

Physik für Techniker und technische Berufe

mit 394 Bildern, 170 Beispielen, 316 Aufgaben mit Lösungen
und einer Formelsammlung (Beilage)

3. Auflage



Fachbuchverlag Leipzig
im Carl Hanser Verlag

Inhaltsverzeichnis

Technik und Physik

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Physikalische Größen und Einheiten | 18 |
| 1.1 | Größenarten und Größen | 18 |
| 1.2 | Einheiten und Internationales Einheitensystem (SI) | 18 |
| 1.3 | Größengleichungen | 20 |
| 1.4 | Länge, Fläche und Volumen | 21 |
| 1.5 | Zeit | 24 |

Mechanik

| | | |
|---------|--|----|
| 2 | Kinematik | 25 |
| 2.1 | Kinematik der Punktmasse | 27 |
| 2.1.1 | Bewegung auf gerader Bahn | 29 |
| 2.1.1.1 | Geschwindigkeit und Beschleunigung | 31 |
| 2.1.1.2 | Gleichförmige Bewegung | 36 |
| 2.1.1.3 | Gleichmäßig beschleunigte Bewegung | 38 |
| 2.1.1.4 | Freier Fall | 44 |
| 2.1.1.5 | Relativität der Bewegung und Überlagerung von Bewegungen | 45 |
| 2.1.2 | Bewegung auf der Kreisbahn | 50 |
| 2.1.2.1 | Periodendauer und Frequenz | 50 |
| 2.1.2.2 | Winkelgeschwindigkeit und Winkelbeschleunigung | 51 |
| 2.1.2.3 | Radialbeschleunigung | 54 |
| 2.2 | Kinematik des starren Körpers | 55 |
| 2.2.1 | Translation und Rotation | 55 |
| 2.2.2 | Kinematik der Rotation | 57 |
| 2.2.3 | Drehzahlmessung | 59 |

| | |
|---|-----|
| Dynamik der Punktmasse | 61 |
| 3.1 Kräfte | 61 |
| 3.1.1 Wirkungen von Kräften | 61 |
| 3.1.2 Wechselwirkung | 62 |
| 3.1.3 Kraftmessung | 64 |
| 3.1.4 Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften | 65 |
| 3.1.5 Trägheit der Körper | 69 |
| 3.1.6 Grundgesetz der Dynamik | 70 |
| 3.1.7 Schweren der Körper | 73 |
| 3.1.8 Reibungskräfte | 75 |
| 3.1.9 Anwendungen des Grundgesetzes der Dynamik | 77 |
| 3.1.10 Trägheitskräfte | 80 |
| 3.1.11 Radialkraft und Zentrifugalkraft | 81 |
| 3.2 Arbeit, Energie und Leistung | 85 |
| 3.2.1 Mechanische Arbeit | 85 |
| 3.2.1.1 Beschleunigungsarbeit | 86 |
| 3.2.1.2 Hubarbeit | 87 |
| 3.2.1.3 Federspannarbeit | 89 |
| 3.2.1.4 Reibungsarbeit | 90 |
| 3.2.2 Energie | 91 |
| 3.2.2.1 Kinetische Energie | 92 |
| 3.2.2.2 Potentielle Energie | 92 |
| 3.2.3 Energieerhaltungssatz | 95 |
| 3.2.4 Leistung und Wirkungsgrad | 99 |
| 3.2.4.1 Leistung | 100 |
| 3.2.4.2 Wirkungsgrad | 101 |
| 3.3 Impuls | 107 |
| 3.3.1 Kraftstoß und Impuls | 107 |
| 3.3.2 Impulserhaltungssatz | 109 |
| 3.3.3 Stoßvorgänge | 110 |
| 3.3.3.1 Elastischer Stoß | 110 |
| 3.3.3.2 Unelastischer Stoß | 112 |
| 3.3.4 Raketenantrieb | 114 |
| Dynamik der Rotation | 117 |
| 4.1 Drehmoment | 118 |
| 4.2 Rotationsenergie und Massenträgheitsmoment | 123 |
| 4.2.1 Rotationsenergie | 123 |
| 4.2.2 Massenträgheitsmoment | 124 |
| 4.3 Analogie zwischen Translation und Rotation | 128 |
| 4.4 Grundgesetz der Dynamik der Rotation | 129 |

