

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Grundlagen</b> .....	1
1.1 Fachgebiete, Geschichte, Größenordnungen .....	2
1.1.1 Quantennatur der Materie .....	4
1.1.2 Größenordnungen .....	7
1.2 Relativität – kurz und bündig .....	11
1.2.1 Masse, Impuls, Energie und Beschleunigung .....	11
1.2.2 Energieerhaltung relativistisch, Vierervektoren .....	14
1.2.3 Zeitdilatation und LORENTZ-Kontraktion .....	15
1.3 Etwas elementare Statistik und Anwendungen .....	17
1.3.1 Exponentialverteilungen .....	18
1.3.2 Kinetische Gastheorie .....	22
1.3.3 Klassische und Quantenstatistik, Fermionen und Bosonen .....	24
1.4 Photonen .....	31
1.4.1 Photoeffekt und Energiequantisierung .....	31
1.4.2 COMPTON-Effekt und der Impuls des Photons .....	33
1.4.3 Paarerzeugung .....	34
1.4.4 Drehimpuls und Masse des Photons .....	35
1.4.5 Das elektromagnetische Spektrum .....	36
1.4.6 PLANCK'sches Strahlungsgesetz .....	36
1.4.7 Sonneneinstrahlung auf die Erde .....	39
1.4.8 Photometrie – Lichtausbeute und Effizienz .....	43
1.4.9 RÖNTGEN-Beugung und Strukturanalyse .....	47
1.5 Die vier fundamentalen Wechselwirkungen .....	51
1.5.1 COULOMB- und Gravitationswechselwirkung .....	52
1.5.2 Das Standardmodell der fundamentalen Wechselwirkungen .....	53
1.5.3 Hadronen .....	55
1.5.4 Das Elektron .....	57
1.6 Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern .....	59
1.6.1 Ladungen im elektrischen Feld .....	60
1.6.2 Ladung im Magnetfeld .....	60

1.6.3	Zyklotronfrequenz und ICR-Spektrometer	61
1.6.4	Andere Massenspektrometer	62
1.6.5	Plasmafrequenz	63
1.7	BOHR'sches Atommodell	65
1.7.1	Grundannahmen	66
1.7.2	Radien und Energien	68
1.7.3	Atomare Einheiten (a.u.)	69
1.7.4	Korrekturfaktoren für endliche Kernmasse	69
1.7.5	Energien und Spektren wasserstoffähnlicher Ionen	70
1.7.6	Grenzen des BOHR'schen Modells	71
1.8	Teilchen und Wellen	72
1.8.1	DE BROGLIE-Wellenlänge	72
1.8.2	Experimentelle Evidenz	72
1.8.3	Unschärferelation und Beobachtung	76
1.8.4	Stabilität des atomaren Grundzustands	77
1.9	STERN-GERLACH-Experiment und Richtungsquantisierung	79
1.9.1	Magnetisches Moment und Drehimpuls	79
1.9.2	Das magnetische Moment im magnetischen Feld	80
1.9.3	Das Experiment	81
1.9.4	Interpretation des STERN-GERLACH-Experiments	84
1.9.5	Konsequenzen des STERN-GERLACH-Experiments	85
1.10	Elektronenspin	87
1.10.1	Magnetisches Moment des Elektrons	88
1.10.2	EINSTEIN-DE HAAS-Effekt	89
	Akronyme und Terminologie	90
	Literatur	93
<b>2</b>	<b>Elemente der Quantenmechanik und das H-Atom</b>	<b>97</b>
2.1	Materiewellen	98
2.1.1	Grenzen der klassischen Theorie	98
2.1.2	Wahrscheinlichkeitsamplitude in der Optik	98
2.1.3	Wahrscheinlichkeitsamplitude bei Materiewellen	100
2.2	SCHRÖDINGER-Gleichung	101
2.2.1	Eine Wellengleichung	101
2.2.2	HAMILTON- und Impulsoperator	101
