



З. Г. НИКОЛАВА
А. М. ХОРОХОРОВ

ОСНОВЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

для инженеров

З. Г. Николава, А. М. Хорохоров

**ОСНОВЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ОПТИКИ
ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ**

Учебное пособие

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2025

УДК 621.383
ББК 32.854
Н63

Рецензенты:

д. т. н., проф., проф. института «Вышая инженерно-техническая школа»
(Университет ИТМО, Санкт-Петербург) *Кортаев Валерий Викторович*;
к. т. н., начальник отдела мониторинга опытно-конструкторских разработок
ООО «Квантовые технологии» (Москва) *Фролов Максим Евгеньевич*

Николава, З. Г.

Н63 Основы физической оптики для инженеров : учебное пособие / З. Г. Николава, А. М. Хорохоров. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. – 420 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-9729-2165-2

Излагается электромагнитная теория света, взаимодействие света с изотропной и анизотропной средой, фотометрия, законы теплового излучения, поляризация, интерференция и дифракция для когерентного и частично когерентного света, элементы квантовой оптики. Большинство разделов книги имеют компьютерное сопровождение, позволяющее глубже усвоить материал пособия. В приложениях и задачах рассмотрены вопросы практического применения теории.

Для студентов, аспирантов и преподавателей технических университетов, а также для специалистов, работающих в области оптики и ее приложений.

УДК 621.383
ББК 32.854

ISBN 978-5-9729-2165-2

© Николава З. Г., Хорохоров А. М., 2025
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2025
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
Введение	8
Глава 1. Основы электромагнитной теории света	14
1.1. Система уравнений Максвелла	14
1.2. Вывод дифференциальных уравнений для скалярного и векторного потенциалов электромагнитного поля	16
1.3. Решение дифференциальных уравнений для скалярного и векторного потенциалов	18
1.4. Закон сохранения энергии в электромагнитном поле	21
1.5. Электромагнитное поле в волновой зоне (вдали от излучателя)	23
1.6. Реакция излучения. Ширина спектральной линии	28
1.7. Задачи и примеры	36
Вопросы для самоконтроля	42
Глава 2. Поляризация света	43
2.1. Векторные электромагнитные волны	43
2.2. Гармонические электромагнитные волны	46
2.3. Вектор Джонса	47
2.4. Определение параметров эллипса поляризации	52
2.5. Параметры Стокса. Сфера Пуанкаре	55
2.6. Матрицы Джонса поляризационных элементов	56
2.7. Задачи и примеры	62
2.8. Компьютерное сопровождение главы	65
Вопросы для самоконтроля	67
Глава 3. Прохождение света через границу раздела изотропных сред	69
3.1. Уравнения Френеля	69
3.2. Энергетические коэффициенты отражения и пропускания. Поляризация света при отражении и преломлении	79
3.3. Матричное описание пропускания и отражения	83
3.4. Падение света под углом, большим предельного	84
3.5. Металлооптика	90
3.6. Задачи и примеры	99
3.7. Компьютерное сопровождение главы	103
Вопросы для самоконтроля	106
Глава 4. Оптика анизотропных сред	107
4.1. Описание анизотропной среды	107
4.2. Структура плоской гармонической волны в кристалле	109
4.3. Уравнение Френеля	111
4.4. Лучевой и волновой эллипсоиды Френеля	115
4.5. Лучевая поверхность	118
4.6. Одноосные кристаллы	120
4.7. Двойное лучепреломление	122
4.8. Поляризационные элементы	124

4.9. Искусственная анизотропия.....	134
4.10. Жидкие кристаллы.....	137
4.11. Задачи и примеры.....	139
4.12. Компьютерное сопровождение главы.....	142
Вопросы для самоконтроля.....	144
Глава 5. Фотометрия. Законы теплового излучения.....	146
5.1. Фотометрия.....	146
5.2. Законы теплового излучения.....	165
5.3. Задачи и примеры.....	174
5.4. Компьютерное сопровождение главы.....	181
Вопросы для самоконтроля.....	181
Глава 6. Дисперсия света.....	183
6.1. Классическая осцилляторная модель среды.....	183
6.2. Дисперсия и поглощение света линейной изотропной среды.....	185
6.3. Дисперсия в области высоких частот.....	189
6.4. Дисперсия газов в области низких частот.....	190
6.5. Дисперсия бесцветных оптических стёкол.....	192
6.6. Распространение светового импульса в диспергирующей среде.....	193
6.7. Волновое число $k(\omega)$ в диспергирующей непроводящей среде.....	197
6.8. Среда с дисперсией первого порядка.....	198
6.9. Среда с дисперсией второго порядка. Дисперсия групповых скоростей.....	201
6.10. Дисперсионное распывание импульса.....	203
6.11. Задачи и примеры.....	204
6.12. Компьютерное сопровождение главы.....	209
Вопросы для самоконтроля.....	210
Глава 7. Дифракция света.....	211
7.1. Теория дифракции Френеля.....	211
7.2. Векторная диаграмма дифракции Френеля.....	217
7.3. Случай применения теории дифракции Френеля.....	218
7.4. Теория дифракции Кирхгофа.....	224
7.5. Дифракция Фраунгофера на амплитудных и фазовых транспарантах.....	235
7.6. Задачи и примеры.....	256
7.7. Компьютерное сопровождение главы.....	260
Вопросы для самоконтроля.....	262
Глава 8. Интерференция света.....	263
8.1. Двухлучевая интерференция.....	264
8.2. Стоячие волны.....	281
8.3. Деление амплитуды.....	285
8.4. Многолучевая интерференция.....	296
8.5. Задачи и примеры.....	306
8.6. Компьютерное сопровождение главы.....	312
Вопросы для самоконтроля.....	316

Глава 9. Интерференция и дифракция частично когерентного света	317
9.1. Пространственная и временная когерентность	317
9.2. Комплексное представление вещественных полихроматических полей	318
9.3. Пространственная и временная когерентность световых пучков	323
9.4. Временная когерентность	329
9.5. Пространственная когерентность	341
9.6. Задачи и примеры	350
9.7. Компьютерное сопровождение главы	357
Вопросы для самоконтроля	358
Глава 10. Квантовая теория излучения	359
10.1. Общие положения квантовой оптики	359
10.2. Квантовая теория излучения	363
10.3. Вероятностный метод анализа квантовых систем	369
10.4. Прохождение излучения через вещество	373
10.5. Структурные схемы лазера и лазерного усилителя	382
10.6. Задачи и примеры	383
Вопросы для самоконтроля	388
Приложение № 1. Основные формулы векторного анализа	389
Приложение № 2. Отрицательный показатель преломления. Метаматериалы	393
Приложение № 3. Дифракция света на диафрагмах с прямолинейными образующими	400
Приложение № 4. Дифракционные решетки в спектральных приборах	406
Приложение № 5. Оптическая левитация. Лазерный пинцет	412
Приложение № 6. Компьютерное сопровождение	417
Список литературы	419

Приложения к книге доступны для скачивания на сайте
издательства «Инфра-Инженерия» www.infra-e.ru.