

# Physikalische Größen und Messungen

1 Physikalische Größen und Messungen	1
VERSTÄNDNISAUFGABEN	1
SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN	1
MASSEINHEITEN	1
UMRECHNEN VON EINHEITEN	1
DIMENSIONEN PHYSIKALISCHER GRÖSSEN	1
EXPONENTIALSCHREIBWEISE UND SIGNIFIKANTE STELLEN	2
ALLGEMEINE AUFGABEN	2

## Mechanik

2 Mechanik von Massenpunkten	7
VERSTÄNDNISAUFGABEN	7
SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABE	9
ORTS- UND VERSCHIEBUNGSVEKTOR	9
GESCHWINDIGKEIT	9
BESCHLEUNIGUNG	10
GLEICHFÖRMIG BESCHLEUNIGTE BEWEGUNG IN EINER DIMENSION	10
DER SCHRÄGE WURF	11
KREISBEWEGUNG UND ZENTRIPETALBESCHLEUNIGUNG	12
ALLGEMEINE AUFGABEN	13
3 Die Newton'schen Axiome	37
VERSTÄNDNISAUFGABEN	37
SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABE	37

DAS ERSTE UND DAS ZWEITE NEWTON'SCHE AXIOM: MASSE, TRÄGHEIT UND KRAFT	38
MASSE UND GEWICHT	38
KRÄFTEDIAGRAMME: STATISCHES GLEICHGEWICHT	38
KRÄFTEDIAGRAMME: GENEIGTE EBENEN UND NORMALKRÄFTE	39
KRÄFTEDIAGRAMME: FAHRSTÜHLE	39
KRUMMLINIGE UND KREISBEWEGUNG	39

## 4 Weitere Anwendungen der Newton'schen Axiome

VERSTÄNDNISAUFGABEN	53
SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN	54
REIBUNG	54
WIDERSTANDSKRÄFTE	56
DIE KEPLER'SCHEN GESETZE	56
DAS NEWTON'SCHE GRAVITATIONSGESETZ	57
SCHWERE MASSE UND TRÄGE MASSE	57
DAS GRAVITATIONSFELD	57
ALLGEMEINE AUFGABEN	58

## 5 Energie und Arbeit

VERSTÄNDNISAUFGABEN	83
SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN	84
ARBEIT, KINETISCHE ENERGIE UND ANWENDUNGEN	85
LEISTUNG	85
DIE ERHALTUNG DER MECHANISCHEN ENERGIE	86
ENERGIEERHALTUNG	87
ALLGEMEINE AUFGABEN	88

