

# Band I

## Vorwort

VII

## Studienanleitung, Symbole und Einheitensysteme

A	Studieneinführung . . . . .	3
B	Konventionen . . . . .	4
C	Liste der wichtigsten Symbole und Bezeichnungen . . . . .	5
D	Dezimalen-Vorsätze . . . . .	17
E	Physikalische Einheitensysteme . . . . .	17
a)	Internationales Einheitensystem . . . . .	18
b)	Gaußsches Maßsystem . . . . .	20
c)	Umrechnungsbeziehungen . . . . .	21
F	Zahlenwerte von Naturkonstanten und anderen Grundkonstanten . . . . .	22
a)	Internationales Einheitensystem . . . . .	22
b)	Gaußsches Maßsystem . . . . .	23

## Einleitung

25

## 1 Grundriß der Mathematik für Physiker

29

1.1	Mengen, Arithmetik und Algebra, Clifford-Algebra . . . . .	29
1.1.1	Mengen . . . . .	29
1.1.2	Arithmetik und Algebra . . . . .	30
1.1.3	Clifford-Algebra . . . . .	32
1.2	Gruppen . . . . .	34
1.2.1	Grundbegriffe . . . . .	34
1.2.2	Kontinuierliche Gruppen . . . . .	34
1.2.3	Darstellung von Gruppen . . . . .	36
1.3	Determinanten . . . . .	39
1.4	Matrizen . . . . .	41
1.4.1	Grundbegriffe . . . . .	41
1.4.2	Direkte Summe und Kronecker-Produkt . . . . .	44
1.4.3	Unendliche Matrizen und Matrixfunktionen . . . . .	45
1.4.4	Transformation von Matrizen auf Diagonalform, Eigenwertproblem, Hauptachsentransformation . . . . .	46
1.4.5	Bilinearform, hermitesche Form und quadratische Form . . . . .	49
1.4.6	Infinitesimale Matrizen Transformationen . . . . .	52

1.5	Algebraische Gleichungen . . . . .	52
1.5.1	Lineare algebraische Gleichungen . . . . .	52
1.5.2	Nichtlineare algebraische Gleichungen . . . . .	55
1.6	Vektoralgebra . . . . .	57
1.6.1	Einführung . . . . .	57
1.6.2	$n$ -dimensionaler Raum . . . . .	57
1.6.3	3-dimensionaler Euklidischer Raum . . . . .	61
1.7	Reelle und komplexe Analysis . . . . .	66
1.7.1	Einige Grundbegriffe . . . . .	66
1.7.2	Längen, Flächen, Volumina . . . . .	69
1.7.3	Reihenentwicklungen . . . . .	73
1.7.4	Elemente der Funktionentheorie . . . . .	76
1.7.5	Elementare transzendente Funktionen . . . . .	81
1.7.6	Einige spezielle Funktionen . . . . .	85
1.7.7	Formeln für Summen, Reihen und Produkte . . . . .	87
1.7.8	Differentiations- und Integrationsformeln . . . . .	92
1.7.9	Distributionen . . . . .	96
1.7.10	Allgemeine Fourier-Entwicklung . . . . .	105
1.7.11	Hilbert-Raum . . . . .	107
1.8	Transformationen . . . . .	110
1.8.1	Koordinatentransformationen . . . . .	111
1.8.2	Berührungstransformationen (Kontakttransformationen) . . . . .	122
1.8.3	Integraltransformation und Faltung . . . . .	125
1.9	Vektoranalysis . . . . .	128
1.9.1	Orthogonale krummlinige Koordinaten . . . . .	128
1.9.2	Spezielle Koordinatensysteme . . . . .	130
1.9.3	Differentialausdrücke . . . . .	136
1.9.4	Integralsätze und Integralformeln . . . . .	144
1.9.5	Differentialausdrücke bei Unstetigkeiten . . . . .	148
1.9.6	Differentialausdrücke in speziellen orthogonalen krummlinigen Koordinatensystemen . . . . .	150
1.10	Differentialgleichungen . . . . .	154
1.10.1	Gewöhnliche Differentialgleichungen . . . . .	154
1.10.2	Fuchssche Klasse der homogenen linearen Differentialgleichung mit variablen Koeffizienten . . . . .	158
1.10.3	Eigenwertproblem bei gewöhnlichen Differentialgleichungen und Sturm-Liouville-Theorie . . . . .	160
1.10.4	Einige spezielle homogene lineare Differentialgleichungen 2. Ordnung . . . . .	164
1.10.5	Systeme linearer Differentialgleichungen 1. Ordnung . . . . .	179
1.10.6	Partielle Differentialgleichungen . . . . .	180
1.11	Lineare Integralgleichungen . . . . .	191
1.11.1	Einführung . . . . .	191
1.11.2	Fredholmsche Integralgleichung 2. Art . . . . .	192
1.11.3	Fredholmsche Integralgleichung 1. Art . . . . .	196