2.2.3	Zeitabhängige SCHRÖDINGER-Gleichung	102
2.2.4	Frei bewegtes Teilchen – das einfachste Beispiel	104
2.3	Axiome und Begriffe der Quantenmechanik	105
2.3.1	Grundbegriffe	105
2.3.2	Repräsentationen	110
2.3.3	Gleichzeitige Messung von zwei Observablen	110
2.3.4	Operatoren für Ort, Impuls und Energie	111
2.3.5	Eigenfunktionen des Impulses $\hat{p}$	112
2.4	Teilchen im Kasten – freies Elektronengas	113
2.4.1	Teilchen im eindimensionalen Potenzialkasten	113

2.4.2	Dreidimensionales Kastenpotenzial . . . . .	114
2.4.3	Das freie Elektronengas . . . . .	115
2.5	Bahndrehimpuls . . . . .	118
2.5.1	Polarkoordinaten . . . . .	118
2.5.2	Definition des Bahndrehimpulses . . . . .	119
2.5.3	Eigenwerte und Eigenfunktionen . . . . .	120
2.5.4	Elektronenspin . . . . .	124
2.6	Einelektronensysteme und das H-Atom . . . . .	127
2.6.1	Quantenmechanik des Einteilchenproblems . . . . .	127
2.6.2	Atomare Einheiten . . . . .	129
2.6.3	Schwerpunktbewegung und reduzierte Masse . . . . .	129
2.6.4	Qualitative Überlegungen . . . . .	130
2.6.5	Exakte Lösung für das H-Atom . . . . .	131
2.6.6	Energieniveaus im H-Atom . . . . .	132
2.6.7	Radialfunktionen explizit . . . . .	134
2.6.8	Dichtedarstellungen . . . . .	136
2.6.9	Die Spektren des H-Atoms . . . . .	137
2.6.10	Erwartungswerte von $r^k$ . . . . .	138
2.6.11	Vergleich mit dem Bohr'schen Modell . . . . .	138
2.7	Normaler ZEEEMAN-Effekt . . . . .	140
2.7.1	Bahndrehimpuls im externen Magnetfeld . . . . .	141
2.7.2	Aufhebung der $m$ -Entartung . . . . .	142
2.8	Dispersionsrelationen . . . . .	144
	Akronyme und Terminologie . . . . .	147
	Literatur . . . . .	148
<b>3</b>	<b>Periodensystem und Aufhebung der <math>\ell</math>-Entartung . . . . .</b>	<b>149</b>
3.1	Schalenaufbau der Atome, Periodensystem der Elemente . . . . .	150
3.1.1	Elektronenkonfiguration . . . . .	150
3.1.2	PAULI-Prinzip . . . . .	150
3.1.3	Wie die Schalen gefüllt werden . . . . .	151
3.1.4	Das Periodensystem der Elemente . . . . .	152
3.1.5	Einige experimentelle Fakten . . . . .	155
3.2	Quasi-Einelektronensystem . . . . .	157
3.2.1	Spektroskopische Befunde für die Alkaliatome . . . . .	158
3.2.2	Quantendefekt . . . . .	159
3.2.3	Abgeschirmtes COULOMB-Potenzial . . . . .	161
3.2.4	Radialfunktionen . . . . .	162
3.2.5	Präzise Berechnung für Na als Beispiel . . . . .	163
3.2.6	Quantendefekttheorie . . . . .	165
3.2.7	MOSLEY-Diagramm für Na-ähnliche Ionen . . . . .	172
3.3	Störungstheorie für stationäre Probleme . . . . .	174
3.3.1	Störungsansatz für den nicht entarteten Fall . . . . .	174
3.3.2	Störungstheorie 1. Ordnung . . . . .	175
3.3.3	Störungstheorie 2. Ordnung . . . . .	177
3.3.4	Störungstheorie mit Entartung . . . . .	178

3.3.5	Anwendung der Störungsrechnung auf Alkaliatome .....	179
	Akronyme und Terminologie .....	181
	Literatur .....	182
