

С. КЕЛИХ

МОЛЕКУЛЯРНАЯ
НЕЛИНЕЙНАЯ
ОПТИКА

Перевод с польского
А. И. МАСЛОВА

Под редакцией
И. Л. ФАБЕЛИНСКОГО



МОСКВА «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1981

22.84
К 34
УДК 535

Stanislaw Kielich

MOLEKULARNA
OPTYKA
NIELINIOWA

WARSZAWA – POZNAN
1977

К е ли х С. Молекулярная нелинейная оптика: Пер.
спольск./Под ред. И. Л. Фабелинского.— М.: Наука,
Главная редакция физико-математической литерату-
ры, 1981.

Это пока единственная в мировой литературе книга по молекулярной нелинейной оптике, соединяющая в себе монографию и учебное пособие.

В первых трех главах излагаются основы традиционной линейной оптики, необходимые для понимания изложенных в последующих шести главах вопросов нелинейной молекулярной оптики. Детально рассмотрены генерация второй и высших гармоник света и смещение частот, различные типы нелинейного и вынужденного рассеяний, нелинейная оптическая активность и двойное лучепреломление, эффекты насыщения ориентации молекул в сильных электромагнитных полях и многие другие вопросы.

В приложениях содержатся основы векторного и тензорного анализа и статистической механики, делающие книгу доступной для читателей с различной подготовкой.

Рис. 108, табл. 45, библ. 2774 назв.

К 20405—009
053(02)-81 109-80. 1704050000

© Издательство «Наука»
Главная редакция физико-математической
литературы, 1981.
Перевод на русский язык

ОГЛАВЛЕНИЕ

От редактора русского перевода	9
Предисловие автора к русскому изданию	12
Г л а в а I. Электрические свойства микросистем	15
§ 1. Электрические мультиполи	15
1.1. Электрический монополь (16). 1.2. Электрический диполь (16).	
1.3. Электрический квадруполь (17). 1.4. Электрический октуполь (17). 1.5. Электрический гексадекаполь (18). 1.6. Электрические 2^n -поли (18).	
§ 2. Потенциал системы электрических зарядов	18
§ 3. Электрическое поле системы зарядов	21
§ 4. Потенциальная энергия системы зарядов во внешнем электрическом поле	22
§ 5. Потенциальная энергия взаимодействия двух систем электрических зарядов	22
5.1. Ион — ион (24). 5.2. Ион — диполь (24). 5.3. Диполь — диполь (25). 5.4. Ион — квадруполь (25). 5.5. Диполь — квадруполь (26). 5.6. Квадруполь — квадруполь (26).	
§ 6. Наведенные электрические свойства систем	27
6.1. Наведенная анизотропия в атомах (28). 6.2. Линейная электрическая анизотропия (29). 6.3. Нелинейная анизотропия молекул с центром симметрии (30). 6.4. Молекулы тетраэдрической симметрии (31). 6.5. Дипольные осесимметричные молекулы (31).	
§ 7. Потенциальная энергия индуцированного взаимодействия	31
7.1. Взаимодействие заряд — наведенный диполь (33). 7.2. Взаимодействие постоянный диполь — наведенный диполь (33). 7.3. Взаимодействие постоянный квадруполь — наведенный диполь (33). 7.4. Взаимодействие заряд — постоянный диполь — наведенный диполь (33). 7.5. Взаимодействие заряд — квадруполь — наведенный диполь (34). 7.6. Взаимодействие диполь — квадруполь — наведенный диполь (34).	
§ 8. Потенциальная энергия дисперсионного взаимодействия	34
§ 9. Среднее значение потенциальной энергии взаимодействия	35
§ 10. Электрические мультиполи и структура молекул	37
§ 11. Вычисление анизотропий молекулярной поляризуемости	51
Г л а в а II. Статистические и электромагнитные свойства материи	55
§ 1. Метод вириальных коэффициентов	55
§ 2. Функция статистического распределения молекул в постоянном и переменном электрических полях	59
§ 3. Электромагнитное поле в веществе	65
3.1. Уравнения Максвелла (65). 3.2. Электрическая и магнитная поляризация (66). 3.3. Законы сохранения в электромагнитном	

