

# Obsah

<b>I</b>	<b>Laserová fyzika</b>	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>Úvod k laserové fyzice</b>	<b>13</b>
1.1	Historie laseru . . . . .	15
<b>2</b>	<b>Interakce světla s látkou</b>	<b>19</b>
2.1	Klasický popis interakce světla s dielektrikem – Lorentzův model	19
2.2	Einsteinův popis interakce světla s látkou . . . . .	22
2.3	Interakce světla s atomem – semiklasický popis . . . . .	26
2.4	Tvar spektrální čáry přechodu . . . . .	37
2.5	Zesílení a absorpce světla při průchodu látkou . . . . .	46
<b>3</b>	<b>Laserové kinetické rovnice</b>	<b>50</b>
3.1	Formulace laserových kinetických rovnic . . . . .	50
3.2	Laserový oscilátor . . . . .	54
3.3	Práh laseru . . . . .	56
3.4	Saturace zisku . . . . .	58
3.4.1	Případ homogenního rozšíření . . . . .	59
3.4.2	Případ nehomogenního rozšíření . . . . .	63
3.4.3	Zesílení světla při průchodu aktivním prostředím (se započítáním saturace) . . . . .	67
3.4.4	Princip saturační spektroskopie a frekvenční stabilizace nehomogenně rozšířených laserů . . . . .	69
<b>4</b>	<b>Laserové rezonátory</b>	<b>72</b>
4.1	Optický rezonátor . . . . .	72
4.1.1	Rezonátor se dvěma zrcadly – řešení pomocí geometrické optiky . . . . .	73
4.2	Uzavřená pravoúhlá rezonanční dutina . . . . .	74

4.3	Rezonátor laseru z hlediska vlnové teorie . . . . .	79
4.3.1	Fresnelovo číslo rezonátoru . . . . .	82
4.3.2	Numerické řešení rezonátoru s rovinnými zrcadly (teorie autorů Foxe a Li) . . . . .	84
4.4	Gaussov svazek jako základní mód rezonátoru se dvěma kulovými zrcadly . . . . .	86
4.4.1	Vlastnosti gaussovského svazku . . . . .	87
4.4.2	Gaussovský svazek v laserovém rezonátoru se dvěma kulovými zrcadly . . . . .	90
4.4.3	Módy vyšších řádů . . . . .	97
4.5	Selekce módů rezonátoru . . . . .	99
4.5.1	Selekce příčných módů . . . . .	99
4.5.2	Selekce podélných módů . . . . .	99
4.6	Nestabilní rezonátory . . . . .	101
4.7	Charakterizace reálných laserových svazků . . . . .	102
<b>5</b>	<b>Dynamické chování laseru</b>	<b>103</b>
5.1	Stacionární režim laseru . . . . .	103
5.1.1	Módová struktura pole a kontinuální režim laseru . . .	104
5.1.2	Intenzita světla v rezonátoru kontinuálního laseru . . .	106
5.1.3	Relaxační oscilace, stabilita stacionárního řešení laseru	113
5.2	Q-spínání . . . . .	120
5.2.1	Lasery s aktivním Q-spínáním . . . . .	120
5.2.2	Lasery s pasivním Q-spínáním . . . . .	126
5.2.3	Tlumení rezonátoru . . . . .	132
5.3	Synchronizace módů laseru . . . . .	132
5.3.1	Jednoduchý model režimu synchronizace módů . . . .	134
5.3.2	Model synchronizace módů pro případ disperze v laserovém rezonátoru . . . . .	136
5.3.3	Femtosekundové lasery . . . . .	140
<b>6</b>	<b>Semiklasická teorie laseru</b>	<b>150</b>
6.1	Adiabatická aproximace . . . . .	150
6.2	Semiklasická teorie laseru . . . . .	152
6.3	Laserová dynamika – třídy laserů a chaos v laserech . . . . .	167
<b>7</b>	<b>Typy laserů</b>	<b>174</b>
7.1	Plynové lasery . . . . .	174

7.2	Barvivové lasery . . . . .	188
7.3	Pevnolátkové lasery . . . . .	193
7.4	Polovodičové lasery . . . . .	199
7.5	Vláknové lasery . . . . .	204
7.6	Laser na volných elektronech . . . . .	205
<b>II Nelineární optika</b>		<b>209</b>
<b>8</b>	<b>Úvod do nelineární optiky</b>	<b>211</b>
8.1	Historie . . . . .	212
8.2	Lineární a nelineární optika . . . . .	214
8.3	Příklad generace součtové a rozdílové frekvence . . . . .	216
8.4	Fyzikální mechanismy nelinearity . . . . .	217
<b>9</b>	<b>Nelineární interakce světla s látkou</b>	<b>219</b>
9.1	Lorentzův mikroskopický model . . . . .	219
9.2	Nelineární susceptibilita . . . . .	224
9.2.1	Lineární polarizace . . . . .	226
9.2.2	Polarizace druhého řádu . . . . .	227
9.3	Popis v časové doméně . . . . .	228
9.4	Vlastnosti susceptibility druhého řádu . . . . .	229
9.4.1	Vliv symetrie . . . . .	229
9.4.2	Efektivní hodnota . . . . .	233
9.5	Kvantově-mechanická teorie susceptibility . . . . .	237
9.5.1	Poruchová teorie . . . . .	237
9.5.2	Lineární susceptibilita . . . . .	240
9.5.3	Nelineární susceptibilita druhého řádu . . . . .	242
<b>10</b>	<b>Rovnice vázaných vln</b>	<b>244</b>
10.1	Nelineární vlnová rovnice . . . . .	244
10.2	Součtová frekvence . . . . .	246
10.3	Podmínka sfázování . . . . .	246
10.4	Manleyovy-Roweovy relace . . . . .	249
10.5	Parametrické a neparametrické procesy . . . . .	251
<b>11</b>	<b>Nelineární jevy druhého řádu</b>	<b>252</b>
11.1	Generace druhé harmonické frekvence . . . . .	252
11.2	Metody sfázování . . . . .	255

