

КАФЕДРА «КВАНТОВАЯ ОПТИКА»**А. М. ШАЛАГИН**

заведующий кафедрой,
чл.-кор. РАН, д.ф.-м.н., профессор Анатолий Михайлович Шалагин,

в кадровый состав входят:

Леонид Вениаминович Ильичев,

зам. зав. кафедрой, д.ф.-м.н., профессор,

Павел Львович Чаповский, д.ф.-м.н., профессор,

Александр Владимирович Чаплик, д.ф.-м.н., профессор,

Алексей Владимирович Тайченачев, д.ф.-м.н., доцент,

Геннадий Николаевич Николаев, к.ф.-м.н., доцент,

Владимир Алексеевич Сорокин, к.ф.-м.н., ассистент.

Кафедра получила свое нынешнее название в 1977 г. До этого с 1965 г. на факультете существовала специальность "Квантовая радиофизика" при кафедре физики полупроводников. В 1969 г. специальность выделилась в отдельную кафедру. В 1998 г. на базе кафедры был создан Учебно-научный центр «Квантовая оптика». С момента создания и до 2002 г. кафедрой руководил чл.-кор. РАН С.Г.Раутиан. Являясь учеником выдающегося отечественного физика-оптика Г.С.Ландсберга, он возглавляет вместе с нынешним руководителем кафедры чл.-кор. РАН А.М.Шалагиным известную научную школу в области нелинейной лазерной спектроскопии. Среди первых преподавателей кафедры были С.К.Савиных, К.К.Свиташов, Г.И. Сурдутович и Е.С.Филатова. С 1972 по 1977 г. на посту заведующего кафедрой С.Г.Раутиана замещал д.ф.-м.н. В.Н.Карнюшин.

Кафедру окончило более 400 человек. Более сотни из них стали кандидатами наук, а 20 человек - докторами наук. Бывшие студенты кафедры работают в настоящее время во многих лабораториях России, Европы и Соединенных Штатов, где ведутся разнообразные исследования с применением оптических методов. Это не только физика, но и биофизика. Выпускники кафедры уже включились в исследования самого, пожалуй, многообещающего направления современной физики - создания квантовых информационных технологий. Столь большая востребованность выпускников кафедры свидетельствует о высокой оценке качества подготовки специалистов. Это качество есть результат тщательно продуманной, отработанной годами и постоянно совершенствуемой системы спецкурсов. Содержание преподаваемых дисциплин согласовано друг с другом и с направлениями исследований лабораторий, базового для кафедры Института автоматизации и электрометрии СО РАН и ряда других НИИ (Институт физики полупроводников СО РАН, Институт лазерной физики СО РАН, Институт

химической кинетики и горения СО РАН, Конструкторско-технологический институт научного приборостроения), где студенты проходят научную практику. Тематика этих исследований, в свою очередь, отражает многие новейшие мировые тенденции в оптических и спектроскопических исследованиях. Последнее обстоятельство играет главную роль, определяющую качество подготовки специалистов.

Учебная программа кафедры включает следующие курсы лекций:

1. «Оптические измерения», которые сопряжены с началом практики, где студент приобретает навыки работы с оптическими приборами и устройствами, сведения о которых он получает на лекциях. Это физика основных нелазерных источников света, приемников излучения, основы геометрической теории оптических изображений, спектральные приборы с призмами и дифракционными решетками, интерференционные методы оптических исследований;

2. «Физика лазеров» дает студентам знания об основных явлениях - о вынужденном излучении, усилении и поглощении света, об обратной связи в лазерах, об условии получения генерации. Излагается история создания лазеров. Сообщаются параметры современных лазеров. Даются основы физики взаимодействия излучения с газом, физики гауссовых пучков, волноводов и резонаторов. Рассматриваются практически все существующие типы лазеров: гелий-неоновый лазер, газовые лазеры на атомных переходах с прямым электронным возбуждением, ионные лазеры, непрерывные лазеры на переходах атомов металлов, молекулярные лазеры, газодинамические и химические лазеры, импульсные лазеры на переходах атомов и молекул, лазеры на растворах органических красителей, твердотельные лазеры, полупроводниковые лазеры;

