

# РЕЗОНАНСНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СВЕТА С ВЕЩЕСТВОМ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ  
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
МОСКВА 1977

А В Т О Р Ы:

В. С. БУТЫЛКИН, А. Е. КАПЛАН,  
Ю. Г. ХРОНОПУЛО, Е. И. ЯКУБОВИЧ

**Резонансные взаимодействия света с веществом.**  
В. С. Бутылкин, А. Е. Каплан, Ю. Г. Хронопуло, Е. И. Якубович. Монография. Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1977 г.

В книге рассматриваются резонансные взаимодействия вещества с сильными световыми полями, при которых становятся существенными нелинейные процессы. Развита единый подход к описанию одно- и многофотонных, а также параметрических резонансных взаимодействий, основанный на введении понятия обобщенной двухуровневой системы. Значительное внимание уделяется свойствам восприимчивости, связанным с разбросом микропараметров молекул. Исследуются закономерности поведения и структура полей, участвующих в резонансных взаимодействиях. Специальные главы посвящены явлениям самовоздействия света и параметрического преобразования частот в резонансных средах. Отдельная глава посвящена изучению реакции двухуровневой системы на воздействие сильных и существенно нестационарных во времени полей.

Табл. 3, рис. 67, библи. 305 назв.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Ст авторов . . . . .	9
Предисловие . . . . .	10
<b>Глава I. Резонансные многофотонные взаимодействия и обобщенная двухуровневая система . . . . .</b>	<b>11</b>
§ 1. Матрица плотности и средние значения физических величин . . . . .	14
§ 2. Укороченные уравнения для матрицы плотности . . . . .	18
2.1. Двухуровневая модель и первое приближение метода усреднения . . . . .	19
2.2. Резонансы второго порядка. Пример одновременного выполнения двух резонансных условий . . . . .	22
2.3. Гамильтониан усредненного движения . . . . .	26
2.4. Укороченные уравнения для резонансов произвольных порядков с участием многих уровней . . . . .	28
§ 3. Поляризация вещества и обобщенный дипольный момент . . . . .	33
§ 4. Обобщенная двухуровневая система . . . . .	37
<b>Глава II. Отклик молекулы на резонансные воздействия квазимонохроматических полей . . . . .</b>	<b>40</b>
§ 1. Изменение населенностей обобщенной двухуровневой системы под действием квазимонохроматических полей . . . . .	40
1.1. Насыщение населенностей резонансных уровней. Влияние сдвига уровней под действием света на эффект насыщения . . . . .	41
1.2. Уравнения баланса. Интерференция амплитуд вероятностей переходов при резонансных параметрических взаимодействиях . . . . .	47
§ 2. Восприимчивость при некогерентных многофотонных процессах . . . . .	50
2.1. Выражения для восприимчивости . . . . .	50
2.2. Поведение мнимой части восприимчивости в зависимости от полей. Энергия, поглощаемая веществом . . . . .	52

2.3. Действительная часть восприимчивости при однофотонном резонансе . . . . .	56
2.4. Действительная часть восприимчивости при двухфотонном поглощении (ДФП) и вынужденном комбинационном рассеянии (ВКР) . . . . .	63
2.5. Действительная часть восприимчивости, образующейся под действием световых импульсов . . . . .	67
§ 3. О спектроскопии поляризуемостей возбужденных состояний	71
§ 4. Восприимчивость молекулы при резонансных параметрических взаимодействиях . . . . .	77
<b>Глава III. Динамика квантовых систем при резонансных взаимодействиях с сильными нестационарными полями</b>	
§ 1. Уравнение движения и его свойства . . . . .	81
1.1. Особенности релаксации системы в сильном квазирезонансном поле . . . . .	81
1.2. Уравнение движения населенностей . . . . .	86
§ 2. Амплитудная модуляция при точном частотном резонансе, $\nu \equiv 0$ (точные решения) . . . . .	89
2.1. Случай равных времен релаксации ( $T = \tau$ ) . . . . .	90
2.2. Случай несовпадающих времен релаксации ( $T \neq \tau$ ) . . . . .	97
§ 3. Амплитудно-частотная модуляция поля (точные решения) . . . . .	106
3.1. Случай равных времен релаксации ( $T = \tau$ ) . . . . .	107
3.2. Случай неодинаковых времен релаксации ( $T \neq \tau$ ) . . . . .	110
§ 4. Приближенные решения в различных предельных случаях	118
§ 5. Релаксация в стационарном поле . . . . .	123
§ 6. Динамика поляризации в нестационарном поле . . . . .	125
<b>Глава IV. Свойства поляризации резонансных сред</b>	
§ 1. Нелинейная поляризация газообразных сред . . . . .	128
1.1. Вероятность вынужденных многоквантовых переходов и поляризация свободно ориентирующихся систем . . . . .	128
1.2. Локальная когерентность параметрического взаимодействия . . . . .	131
1.3. Влияние эффекта Доплера на форму линии поглощения при многофотонных взаимодействиях . . . . .	134
§ 2. Дисперсионные свойства резонансной восприимчивости сред с одинаково ориентированными частицами . . . . .	135
§ 3. Уравнение для нелинейной восприимчивости при однофотонном резонансе . . . . .	140
§ 4. Свойства пространственных гармоник восприимчивости . . . . .	143
4.1. Соотношения между прямой и смешанной восприимчивостями . . . . .	144
4.2. Связь между восприимчивостями $\chi$ , $a$ и $b$ . . . . .	145
4.3. Потенциальные функции для восприимчивостей . . . . .	147