11.2.1	Úhlové ladění . . . . .	259
11.2.2	Teplovní ladění . . . . .	260
11.2.3	Kvazisfázování . . . . .	261
11.3	Generace součtové frekvence . . . . .	264
11.4	Generace rozdílové frekvence . . . . .	268
11.5	Optický parametrický zesilovač . . . . .	271
11.6	Optický parametrický generátor . . . . .	272
11.7	Optický parametrický oscilátor . . . . .	272
<b>12</b>	<b>Nelineární jevy třetího řádu</b>	<b>275</b>
12.1	Susceptibilita třetího řádu . . . . .	275
12.1.1	Lorentzův mikroskopický model . . . . .	275
12.1.2	Vlastnosti susceptibility třetího řádu . . . . .	276
12.1.3	Manleyovy-Roweovy relace . . . . .	277
12.2	Generace třetí harmonické frekvence . . . . .	277
12.3	Generace kontinua . . . . .	281
12.4	Degenerovaná čtyřfotonová parametrická interakce . . . . .	283
12.5	Nelineární index lomu . . . . .	284
12.6	Nelineární absorpce . . . . .	287
12.7	Autofokusace . . . . .	289
12.7.1	Model autofokusace . . . . .	290
12.7.2	Samozachycení světla . . . . .	290
12.7.3	Rozpad svazku . . . . .	292
12.8	Automodulace fáze . . . . .	292
12.8.1	Princip automodulace fáze . . . . .	293
12.8.2	Rovnice šíření pulzu . . . . .	295
12.8.3	Optický soliton . . . . .	298
12.9	Optická fázová konjugace . . . . .	299
12.9.1	Konjugovaná vlna . . . . .	299
12.9.2	Odstranění aberací . . . . .	300
12.9.3	Řešení rovnic vázaných vln . . . . .	301
12.10	Indukovaná mřížka . . . . .	304
12.10.1	Vytvoření tenké mřížky . . . . .	305
12.10.2	Difrakce na tenké mřížce . . . . .	306
12.10.3	Difrakce na tlusté mřížce . . . . .	310
12.11	Optická bistabilita . . . . .	311
12.11.1	Nelineární médium ve Fabryově-Perotově rezonátoru . . . . .	312
12.11.2	Absorpční bistabilita . . . . .	313

12.11.3	Disperzní bistabilita . . . . .	316
12.12	Dvoufotonová absorpce . . . . .	318
12.12.1	Kvantově-mechanický popis . . . . .	318
12.12.2	Hyperbolický útlum . . . . .	320
12.12.3	Dvoufotonová absorpční spektroskopie . . . . .	320
12.12.4	Bez Dopplerovská spektroskopie . . . . .	321
12.12.5	Vícefotonová ionizace . . . . .	321
<b>13</b>	<b>Stimulované rozptyly</b>	<b>323</b>
13.1	Přehled rozptylů . . . . .	323
13.2	Spontánní Ramanův rozptyl . . . . .	325
13.3	Stimulovaný Ramanův rozptyl . . . . .	327
13.3.1	Popis pomocí obsazovacích čísel módů . . . . .	327
13.3.2	Popis pomocí nelineární polarizace . . . . .	327
13.3.3	Anti-Stokesova složka . . . . .	330
13.3.4	Příspěvek čtyřvlenného směšování . . . . .	330
13.3.5	Spektroskopie CARS . . . . .	332
13.4	Stimulovaný Brillouinův rozptyl . . . . .	333
13.4.1	SBS generátor . . . . .	334
13.4.2	Rovnice vázaných vln . . . . .	336
13.4.3	Anti-Stokesova složka . . . . .	340
<b>14</b>	<b>Elektrooptický jev</b>	<b>342</b>
14.1	Přehled elektrooptických jevů . . . . .	342
14.2	Pockelsův elektrooptický jev . . . . .	343
14.3	Elektrooptický modulátor . . . . .	346
<b>15</b>	<b>Akustooptika</b>	<b>351</b>
15.1	Braggův rozptyl . . . . .	351
15.2	Ramanův-Nathův rozptyl . . . . .	355
15.3	Akustooptická zařízení . . . . .	357
<b>16</b>	<b>Režim silného pole</b>	<b>359</b>
16.1	Generace vysokých harmonik . . . . .	360
16.2	Attosekundové pulzy . . . . .	366
<b>17</b>	<b>Koherentní jevy</b>	<b>368</b>
17.1	Optické Blochovy rovnice . . . . .	368
17.1.1	Dvuhladinový systém . . . . .	368

17.1.2	Stacionární odezva . . . . .	370
17.1.3	Polarizace . . . . .	372
17.1.4	Maxwellova-Blochova rovnice . . . . .	373
17.1.5	Rabiho frekvence . . . . .	374
17.1.6	Plocha pulzu . . . . .	375
17.2	Autoindukovaná propustnost . . . . .	376
17.3	Dohasínání volné polarizace . . . . .	376
17.4	Optická nutace . . . . .	377
17.5	Fotonové echo . . . . .	378