<b>4</b>	<b>Nichtstationäre Probleme: Dipolanregung mit einem Photon</b> .....	<b>183</b>
4.1	Elektromagnetische Wellen: Grundbegriffe .....	184
4.1.1	Elektrisches Feld und Intensität .....	184
4.1.2	Basisvektoren der Polarisation .....	185
4.1.3	Koordinatensystem .....	189
4.1.4	Drehimpuls des Photons .....	189
4.2	Absorption und Emission – Einführung .....	191
4.2.1	Stationäre Zustände .....	191
4.2.2	Optische Spektroskopie – Allgemeine Konzepte .....	192
4.2.3	Induzierte Prozesse .....	193
4.2.4	Spontane Emission, klassische Interpretation .....	197
4.2.5	Die EINSTEIN'schen <i>A</i> - und <i>B</i> -Koeffizienten .....	199
4.3	Zeitabhängige Störungsrechnung .....	202
4.3.1	Grundsätzliches .....	202
4.3.2	Näherungsansatz für Übergangsamplituden .....	204
4.3.3	Übergänge in einer monochromatischen ebenen Welle .....	204
4.3.4	Dipolnäherung .....	205
4.3.5	Absorptionswahrscheinlichkeiten .....	207
4.3.6	Absorption und Emission: Eine erste Zusammenfassung .....	209
4.4	Auswahlregeln für Dipolübergänge (E1-Übergänge) .....	213
4.4.1	Drehimpuls und Auswahlregeln .....	213
4.4.2	Übergangsamplituden in der Helizitätsbasis .....	215
4.4.3	Übergangsmatrixelemente und Auswahlregeln quantitativ .....	217
4.4.4	E1-Übergänge im H-Atom als konkretes Beispiel .....	219
4.5	Winkelabhängigkeit der Dipolstrahlung .....	221
4.5.1	Semiklassische Veranschaulichung .....	221
4.5.2	Quantenmechanische Berechnung der Winkelverteilungen .....	224
4.6	Stärke von elektrischen Dipolübergängen .....	230
4.6.1	Linienstärke .....	230
4.6.2	Spontane Übergangswahrscheinlichkeit .....	231
4.6.3	Induzierte Übergänge .....	233
4.7	Überlagerung von Zuständen, Quantenbeats und Quantensprünge .....	235
4.7.1	Kohärente Besetzung durch optische Übergänge .....	235
4.7.2	Zeitabhängigkeit und Quantenbeats .....	239
4.7.3	Quantensprünge .....	243
	Akronyme und Terminologie .....	244
	Literatur .....	245

<b>5</b>	<b>Linienbreiten, Multiphotonenprozesse und mehr</b>	247
5.1	Linienverbreiterung	248
5.1.1	Natürliche Linienbreite	248
5.1.2	Dispersion	253
5.1.3	Stoßverbreiterung	254
5.1.4	DOPPLER-Verbreiterung	255
5.1.5	VOIGT-Profil	257
5.2	Oszillatorenstärke und Wirkungsquerschnitt	259
5.2.1	Verallgemeinerung der Übergangsraten	259
5.2.2	Oszillatorenstärke	260
5.2.3	Absorptionsquerschnitt	261
5.2.4	Verschiedene Schreibweisen – Strahlungstransfer in Gasen	264
5.3	Multiphotonenprozesse	265
5.3.1	Zweiphotonenanregung	267
5.3.2	Zweiphotonenemission	270
5.4	Magnetische Dipol- und elektrische Quadrupolübergänge	272
5.5	Photoionisation	277
5.5.1	Prozess und Wirkungsquerschnitt	278
5.5.2	BORN'sche Näherung für die Photoionisation	280
5.5.3	Winkelverteilung der Photoelektronen	284
5.5.4	Photoionisationsquerschnitt in Theorie und Experiment	285
5.5.5	Multiphotonenionisation (MPI)	289
	Akronyme und Terminologie	294
	Literatur	295