| | | |
|---|--|-----|
| 4.5 | Arbeit und Leistung bei der Rotation | 131 |
| 4.6 | Drehimpulserhaltungssatz | 132 |
| Statik | | 135 |
| 5.1 | Gleichgewicht starrer Körper | 135 |
| 5.1.1 | Gleichgewichtsbedingungen | 135 |
| 5.1.2 | Gleichgewichtsarten | 136 |
| 5.1.3 | Schwerpunkt | 137 |
| 5.2 | Ebene Kraftsysteme | 138 |
| 5.2.1 | Kräfte mit gemeinsamem Angriffspunkt | 138 |
| 5.2.2 | Kräfte mit verschiedenen Angriffspunkten | 140 |
| 5.2.3 | Standsicherheit | 145 |
| Mechanik der Flüssigkeiten und Gase | | 147 |
| 6.1 | Druck | 147 |
| 6.2 | Einige Eigenschaften von Flüssigkeiten und Gasen | 149 |
| 6.2.1 | Kompressibilität | 150 |
| 6.2.2 | Flüssigkeitsoberflächen | 150 |
| 6.2.3 | Grenzflächenerscheinungen und Kapillarität | 153 |
| 6.3 | Mechanik ruhender Flüssigkeiten und Gase | 154 |
| 6.3.1 | Kolbendruck | 154 |
| 6.3.2 | Schweredruck | 156 |
| 6.3.2.1 | Schweredruck in Flüssigkeiten | 156 |
| 6.3.2.2 | Schweredruck in Gasen und Luftdruck | 159 |
| 6.3.3 | Druckmessung | 160 |
| 6.3.3.1 | Druckskalen | 160 |
| 6.3.3.2 | Druckmeßgeräte | 161 |
| 6.3.4 | Auftrieb | 164 |
| 6.3.4.1 | Auftrieb in Flüssigkeiten | 164 |
| 6.3.4.2 | Schwimmen | 166 |
| 6.3.4.3 | Auftrieb in Gasen | 170 |
| 6.4 | Mechanik strömender Flüssigkeiten und Gase | 170 |
| 6.4.1 | Strömungsgeschwindigkeit und Stromlinien; Volumenstrom | 170 |
| 6.4.2 | Strömung idealer Flüssigkeiten und Gase | 172 |
| 6.4.2.1 | Kontinuitätsgleichung | 172 |
| 6.4.2.2 | Bernoullische Gleichung | 174 |
| 6.4.2.3 | Anwendungen der Bernoullischen Gleichung | 176 |
| 6.4.3 | Strömung realer Flüssigkeiten und Gase | 179 |
| 6.4.3.1 | Innere Reibung und Viskosität | 179 |
| 6.4.3.2 | Laminare und turbulente Strömungen | 180 |

| | | |
|--------------------------|--|-----|
| 6.4.3.3 | Strömungswiderstände | 180 |
| 6.4.3.4 | Druckverlust in Rohrleitungen | 183 |
| 6.4.3.5 | Viskositätsbestimmungen | 183 |
| Thermodynamik | | |
| 7 | Wärme und innere Energie | 185 |
| 7.1 | Thermodynamische Prozesse | 185 |
| 7.2 | Wärmebewegung | 186 |
| 7.3 | Temperatur | 187 |
| 7.4 | Thermische Ausdehnung fester und flüssiger Körper | 188 |
| 7.5 | Temperaturmessung | 191 |
| 7.6 | 1. Hauptsatz der Thermodynamik | 196 |
| 7.7 | Wärme und Temperatur | 198 |
| 7.8 | Spezifische Wärmekapazität von Gasen | 200 |
| 7.9 | Änderung des Aggregatzustandes | 201 |
| 7.10 | Wärmebilanzen bei Temperaturausgleich | 205 |
| 7.11 | Energieumwandlungen | 209 |
| 8 | Zustandsänderungen von Gasen | 213 |
| 8.1 | Thermischer Zustand des idealen Gases | 213 |
| 8.1.1 | Ideales Gas | 213 |
| 8.1.2 | Thermische Zustandsgleichung des idealen Gases | 213 |
| 8.1.3 | Quasistatische Zustandsänderungen | 215 |
| 8.2 | Volumenänderungsarbeit | 216 |
| 8.3 | Spezielle Zustandsänderungen | 218 |
| 8.3.1 | Isotherme Zustandsänderungen | 218 |
| 8.3.2 | Isochore Zustandsänderungen | 219 |
| 8.3.3 | Isobare Zustandsänderungen | 221 |
| 8.3.4 | Adiabatische Zustandsänderungen | 222 |
| 8.4 | Kreisprozesse | 224 |
| 8.4.1 | Prinzip der Wärmekraftmaschine | 225 |
| 8.4.2 | Wärmepumpe und Kältemaschine | 226 |
| 8.4.3 | Carnot-Prozeß | 226 |
| 8.5 | 2. Hauptsatz der Thermodynamik | 228 |
| 8.5.1 | Thermodynamischer Wirkungsgrad reversibler Kreisprozesse | 228 |
| 8.5.2 | Irreversible Prozesse | 229 |

