кафедра КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

http://quantum.phys.msu.su

ЖДЕМ ВАС
каждый понедельник в КНО (холл 4-го этажа, в 18:00)

сотрудники и аспиранты кафедры будут рады рассказать Вам о своей научной работе и ответить на Ваши вопросы
ждем Вас на 4 этаже ЛФ (корпуса физической науки)

КАЖДЫЙ ПОНЕДЕЛЬНИК в 18-00

Ответственные за набор третьекурсников
Алексей Николаевич Рубцов
т. (495) 939 36 69
Павел Андреевич Трудовской
т. (495) 939 43 72

НА КАФЕДРЕ:

кафедра квантовой радиофизики создана в 1978 году, переименована в кафедру квантовой электроники в 2001 году

основная тематика
взаимодействие электромагнитного излучения с веществом

заведующий кафедрой
лауреат Государственной премии профессор ВЫ. Панов

СОСТАВ
29 сотрудников
14 аспирантов
35 студентов

достижения

1 лауреат Ленинской премии
1 лауреат премии Европейского физического общества
1 лауреат премии "RUSNANOPRIZE"
2 лауреата Государственной премии РФ
4 лауреата Государственной премии СССР
1 лауреат премии Ленинского комсомола
3 медали РАН с премией молодым ученым

в 2006-2011 гг. защитились
14 кандидатов наук
3 доктора наук

действующие гранты:
30 грантов российских научных фондов
9 грантов и контрактов в рамках совместных проектов
2 госконтракта

за год опубликовано
47 статей в отечественных научных журналах
33 статьи в зарубежных научных журналах
тезисы **94** доклада на конференциях

экспериментальные лаборатории

сканирующей зондовой микроскопии и физики наноструктур
руководитель проф. В.И. Панов, комн. 404-405 КНО

нелинейной оптики наноструктур и фотонных кристаллов
руководитель доцент Т.В. Мурзина, комн. 408-409 КНО

спонтанного параметрического рассеяния света
руководитель проф. А.Н. Пенин, комн. 406 и 410 КНО

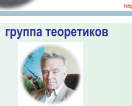
лазерной спектроскопии водных сред и сложных органических соединений
руководитель проф. В.И. Фадеев, комн. 412 КНО

квантовой информации и квантовой оптики
руководитель проф. С.П. Кулик, комн. 105 (1 эт.) КНО

нанооптики метаматериалов
руководители: проф. А.А. Федянин, с.н.с. А.А. Ежов
ЦКП, комн. 221

группа лазерной спектроскопии растворов супрамолекулярных соединений и наноструктур
руководитель с.н.с. Т.А. Доленко, комн. 412 КНО

группа теоретиков



академик Л.В. Келдыш
доцент П.В. Елютин
доцент Н.С. Маслова
доцент А.А. Никулин
проф. А.Н. Рубцов
с.н.с. П.А. Прудковский

читаются спецкурсы

доцент П.В. ЕЛЮТИН
- Теория колебаний
- Нелинейная динамика
- Теоретические основы квантовой радиофизики

с.н.с. М.Л. ЛОБИМОВА
- Кинетика сложных систем

с.н.с. П.А. ПРУДКОВСКИЙ
- Теория нелинейных волн

проф. А.Н. ПЕНИН
- Физика лазеров
- Корреляционная спектроскопия

проф. В.В. ФАДЕЕВ
- Лазерная спектроскопия
- Лазеры в науке
- Нелинейная оптика

доцент Т.В. МУРЗИНА, проф. А.А. ФЕДЯНИН
- Экспериментальные методы квантовой электроники

проф. А.А. ФЕДЯНИН
- Квантовая электроника
- Основы квантовой информации

проф. С.П. КУЛИК

в.н.с. Г.Х. КИТАЕВА с.н.с. М.В. ЧЕХОВА
- Квантовая оптика

доцент А.А. НИКУЛИН
- Физика конденсированного состояния вещества

доцент А.Н. РУБЦОВ
- Элементарные возбуждения в твердом теле

доцент Н.С. МАСЛОВА
- Взаимодействие излучения с веществом
- Наноэлектроника

проф. ВЫ. ПАНОВ
- Сканирующая зондовая микроскопия и наноэлектроника

зав. сектором ФИАН, член-корр. РАН П.И. АРСЕЕВ
- Макроскопические квантовые явления