<b>6</b>	<b>Feinstruktur und LAMB-Shift</b>	299
6.1	Methoden der hochauflösenden Spektroskopie	300
6.1.1	Gitterspektrometer	300
6.1.2	Interferometer	304
6.1.3	DOPPLER-freie Spektroskopie in Atomstrahlen	308
6.1.4	Kollineare Laserspektroskopie in Ionenstrahlen	310
6.1.5	Lochbrennen	311
6.1.6	DOPPLER-freie Sättigungsspektroskopie	313
6.1.7	RAMSEY-Streifen	315
6.1.8	DOPPLER-freie Zweiphotonenspektroskopie	317
6.2	Wechselwirkung zwischen Spin und Bahn	321
6.2.1	Experimentelle Befunde	321
6.2.2	Magnetische Momente von Spin und Bahn im Magnetfeld	322
6.2.3	Allgemeine Überlegungen zur <i>LS</i> -Wechselwirkung	323
6.2.4	Größenordnung der Spin-Bahn-Wechselwirkung	325
6.2.5	Drehimpulskopplung, Gesamtdrehimpuls	325
6.2.6	Terminologie für die Atomstruktur	329

6.3	Quantitative Bestimmung der Feinstrukturaufspaltung	332
6.3.1	Die FS-Terme aus der DIRAC-Theorie	332
6.3.2	Feinstruktur im H-Atom	335
6.3.3	Feinstruktur der Alkaliatome und anderer Atome	336
6.4	Auswahlregeln und Intensitäten für Übergänge	339
6.4.1	Einführung	339
6.4.2	Linienstärke und Übergänge zwischen Unterniveaus	340
6.4.3	Einige nützliche Beziehungen für die praktische Spektroskopie	343
6.5	LAMB-Shift	346
6.5.1	Feinstruktur und LAMB-Shift bei der BALMER- $H_{\alpha}$ -Linie	346
6.5.2	Mikrowellen- und RF-Übergänge – DOPPLER-frei	347
6.5.3	Das Experiment von LAMB und RETHERFORD	347
6.5.4	Präzisionsspektroskopie des H-Atoms	349
6.5.5	LAMB-Shift bei hochgeladenen Ionen	353
6.5.6	QED und FEYNMAN-Diagramme	355
6.5.7	Zur Theorie der LAMB-Shift	359
6.6	Anomales magnetisches Moment des Elektrons	363
	Akronyme und Terminologie	368
	Literatur	370
<b>7</b>	<b>Helium und andere Zweielektronensysteme</b>	<b>375</b>
7.1	Einführung und empirische Befunde	376
7.1.1	Grundlagen	376
7.1.2	Das Termschema des He I	377
7.2	Etwas Quantenmechanik für zwei Elektronen	379
7.2.1	HAMILTON-Operator für das Zweielektronensystem	379
7.2.2	Zweiteilchenwellenfunktionen	380
7.2.3	Nullte Näherung: keine $e^-e^-$ -Wechselwirkung	381
7.2.4	Störungstheorie für den He-Grundzustand	383
7.2.5	Variationsrechnung und aktueller Status	384
7.3	PAULI-Prinzip und angeregte Zustände in He	386
7.3.1	Austausch von zwei identischen Teilchen	386
7.3.2	Symmetrien der Orts- und Spin-Wellenfunktionen	387
7.3.3	Störungstheorie für einfach angeregte Zustände	390
7.3.4	Ein Nachgedanke: Welche Kraft stellt die Spins parallel oder antiparallel?	393
7.4	Feinstruktur	395
7.5	Elektrische Dipolübergänge	398
7.6	Doppelanregung und Autoionisation	401
7.6.1	Doppelt angeregte Zustände	401
7.6.2	Autoionisation, FANO-Profil	401
7.6.3	Resonanzlinienprofile	405

7.7	Quasi-Zweielektronensysteme	407
7.7.1	Atome der Erdalkalimetalle	407
7.7.2	Quecksilber	409
	Akronyme und Terminologie	411
	Literatur	411
<b>8</b>	<b>Atome in externen Feldern</b>	<b>413</b>
