaffenheit von Winkelgrößen | 331 |
| 10.5 | Drehmoment | 331 |
| 10.6 | Drehdynamik; Drehmoment und Trägheitsmoment | 334 |
| 10.7 | Problemlösungen für drehdynamische Aufgabenstellungen | 336 |
| 10.8 | Bestimmung von Trägheitsmomenten | 341 |
| 10.9 | Drehimpuls und Drehimpulserhaltung | 343 |
| 10.10 | Kinetische Energie der Drehbewegung | 348 |
| 10.11 | Drehbewegung plus Translationsbewegung – Rollbewegung | 350 |
| 10.12 | Warum wird eine rollende Kugel langsamer? | 359 |
| | Zusammenfassung | 360 |
| | Verständnisfragen | 361 |
| | Aufgaben | 362 |
| Kapitel 11 Allgemeine Drehbewegung | | 375 |
| 11.1 | Vektorprodukt (Kreuzprodukt) | 377 |
| 11.2 | Der Drehmomentvektor | 378 |
| 11.3 | Drehimpuls eines Massenpunktes | 380 |
| 11.4 | Drehimpuls und Drehmoment eines Systems; Allgemeine Bewegung | 381 |
| 11.5 | Drehimpuls und Drehmoment eines starren Körpers | 383 |
| 11.6 | Dynamisches Ungleichgewicht | 386 |
| 11.7 | Drehimpulserhaltung | 387 |
| 11.8 | Der Kreisel | 390 |
| 11.9 | Rotierende Bezugssysteme; Trägheitskräfte | 391 |
| 11.10 | Die Corioliskraft | 392 |
| | Zusammenfassung | 395 |

| | |
|---|------------|
| Verständnisfragen | 396 |
| Aufgaben | 397 |
| Kapitel 12 Statisches Gleichgewicht; Elastizität und Bruch | 405 |
| 12.1 Statik – Untersuchung von Kräften im Gleichgewicht | 407 |
| 12.2 Gleichgewichtsbedingungen | 407 |
| 12.3 Aufgabenstellungen in der Statik – Lösungen | 410 |
| 12.4 Stabilität und Gleichgewichtslage | 417 |
| 12.5 Elastizität und Elastizitätsmodule – Spannung und Dehnung | 418 |
| 12.6 Bruch | 422 |
| 12.7 Fachwerke und Brücken | 426 |
| 12.8 Bögen und Kuppeln | 430 |
| Zusammenfassung | 433 |
| Verständnisfragen | 433 |
| Aufgaben | 434 |
| Kapitel 13 Fluide: Gase und Flüssigkeiten | 449 |
| 13.1 Dichte und relative Dichte | 451 |
| 13.2 Druck in Fluiden | 452 |
| 13.3 Atmosphärendruck und Manometerdruck | 456 |
| 13.4 Pascal'sches Prinzip | 457 |
| 13.5 Messgeräte für die Druckmessung | 458 |
| 13.6 Auftrieb und Archimedisches Prinzip | 460 |
| 13.7 Fluide in Bewegung – Massenstrom und Kontinuitätsgleichung | 464 |
| 13.8 Bernoulli'sche Gleichung | 467 |
| 13.9 Anwendungen des Bernoulli'schen Gesetzes – Von Torricelli zu Segelbooten, Tragflächen und dem Blutkreislauf | 469 |
| 13.10 Viskosität | 472 |
| 13.11 Strömung in Rohren – Poiseuille'sche Gleichung | 473 |
| 13.12 Oberflächenspannung und Kapillarität | 474 |
| 13.13 Pumpen und das Herz | 476 |
| Zusammenfassung | 477 |
| Verständnisfragen | 478 |
| Aufgaben | 480 |
| Kapitel 14 Schwingungen | 489 |
| 14.1 Schwingungen einer Feder | 491 |
| 14.2 Harmonische Schwingung | 493 |
| 14.3 Energie in einem harmonischen Oszillator | 499 |
| 14.4 Zusammenhang zwischen harmonischer Schwingung und gleichförmiger Kreisbewegung | 501 |
| 14.5 Das Fadenpendel | 502 |
| 14.6 Das physikalische Pendel und das Torsionspendel | 504 |