ОГЛАВЛЕНИЕ

поле (69). 3.4. Электромагнитные волны (70). 3.5. Функция Гамильтона (71).	
§ 4. Внутренние поля в диэлектрике	73
4.1. Среднее макроскопическое поле в диэлектрическом шаре (73). 4.2. Диэлектрический эллипсоид в электрическом поле (73). 4.3. Локальное поле Лоренца (74). 4.4. Локальное поле Онзагера (76). 4.5. Поле Бейса (77). 4.6. Молекулярные поля в диэлектрике (78). 4.7. Классические методы вычисления поляризации (80).	
§ 5. Теория возмущений для квантовых переходов	82
5.1. Гармоническое возмущение (84). 5.2. Полигармоническое возмущение (85). 5.3. Среднее значение оператора перехода (86). 5.4. Время жизни возбужденных уровней (88).	
Г л а в а III. Оптическая рефракция и молекулярное рассеяние света . . .	90
§ 1. Дисперсия молекулярной рефракции	90
1.1. Электронная теория Лоренца (91). 1.2. Положительная электронная дисперсия (93). 1.3. Квантовая теория электронной поляризуемости (95). 1.4. Положительная и отрицательная дисперсия (98). 1.5. Фазовый сдвиг и дипольная дисперсия (101).	
§ 2. Молекулярная рефракция жидкостей и сжатых газов	105
2.1. Модель локального поля (105). 2.2. Статистические трансляционные флюктуации (108). 2.3. Смеси жидкостей и газов (113).	
§ 3. Виды рассеяния света	115
3.1. Рассеяние Релея (115). 3.2. Комбинационное рассеяние света (116). 3.3. Поля электромагнитного излучения (117). 3.4. Симметричное и антисимметричное рассеяние света в газе (121).	
§ 4. Молекулярно-статистические основы теории рассеяния света в изотропной среде	123
4.1. Электрическое поле рассеянного света (124). 4.2. Интенсивность рассеянного света (125). 4.3. Характеристики симметричного рассеяния для молекул с постоянной поляризуемостью (127).	
§ 5. Степень деполяризации и постоянная Релея	133
5.1. Степень деполяризации (135). 5.2. Постоянная рассеяния Релея (136). 5.3. Коэффициент экстинкции (138). 5.4. Значения S_R и h для конкретных случаев (139). 5.5. Соотношение между величинами D , S_R и h (140).	
§ 6. Анизотропное рассеяние света на флюктуациях молекулярных полей	142
6.1. Трансляционные флюктуации (143). 6.2. Трансляционно-ориентационные флюктуации (145). 6.3. Роль размеров и формы молекул (146). 6.4. Определение угловых корреляций (147).	
§ 7. Исследование структуры линий в спектре рассеянного света . . .	152
7.1. Рассеяние Мандельштама — Бриллюэна в жидкостях (152). 7.2. Дублет в деполяризованном спектре рассеяния (155). 7.3. Неупругое трансляционное рассеяние в простых газах и жидкостях (158). 7.4. Молекулярно-статистическая теория спектра рассеянного света (161).	
Г л а в а IV. Феноменологическое описание нелинейных оптических явлений	168
§ 1. Линейная и нелинейная поляризация вещества	168
§ 2. Линейные оптические явления	170
2.1. Естественное оптическое двойное лучепреломление (172). 2.2. Естественная оптическая активность (175).	