8.1	Atome in einem statischen magnetischen Feld	414
8.1.1	Der allgemeine Fall	414
8.1.2	ZEEMAN-Effekt in schwachen Feldern	417
8.1.3	PASCHEN-BACK-Effekt	422
8.1.4	Prädizieren Drehimpulse wirklich?	423
8.1.5	Zwischen schwachem und starkem Magnetfeld	426
8.1.6	Vermiedene Kreuzungen	430
8.1.7	Paramagnetismus	432
8.1.8	Diamagnetismus	434
8.2	Atome im elektrischen Feld	436
8.2.1	Einführung	436
8.2.2	Bedeutung	437
8.2.3	Atome im statischen, elektrischen Feld	438
8.2.4	Vorüberlegungen zur Störungstheorie	439
8.2.5	Matrixelemente	440
8.2.6	Störungsreihe	442
8.2.7	Quadratischer STARK-Effekt	443
8.2.8	Linearer STARK-Effekt	445
8.2.9	Ein Beispiel: RYDBERG-Zustände des Li	448
8.2.10	Polarisierbarkeit	450
8.2.11	Elektrische Suszeptibilität	453
8.3	Langreichweitige Potenziale	454
8.4	Atome in einem oszillierenden elektromagnetischen Feld	458
8.4.1	Dynamischer STARK-Effekt	458
8.4.2	Brechungsindex	460
8.4.3	Resonanzen – Dispersion und Absorption	461
8.4.4	Schnelles und langsames Licht	462
8.4.5	Elastische Lichtstreuung	468
8.5	Atome im starken Laserfeld	473
8.5.1	Ponderomotorisches Potenzial	473
8.5.2	KELDISH-Parameter	475
8.5.3	Von der Multiphotonenionisation zur Sättigung	476
8.5.4	Tunnelionisation	478
8.5.5	Rückstreuung	480
8.5.6	Erzeugung höherer Harmonischer (HHG)	481
8.5.7	Ionisation oberhalb der Schwelle (ATI)	483
	Akronyme und Terminologie	486
	Literatur	487

<b>9</b>	<b>Hyperfeinstruktur</b> .....	489
9.1	Einführung .....	490
9.2	Magnetische Dipolwechselwirkung .....	494
9.2.1	Allgemeine Überlegungen und Beispiele .....	494
9.2.2	Das magnetische Feld der Elektronenhülle .....	497
9.2.3	Nichtverschwindender Bahndrehimpuls .....	500
9.2.4	Der FERMI-Kontaktterm .....	501
9.2.5	Einige Zahlenwerte .....	502
9.2.6	Optische Übergänge zwischen HFS-Multipletts .....	504
9.3	ZEEMAN-Effekt der Hyperfeinstruktur .....	505
9.3.1	Hyperfein-HAMILTON-Operator mit Magnetfeld .....	505
9.3.2	Schwache Magnetfelder .....	506
9.3.3	Starke und sehr starke Magnetfelder .....	508
9.3.4	Beliebige Felder, BREIT-RABI-Formel .....	510
9.4	Isotopieverschiebung und elektrostatische Kernwechselwirkungen .....	515
9.4.1	Potenzialentwicklung .....	515
9.4.2	Isotopieverschiebung .....	517
9.4.3	Quadrupol-Wechselwirkungsenergie .....	521
9.4.4	HFS-Niveaufspaltung .....	524
9.5	Magnetische Resonanzspektroskopie .....	526
9.5.1	Molekularstrahl-Resonanzspektroskopie .....	527
9.5.2	EPR-Spektroskopie .....	529
9.5.3	NMR-Spektroskopie .....	533
	Akronyme und Terminologie .....	536
	Literatur .....	537
<b>10</b>	<b>Vielelektronenatome</b> .....	539
10.1	Zentralfeldnäherung .....	540
10.1.1	HAMILTON-Operator für ein Vielelektronensystem .....	540
10.1.2	Zentralsymmetrisches Potenzial .....	541
10.1.3	HARTREE-Gleichungen und SCF-Methode .....	542
10.1.4	HARTREE-Verfahren .....	544
10.1.5	THOMAS-FERMI-Potenzial .....	544