3. «Физическая оптика» является естественным «оптическим» дополнением и продолже-

нием того образования, которое студент получил в общих университетских курсах по электродинамике и физике сплошных сред. После вводной части (уравнения Максвелла, материальные уравнения, феноменология диссипации энергии, общие представления о нелинейных явлениях), излагается физика плоских волн в однородной изотропной среде, сведения об отражении и преломлении волн на плоской границе, распространении волн в неоднородных средах. Изучается дифракция. Значительное внимание уделено понятиям и явлениям кристаллооптики и молекулярного рассеяния света. Излагаются основы теории уширения спектральных линий, введены соответствующие модели, рассмотрены фазовая и частотная модуляция, коллапс спектральных структур. Чтение лекций сопровождается семинарами, чрезвычайно способствующими активному усвоению материала;

4. «Спектроскопия» обстоятельно излагается систематика спектров многоэлектронных атомов, периодическая система элементов, теория сверхтонкой структуры спектральных линий, интенсивности спектральных линий и правил отбора для дипольного излучения. Рассматриваются эффекты внешнего поля (эффект Штарка и эффект Зеемана). Даются общие свойства и систематика спектров двухатомных молекул. Освещаются электронные состояния двухатомных молекул, типы связи по Гунду, колебания и вращение двухатомных молекул, колебания многоатомных молекул, возмущения в колебательных спектрах многоатомных молекул и вращение многоатомных молекул;

5. «Нелинейная спектроскопия» читается по традиции одним из главных представителей научной школы по нелинейной лазерной спектроскопии газовых сред - профессором А.М.Шалагиным. К этой школе принадлежат и некоторые другие сотрудники кафедры. Студенты овладевают одной из базовых моделей квантовой оптики - двухуровневой квантовой системой, взаимодействующей с монохроматического излучения. Используется аппарат амплитуд вероятностей и его обобщение - аппарат матрицы плотности. Излагается чрезвычайно важный метод спектроскопии пробного поля. Рассматривается нелинейная спектроскопия в условиях большого доплеровского уширения и спектры спонтанного испускания;

6. «Кинетические проблемы в нелинейной спектроскопии» продолжают предыдущий спецкурс. Здесь рассматриваются эффекты межчастичных столкновений в облучаемых газовых средах. При этом используются знания, полученные студентами при изучении

курса «Физической оптики». Рассматривается силовое действие излучения на частицы газа. Изучаются интерференция атомных состояний и элементы поляризационной нелинейной спектроскопии. Излагается физика светоиндуцированных газокинетических явлений. Это целый класс эффектов, родственных так называемому светоиндуцированному дрейфу (СИД), открытому в 1979 г. сотрудниками и выпускниками кафедры;

7. «Квантовая теория твердого тела» и «Кинетические эффекты в твердых телах» являются общими с кафедрой физики полупроводников и необходимы для каждого студента, интересующегося исследованием оптических свойств конденсированного состояния вещества. Излагается динамика решетки, электронные спектры твердых тел, физика нормальных металлов, роль электрон-фононного взаимодействия, электрон-электронное взаимодействие, кинетические эффекты в магнитном поле, разогрев электронов и фононное увлечение;

8. «Нелинейная оптика» включает в себя изложение тем о нелинейных аналогах полного внутреннего отражения и явления Брюстера, явление пространственной синфазности (синхронизма), трехволновое стационарное взаимодействие в квадратичной нелинейной среде и параметрическое усиление в нелинейной среде, спонтанная параметрическая люминесценция. Рассматривается физика важных для приложений явлений оптического выпрямления, нелинейного просветления среды, вынужденного комбинационного рассеяния, распространения световых пучков и волновых пакетов в нелинейных диспергирующих средах, самофокусировки света, распространения света в оптических волноводах, оптической бистабильности. Отдельно изучаются когерентные вынужденные нелинейные процессы - оптическое эхо, динамическая голография и обращение волнового фронта;

