

Глава 3 Оптика

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ФИЗИКЕ в ИАиЭ и ЛАБОРАТОРИЯ "Физика лазеров"

С. Г. РАУТИАН

После прихода на пост директора (1967 г.) Юрий Ефремович Нестерихин, наряду с другими важными решениями, начал активно развивать в Институте автоматики и электрометрии работы физического направления, и экспериментальные и теоретические. С этой целью, примерно в течение десяти лет в Институт приглашались активно работающие ученые-физики Э. П. Кругляков (1968 г.), А.М.Искольдский (1968 г.), В. П. Коронкевич (1968 г.), Ю.В.Троицкий (1969 г.), В.К.Малиновский (1972 г.), В. С. Львов (1973 г.), М.И.Штокман (1975 г.), С. Г. Раутиан (1977 г.). Тематика исследований по физике диктовалась как научными интересами этих ученых, так и желанием научных контактов с «коренными» лабораториями Института. Несколько укрупненно можно говорить о *физике плазмы, физике твердого тела, оптике, физике нелинейных явлений, физике лазеров, нелинейной спектроскопии*, т.е. о широком круге физических проблем. Юрий Ефремович в меру своих сил и возможностей (а тогда возможности, по нынешним меркам, были немалые) энергично помогал становлению новых лабораторий в отношении и кадров, и рабочих помещений, и оборудования. Молодой директор (в 1967 г. Ю.Е.Нестерихину было 37 лет) привлекал в основном и сравнительно молодых ученых. Половина из перечисленных лиц находилась в возрасте 30 с небольшим, самым «старым» перевалило за 40. Впрочем, подобный возрастной состав был характерен в целом для Сибирского отделения в первые двадцать лет его существования. Все новое, как правило, делают молодые.

К 1980 г. инициатива Ю. Е. Нестерихина вылилась в создание семи новых лабораторий с общим числом сотрудников около 140 человек. Большую роль в формировании лабораторий сыграл физический факультет Новосибирского университета. Особенно «урожайным» оказался его выпуск 1969 г., давший Институту 10 сотрудников, из которых впоследствии семеро стали докторами наук, один членом-корреспондентом РАН. Главными



«поставщиками» кадров для лабораторий физического профиля явились кафедры «Физика плазмы» и «Квантовая оптика».

Не думаю, что мне уместно говорить о научных достижениях всех физических лабораторий, о них расскажут их заведующие. Перечислю некоторые результаты только лаборатории «Физика лазеров», которая за 25 лет своего существования в разных модификациях организационной структуры Института имела числовые коды 1-8, 1-1 и 01. В конце 1980-х гг. число ее сотрудников, вместе со всеми тематическими группами, равнялось примерно 50.

Много сил было вложено в исследования нелинейных резонансов (НР) в спектрах поглощения, испускания, рассеяния и генерации в атомарных и молекулярных газах. Физическая причина возникновения НР очень проста. При давлениях газа порядка 1 мм. рт. ст. ширина $\Delta\omega_b$ спектральных линий обусловлена *эффектом Доплера* из-за теплового движения атомов или молекул. Относительная ее ширина $\Delta\omega_b/\omega$ по порядку своей величины составляет $\Delta\omega_b/\omega = v_T/c \sim 10^{-6}$ (v_T - тепловая скорость атома, c - скорость света). Ширины Γ линий, обусловленные радиационными и столкновительными

процессами, как правило, не превышают 10^{-8} , а могут быть и на несколько порядков меньше. Поэтому в линейной спектроскопии главную роль играет *эффект Доплера*. Однако когерентное излучение взаимодействует с небольшой долей атомов, находящихся в интервале скоростей порядка $\Delta v/v_T \sim \Gamma/\Delta\omega_b \sim 10^{-2}$ и меньше. В соответствии со сказанным в спектрах нелинейных процессов возникают резкие структуры с характерной шириной порядка Γ [Беннет, 1962]. Вот эти НР и исследовались лабораторий в самых разнообразных условиях. Прежде всего, это разные схемы энергетических уровней - схемы из двух, или трех, или большего числа уровней. Различные радиационные процессы - поглощение, рассеяние, спонтанное испускание, лазерная генерация. Различные поляризации, различные отношения частот, участвующих в деле полей, различные направления их распространения - встречные и параллельные. Детально изучалась роль столкновительных процессов в формировании контуров НР - неупругих, упругих, изменения скорости, деориентации, сбой фазы внутриатомных колебаний. В частности, примечательно кулоновское рассеяние, при котором проявляется только изменение скорости в столкновениях, а другие процессы не важны. Предсказано расщепление НР из-за эффекта отдачи. Обнаружены и исследованы НР высокого порядка (по интенсивности излучения). Детально разработан аппарат теоретического исследования НР на базе квантового кинетического уравнения Больцмана. В работах этого направления приняли участие С.Н.Атутов, С.А.Бабин, Э.Г.Сапрыкин, Г.И.Смирнов, В.А.Сорокин, А.М.Шалагин, Д.А.Шапиро и др.