**6 Der Impuls 113**

VERSTÄNDNISAUFGABEN 113

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABE 114

IMPULSERHALTUNG 114

KRAFTSTOSS UND ZEITLICHES MITTEL EINER KRAFT 114

STÖSSE IN EINER RAUMRICHTUNG 115

\*STÖSSE IN MEHR ALS EINER RAUMRICHTUNG 115

ELASTIZITÄTSAHLE 116

ALLGEMEINE AUFGABEN 116

**7 Teilchensysteme 131**

VERSTÄNDNISAUFGABEN 131

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABE 131

MEHRKÖRPERPROBLEME 131

MASSENMITTELPUNKTSYSTEM 133

RAKETEN- UND STRAHLANTRIEB 134

ALLGEMEINE AUFGABEN 134

**8 Drehbewegungen 149**

VERSTÄNDNISAUFGABEN 149

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN 150

WINKELGESCHWINDIGKEIT UND  
WINKELBESCHLEUNIGUNG 150

BERECHNUNG VON TRÄGHEITSMOMENTEN 151

DREHMOMENT 151

KINETISCHE ENERGIE DER ROTATION 152

ROLLEN, FALLMASCHINEN UND HERABHÄNGENDE  
TEILE 152

DREHIMPULS UND DREHIMPULSERHALTUNG 153

ROLLEN OHNE SCHLUPF 154

ROLLEN MIT SCHLUPF 154

KREISEL 154

ALLGEMEINE AUFGABEN 155

**9 Mechanik deformierbarer Körper 173**

VERSTÄNDNISAUFGABEN 173

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABE 173

SPANNUNG UND DEHNUNG 173

KOMPRESSION 174

SCHERUNG 174

BIEGUNG 175

**10 Fluide 183**

VERSTÄNDNISAUFGABEN 183

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN 184

DICHTEN 184

DRUCK 184

AUFTRIEB 185

KONTINUITÄTS- UND BERNOULLI-GLEICHUNG 186

STRÖMUNG VISKOSER FLÜSSIGKEITEN 186

ALLGEMEINE AUFGABEN 187

**Schwingungen und Wellen****11 Schwingungen 197**

VERSTÄNDNISAUFGABEN 197

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN 197

HARMONISCHE SCHWINGUNGEN 198

HARMONISCHE SCHWINGUNGEN UND  
KREISBEWEGUNG 198

ENERGIE EINES HARMONISCHEN OSZILLATORS 198

HARMONISCHE SCHWINGUNGEN UND FEDERSCHWIN-  
GER 198

MATHEMATISCHES PENDEL 199

PHYSIKALISCHE PENDEL 199

GEDÄMPFTE SCHWINGUNGEN 200

ERZWUNGENE SCHWINGUNGEN UND RESONANZ 200

ALLGEMEINE AUFGABEN 201

**12 Wellen 223**

VERSTÄNDNISAUFGABEN 223

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN 224

AUSBREITUNGSGESCHWINDIGKEIT VON WELLEN 224

DIE WELLENGLEICHUNG 224

HARMONISCHE WELLEN AUF EINER SAITE 224

HARMONISCHE SCHALLWELLEN 225

INTENSITÄT 225

SCHALLPEGEL 225

DOPPLER-EFFEKT 225

REFLEXION UND TRANSMISSION 226

ÜBERLAGERUNG UND INTERFERENZ 226

SCHWEBUNGEN 227

STEHENDE WELLEN 227

\*HARMONISCHE ANALYSE 228

\*WELLENPAKETE 228

ALLGEMEINE AUFGABEN 228

**Thermodynamik****13 Temperatur und der Nullte Hauptsatz der Thermodynamik 249**

VERSTÄNDNISAUFGABEN 249

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABE 249

TEMPERATURSKALEN 249

WÄRME-AUSDEHNUNG 249

ALLGEMEINE AUFGABEN 249

**14 Die kinetische Gastheorie 253**

VERSTÄNDNISAUFGABEN 253

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABE 253

DIE ZUSTANDSGLEICHUNG FÜR DAS IDEALE GAS 253

DIE MOLEKULARE GESCHWINDIGKEIT UND DER GLEICHVERTEILUNGSSATZ 254

DIE MITTLERE FREIE WEGLÄNGE 254

DIE VAN-DER-WAALS-GLEICHUNG FÜR REALE GASE 254

ALLGEMEINE AUFGABEN 254

**15 Wärme und der Erste Hauptsatz der Thermodynamik 263**

VERSTÄNDNISAUFGABEN 263

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN 263

WÄRMEKAPAZITÄT, SPEZIFISCHE WÄRME, LATENTE WÄRME 263

KALORIMETRIE 264

ERSTER HAUPTSATZ DER THERMODYNAMIK 264

ARBEIT UND DAS P-V-DIAGRAMM EINES GASES 264

WÄRMEKAPAZITÄTEN VON GASEN UND DER GLEICHVERTEILUNGSSATZ 264

WÄRMEKAPAZITÄTEN VON FESTKÖRPERN UND DIE DULONG-PETIT'SCHE REGEL 264

REVERSIBLE ADIABATISCHE EXPANSION EINES GASES 265

