

# CUPRINS

## PARTEA I

<b>Cuprins</b> .....	<b>2</b>
<b>1. Introducere</b> .....	<b>7</b>
1.1. Scurt istoric.....	7
1.2. Obiectul opticii și laserelor.....	8
1.3. Importanța practică a cercetărilor în domeniul opticii și laserelor.....	9
<b>2. Optica geometrică</b> .....	<b>10</b>
2.1. Noțiuni fundamentale.....	10
2.1.1. Dioptrul plan.....	10
2.1.2. Reflexia și refracția luminii.....	10
2.2. Dioptrul sferic.....	13
2.2.1. Dioptrul sferic în aproximația lui Gauss.....	15
2.2.2. Construcția imaginii date de un dioptru sferic.....	16
2.3. Oglinzi sferice.....	17
2.3.1. Imaginile date de oglinzile sferice.....	17
2.3.2. Imagini sagitale și tangențiale.....	19
2.4. Lentile.....	21
2.4.1. Lentile subțiri.....	22
2.4.2. Imagini date de lentile subțiri.....	23
2.4.3. Asocierea lentilelor subțiri.....	24
2.4.4. Lentile cilindrice.....	25
2.5. Prisma optică.....	28
2.5.1. Condiția de emergență.....	30
2.5.2. Prisma de unghi mic.....	30
2.5.3. Imagini date de prismă.....	30
2.5.4. Dispersia luminii printr-o prismă optică.....	31
2.5.5. Prisma cu viziune directă.....	33
2.5.6. Prisma acromatică.....	34
<b>3. Optica ondulatorie</b> .....	<b>35</b>
3.1. Teoria câmpului electromagnetic a lui Maxwell.....	35
3.1.1. Vectorii câmpului electromagnetic.....	35
3.1.2. Bazele experimentale ale teoriei câmpului electromagnetic.....	35
3.1.3. Ecuațiile Maxwell pentru câmpul electromagnetic.....	41
3.1.4. Forma integrală a ecuațiilor Maxwell.....	42

3.1.5. Forma diferențială a ecuațiilor Maxwell.....	43
3.1.6. Definiția vectorilor fundamentali ai câmpului electromagnetic $\vec{E}$ și $\vec{B}$ .....	45
3.1.7. Legile de material.....	46
3.1.8. Condițiile la limită.....	52
3.1.9. Proprietățile câmpurilor electromagnetice.....	56
3.1.10. Tipuri de câmpuri electromagnetice.....	57
3.1.11. Potențiale electromagnetice.....	58
3.1.12. Energia electromagnetică.....	62
3.2. Teoria electromagnetică a luminii.....	68
3.2.1. Propagarea undelor electromagnetice.....	68
3.2.2. Tipuri de unde electromagnetice.....	70
3.3. Tipuri de propagare.....	74
3.3.1. Structura unei electromagnetice.....	76
3.3.2. Transversalitatea intensităților câmpurilor electric și magnetic.....	76
3.4. Starea de polarizare a luminii.....	80
3.4.1. Bazele experimentale.....	80
3.4.2. Unda electromagnetică plană și armonică.....	80
3.4.3. Polarizarea eliptică.....	82
3.5. Interferența luminii.....	83
3.5.1. Coerența undelor luminoase.....	83
3.5.2. Monocromaticitatea.....	93
3.6. Difracția luminii.....	94
3.6.1. Difracția Fresnel.....	95
3.6.2. Difracția Fraunhofer (în lumină paralelă).....	98
3.7. Optica mediilor izotrope.....	101
3.7.1. Reflexia și refracția în cazul mediilor dielectrice transparente.....	101
3.7.2. Polarizarea undelor electromagnetice prin reflexie și refracție.....	108
3.7.3. Reflexia pe o suprafață metalică.....	108
3.8. Optica mediilor anizotrope.....	109
3.8.1. Propagarea undelor electromagnetice în medii anizotrope.....	109
3.8.2. Ecuațiile Fresnel.....	112
3.8.3. Medii uniaxe și medii biaxe.....	115
3.8.4. Ecuația suprafeței de undă.....	115
3.8.5. Dubla refracție printr-un mediu uniax.....	119
3.8.6. Elipsoidul indicilor.....	120
3.8.7. Interferența undelor transmise de cristale anizotrope.....	120
3.8.8. Polarizarea rotatorie.....	124
<b>4. Optica fonică.....</b>	<b>127</b>
4.1. Radiația termică.....	127
4.1.1. Radiația termică și luminiscenta.....	127
4.1.2. Legile radiației termice.....	129
4.1.3. Formula Planck.....	137
4.2. Pirometria optică.....	140
4.2.1. Metoda bazată pe legea de distribuție a emisivității după lungimea de undă.....	141