| 14.7 Gedämpfte harmonische Schwingung | 505 |
| 14.8 Erzwungene Schwingungen und Resonanz | 509 |
| Zusammenfassung | 512 |
| Verständnisfragen | 512 |
| Aufgaben | 513 |
| Kapitel 15 Wellen und Wellenausbreitung | 523 |
| 15.1 Eigenschaften von Wellen | 526 |
| 15.2 Wellenarten | 527 |

| | | |
|---|---|------------|
| 15.3 | Energietransport in Wellen | 532 |
| 15.4 | Mathematische Beschreibung der Wellenausbreitung | 534 |
| 15.5 | Die Wellengleichung | 537 |
| 15.6 | Das Superpositionsprinzip | 539 |
| 15.7 | Reflexion und Transmission | 541 |
| 15.8 | Interferenz | 542 |
| 15.9 | Stehende Wellen; Resonanz | 544 |
| 15.10 | Brechung | 548 |
| 15.11 | Beugung | 549 |
| | Zusammenfassung | 550 |
| | Verständnisfragen | 551 |
| | Aufgaben | 552 |
| Kapitel 16 Schall | | 559 |
| 16.1 | Schalleigenschaften | 561 |
| 16.2 | Mathematische Darstellung longitudinaler Wellen | 563 |
| 16.3 | Intensität von Schall; Dezibel | 564 |
| 16.4 | Schallquellen: Schwingende Saiten und Luftsäulen | 568 |
| 16.5 | Klangqualität und Geräusche | 575 |
| 16.6 | Interferenz von Schallwellen; Schwebungen | 575 |
| 16.7 | Doppler-Effekt | 578 |
| 16.8 | Mach-Wellen und Überschallknall | 582 |
| 16.9 | Anwendungen: Sonar, Ultraschall und Ultraschall-Abbildung | 584 |
| | Zusammenfassung | 585 |
| | Verständnisfragen | 586 |
| | Aufgaben | 587 |
| Kapitel 17 Temperatur, Wärmeausdehnung und ideales Gasgesetz | | 597 |
| 17.1 | Die Atomtheorie der Materie | 599 |
| 17.2 | Temperatur und Thermometer | 601 |
| 17.3 | Thermisches Gleichgewicht und der nullte Hauptsatz der Wärmelehre | 603 |
| 17.4 | Wärmeausdehnung | 604 |
| 17.5 | Mechanische Spannungen aufgrund der Wärmeausdehnung | 609 |
| 17.6 | Die Gasgesetze und die absolute Temperatur | 609 |
| 17.7 | Das ideale Gasgesetz | 611 |
| 17.8 | Problemlösung mit dem idealen Gasgesetz | 612 |
| 17.9 | Ideales Gasgesetz und Avogadro-Konstante | 614 |
| 17.10 | Temperaturskala des idealen Gases – Ein Standard | 615 |
| | Zusammenfassung | 616 |
| | Verständnisfragen | 617 |
| | Aufgaben | 618 |
| Kapitel 18 Kinetische Gastheorie | | 625 |
| 18.1 | Das ideale Gasgesetz und die molekulare Interpretation der Temperatur | 627 |
| 18.2 | Molekulare Geschwindigkeitsverteilung | 631 |
| 18.3 | Reale Gase und Phasenänderungen | 634 |
| 18.4 | Dampfdruck und Luftfeuchte | 636 |
| 18.5 | Van der Waals'sche Zustandsgleichung | 639 |
| 18.6 | Mittlere freie Weglänge | 640 |
| 18.7 | Diffusion | 642 |
| | Zusammenfassung | 644 |

| | |
|---|------------|
| Verständnisfragen | 644 |
| Aufgaben | 645 |
| Kapitel 19 Wärme und der erste Hauptsatz der Thermodynamik | 651 |
| 19.1 Was genau ist Wärme? | 653 |
| 19.2 Innere Energie | 655 |
| 19.3 Spezifische Wärmekapazität | 656 |
| 19.4 Wärmemessung – Problemlösungen | 657 |
| 19.5 Latente Wärme | 659 |
| 19.6 Der erste Hauptsatz der Thermodynamik | 663 |
| 19.7 Anwendungen des ersten Hauptsatzes; Arbeitsberechnung | 665 |