ZYKLISCHE PROZESSE 265

ALLGEMEINE AUFGABEN 265

**16 Der Zweite Hauptsatz der Thermodynamik 275**

VERSTÄNDNISAUFGABEN 275

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN 275

WÄRMEKRAFTMASCHINEN UND KÄLTEMASCHINEN 276

DER ZWEITE HAUPTSATZ 276

CARNOT-KREISPROZESSE 276

WÄRMEPUMPEN 277

ENTROPIEÄNDERUNGEN 277

ENTROPIE UND ENTWERTETE ENERGIE 277

ALLGEMEINE AUFGABEN 277

**17 Wärmeübertragung 287**

VERSTÄNDNISAUFGABEN 287

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN 287

WÄRMELEITUNG 287

WÄRMESTRAHLUNG 287

ALLGEMEINE AUFGABEN 288

**Elektrizität und Magnetismus****18 Das elektrische Feld I:**

Diskrete Ladungsverteilungen 293

VERSTÄNDNISAUFGABEN 293

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN 294

ELEKTRISCHE LADUNG 294

DAS COULOMB'SCHE GESETZ 294

ELEKTRISCHES FELD 294

BEWEGUNG VON PUNKTLADUNGEN IN ELEKTRISCHEN FELDERN 295

DIPOLE 295

ALLGEMEINE AUFGABEN 295

**19 Das elektrische Feld II:**

Kontinuierliche Ladungsverteilungen 309

VERSTÄNDNISAUFGABEN 309

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABE 309

BERECHNUNG VON  $E$  AUS DEM COULOMB'SCHEN GESETZ 309

DAS GAUSS'SCHE GESETZ 310

ANWENDUNGEN DES GAUSS'SCHEN GESETZES BEI KUGELSYMMETRIE 311

ANWENDUNGEN DES GAUSS'SCHEN GESETZES BEI ZYLINDERSYMMETRIE 311

ELEKTRISCHE LADUNGEN UND FELDER AN LEITEROBERFLÄCHEN 312

ALLGEMEINE AUFGABEN 312

**20 Das elektrische Potenzial 329**

VERSTÄNDNISAUFGABEN 329

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN 329

POTENZIALDIFFERENZ 329

DAS POTENZIAL EINES PUNKTLADUNGSSYSTEMS 330

BERECHNUNG DES ELEKTRISCHEN FIELDS AUS DEM POTENZIAL 330

BERECHNUNG DES POTENZIALS  $\phi$  KONTINUIERLICHER LADUNGSVERTEILUNGEN 330

ÄQUIPOTENZIALFLÄCHEN 331

DIE ELEKTRISCHE ENERGIE 331

ALLGEMEINE AUFGABEN 332

**21 Die Kapazität 347**

VERSTÄNDNISAUFGABEN 347

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN 347

KAPAZITÄT 347

DIE SPEICHERUNG ELEKTRISCHER ENERGIE 347

PARALLEL- UND REIHENSCHALTUNG VON KONDENSATOREN 348

PLATTENKONDENSATOREN 348

ZYLINDERKONDENSATOREN 348

KUGELKONDENSATOREN 349

GETRENNTE UND WIEDER VERBUNDENE KONDENSATOREN 349

DIELEKTRIKA 349

ALLGEMEINE AUFGABEN 349

**22 Elektrischer Strom - Gleichstromkreise 365**

VERSTÄNDNISAUFGABEN 365

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN 365

ELEKTRISCHER STROM UND DIE BEWEGUNG VON LADUNGSTRÄGERN 366

WIDERSTAND UND OHM'SCHES GESETZ 366

TEMPERATURABHÄNGIGKEIT DES WIDERSTANDS	366
ENERGIE IN ELEKTRISCHEN STROMKREISEN	367
ZUSAMMENSCHALTUNG VON WIDERSTÄNDEN	367
KIRCHHOFF'SCHE REGELN	367
STROM- UND SPANNUNGSMESSGERÄTE	368
RC-STROMKREISE	368
ALLGEMEINE AUFGABEN	369

## 23 Das Magnetfeld 391

VERSTÄNDNISAUFGABEN	391
SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABE	391
DIE MAGNETISCHE KRAFT	391
DIE BEWEGUNG EINER PUNKTLADUNG IN EINEM MAGNETFELD	392
DIE AUF GELADENE TEILCHEN WIRKENDE MAGNETI- SCHE KRAFT	392
DAS AUF LEITERSCHLEIFEN UND MAGNETE AUSGE- ÜBTE DREHMOMENT, MAGNETISCHE MOMENTE	392
DER HALL-EFFEKT	393
ALLGEMEINE AUFGABEN	393

## 24 Quellen des Magnetfelds 403

VERSTÄNDNISAUFGABEN	403
DAS MAGNETFELD VON PUNKTLADUNGEN UND STRÖMEN	403
LEITERSCHLEIFEN	404
GERADLINIGE LEITERABSCHNITTE	404
DAS MAGNETFELD EINER ZYLINDERSPULE	405
DAS AMPÈRE'SCHE GESETZ	405
MAGNETISIERUNG UND MAGNETISCHE SUSZEPTIBILI- TÄT	405
MAGNETISCHE MOMENTE VON ATOMEN	406
*PARAMAGNETISMUS	406
*FERROMAGNETISMUS	406
ALLGEMEINE AUFGABEN	406

