

Inhaltsverzeichnis

I Einführung

1	Was ist „Physik“? Wege physikalischer Erkenntnisgewinnung	20
2	Physikalische Größen, Einheiten, Dimensionen, Gleichungen	22
2.1	Größen, Einheiten, Dimensionen	22
2.2	Physikalische Gleichungen	24
2.3	Das SI-Einheitensystem	25

II Teilchen

Mechanik der Punktmasse und des starren Körpers. Stoffe

3	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
4	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
5	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
6	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	80
7	Arbeit und Energie	82
7.1	Arbeit	82
7.2	Leistung. Wirkung	86
7.3	Der Energiebegriff. Potenzielle und kinetische Energie	87
7.4	Das Gesetz von der Erhaltung der Energie (Energiesatz)	88
7.5	Äquivalenz von Masse und Energie.....	90
8	Gravitation	93
8.1	Die KEPLERSchen Gesetze der Planetenbewegung und das Gravitationsgesetz	93
8.2	Arbeit gegen die Schwerkraft. Kosmische Geschwindigkeiten	96
9	Dynamik der Punktmassen-Systeme	98
9.1	Impulserhaltungssatz. Massenmittelpunkt	98
9.2	Die Gesetze des Stoßes	100
9.3	Raketenantrieb	105
10	Statik des starren Körpers	107
10.1	Freiheitsgrade des starren Körpers	107
10.2	Kräfte am starren Körper. Drehmoment. Gleichgewichtsbedingungen	107
10.3	Kräftepaar.....	112
10.4	Der Schwerpunkt	112
10.5	Arten des Gleichgewichts	115
11	Dynamik des starren Körpers	116
11.1	Bewegung eines frei beweglichen Körpers bei Einwirkung einer Kraft.....	116
11.2	Kinetische Energie der Drehbewegung. Massenträgheitsmoment	116
11.3	Arbeit und Leistung bei der Drehbewegung. Grundgesetz der Dynamik	119
11.4	Der Drehimpuls (Drall). Drehimpulserhaltungssatz	121
11.5	Kreiselbewegungen. Freie Achsen	123
11.6	Bewegung des symmetrischen Kreisels	125

12	Die Zustandsformen der Stoffe	128
12.1	Einteilung der Stoffe. Aggregatzustände	128
12.2	Der kristalline Aufbau der Festkörper	129
12.3	Bindungsarten	132

III Kontinua

Mechanik der deformierbaren Medien

13	Der deformierbare feste Körper	134
13.1	Elastische Verformung. HOOKESches Gesetz	134
13.2	Querkontraktion. Kompressibilität	136
13.3	Elastisches Verhalten bei Scherbeanspruchung	137
13.4	Der einachsige Spannungszustand	138
13.5	Dreiachsiger Spannungs- und Dehnungszustand	139
13.6	Zusammenhang zwischen Schubmodul, Elastizitätsmodul und POISSONScher Querkontraktionszahl	140
13.7	Plastische Verformung. Spannungs-Dehnungs-Diagramm	141
13.8	Härte fester Körper	143

14	Ruhende Flüssigkeiten und Gase	144
14.1	Druck in Flüssigkeiten (hydrostatischer Druck)	144
14.2	Schweredruck. Auftrieb. Schwimmstabilität	145
14.3	Druck in Gasen. Zusammenhang zwischen Druck, Volumen und Dichte ...	149
14.4	Schweredruck in Gasen. Barometrische Höhenformel	150
14.5	Erscheinungen an Grenzflächen. Kohäsion und Adhäsion.....	152
14.6	Spezifische Oberflächenenergie, Oberflächenspannung	152
14.7	Benetzung und Kapillarwirkung	154

15	Strömende Flüssigkeiten und Gase (Strömungsmechanik)	156
15.1	Das Strömungsfeld. Kennzeichnung und Einteilung von Strömungen	156
15.2	Strömungen idealer Flüssigkeiten und Gase. Kontinuitätsgleichung	158
15.3	Die BERNOULLISche Gleichung. Druckmessung	160
15.4	Strömungen realer Flüssigkeiten und Gase. Laminare Strömung	164
15.5	Gesetze von HAGEN-POISEUILLE und STOKES.....	165
15.6	Umströmung durch reale Flüssigkeiten und Gase. REYNOLDS-Zahl	167
15.7	Die Bewegungsgleichung eines Fluids	169