10.2	HARTREE-FOCK-Methode .....	548
10.2.1	PAULI-Prinzip und SLATER-Determinante .....	548
10.2.2	HARTREE-FOCK-Gleichungen .....	551
10.2.3	Konfigurationswechselwirkung (CI) .....	553
10.2.4	KOOPMAN'sches Theorem .....	554
10.3	Dichtefunktionaltheorie .....	555
10.4	Komplexe Spektren .....	557
10.4.1	Spin-Bahn-Wechselwirkung und Kopplungsschemata .....	557
10.4.2	Beispiele für komplexe Spektren .....	560



10.5	RÖNTGEN-Spektroskopie und Photoionisation . . . . .	565
10.5.1	Absorption und Emission von inneren Schalen . . . . .	566
10.5.2	Charakteristische RÖNTGEN -Spektren – MOSLEY'sches Gesetz. . . . .	568
10.5.3	Wirkungsquerschnitte für die Photoionisation mit RÖNTGEN-Strahlung. . . . .	570
10.5.4	Photoionisation bei mittleren Energien . . . . .	573
10.6	Quellen für RÖNTGEN-Strahlung . . . . .	577
10.6.1	RÖNTGEN-Röhren . . . . .	577
10.6.2	Synchrotronstrahlung, Einführung. . . . .	579
10.6.3	Synchrotronstrahlung, Quantitative Beziehungen . . . . .	583
10.6.4	Undulatoren und Wiggler. . . . .	588
10.6.5	Freie-Elektronen-Laser (FEL) . . . . .	590
10.6.6	Relativistische THOMSON-Streuung. . . . .	590
10.6.7	Laserbasierte RÖNTGEN-Quellen . . . . .	591
	Akronyme und Terminologie. . . . .	593
	Literatur . . . . .	595
<b>Anhänge</b> . . . . .		597
<b>A</b>	<b>Naturkonstante und Einheiten</b> . . . . .	599
A.1	Fundamentale Naturkonstante (Tabelle) . . . . .	599
A.2	SI und atomare Einheiten . . . . .	599
A.3	SI- und GAUSS-Einheiten. . . . .	603
A.4	Radiant und Steradian . . . . .	603
A.5	Dimensionsanalyse . . . . .	605
<b>B</b>	<b>Drehimpulse, 3j- und 6j-Symbole</b> . . . . .	607
B.1	Drehimpulse . . . . .	607
B.1.1	Allgemeine Definitionen. . . . .	607
B.1.2	Bahndrehimpuls – Kugelflächenfunktionen . . . . .	610
B.2	Kopplung von zwei Drehimpulsen . . . . .	612
B.2.1	Definitionen . . . . .	612
B.2.2	Orthogonalität und Symmetrien . . . . .	613
B.2.3	Allgemeine Formeln . . . . .	614
B.2.4	Spezialfälle . . . . .	615
B.3	RACAH-Funktion und 6j-Symbole . . . . .	616
B.3.1	Definition . . . . .	616
B.3.2	Orthogonalität und Symmetrien . . . . .	617
B.3.3	Allgemeine Formeln . . . . .	618
B.3.4	Spezialfälle . . . . .	618
B.4	Vier Drehimpulse und 9j-Symbole . . . . .	619
<b>C</b>	<b>Koordinatendrehung</b> . . . . .	621
C.1	EULER-Winkel . . . . .	621
C.2	Drehmatrizen. . . . .	621
C.3	Verschränkte Zustände . . . . .	625
C.4	Reelle Drehmatrizen . . . . .	626

<b>D</b>	<b>Tensoroperatoren und Matrixelemente</b> . . . . .	629
D.1	Tensoroperatoren. . . . .	629
D.1.1	Definition . . . . .	629
D.1.2	WIGNER-ECKART-Theorem . . . . .	630
D.2	Produkte von Tensoroperatoren . . . . .	632
D.2.1	Produkte von Kugelflächenfunktionen . . . . .	633
D.2.2	Matrixelemente der Kugelflächenfunktionen . . . . .	634
D.3	Reduktion von Matrixelementen. . . . .	636