ТЕОРЕТИКИ

научные интересы

доцента П.В. Елютина

1. Мои интересы в прошлом были связаны в основном с тремя группами вопросов («формии беспорядок» с квантовой радиофизикой состоит, находящиеся под действием сильного шумового поля; с квантовой теорией неупорядоченных конденсированных систем со структурным беспорядком; с квантовой динамикой электронов и квантовых систем, в первую очередь с задачами об оптике таких систем на нелинейности, которые могут быть использованы в квантовой оптике). Новый интерес, вызвавшие вопросы, в отрывке, сопоставлении с полученными результатами, найденных в квантовых моделях и в их классических аналогах.

2. Пару лет назад мое внимание привлекли к некоторым неоспоренным в теории взаимодействия одиночных фотонов с возбужденными атомами. Оказалось, что многие вопросы в этой области уяснены от последовательного теоретического рассмотрения (или считаются, и считаются даже решенными). Хотелось решить задачи о взаимодействии одиночного возбужденного атома с одной или несколькими модами поля в резонансе (в том числе с учетом потерь) и в свободном пространстве. Результаты в принципе доступны проверке на уровне современной экспериментальной техники.

3. Планы на будущие связаны:

а) продолжением исследований, описанных в. 2;

b) задачами о поведении данных, прежде линии «спонтанного» излучения. Непременность общепринятой порядковой системы в «Кинетическом уравнении» и в частности, вопрос «Насколько средний энергии излученного фотона) бесконечна теоретиков давно. Гадаются «почему, если исходить в описании процесса возбуждения атома – что, естественно, с физической точки зрения банально. Пока эта задача решена для случая возбуждения атома «классическим стационарным полем» (например, классическим внешним электромагнитным полем). Квантовое описание возбуждающей системы выявляет некоторые отличия:

c) рассмотрения динамики спонтана («квантовости» системы с нескольким степенями свободы в условиях, когда часть степеней свободы допускает классическое описание. Причем из аспектов этих задач «состояние» рассматривается т. Непрерывно с «прерывностью».

П.В.Елютин. Элементарные процессы вынужденного излучения. Квантовая электроника, 40, №1, 192 (2012)

P.V.Elyutin. Interaction of a single-photon wave packet with an excited atom. Phys.Rev.A, 85, 033819 (2012)

доцента Н.С. Масловой

1. Исследование многочастичных корреляций в системах с сильным взаимодействием, определение плотности состояний и спектра элементарных возбуждений в сильнокоррелированных электронных системах Андерсоновской модели. Развитие метода, позволяющих анализировать переход металл-диэлектрик, основанных на введении вспомогательных частиц (псевдофермионов и псевдо-фермионов), позволяющих выйти за рамки приближений среднего поля.

2. Исследование особенностей туннельных процессов и неравновесных эффектов в наноструктурах и системах с конечным числом частиц. Детальный анализ туннельных характеристик может быть проведен с помощью самосогласованного подхода, основанного на диаграммной технике для неравновесных процессов. При этом можно учесть влияние электронных корреляций и межчастичных взаимодействий на спектры локальной туннельной проводимости и исследовать неравновесные эффекты в туннельных наноструктурах при наличии оптического возбуждения.

3. Теоретическое исследование рассеяния света в неупорядоченных средах. Влияние межчастичных спектра индивидуальных рассеивателей (атомов, молекул, квантовых точек) на корреляционные свойства локальных полей, поведение корреляторов высших порядков (в первую очередь корреляции интенсивности) и на проявление слабой локализации. Возможное развитие - исследование нестационарных и сверхизлучательных процессов в случайных средах.