§ 3. Нелинейные оптические явления второго порядка	181
3.1. Генерация второй гармоники света (185). 3.2. Эффект Покельса и оптическое выпрямление (188). 3.3. Магнитооптические явления (189). 3.4. Вторая гармоника в отраженном свете (193).	
3.5. Смешение частот лазерных излучений (193).	
§ 4. Нелинейные оптические явления третьего порядка	197
4.1. Генерация третьей гармоники света (198). 4.2. Смешение частот трех лазерных волн (201). 4.3. Генерация второй гармоники в присутствии постоянного электрического поля (204).	
4.4. Двойное лучепреломление, индуцированное интенсивной световой волной (206). 4.5. Самоиндцированная оптическая анизотропия (209). 4.6. Эффекты Керра и Коттона — Мутона (210).	
§ 5. Нелинейные оптические явления высших порядков	212
5.1. Генерация высших оптических гармоник (213). 5.2. Нелинейные магнитооптические явления (215).	
§ 6. Нелинейные оптические восприимчивости тел	217
§ 7. Достижения и значение нелинейной оптики	224
Г л а в а V. Нелинейное рассеяние лазерного излучения	229
§ 1. Виды нелинейных рассеяний света	229
1.1. Вынужденное комбинационное рассеяние (230). 1.2. Вынужденное рассеяние Мандельштама — Бриллюэна (235). 1.3. Вынужденное рассеяние Релея (237).	
§ 2. Рассеяние света в присутствии слабого электрического поля	239
2.1. Нелинейное рассеяние в стационарном случае (243). 2.2. Нелинейное рассеяние в нестационарном случае (246).	
§ 3. Рассеяние света в случае оптического насыщения	248
3.1. Нелинейные изменения рассеяния света, вызванные мощным лазерным излучением (249). 3.2. Самоиндцированное нелинейное рассеяние когерентного света (256).	
§ 4. Слабая и сильная оптические ориентации	257
4.1. Слабая ориентация (257). 4.2. Полное упорядочение молекул (258).	
§ 5. Связь между изменениями вертикальных составляющих и оптическим двойным лучепреломлением	260
§ 6. Возможности экспериментальных исследований	263
6.1. Возможности изучения молекулярных и макромолекулярных сред (263). 6.2. Выводы (265).	
Г л а в а VI. Удвоение частоты лазерного излучения изотропными телами, помещенными в постоянное электрическое поле	271
§ 1. Феноменологическая теория для случая слабого электрического поля	271
1.1. Введение (271). 1.2. Линейные макроскопические соотношения симметрии (273).	
§ 2. Молекулярно-статистическая теория для газов в слабом электрическом поле	277
§ 3. Полумакроскопическая теория для случая слабого электрического поля	281
3.1. Дипольные вещества (284). 3.2. Недипольные жидкости (286).	
§ 4. Удвоение частоты света при наличии электрического насыщения	288
4.1. Дипольные вещества (289). 4.2. Деформационно-ориентационный эффект (296). 4.3. Недипольные вещества (297).	
4.4. Оптическая ориентация молекул (299).	

ОГЛАВЛЕНИЕ

§ 5. Применение теории к молекулярным и макромолекулярным веществам	301
5.1. Соотношения макроскопической и микроскопической симметрии (301). 5.2. Разреженные молекулярные вещества (305).	
5.3. Роль молекулярных корреляций (307). 5.4. Растворы макромолекул (309). 5.5. Выводы (311).	
Глава VII. Нелинейные изменения оптических свойств изотропных тел, вызванные сильным полем световой волны	316
§ 1. Вынужденное оптическое двойное лучепреломление	316
§ 2. Молекулярная теория эффекта Керра	322
2.1. Определение постоянных Керра (322). 2.2. Молекулярная теория для жидкостей и газов (324). 2.3. Эффект Керра в переменном электрическом поле (325). 2.4. Угловые корреляции (327).	
§ 3. Электронная теория оптического двойного лучепреломления	330
3.1. Атомарные газы (330). 3.2. Молекулярные газы (333).	
3.3. Оптическое двойное лучепреломление, вызванное нелинейной поляризируемостью молекул (336).	
§ 4. Полумакроскопическая теория оптического двойного лучепреломления	340
4.1. Нелинейные изменения тензора диэлектрической проницаемости (340). 4.2. Абсолютное запаздывание и оптическое двойное лучепреломление (343).	
§ 5. Роль молекулярно-статистических флуктуаций	345
5.1. Флуктуации плотности (347). 5.2. Трансляционные флуктуации (348). 5.3. Эффективная оптическая анизотропия (349).	
5.4. Угловые молекулярные корреляции (350). 5.5. Трансляционно-ориентационные флуктуации (351). 5.6. Флуктуации молекулярных полей (353).	
§ 6. Электроstriction и электрокалорический эффект	355
6.1. Электроstriction диэлектрического шара (356). 6.2. Электроstriction диэлектрического эллипсоида (360). 6.3. Электрокалорический эффект (361).	
§ 7. Нелинейная оптическая активность	363
7.1. Естественная оптическая активность (363). 7.2. Влияние сильного поля на оптическую активность газа (365). 7.3. Полумакроскопическая теория (367). 7.4. Молекулярно-статистическая теория (369).	
§ 8. Насыщение оптической ориентации молекул	371
8.1. Функция распределения в случае сильной ориентации молекул (372). 8.2. Насыщение изменений показателя преломления (373). 8.3. Насыщение индуцированной оптической анизотропии (376). 8.4. Насыщение оптической активности (378).	
§ 9. Применение теории и сравнение ее с экспериментом	379
9.1. Связь между нелинейным показателем преломления света и молекулярным рассеянием света (380). 9.2. Вычисление нелинейного показателя преломления света для простых жидкостей (384). 9.3. Расчеты молекулярной постоянной оптического двойного лучепреломления (385). 9.4. Определение нелинейных поляризуемостей атомов и молекул (388). 9.5. Перспективы дальнейшего исследования оптически индуцированной анизотропии (390). 9.6. Выводы (394).	
§ 10. Самофокусировка и самоканализация лазерного излучения	397
Глава VIII. Упругие и неупругие многофотонные рассеяния	403
§ 1. Виды рассеяния лазерного излучения	403
1.1. Трехфотонные рассеяния (404). 1.2. Кооперативное рассеяние света во вторую гармонику (407). 1.3. Многофотонные	