D.3.1	Matrixelemente der Kugelflächenfunktionen in <i>LS</i> -Kopplung. . . . .	637
D.3.2	Skalarprodukte von Drehimpulsoperatoren . . . . .	638
D.3.3	Komponenten der Drehimpulse . . . . .	640
D.4	Elektromagnetisch induzierte Übergänge. . . . .	641
D.4.1	Elektrische Dipolübergänge . . . . .	642
D.4.2	Elektrische Quadrupolübergänge . . . . .	642
D.4.3	Magnetische Dipolübergänge . . . . .	643
D.5	Radiale Matrixelemente . . . . .	644
<b>E</b>	<b>Parität und Reflexionssymmetrie</b> . . . . .	647
E.1	Parität . . . . .	647
E.2	Vielelektronensysteme . . . . .	649
E.3	Reflexionssymmetrie von Orbitalen – reelle und komplexe Basiszustände . . . . .	649
E.4	Reflexionssymmetrie im allgemeinen Fall . . . . .	654
<b>F</b>	<b>Multipolentwicklungen und Multipolmomente</b> . . . . .	659
F.1	Reihenentwicklung . . . . .	659
F.2	Elektrostatistisches Potenzial . . . . .	660
F.3	Multipol-Tensoroperatoren . . . . .	662
F.3.1	Der Quadrupoltensor. . . . .	664
F.3.2	Allgemeine Multipol-Tensoroperatoren . . . . .	665
<b>G</b>	<b>Faltungen und Korrelationsfunktionen</b> . . . . .	669
G.1	Definition und Motivation. . . . .	669
G.2	Korrelationsfunktionen und Kohärenzgrad. . . . .	671
G.3	GAUSS-Profil . . . . .	673
G.4	Hyperbolischer Sekans . . . . .	674
G.5	LORENTZ-Profil. . . . .	675
G.6	VOIGT-Profil. . . . .	675
<b>H</b>	<b>Vektorpotenzial, Dipolnäherung, Oszillatorenstärke</b> . . . . .	677
H.1	Wechselwirkung des Felds einer elektromagnetischen Welle mit einem Elektron . . . . .	677
H.1.1	Vektorpotenzial. . . . .	677
H.1.2	Intensität . . . . .	678
H.1.3	Statisches Magnetfeld. . . . .	679
H.1.4	Ponderomotorisches Potential . . . . .	680

H.1.5	Beziehung zwischen den Matrixelementen von $p$ und $r$ . . . . .	680
H.1.6	Störung durch ein elektromagnetisches Feld; Dipolnäherung . . . . .	681
H.2	Linienstärke und Oszillatorenstärke . . . . .	683
H.2.1	Definitionen . . . . .	683
H.2.2	THOMAS-REICHE-KUHN-Summenregel . . . . .	686
<b>I</b>	<b>FOURIER-Transformation und Spektralverteilungen</b> . . . . .	689
I.1	Einführung und Übersicht . . . . .	689
I.2	Elektromagnetische Wellenfelder . . . . .	692
I.3	Das Intensitätsspektrum . . . . .	695
I.4	Spezielle Beispiele . . . . .	696
I.4.1	GAUSS-Verteilung . . . . .	697
I.4.2	Hyperbolischer Sekans . . . . .	698
I.4.3	Rechteckiger Wellenzug . . . . .	699
I.4.4	Rechteckiges Spektrum . . . . .	700
I.4.5	Exponentialverteilung und LORENTZ-Profil . . . . .	700
I.5	FOURIER-Transformation in drei Dimensionen . . . . .	703
<b>J</b>	<b>Kontinuum</b> . . . . .	705
J.1	Normierung von Kontinuumswellenfunktionen . . . . .	705
J.2	Dreidimensionale ebene Wellen . . . . .	707
J.2.1	Partialwellenentwicklung . . . . .	707
J.2.2	Normierung in der Impuls- und Energieskala . . . . .	708
	<b>Akronyme und Quellen</b> . . . . .	711
	<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	715