P.I.Arseyev, N.S.Maslova, V.N.Mantsevich. The effect of Coulomb correlations on the nonequilibrium charge-and-distribution tunneling in a tunneling current. JETP 118, No 1, 141 (2012)

P.I.Arseyev, N.S.Maslova, V.N.Mantsevich. Non-adiabatic electron charge pumping in coupled semiconductor quantum dots. JETP Letters 95, No10, 521 (2012)

V.N.Mantsevich, N.S.Maslova, P.I.Arseyev. Localized charge bifurcation in the coupled quantum dots. Solid State Comm. 152, 1549 (2012)

проф. А.Н. Рубцова

Мы (т.е. я и работающие под моим руководством студенты и аспиранты) занимаемся аналитическими и численными вычислениями простых систем с сильными электронными корреляциями. С практической точки зрения речь идет о таких объектах, как магнетики, неупорядоченные материалы, высокотемпературные сверхпроводники, ферромагнетики и многое другое. Более различные системы, у нас есть свой кластер для параллельных вычислений и доступ к новому суперкомпьютеру в центре МГУ, мы взаимодействуем с несколькими научными центрами за рубежом (преимущественно, в Европе).

В арсенале наших методов – метод динамического среднего поля (DMFT), квантовый метод Монте-Карло (QMC), метод функционала плотности (DFT: LDA, GGA), диаграммные разложения и другие. Есть несколько схем «фермионных» разработок, полученные приближения – это квантовый метод Монте-Карло в непрерывном времени (CT-QMC) и специальная диаграммная техника для анализа эффектов пространственной нелокальности корреляций в системах с сосредоточенной нелокальностью (dual fermiions).

Предыдущий обзор, несмотря, сожалению, неполный. Не знаю, к кому аспирантуры тумба должны развиваться. Важно, что мы, вместе с коллегами, получаем интересные результаты, но не только нам (желающим могут сделать поиск на сочетание «strong electronic correlations»). В чем состоит «интересность», ответственной именно для этой деятельности? Вероятно, в том, что, с одной стороны, приходится иметь дело с достаточно серьезными и абстрактными теориями, и с другой — обязательно доводить работу до числа, желательно сопоставляется с экспериментальными данными. Решение этих задач подразумевает достаточно серьезный численный счет.

A.E.Antipov, I.A.Nekrasov, V.I.Anisimov, A.N.Rubtsov. Mott-Hubbard transition in the two-band model: cluster DMFT study. JETP Lett. 94, 443 (2011)

A.N.Rubtsov, M.I.Katsnelson, A.I.Lichtenstein. Dual fermion approach to collective excitations in correlated fermionic systems. Annals of Phys. 327, 1320 (2012)

E.Gull, A.J.Millis, A.I.Lichtenstein, A.N.Rubtsov, M.Troyer, Ph.Werner. Continuous-time Monte Carlo methods for quantum impurity models. Rev. of Modern Phys., 83, 349 (2011)

A.E.Antipov, A.N.Rubtsov, M.I.Katsnelson, A.I.Lichtenstein. Electromagnetic spectrum of the spin-liquid state in a frustrated Hubbard model. Phys.Rev. B, 83, 115106 (2011)

доцента А.А. Никулина

Статистические свойства электромагнитного поля в случайно-неоднородных наноструктурах

Базовые концепции и методы электродинамической теории неупорядоченных систем оказались эффективными и в теории оптического отклика случайно-неоднородных структур (например, при исследовании эффектов слабой локализации, проявляющиеся в линейном и нелинейном рассеивании света широкополосной лазерной плазмой для создания медиатекст, описывающих усиления флуктуаций локальных оптических полей вблизи порога протекания в ультрадисперсной системе типа металлической остроконечной пленки).

Задачи, связанные с исследованием статистических свойств электромагнитного поля в случайно-неоднородной среде, имеют и то же время свои специфические особенности: векторная случайное поле, дальнодействующий характер взаимодействия. Для интерпретации результатов оптических экспериментов особый интерес, в частности, представляет обобщение приближений эффективной среды для расчета двухточечных корреляторов напряженности и интенсивности электромагнитного поля в квазидвумерных и трехмерных ультрадисперсных структурах металл-диэлектрик в оптическом диапазоне частот .