1.12	Tensoren . . . . .	196
1.12.1	Allgemeiner Tensorbegriff . . . . .	196
1.12.2	Pseudotensoren . . . . .	201
1.12.3	Tensoren im 3-dimensionalen Euklidischen Raum . . . . .	203
1.12.4	Hauptachsentransformation im 3-dimensionalen Euklidischen Raum . . . . .	206
1.12.5	Kovariante Ableitung und Christoffel-Symbol . . . . .	211
1.13	Variationsrechnung . . . . .	212
1.13.1	Problemstellung . . . . .	212
1.13.2	1-dimensionales Variationsproblem für eine gesuchte Funktion . . . . .	213
1.13.3	1-dimensionales Variationsproblem für mehrere gesuchte Funktionen . . . . .	216
1.13.4	Variationsproblem mit Nebenbedingungen . . . . .	218
1.13.5	$n$ -dimensionales Variationsproblem für mehrere gesuchte Funktionen . . . . .	219
1.14	Analytische Geometrie, Trigonometrie und Differentialgeometrie . . . . .	220
1.14.1	Flächen 2. Grades . . . . .	220
1.14.2	Kurven 2. Grades (Kegelschnitte) . . . . .	221
1.14.3	Einige spezielle Kurven . . . . .	225
1.14.4	Sätze der ebenen Trigonometrie . . . . .	226
1.14.5	Kurven mit Krümmung und Windung, Geodäte . . . . .	227
1.14.6	Gekrümmte 2-dimensionale Flächen . . . . .	233
1.14.7	Gekrümmter $n$ -dimensionaler Raum . . . . .	235
1.15	Kombinatorik und Wahrscheinlichkeitsrechnung . . . . .	236
1.15.1	Kombinatorik . . . . .	236
1.15.2	Wahrscheinlichkeitsrechnung . . . . .	238

## 2 Newtonsche Mechanik:

	<b>System von Massenpunkten, starrer Körper und Kontinuum</b>	<b>245</b>
2.1	Induktive Einführung . . . . .	245
2.1.1	Historische Hinweise . . . . .	245
2.1.2	Das Physikverständnis vor NEWTON . . . . .	246
2.1.3	Newtons Auffassung von Raum und Zeit und seine Axiome . . . . .	249
2.1.4	Bezugssysteme, Inertialität und Machsches Prinzip . . . . .	251
2.2	Massenpunkt und System von Massenpunkten . . . . .	254
2.2.1	Kinematik . . . . .	254
2.2.2	Newtonsche Bewegungsgleichung, Galilei-Transformation und Galileisches Relativitätsprinzip . . . . .	263
2.2.3	Newtonsche Gravitationstheorie . . . . .	269
2.2.4	Erhaltungssätze und Virialsatz . . . . .	277
2.2.5	Elektromagnetische Kraft . . . . .	288
2.3	Anwendungen zur Punktmechanik und Gravitation . . . . .	289
2.3.1	Ungedämpfter isotroper harmonischer Oszillator . . . . .	289
2.3.2	Gedämpfter isotroper harmonischer Oszillator . . . . .	294
2.3.3	Gedämpfter isotroper harmonischer Oszillator unter dem Einfluß einer äußeren Kraft . . . . .	296
2.3.4	Ungedämpfter anisotroper harmonischer Oszillator . . . . .	301

