

Inhaltsverzeichnis

Einführung

Was ist „Physik“? Wege physikalischer Erkenntnisgewinnung 20

Physikalische Größen, Einheiten, Dimensionen, Gleichungen 22

- 2.1 Größen, Einheiten, Dimensionen 22
- 2.2 Physikalische Gleichungen 24
- 2.3 Das neue SI-Einheitensystem 25

Teilchen

Mechanik der Punktmasse und des starren Körpers. Stoffe

Kinematik der Punktmasse 28

- 3.1 Raum, Zeit, Bezugssystem 28
- 3.2 Die gleichförmige Bewegung 30
- 3.3 Die gleichmäßig beschleunigte Bewegung 31
- 3.4 Freier Fall. Senkrechter Wurf 34
- 3.5 Allgemeine Definition von Geschwindigkeit und Beschleunigung. Ungleichmäßig beschleunigte Bewegung 36
- 3.6 Geschwindigkeit und Beschleunigung als Vektoren. Zusammengesetzte Bewegungen (Superposition) 39
- 3.7 Die gleichförmige Kreisbewegung 41
- 3.8 Die ungleichförmige Kreisbewegung 45
- 3.9 Bewegung auf beliebig krummliniger Bahn 47

Dynamik der Punktmasse 49

- 4.1 Der Kraftbegriff in der Physik. Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften. Statisches Gleichgewicht 49
- 4.2 Das Trägheitsgesetz (1. NEWTONSches Axiom) 51
- 4.3 Das Grundgesetz der Dynamik (2. NEWTONSches Axiom) 52
- 4.4 Träge und schwere Masse. Gewichtskraft. Radialkraft 53
- 4.5 Kraftstoß. Impuls (Bewegungsgröße) 55
- 4.6 Lösung der Bewegungsgleichung für konstante Kraft. Die Wurfbewegung .. 58

4.7	Das Wechselwirkungsgesetz (3. NEWTONSches Axiom)	61
4.8	Reibungskräfte	62
	Bewegte Bezugssysteme	66
5.1	Geradlinig beschleunigte Bezugssysteme. Trägheitskräfte	66
5.2	Gleichförmig rotierende Bezugssysteme. Zentrifugalkraft, CORIOLIS-Kraft ..	69
5.3	Inertialsysteme. Relativitätsprinzip der klassischen Mechanik	72
	Grundzüge der speziellen Relativitätstheorie	74
6.1	Konstanz der Lichtgeschwindigkeit. Die LORENTZ-Transformation	74
6.2	Folgerungen aus der LORENTZ-Transformation	78
6.3	Relativistische Bewegungsgleichung	79
	Arbeit und Energie	81
7.1	Arbeit	81
7.2	Leistung. Wirkung	85
7.3	Der Energiebegriff. Potenzielle und kinetische Energie	86
7.4	Das Gesetz von der Erhaltung der Energie (Energiesatz)	87
7.5	Äquivalenz von Masse und Energie	89
	Gravitation	91
8.1	Die KEPLERSchen Gesetze der Planetenbewegung und das Gravitationsgesetz	91
8.2	Arbeit gegen die Schwerkraft. Kosmische Geschwindigkeiten	94
	Dynamik der Punktmassen-Systeme	96
9.1	Impulserhaltungssatz. Massenmittelpunkt	96
9.2	Die Gesetze des Stoßes	98
9.3	Raketenantrieb	103
	Statik des starren Körpers	105
10.1	Freiheitsgrade des starren Körpers	105
10.2	Kräfte am starren Körper. Drehmoment. Gleichgewichtsbedingungen	105
10.3	Kräftepaar	110
10.4	Der Schwerpunkt	110
10.5	Arten des Gleichgewichts	113
	Dynamik des starren Körpers	114
11.1	Bewegung eines frei beweglichen Körpers bei Einwirkung einer Kraft	114
11.2	Kinetische Energie der Drehbewegung. Massenträgheitsmoment	114
11.3	Arbeit und Leistung bei der Drehbewegung. Grundgesetz der Dynamik	117
11.4	Der Drehimpuls (Drall). Drehimpulserhaltungssatz	119
11.5	Kreiselbewegungen. Freie Achsen	121
11.6	Bewegung des symmetrischen Kreisels	123

Die Zustandsformen der Stoffe 126

- 12.1 Einteilung der Stoffe. Aggregatzustände 126
 12.2 Der kristalline Aufbau der Festkörper 127
 12.3 Bindungsarten 130