4.2.2. Metoda strălucirii.....	142
4.2.3. Metoda radiației.....	143
4.3. Fenomene în care se manifestă structura corpusculară a radiației.....	143
electromagnetice	
4.3.1. Efectul fotoelectric.....	144
4.3.2. Receptori optici.....	147
4.3.3. Efectul Compton.....	157
<b>5. Optică neliniară.....</b>	<b>161</b>
5.1. Procese multifotonice fundamentale.....	161
5.1.1. Caracterizarea generală a proceselor multifotonice fundamentale.....	161
5.1.2. Exemple de procese multifotonice fundamentale.....	163
5.2. Teoria susceptibilităților optice neliniare.....	165
5.2.1. Deducerea formulei susceptibilității neliniare de ordinul $n$ în aproximația neglijării structurii fine a nivelelor energetice.....	165
5.2.2. Proprietățile tensoriale ale susceptibilității.....	172
5.3. Teoria absorbției și emisie multifotonice.....	176
5.3.1. Probabilitatea absorbției multifotonice în atomi.....	176

## PARTEA II

<b>6. Principii funcționale și constructive generale ale laserelor.....</b>	<b>183</b>
6.1. Principiul de funcționare.....	183
6.2. Procesele de emisie și absorbție.....	183
6.3. Inversia de populație.....	186
6.4. Condiția de prag.....	187
<b>7. Ecuațiile generale ale ratelor ca ecuații de bilanț.....</b>	<b>191</b>
7.1. Ecuațiile ratelor pentru un mod și un sistem atomic cu două nivele.....	191
7.1.1. Ecuațiile de câmp.....	192
7.1.2. Ecuațiile pentru populații.....	192
7.2. Ecuațiile ratelor pentru un sistem atomic cu trei nivele.....	194
7.3. Ecuațiile ratelor pentru un sistem atomic cu patru nivele.....	197
7.4. Studiul regimului dinamic al laserelor cu ajutorul teoriei ratelor.....	199
7.5. Ecuațiile generale ale ratelor pentru mai multe moduri și un sistem cu mai multe nivele energetice.....	203
<b>8. Mecanisme de excitare a dispozitivelor laser.....</b>	<b>206</b>
8.1. Excitarea prin ciocniri electronice.....	206
8.2. Excitarea prin transfer rezonant de excitație.....	207
8.2.1. Ciocniri atom-atom.....	208
8.2.2. Ciocniri atom-moleculă.....	208
8.2.3. Ciocniri moleculă-moleculă.....	208
8.3. Excitarea prin pompaj optic.....	208
8.4. Excitarea prin procese gaz-dinamice.....	209
8.5. Excitarea prin reacții chimice (pompajul chimic). Tipuri de reacții chimice pentru pompaj.....	211
8.5.1. Reacții de schimb cu trei atomi.....	211
8.5.2. Reacții de extragere.....	69