2.3.5	Ungedämpfter anharmonischer Oszillator . . . . .	302
2.3.6	Ungedämpfter parametrischer Oszillator . . . . .	305
2.3.7	Schwebung und Modulation . . . . .	308
2.3.8	Mathematisches Pendel . . . . .	310
2.3.9	Harmonisch gekoppelte Pendel (Sympathische Pendel) . . . . .	311
2.3.10	Wurf und freier Fall in Erdnähe ohne Reibung . . . . .	313
2.3.11	Freier Fall in Erdnähe mit Reibung . . . . .	315
2.3.12	Einkörperproblem und Zweikörperproblem mit Newtonscher oder Coulombscher Wechselwirkung (Kepler-Problem) . . . . .	317
2.3.13	Mehrkörperproblem . . . . .	326
2.3.14	Zweikörperproblem mit Stoßwechselwirkung (Stoßproblem) . . . . .	327
2.3.15	Raketenbewegung . . . . .	331
2.3.16	Gezeiten . . . . .	332
2.3.17	Bewegungsbeschreibung auf der gleichmäßig rotierenden Scheibe . . . . .	335
2.3.18	Lotabweichung beim Wurf auf der rotierenden Erde . . . . .	338
2.3.19	Gravitationsfeld einer Kugelschale und einer Vollkugel . . . . .	342
2.4	Starrer Körper und Kreiseltheorie . . . . .	345
2.4.1	Theoretische Grundlagen . . . . .	345
2.4.2	Anwendungen . . . . .	371
2.5	Kanonische Mechanik . . . . .	385
2.5.1	Einführung . . . . .	385
2.5.2	Lagrange-Gleichungen 1. Art, Zwangskräfte, Nebenbedingungen . . . . .	385
2.5.3	Beispiel für anholonome Nebenbedingungen: Rollendes Rad . . . . .	387
2.5.4	D'Alembert-Prinzip und Prinzip der virtuellen Arbeit . . . . .	388
2.5.5	Beispiel für das Prinzip der virtuellen Arbeit unter holonomen Nebenbedingungen: Gleichgewicht eines Massenpunktes an der Kugelfläche . . . . .	390
2.5.6	Energiebilanz beim Vorliegen von Nebenbedingungen . . . . .	393
2.5.7	Gauß-Prinzip des kleinsten Zwanges . . . . .	394
2.5.8	Hamilton-Prinzip der extremalen Wirkung . . . . .	396
2.5.9	Lagrange-Gleichungen 2. Art . . . . .	400
2.5.10	Lagrange-Gleichungen beim Vorliegen einer Energiedissipation . . . . .	401
2.5.11	Hamilton-Gleichungen . . . . .	404
2.5.12	Poisson-Klammern . . . . .	407
2.5.13	Hamilton-Theorie in Poissonklammer-Formulierung und klassische Vertauschungsregeln . . . . .	408
2.5.14	Beispiele zur Lagrange-Hamilton-Theorie . . . . .	409
2.5.15	Hamilton-Jacobi-Gleichung . . . . .	416
2.5.16	Vollständige Lösung der Hamilton-Jacobi-Gleichung . . . . .	418
2.5.17	Zeitfreie Hamilton-Jacobi-Gleichung . . . . .	419
2.5.18	Geometrische Veranschaulichung der Wirkungsfunktion . . . . .	420
2.5.19	Kanonische Transformation . . . . .	421
2.5.20	Beispiele zur Hamilton-Jacobi-Theorie . . . . .	430
2.5.21	Periodische und bedingt-periodische Bewegungen . . . . .	440
2.5.22	Infinitesimale kanonische Transformationen . . . . .	449