IV Wärme

Thermodynamik und Gaskinetik

16	Verhalten der Körper bei Temperaturänderung	174
16.1	Die Temperatur und ihre Messung	174
16.2	Thermische Ausdehnung fester und flüssiger Körper	176

16.3 Durch Änderung der Temperatur bewirkte Zustandsänderungen der Gase.
Der absolute Nullpunkt 178

16.4 Die thermische Zustandsgleichung des idealen Gases 181

17 Der I. Hauptsatz der Thermodynamik (Energiesatz) 184

17.1 Wärmemenge und Wärmekapazität 184

17.2 Innere Energie eines Systems. Formulierung des I. Hauptsatzes 186

17.3 Spezifische Wärmekapazität des idealen Gases. Kalorische Zustandsgleichung 188

17.4 Anwendung des I. Hauptsatzes auf spezielle Zustandsänderungen des idealen Gases 190

17.5 Zustandsänderungen des idealen Gases in offenen Systemen. Technische Arbeit. Enthalpie 195

18 Kinetische Gastheorie 197

18.1 Die Masse der Atome und Moleküle 197

18.2 Druck und mittlere quadratische Geschwindigkeit der Gasmoleküle. Grundgleichung der kinetischen Gastheorie 198

18.3 Die Geschwindigkeitsverteilung der Gasmoleküle 201

18.4 Molekularenergie und Temperatur. Wärmekapazität der Körper 204

18.5 Stoßzahl und mittlere freie Weglänge 207

18.6 Gemische idealer Gase. Gesetz von DALTON 208

19 Der II. Hauptsatz der Thermodynamik (Entropiesatz) 210

19.1 Der CARNOT-Kreisprozess. Wärmekraftmaschine, Kältemaschine und Wärmepumpe 210

19.2 Thermodynamische Temperatur 214

19.3 Reversible und irreversible Vorgänge. II. Hauptsatz 215

19.4 Entropie 217

19.5 Entropieänderung des idealen Gases. Irreversible Prozesse 222

19.6 Entropie und Wahrscheinlichkeit 224

19.7 III. Hauptsatz (Satz von der Unerreichbarkeit des absoluten Nullpunkts) ... 227

20 Reale Gase. Phasenumwandlungen 228

20.1 Die VAN-DER-WAALSSche Zustandsgleichung. Gasverflüssigung 228

20.2 JOULE-THOMSON-Effekt. Erzeugung tiefer Temperaturen 231

20.3 Gleichgewicht zwischen flüssiger und gasförmiger Phase. Sieden und Verdunsten 233

20.4 Gleichgewicht zwischen fester und flüssiger Phase. Koexistenz dreier Phasen 238

20.5 Lösungen. Siedepunktserhöhung, Gefrierpunktserniedrigung 241

21 Ausgleichsvorgänge 243

21.1 Wärmeleitung 243

21.2 Wärmeübergang, Wärmedurchgang, Konvektion 246

21.3 Diffusion 248

V Felder

Gravitation. Elektrizität und Magnetismus

22	Das Gravitationsfeld	252
22.1	Nahwirkungstheorie. Der Feldbegriff	252
22.2	Gravitationsfeldstärke, Gravitationspotenzial	254
22.3	Massen als Senken des Gravitationsfeldes	257
22.4	Grundaussagen der allgemeinen Relativitätstheorie	259
23	Das elektrostatische Feld	261
23.1	Die elektrische Ladung. Ladungsnachweis	261
23.2	Ladungen als Quellen bzw. Senken des elektrischen Feldes	263
23.3	Kraftwirkungen des elektrischen Feldes. Elektrische Feldstärke	264
23.4	Elektrostatisches Potenzial. Spannung	267
23.5	Elektrische Ladungen auf Leitern. Influenz	269
23.6	Elektrischer Fluss, Flussdichte	270
23.7	Das elektrische Zentralfeld (Punktladung und Punktladungssystem)	272
23.8	Kapazität. Kondensatoren	274
24	Das elektrische Feld in Isolatoren (Dielektrika)	277
24.1	Elektrische Polarisation der Dielektrika. Piezoelektrizität	277
24.2	Permittivität (Dielektrizitätskonstante), elektrische Suszeptibilität	278
24.3	Verhalten von D und E an der Grenzfläche zweier Medien	280
24.4	Energieinhalt des elektrischen Feldes	282
25	Der Gleichstromkreis	284
25.1	Das stationäre elektrische Feld in einem Leiter	284
25.2	Stromstärke, Spannung, Widerstand. OHMSches Gesetz	284
25.3	Schaltungen und Messmethoden	287
25.4	Arbeit und Leistung elektrischer Gleichströme	293
26	Elektrische Leitungsvorgänge in Festkörpern und Flüssigkeiten	294
26.1	Klassische Theorie der freien Elektronen in Metallen	294
26.2	Thermoelektrische Effekte	296
26.3	Elektrokinetische Effekte	298
26.4	Elektrolytische Stromleitung. FARADAYSche Gesetze	298
26.5	Elektrochemische Spannungsquellen	300
27	Elektrische Leitungsvorgänge im Vakuum und in Gasen	302
27.1	Bewegung freier Ladungsträger im elektrischen Feld	302
27.2	Ladungsträgerinjektion, Katodenstrahlen	304
27.3	Gasentladungen	305
27.4	Plasmaströme	308

