



Arbeitsbuch Optik und Quantenphänomene

Der Lehrstoff anhand ausgewählter Aufgaben

von
Andreas Kratzer

Mit 37 Bildern und 15 Tabellen

R. Oldenbourg Verlag München Wien 1994

Inhaltsverzeichnis

A Optik	13
1 Einführung	13
1.1 Historischer Überblick	13
1.1.1 Newtons Korpuskulartheorie	18
1.2 Wellen	18
1.2.1 Einleitung	18
1.2.2 Wellengleichung in Kugelkoordinaten	20
1.3 Komplexe Schreibweise	22
1.3.1 Einleitung	22
1.3.2 Die Benutzung der komplexen Darstellung	23
1.3.3 Realteil eines komplexen Produkts	26
1.4 Fourier-Reihe und Fourier-Integral	27
1.4.1 Einleitung	27
1.4.2 Fourier-Reihen (Einführung)	28
1.4.3 Fourier-Transformation	31
2 Die elektromagnetische Theorie des Lichts	36
2.1 Die Wellengleichung und ihre Lösungen	36
2.1.1 Einleitung	36
2.1.2 Grundwissen über Maxwellgleichungen	37
2.2 Energie und Impuls von Licht	43
2.2.1 Einleitung	43
2.2.2 Die elektromagnetische Welle	44
2.2.3 Strahlungsflußdichte	45
2.2.4 Bestrahlungsstärke	46
2.2.5 Strahlungsdruck	48
2.2.6 Strahlungsdruck der Sonne	48
2.3 Phasen- und Gruppengeschwindigkeit	49
2.3.1 Einleitung	49
2.3.2 Gruppengeschwindigkeit	51
2.3.3 Auseinanderlaufen eines Pulses	52
2.3.4 Phasengeschwindigkeit	52
2.4 Dispersion von Licht	53
2.4.1 Einleitung	53
2.4.2 Polarisationsmechanismen	58
2.4.3 Die erzwungene, gedämpfte Schwingung	59

2.4.4	Plasmaschwingungen	65
2.5	Elektromagnetische Wellen an Grenzflächen	69
2.5.1	Einleitung	69
2.5.2	Herleitung der Fresnelschen Gleichungen	71
2.5.3	Lichtbrechung (planparallele Glasplatte)	74
2.5.4	Fresnelsche Gleichungen: Senkrechter Lichteinfall	75
2.5.5	Totalreflexion	77
2.5.6	Das Pulfrich-Refraktometer	78
2.5.7	Brewsterwinkel	80
2.5.8	Intensitätsverlust durch Reflexion	83
3	Die geometrische Optik	84
3.1	Das Fermatsche Prinzip	84
3.1.1	Einleitung	84
3.1.2	Herleitung des Snelliusschen Gesetzes	84
3.2	Die optische Abbildung	85
3.2.1	Einleitung	85
3.2.2	Ebener Spiegel	93
3.2.3	Brennpunkte	94
3.2.4	Näherung dünner Linsen	95
3.2.5	Dünne Linse	96
3.2.6	Dünne Linsen – drei Medien	97
3.2.7	Dicke Linse	98
3.2.8	Laterale und axiale Vergrößerung	99
3.2.9	Systemmatrix einer dünnen Linse	100
3.2.10	System dünner Linsen	101
3.2.11	Teleobjektiv	103
3.2.12	System dicker Linsen	104
3.3	Linienfehler	107
3.3.1	Einleitung	107
3.3.2	Reflektoren	110
3.3.3	Achromate	110
3.3.4	Achromatisches Linsensystem	114
3.3.5	Beste Form einer Linse	116
4	Die Welleneigenschaften von Licht	120
4.1	Beugung	120
4.1.1	Einleitung	120
4.1.2	Doppelspaltexperiment	125
4.1.3	Der Doppelspalt als Refraktometer	126
4.1.4	Linienbreite eines Beugungsgitters	127
4.2	Interferenz	127
4.2.1	Einleitung	127
4.2.2	Kohärenz	129
4.2.3	Zweistrahl-Interferenz	130
4.2.4	Satellit	132

4.2.5	Jamin-Interferometer	132
4.2.6	Newtonsche Ringe	134
4.2.7	Interferenzfilter	135
4.3	Anwendungen von Beugung und Interferenz	136
4.3.1	Einleitung	136
4.3.2	Auflösungsvermögen I	137
4.3.3	Auflösungsvermögen II	138
4.3.4	Schärfentiefe	140
4.3.5	Radioastronomie	142
4.4	Die Polarisierung von Licht	146
4.4.1	Einleitung	146
4.4.2	Dichroismus	148
4.4.3	Brewster Fenster	148
4.4.4	Gekreuzte Polarisatoren	149
4.4.5	Das Wollaston-Prisma	151
4.4.6	Phasenverschiebungs-Plättchen	152
4.4.7	$\lambda/2$ - und $\lambda/4$ -Plättchen	154
4.4.8	$\lambda/4$ -Plättchen	157
4.4.9	Optische Aktivität	157
4.4.10	Depolarisatoren	159

B Quantenphänomene und Atomphysik 161

5 Einführung – Historischer Überblick 161

5.1	Lichtquanten	161
5.2	Atomphysik	163

6 Wellen und Teilchen 169

6.1	Photonen	169
6.1.1	Einleitung	169
6.1.2	Photoeffekt	170
6.1.3	Austrittsarbeit verschiedener Metalle	171
6.1.4	Strahlungsdruck	172
6.1.5	Compton-Effekt	173
6.1.6	Compton- und Photoeffekt	176
6.1.7	Energieauflösende γ -Detektoren	177
6.1.8	Wechselwirkungen zwischen Photonen und Nukleonen	178
6.1.9	Gravitationsrotverschiebung	179
6.2	Emission von Licht	181
6.2.1	Einleitung	181
6.2.2	Lambert-Strahler	185
6.2.3	Grenzfälle der Planckschen Strahlungsformel	186
6.2.4	Das Stefan-Boltzmannsche Strahlungsgesetz	187
6.2.5	Oberflächentemperatur von Erde und Sonne	188
6.2.6	Solare Radiostrahlung	189

6.2.7	Sonnenstrahlung	191
6.3	Materiewellen	193
6.3.1	Einleitung	193
6.3.2	Klassische Teilchen	196
6.3.3	Die Schrödingergleichung I	196
6.3.4	Die Schrödingergleichung II	198
6.3.5	Wellenpakete	202
6.3.6	Elektronen im Kern	204
7	Aufbau der Atome	205
7.1	Das Bohrsche Atommodell	205
7.1.1	Einleitung	205
7.1.2	Das Bohrsche Atommodell des Wasserstoffs	209
7.1.3	Bohrsche Bahn im Wasserstoff	211
7.1.4	Korrespondenzprinzip	212
7.1.5	Linienpektrum des Heliumions	213
7.1.6	Myonium	214
7.1.7	Röntgenspektroskopie	215
7.1.8	Röntgenstrahlung	216
	Sachwortverzeichnis	218