

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	5
Глава 1. Введение .....	8
Глава 2. Геометрическая (лучевая) оптика .....	13
2.1. Отражение и преломление .....	13
2.1.1. Преломление .....	13
2.1.2. Показатель преломления .....	13
2.1.3. Отражение .....	14
2.1.4. Полное внутреннее отражение .....	15
2.1.5. Отражательные призмы (призмы полного внутреннего отражения) .....	16
2.2. Получение изображения .....	17
2.2.1. Сферические поверхности .....	18
2.2.2. Связь между предметом и изображением .....	18
2.2.3. Использование правила знаков .....	20
2.2.4. Уравнение линзы .....	22
2.2.5. Классификация линз и изображений .....	22
2.2.6. Сферические зеркала .....	25
2.2.7. Толстые линзы .....	26
2.2.8. Построение изображения .....	27
2.2.9. Линейное увеличение .....	29
2.2.10. Ньютона форма уравнения линзы .....	30
2.2.11. Инвариант Лагранжа .....	32
2.2.12. Аберрации .....	33
2.2.13. Сферическая аберрация тонкой линзы .....	33
Задачи .....	39
Глава 3. Оптические инструменты .....	42
3.1. Глаз как оптический инструмент .....	42
3.2. Принципы работы фотоаппарата .....	46
3.2.1. Фотографическая эмульсия .....	46
3.2.2. Сенситометрия .....	48
3.2.3. Разрешающая способность (сила) .....	51
3.2.4. Глубина резкости .....	52
3.3. Проекционные системы .....	53
3.4. Лупа .....	55
3.5. Микроскоп .....	56
3.6. Растворный конфокальный микроскоп .....	59
3.6.1. Диск Нипкова .....	59
3.7. Телескоп .....	60
	62

3.7.1. Зрачки и диафрагмы .....	62
3.7.2. Полевая диафрагма и полевая линза .....	64
3.7.3. Зрительные трубы .....	64
3.8. Разрешающая сила оптических инструментов .....	66
3.8.1. Фотоаппарат .....	66
3.8.2. Телескоп .....	67
3.8.3. Микроскоп .....	68
3.8.4. Конденсоры .....	70
3.9. Растровый оптический микроскоп ближнего поля .....	72
Задачи .....	75
<b>Глава 4. Источники и приемники излучения .....</b>	<b>79</b>
4.1. Радиометрия и фотометрия .....	79
4.1.1. Радиометрические единицы .....	79
4.1.2. Фотометрические единицы .....	81
4.1.3. Точечный источник .....	83
4.1.4. Протяженный источник .....	84
4.1.5. Диффузный отражатель .....	85
4.1.6. Интегрирующая сфера .....	86
4.1.7. Фотометрическая освещенность изображения .....	88
4.1.8. Фотометрическая яркость изображения .....	90
4.2. Источники света .....	92
4.2.1. Абсолютно черное тело .....	93
4.2.2. Цветовая и яркостная температура .....	97
4.2.3. Линейчатые источники света .....	97
4.2.4. Светодизлучающие диоды (СИД) .....	100
4.3. Приемники .....	102
4.3.1. Квантовые приемники .....	102
4.3.2. Тепловые приемники .....	107
4.3.3. Рабочие характеристики и параметры приемника .....	110
Задачи .....	116
<b>Глава 5. Волновая оптика .....</b>	<b>119</b>
5.1. Волны .....	119
5.1.1. Электромагнитные волны .....	121
5.1.2. Комплексные экспоненты .....	122
5.2. Суперпозиция волн .....	122
5.2.1. Групповая скорость .....	123
5.2.2. Групповой показатель преломления .....	124
5.3. Интерференция при разделении волнового фронта (при разделении светового пучка) .....	125
5.3.1. Интерференция на двух щелях (опыт Юнга) .....	126
5.3.2. Интерференция на многих щелях .....	128
5.4. Интерференция при делении амплитуды (при отражении) .....	130
5.4.1. Двухлучевая интерференция .....	130
5.4.2. Интерференция при многократном отражении .....	132
5.5. Дифракция .....	134
5.5.1. Дифракция на одной щели .....	136
5.5.2. Интерференция на конечных щелях .....	139