| | | |
|---------------------|---|-----|
| 8.6 | Reale Gase und Dämpfe | 230 |
| 8.6.1 | Isothermen eines realen Gases | 230 |
| 8.6.2 | Dämpfe | 230 |
| 8.6.3 | Luftfeuchte | 232 |
| 9 | Wärmetransport | 233 |
| 9.1 | Wärmetransportprozesse | 233 |
| 9.2 | Wärmedurchgang | 235 |
| Elektrik | | |
| 10 | Gleichstrom | 239 |
| 10.1 | Elektrische Ladungen und Ströme | 239 |
| 10.2 | Elektrische Spannung | 244 |
| 10.3 | Ohmsches Gesetz | 247 |
| 10.4 | Elektrischer Widerstand | 249 |
| 10.5 | Schaltung von Widerständen | 253 |
| 10.5.1 | Parallelschaltung | 253 |
| 10.5.2 | Reihenschaltung | 255 |
| 10.6 | Elektrische Energie und Leistung | 260 |
| 10.7 | Reale Stromkreise | 261 |
| 10.7.1 | Verhalten realer Spannungsquellen | 262 |
| 10.7.2 | Schaltung von Spannungsquellen | 264 |
| 10.7.3 | Einfluß von Leitungswiderständen | 266 |
| 10.7.4 | Knoten- und Maschensatz zur Berechnung elektrischer Netze | 267 |
| 10.8 | Meßtechnische Anwendungen | 268 |
| 10.8.1 | Messungen mit Drehspulinstrumenten | 269 |
| 10.8.2 | Widerstandsbestimmung durch Strom- und Spannungsmessung | 271 |
| 10.8.3 | Spannungskompensation | 273 |
| 10.8.4 | Meßbrücken | 274 |
| 10.8.5 | Digitale Meßverfahren | 275 |
| 11 | Elektrische und magnetische Felder | 277 |
| 11.1 | Elektrische Felder | 278 |
| 11.1.1 | Kräfte zwischen elektrischen Ladungen | 278 |
| 11.1.2 | Elektrische Felder im Vakuum | 280 |
| 11.1.2.1 | Elektrische Flußdichte und elektrische Feldstärke | 280 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 11.1.2.2 | Kapazität | 281 |
| 11.1.2.3 | Elektrische Feldenergie | 282 |
| 11.1.3 | Stoffe im elektrischen Feld | 283 |
| 11.1.3.1 | Influenz | 283 |
| 11.1.3.2 | Dielektrische Polarisation | 284 |
| 11.1.4 | Kondensatoren | 285 |
| 11.2 | Magnetische Felder | 287 |
| 11.2.1 | Magnetische Felder stromdurchflossener Leiter | 287 |
| 11.2.2 | Magnetische Felder im Vakuum | 288 |
| 11.2.2.1 | Magnetische Feldstärke und magnetische Flußdichte | 288 |
| 11.2.2.2 | Induktivität und magnetische Feldenergie | 290 |
| 11.2.3 | Stoffe im magnetischen Feld | 291 |