2.5.23	Symmetrietransformationen . . . . .	452
2.5.24	Erhaltungssätze der Newtonschen Mechanik . . . . .	453
2.6	<b>Mechanik der Kontinua . . . . .</b>	<b>457</b>
2.6.1	Helmholtzsche Zerlegung der Verschiebung in Deformation und Rotation . . . . .	457
2.6.2	Deformationstensor . . . . .	465
2.6.3	Zerlegung des Geschwindigkeitsfeldes in Deformationsgeschwindigkeit und Rotationsgeschwindigkeit . . . . .	470
2.6.4	Bilanzgleichungen, Erhaltungssätze und Bewegungsgesetz für das Kontinuum . . . . .	472
2.6.5	Materialeigenschaften der Kontinua . . . . .	483
2.6.6	Randbedingungen und Grenzbedingungen . . . . .	499
2.6.7	Inkompressibilität, Stationarität, Statik, Homogenität, Gleichgewicht	501
2.6.8	Hamilton-Prinzip für Festkörper . . . . .	502
2.6.9	Anwendungen zum isotropen elastischen Festkörper (Elastomechanik) . . . . .	506
2.6.10	Allgemeines zum fluiden Medium (Hydro- und Aeromechanik) . .	528
2.6.11	Ideales fluides Medium . . . . .	540
2.6.12	Viskoses fluides Medium . . . . .	559
2.6.13	Medium mit Versetzungen . . . . .	572
<b>3</b>	<b>Maxwellsche Theorie des elektromagnetischen Feldes</b>	<b>579</b>
3.1	Induktive Einführung . . . . .	579
3.1.1	Historische Hinweise . . . . .	579
3.1.2	Raum und Zeit in der Maxwell-Theorie . . . . .	580
3.1.3	Elektromagnetische Feldgrößen . . . . .	580
3.1.4	Einige wichtige empirische Fakten . . . . .	582
3.2	Allgemeine Grundlagen der Maxwell-Theorie . . . . .	586
3.2.1	Maxwellsche Feldgleichungen . . . . .	586
3.2.2	Integrale Form der elektromagnetischen Grundgesetze . . . . .	589
3.2.3	Materialgleichungen . . . . .	592
3.2.4	Komponentenschreibweise der Feldgleichungen und Materialgleichungen . . . . .	599
3.2.5	Erhaltungssätze in der Elektromagnetik . . . . .	602
3.2.6	Elektromagnetische Potentiale und elektromagnetische Eichtransformation . . . . .	607
3.2.7	Retardierte und avancierte Potentiale . . . . .	615
3.2.8	Grenzbedingungen des elektromagnetischen Feldes, der elektromagnetischen Potentiale und der elektrischen Stromdichte bei ruhenden und bewegten Medien . . . . .	631
3.2.9	Elektromagnetische Kräfte, Drehmoment auf einen Dipol in einem äußeren Feld . . . . .	636
3.2.10	Elektromagnetische Einheitensysteme . . . . .	643
3.3	Statisches elektrisches Feld . . . . .	653
3.3.1	Grundgleichungen . . . . .	653