| 19.8 Wärmekapazität für Gase und die Gleichverteilung der Energie | 669 |
| 19.9 Adiabatische Expansion eines Gases | 673 |
| 19.10 Wärmetransport: Wärmeleitung, Konvektion, Wärmestrahlung | 675 |
| Zusammenfassung | 680 |
| Verständnisfragen | 681 |
| Aufgaben | 683 |
| Kapitel 20 Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik | 693 |
| 20.1 Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik – Einführung | 695 |
| 20.2 Wärmekraftmaschinen | 696 |
| 20.3 Reversible und irreversible Prozesse; der Carnot-Prozess | 699 |
| 20.4 Kältemaschinen, Klimaanlage und Wärmepumpen | 705 |
| 20.5 Entropie | 707 |
| 20.6 Entropie und der zweite Hauptsatz der Thermodynamik | 709 |
| 20.7 Aus Ordnung wird Unordnung | 714 |
| 20.8 Energieverfügbarkeit; Wärmetod | 715 |
| 20.9 Statistische Interpretation der Entropie und des zweiten Hauptsatzes | 716 |
| 20.10 Thermodynamische Temperaturskala; absoluter Nullpunkt und der dritte Hauptsatz der Thermodynamik | 718 |
| Zusammenfassung | 720 |
| Verständnisfragen | 720 |
| Aufgaben | 722 |
| Kapitel 21 Elektrische Ladung und elektrisches Feld | 729 |
| 21.1 Statische Elektrizität; elektrische Ladung und ihre Erhaltung | 731 |
| 21.2 Elektrische Ladung im Atom | 732 |
| 21.3 Isolatoren und metallische Leiter | 733 |
| 21.4 Influenz; das Elektrometer | 733 |
| 21.5 Das Coulomb'sche Gesetz | 734 |
| 21.6 Das elektrische Feld | 740 |
| 21.7 Berechnungen des elektrischen Feldes kontinuierlicher Ladungsverteilungen | 744 |
| 21.8 Feldlinien | 748 |
| 21.9 Elektrische Felder und metallische Leiter | 750 |
| 21.10 Bewegung einer Punktladung in einem elektrischen Feld | 751 |
| 21.11 Elektrische Dipole | 753 |
| Zusammenfassung | 755 |
| Verständnisfragen | 756 |
| Aufgaben | 757 |

| | | |
|-------------------|---|------------|
| Kapitel 22 | Das Gauss'sche Gesetz | 767 |
| 22.1 | Der elektrische Fluss | 769 |
| 22.2 | Das Gauß'sche Gesetz | 772 |
| 22.3 | Anwendungen des Gauß'schen Gesetzes | 775 |
| 22.4 | Experimentelle Grundlagen des Gauß'schen und des Coulomb'schen Gesetzes | 780 |
| | Zusammenfassung | 781 |
| | Verständnisfragen | 782 |
| | Aufgaben | 783 |
| | | |
| Kapitel 23 | Das elektrische Potenzial | 789 |
| 23.1 | Elektrisches Potenzial und Potentialdifferenz | 791 |
| 23.2 | Beziehung zwischen elektrischem Potenzial und elektrischem Feld | 795 |
| 23.3 | Das elektrische Potenzial einer Punktladung | 797 |
| 23.4 | Das Potenzial beliebiger Ladungsverteilungen | 800 |
| 23.5 | Äquipotenzialflächen | 801 |
| 23.6 | Elektrische Dipole | 802 |
| 23.7 | Bestimmung von E aus ϕ | 804 |
| 23.8 | Die elektrostatische potenzielle Energie und das Elektronenvolt | 805 |
| 23.9 | Die Kathodenstrahlröhre: Fernseher, Computerbildschirm und Oszilloskop | 807 |
| | Zusammenfassung | 809 |
| | Verständnisfragen | 810 |
| | Aufgaben | 811 |
| | | |