## 25 Die magnetische Induktion 423

VERSTÄNDNISAUFGABEN	423
SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN	423
DER MAGNETISCHE FLUSS	423
INDUKTIONSSPANNUNG UND FARADAY'SCHES GESETZ	424
INDUKTION DURCH BEWEGUNG	424
WECHSELSTROMGENERATOREN	425
INDUKTIVITÄT	425
DIE ENERGIE DES MAGNETFELDS	425
* <i>RL</i> -STROMKREISE	426
ALLGEMEINE AUFGABEN	427

## 26 Wechselstromkreise 443

VERSTÄNDNISAUFGABEN	443
SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABE	443
WECHSELSPANNUNG AN OHM'SCHEN WIDERSTÄN- DEN, SPULEN UND KONDENSATOREN	443
STROMKREISE MIT KONDENSATOREN, SPULEN UND WIDERSTÄNDEN OHNE WECHSELSPANNUNGSQUELLE	444
<i>RL</i> -KREISE MIT WECHSELSPANNUNGSQUELLE	444
FILTER UND GLEICHRICHTER	444
<i>LC</i> -STROMKREISE MIT WECHSELSPANNUNGSQUELLE	445
<i>RLC</i> -STROMKREISE MIT WECHSELSPANNUNGS- QUELLE	446
DER TRANSFORMATOR	447
ALLGEMEINE AUFGABEN	447

## 27 Die Maxwell'schen Gleichungen und Elektromagnetische Wellen 463

VERSTÄNDNISAUFGABEN	463
SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN	463
DER MAXWELL'SCHE VERSCHIEBUNGSSTROM	463
MAXWELL'SCHE GLEICHUNGEN UND ELEKTROMA- NETISCHES SPEKTRUM	464

ELEKTRISCHE DIPOLSTRAHLUNG 464

ENERGIE UND IMPULS ELEKTROMAGNETISCHER  
WELLEN 464

DIE WELLENGLEICHUNG FÜR ELEKTROMAGNETI-  
SCHE WELLEN 464

ALLGEMEINE AUFGABEN 465

## Optik

### 28 Eigenschaften des Lichts 475

VERSTÄNDNISAUFGABEN 475

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN 475

DIE LICHTGESCHWINDIGKEIT 475

REFLEXION UND BRECHUNG 475

TOTALREFLEXION 476

DISPERSION 476

POLARISATION 476

ALLGEMEINE AUFGABEN 477

### 29 Geometrische Optik 487

VERSTÄNDNISAUFGABEN 487

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN 487

EBENE SPIEGEL 487

SPHÄRISCHE SPIEGEL 487

DURCH BRECHUNG ERZEUGTE BILDER 488

DÜNNE LINSEN UND DIE LINSENGLEICHUNG 488

ABBILDUNGSFEHLER 489

DAS AUGE 489

DIE LUPE 489

DAS MIKROSKOP 490

DAS TELESKOP 490

ALLGEMEINE AUFGABEN 490

### 30 Interferenz und Beugung 501

VERSTÄNDNISAUFGABEN 501

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN 501

PHASENDIFFERENZ UND KOHÄRENZ 501

INTERFERENZ AN DÜNNEN SCHICHTEN 501

NEWTON'SCHE RINGE 501

INTERFERENZMUSTER BEIM DOPPELSPALT 502

BEUGUNGSGITTER 502

BEUGUNGSMUSTER BEIM EINZELSPALT 503

INTERFERENZ- UND BEUGUNGSMUSTER BEIM DOP-  
PELSPALT 503

VEKTORADDITION HARMONISCHER WELLEN 503

BEUGUNG UND AUFLÖSUNG 503

ALLGEMEINE AUFGABEN 504

## Einsteins Relativitätstheorien

### 31 Die Relativitätstheorien 513

VERSTÄNDNISAUFGABEN 513

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN 513

ZEITDILATATION UND LÄNGENKONTRAKTION 513

DIE LORENTZ-TRANSFORMATION, UHRENSYNCHRO-  
NISATION UND GLEICHZEITIGKEIT 513

DIE GESCHWINDIGKEITSTRANSFORMATION UND DER  
RELATIVISTISCHE DOPPLER-EFFEKT 514

RELATIVISTISCHER IMPULS UND RELATIVISTISCHE  
ENERGIE 514

\*MINKOWSKI-DIAGRAMME 514

DIE ALLGEMEINE RELATIVITÄTSTHEORIE 515

ALLGEMEINE AUFGABEN 515

## Quantenmechanik

### 32 Einführung in die Quantenphysik 527

VERSTÄNDNISAUFGABEN 527

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABE	527
DIE TEILCHENNATUR DES LICHTS: PHOTONEN	527
DER PHOTOELEKTRISCHE EFFEKT	527
COMPTON-STREUUNG	527
ELEKTRONEN UND MATERIEWELLEN	527
BERECHNUNG VON AUFENTHALTSWAHRSCHEINLICH- KEITEN UND ERWARTUNGSWERTEN	528
ALLGEMEINE AUFGABEN	528