3.3.2	Feldberechnungen . . . . .	655
3.3.3	Brechungsgesetz der elektrischen Feldlinien . . . . .	681
3.3.4	Quinckesche Steighöhenmethode . . . . .	682
3.3.5	Elektrostatische Energie . . . . .	683
3.3.6	Bewegung eines geladenen Teilchens in einem homogenen elektrischen Feld . . . . .	686
3.4	Statisches Magnetfeld . . . . .	687
3.4.1	Grundgleichungen . . . . .	687
3.4.2	Feldberechnungen . . . . .	689
3.4.3	Brechungsgesetz der magnetischen Feldlinien . . . . .	693
3.4.4	Bewegung eines geladenen Teilchens in einem homogenen Magnetfeld . . . . .	693
3.5	Stationäres Magnetfeld . . . . .	695
3.5.1	Grundgleichungen . . . . .	695
3.5.2	Schaltvorgänge . . . . .	696
3.5.3	Biot-Savart-Gesetz . . . . .	696
3.5.4	Feldberechnungen . . . . .	698
3.5.5	Magnetfeld einer rotierenden Kugel mit konstanter Oberflächenladungsdichte . . . . .	705
3.5.6	Kraft zwischen zwei stromdurchflossenen Leitern . . . . .	709
3.6	Quasistationäres elektromagnetisches Feld . . . . .	711
3.6.1	Grundgleichungen . . . . .	711
3.6.2	System von Stromkreisen . . . . .	712
3.6.3	Kirchhoffsche Regeln . . . . .	715
3.6.4	Schwingkreis (Thomson-Formel) . . . . .	717
3.6.5	Zeigerdiagramm der Elektrotechnik . . . . .	718
3.6.6	Einfache Beispiele . . . . .	723
3.6.7	Skineffekt . . . . .	723
<b>4</b>	<b>Elektromagnetische Wellen (Optik)</b> . . . . .	<b>729</b>
4.1	Einführung . . . . .	729
4.1.1	Historische Hinweise . . . . .	729
4.1.2	Elektromagnetisches Spektrum . . . . .	730
4.2	Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in homogenen isotropen Isolatoren . . . . .	731
4.2.1	Zusammenstellung der wichtigsten Gleichungen . . . . .	731
4.2.2	Wellengleichung und d'Alembert-Lösung . . . . .	732
4.2.3	Einfache elektromagnetische Wellentypen . . . . .	733
4.2.4	Strahlung des Hertzschen Dipols . . . . .	742
4.2.5	Multipolstrahlung . . . . .	747
4.2.6	Reflexion und Refraktion (Brechung) . . . . .	771
4.3	Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in homogenen isotropen Leitern (Metalloptik) . . . . .	788
4.3.1	Wellenausbreitung bei Absorption, metallische Dispersion, Energiedichte und Poynting-Vektor . . . . .	788
4.3.2	Reflexion und Refraktion (Brechung) . . . . .	794
4.3.3	Wellenleiter und Hohlraumresonatoren . . . . .	798

4.4	Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in homogenen anisotropen Isolatoren (Kristalloptik) . . . . .	807
4.4.1	Zusammenstellung der wichtigsten Gleichungen . . . . .	807
4.4.2	Energiedichte, Poynting-Vektor und Impulsdichte für ebene Wellen . . . . .	808
4.4.3	Wellenausbreitung . . . . .	810
4.4.4	Strahlenausbreitung . . . . .	819
4.5	Theorie der Interferenz . . . . .	828
4.5.1	Kohärenz und Inkohärenz, Interferenz . . . . .	828
4.5.2	Interferenz zweier Wellen . . . . .	832
4.5.3	Erzeugung scharfer Interferenzen . . . . .	837
4.5.4	Airy-Formel . . . . .	842
4.5.5	Interferenz leicht gekreuzter ebener Wellen . . . . .	844
4.6	Theorie der Beugung (Diffraction) . . . . .	848
4.6.1	Kirchhoffsche Beugungstheorie . . . . .	848
4.6.2	Fraunhofer-Beugung . . . . .	854
4.6.3	Fresnel-Beugung . . . . .	867
4.7	Elemente der geometrischen Optik . . . . .	870
4.7.1	Wellengleichung mit ortsabhängiger Phasengeschwindigkeit . . . . .	870
4.7.2	Eikonalgleichung . . . . .	873
4.7.3	Bahnbewegung des Photons als Grenzfall der Lichtausbreitung . . . . .	874
4.7.4	Fermat-Prinzip . . . . .	878
4.8	Elemente der Abbildungstheorie . . . . .	879
4.8.1	Einige Grundbegriffe der Abbildungstheorie . . . . .	879
4.8.2	Gaußsche kollineare Abbildung . . . . .	880
4.8.3	Abbesche Sinusbedingung . . . . .	884
4.8.4	Auflösungsvermögen (Resolutionsvermögen) optischer Geräte . . . . .	885
4.8.5	Strahlenmatrix . . . . .	886
<b>5</b>	<b>Phänomenologische Thermodynamik</b> . . . . .	<b>893</b>
5.1	Einführung . . . . .	893
5.1.1	Historische Hinweise . . . . .	893
5.1.2	Anliegen und Grenzen der Thermodynamik . . . . .	894
5.2	Thermodynamische Grundbegriffe . . . . .	895
5.2.1	Thermodynamisches System . . . . .	895
5.2.2	Thermodynamischer Zustand . . . . .	896
5.2.3	Zustandsgleichungen . . . . .	901
5.3	Hauptsätze der Thermodynamik . . . . .	911
5.3.1	Nullter Hauptsatz . . . . .	912
5.3.2	Erster Hauptsatz . . . . .	913
5.3.3	Zweiter Hauptsatz . . . . .	917
5.4	Thermodynamische Potentiale . . . . .	922
5.4.1	Innere Energie und Entropie . . . . .	922
5.4.2	Enthalpie . . . . .	925
5.4.3	Freie Energie . . . . .	926
5.4.4	Freie Enthalpie (Gibbs-Potential) . . . . .	927