ОГЛАВЛЕНИЕ

7

рассеяния (408). 1.4. Рассеяния фотонов на фотонах и фотонов на электронах (409). 1.5. Преимущества и ограничения применения лазерного излучения (409).
§ 2. Многофотонное рассеяние в газах	
2.1. Рассеяние света в третью гармонику на атомах (411). 2.2. Рассеяние света во вторую гармонику на простых молекулах (412). 2.3. Тензор интенсивности для рассеяния на молекулах низкой симметрии (417). 2.4. Изотропное и анизотропное рассеяние во вторую гармонику (418).	
§ 3. Гиперкомбинационное рассеяние	
3.1. Развитие теории Крамерса — Гейзенберга (420). 3.2. Рассеяние, вызванное колебаниями ядер в молекуле (424). 3.3. Спектроскопия гиперкомбинационного рассеяния (429).	
§ 4. Трехфотонное упругое рассеяние в плотных средах	
4.1. Полумакроскопическая теория рассеяния во вторую гармонику (434). 4.2. Роль радиальных и угловых молекулярных корреляций (436).	
§ 5. Кооперативное рассеяние во вторую гармонику	
5.1. Роль флуктуаций молекулярных полей (440). 5.2. Изотропное кооперативное рассеяние (442). 5.3. Анизотропное кооперативное рассеяние (444). 5.4. Экспериментальные исследования рассеяния во вторую гармонику (446).	
§ 6. Влияние оптической ориентации молекул на рассеяние света во вторую гармонику	
6.1. Слабая оптическая ориентация молекул (449). 6.2. Сильная оптическая ориентация молекул (451).	
§ 7. Уширение спектральных линий при многофотонных упругих рассеяниях света, вызванное молекулярными движениями	
7.1. Некогерентное рассеяние осесимметричными молекулами (456). 7.2. Некогерентное рассеяние молекулами произвольной симметрии (459). 7.3. Когерентное рассеяние во вторую гармонику (467).	
§ 8. Структура спектра неупругих многофотонных рассеяний	
8.1. Теория вращательных линий, а также колебательно-вращательных полос в спектрах гиперкомбинационного рассеяния (472). 8.2. Уширение спектров гиперкомбинационного рассеяния, вызванное поворотными движениями молекул (481).	
§ 9. Значение спектроскопии многофотонного рассеяния	
.	
Г л а в а IX. Статистические характеристики оптических явлений	
.	
§ 1. Введение	
§ 2. Когерентные свойства поля излучения	
2.1. Классическое понятие когерентности (495). 2.2. Функции и тензоры корреляции поля и когерентность высших порядков (500). 2.3. Примеры статистических состояний поля излучения (504). 2.4. Корреляция и антикорреляция фотонов (507). 2.5. Статистика счета фотоэлектронов (509).	
§ 3. Статистические свойства рассеянного света	
3.1. Спектроскопия оптического смещения (512). 3.2. Рассеяние света на макромолекулах и броуновских частицах (517). 3.3. Рассеяние света на флуктуациях ориентации частиц (521). 3.4. Рассеяние света на флуктуациях числа частиц (526). 3.5. Влияние взаимодействия частиц на функции корреляции полей и интенсивностей рассеянного света (530).	
§ 4. Статистические характеристики нелинейных оптических процессов	
.	