9. «Статистические свойства лазерного излучения» содержат краткие основы классической стохастической оптики. Основная часть материала посвящена квантовой оптике. Излагается квантовая теория фотоотчетов Глаубера и вытекающее из нее важнейшее понятие когерентного фотонного состояния (именно эти результаты были отмечены Нобелевской премией 2005 г.). Аппарат когерентных состояний применяется далее для решения выведенного квантового кинетического уравнения для колебательной моды поля в пассивном резонаторе. Полученный результат обобщается до простейшей квантовой модели лазера, позволяющей объяснить основные

статистические свойства лазерного излучения. Вводятся так называемые «одетые полем» состояния двухуровневого атома. На этой основе рассматриваются явления коллапса нутаций и необычные свойства статистики испусканий световых квантов при резонансной флуоресценции атома;

10. «Современные проблемы квантовой оптики» продолжают предыдущий спецкурс и отражают в основном новейшие тенденции. Материал в значительной степени опирается на журнальные публикации и наиболее подвержен ежегодной модификации. Среди устоявшихся тем излагается физика «сжатого света», статистика поляризованного излучения и поляризация света, скрытая в шумах, важнейшее для квантовой информатики понятие «зацепленных» состояний. Выводится неравенство Белла, и рассматриваются способы его проверки методами квантовой оптики.

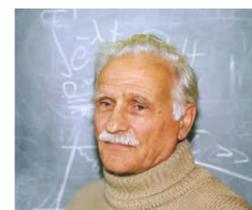
Приведем краткий перечень тематики теоретических и экспериментальных исследований сотрудников, бывших и нынешних студентов кафедры и УНЦ «Квантовая оптика», а именно:

- светоиндуцированная газовая кинетика;
- исследование лазерных способов охлаждения и удержания атомов и спектроскопии холодных атомов;
- лазерная модификация макромолекул и поверхностей;
- коллективное рассеяние света;
- нелинейная оптика кластеров, фотонных кристаллов, молекулярных J-агрегатов и коллоидных агрегатов;
- разработка уникальных лазеров на красителях;
- лазерная спектроскопия сверхвысокого разрешения;

Рассмотрена связь лоренц-инвариантности и локальности в квантовой механике, запрета на «клонирование» квантовых состояний и запрета «сверхсветового телеграфа». Излагаются наиболее важные понятия и процессы квантовой информатики: телепортация квантовых состояний, «плотная кодировка», секретный обмен ключом (то, что не совсем верно называется «квантовой криптографией») и идея квантового компьютера. Студенты знакомятся с основными квантовыми алгоритмами: алгоритмом Дойча и Дойча-Джозы, алгоритмом Гровера (поиск в неупорядоченной базе данных), квантовым преобразованием Фурье и алгоритмом Саймона (поиск периода функции). Рассмотрена проблема программируемости квантового компьютера.

Последние шесть спецкурсов читаются для студентов первого года обучения в магистратуре

- разработка внутрирезонаторных оптических компонент для управления модовыми и поляризационными характеристиками лазеров;
- использование лазерной спектроскопии для изучения фундаментальных свойств вещества;
- нелинейная спектроскопия атмосферы;
- нелинейная оптическая спектроскопия поляронов;
- основания квантовой механики и квантовой теории информации;
- физика ионных лазеров;
- нелинейная спектроскопия низкотемпературной плазмы;
- интегральная оптика, голография.



С. Г. Раутиан



С. М. Кобцев



Сотрудники кафедры. Слева направо: А.В. Тайченачев, А.М. Шалагин, В.А. Сорокин, Г.Н. Николаев, П.Л. Чаповский, Л.В. Ильичев.