Kontinua

Mechanik der deformierbaren Medien

Der deformierbare feste Körper 132

- 13.1 Elastische Verformung. HOOKEsches Gesetz 132
 13.2 Querkontraktion. Kompressibilität 134
 13.3 Elastisches Verhalten bei Scherbeanspruchung 135
 13.4 Der einachsige Spannungszustand 136
 13.5 Dreiachsiger Spannungs- und Dehnungszustand 137
 13.6 Zusammenhang zwischen Schubmodul, Elastizitätsmodul und POISSON-
 scher Querkontraktionszahl 138
 13.7 Plastische Verformung. Spannungs-Dehnungs-Diagramm 139
 13.8 Härte fester Körper 141

Ruhende Flüssigkeiten und Gase 142

- 14.1 Druck in Flüssigkeiten (hydrostatischer Druck) 142
 14.2 Schweredruck. Auftrieb. Schwimmstabilität 143
 14.3 Druck in Gasen. Zusammenhang zwischen Druck, Volumen und Dichte ... 147
 14.4 Schweredruck in Gasen. Barometrische Höhenformel 148
 14.5 Erscheinungen an Grenzflächen. Kohäsion und Adhäsion. 150
 14.6 Spezifische Oberflächenenergie, Oberflächenspannung 150
 14.7 Benetzung und Kapillarwirkung 152

Strömende Flüssigkeiten und Gase (Strömungsmechanik) 154

- 15.1 Das Strömungsfeld. Kennzeichnung und Einteilung von Strömungen 154
 15.2 Strömungen idealer Flüssigkeiten und Gase. Kontinuitätsgleichung 156
 15.3 Die BERNOULLIsche Gleichung. Druckmessung 158
 15.4 Strömungen realer Flüssigkeiten und Gase. Laminare Strömung 162
 15.5 Gesetze von HAGEN-POISEUILLE und STOKES. 163
 15.6 Umströmung durch reale Flüssigkeiten und Gase. REYNOLDS-Zahl 165
 15.7 Die Bewegungsgleichung eines Fluids 167

Wärme

Thermodynamik und Gaskinetik

Verhalten der Körper bei Temperaturänderung 172

- 16.1 Die Temperatur und ihre Messung 172
 16.2 Thermische Ausdehnung fester und flüssiger Körper 174

16.3	Durch Änderung der Temperatur bewirkte Zustandsänderungen der Gase. Der absolute Nullpunkt	176
16.4	Die thermische Zustandsgleichung des idealen Gases.....	179
Der I. Hauptsatz der Thermodynamik (Energiesatz)		182
17.1	Wärmemenge und Wärmekapazität	182
17.2	Innere Energie eines Systems. Formulierung des I. Hauptsatzes	184
17.3	Spezifische Wärmekapazität des idealen Gases. Kalorische Zustands- gleichung	186
17.4	Anwendung des I. Hauptsatzes auf spezielle Zustandsänderungen des idealen Gases	188
17.5	Zustandsänderungen des idealen Gases in offenen Systemen. Technische Arbeit. Enthalpie	193
Kinetische Gastheorie.....		195
18.1	Die Masse der Atome und Moleküle	195
18.2	Druck und mittlere quadratische Geschwindigkeit der Gasmoleküle. Grund- gleichung der kinetischen Gastheorie	196
18.3	Die Geschwindigkeitsverteilung der Gasmoleküle	199
18.4	Molekularenergie und Temperatur. Wärmekapazität der Körper.....	202
18.5	Stoßzahl und mittlere freie Weglänge.....	205
18.6	Gemische idealer Gase. Gesetz von DALTON	206
Der II. Hauptsatz der Thermodynamik (Entropiesatz)		208
19.1	Der CARNOT-Kreisprozess. Wärmekraftmaschine, Kältemaschine und Wärmepumpe.....	208
19.2	Thermodynamische Temperatur	212
19.3	Reversible und irreversible Vorgänge. II. Hauptsatz	213
19.4	Entropie	215
19.5	Entropieänderung des idealen Gases. Irreversible Prozesse	220
19.6	Entropie und Wahrscheinlichkeit	222
19.7	III. Hauptsatz (Satz von der Unerreichbarkeit des absoluten Nullpunkts) ...	225
Reale Gase. Phasenumwandlungen		226
20.1	Die VAN-DER-WAALSsche Zustandsgleichung. Gasverflüssigung.....	226
20.2	JOULE-THOMSON-Effekt. Erzeugung tiefer Temperaturen	229
20.3	Gleichgewicht zwischen flüssiger und gasförmiger Phase. Sieden und Verdunsten.....	231
20.4	Gleichgewicht zwischen fester und flüssiger Phase. Koexistenz dreier Phasen	236
20.5	Lösungen. Siedepunktserhöhung, Gefrierpunktserniedrigung	239
Ausgleichsvorgänge.....		241
21.1	Wärmeleitung	241
21.2	Wärmeübergang, Wärmedurchgang, Konvektion	244
21.3	Diffusion	246