| Kapitel 24 | Kapazität, Dielektrika und elektrische Energiespeicher | 819 |
| 24.1 | Kondensatoren | 821 |
| 24.2 | Bestimmung der Kapazität | 822 |
| 24.3 | Kondensatoren in Reihen- und Parallelschaltungen | 825 |
| 24.4 | Speicherung elektrischer Energie | 829 |
| 24.5 | Dielektrika | 830 |
| 24.6 | Molekulare Beschreibung von Dielektrika | 833 |
| | Zusammenfassung | 836 |
| | Verständnisfragen | 837 |
| | Aufgaben | 838 |
| | | |
| Kapitel 25 | Elektrische Ströme und der elektrische Widerstand | 847 |
| 25.1 | Die elektrische Batterie | 849 |
| 25.2 | Der elektrische Strom | 851 |
| 25.3 | Widerstände und das Ohm'sche Gesetz | 852 |
| 25.4 | Der spezifische elektrische Widerstand | 855 |
| 25.5 | Die elektrische Leistung | 858 |
| 25.6 | Die elektrische Leistung in Haushaltstromkreisen | 860 |
| 25.7 | Wechselstrom | 862 |
| 25.8 | Mikroskopische Beschreibung des elektrischen Stroms: Stromdichte und Driftgeschwindigkeit | 864 |
| 25.9 | Supraleitung | 867 |
| 25.10 | Gefährdungen durch Elektrizität; Kriechströme | 868 |
| | Zusammenfassung | 871 |
| | Verständnisfragen | 872 |
| | Aufgaben | 873 |

| | | |
|-------------------|--|------------|
| Kapitel 26 | Gleichstromkreise | 879 |
| 26.1 | Quellenspannung und Klemmenspannung | 881 |
| 26.2 | Widerstände in Reihen- und Parallelschaltung | 883 |
| 26.3 | Die Kirchhoff'schen Regeln | 889 |
| 26.4 | Schaltkreise mit Widerstand und Kondensator (RC-Schaltkreise) | 895 |
| 26.5 | Gleichstrom-Amperemeter und Voltmeter | 900 |
| 26.6 | Wandler und Thermoelemente | 903 |
| | Zusammenfassung | 905 |
| | Verständnisfragen | 905 |
| | Aufgaben | 907 |
| | | |
| Kapitel 27 | Magnetismus | 917 |
| 27.1 | Magnete und Magnetfelder | 919 |
| 27.2 | Elektrische Ströme erzeugen Magnetfelder | 921 |
| 27.3 | Die Kraft auf einen elektrischen Strom im Magnetfeld; Definition von B | 922 |
| 27.4 | Die Kraft auf eine bewegte elektrische Ladung in einem Magnetfeld: Lorentz-Kraft | 925 |
| 27.5 | Das auf eine Leiterschleife wirkende Drehmoment und das magnetische Dipolmoment | 929 |
| 27.6 | Anwendungen: Galvanometer, Motoren und Lautsprecher | 931 |
| 27.7 | Das Elektron: Entdeckung und Eigenschaften | 933 |
| 27.8 | Der Hall-Effekt | 935 |
| 27.9 | Massenspektrometer | 937 |
| | Zusammenfassung | 938 |
| | Verständnisfragen | 938 |
| | Aufgaben | 940 |
| | | |
| Kapitel 28 | Erzeugung von Magnetfeldern | 949 |
| 28.1 | Das Magnetfeld eines geraden Leiters | 951 |
| 28.2 | Die Kraft zwischen zwei parallelen Drähten | 952 |
| 28.3 | Messvorschriften für das Ampere und das Coulomb | 954 |
| 28.4 | Das Ampère'sche Gesetz | 954 |
| 28.5 | Das Magnetfeld einer Spule und eines Toroids | 959 |
| 28.6 | Das Biot-Savart-Gesetz | 962 |
| 28.7 | Magnetische Materialien – Ferromagnetismus | 966 |
| 28.8 | Elektromagneten und Spulen | 967 |
| 28.9 | Magnetfelder in magnetischen Materialien; Hysterese | 968 |
| 28.10 | Paramagnetismus und Diamagnetismus | 970 |