28	Das magnetostatische Feld der Dipole und Gleichströme	309
28.1	Analogien und Unterschiede zum elektrostatischen Feld	309
28.2	Kraftwirkungen des magnetischen Feldes auf magnetische Dipole. Magnetische Feldstärke	310
28.3	Das Magnetfeld eines geraden Stromleiters. Durchflutungsgesetz	311
28.4	Einfache Feldberechnungen	313
28.5	Magnetische Flussdichte (Induktion)	315
28.6	Kraftwirkungen des magnetischen Feldes auf Stromleiter	316
28.7	Bewegung freier Ladungsträger im magnetischen Feld. LORENTZ-Kraft	318
28.8	Galvano- und thermomagnetische Effekte. HALL-Effekt. Quanten-HALL-Effekt	320
29	Das magnetische Feld in Stoffen	322
29.1	Magnetische Polarisation der Stoffe	322
29.2	Magnetisierung der Ferromagnetika. Hysterese	323
29.3	Der magnetische Kreis. Entmagnetisierung	325
30	Elektromagnetische Induktion	328
30.1	Das FARADAYSche Induktionsgesetz	328
30.2	Selbstinduktion	330
30.3	Energieinhalt des magnetischen Feldes	332
30.4	Elektromagnetische Induktion in einem bewegten Leiter	333
31	Der Wechselstromkreis	335
31.1	Wechselspannung, Wechselstrom, Dreiphasenstrom	335
31.2	Arbeit und Leistung elektrischer Wechselströme	337
31.3	Wechselstromwiderstände. OHMSches Gesetz für Wechselstrom	339
31.4	Der Transformator	345
31.5	Anharmonische Wechselströme in der Elektronik	346
31.6	Gleichrichter und Verstärker. Elektronische Bauelemente	347
32	Die MAXWELLSchen Gleichungen	351
32.1	Wirbel des magnetischen Feldes. Verschiebungsstrom	351
32.2	Wirbel des elektrischen Feldes. Wirbelströme	352
32.3	Elektromagnetisches Feld. System der MAXWELLSchen Gleichungen	354
32.4	Relativistische Elektrodynamik	355

VI Wellen

Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen

33	Mechanische Schwingungen	358
33.1	Lineare Federschwingungen	358
33.2	Energiebilanz des harmonischen Oszillators	361
33.3	Drehschwingungen	362
33.4	Pendelschwingungen	364