5.5.3. Дифракция Френеля .....	140
5.5.4. Дифракция в дальней и ближней зонах .....	143
5.5.5. Принцип Бабине .....	146
5.5.6. Принцип Ферма .....	146
5.6. Когерентность .....	148
5.6.1. Временная когерентность .....	149
5.6.2. Пространственная когерентность .....	151
5.6.3. Когерентность тепловых источников .....	152
5.6.4. Когерентность в системе освещения микроскопа .....	152
5.7. Теоретический предел разрешения .....	153
5.7.1. Разрешение двух точек .....	153
5.7.2. Когерентное облучение .....	155
5.7.3. Диффузное когерентное облучение .....	156
5.7.4. Квазитепловой источник .....	158
Задачи .....	160
<b>Глава 6. Интерферометрия и смежные области .....</b>	<b>165</b>
6.1. Дифракционная решетка .....	165
6.1.1. Профилирование .....	167
6.1.2. Хроматическая разрешающая способность .....	168
6.2. Интерферометр Майкельсона .....	169
6.2.1. Интерферометр Твимана—Грина .....	171
6.2.2. Интерферометр Маха—Цендера .....	172
6.3. Интерферометр Фабри—Поро .....	173
6.3.1. Хроматическая разрешающая способность .....	174
6.3.2. Свободная спектральная область .....	175
6.3.3. Конфокальный интерферометр Фабри—Поро .....	176
6.4. Многослойные зеркала и интерференционные фильтры .....	177
6.4.1. Четвертьволновой слой .....	177
6.4.2. Многослойные зеркала .....	178
6.4.3. Интерференционные фильтры .....	178
Задачи .....	179
<b>Глава 7. Голография и обработка изображения .....</b>	<b>181</b>
7.1. Голография .....	181
7.1.1. Внеосевая голография .....	184
7.1.2. Интерпретация голограммы с помощью зонной пластинки .....	186
7.1.3. Амплитудные и фазовые гологramмы .....	187
7.1.4. Объемные голограммы .....	189
7.2. Обработка оптических полей .....	190
7.2.1. Теория Аббе .....	191
7.2.2. Разложение Фурье .....	194
7.2.3. Фурье-оптика .....	197
7.2.4. Пространственная фильтрация .....	198
7.2.5. Метод фазового контраста .....	202
7.2.6. Метод согласованной фильтрации .....	205
7.2.7. Оптический процессор со сходящимся пучком .....	207
7.3. Функция отклика и передаточная функция .....	209
7.3.1. Функция отклика .....	209

7.3.2. Функция отклика от края .....	211
7.3.3. Функция отклика растрового конфокального микроскопа .....	213
7.3.4. Улучшение изображения .....	215
7.3.5. Оптическая передаточная функция .....	217
7.3.6. Когерентная передаточная функция .....	218
7.3.7. Дифракционно-ограниченные передаточные функции .....	219
7.3.8. МПФ фотографических пленок .....	222
<b>7.4. Цифровая обработка изображений .....</b>	<b>222</b>
7.4.1. Видеокамера .....	222
7.4.2. Операции с единичным элементом изображения .....	223
7.4.3. Взаимная корреляционная функция .....	226
7.4.4. Видеомикроскоп .....	228
7.4.5. Измерения размеров .....	230
Задачи .....	231
<b>Глава 8. Лазеры .....</b>	<b>237</b>
8.1. Усиление света .....	237
8.1.1. Оптический усилитель .....	239
8.2. Лазер с оптической накачкой .....	241
8.2.1. Уравнения баланса .....	242
8.2.2. Выходная мощность (мощность генерации) .....	243
8.2.3. Лазер с модуляцией добротности .....	244
8.2.4. Работа лазера в режиме синхронизации мод .....	246
8.3. Оптические резонаторы .....	248
8.3.1. Продольные моды .....	248
8.3.2. Поперечные моды .....	250
8.3.3. Гауссовые пучки .....	252
8.3.4. Диаграмма устойчивости .....	255
8.3.5. Когерентность лазерных источников .....	256
8.4. Типы лазерных систем .....	257
8.4.1. Рубиновый лазер .....	257
8.4.2. Неодимовый лазер .....	260
8.4.3. Лазеры на органических красителях .....	262
8.4.4. Гелий-неоновый лазер .....	263
8.4.5. Ионные лазеры .....	265
8.4.6. Лазер на CO <sub>2</sub> .....	266
8.4.7. Другие типы газовых лазеров .....	266
8.4.8. Полупроводниковые лазеры .....	267
8.5. Меры безопасности при работе с лазерами .....	267
8.5.1. Солнечные очки .....	270
Задачи .....	271
<b>Глава 9. Электромагнитная природа света и явление поляризации .....</b>	<b>273</b>
9.1. Отражение и преломление .....	274
9.1.1. Распространение света .....	274
9.1.2. Угол Брюстера .....	274
9.1.3. Отражение .....	276
9.1.4. Явления на границе раздела двух плотных сред .....	277
9.1.5. Внутреннее отражение .....	278