| | Zusammenfassung | 971 |
| | Verständnisfragen | 972 |
| | Aufgaben | 973 |
| | | |
| Kapitel 29 | Elektromagnetische Induktion und das Faraday'sche Gesetz | 981 |
| 29.1 | Die Induktionsspannung | 983 |
| 29.2 | Das Faraday'sche Induktionsgesetz und die Lenz'sche Regel | 984 |
| 29.3 | Induktion einer Spannung in einem bewegten Leiter | 988 |
| 29.4 | Elektrische Generatoren | 990 |
| 29.5 | Gegenspannung und Gegendrehmoment; Wirbelströme | 992 |
| 29.6 | Transformatoren und Stromübertragung | 995 |
| 29.7 | Ein sich ändernder magnetischer Fluss erzeugt ein Magnetfeld | 998 |
| 29.8 | Anwendungen des Induktionsgesetzes: Tonsysteme, Datenspeicher und Seismografen | 1000 |
| | Zusammenfassung | 1002 |

| | |
|--|-------------|
| Verständnisfragen | 1002 |
| Aufgaben | 1004 |
| Kapitel 30 Induktivität und elektromagnetische Schwingungen | 1011 |
| 30.1 Gegeninduktivität | 1013 |
| 30.2 Selbstinduktivität | 1015 |
| 30.3 Energiespeicherung im Magnetfeld | 1018 |
| 30.4 LR-Stromkreise | 1019 |
| 30.5 LC-Stromkreise und elektromagnetische Oszillationen | 1022 |
| 30.6 LC-Stromkreis mit Widerstand (LRC-Stromkreis) | 1024 |
| Zusammenfassung | 1026 |
| Verständnisfragen | 1026 |
| Aufgaben | 1027 |
| Kapitel 31 Wechselstromkreise | 1033 |
| 31.1 Einleitung: Wechselstromkreise | 1035 |
| 31.2 Widerstand im Wechselstromkreis | 1035 |
| 31.3 Induktionsspule im Wechselstromkreis | 1036 |
| 31.4 Kondensator im Wechselstromkreis | 1038 |
| 31.5 LRC-Wechselstromkreise in Reihenschaltung | 1040 |
| 31.6 Resonanz im Wechselstromkreis | 1044 |
| 31.7 Impedanzanpassung | 1045 |
| 31.8 Drehstrom | 1046 |
| Zusammenfassung | 1048 |
| Verständnisfragen | 1049 |
| Aufgaben | 1049 |
| Kapitel 32 Die Maxwell'schen Gleichungen und elektromagnetische Wellen | 1055 |
| 32.1 Ein sich änderndes elektrisches Feld erzeugt ein Magnetfeld. Das Ampère'sche Gesetz und der Verschiebungsstrom | 1057 |
| 32.2 Das Gauß'sche Gesetz für den Magnetismus | 1061 |
| 32.3 Die Maxwell'schen Gleichungen | 1062 |
| 32.4 Erzeugung elektromagnetischer Wellen | 1062 |
| 32.5 Elektromagnetische Wellen, Ableitung ihrer Ausbreitungsgeschwindigkeit aus den Maxwell'schen Gleichungen | 1065 |
| 32.6 Licht als elektromagnetische Welle und das elektromagnetische Spektrum | 1068 |
| 32.7 Die Energie in elektromagnetischen Wellen und der Poynting-Vektor | 1071 |
| 32.8 Strahlungsdruck | 1073 |
| 32.9 Radio und Fernsehen | 1075 |
| Zusammenfassung | 1078 |
| Verständnisfragen | 1079 |
| Aufgaben | 1080 |
| Kapitel 33 Reflexion und Brechung | 1085 |
| 33.1 Strahlenoptik | 1087 |
| 33.2 Lichtgeschwindigkeit und Brechungsindex | 1088 |
| 33.3 Reflexion; Abbildung am ebenen Spiegel | 1089 |
| 33.4 Abbildung an sphärischen Spiegeln | 1093 |
| 33.5 Brechung; Das Snellius'sche Gesetz | 1101 |
| 33.6 Sichtbares Spektrum und Dispersion | 1103 |
| 33.7 Totalreflexion und Faseroptik | 1104 |

| | |