4.1. Квантовое уравнение движения (533). 4.2. Процессы генерации гармоник света (535). 4.3. Спонтанное и вынужденное комбинационное рассеяние (539). 4.4. Гиперкомбинационное рассеяние (543). 4.5. Многофотонные поглощение и ионизация (545). 4.6. Параметрическое взаимодействие волн (550). 4.7. Самоиндцированные изменения показателя преломления (552).	
§ 5. Заключение	554
Приложение 1. Элементы векторного и тензорного исчисления	557
§ 1. Системы отсчета	557
§ 2. Ортогональные преобразования	559
§ 3. Векторное исчисление	561
§ 4. Тензоры в прямоугольной системе координат	570
§ 5. Векторный и тензорный анализ	580
Приложение 2. Элементы классической статистической механики	588
§ 1. Распределение Максвелла — Больцмана	589
§ 2. Каноническое распределение Гиббса	590
§ 3. Статистическое усреднение	594
§ 4. Статистическая теория возмущений	595
§ 5. Изотропное усреднение	598
§ 6. Функции корреляций для молекул	606
§ 7. Статистические флуктуации	609
Литература	611
К главе I (611). К главе II (613). К главе III (615). К главе IV (622).	
К главе V (630). К главе VI (639). К главе VII (644). К главе VIII (652). К главе IX (660).	

ОТ РЕДАКТОРА РУССКОГО ПЕРЕВОДА

За последние полтора десятилетия опубликовано несколько книг по нелинейной оптике и ее приложениям, но книги, подобной «Молекулярной нелинейной оптике» профессора Станислава Келиха, в мировой литературе нет.

Предлагаемая теперь читателю книга С. Келиха в русском переводе складывалась постепенно и была написана не сразу. О том как создавалась эта книга ее автор сам подробно рассказывает в предисловии к настоящему изданию.

Профессор С. Келих — известный физик-теоретик, много и плодотворно работающий в области молекулярной физики и молекулярной оптики. Он сам и его ученики и сотрудники, главным образом в физическом институте университета им. Адама Мицкевича в г. Познани (Польша), внесли весомый вклад в развитие различных теоретических вопросов нелинейной оптики.

В «Молекулярной нелинейной оптике» излагаются с единой точки зрения основные достижения автора и его сотрудников, а также результаты, полученные в других институтах в разных странах мира. Эта книга, вышедшая в польском издательстве *PWN* в 1977 г., подверглась исправлениям и дополнениям; в особенности нужно отметить, что гл. IX автор написал специально для русского издания. Она посвящена статистической оптике и заметно расширяет рамки изучаемых вопросов.

Желание сделать книгу возможно более удобной для пользования читателями с различным уровнем математической и физической подготовки побудило автора две главы посвятить основам векторного и тензорного анализа и статистической механике. После обсуждения с автором книги мы решили, что две первые главы польского оригинала целесообразно в русском издании перенести в приложения как материал, имеющий справочный характер.

Сотрудничество проф. С. Келиха при подготовке перевода его книги к изданию было очень существенным. Он не только сделал уже упомянутые исправления и многочисленные обширные добавления, тщательно прочел верстку русского перевода и сделал исправления, но и снабдил книгу дополнительной библиографией, которая не успела попасть в польское издание. Теперь в книге содержатся около 3000 литературных ссылок, что

разумеется с благодарностью будет принято всеми читателями и в особенности специалистами и, конечно, сделает книгу ценной и с этой стороны.

Прежде чем автор переходит к предмету нелинейной молекулярной оптики, он посвящает три первые главы основам молекулярной оптики, которую можно назвать линейной или традиционной. Здесь сейчас же возникает естественный вопрос, что считать линейной, а что нелинейной оптикой или, что считать линейными оптическими явлениями, которые составляют предмет линейной оптики, а что нелинейными оптическими явлениями, которые составляют предмет нелинейной оптики.

В литературе пока нет единого общепринятого определения, но те определения, которыми пользуются разные физики, можно грубо говоря, свести к следующим двум.