8.5.3. Reacții de eliminare (fragmentare) .....	212
8.5.4. Reacții de fotodisociere.....	212
8.6. Excitarea prin efect Penning.....	212
8.7. Mecanisme de realizare a inversiei de populație în semiconductori.....	212
8.7.1. Excitarea prin injecție.....	213
8.7.2. Realizarea practică a inversiei de populație în semiconductori.....	215
8.8. Excitarea cu o undă hertziană.....	215
<b>9. Rezonatori laser.....</b>	<b>217</b>
9.1. Considerații teoretice generale asupra rezonatorilor optici.....	217
9.1.1. Moduri de oscilație.....	217
9.1.2. Caracteristicile rezonatorilor laser.....	219
9.2. Distribuția modală a câmpului într-un rezonator optic.....	220
9.3. Stabilitatea rezonatorilor optici.....	227
9.3.1. Rezonatorul Fabry-Pérot.....	227
9.3.2. Rezonatorul optic cu oglinzi concave.....	229
9.3.3. Tipuri de rezonatori.....	230
9.4. Fascicule gaussiene.....	232
9.4.1. Parametrii fasciculului gaussian.....	232
9.4.2. Fascicule gaussiene în rezonatori stabili.....	235
9.4.3. Transformarea unui fascicul laser gaussian de către o lentilă.....	237
<b>10. Interacția radiației cu substanța.....</b>	<b>239</b>
10.1. Matricea densitate.....	239
10.1.1. Formalismul matricei densitate.....	239
10.1.2. Ecuația de mișcare pentru operatorul densitate.....	240
10.2. Ecuațiile generale de mișcare pentru tranzițiile de dipol electric.....	241
10.2.1. Ecuațiile de mișcare pentru operatori.....	241
10.2.2. Ecuația de mișcare pentru polarizare.....	243
10.2.3. Ecuația de mișcare pentru observabila polarizare.....	245
10.2.4. Ecuația de mișcare pentru populații.....	246
10.2.5. Ecuațiile de mișcare pentru câmp.....	247
10.3. Fenomenele de absorbție rezonantă, dispersie și saturație.....	249
10.3.1. Absorbția și dispersia.....	249
10.3.2. Saturația mediului atomic.....	254
10.3.3. Lărgirea omogenă și neomogenă a liniei spectrale.....	256
<b>11. Dinamica proceselor laser.....</b>	<b>258</b>
11.1. Regimul tranzitoriu.....	258
11.1.1. Ecuațiile cuplate de amplitudine în regim tranzitoriu. Posibilități de amplificare.....	258
11.1.2. Oscilatorul cu cavitate laser. Ecuațiile ratelor pentru lasere și masere.....	263
11.2. Analiza dinamicii proceselor laser.....	265
11.2.1. Pragul de oscilație și puterea de pompaj.....	265
11.2.2. Puterea de ieșire în regim staționar.....	267
11.3. Funcționarea laserelor în regim de comutare a pierderilor cavității ( <i>Q-switch</i> ).....	269
11.3.1. Principiul de funcționare.....	269
11.3.2. Metode de realizare a regimului <i>Q-switch</i> .....	271

11.4. Funcționarea în regim de cuplare a modurilor ( <i>mode-locking</i> ).....	275
11.4.1. Principiul de funcționare.....	275
11.4.2. Metode de realizare a regimului <i>mode-locking</i> .....	277
11.5. Amplificatori laser.....	279
11.5.1. Modelarea proceselor fizice de amplificare a radiației.....	279
11.5.2. Tipuri de amplificatori laser.....	283
<b>12. Proprietățile radiației laser.....</b>	<b>284</b>
12.1. Mărimi și unități de măsură în optică.....	284
12.1.1. Mărimi și unități radiometrice.....	284
12.1.2. Coeficienți radiometrici.....	286
12.1.3. Mărimi și unități fotometrice.....	286
12.1.4. Legile fotometriei.....	289
12.1.5. Legile colorimetriei.....	290
12.1.6. Legătura dintre mărimile psihologice și cele psihofizice.....	293
12.2. Proprietățile radiației laser.....	293
12.2.1. Strălucirea.....	293
12.2.2. Direcționalitatea.....	295
12.2.3. Coerența.....	296
12.2.4. Monocromaticitatea.....	297
12.2.5. Statisticile de fotoni.....	297
12.2.6. Pulsuri ultrascurte.....	301
12.3. Ingineria fasciculului laser.....	301
12.3.1. Controlul secțiunii fasciculului.....	302
12.3.2. Deflexia.....	303
12.3.3. Modulația intensității.....	304
<b>13. Tipuri de lasere.....</b>	<b>315</b>
13.1. Lasere cu electroni legați.....	315
13.1.1. Laserul cu rubin.....	315
13.1.2. Laserul cu sticlă dopată cu Nd <sup>3+</sup> .....	317
13.1.3. Laserul cu Ti:safir.....	319
13.1.4. Lasere cu semiconductori.....	323
13.1.5. Laserul cu He-Ne.....	347
13.1.6. Laserul cu CO <sub>2</sub> .....	349
13.1.7. Alte tipuri de lasere cu electroni legați.....	350
13.2. Lasere cu electroni liberi.....	356
13.2.1. Principiul de funcționare.....	356
13.2.3. Câștigul optic în lasere cu electroni liberi.....	357
<b>Bibliografie.....</b>	<b>360</b>
<b>Simboluri utilizate.....</b>	<b>364</b>