

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung in Thema und Erscheinungswelt der Physik

| | | |
|------|---|----|
| 1.1 | Zur Begriffsbestimmung der Physik | 1 |
| 1.2 | Längenmessung | 3 |
| 1.3 | Raum | 3 |
| 1.4 | Zeit und Zeiteinheit | 4 |
| 1.5 | Materie und Masse | 4 |
| 1.6 | Atomare Standards der Basiseinheiten | 6 |
| 1.7 | Physikalische Methodik | 7 |
| 1.8 | Über verschiedene Typen physikalischer Aussagen | 9 |
| 1.9 | Kräfte und Wechselwirkungen | 14 |
| 1.10 | Skalen physikalischer Objekte | 16 |

Teil I Mechanik

2. Kinematik

| | | |
|-----|---|----|
| 2.1 | Eindimensionale Bewegungen von Massenpunkten | 19 |
| 2.2 | Vektoren | 26 |
| 2.3 | Produktoperationen mit Vektoren | 28 |
| 2.4 | Mehrdimensionale Bewegungen in Vektorschreibweise | 31 |
| 2.5 | Kreisbewegungen | 35 |
| 2.6 | Winkelgeschwindigkeit als Vektor | 39 |
| 2.7 | Polare und axiale Vektoren | 40 |

3. Einführung in die Dynamik

| | | |
|-----|---|----|
| 3.1 | Kraftbegriff und Trägheitsprinzip | 43 |
| 3.2 | Newton'sches Kraftgesetz, träge und schwere Masse | 45 |
| 3.3 | Drittes Newton'sches Grundgesetz: $actio = reactio$ | 49 |
| 3.4 | Inertialsysteme und Relativitätsprinzip | 51 |
| 3.5 | Galilei-Transformation | 54 |
| 3.6 | Lorentz-Transformation | 56 |
| 3.7 | Zwangskräfte, d'Alembertsches Prinzip | 58 |
| 3.8 | Beschleunigte Bezugssysteme | 63 |

4. Energie und Energiesatz 

| | | |
|-----|--|-----|
| 4.1 | Kinetische und potentielle Energie, Arbeit | 76 |
| 4.2 | Arbeit äußerer Kräfte | 79 |
| 4.3 | Arbeit und potentielle Energie als Skalarprodukt und Wegintegral | 81 |
| 4.4 | Konservative Kräfte | 83 |
| 4.5 | Kraft als Gradient der potentiellen Energie | 85 |
| 4.6 | Keplersche Gesetze und Gravitation | 91 |
| 4.7 | Darstellung von Feldern durch Feldlinien und Äquipotentialflächen | 99 |
| 4.8 | Leistung | 101 |
| 4.9 | Reibung | 102 |

5. Impuls und Impulserhaltungssatz 

| | | |
|-----|--|-----|
| 5.1 | Definition des Impulses | 105 |
| 5.2 | Impulserhaltung | 106 |
| 5.3 | Schwerpunktssystem und Schwerpunktsbewegung | 108 |
| 5.4 | Zweikörperstöße | 113 |
| 5.5 | Anwendung der Stoßgesetze in der mikroskopischen Physik | 119 |
| 5.6 | Impulsumkehr, Zeitumkehrinvarianz und andere Symmetrieprinzipien der Physik | 120 |
| 5.7 | Raketenantrieb | 125 |

6. Drehimpuls, Drehmoment, Drehimpulssatz 

| | | |
|-----|--|-----|
| 6.1 | Drehimpuls eines Massenpunktes | 129 |
| 6.2 | Drehmoment | 130 |
| 6.3 | Drehimpulserhaltung | 132 |
| 6.4 | Drehimpuls eines Systems von Massenpunkten | 136 |

7. Drehbewegungen starrer Körper 

| | | |
|-----|--|-----|
| 7.1 | Trägheitsmoment um eine raumfeste Achse | 139 |
| 7.2 | Dynamisches Grundgesetz der Drehbewegung um eine starre Achse | 145 |
| 7.3 | Drehbewegungen um freie Achsen | 150 |
| 7.4 | Hauptträgheitsachsen | 153 |
| 7.5 | Kreiselbewegungen bei äußeren Kräften | 157 |

8. Elastische Kräfte und deren molekulare Grundlagen 

| | | |
|-----|--|-----|
| 8.1 | Moduln elastischer Körper | 165 |
| 8.2 | Potential elastischer Kräfte | 170 |
| 8.3 | Molekulare Bindungskräfte | 173 |
| 8.4 | Lenard-Jones-Potential | 175 |