|---|-------------|
| 33.8 Brechung an einer sphärischen Oberfläche | 1107 |
| Zusammenfassung | 1110 |
| Verständnisfragen | 1110 |
| Aufgaben | 1112 |
| Kapitel 34 Linsen und optische Instrumente | 1119 |
| 34.1 Dünne Linsen, Aufbau des Strahlenganges | 1121 |
| 34.2 Die Linsengleichung | 1125 |
| 34.3 Linsensysteme | 1129 |
| 34.4 Linsenmachergleichung | 1131 |
| 34.5 Kameras | 1134 |
| 34.6 Das menschliche Auge; Korrekturlinsen | 1137 |
| 34.7 Vergrößerungsgläser | 1140 |
| 34.8 Fernrohre | 1142 |
| 34.9 Das Mikroskop | 1145 |
| 34.10 Abbildungsfehler von Linsen und Spiegeln | 1147 |
| Zusammenfassung | 1149 |
| Verständnisfragen | 1150 |
| Aufgaben | 1151 |
| Kapitel 35 Die Wellennatur des Lichts; Interferenz | 1159 |
| 35.1 Huygens-Prinzip und Beugung | 1161 |
| 35.2 Huygens-Prinzip und Brechungsgesetz | 1162 |
| 35.3 Interferenz – Das Young'sche Doppelspaltexperiment | 1164 |
| 35.4 Kohärenz | 1168 |
| 35.5 Die Intensität im Interferenzmuster des Doppelspalts | 1169 |
| 35.6 Interferenz in dünnen Schichten | 1173 |
| 35.7 Das Michelson-Interferometer | 1177 |
| 35.8 Die Lichtstärke | 1178 |
| Zusammenfassung | 1179 |
| Verständnisfragen | 1180 |
| Aufgaben | 1180 |
| Kapitel 36 Beugung und Polarisierung | 1185 |
| 36.1 Beugung am Einfachspalt | 1188 |
| 36.2 Intensität im Beugungsmuster des Einfachspalts | 1190 |
| 36.3 Beugung am Doppelspalt | 1193 |
| 36.4 Beschränkung der Auflösung; kreisförmige Öffnungen | 1195 |
| 36.5 Auflösung von Teleskopen und Mikroskopen; der λ -Grenzfall | 1197 |
| 36.6 Auflösungsvermögen des menschlichen Auges und sinnvolle Vergrößerung | 1199 |
| 36.7 Beugungsgitter | 1199 |
| 36.8 Spektrometer und Spektroskopie | 1201 |
| 36.9 Linienbreite und Auflösungsvermögen eines Beugungsgitters | 1203 |
| 36.10 Röntgenstrahlen und Röntgenbeugung | 1205 |
| 36.11 Polarisierung | 1207 |
| 36.12 Die Streuung des Lichts an der Atmosphäre | 1211 |
| Zusammenfassung | 1212 |
| Verständnisfragen | 1213 |
| Aufgaben | 1214 |

| | | |
|-------------------|--|-------------|
| Kapitel 37 | Spezielle Relativitätstheorie | 1221 |
| 37.1 | Galilei-Newton'sches Relativitätsprinzip | 1223 |
| 37.2 | Das Michelson-Morley-Experiment | 1226 |
| 37.3 | Die Postulate der speziellen Relativitätstheorie | 1229 |
| 37.4 | Gleichzeitigkeit | 1231 |
| 37.5 | Zeitdilatation und das Zwillingsparadoxon | 1233 |
| 37.6 | Längenkontraktion | 1237 |
| 37.7 | Die vierdimensionale Raumzeit | 1240 |
| 37.8 | Galilei- und Lorentz-Transformationen | 1240 |
| 37.9 | Relativistischer Impuls und relativistische Masse | 1245 |
| 37.10 | Grenzgeschwindigkeit | 1247 |
| 37.11 | Energie und Masse; $E = mc^2$ | 1248 |
| 37.12 | Doppler-Verschiebung des Lichts | 1252 |
| 37.13 | Die Auswirkungen der speziellen Relativitätstheorie | 1253 |
| | Zusammenfassung | 1254 |
| | Verständnisfragen | 1255 |
| | Aufgaben | 1256 |
| Kapitel 38 | Frühe Quantentheorie und Atommodelle | 1263 |