| 11.2.4 | Kraftwirkungen auf stromdurchflossene Leiter im magnetischen Feld | 294 |
| 11.3 | Bewegung von Elektronen in elektrischen und magnetischen Feldern | 296 |
| 11.3.1 | Erzeugung von Elektronenstrahlen | 297 |
| 11.3.2 | Ablenkung von Elektronen im elektrischen Querfeld | 298 |
| 11.3.3 | Elektronen in magnetischen Feldern | 300 |
| 11.4 | Elektromagnetische Induktion | 302 |
| 11.4.1 | Induktionsgesetz | 302 |
| 11.4.2 | Transformator- und Generatorprinzip | 303 |
| 11.4.2.1 | Transformatorprinzip | 304 |
| 11.4.2.2 | Generatorprinzip | 305 |
| 11.4.3 | Wirbelströme | 306 |
| 11.4.4 | Selbstinduktion | 307 |
| 12 | Wechselstrom | 309 |
| 12.1 | Wechselspannungen und Wechselströme | 309 |
| 12.1.1 | Bestimmungsgrößen | 309 |
| 12.1.2 | Messung von Wechselströmen und Wechselspannungen | 312 |
| 12.2 | Einfache Wechselstromkreise | 314 |
| 12.2.1 | Wirkwiderstände | 314 |
| 12.2.2 | Blindwiderstände | 315 |
| 12.2.2.1 | Induktiver Blindwiderstand | 316 |
| 12.2.2.2 | Kapazitiver Blindwiderstand | 317 |
| 12.3 | Zusammengesetzte Wechselstromkreise | 319 |
| 12.3.1 | Reihenschaltung von R und L | 321 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 12.3.2 | Reihenschaltung von R , L und C | 323 |
| 12.3.3 | Parallelschaltung von R , L und C | 324 |
| 12.4 | Leistung des Wechselstroms | 326 |
| 12.4.1 | Momentanleistung und Wirkleistung | 326 |
| 12.4.2 | Messung der Wirkleistung | 326 |
| 12.4.3 | Wirk-, Blind- und Scheinleistung | 327 |
| 12.4.4 | Blindleistungskompensation | 329 |
| 12.5 | Transformatoren | 331 |
| 12.6 | Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom) | 333 |
| 12.7 | Schutz vor elektrischen Unfällen | 337 |
| 13 | Halbleiter | 339 |
| 13.1 | Leitungsmechanismen in Halbleitern | 340 |
| 13.1.1 | Eigenleitung | 340 |
| 13.1.2 | Störstellenleitung | 341 |
| 13.1.2.1 | n-Leitung | 341 |
| 13.1.2.2 | p-Leitung | 342 |
| 13.2 | pn-Übergang | 343 |
| 13.3 | Halbleiterdioden | 344 |
| 13.4 | Transistoren | 347 |
| 13.4.1 | Bipolartransistoren | 347 |
| 13.4.2 | Elementarer Spannungsverstärker | 349 |
| 13.4.3 | Feldeffekttransistoren | 351 |