9. Ruhende Flüssigkeiten und Gase

| | | |
|-----|---|-----|
| 9.1 | Charakterisierung der Aggregatzustände durch Moduln | 179 |
| 9.2 | Hydrostatischer Druck | 180 |
| 9.3 | Flüssigkeitsoberfläche als Äquipotentialfläche | 182 |
| 9.4 | Hydrostatischer Schweredruck | 183 |
| 9.5 | Auftrieb und spezifisches Gewicht | 185 |
| 9.6 | Oberflächenspannung | 188 |
| 9.7 | Kapillardruck und kapillare Steighöhe | 191 |
| 9.8 | Ruhende Gase | 196 |

10. Strömende Flüssigkeiten und Gase

| | | |
|------|--|-----|
| 10.1 | Strom und Stromdichte | 201 |
| 10.2 | Bernoullische Gleichung | 207 |
| 10.3 | Laminare Strömung, innere Reibung | 214 |
| 10.4 | Wirbel | 218 |
| 10.5 | Zirkulation, Rotation und Stokesscher Satz, Elemente der Vektoranalysis | 224 |

11. Schwingungen

| | | |
|-------|--|-----|
| 11.1 | Ungedämpfte Federschwingung | 234 |
| 11.2 | Ungedämpfte Pendelschwingung | 239 |
| 11.3 | Gedämpfte freie Schwingung | 244 |
| 11.4 | Erzwungene Schwingung, Resonanz | 253 |
| 11.5 | Quantenmechanische Resonanzen und Spektroskopie | 258 |
| 11.6 | Anharmonische Schwingungen und Fourierzerlegung | 260 |
| 11.7 | Selbsterregte Schwingung durch Entdämpfung | 263 |
| 11.8 | Gekoppelte Schwingungen, Schwebung | 266 |
| 11.9 | Chaotisches Doppelpendel | 269 |
| 11.10 | Schwingungen in mehreren Dimensionen und von Vielteilchensystemen | 270 |

12. Wellen

| | | |
|------|--|-----|
| 12.1 | Phänomenologisches über Wellen | 277 |
| 12.2 | Wellengleichung | 281 |
| 12.3 | Reflexion; Brechung; Totalreflexion | 289 |
| 12.4 | Interferenz und Beugung | 295 |
| 12.5 | Stehende Wellen als Interferenz gegenläufiger Wellen | 301 |
| 12.6 | Wellengleichung und Eigenschwingungen in mehreren Dimensionen | 305 |
| 12.7 | Wellengruppen und Gruppengeschwindigkeit | 312 |

Teil II Wärme und Statistik**13. Grundtatsachen der Wärmelehre**

| | | |
|------|---|-----|
| 13.1 | Wärmebegriff | 319 |
| 13.2 | Temperaturbegriff | 320 |
| 13.3 | Wärmeausdehnung von Stoffen, Eichung der Temperaturskala | 321 |
| 13.4 | Wärmeausdehnung von Gasen, Gay-Lussacsches und Boyle-Mariottesches Gesetz, ideale Gasgleichung | 324 |
| 13.5 | Wärmemenge und Wärmetransport | 327 |

14. Grundzüge der kinetischen Gastheorie

| | | |
|------|---|-----|
| 14.1 | Histogramm und Verteilungsfunktion | 333 |
| 14.2 | Gasdruck als dynamischer Druck stoßender Moleküle | 335 |
| 14.3 | Satz über die Summe von Partialdrücken | 340 |
| 14.4 | Mittlere thermische Molekülgeschwindigkeit und Brownsche Bewegung | 340 |
| 14.5 | Innere Energie, Freiheitsgrade, Äquipartitionstheorem und spezifische Wärmekapazität C_V | 342 |
| 14.6 | Boltzmann-Faktor und Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung | 348 |

15. Erster Hauptsatz der Wärmelehre

| | | |
|------|--|-----|
| 15.1 | Formulierung des 1. Hauptsatzes für ideale Gase | 357 |
| 15.2 | Isobare Zustandsänderung | 359 |
| 15.3 | Adiabatische Zustandsänderung | 359 |
| 15.4 | Wärme und Arbeit bei isothermer Zustandsänderung | 363 |
| 15.5 | Isothermen und Adiabaten im pV -Zustandsdiagramm | 364 |