Felder

Gravitation. Elektrizität und Magnetismus

Das Gravitationsfeld	250
22.1 Nahwirkungstheorie. Der Feldbegriff	250
22.2 Gravitationsfeldstärke, Gravitationspotenzial	252
22.3 Massen als Senken des Gravitationsfeldes	255
22.4 Grundaussagen der allgemeinen Relativitätstheorie	257
Das elektrostatische Feld	259
23.1 Die elektrische Ladung. Ladungsnachweis	259
23.2 Ladungen als Quellen bzw. Senken des elektrischen Feldes	261
23.3 Kraftwirkungen des elektrischen Feldes. Elektrische Feldstärke	262
23.4 Elektrostatisches Potenzial. Spannung	265
23.5 Elektrische Ladungen auf Leitern. Influenz	267
23.6 Elektrischer Fluss, Flussdichte	268
23.7 Das elektrische Zentralfeld (Punktladung und Punktladungssystem)	270
23.8 Kapazität. Kondensatoren	272
Das elektrische Feld in Isolatoren (Dielektrika)	275
24.1 Elektrische Polarisierung der Dielektrika. Piezoelektrizität	275
24.2 Permittivität (Dielektrizitätskonstante), elektrische Suszeptibilität	276
24.3 Verhalten von D und E an der Grenzfläche zweier Medien	278
24.4 Energieinhalt des elektrischen Feldes	280
Der Gleichstromkreis	282
25.1 Das stationäre elektrische Feld in einem Leiter	282
25.2 Stromstärke, Spannung, Widerstand. OHMSches Gesetz	282
25.3 Schaltungen und Messmethoden	285
25.4 Arbeit und Leistung elektrischer Gleichströme	291
Elektrische Leitungsvorgänge in Festkörpern und Flüssigkeiten	292
26.1 Klassische Theorie der freien Elektronen in Metallen	292
26.2 Thermoelektrische Effekte	294
26.3 Elektrokinetische Effekte	296
26.4 Elektrolytische Stromleitung. FARADAYSche Gesetze	296
26.5 Elektrochemische Spannungsquellen	298
Elektrische Leitungsvorgänge im Vakuum und in Gasen	300
27.1 Bewegung freier Ladungsträger im elektrischen Feld	300
27.2 Ladungsträgerinjektion, Katodenstrahlen	302
27.3 Gasentladungen	303
27.4 Plasmaströme	306

Das magnetostatische Feld der Dipole und Gleichströme 307

28.1 Analogien und Unterschiede zum elektrostatischen Feld 307
 28.2 Kraftwirkungen des magnetischen Feldes auf magnetische Dipole.
 Magnetische Feldstärke 308
 28.3 Das Magnetfeld eines geraden Stromleiters. Durchflutungsgesetz 309
 28.4 Einfache Feldberechnungen 311
 28.5 Magnetische Flussdichte (Induktion) 313
 28.6 Kraftwirkungen des magnetischen Feldes auf Stromleiter 314
 28.7 Bewegung freier Ladungsträger im magnetischen Feld. LORENTZ-Kraft 316
 28.8 Galvano- und thermomagnetische Effekte. HALL-Effekt. Quanten-HALL-
 Effekt 318

Das magnetische Feld in Stoffen 320

29.1 Magnetische Polarisation der Stoffe 320
 29.2 Magnetisierung der Ferromagnetika. Hysterese 321
 29.3 Der magnetische Kreis. Entmagnetisierung 323

Elektromagnetische Induktion 326

30.1 Das FARADAYSche Induktionsgesetz 326
 30.2 Selbstinduktion 328
 30.3 Energieinhalt des magnetischen Feldes 330
 30.4 Elektromagnetische Induktion in einem bewegten Leiter 331