С работами по нелинейной спектроскопии газов тесно связано выдающееся открытие - светоиндуцированный дрейф в газовых смесях (А.М.Шалагин с сотрудниками). О нем будет сказано в сообщении А.М.Шалагина.

В 1979 г. М.И.Штокман выдвинул идею о лазерной модификации макромолекул, в том числе биомолекул. Если кратко, то существо дела в следующем. Пусть к макромолекуле химически присоединена сравнительно небольшая молекула красителя, способная поглощать световую энергию в двухфотонном процессе. Сама макромолекула не поглощает на частоте лазерного излучения. Поглощенная красителем энергия передается макромолекуле, и эта энергия оказывается достаточной для разрыва макромолекулы вблизи расположения молекулы красителя. Следовательно, присоединяя молекулу красителя в заданном месте биомолекулы, можно модифицировать последнюю управляемым образом. Прове-

денные эксперименты (С.Ю.Новожилов с сотрудниками) подтвердили исходную идею, показав, что разрыв макромолекулы действительно происходит и происходит вблизи нахождения красителя. Было обнаружено много интересного в кинетике и в химии макромолекул, в частности молекул ДНК и РНК.

Разнообразные исследования проведенные в области кооперативных радиационных процессов. Если молекулы, находящиеся в поле излучения, расположены на расстояниях значительно меньше длины волны, то они взаимодействуют и с полем, и между собой. Это взаимодействие вполне аналогично тому, что бывает при близком расположении антенн. При определенных условиях взаимодействие настолько сильное, что газ выступает как совокупность многих синхронизированных молекул. Подобная синхронизация была предсказана Дикке в 1954 г. для спонтанного испускания возбужденных атомов (*эффект сверхизлучения Дикке*).

В лаборатории был предсказан кооперативный процесс для другого радиационного процесса - комбинационного рассеяния света (Б.М.Черноброд). В непростых, сложных и тонких экспериментах было обнаружено и изучено кооперативное комбинационное рассеяние мощного импульса лазерного излучения в сжатом молекулярном водороде (В.П.Сафонов с сотрудниками). Полученные результаты послужили толчком к интенсивному развитию исследований оптических кооперативных явлений.

Идеи о кооперативных радиационных процессах были перенесены на линейную и нелинейную оптику фрактальных кластеров металлов (М.И. Штокман и В.А. Маркель - теория, В.П. Сафонов с сотрудниками - эксперимент). Работы этого направления продолжают в настоящее время. Другим исследуемым сейчас объектом служат упорядоченные комплексы некоторых молекул - так называемые *J-агрегаты*, которые обладают своеобразными кооперативными оптическими свойствами (А.И.Плеханов с сотрудниками).

Перечисленные исследования и результаты отнюдь не исчерпывают сделанного (в частности, не упомянуты работы по физике твердотельных, ионных и газовых лазеров), а скорее служат иллюстрацией стиля и характера работ, проводившихся в лаборатории.

Несколько слов о состоянии лаборатории сегодня. В 1983 г. выделилась лаборатория А.М.Шалагина. Сформировалась группа молодых активных сотрудников (А.А. Аполонский, С.А. Бабин, Д.А. Шапиро и др.), которая в недалеком будущем, безусловно, получит

статус лаборатории. Как и вся наука в России, лаборатория после 1991 г. сильно изменилась. Часть сотрудников по тем или иным причинам покинула лабораторию. Перестала существовать тематическая группа М.И.Штокмана. Лаборатория «стареет», т.е. средний возраст ее сотрудников увеличивается, а приток молодых сотрудников идет слабее, чем того хотелось бы. Оборудование, как известно, стареет еще быстрее ученых, но средства для его обновления находятся с большим трудом. Нет худа без добра - в лаборатории, в основном, остались люди, которые не видят себя вне науки и которые находят возможности для работы и в теперешних сложных условиях.

Позволю себе некоторое общее отступление. У академического института, как и у

всей Российской академии наук, существуют три великие цели - получение новых знаний, применение знаний на благо общества и просвещение общества. Эти цели были записаны в Петровском уставе Академии, по существу они должны определять жизнь научных учреждений и сегодня. Физические лаборатории повлияли на лицо Института не только в смысле его административной структуры и конкретного содержания проводимых работ, но и в отношении формирования его атмосферы как научного академического учреждения, создания культа новых знаний как одной из основных целей своего бытия. Сдвиги подобного плана реализовались в течение последних 15 лет. Для Института в целом это очень важный итог существования физиков в его коллективе.



Лаборатория С. Г. Раутиана.