

Inhaltsverzeichnis

1	Grundprinzipien des Lasers	1
1.1	Licht im Hohlraum	1
1.2	Atome im Laserfeld	6
1.3	Ratengleichungen	10
1.4	Lichtverstärkung	13
1.5	Strahlungstransport*	15
1.6	Lichterzeugung mit Lasern	19
	Aufgaben	22
	Lösungen	27
2	Grundgleichungen der klassischen Elektrodynamik	39
2.1	Mikroskopische Maxwell-Gleichungen	39
2.2	Wellengleichung und Potentiale	43
2.3	Makroskopische Maxwell-Gleichungen	45
2.4	Lorentz-Kraft	46
2.5	Feldenergie und Feldimpuls	50
	Aufgaben	54
	Lösungen	60
3	Wellen im Medium	77
3.1	Dielektrizitätsfunktion	77
3.2	Komplexe Darstellung der Felder*	80
3.3	Ebene Wellen im homogenen Medium	82
3.4	Polarisationsvektoren	84
3.5	Wellenenergie	87
	Aufgaben	92
	Lösungen	97

4	Laserpulse	113
4.1	Fourier-Transformation*	113
4.2	Fourier-Darstellung von Laserpulsen	116
4.3	Randwertprobleme*	118
4.4	Envelope und Chirp	119
4.5	Envelopengleichung	121
4.6	Gauß-Pulse	125
4.7	Vorläufer*	128
4.8	Tunneln von Laserpulsen	132
	Aufgaben	134
	Lösungen	137
5	Lichtstrahlen und Resonatormoden	149
5.1	Geometrische Optik	149
5.2	Paraxiale Strahlen	155
5.3	Laserresonatoren	160
5.4	Gauß-Strahlen	165
5.5	Paraxiale Wellengleichung	170
	Aufgaben	171
	Lösungen	174
6	Inhomogene Medien	183
6.1	Eben geschichtete Medien	183
6.2	WKB-Näherung*	186
6.3	Stokes-Gleichung*	192
6.4	Resonanzabsorption	199
6.5	Fresnel-Formeln	204
	Aufgaben	217
	Lösungen	221
7	Klassisches Lorentz-Modell	233
7.1	Polarisierbarkeit	233
7.2	Dispersion	237

7.3	Anregung des ungedämpften Oszillators	241
7.4	Anregung des gedämpften Oszillators	247
7.5	Dipolstrahlung	250
7.6	Lichtstreuung	253
7.7	Strahlungsdämpfung	255
7.8	Druckverbreiterung	256
7.9	Doppler-Verbreiterung	259
	Aufgaben	262
	Lösungen	266
8	Hamilton-Mechanik elektrischer Ladungen	277
8.1	Hamilton-Prinzip	277
8.2	Bewegungsgleichungen	279
8.3	Teilchenbewegung in einer elektromagnetischen Welle*	281
8.4	Oszillation um das Schwingungszentrum	284
8.5	Drift des Schwingungszentrums	286
	Aufgaben	289
	Lösungen	290
9	Grundlagen der Quantenmechanik	291
9.1	Grundpostulate der Quantenmechanik*	291
9.2	Zeitentwicklung von Quantensystemen	296
9.3	Ortsdarstellung und Wellenmechanik	299
9.4	Vertauschungsrelationen	302
9.5	Schrödinger- und Heisenberg-Bild	304
9.6	Wechselwirkungsbild	307
9.7	Ehrenfest-Theorem	309
10	Semiklassische Licht-Materie-Wechselwirkung	311
10.1	Quantensysteme im klassischen Strahlungsfeld	311
10.2	Potentiale in der Quantenmechanik	314
10.3	Impuls- und Energiesatz*	318
10.4	Dipolnäherung	320