16. Kreisprozesse und zweiter Hauptsatz der Wärmelehre

| | | |
|------|---|-----|
| 16.1 | Carnotscher Kreisprozeß | 365 |
| 16.2 | Wärmekraftmaschinen, Wärmepumpen und Kühlmaschinen | 368 |
| 16.3 | Grenzwert des Wirkungsgrads und zweiter Hauptsatz der Wärmelehre | 370 |
| 16.4 | Reversible Kreisprozesse | 372 |
| 16.5 | Reduzierte Wärmemengen und Entropiebegriff | 374 |
| 16.6 | Beispiele zur Entropie | 379 |
| 16.7 | Thermodynamische Temperaturskala | 383 |

17. Statistische Transportphänomene

| | | |
|------|---|-----|
| 17.1 | Grundtatsachen der Diffusion | 385 |
| 17.2 | Diffusion durch Poren und Diffusionsgleichung | 386 |
| 17.3 | Ficksche Gesetze | 388 |
| 17.4 | Beispiele für Diffusionsprozesse | 392 |
| 17.5 | Osmose | 394 |

18. Stoffe in verschiedenen Aggregatzuständen

| | | |
|------|---|-----|
| 18.1 | Reale Gase und van der Waals-Gleichung | 397 |
| 18.2 | Joule-Thomson-Effekt und Enthalpie | 398 |
| 18.3 | Isothermen realer Gase, Verflüssigung und Verdampfung | 402 |
| 18.4 | Verdampfungswärme, Clausius Clapeyronsche Gleichung | 406 |
| 18.5 | Schmelzen, Sublimieren, Phasendiagramm | 409 |
| 18.6 | Ausblick | 412 |

Teil III Elektromagnetismus**19. Elektrostatik**

| | | |
|-------|---|-----|
| 19.1 | Atomistische Struktur der Elektrizität, Elementarladung | 421 |
| 19.2 | Coulomb-Gesetz | 425 |
| 19.3 | Potentielle Energie einer Anordnung von Punktladungen und von Ladungsverteilungen | 430 |
| 19.4 | Elektrisches Feld | 433 |
| 19.5 | Elektrisches Potential und elektrische Spannung | 436 |
| 19.6 | Elektrischer Kraftfluß und 1. Maxwellsche Gleichung | 440 |
| 19.7 | Oberflächenladungen auf Leitern | 445 |
| 19.8 | Influenz | 453 |
| 19.9 | Kapazität eines Leiters, Kondensator | 455 |
| 19.10 | Energiedichte des elektrischen Feldes | 459 |
| 19.11 | Elektrischer Dipol und elektrisches Dipolmoment | 462 |
| 19.12 | Isolatoren im <i>E</i> -Feld, Dielektrika | 467 |

20. Gleichströme

| | | |
|------|--|-----|
| 20.1 | Elektrischer Strom und elektrischer Widerstand | 481 |
| 20.2 | Ohmsches Gesetz | 486 |
| 20.3 | Kirchhoffsche Gesetze | 487 |
| 20.4 | Elektrische Leitung im Bändermodell | 495 |
| 20.5 | Leitertypen und ihr Temperaturverhalten | 498 |
| 20.6 | Leitung durch Photoeffekt | 502 |
| 20.7 | Glühelektronenemission und Raumladung | 505 |
| 20.8 | Kontaktspannungen und Thermoelemente | 509 |

21. Stationäre Magnetfelder

| | | |
|------|--|-----|
| 21.1 | Grundtatsachen über Magnetfelder | 513 |
| 21.2 | Magnetische Kräfte und Kraftflußdichte, Magnetfeld gestreckter Stromfäden | 516 |
| 21.3 | Quellenfreiheit des <i>B</i> -Feldes, magnetisches <i>H</i> -Feld, Ampèresches Durchflutungsgesetz | 521 |
| 21.4 | Biot-Savartsches Elementargesetz | 528 |