Der Wechselstromkreis 333

31.1 Wechselspannung, Wechselstrom, Dreiphasenstrom 333
 31.2 Arbeit und Leistung elektrischer Wechselströme 335
 31.3 Wechselstromwiderstände. OHMSches Gesetz für Wechselstrom 337
 31.4 Der Transformator 343
 31.5 Anharmonische Wechselströme in der Elektronik 344
 31.6 Gleichrichter und Verstärker. Elektronische Bauelemente 345

Die MAXWELLSchen Gleichungen 349

32.1 Wirbel des magnetischen Feldes. Verschiebungsstrom 349
 32.2 Wirbel des elektrischen Feldes. Wirbelströme 350
 32.3 Elektromagnetisches Feld. System der MAXWELLSchen Gleichungen 352
 32.4 Relativistische Elektrodynamik 353

Wellen

Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen

Mechanische Schwingungen 356

33.1 Lineare Federschwingungen 356
 33.2 Energiebilanz des harmonischen Oszillators 359
 33.3 Drehschwingungen 360
 33.4 Pendelschwingungen 362

33.5	Freie gedämpfte Schwingungen	364
33.6	Erzwungene Schwingungen	367
Elektrische Schwingungen		371
34.1	Der geschlossene Schwingkreis	371
34.2	Strom- und Spannungsresonanz	373
34.3	Erzeugung ungedämpfter elektrischer Schwingungen	376
Überlagerung harmonischer Schwingungen		378
35.1	Überlagerung zweier Schwingungen längs gleicher Richtung	378
35.2	Gekoppelte Schwingungen	380
35.3	Überlagerung zweier Schwingungen längs aufeinander senkrechter Richtungen	383
35.4	Überlagerung von harmonischen zu anharmonischen Schwingungen	386
35.5	Nichtlineare Schwingungen. Deterministisches Chaos	388
Allgemeine Wellenlehre		392
36.1	Zusammenhang von Schwingungen und Wellen	392
36.2	Die eindimensionale Wellengleichung und ihre allgemeine Lösung	395
36.3	Transversal- und Longitudinalwellen	396
36.4	Stehende Wellen. Eigenschwingungen	399
36.5	Wellenausbreitung in ausgedehnten Medien	402
Schallwellen (Akustik)		405
37.1	Wellenausbreitung im Schallfeld. Phasengeschwindigkeit	405
37.2	Schallfeldgrößen	407
37.3	Schallquellen. Ton, Klang, Geräusch	409
37.4	Schallempfänger und Gehör. Schallpegel und Lautstärke	410
37.5	Stehende Schallwellen	412
37.6	DOPPLER-Effekt	414
37.7	MACHscher Kegel	416
Elektromagnetische Wellen		417
38.1	Ausbreitung elektromagnetischer Wellen entlang von Leitungen	417
38.2	Ausbreitung elektromagnetischer Wellen im freien Raum	419
38.3	Erzeugung und Nachweis elektromagnetischer Wellen	423
38.4	Die Entdeckung der elektromagnetischen Wellen (H. HERTZ, 1888)	425
38.5	Das elektromagnetische Spektrum	426
Einfluss von Stoffen auf die Wellenausbreitung		429
39.1	Absorption und Streuung	429
39.2	Phasengeschwindigkeit und Dispersion. Gruppengeschwindigkeit	430
39.3	HUYGENSSches Prinzip	434
39.4	Reflexion und Brechung (Refraktion). Totalreflexion	435
39.5	Optische Dispersion. Prisma, Spektral- und Körperfarben	438