5.4.5	Guggenheim-Quadrat . . . . .	928
5.4.6	Helmholtzsche Differentialgleichung und Gibbssche Differentialgleichung . . . . .	928
5.4.7	Massieu-Funktionen und Planck-Funktion . . . . .	929
5.4.8	Gibbs-Duhem-Relation und Duhem-Margules-Relation . . . . .	930
5.4.9	Gleichgewichtsbedingungen und Stabilitätsbedingungen . . . . .	932
5.5	Anwendungen der Hauptsätze auf einphasige Einkomponentensysteme . . . . .	934
5.5.1	Relationen zwischen der thermischen und kalorischen Zustandsgleichung . . . . .	935
5.5.2	Gay-Lussac-Versuch . . . . .	936
5.5.3	Zusammenhang zwischen beiden Arten von Molwärmern . . . . .	937
5.5.4	Integraldarstellung thermodynamischer Größen . . . . .	939
5.5.5	Herleitung thermodynamischer Eigenschaften aus den thermodynamischen Potentialen . . . . .	940
5.5.6	Thermodynamische Größen für das ideale Gas . . . . .	943
5.5.7	Thermodynamische Größen für das van-der-Waals-Gas . . . . .	944
5.5.8	Adiabatische und polytrope Zustandsgleichung . . . . .	945
5.5.9	Clément-Desormes-Versuch . . . . .	949
5.5.10	Carnotscher Kreisprozeß . . . . .	950
5.5.11	Wärnkraftmaschine und Wärmepumpe . . . . .	956
5.5.12	Joule-Thomson-Versuch, Erzeugung tiefer Temperaturen . . . . .	957
5.5.13	Irreversibler Prozeß und reversibler Ersatzprozeß . . . . .	961
5.6	Anwendungen der Hauptsätze auf mehrphasige Einkomponentensysteme . . . . .	962
5.6.1	Gleichgewicht zwischen verschiedenen Phasen bei Phasenübergängen 1. Art . . . . .	962
5.6.2	Temperaturabhängigkeit des Gleichgewichtsdruckes . . . . .	968
5.6.3	Phasenübergänge 2. Art und Ehrenfest'sche Gleichungen . . . . .	971
5.7	Anwendungen der Hauptsätze auf einphasige Mehrkomponentensysteme (Mischphasen) . . . . .	973
5.7.1	Ideale homogene Mischungen . . . . .	973
5.7.2	Reale homogene Mischungen . . . . .	979
5.7.3	Chemische Reaktionen . . . . .	983
5.8	Anwendung der Hauptsätze auf mehrphasige Mehrkomponentensysteme (Gemenge) . . . . .	993
5.8.1	Gibbssche Phasenregel . . . . .	993
5.8.2	Osmotischer Druck . . . . .	994
5.8.3	Raoult'sche Gesetze . . . . .	996
5.8.4	Elektrochemische Erscheinungen . . . . .	999
5.8.5	Stabilitätsfragen . . . . .	1001
5.9	Nernst'sches Wärmetheorem . . . . .	1003
5.9.1	Formulierung und Motivierung des Theorems . . . . .	1003
5.9.2	Folgerungen aus dem Theorem . . . . .	1005
5.9.3	Negative absolute Temperaturen . . . . .	1007
5.10	Einfluß des elektromagnetischen Feldes auf thermodynamische Systeme . . . . .	1009
5.10.1	System im elektromagnetischen Feld . . . . .	1009