1. Нелинейные оптические явления — это такие явления, которые вызваны светом настолько большой интенсивности, что он меняет характер внутреннего движения среды. В этом определении речь идет о влиянии на материальную среду электрического и магнитного полей только интенсивной световой волны. С появлением лазерных источников интенсивного света молекулярная и физическая оптика пополнились большим количеством новых оптических явлений, что, вероятно, и привело некоторых авторов к приведенному выше определению нелинейных оптических явлений и нелинейной оптики.

По сформулированному выше определению явление Керра, например, открытое в 1875 г., не относится к нелинейным явлениям, а следовательно, к нелинейной оптике. Между тем то же физическое явление, вызванное электрическим полем интенсивной световой волны, открытое в 1964 г., нужно отнести к нелинейным оптическим явлениям и, следовательно, к нелинейной оптике.

2. Другое определение опирается на общие законы электродинамики и, грубо говоря, может быть сформулировано следующим образом:

Нелинейные оптические явления — это такие явления, в которых заряды и токи (включая токи смещения) зависят от электрических и магнитных полей в степени выше первой (точнее, в степени, отличной от первой).

При таком определении охватывается более широкий круг явлений независимо от частоты и величины электрических и магнитных полей, их вызвавших. При этом последнем определении к нелинейным оптическим явлениям относятся явление Керра, явление Фарадея, явление Коттона — Мутона и многие другие.

Разумеется, определение не может быть правильным или неправильным — на то оно и определение. Но одно определение может быть разумнее или предпочтительнее другого,

Нам представляется, что это второе определение, опирающееся на общие законы электродинамики, предпочтительнее первого. Оно охватывает все оптические явления, нелинейные по полю, открытые и до, и после появления лазерных источников света.

В данной книге излагаются и феноменологические, и микроскопические теории явлений, причем автор всегда, где это возможно, старается развить микроскопическую теорию явления, даже если этот путь встречает большие математические трудности. С. Келих представил здесь много сложных, часто громоздких, а иногда даже утомительных, но нужных и полезных расчетов, и несомненно этими результатами воспользуется благодарный читатель для родственных или даже для совсем других задач. Приятно отметить, что в приведенных здесь расчетах С. Келих всегда, когда это возможно, доводит свой расчет до чисел и разбирает конкретный пример или так формулирует результат, чтобы им мог воспользоваться экспериментатор для анализа опытных данных.

В книге много таблиц, содержащих численные характеристики среды в целом или отдельных молекул и другие различные данные. Изредка даются схемы экспериментов, в которых получены результаты принципиального значения. Обсуждаются многочисленные проблемы нелинейной оптики, например, такие как генерация гармоник света, различные виды вынужденных и нелинейных молекулярных рассеяний света, комбинационного и гиперкомбинационного рассеяния света, фазовой модуляции, явления Керра, вынужденной гиротропии, самофокусировки и другие явления.

Последняя глава отведена принципиальным вопросам статистики фотонов различного происхождения, занявшим теперь заметное место в молекулярной оптике.

Возможно, что некоторые читатели посетуют на слишком подробный анализ в том или ином месте, но несомненно, читатели, начинающие свой профессиональный путь, именно за такое пристальное рассмотрение будут благодарны автору.

По характеру изложения, объему и разнообразию материала, настоящая книга может рассматриваться в большей степени как монография, но она, безусловно, будет полезна и как учебное пособие. Книга Келиха несомненно будет нужна научным работникам, а также тем, кто учится и учит. При переводе не заменены теперь привычные, но жаргонные выражения, такие как «анизотропное рассеяние» (рассеяние вследствие флуктуаций анизотропий), «скалярное рассеяние» (рассеяние вследствие флуктуаций плотности, энтропии, концентрации) и некоторые другие.

Октябрь 1979 г.

И. Л. Фабелинский

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Молекулярная и квантовая оптика всегда была и остается теперь предметом исследования многих выдающихся советских ученых.

Появление моей книги у советского читателя — большая честь для меня. Русское издание книги доставляет мне большую радость и мне приятно выразить дружескую признательность профессору И. Л. Фабелинскому за его инициативу перевода книги и за его труд редактирования, доктору А. И. Маслову за тщательный перевод книги.