Schwingungen und Wellen

| | | |
|----------|--------------------------------|-----|
| 14 | Schwingungen | 353 |
| 14.1 | Mechanische Schwingungen | 353 |
| 14.1.1 | Freie ungedämpfte Schwingungen | 353 |
| 14.1.1.1 | Kinematik der Sinusschwingung | 355 |
| 14.1.1.2 | Dynamik der Sinusschwingung | 357 |
| 14.1.1.3 | Dreh- und Pendelschwingungen | 360 |
| 14.1.2 | Freie gedämpfte Schwingungen | 363 |
| 14.1.3 | Erzwungene Schwingungen | 366 |
| 14.2 | Elektrische Schwingungen | 368 |
| 14.2.1 | Elektrischer Schwingkreis | 368 |

| | | |
|------------------|--|-----|
| 14.2.2 | Analogie zwischen mechanischen und elektrischen Schwingungen | 369 |
| 14.2.3 | Erzwungene elektrische Schwingungen | 370 |
| 14.2.3.1 | Reihenresonanz | 371 |
| 14.2.3.2 | Parallelresonanz | 372 |
| 15 | Wellen | 373 |
| 15.1 | Wellenausbreitung | 373 |
| 15.1.1 | Arten von Wellen | 373 |
| 15.1.2 | Frequenz und Doppler-Effekt | 376 |
| 15.1.3 | Wellenlänge und Phasengeschwindigkeit | 376 |
| 15.1.4 | Energiestrom und Amplitude | 377 |
| 15.1.5 | Huygenssches Prinzip | 377 |
| 15.2 | Reflexion und Brechung | 378 |
| 15.2.1 | Reflexion | 379 |
| 15.2.2 | Brechung | 380 |
| 15.2.3 | Totalreflexion | 381 |
| 15.3 | Beugung und Interferenz | 382 |
| 15.3.1 | Beugung | 382 |
| 15.3.2 | Interferenz | 383 |
| 15.3.3 | Beugung und Interferenz am Doppelspalt | 386 |
| 15.4 | Stehende Wellen | 390 |
| 15.5 | Optische Abbildung | 391 |
| 15.5.1 | Bildkonstruktion | 391 |
| 15.5.2 | Bildentstehung an gekrümmten Spiegeln und Linsen | 393 |
| 15.5.3 | Abbildungsgleichung und Abbildungsmaßstab | 396 |
| 15.5.4 | Vergrößerung durch Fernrohr und Mikroskop | 397 |
| 15.6 | Energieübertragung durch Wellen | 399 |
| 15.6.1 | Physikalische Strahlungsgrößen | 399 |
| 15.6.2 | Physiologische Schall- und Lichtempfindungen | 402 |
| 15.6.2.1 | Schallstärke und Lautstärke | 402 |
| 15.6.2.2 | Lichttechnische Größen | 403 |
| Atome | | |
| 16 | Atom- und Kernphysik | 407 |
| 16.1 | Quanten | 408 |
| 16.1.1 | Energiequantelung | 408 |
| 16.1.2 | Welle-Teilchen-Dualismus | 409 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 16.1.3 | Äußerer Fotoeffekt | 410 |
| 16.1.4 | Heisenbergsche Unschärferelation | 411 |
| 16.1.5 | Masse und Energie | 411 |
| 16.2 | Atomhülle | 413 |
| 16.2.1 | Bohrsches Atommodell | 413 |
| 16.2.2 | Quantenzahlen | 414 |
| 16.2.3 | Aufbau der Atomhülle der Elemente | 415 |
| 16.3 | Atomkern | 416 |
| 16.3.1 | Aufbau des Atomkerns | 416 |
| 16.3.2 | Radioaktivität | 418 |
| 16.3.2.1 | Q-Umwandlung | 419 |
| 16.3.2.2 | /3-Umwandlung | 419 |
| 16.3.2.3 | 7-Strahlung | 420 |
| 16.3.2.4 | Gesetz der radioaktiven Umwandlung | 421 |
| 16.3.2.5 | Absorption von ionisierender Strahlung | 422 |
| 16.3.2.6 | Nachweis von Kernstrahlung | 425 |
| 16.3.2.7 | Biologische Wirkungen und Strahlenschutz | 427 |
| 16.3.3 | Kernenergie | 428 |
| 16.3.3.1 | Kernspaltung | 429 |
| 16.3.3.2 | Kernsynthese | 432 |

Aufgaben

| | | | |
|----|-------------------------------------|--------------------|-----|
| 2 | Kinematik | A 2.1 ... A 2.16 | 433 |
| 3 | Dynamik der Punktmasse | A 3.1 ... A 3.57 | 435 |
| 4 | Dynamik der Rotation | A 4.1 ... A 4.18 | 440 |
| 5 | Statik | A 5.1 ... A 5.10 | 443 |
| 6 | Mechanik der Flüssigkeiten und Gase | A 6.1 ... A 6.37 | 446 |
| 7 | Wärme und innere Energie | A 7.1 ... A 7.27 | 450 |
| 8 | Zustandsänderungen von Gasen | A 8.1 ... A 8.18 | 453 |
| 9 | Wärmetransport | A 9.1 ... A 9.5 | 455 |
| 10 | Gleichstrom | A 10.1 ... A 10.35 | 456 |
| 11 | Elektrische und magnetische Felder | A 11.1 ... A 11.28 | 460 |
| 12 | Wechselstrom | A 12.1 ... A 12.19 | 463 |
| 14 | Schwingungen | A 14.1 ... A 14.14 | 465 |
| 15 | Wellen | A 15.1 ... A 15.18 | 467 |
| 16 | Atom- und Kernphysik | A 16.1 ... A 16.14 | 470 |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| Lösungen | 471 |
| Sachwortverzeichnis | 516 |
| Bildquellennachweis | 520 |
| Formelsammlung (als Beilage) | |