5.10.2	Magnetokalorische und elektrok calorische Effekte . . . . .	1011
5.10.3	Magnetostriktion und Elektrostriktion . . . . .	1012
5.11	Thermodynamik irreversibler Prozesse . . . . .	1012
5.11.1	Nichtgleichgewichtsprozesse . . . . .	1012
5.11.2	Bilanzgleichungen . . . . .	1016
5.11.3	Onsagersche lineare Ansätze . . . . .	1024
5.11.4	Konkretisierung der linearen Ansätze für isotrope Medien . . . . .	1027
5.11.5	Anwendungen zur Wärmeleitung . . . . .	1036
5.11.6	Anwendungen zur Diffusion . . . . .	1042
5.11.7	Ausblick auf die nichtlinearen irreversiblen Prozesse . . . . .	1048

**Namen- und Sachverzeichnis**

<b>6</b>	<b>Relativitätstheorie</b>	<b>1121</b>
6.1	Induktive Einführung in die Spezielle Relativitätstheorie . . . . .	1121
6.2	Experimente im Vorfeld der Relativitätstheorie . . . . .	1124
6.3	Spezielles Relativitätsprinzip und Lorentz-Transformationen . . . . .	1134
6.4	Minkowski-Raum . . . . .	1151
6.5	Einige kinematische Folgerungen aus der eigentlichen Lorentz-Transformation . . . . .	1157
6.6	Speziell-relativistische Elektromagnetik . . . . .	1165
6.7	Speziell-relativistische Punktmechanik . . . . .	1184
6.8	Speziell-relativistische Kontinuumsmechanik . . . . .	1201
6.9	Grenzen der Speziellen Relativitätstheorie . . . . .	1208
6.10	Ausblick auf die Allgemeine Relativitätstheorie . . . . .	1208
<b>7</b>	<b>Nichtrelativistische Quantenmechanik</b>	<b>1235</b>
7.1	Induktive Einführung . . . . .	1235
7.2	Physikalischer Hilbert-Raum . . . . .	1249
7.3	Transformationen im Hilbert-Raum . . . . .	1276
7.4	Wahrscheinlichkeitsdeutung und Messung in der Quantenmechanik . . . . .	1282
7.5	Grundgesetze und Grundbeziehungen der nichtrelativistischen Quantenmechanik . . . . .	1289
7.6	Matrizenmechanik . . . . .	1371
7.7	Schrödingersche Wellenmechanik . . . . .	1385
<b>8</b>	<b>Einführung in die relativistische Quantenmechanik</b>	<b>1573</b>
8.1	Klein-Gordon-Theorie . . . . .	1573
8.2	Grundlagen der Dirac-Theorie der Bewegung des Spin-Elektrons . . . . .	1584
8.3	Dirac-Theorie als Quantenmechanik des Elektrons . . . . .	1607
8.4	Anwendungen zur Diracschen Quantenmechanik des Elektrons . . . . .	1628
8.5	Zweikomponenten-Näherung der Diracschen Quantenmechanik des Elektrons nach der Eliminationsmethode . . . . .	1656
<b>9</b>	<b>Einführung in die Feldtheorie</b>	<b>1667</b>
9.1	Historische Anmerkungen . . . . .	1667
9.2	Lagrange-Hamilton-Apparat für klassische Felder . . . . .	1668
9.3	Noether-Theorie für klassische Felder . . . . .	1680
9.4	Anwendung der Theorie auf die Newtonsche Mechanik . . . . .	1698
9.5	Anwendung der Theorie auf das Schrödinger-Feld . . . . .	1703
9.6	Anwendung der Theorie auf das Feldsystem: Klein-Gordon-Feld und Maxwell-Feld . . . . .	1706
9.7	Anwendung der Theorie auf das Feldsystem: Dirac-Feld und Maxwell-Feld . . . . .	1712
9.8	Feldquantisierung . . . . .	1717
9.9	Quantisierung des Schrödinger-Feldes . . . . .	1725
9.10	Quantisierung freier relativistischer Felder . . . . .	1737

