

Obsah

Úvod	7
1 Kvantová teorie tlumení	8
1.1 Liouvilleův teorém	9
1.2 Fyzikální model laseru	9
1.2.1 Definice laseru	9
1.2.2 Laser jako uzavřený kvantový systém	10
1.3 Řídící rovnice pro tlumený kvantový systém	11
1.3.1 Redukovaný statistický operátor	13
1.3.2 Interakční Hamiltonián	15
1.3.3 Vlastní frekvence dynamických proměnných systému	18
1.3.4 Markovovská aproximace	18
1.3.5 Řídící rovnice ve Schrödingerově reprezentaci	21
1.4 Tlumená kvantová soustava	22
1.4.1 Řídící rovnice pro tlumenou kvantovou soustavu	26
1.4.2 Pauliovy řídicí rovnice	27
1.5 Tlumený lineární harmonický oscilátor	29
1.5.1 Řídící rovnice pro tlumený harmonický oscilátor	32
2 Poloklasická teorie interakce záření s prostředím	35
2.1 Vlnová rovnice	35
2.2 Odezva rezonančního prostředí	37
2.2.1 Dvouhladinová aproximace	37
2.2.2 Dipólový moment	39
2.2.3 Evoluce dvouhladinového kvantové soustavy	40

2.3	Tlumená dvouhladinová soustava ve vnějším poli	41
2.3.1	Přechod od Pauliových rovnic k rovnicím pro měřitelné	43
2.4	Výchozí rovnice pro poloklasický popis	45
2.4.1	Rovnice pro komplexní analyticky sdružený signál	47
2.5	Šíření stacionárních signálů	48
2.5.1	Disperzní vlastnosti rezonančního prostředí	48
2.5.2	Šíření rovinné vlny	50
2.5.3	Saturace zesílení	52
3	Poloklasický popis šíření optických impulzů	54
3.1	Rovnice pro šíření signálu s pomalu proměnnou amplitudou a fází	54
3.2	Rovnice pro signál bez rozladění a fázové modulace	59
3.3	Rovnice pro stacionární signál	60
3.3.1	Šíření v prostředí se ztrátami	62
3.4	Šíření impulzů	63
3.4.1	Nekoherentní šíření impulzů	64
3.4.2	Aproximace rychlostních rovnic	64
3.4.3	Koherentní šíření impulzů	65
3.5	Jevy spojené s koherentním šířením impulzů	67
3.5.1	Samoindukovaná propustnost	68
3.5.2	Koherentní šíření prostředím s nehomogenním rozšířením čáry	69
3.5.3	Fotonové echo	71
3.5.4	Optická nutace	73
3.5.5	Superradiace	74
3.5.6	Superluminiscence (superfluorescence)	75
4	Dynamika laserů v aproximaci rychlostních rovnic	77
4.1	Laser s krátkým rezonátorem	77
4.1.1	Rychlostní rovnice	80
4.1.2	Stacionární řešení rychlostních rovnic	81
4.1.3	Normalizace rychlostních rovnic	82
4.1.4	Rychlostní rovnice pro přechodový režim laseru	83
4.1.5	Analytické řešení rychlostních rovnic pro Q-spínaný laser	87

4.1.6	Spínání ziskem	92
4.2	Laser bez rezonátoru	93
4.2.1	Zesilování spontánní emise v dlouhém sloupci	94
5	Spektrální vlastnosti laserového záření	99
5.1	Přitahování frekvencí	100
5.2	Spektrum záření laseru v případě homogenního rozšíření čáry	102
5.3	Spektrum laserového záření v případě nehomogenního rozšíření čáry	102
5.3.1	Lambův zářez	104
6	Generace krátkých impulzů	106
6.1	Zjednodušený popis záření laseru se synchronizovanými módy	107
6.2	Metody synchronizace módů	109
6.2.1	Aktivní synchronizace módů	110
6.2.2	Pasivní synchronizace módů	110
6.2.3	Synchronizace módů střetem impulzů	112
6.3	Kompresa, zesilování a tvarování impulzu	113
7	Kvantový popis obecných systémů	115
7.1	Kvazidistribuční funkce pro popis stavu elektromagnetického pole	115
7.1.1	Uspořádání anihilačních a kreačních operátorů	116
7.1.2	Kvazidistribuční a charakteristická funkce pro normální uspořádání	116
7.1.3	Statistický operátor v antinormálním uspořádání	117
7.2	Uspořádání operátorů obecných kvantových systémů	118
7.3	Kvazidistribuční funkce pro zvolené uspořádání	119
7.3.1	Vztah mezi $\bar{\rho}^c$ a P_C	120
7.4	Časový vývoj kvazidistribuční funkce	121
7.4.1	Fokkerova-Planckova rovnice pro tlumený harmonický oscilátor	124
7.4.2	Řešení Fokkerovy-Planckovy rovnice pro tlumený oscilátor	126
8	Kvantová teorie laseru	130
8.1	Fokkerova-Planckova rovnice pro tříhladinový kvantový systém	130
8.2	Popis aktivního prostředí laseru	131

8.3	Kvantový model laseru	135
8.3.1	Fokkerova-Planckova rovnice pro laserový systém	136
8.3.2	Časový vývoj středních hodnot – Langevinovy rovnice	138
8.3.3	Adiabatická eliminace atomových proměnných	140
8.3.4	Linearizace driftového členu Fokkerovy-Planckovy rovnice	145
8.4	Fokkerova-Planckova rovnice pro Van der Polův oscilátor	146
8.4.1	Řešení Fokkerovy-Planckovy rovnice pro Van der Polův oscilátor	147
A	Vlastnosti vybraných materiálů	151
B	Komplexní analyticky sdružený signál	152
C	Operátorová algebra	154
C.1	Obecné operátory	154
C.2	Bosonové kreační a anihilační operátory	155
C.3	Operátory nezávislých kvantových soustav (atomů)	159
D	Charakter spektra rezonančního prostředí	161
	Literatura	165
	Rejstřík	168