| 38.1 | Die Planck'sche Quantenhypothese | 1265 |
| 38.2 | Photonentheorie des Lichts und der photoelektrische Effekt | 1268 |
| 38.3 | Photonen und der Compton-Effekt | 1272 |
| 38.4 | Photonenwechselwirkungen; Paarerzeugung | 1274 |
| 38.5 | Welle-Teilchen-Dualismus; das Komplementaritätsprinzip | 1276 |
| 38.6 | Die Wellennatur der Materie | 1276 |
| 38.7 | Elektronenmikroskope | 1279 |
| 38.8 | Frühe Atommodelle | 1280 |
| 38.9 | Atomspektren: Schlüssel zur Struktur des Atoms | 1282 |
| 38.10 | Das Bohr'sche Atommodell | 1284 |
| 38.11 | Die Anwendung der de Broglie'schen Hypothese auf Atome | 1291 |
| | Zusammenfassung | 1292 |
| | Verständnisfragen | 1293 |
| | Aufgaben | 1295 |
| Kapitel 39 | Quantenmechanik | 1301 |
| 39.1 | Die Quantenmechanik: Eine neue Theorie | 1304 |
| 39.2 | Die Wellenfunktion und ihre Interpretation; das Doppelspaltexperiment | 1304 |
| 39.3 | Die Heisenberg'sche Unschärferelation | 1306 |
| 39.4 | Philosophische Konsequenzen; Wahrscheinlichkeit vs. Determinismus | 1310 |
| 39.5 | Die Schrödingergleichung in einer Dimension – zeitunabhängige Form | 1312 |
| 39.6 | Die zeitabhängige Schrödingergleichung | 1314 |
| 39.7 | Freie Teilchen; Ebene Wellen und Wellenpakete | 1316 |
| 39.8 | Teilchen in einem unendlich tiefen Potenzialtopf (einem festen Kasten) | 1317 |
| 39.9 | Endlicher Potenzialtopf | 1321 |
| 39.10 | Tunneln durch eine Potenzialbarriere | 1323 |
| | Zusammenfassung | 1327 |
| | Verständnisfragen | 1327 |
| | Aufgaben | 1328 |

| | | |
|-------------------|--|-------------|
| Kapitel 40 | Quantenmechanik von Atomen | 1333 |
| 40.1 | Quantenmechanische Sicht auf Atome | 1335 |
| 40.2 | Das Wasserstoffatom: Schrödingergleichung und Quantenzahlen | 1336 |
| 40.3 | Die Wellenfunktionen des Wasserstoffatoms | 1340 |
| 40.4 | Komplexe Atome; das Pauli-Prinzip | 1343 |
| 40.5 | Das Periodensystem der Elemente | 1344 |
| 40.6 | Röntgenspektren und Ordnungszahl | 1347 |
| 40.7 | Magnetische Dipolmomente; Gesamtdrehimpuls | 1349 |
| 40.8 | Fluoreszenz und Phosphoreszenz | 1353 |
| 40.9 | Laser | 1354 |
| 40.10 | Holographie | 1357 |
| | Zusammenfassung | 1360 |
| | Verständnisfragen | 1360 |
| | Aufgaben | 1362 |
| Kapitel 41 | Moleküle und Festkörper | 1367 |
| 41.1 | Molekülbindungen | 1369 |
| 41.2 | Potenzielle Energie von Molekülen | 1372 |
| 41.3 | Schwache (van-der-Waals)-Bindungen | 1375 |
| 41.4 | Molekülspektren | 1377 |
| 41.5 | Bindungen in Festkörpern | 1385 |
| 41.6 | Elektronentheorie der Metalle | 1386 |
| 41.7 | Das Energiebändermodell für Kristalle | 1390 |
| 41.8 | Halbleiter und Dotierung | 1394 |
| 41.9 | Halbleiterdioden | 1395 |
| 41.10 | Transistoren und integrierte Schaltkreise | 1397 |
| | Zusammenfassung | 1399 |
| | Verständnisfragen | 1400 |
| | Aufgaben | 1401 |
| Kapitel 42 | Kernphysik und Radioaktivität | 1407 |
| 42.1 | Struktur und Eigenschaften des Atomkerns | 1409 |