9.11	Diskrete Symmetrien . . . . .	1749
9.12	Einführung in die Darstellungstheorie der Lorentz-Gruppe . . . . .	1756
9.13	Elementarteilchen . . . . .	1767
9.14	Überblick über einige wichtige Gruppen in der Feldtheorie . . . . .	1779
<b>10</b>	<b>Statistische Physik</b>	<b>1787</b>
10.1	Einführung . . . . .	1787
10.2	Grundlagen der Statistischen Physik klassisch-mechanischer Systeme . . . . .	1791
10.3	Gibbssche Gleichgewichts-Statistik . . . . .	1807
10.4	Boltzmann-Maxwellsche Gleichgewichts-Statistik . . . . .	1824
10.5	Anwendungen zur Boltzmann-Maxwell-Statistik . . . . .	1843
10.6	Grundlagen der Statistischen Physik quantenmechanischer Systeme . . . . .	1850
10.7	Quantenstatistiken auf der Basis der Abzählmethodik . . . . .	1881
10.8	Bose-Einstein-Statistik . . . . .	1891
10.9	Fermi-Dirac-Statistik . . . . .	1898
10.10	Stochastik und Dissipations-Fluktuations-Theorie . . . . .	1910
10.11	Phänomen der Irreversibilität . . . . .	1937
10.12	Shannon-Entropie . . . . .	1939
<b>11</b>	<b>Theorie der Strahlung von Körpern</b>	<b>1941</b>
11.1	Einführung . . . . .	1941
11.2	Kirchhoffscher Satz . . . . .	1947
11.3	Thermodynamische Begründung des Stefan-Boltzmannschen Strahlungsgesetzes . . . . .	1949
11.4	Plancksches Strahlungsgesetz . . . . .	1950
11.5	Konsequenzen des Planckschen Strahlungsgesetzes . . . . .	1956
<b>12</b>	<b>Theorie von Materialeigenschaften</b>	<b>1961</b>
12.1	Gase . . . . .	1961
12.2	Flüssigkeiten . . . . .	1977
12.3	Festkörper . . . . .	2007
<b>13</b>	<b>Einführung in einige Spezialgebiete</b>	<b>2055</b>
13.1	Beschleuniger . . . . .	2055
13.2	Magnetohydrodynamik . . . . .	2068
13.3	Phänomenologische Theorie der Supraleiter . . . . .	2076
13.4	Nichtlineare Optik und Laser . . . . .	2085
13.5	Streutheorie . . . . .	2096
13.6	Chaotische Bewegung . . . . .	2115
13.7	Zerstörungsfreie Quantenmessung (quantum non-demolition measurement)	2118
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>2133</b>
	<b>Namen- und Sachverzeichnis</b>	<b>2137</b>