

УДК 535
ББК 22.343
К 68

Короленко П.В.

Взаимодействие излучения с веществом – М.:

Изложен курс лекций, посвященный анализу процессов взаимодействия оптического излучения с веществом.

Для студентов и аспирантов, специализирующихся в области физической оптики и квантовой электроники.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДА АНАЛИЗА	6
1.1. Стационарное уравнение Шредингера. Энергетический спектр.....	6
1.2. Поведение микросистемы при нестационарном воздействии	7
ГЛАВА 2. КВАЗИКЛАССИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ДИПОЛЬНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ДВУХУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЕ	10
2.1. Резонансное приближение	10
2.2. Гамильтониан атома в поле излучения	11
2.3. Осцилляции заселенностей в резонансном поле.....	13
2.4. Поляризация среды при интенсивном взаимодействии.....	16
2.5. Импульсное воздействие.....	18
2.6. Когерентное затухание нугаций.....	19
2.7. Фотонное эхо	21
ГЛАВА 3. РЕЛАКСАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ	24
3.1. Формализм матрицы плотности. Продольная и поперечная релаксации.....	24
3.2. Уравнения для поляризации, заселенностей и поля при наличии релаксации.....	26
3.3. Другие способы учета релаксации. Оптическое уравнение Блоха	29
ГЛАВА 4. ВОСПРИИМЧИВОСТЬ ДВУХУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЫ	32
4.1. Поглощение и дисперсия	32
4.2. Однородное и неоднородное уширение	34
4.3. Эффекты насыщения	37
4.4. Солитоны.....	38
4.5. Насыщение усиления в системе вырожденных уровней	41
4.6. Нелинейная поляризация среды и нелинейные оптические явления.....	43
ГЛАВА 5. АНАЛИЗ КВАНТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В РАЗЛИЧНЫХ ПОРЯДКАХ ТЕОРИИ ВОЗМУЩЕНИЙ	46
5.1. Определение вероятности перехода методом последовательных приближений.....	46
5.2. Переходы в «размытые» состояния в первом порядке теории возмущений.....	47
5.3. Переходы через виртуальные состояния.....	49
ГЛАВА 6. ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ, КОГДА СРЕДА И ПОЛЕ КВАНТУЮТСЯ	51
6.1. Метод вторичного квантования.....	51
6.2. Гамильтониан электрона в поле квантованного излучения.....	54
6.3. Поглощение и испускание фотонов.....	55
6.4. Рассеяние света как двухфотонный процесс.....	58
6.5. Многофотонный резонанс	61

ГЛАВА 7. СВЕТОДИНАМИКА АТОМОВ	63
7.1. Сила светового давления	63
7.2. Ускорение и замедление атомов в световом поле.....	64
7.3. Светоиндуцированный дрейф в смеси атомов.....	65
ГЛАВА 8. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СВЕТОВЫХ ВОЛН СО СВОБОДНЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ	67
ГЛАВА 9. ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ С МЕТАЛЛАМИ И ПОЛУПРОВОДНИКАМИ	70
9.1. Элементы металлооптики.....	70
9.2. Поглощение света и передача энергии в полупроводниках.....	75
ГЛАВА 10. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ВЕЩЕСТВОМ СВЕРХСИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ	80
ПРИМЕЧАНИЯ	84
ЛИТЕРАТУРА	

Введение

Настоящее учебное пособие предназначено для студентов, аспирантов и стажеров, специализация которых предполагает подготовку в области оптики лазеров и взаимодействия лазерного излучения с веществом. Работа с ним требует предварительного знакомства с физической оптикой в рамках курса общей физики, а также определенных знаний по электродинамике и квантовой механике.

Весь материал первой части пособия посвящен физике воздействия поля световой волны на вещество. Содержащийся в ней материал объединен общностью подхода к описанию механизма взаимодействия электромагнитного поля и среды распространения. Используемый формализм опирается на аппарат волновой квантовой механики, позволяющий при помощи уравнения Шредингера оценить вероятность тех или иных оптических переходов в атомах или молекулах. При этом частицы вещества рассматриваются в качестве абстрактных квантовомеханических систем, состояния которых характеризуются набором волновых функций и энергетических уровней. Поскольку главной целью данного пособия является знакомство с основными методами анализа разнообразных оптических процессов в веществе, описание самих оптических явлений

сведено к минимуму. Обсуждаются только те из них (оптические нутации, фотонное эхо, комбинационное рассеяние и т.п.), которые непосредственно иллюстрируют рассматриваемые фундаментальные закономерности. Предполагается, что со многими другими оптическими явлениями студенты познакомятся во второй части курса в контексте их использования для совершенствования лазерных систем и лазерных технологий.

Для облегчения читателю работы с литературой, углубления знаний и знакомства со смежными вопросами каждая глава имеет ссылки на монографии и учебные руководства, с использованием материала которых она написана. При этом по возможности сохранены обозначения и символы, используемые в источниках. Таким образом, настоящее пособие можно рассматривать и как введение к большой и многообразной литературе по проблеме взаимодействия оптического излучения с веществом.