33.5	Freie gedämpfte Schwingungen	366
33.6	Erzwungene Schwingungen	369
34	Elektrische Schwingungen	373
34.1	Der geschlossene Schwingkreis	373
34.2	Strom- und Spannungsresonanz	375
34.3	Erzeugung ungedämpfter elektrischer Schwingungen	378
35	Überlagerung harmonischer Schwingungen	380
35.1	Überlagerung zweier Schwingungen längs gleicher Richtung	380
35.2	Gekoppelte Schwingungen	382
35.3	Überlagerung zweier Schwingungen längs aufeinander senkrechter Richtungen	385
35.4	Überlagerung von harmonischen zu anharmonischen Schwingungen	388
35.5	Nichtlineare Schwingungen. Deterministisches Chaos	390
36	Allgemeine Wellenlehre	394
36.1	Zusammenhang von Schwingungen und Wellen	394
36.2	Die eindimensionale Wellengleichung und ihre allgemeine Lösung	397
36.3	Transversal- und Longitudinalwellen	398
36.4	Stehende Wellen. Eigenschwingungen	401
36.5	Wellenausbreitung in ausgedehnten Medien	404
37	Schallwellen (Akustik)	407
37.1	Wellenausbreitung im Schallfeld. Phasengeschwindigkeit	407
37.2	Schallfeldgrößen	409
37.3	Schallquellen. Ton, Klang, Geräusch	411
37.4	Schallempfänger und Gehör. Schallpegel und Lautstärke	412
37.5	Stehende Schallwellen	414
37.6	DOPPLER-Effekt	416
37.7	MACHscher Kegel	418
38	Elektromagnetische Wellen	419
38.1	Ausbreitung elektromagnetischer Wellen entlang von Leitungen	419
38.2	Ausbreitung elektromagnetischer Wellen im freien Raum	421
38.3	Erzeugung und Nachweis elektromagnetischer Wellen	425
38.4	Die Entdeckung der elektromagnetischen Wellen (H. HERTZ, 1888)	427
38.5	Das elektromagnetische Spektrum	428
39	Einfluss von Stoffen auf die Wellenausbreitung	431
39.1	Absorption und Streuung	431
39.2	Phasengeschwindigkeit und Dispersion. Gruppengeschwindigkeit	432
39.3	HUYGENSSches Prinzip	436
39.4	Reflexion und Brechung (Refraktion). Totalreflexion	437
39.5	Optische Dispersion. Prisma, Spektral- und Körperfarben	440

40	Strahlenoptik (Geometrische Optik)	443
40.1	Lichtstrahlen. FERMATSches Prinzip	443
40.2	Reflexion und Brechung von Lichtstrahlen	445
40.3	Abbildung durch Spiegel (ebener und gekrümmte Spiegel)	447
40.4	Abbildung durch Linsen (dünne und dicke Linsen, Linsensysteme)	452
40.5	Das Auge und der Sehvorgang	458
40.6	Optische Geräte zur Sehwinkelvergrößerung (Lupe, Mikroskop, Fernrohr) ..	458
40.7	Abbildungsfehler	461
41	Wellenoptik	462
41.1	Interferenz. Interferenzbedingungen	462
41.2	Interferenzen gleicher Neigung und gleicher Dicke	464
41.3	Beugung (Diffraktion). Das Beugungsphänomen	466
41.4	FRAUNHOFERSche Beugung am Spalt und an der Lochblende	468
41.5	Auflösungsvermögen optischer Geräte. Holografie	471
41.6	FRAUNHOFERSche Beugung am Strichgitter	474
41.7	Spektrometer	476
41.8	Beugung von RÖNTGENstrahlen am Raumgitter der Kristalle	477
41.9	Polarisation. Polarisation des Lichts durch Reflexion und Brechung	481
41.10	Polarisation durch Doppelbrechung	484
41.11	Interferenz des polarisierten Lichts	486
41.12	Drehung der Schwingungsebene des polarisierten Lichts	489
41.13	Nichtlineare Optik	491

VII Quanten

Struktur und Eigenschaften der Materie

42	Die Gesetze der Strahlung	494
42.1	Das Wesen der Temperaturstrahlung (Wärmestrahlung)	494
42.2	Strahlungsphysikalische Größen	495
42.3	Emission und Absorption von Strahlung. KIRCHHOFFSches Strahlungsgesetz	497
42.4	Das PLANCKSche Strahlungsgesetz	499
42.5	Folgerungen aus dem PLANCKSchen Strahlungsgesetz	500
42.6	Lichttechnische Größen (Photometrie)	503
42.7	Zusammenhang zwischen strahlungsphysikalischen und lichttechnischen Größen	506
43	Der Welle-Teilchen-Dualismus der Mikroobjekte	507
43.1	Die Teilchennatur des Lichts. Lichtquanten (Photonen)	507
43.2	Der lichtelektrische Effekt (Photoeffekt)	508
43.3	Der COMPTON-Effekt	511
43.4	Rückstoß durch Quantenemission. MÖSSBAUER-Effekt	512
43.5	Die Wellennatur der Teilchen	513
43.6	Das HEISENBERGSche Unbestimmtheitsprinzip (Unschärferelation)	517