10.5	Volkov-Zustände	322
10.6	Kramers-Henneberger-System	323
	Aufgaben	325
	Lösungen	328
11	Quantenmechanisches Lorentz-Modell	335
11.1	Harmonischer Oszillator	336
11.2	Stationäre Zustände	336
11.3	Klassisches mikrokanonisches Ensemble	342
11.4	Kohärente Zustände	343
11.5	Verschiebungsoperator	347
11.6	Angeregter harmonischer Oszillator	349
11.7	Einsteinsche Ratengleichungen des harmonischen Oszillators	353
	Aufgaben	355
	Lösungen	357
12	Atome im Laserfeld	369
12.1	Zeitabhängige Störungstheorie	369
12.2	Monochromatische Störung	372
12.3	Kramers-Heisenberg Streuformel	374
12.4	Polarisierbarkeit und Dispersion	378
12.5	Rayleigh-Streuung	380
12.6	Raman-Streuung	382
12.7	Übergänge im Strahlungsfeld einer Mode	383
12.8	Übergänge im Strahlungsfeld mit kontinuierlichem Spektrum	386
12.9	Übergänge im Strahlungsfeld mit diskrettem Spektrum*	388
12.10	Einstein-Koeffizienten	393
12.11	Starke Laserfelder	395
	Aufgaben	399
	Lösungen	402
13	Zweiniveausysteme	411
13.1	Optische Zweiniveausysteme	411

13.2	Rabi-Oszillationen	418
13.3	Resonanzfluoreszenz	420
13.4	Bloch-Vektor	423
13.5	Optisches Bloch-Modell	427
14	Statistische Ensembles	433
14.1	Bloch-Gleichungen mit Dämpfung	433
14.2	Freier Induktionszerfall und Photon-Echo	440
14.3	Statistischer Operator	443
14.4	Dichtematrix-Gleichungen	446
14.5	Populationsmatrix	449
14.6	Ensemble mit Phasenrelaxation	450
14.7	Ensemble mit Anregungsprozessen	451
	Aufgaben	453
	Lösungen	455
15	Semiklassische Lasertheorie	461
15.1	Quasistatisches Gleichgewicht	461
15.2	Sättigung und Leistungsverbreiterung	465
15.3	Normalmodenentwicklung	468
15.4	Feldgleichungen des Einmodenlasers	470
15.5	Laserschwelle und stationäre Laserstrahlung	473
16	Quantisierung des freien Strahlungsfelds	477
16.1	Hamilton-Prinzip für klassische Felder	477
16.2	Quantisierung stehender Wellen	479
16.3	Normalmodenentwicklung nach fortschreitenden Wellen	483
16.4	Quantisierung fortschreitender Wellen	485
16.5	Vergleich zwischen stehenden und fortschreitenden Wellen*	490
16.6	Energie und Impuls: Photonen	492
17	Quantenzustände des Strahlungsfelds	495
17.1	Fock-Zustände	495
17.2	Kohärente Zustände	498

17.3	Strahlung im thermischen Gleichgewicht	501
17.4	Strahlungsfeld mit klassischer Anregung	503
18	Atome im quantisierten Feld	507
18.1	Hamilton-Operator der Licht-Atom-Wechselwirkung	507
18.2	Übergangsraten für Absorption und Emission	509
18.3	A-Koeffizient der spontanen Emission	512
18.4	Zweiniveausystem im quantisierten Einmodenfeld	513
18.5	Weisskopf-Wigner Theorie der spontanen Emission	517
19	Optische Kohärenz	523
19.1	Grundbegriffe der Statistik*	523
19.2	Zeitliche Kohärenz	527
19.3	Wiener-Khintchine-Theorem	530
19.4	Räumliche Kohärenz	535
19.5	Van Cittert-Zernike-Theorem	538
19.6	Kohärenzfunktionen höherer Ordnung	540
19.7	Photonenstatistik	543
	Aufgaben	546
	Lösungen	548
	Literaturverzeichnis	555
	Sachregister	557

*) Abschnitt mit vorwiegend einführendem oder ergänzendem Inhalt