Начиная с 1958 г., я читаю лекции по молекулярной оптике в Университете им. А. Мицкевича в г. Познани (Польша) для студентов-физиков старших курсов. При подготовке лекций я пользовался такими превосходными книгами, как «Оптика» (1945 г.) (1937 г.) М. Борна, «Кинетическая теория жидкостей» (1951 г.) М. В. Волькенштейна и «Молекулярное рассеяние света» (1965 г.) И. Л. Фабелинского. По мере того, как развивалась молекулярная оптика и, в частности, нелинейная оптика объем материала лекций также возрастал, причем я обращал особое внимание на те вопросы, которые не могли войти в книги С. А. Ахманова и Р. В. Хохлова «Проблемы нелинейной оптики» (1964 г.) и Н. Бломбергена «Нелинейная оптика» (1966 г.).

Большая часть текста книги написана мной в 1970 и 1971 гг. во время моего пребывания в г. Бордо (Франция), где я читал лекции по молекулярной и квантовой оптике студентам Университета III цикла обучения.

Тексты этих моих лекций были переведены К. Флятау и изданы в виде препринтов как пособие для слушавших курс студентов.

Большая часть этих лекций появилась затем на польском языке в издании Университета им. А. Мицкевича (г. Познань 1972, 1973 гг.) в двух частях под названием «Основы нелинейной оптики». Это первое сокращенное издание было затем расширено и издано PWN (Государственное научное издательство) в Польше в 1977 г. под названием «Молекулярная нелинейная оптика».

Настоящее русское издание моей книги является расширенным и дополненным переводом последнего польского издания 1977 г. Самые значительные изменения сделаны в гл. VIII. Кроме того, я написал новую IX главу, охватывающую вопросы статистической оптики. Можно сказать, что эта глава является современным дополнением к книгам Дж. Р. Клаудера и Э. Сударшана «Основы квантовой оптики» (1970 г.), С. А. Ахманова и А. С. Чиркина «Статистические явления в нелинейной оптике» (1971 г.), Я. Перины «Когерентность света» (1974 г.).

По своему характеру книга больше напоминает монографию, хотя я старался написать ее так, чтобы она могла служить учебным пособием для студентов-физиков старших курсов, аспирантов и начинающих научных работников (физиков, химиков, биологов), интересующихся квантовой электроникой, а также молекулярной линейной и нелинейной оптикой.

Хотя в книге и применяется феноменологическое описание явлений, я старался делать упор на микроскопическое описание, позволяющее выявить не только электромагнитные свойства атомов и молекул, но и роль взаимных корреляций различных характеристик конденсированной среды.

При расчетах мы оперировали главным образом формализмом декартовых тензоров, но не избегали также формализма сферических тензоров, особенно эффективных для расчетов в многофotonной молекулярной спектроскопии.

Везде, где это возможно, проводится классическое рассмотрение, а квантово-механический анализ ситуации применяется только в тех случаях, где такое рассмотрение существенно необходимо (например, многофотонные переходы, антикорреляция фотонов и т. п.).

Здесь описываются не только новые оптические явления, которые наблюдаются на опыте и служат для получения разнообразных сведений о свойствах материи, но также предсказываются такие явления, которые пока не наблюдались экспериментально, но которые по мере совершенствования техники эксперимента смогут наблюдаться и станут новым источником информации о тонких свойствах атомов и молекул.

Хотя эта книга и охватывает обширный круг оптических вопросов и методов исследования, она не является исчерпывающей. Современный размах оптических исследований так велик, что заведомо многие существенные вопросы остались за рамками книги.

Я не хочу скрывать, что при отборе материала и методов исследования не избежал соблазна отдать предпочтение области и методам, над которыми работаю я сам и мои многочисленные сотрудники.

Каждая глава книги снабжена библиографией, более обширной, чем обычно принято, охватывающей пособия, монографии, а в особенности обзорные статьи и наиболее существенные оригинальные работы. Это сделано мной сознательно для того, чтобы уберечь начинающих исследователей от попыток «ломиться в открытую дверь» в столь стремительно развивающейся области, какой является молекулярная и статистическая оптика.

В заключение я хочу сердечно поблагодарить моих сотрудников: д-ра З. Ожго, д-ра Т. Банцевича, д-ра Р. Танася, магистра К. Кнаста, магистра П. Шляхетку за их ценную помощь при редактировании дополнений к русскому изданию.

Надеюсь, что моя книга будет благожелательно принята советскими читателями и я буду им очень благодарен за любые критические замечания и указания на ошибки, от которых она, вероятно, не свободна.

Познань, апрель 1979 г.

Станислав Келих