9.1.6. Изменение фазы . . . . .	279
9.1.7. Отражение от металлов . . . . .	281
<b>9.2. Поляризация . . . . .</b>	<b>281</b>
9.2.1. Двойное лучепреломление . . . . .	282
9.2.2. Волновые пластиинки . . . . .	284
9.2.3. Призмы Глана—Томпсона и Николя . . . . .	285
9.2.4. Дихроичные поляризаторы . . . . .	287
9.2.5. Оптическая активность . . . . .	287
9.2.6. Жидкие кристаллы . . . . .	288
<b>9.3. Нелинейная оптика . . . . .</b>	<b>290</b>
9.3.1. Генерация второй гармоники . . . . .	291
9.3.2. Фазовый синхронизм . . . . .	292
9.3.3. Оптическое смешение . . . . .	293
<b>9.4. Электрооптика, магнитооптика и акустооптика . . . . .</b>	<b>295</b>
9.4.1. Эффект Керра . . . . .	295
9.4.2. Эффект Покельса . . . . .	296
9.4.3. Электрооптическая модуляция света . . . . .	298
9.4.4. Акустооптическое отклонение светового пучка . . . . .	299
9.4.5. Эффект Фарадея . . . . .	300
Задачи . . . . .	301
<b>Глава 10. Оптические волокна и оптические волноводы . . . . .</b>	<b>303</b>
10.1. Лучи в оптических волокнах . . . . .	303
10.2. Моды оптических волноводов . . . . .	306
10.2.1. Постоянная распространения и фазовая скорость . . . . .	308
10.2.2. Призменный элемент ввода . . . . .	309
10.2.3. Решеточный элемент ввода . . . . .	311
10.2.4. Моды круглого волновода . . . . .	313
10.2.5. Число мод в волноводе . . . . .	313
10.2.6. Одномодовые волноводы . . . . .	314
10.3. Градиентное волокно . . . . .	315
10.3.1. Параболический профиль . . . . .	316
10.3.2. Локальная числовая апертура . . . . .	318
10.3.3. Моды утечки . . . . .	318
10.3.4. Ввод излучения с ограничением . . . . .	320
10.3.5. Потери на изгибах и связь мод . . . . .	322
10.4. Разъемные соединители . . . . .	324
10.4.1. Многомодовое волокно . . . . .	325
10.4.2. Одномодовые волокна . . . . .	328
10.4.3. Звездообразный разветвитель . . . . .	331
Задачи . . . . .	331
<b>Глава 11. Измерение параметров оптического волокна . . . . .</b>	<b>335</b>
11.1. Условия ввода излучения в волокно . . . . .	335
11.1.1. Линзовая система ввода излучения в волокно . . . . .	337
11.1.2. Смеситель мод, имитирующий равновесное распределение . . . . .	337
11.1.3. Съемник оболочечных мод . . . . .	338
11.2. Затухание . . . . .	339
11.2.1. Измерение затухания . . . . .	340

11.3. Широкополосность волокна .....	342
11.3.1. Межмодовая дисперсия .....	343
11.3.2. Материальная дисперсия .....	343
11.3.3. Волноводная дисперсия .....	344
11.3.4. Измерение ширины полосы .....	346
11.3.5. Длина когерентности источника .....	347
11.4. Импульсная оптическая рефлектометрия .....	347
11.5. Профиль показателя преломления .....	350
11.5.1. «Поперечные» методы .....	350
11.5.2. «Продольные» методы .....	352
11.5.3. Метод сканирования в ближнем поле .....	352
11.5.4. Метод преломленных лучей .....	354
11.5.5. Измерение диаметра сердцевины .....	356
11.6. Числовая апертура многомодового волокна .....	358
11.7. Диаметр поля моды .....	359
Задачи .....	362
<b>Глава 12. Интегральная оптика .....</b>	<b>365</b>
12.1. Интегральные оптические схемы .....	365
12.1.1. Канальные, или полосковые волноводы .....	368
12.1.2. Гребенчатые волноводы .....	369
12.1.3. Разветвители .....	370
12.1.4. Лазеры с распределенной обратной связью .....	371
12.1.5. Соединители и устройства ввода излучения .....	372
12.1.6. Модуляторы и переключатели .....	374
12.2. Планарная оптика .....	377
12.2.1. Модовые линзы .....	378
12.2.2. Лунбургские линзы .....	380
12.2.3. Геодезическая линза .....	381
12.2.4. Дифракционные решетки .....	384
12.2.5. Лазеры с вертикальным резонатором .....	388
Задачи .....	389
<b>Глава 13. Решение примеров и задач .....</b>	<b>394</b>
Глава 2 .....	394
Глава 3 .....	404
Глава 4 .....	416
Глава 5 .....	422
Глава 6 .....	437
Глава 7 .....	442
Глава 8 .....	457
Глава 9 .....	462
Глава 10 .....	469
Глава 11 .....	479
Глава 12 .....	487
<b>Словарь терминов .....</b>	<b>497</b>