

НОВЫЕ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Photon Correlation Spectroscopy and Velocimetry / Ed. H. Z. Cummins, E. R. Pike.— N.Y.; Lnd.: Plenum Press, 1976.— 590 p.

Использование лазерных источников, свет которых отличается большой временной и пространственной когерентностью и качественно новый этап развития микроэлектроники позволили превратить метод оптического смешения, предложенный и осуществленный раньше, в новое мощное направление спектроскопии вообще и спектроскопии рассеянного света в особенности. Разрешающая сила нового спектроскопического метода превышает 10^{14} и является рекордной.

Метод цифрового накопления сигнала в одноканальных и многоканальных приемниках далеко отодвинул границу отношения сигнала к шуму в область малых значений этой величины и создал комфорт для работы экспериментатора. Современная техника эксперимента позволяет вводить промежуточный опытный результат в вычислительное устройство, способное обработать поступивший материал и дать в руки исследователя окончательный, искомый результат.

Все это вместе позволило изучить такие явления и области спектра, которые раньше лежали за пределами доступного экспериментальному исследованию, не говоря уже об огромной экономии времени. К такой области в значительной мере относится развитие до современного уровня методов гомодинирования и гетеродинирования света и изучения статистики фотонов.

Первые итоги исследований в указанных областях были подведены в международной школе, организованной на острове Капри в 1973 г., и труды этой школы были изданы в отдельной книге, уже вышедшей в русском переводе в издательстве «Мир» в 1978 г. под названием «Спектроскопия оптического смешения и корреляция фотонов». Вторая школа на Капри, посвященная дальнейшему развитию той же области спектроскопии и лазерной доплеровской анемометрии, состоялась в 1976 г., а ее труды опубликованы

в том же году в томе 23 серии Б «Физика» издательством «Plenum Press» (New York, London), еще не переведенной на русский язык. Английское издание трудов школы вышло под редакцией известных физиков Г. З. Камминса и Е. Р. Пайка, активно участвовавших в работе школы. Ими прочитаны лекции: «Введение в спектроскопию корреляции фотонов и доплеровской анемометрии», «Корреляция фотонов и анемометрия» (Пайк), «О динамике движения макромолекул» (Камминс и Пюсей) и «Спектроскопия флуктуирующей интенсивности света, рассеянного на подвижных организмах» (Камминс). Другие лекции прочитаны физиками, успешно работающими в тех областях, о которых они рассказывали. М. Бергаллотти прочел лекцию «Множественное рассеяние», П. Н. Пюсей — «Статистические свойства рассеянного излучения», В. Деджорджио — «Техника корреляции фотонов», П. Лаллаи — «Исследование частотно-зависимых кинетических коэффициентов по рассеянию света» и Г. Б. Бенедек прочел лекцию «Приложение спектроскопии рассеянного света к биологическим и медицинским проблемам». Эта последняя лекция изложена очень коротко (2 стр.), но в ней дана библиография 36 названий. Остальные лекции представляют собой, по существу, главы книги с основательным изложением предмета, всегда с основными библиографическими ссылками, а иногда библиография обширна.

Как правило, авторы излагают современную теорию явления или метода в такой манере, чтобы выводы были пригодны для анализа физического результата или относились к конкретному методу исследования. Лекции или главы книги представляют собой хороший обзор последних экспериментальных и теоретических достижений. Приводятся схемы установок и экспериментальные данные в виде графиков и таблиц.

Вводная лекция Пайка знакомит с историей рождения идеи у него и у профессора Камминса организовать настоящую школу, поскольку стала очевидной необходимость совместно обсуждения проблем корреляции фотонов и доплеровской анемометрии и в краткой форме в ней изложены вопросы, которым посвящены последующие лекции и семинары. В лекции о многократном рассеянии обсуждаются главным образом вопросы двукратного рассеяния при броуновском движении и вопросы пространственной когерентности рассеянного света в этих условиях. В обширной главе «Статистические свойства рассеянного излучения» обстоятельно рассмотрены теоретические и экспериментальные аспекты проблемы. Рассмотрены случаи, когда источником возбуждения рассеяния служат идеальные (не флуктуирующие) источники, флуктуирующий когерентный, флуктуирующий частично когерентный и произвольный источник. Рассмотрены случаи гауссовой и не гауссовой статистики рассеивающей среды, флуктуация числа рассеивателей и их временная зависимость. Изложение обильно демонстрируется графическим материалом.

В главе «Техника корреляции фотонов» дано четкое изложение наиболее важных для экспериментатора вопросов — таких, как корреляционные функции типичных полей, эксперименты по рассеянию света и техника таких опытов. Описаны схемы цифровых корреляторов и важные вопросы о статистических и систематических ошибках в экспериментах по корреляции фотонов и некоторые другие важные вопросы теории и эксперимента.

В главе «Динамика движения молекул» разбираются вопросы определения трансляционного коэффициента диффузии, определения размеров молекул и многие другие вопросы, связанные с физическими и математическими аспектами сложной проблемы, включающей взаимодействие между частицами.

Новая область исследования, особенно интенсивно развивающаяся за последние годы — спектроскопия флуктуаций интенсивности света, рассеянного на подвижных микроорганизмах, — представлена в виде краткого и четкого обзора. Обсуждаются способы применения доплеровской анемометрии к изучению движения микроорганизмов, движущихся в неподвижной жидкости, а также применение техники корреляции фотонов к изучению движущихся бактерий и спермы. Эта область применения современной спектроскопической техники особенно интересна для биологии и медицины.

Пожалуй, самая обширная глава около 100 страниц, посвящена применению техники корреляции фотонов к доплеровской анемометрии (Пайк). В этой главе охвачен широкий круг теоретических вопросов рассеяния света в случаях Рэлея и Ми, способов регистрации интенсивности рассеянного света, когда рассеивающие области находятся в неподвижной среде (равно как в средах, движущихся ламинарно и турбулентно). Изложены теории различных методов измерения скоростей движущихся рассеивателей. С особым вниманием и тщательностью разобраны способы применения методов и техники корреляции фотонов к измерению скоростей. Изложение сопровождается многочисленными графиками, таблицами и примерами применений методов и приемов обработки сигналов и приведены различные схемы экспериментов. Подняты и обсуждены тонкие вопросы корреляции фотонов и техники их исследования. Лекциям посвящены 343 страницы книги.

Во второй части книги, которая называется «семинары», рассмотрено детально несколько практически важных, но более узких вопросов. Динамика заряженных макромолекул в растворе (Берн), корреляция фотонов и анемометрия в аэродинамике

(Аббисс) и применение лазерной доплеровской анемометрии к турбулентной конвекции при малых числах Прандтля (Толиб и др.).

Наконец третья и последняя часть книги содержит краткое изложение разных вопросов. Всего таких кратких статей — 23. Среди многочисленных вопросов, обсуждаемых в этих заметках, такие, как системы для анализа движения микроорганизмов, применение корреляционной техники и изучение спектров Мандельштама — Бриллюэна, рэлеевское рассеяние в жидких кристаллах, движение цитоплазмы, внутреннее движение в полистероле, рассеяние света на границе раздела и многие другие.

Методы спектроскопических исследований, изложенные в этой книге, найдут эффективное применение в разных областях науки.

И. Л. Фабелинский