<b>33 Anwendungen der Schrödinger-Gleichung</b>	<b>535</b>
VERSTÄNDNISAUFGABEN	535
DIE SCHRÖDINGER-GLEICHUNG	535
DER HARMONISCHE OSZILLATOR	535
REFLEXION UND TRANSMISSION VON ELEKTRONEN- WELLEN: BARRIERENDURCHDRINGUNG	535
DIE SCHRÖDINGER-GLEICHUNG IN DREI DIMENSIONEN	535
DIE SCHRÖDINGER-GLEICHUNG FÜR ZWEI IDENTI- SCHE TEILCHEN	536
ORTHOGONALITÄT VON WELLENFUNKTIONEN	536
ALLGEMEINE AUFGABEN	536

## Atome und Moleküle

<b>34 Atome</b>	<b>543</b>
VERSTÄNDNISAUFGABEN	543
SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN	543
DAS BOHR'SCHE MODELL DES WASSERSTOFFATOMS	543
QUANTENZAHLEN IN POLARKOORDINATEN	543
QUANTENTHEORIE DES WASSERSTOFFATOMS	543
SPIN-BAHN-KOPPLUNG UND FEINSTRUKTUR	544
DAS PERIODENSYSTEM DER ELEMENTE	544
OPTISCHE SPEKTREN UND RÖNTGENSPEKTREN	544
LASER	544
ALLGEMEINE AUFGABEN	544

<b>35 Moleküle</b>	<b>553</b>
VERSTÄNDNISAUFGABEN	553
SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN	553
CHEMISCHE BINDUNG	553
ENERGIENIVEAUS UND SPEKTREN ZWEIATOMIGER MOLEKÜLE	554
ALLGEMEINE AUFGABEN	554

## Festkörperphysik

<b>36 Festkörper</b>	<b>559</b>
VERSTÄNDNISAUFGABEN	559
DIE STRUKTUR VON FESTKÖRPERN	559
 <b>37 Elektrische Eigenschaften von Festkörpern</b>	 <b>561</b>
VERSTÄNDNISAUFGABEN	561
SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABE	561
MIKROSKOPISCHE BETRACHTUNG DER ELEKTRI- SCHEN LEITFÄHIGKEIT	561
FREIE ELEKTRONEN IM FESTKÖRPER	561
DIE QUANTENTHEORIE DER ELEKTRISCHEN LEITFÄ- HIGKEIT	562
DAS BÄNDERMODELL DER FESTKÖRPER	562
HALBLEITER	562
HALBLEITERÜBERGÄNGE UND BAUELEMENTE	562
DIE BCS-THEORIE	563
DIE FERMI-DIRAC-VERTEILUNG	563

## Kern- und Teilchenphysik

<b>38 Kernphysik</b>	<b>569</b>
VERSTÄNDNISAUFGABEN	569
SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN	569
EIGENSCHAFTEN DER KERNE	569

RADIOAKTIVITÄT 569

KERNREAKTIONEN 570

KERNSPALTUNG UND KERNFUSION 570

ALLGEMEINE AUFGABEN 570

39 \*Teilchenphysik 579

VERSTÄNDNISAUFGABEN 579

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABE 579

SPIN UND ANTITEILCHEN 579

DIE ERHALTUNGSSÄTZE 579

QUARKS 579

ALLGEMEINE AUFGABEN 580

## **Zusatzmaterial**

40 \*Spezielle Relativitätstheorie 585

VERSTÄNDNISAUFGABEN 585

SCHÄTZUNGS- UND NÄHERUNGSAUFGABEN 585

LÄNGENKONTRAKTION UND ZEITDILATATION 585

DIE RELATIVITÄT DER GLEICHZEITIGKEIT 586

RELATIVISTISCHE ENERGIE UND RELATIVISTISCHER  
IMPULS 586

ALLGEMEINE AUFGABEN 587