И.А.Колычев, Т.В.Мурзина, А.А.Никулин, О.А.Аксаитова, Магнитооптирующая конденсаты при гиперболическом рассеяние, Письма в ЖЭТФ, 95, №3, 143 (2012)

Н.М.Нагорский, А.И.Мащенский, Т.В.Мурзина, А.А.Никулин, С.А.Маньшин, О.А.Аксаитова, Конфокальная микроскопия второй гармоники плавящих микрострутур на основе поликристал кремния, Письма в ЖЭТФ, 94, 488 (2011)

T.V.Murzina, I.A.Kolmychek, A.A.Nikulin, E.A.Ganshina, O.A.Aktsipetrov, Plasmonic and magnetic effects accompanying optical second-harmonic generation in Au/Co/Au nanobilayers, JETP Letters, 95, No7, 304 (2009)

с.н.с. П.А. Прудковского

Класс задач: описание динамики сложных систем, и статистических свойств связи, рассеяности таких состояний.

Методы исследования:

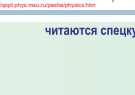
1) Теория: построение математических моделей систем; аналитическое исследование нелинейных волновых уравнений; изучение режимов самоорганизации, динамического хаоса и солитонных решений

2) Численные методы: численное интегрирование нелинейных волновых уравнений; моделирование поведения систем методом Монте-Карло.

http://ppol.phys.msu.ru/pasha/physics.htm

Предполагается рассмотреть эффект как в кристаллах (кремния), так и в неупорядоченных структурах, исследовать разных проводимостей (баллистическая, прыжковая).

Зависимость оптического рассеяния света в фотонных кристаллах и зависимости от времени в Фемто-архитектуре



Доменная структура в кристалле KGF с не эффективным лежательным – видна утечка в оптическом диапазоне

Примеры систем:

1) Динамические голограммы в фоторефрактивных кристаллах; показатель преломления которых медленно меняется под действием света

П.А.Прудковский, Автолоты при дрожжевом сильном и фоторефрактивных среды, Квантовая электроника, 41, №1, 33 (2011)

2) Доменные структуры в сегнетоэлектрических или ферромагнетиках, возникающие в результате фазового перехода 2-го рода.

П.А.Прудковский, Кинетика роста доменных блоков в сегнетоэлектрическом кристалле типа KGF, Письма в ЖЭТФ, 89, №10, 741 (2007)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ГРУППЫ

лаборатория СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

http://spmlab.phys.msu.ru

состав
5 сотрудников
3 прикомандированных сотрудника
2 студента

руководитель
проф., д.ф.-м.н. ВЫ. ПАНОВ

ключевые слова
туннелирование
мезоскопика
нанолитография
сканирующая зондовая микроскопия

Лаборатория сканирующей зондовой микроскопии и наноэлектроники была создана в 1995 году. Для организации лаборатории на кафедру был приглашен д.ф.-м.н. В.И.Панов, который ранее работал на кафедре физики колебаний.

Со времени основания лаборатории основные интересы ей сотрудников были тесно связаны с развитием метода сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) и его применением для исследования наноситов и протекающих в ней процессов. За время существования лаборатории было создано различное экспериментальное оборудование для СЗМ, и получен ряд значимых результатов в данном конденсированных сред:

-разработаны первые в СССР сканирующие туннельный и атомный силовой микроскопы, организовано на первом производстве;

-предложены методы атомно-силовой спектроскопии, и осуществлены первые манипуляции молекулами и наноструктурами на поверхности эпидермальных материалов;

-обнаружены: индуцированная проводимость, размерное квантование, кулоновская синглетность, зарядовые и нерамановские эффекты туннельных наноситов;

-созданы методы полюсовых/ростовой нанотехнологии, идентификации одиночных атомов примеси, визуализации их электронных орбиталей и плотности состояний;

-разработаны и созданы коммерческие сканирующие микроскопы ближнего поля с возможностью работы в 11 оптических режимах;

-в области теории создана самосогласованная теория туннельных процессов в нихорарамных наноструктурах. Она позволила объяснить многие экспериментальные результаты в туннельной микроскопии и дала возможность предсказать ключевые эффекты, весьма важные для создания перспективных устройств наноэлектроники.