| | | |
|--|---|-----|
| 21.5 | Kräfte auf Ströme im Magnetfeld, Lorentz-Kraft | 530 |
| 21.6 | Relativistischer Charakter der Lorentz-Kraft | 536 |
| 22. Magnetische Induktion | | |
| 22.1 | Bewegte Leiter im Magnetfeld | 541 |
| 22.2 | Induktion bei veränderlichem Magnetfeld | 546 |
| 22.3 | Elektrische Ringfelder | 548 |
| 22.4 | Belastete Induktionsspule und Lenzsche Regel | 550 |
| 22.5 | Selbstinduktion | 551 |
| 22.6 | Energiedichte im magnetischen Feld | 555 |
| 22.7 | Wirbelströme | 556 |
| 22.8 | Halleffekt | 559 |
| 23. Materie im Magnetfeld | | |
| 23.1 | Grundtatsachen von Para- und Diamagnetismus | 561 |
| 23.2 | Verhalten der magnetischen Feldgrößen B und H an Grenzflächen | 563 |
| 23.3 | Atomare Dipolmomente als Ursache des Paramagnetismus | 571 |
| 23.4 | Induktion als Ursache des Diamagnetismus | 573 |
| 23.5 | Ferromagnetismus | 575 |
| 24. Stationäre Wechselströme | | |
| 24.1 | Strom-Spannungsbeziehungen an R , C , L | 581 |
| 24.2 | Wechselspannung an RCL -Kreis, elektrische Resonanz | 584 |
| 24.3 | Wechselstromwiderstand | 587 |
| 24.4 | Transformator | 595 |
| 25. Aktive Bauelemente | | |
| 25.1 | Dotierte Halbleiter | 599 |
| 25.2 | Leitung über eine p-n-Grenzschicht, Halbleiterdiode | 602 |
| 25.3 | Transistor | 604 |
| 25.4 | Selbsterregung eines Schwingkreises durch rückgekoppelten Verstärker | 607 |
| 26. Maxwellsche Gleichungen und elektromagnetische Wellen | | |
| 26.1 | Maxwellscher Verschiebungsstrom | 609 |
| 26.2 | Maxwellsche Gleichungen | 611 |
| 26.3 | Elektromagnetische Wellengleichung | 613 |
| 26.4 | Elektromagnetische Wellenenergie und Poynting-Vektor | 614 |
| 26.5 | Drahtwellen, Hertzscher Dipol | 618 |
| 26.6 | Doppel- und Koaxialleitungen | 621 |
| 26.7 | Hohlraumresonatoren, Hohlleiter und Mikrowellen | 626 |
| 26.8 | Abstrahlung des Hertzschen Dipols | 630 |
| 26.9 | Strahlung einer beschleunigten Punktladung | 634 |

Teil IV Licht und Optik

27. Natur und Eigenschaften des Lichts, seine Wechselwirkung mit Materie

| | | |
|------|--|-----|
| 27.1 | Licht und elektromagnetisches Spektrum | 639 |
| 27.2 | Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit | 640 |
| 27.3 | Abgrenzung der geometrischen Optik, Laserstrahlen | 643 |
| 27.4 | Lichtausbreitung, Fermatsches Prinzip, Reflexion und Brechung | 647 |
| 27.5 | Polarisation und Doppelbrechung | 653 |
| 27.6 | Prismenwirkung und Dispersion | 661 |
| 27.7 | Atomistische Deutung von Dispersion und Absorption | 666 |
| 27.8 | Absorptions- und Emissionsspektren von Atomen und Molekülen | 671 |
| 27.9 | Lichtstreuung | 674 |

28. Optische Abbildung

| | | |
|------|--|-----|
| 28.1 | Linsengesetz und Gaußsche Abbildung | 685 |
| 28.2 | Linsensysteme und optische Instrumente | 696 |
| 28.3 | Linsenfehler | 699 |
| 28.4 | Ionenoptik | 702 |

29. Interferenz und Beugung von Licht

| | | |
|-------|---|-----|
| 29.1 | Interferenz und Beugung bei natürlichen Lichtquellen | 706 |
| 29.2 | Interferenz von Spiegelbildern | 712 |
| 29.3 | Fabry-Pérot-Interferometer | 717 |
| 29.4 | Michelson-Interferometer | 723 |
| 29.5 | Michelson-Versuch zur Lichtgeschwindigkeit und Dopplereffekt | 727 |
| 29.6 | Beugungsbild des Einzelpalts | 731 |
| 29.7 | Optisches Beugungsgitter | 733 |
| 29.8 | Mehrdimensionale Beugungsgitter, Röntgenbeugung | 738 |
| 29.9 | Beugung an sphärischen Blenden und Hindernissen, Fresnelsche Zonen | 743 |
| 29.10 | Holographie und Bildgebung durch Fouriertransformation | 748 |
| 29.11 | Auflösungsvermögen eines Mikroskops | 752 |

30. Strahlungsgesetze

| | | |
|------|---|-----|
| 30.1 | Strahlungsleistung und Strahlungsempfang | 755 |
| 30.2 | Kirchhoffsches Strahlungsgesetz, schwarze Körper | 758 |
| 30.3 | Hohlraumstrahlung | 764 |
| 30.4 | Plancksches Strahlungsgesetz und seine Konsequenzen | 767 |

Sachverzeichnis

775