44	Atombau und Spektren	520
44.1	Die Streuexperimente von LENARD und RUTHERFORD. Das RUTHERFORDSche Atommodell	520
44.2	Das Spektrum des Wasserstoffatoms	522
44.3	Das BOHRsche Atommodell	524
44.4	Die Spektren der Alkaliatome. Bahndrehimpulsquantenzahl	528
44.5	Richtungsquantelung des Bahndrehimpulses der Elektronen	531
44.6	Das magnetische Bahnmoment der Elektronen. BOHRsches Magneton	532
44.7	Elektronenspin und magnetisches Spinmoment. Die Feinstruktur der Atomspektren	533
44.8	Mehrelektronensysteme	535
44.9	Aufspaltung der Spektrallinien im Magnetfeld (ZEEMAN-Effekt)	536
44.10	Das PAULI-Prinzip und das Periodensystem der Elemente	538
44.11	Die RÖNTGENspektren und ihre Deutung	542
44.12	Absorption und Streuung von RÖNTGENstrahlen	544
44.13	Induzierte Emission. Maser und Laser	548
45	Wellenmechanik	551
45.1	Die SCHRÖDINGER-Gleichung	551
45.2	Elektron im Kastenpotenzial	553
45.3	Das wellenmechanische Bild des Atoms	555
45.4	Der Tunneleffekt	557
46	Elektrische und magnetische Eigenschaften von Festkörpern	559
46.1	Elektrische Leitfähigkeit. Das Modell des Elektronengases	559
46.2	Bändermodell des Festkörpers. Metalle, Halbleiter, Isolatoren	560
46.3	Elektrische Ströme in Halbleitern. Eigenleitung, Störstellenleitung	564
46.4	Der pn-Übergang	567
46.5	Halbleiterdiode, Transistor	569
46.6	Magnetische Eigenschaften. Dia- und Paramagnetismus	571
46.7	Ferromagnetismus, Antiferro- und Ferrimagnetismus	573
46.8	Supraleitung. Der JOSEPHSON-Effekt	576
46.9	Supraflüssigkeit	579
47	Atomkerne	580
47.1	Masse, Ladung und Zusammensetzung der Kerne	580
47.2	Isotope	581
47.3	Isobare, Isotone, Nuklide, Isomere	582
47.4	Massendefekt und Bindungsenergie der Kerne	582
47.5	Stabilitätskriterien. Kernsystematik	584
47.6	Kernkräfte	587
47.7	Kernmodelle	588

48	Die natürliche Radioaktivität	590
48.1	Der α -Zerfall der schweren Kerne	590
48.2	Der β -Zerfall. Gammastrahlung	591
48.3	Das Zerfallsgesetz. Spezifische Aktivität	593
48.4	Radioaktive Zerfallsreihen und radioaktives Gleichgewicht	595
48.5	Dosimetrie und biologische Wirkung ionisierender Strahlung	596
49	Künstliche Kernumwandlungen	599
49.1	Arten künstlicher Kernumwandlungen	599
49.2	Massen- und Energiebilanz von Kernreaktionen. Wirkungsquerschnitt	600
49.3	Kernspaltung. Gewinnung von Kernspaltungsenergie	601
49.4	Arten von Kernreaktoren	604
49.5	Kernfusion	605
50	Elementarteilchen	607
50.1	Entwicklung zum Teilchen-„Zoo“	607
50.2	Erhaltungssätze für Baryonenladung, Leptonenladung, Isospin, Strangeness und Hyperladung	608
50.3	Die elementaren Teilchen: Leptonen und Quarks	610
50.4	Zusammengesetzte Elementarteilchen. Hadronen	612
50.5	Die elementaren Kräfte (Wechselwirkungen). Feldquanten	613
50.6	Standardmodell der Teilchenphysik. Vereinheitlichte Theorie der elementaren Kräfte	615
50.7	Kosmologie. Dunkle Materie und Dunkle Energie	616
A	ANHANG: Fehlerrechnung (Messabweichungen)	618
A.1	Arten und Ursachen von Messabweichungen	618
A.2	Ermittlung von Messergebnis und Messabweichung	619
A.3	Zufallsstreuung von Messwerten	621
A.4	Fehlerfortpflanzung	625
A.5	Geradenausgleich (lineare Regression). Korrelation	627
	Bildquellenverzeichnis	630
	Lösungen der Aufgaben	631
Index	637