| 42.2 | Bindungsenergie und Kernkräfte | 1412 |
| 42.3 | Radioaktivität | 1415 |
| 42.4 | Alphazerfall | 1417 |
| 42.5 | Betazerfall | 1419 |
| 42.6 | Gammazerfall | 1422 |
| 42.7 | Erhaltung der Nukleonenzahl und weitere Erhaltungssätze | 1422 |
| 42.8 | Halbwertszeit und Zerfallsrate | 1423 |
| 42.9 | Zerfallsreihen | 1426 |
| 42.10 | Die Radiokarbonmethode | 1428 |
| 42.11 | Strahlungsmessung | 1430 |
| | Zusammenfassung | 1431 |
| | Verständnisfragen | 1432 |
| | Aufgaben | 1432 |
| Kapitel 43 | Kernenergie; Auswirkungen und Anwendungsmöglichkeiten der Strahlung | 1437 |
| 43.1 | Kernreaktionen und Transmutation von Elementen | 1439 |
| 43.2 | Der Wirkungsquerschnitt | 1442 |
| 43.3 | Kernspaltung; Kernreaktoren | 1444 |
| 43.4 | Fusion | 1450 |

| | | |
|--|--|-------------|
| 43.5 | Durchgang der Strahlung durch Materie; Strahlungsschäden | 1456 |
| 43.6 | Strahlungsmessung – Dosimetrie | 1457 |
| 43.7 | Strahlentherapie | 1460 |
| 43.8 | Indikatoren | 1461 |
| 43.9 | Bildgebung durch Tomographie | 1461 |
| 43.10 | Kernspinresonanz (NMR) und bildgebende Kernspintomographie (MRI) | 1464 |
| | Zusammenfassung | 1467 |
| | Verständnisfragen | 1468 |
| | Aufgaben | 1469 |
| Kapitel 44 Elementarteilchen | | 1475 |
| 44.1 | Hochenergetische Teilchen | 1477 |
| 44.2 | Teilchenbeschleuniger und Detektoren | 1478 |
| 44.3 | Anfänge der Elementarteilchenphysik – Teilchenaustausch | 1484 |
| 44.4 | Teilchen und Antiteilchen | 1487 |
| 44.5 | Wechselwirkungen von Teilchen und Erhaltungssätze | 1488 |
| 44.6 | Teilchenklassifikation | 1490 |
| 44.7 | Stabilität von Teilchen und Resonanzen | 1491 |
| 44.8 | Seltsame Teilchen | 1493 |
| 44.9 | Quarks | 1495 |
| 44.10 | Das „Standardmodell“: Quantenchromodynamik (QCD) und die elektroschwache Theorie | 1498 |
| 44.11 | Die große vereinheitlichte Theorie | 1500 |
| | Zusammenfassung | 1503 |
| | Verständnisfragen | 1504 |
| | Aufgaben | 1504 |
| Kapitel 45 Astrophysik und Kosmologie | | 1509 |
| 45.1 | Sterne und Galaxien | 1511 |
| 45.2 | Sternentwicklung: Die Geburt und der Tod von Sternen | 1516 |
| 45.3 | Allgemeine Relativitätstheorie: Die Schwerkraft und die Krümmung des Raumes | 1523 |
| 45.4 | Das expandierende Universum | 1528 |
| 45.5 | Der Urknall und der kosmische Mikrowellenhintergrund | 1532 |
| 45.6 | Das kosmologische Standardmodell: Die Frühgeschichte des Universums | 1534 |
| 45.7 | Die Zukunft des Universums? | 1538 |
| | Zusammenfassung | 1542 |
| | Verständnisfragen | 1543 |
| | Aufgaben | 1544 |
| Anhang | | 1549 |
| A | Mathematische Formeln | 1550 |
| B | Ableitungen und Integrale | 1552 |
| C | Gravitationskraft und sphärische Masseverteilung | 1554 |
| D | Ausgewählte Isotope | 1557 |
| E | Lösungen zu den Aufgaben mit ungerader Nummerierung | 1561 |
| F | Physikalische Größen: Verwendete Symbole und ihre Einheiten | 1585 |
| G | Index | 1590 |