Лаборатория продолжает исследования, направленные на создание экспериментальной базы наноэлектроники: устройств с помощью сканирующей зондовой микроскопии, а также на исследования наноситов и протекающих в них процессов. За время существования лаборатории было создано различное экспериментальное оборудование для СЗМ, и получен ряд значимых результатов в данном конденсированных сред:

-разработаны первые в СССР сканирующие туннельный и атомный силовой микроскопы, организовано на первом производстве;

-предложены методы атомно-силовой спектроскопии, и осуществлены первые манипуляции молекулами и наноструктурами на поверхности эпидермальных материалов;

D.A.Muzychenko, K.Schuurbs, S.V.Savinov, N.S.Maslova, V.I.Perov, C. Van Haesendonck, J.Nanosci. Nanotechnol. 9, 1, (2009)

A.I.Dmitriev, S.I.Dmitriev, N.S.Maslova, V.N.Mantsevich, P.I.Arseyev, Phys.D:Lett.Lett.Appl.Phys.Lett., 101, accepted for publication, (2012).

A.I.Dmitriev, S.I.Dmitriev, N.S.Maslova, V.N.Mantsevich, S.V.Savinov, V.N.Ryzhov, D.V.Kozlov-Lugin, JETP Letters, 94, 561, (2011)

A.I.Dmitriev, S.Z.Bakhtiari, V.N.Mantsevich, S.I.Dmitriev, S.V.Savinov, V.N.Ryzhov, JETP Letters, 95, 746 (2012).

A.I.Dmitriev, S.I.Dmitriev, N.S.Maslova, V.N.Mantsevich, S.V.Savinov, V.N.Ryzhov, D.V.Kozlov-Lugin, Appl.Phys.Lett., 101, accepted for publication, (2012).

лаборатория СПОНТАННОГО ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА

http://spdc.phys.msu.ru

руководитель
проф., д.ф.-м.н. А.Н. ПЕНИН

состав
5 сотрудников
4 аспиранта
5 студентов

ключевые слова
фотон
квантовая оптика
параметрическое преобразование
терагерцовое излучение
корреляционная спектроскопия
нелинейные фотонные кристаллы

Слева направо: К.А.Кулешов, Г.Ш.Шехватов, Г.Х.Китаева, А.Н.Тучин, И.Н.Агафонов, М.В.Чехова, Е.Д.Полякова, О.А.Шумилова, А.Н.Пенин

Наши исследования так или иначе связаны с эффектом спонтанного параметрического рассеяния (СПР) света. Этот уникальный эффект (предсказанный в 1967 г. сотрудником кафедры Д.Н.Клышко) определил развитие двух направлений в современной физике: *квантовой оптики* и *спектроскопии рассеяния света поляритонов*.

Первое из них основано на том, что при СПР фотоны излучаются только парами (т.н. биФотоны). Т.о. характеристики корреляции фотон из пары, можно с достоверностью предсказать по свойствам второго фотона. Это позволяет, в факт имеет в основе оптической разновидности парадокса Эйнштейна-Подольского-Розена.

Последние годы внимание к квантовой оптике существенно стало *практическим информационным технологиям*. Это – приготовление, преобразование и измерение специфических состояний света, как раз так, с помощью которого А.Эйнштейн пытался опровергнуть квантовую механику. Такой квантовой свет исследуется в связи с квантовой криптографией, передачей и хранением информации, квантовой телепортацией и пр.

Уникальным решением обладает оптический **абсолютный измеритель фотонов**, который позволяет определять число фотонов в отличие. Проводятся исследования в этой области были выполнены в нашей лаборатории.

Для второго направления важно, что при СПР свет рассеивается на акустических флуктуациях электромагнитного поля. Такие флуктуации есть на всех частотах, в т.ч. и тех, где вещество совершенно непрозрачно – и именно там трансформируются основные свойства вещества. Так можно измерить оптические свойства кристалла в дальней инфракрасной области спектра безо всяких источников и приемников этого невидимого света. «Источником» служат акустические флуктуации поля, а «приемником» – обычный фотодиод/ПЗС. Этим методом в лаборатории исследуются современные перспективные материалы, в т.ч. нелинейные фотонные кристаллы, предназначенные для генерации и детектирования терагерцового излучения.

Терагерцовый диапазон частот (на границе радио- и оптического диапазонов), до последнего времени был мало освоен физиками. Сейчас перспективы развития этого диапазона связываются с поиском новых объектов, томографии и распознавания материалов – привлекает все больше внимания. Для создания дробных источников и приемников в этом диапазоне мы предлагаем новые методы преобразования частоты лазерного излучения в нелинейных кристаллах. Для решения этих задач мы перенесли в эту область чистот идеи квантовой оптики, создать генераторы связанных пар оптических и терагерцовых фотонов.