Strahlenoptik (Geometrische Optik)	441
40.1 Lichtstrahlen. FERMATSches Prinzip	441
40.2 Reflexion und Brechung von Lichtstrahlen	443
40.3 Abbildung durch Spiegel (ebener und gekrümmte Spiegel)	445
40.4 Abbildung durch Linsen (dünne und dicke Linsen, Linsensysteme)	450
40.5 Das Auge und der Sehvorgang	456
40.6 Optische Geräte zur Sehwinkelvergrößerung (Lupe, Mikroskop, Fernrohr) ..	456
40.7 Abbildungsfehler	459
Wellenoptik	460
41.1 Interferenz. Interferenzbedingungen	460
41.2 Interferenzen gleicher Neigung und gleicher Dicke	462
41.3 Beugung (Diffraction). Das Beugungsphänomen	464
41.4 FRAUNHOFERSche Beugung am Spalt und an der Lochblende	466
41.5 Auflösungsvermögen optischer Geräte. Holografie	469
41.6 FRAUNHOFERSche Beugung am Strichgitter	472
41.7 Spektrometer	474
41.8 Beugung von RÖNTGENstrahlen am Raumgitter der Kristalle	475
41.9 Polarisation. Polarisation des Lichts durch Reflexion und Brechung	479
41.10 Polarisation durch Doppelbrechung	482
41.11 Interferenz des polarisierten Lichts	484
41.12 Drehung der Schwingungsebene des polarisierten Lichts	487
41.13 Nichtlineare Optik	489
Quanten	
Struktur und Eigenschaften der Materie	
Die Gesetze der Strahlung	492
42.1 Das Wesen der Temperaturstrahlung (Wärmestrahlung)	492
42.2 Strahlungsphysikalische Größen	493
42.3 Emission und Absorption von Strahlung. KIRCHHOFFSches Strahlungsgesetz	495
42.4 Das PLANCKSche Strahlungsgesetz	497
42.5 Folgerungen aus dem PLANCKSchen Strahlungsgesetz	498
42.6 Lichttechnische Größen (Photometrie)	501
42.7 Zusammenhang zwischen strahlungsphysikalischen und lichttechnischen Größen	504
Der Welle-Teilchen-Dualismus der Mikroobjekte	505
43.1 Die Teilchennatur des Lichts. Lichtquanten (Photonen)	505
43.2 Der lichtelektrische Effekt (Photoeffekt)	506
43.3 Der COMPTON-Effekt	509
43.4 Rückstoß durch Quantenemission. MÖSSBAUER-Effekt	510
43.5 Die Wellennatur der Teilchen	512
43.6 Das HEISENBERGSche Unbestimmtheitsprinzip (Unschärferelation)	515

Atombau und Spektren	518
44.1 Die Streuexperimente von LENARD und RUTHERFORD. Das RUTHERFORDsche Atommodell	518
44.2 Das Spektrum des Wasserstoffatoms	520
44.3 Das BOHRsche Atommodell	522
44.4 Die Spektren der Alkaliatome. Bahndrehimpulsquantenzahl	526
44.5 Richtungsquantelung des Bahndrehimpulses der Elektronen	529
44.6 Das magnetische Bahnmoment der Elektronen. BOHRsches Magneton	530
44.7 Elektronenspin und magnetisches Spinmoment. Die Feinstruktur der Atomspektren	531
44.8 Mehrelektronensysteme	533
44.9 Aufspaltung der Spektrallinien im Magnetfeld (ZEEMAN-Effekt)	534
44.10 Das PAULI-Prinzip und das Periodensystem der Elemente	536
44.11 Die RÖNTGENspektren und ihre Deutung	540
44.12 Absorption und Streuung von RÖNTGENstrahlen	542
44.13 Induzierte Emission. Maser und Laser	546
Wellenmechanik	549
45.1 Die SCHRÖDINGER-Gleichung	549
45.2 Elektron im Kastenpotenzial	551
45.3 Das wellenmechanische Bild des Atoms	553
45.4 Der Tunneleffekt	555
Elektrische und magnetische Eigenschaften von Festkörpern	557
46.1 Elektrische Leitfähigkeit. Das Modell des Elektronengases	557
46.2 Bändermodell des Festkörpers. Metalle, Halbleiter, Isolatoren	558
46.3 Elektrische Ströme in Halbleitern. Eigenleitung, Störstellenleitung	562
46.4 Der pn-Übergang	565
46.5 Halbleiterdiode, Transistor	567
46.6 Magnetische Eigenschaften. Dia- und Paramagnetismus	569
46.7 Ferromagnetismus, Antiferro- und Ferrimagnetismus	571
46.8 Supraleitung. Der JOSEPHSON-Effekt	574
46.9 Supraflüssigkeit	577
Atomkerne	578
47.1 Masse, Ladung und Zusammensetzung der Kerne	578
47.2 Isotope	579
47.3 Isobare, Isotone, Nuklide, Isomere	580
47.4 Massendefekt und Bindungsenergie der Kerne	580
47.5 Stabilitätskriterien. Kernsystematik	582
47.6 Kernkräfte	585
47.7 Kernmodelle	586