Глава V. Структура одномерных волн при однофотонном резонансе . . . . .	150
§ 1. Законы сохранения для одномерных волн в резонансных средах . . . . .	150
§ 2. Стационарные колебания в слое идентичных молекул без распределенных потерь . . . . .	154
§ 3. Стационарные колебания в слое идентичных молекул при наличии распределенных потерь . . . . .	159
§ 4. Эффект вращения плоскостей поляризации встречных волн в изотропной нелинейной среде . . . . .	166
Глава VI. Трехфотонные резонансные параметрические процессы . . . . .	172
§ 1. Уравнения для полей и основные предположения . . . . .	173
§ 2. Сложение и удвоение частот при совпадении частоты перехода в веществе с суммарной частотой или частотой гармоники . . . . .	176
2.1. Сложение и удвоение частот в среде из одинаково ориентированных молекул . . . . .	177
2.2. О резонансном удвоении частоты в парах и газах . . . . .	185
§ 3. Генерация второй гармоники резонансной накачки . . . . .	192
§ 4. Резонансное деление частоты . . . . .	197
§ 5. Генерация разностной частоты при вынужденном комбинационном рассеянии . . . . .	202
5.1. Генерация резонансного излучения при ВКР в среде из одинаково ориентированных молекул . . . . .	203
5.2. Генерация разностной частоты при ВКР в газах . . . . .	210
Глава VII. Четырехфотонные резонансные параметрические взаимодействия . . . . .	225
§ 1. Антистоксово вынужденное комбинационное рассеяние . . . . .	230
1.1. Особенности АВКР . . . . .	230
1.2. Исходные уравнения . . . . .	231
1.3. Пространственное распределение антистоксовой компоненты . . . . .	233
1.4. Энергетические характеристики АВКР . . . . .	236
1.5. Экспериментальное исследование энергетических характеристик . . . . .	240
§ 2. Влияние четырехфотонных РПВ на динамику стоксовых компонент ВКР . . . . .	244
2.1. Генерация стоксовых компонент ВКР при бигармонической накачке . . . . .	245
2.2. Влияние ДФП сильной накачки на ВКР слабой накачки . . . . .	256
2.3. Обсуждение экспериментальных результатов . . . . .	259

§ 3. Преобразование частоты излучения в четырехфотонных РПВ на основе ДФП и ВКР накачки . . . . .	265
3.1. Вводные замечания. Исходные уравнения . . . . .	265
3.2. Генерация разностной частоты при ДФП . . . . .	268
3.3. Генерация суммарной частоты при ДФП . . . . .	271
3.4. О влиянии волновой расстройке . . . . .	274
3.5. Длина преобразования и влияние насыщения населенностей . . . . .	277
3.6. Четырехфотонные РПВ на основе ВКР накачки . . . . .	281
3.7. Генерация разностной частоты при ВКР . . . . .	283
3.8. Генерация суммарной частоты при ВКР . . . . .	284
3.9. Обсуждение результатов . . . . .	286
§ 4. О мягком возбуждении вынужденного двухфотонного излучения . . . . .	288
<b>Глава VIII. Самовоздействие пучков света, обусловленное резонансным взаимодействием со средой . . . . .</b>	
§ 1. Особенности и пороговые характеристики самофокусировки в поглощающей среде . . . . .	297
1.1. Уравнение для радиуса пучка . . . . .	299
1.2. Порог при слабом затухании . . . . .	301
1.3. Порог при сильном и промежуточном затухании . . . . .	305
§ 2. «Слабая» самофокусировка и самодефокусировка гауссовского пучка в поглощающей среде . . . . .	308
§ 3. Эффект самоискривления траекторий асимметричных пучков света в нелинейных средах . . . . .	312
§ 4. Условия существования самовоздействия, вызванного резонансным поглощением . . . . .	317
§ 5. Самовоздействие света, обусловленное вынужденным комбинационным рассеянием . . . . .	324
5.1. Формирование тонкой линзы в области ВКР-преобразования . . . . .	325
5.2. Порог ВКР-самофокусировки и самоотклонения . . . . .	327
§ 6. Гистерезисное отражение и преломление света на нелинейной границе . . . . .	331
Литература . . . . .	343