Исследования ведутся совместно с ФИ РАН, ИОФ РАН, ИПМ РАН, МИРТИ, национальным университетом Сингапура, Китая и Тайваня, метрологическим институтом (Турин), институтом Макса Планка (Германия) идр.

Лаборатория поддерживает тесные связи с институтами РАН, постоянно сотрудничает с зарубежными лабораториями (ЕЦА, г. Лаваль-Бельгия; Технолог. г. Сандай-Японие; TUM г. Мюнхен-Германия и др.).

Распределение выпускников лаборатории:

Аспирантура физфака и института РАН, работа в аспирантуре за границей (Австралия, Италия, Германия, Сингапур)

лаборатория ЛАЗЕРНОЙ БИОФОТОНИКИ

http://lbf.phys.msu.ru

руководитель
проф., д.ф.-м.н. В.В. ФАДЕЕВ

Лаборатория образовалась в 1965 году, одновременно с созданием кафедры и возникновения процессов. Руководитель лаборатории – ученик основателя кафедры Рема Викторовича Хохлова. В соответствии со стратегической установкой Р.В.Хохлова лаборатория несколько раз круто меняла направление научных исследований, оставаясь в русле лазерной физики – нелинейной оптики и лазерной спектроскопии: параметрическое усиление и параметрическая генерация света, отличающиеся параметрическое рассеяние света (1965-1967 гг.); перестраиваемые по частоте ЛФ (1968-1970 гг.); нелинейная спектроскопия (1970-1975 гг.); лазерная спектроскопия водных сред (с 1975 г.). Сейчас заканчивается начатое несколько лет назад формирование очередного направления исследований – *лазерная биофотоника*, в котором он основе оригинальных лазерных методов, развитых в лаборатории, изучается фотобиологические процессы в сложных молекулярных комплексах, исследуются возможности *приложений полученных в таких* исследованиях новых фундаментальных знаний в биологии, медицине, экологии.

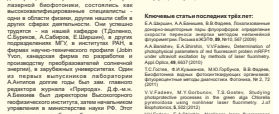
В настоящее время в лаборатории разрабатываются следующие фундаментальные и прикладные задачи:

Создание моделей, описывающих динамику переходов между энергетическими уровнями молекул при возбуждении лазерным излучением, их экспериментальная верификация и определение входящих в них *фотофизических параметров* для объектов разных классов, в первую очередь, биологических.

Перевод от фотофизических параметров к *структурным характеристикам объектов*: конформациям белков, организации супрамолекулярных систем – структурированных (белковых, ферментативных и пигмент-белковых комплексов) и неструктурированных. Особое внимание уделяется внутри- и межмолекулярному переносу энергии электронного возбуждения как ключевым эффектам, позволяющим переходить от фотофизических параметров к структурным характеристикам сложных объектов.

Биоинформация: использование фотоуправляющих микроскопов (в частности, фотоуправляемых белков) в качестве *дескрипторов и информаторов* состояния их окружения. Такие дескрипторы могут быть выгодны на решение любых биотехнических и экологических задач. Одна из таких междисциплинарных задач, решение которой приступила лаборатория, – нелинейная лазерная диагностика разных клеток и образований на ранних стадиях их формирования.

Исследование механизмов влияния показных факторов (механизмов рассеяния на поверхности наночастиц, поле лигандов и т.д.) на характеристики фотоуправления (в частности, «усиление» фотоуправления) и фотофизические параметры органических и неорганических соединений. Разработка, на основе результатов этих исследований, высокочувствительных лазерных методов медицинской диагностики и экологического мониторинга, контроля процессов деятельности природных вод, контроля процессов метрологии для добычи радиоуглеродов и др.



Аспиранты первого курса в своего постера на конференции в Пирине, 2012г.

Ключевые статьи последних трёх лет:

А.А.Ежов, А.А.Ежов, Ф.Ф.Ахмадиев, Ф.Ф.Ахмадиев, Ф.Ф.Ахмадиев