

Главные научные достижения Физического факультета МГУ за последние 5 лет

ОТДЕЛЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Кафедра биофизики

1. Введение в биофизику и развитие представлений о макромолекулярных машинах как физической основе функционирования биологических каталитических, энергопреобразующих, транспортных и сократительных систем.

2. Первое воспроизведение колебательной химической реакции Б.П.Белоусова, первые исследования автоволн в химической активной среде, ставшие экспериментальной и теоретической основой многих направлений современной синергетики.

Развиты экспериментальные подходы и новые теоретические представления о механизмах преобразования энергии в электрон-транспортных системах окислительного фосфорилирования и фотосинтеза.

3. Предложена, разработана и экспериментально обоснована принципиально новая гипотеза, касающаяся происхождения жизни на Земле, согласно которой возникновение термодинамически неравновесных дискретных предшественников живых клеток связано с «холодной» поверхностной пленкой мирового океана, где возникли ионная и хиральная асимметрии, свойственные живым клеткам.

4. С помощью изучения изотопных эффектов D_2O показан вклад явлений гидратации-дегидратации в ионную селективность ионных насосов мембран, выявлена роль воды в термостабильности белков. Показано, что люминесценция разбавленных водных растворов характеризует их коллективные свойства. Построены гипотетические неэвклидовы структуры воды, отличающиеся от кристаллографических. Показано изменение физических свойств воды при слабых воздействиях электромагнитных полей и в присутствии сверхмалых концентраций примесей.

5. Предложена и экспериментально обоснована принципиально новая автоволновая гипотеза свертывания крови. Развиты математические модели периодических режимов в ферментативной кинетике, метаболических процессов в ходе иммунного ответа.

6. Развиты новые представления о хиральной безопасности биосферы, сталкивающейся с мощным потоком хиральных поллютантов, формируемых современной промышленностью.

Кафедра общей физики

1. Получены аналитические формулы, позволяющие проанализировать пространственно-временное распределение светового поля при нестационарной дифракции как коллимированных, так и сфокусированных световых пучков. Предложен механизм возникновения сверхбыстрых электронов, генерируемых лазерной плазмой. Обнаружена и исследована высокая чувствительность второго максимума энергоспектров атомов, распыленных с поверхности кристалла под действием ионной бомбардировки, к структуре и магнитному состоянию мишени. Предложена идея создания микроскопа с разрешением в один атомный слой, способного анализировать атомы второго слоя через полностью заполненный

поверхностный слой атомов кристалла. Найдены профили импульсов и исследована устойчивость распространения последовательности импульсов.

2. Предложена методика определения размеров субмикронных микрокристаллитов в гетерофазных системах, которая позволяет бесконтактным неразрушающим способом определять параметры наноструктур размером менее 30 нм.

3. В спектрах ФО гетероструктур с квантовыми ямами на основе GaAs/AlGaAs, зарегистрированных при комнатной температуре, обнаружены линии, связанные с межзонными переходами в области квантовой ямы с участием уровней размерного квантования электронов и дырок. Обнаружено расщепление спектральных линий в спектрах ФО двойных квантовых ям. Наблюдаемое расщепление объяснено в рамках модели молекулы водорода.

4. Установлены механизмы внутримолекулярного переноса энергии электронного возбуждения нового класса органических красителей-азометинов-бифлуорофоров.. Впервые получены спектры генерации растворов новых синтезированных красителей на основе краун-эфиров, определены величины порогов и энергий генерации. Найдены условия для лазерной генерации водно-полиэлектролитных растворов красителей родамина 6Ж и повышения ее эффективности в несколько раз. Тем самым была создана новая эффективная лазерная среда. Установлено, что коротковолновая полоса в спектре лазерного излучения родамина 6Ж есть вынужденное излучение мономерных молекул красителя, а длинноволновая – вынужденное излучение его ассоциатов, которое происходит в результате безызлучательного переноса энергии с возбужденным мономером на эти ассоциаты. Установлен фрактальный характер таких структур в заряженных полимерных сетках. Обнаружено влияние величины знака и расположения зарядов в таких системах на эффективность процесса переноса энергии возбуждения, показано, что этот процесс обусловлен фрактальным распределением взаимодействующих молекул.

5. Проведена апробация формализма методов “реставрации и повышения качества изображений” для случая обнаружения и исследования новой разновидности фазовых переходов – перехода “парамагнетизм – индуцированный суперпарамагнетизм”. Методами мессбауэровской спектроскопии получены экспериментальные подтверждения аномально большого ангармонизма колебаний атомов в составе наночастиц не только на параметры решетки Браве, но и на свободные параметры структуры.

6. Обнаружены эффект Гольданского - Карягина на ядрах ^{119}Sn в сплавах системы $\beta\text{-Mn-Sn-Fe}$ и соединении $\text{Cu}_5\text{Sn}_2\text{S}_7$, эффект стабилизации во внешних слабых магнитных полях сверхтонкой магнитной структуры ядер ^{57}Fe в железосодержащем геле и термическая стабильность неоднородного распределения фаз по глубине в слоистой системе Fe-Be.

7. Впервые получена информация об особенностях переходных процессов в плёнках феррит-гранатов. Впервые наблюдались свободные колебания намагниченности (на частоте $\sim 800\text{-}1500$ МГц), вызываемые перепадом плоскостного поля, перпендикулярного одной из осей двухосной анизотропии. Установлено существование в магнитных многослойных структурах сверхобменного взаимодействия, приводящего к антиферромагнитному упорядочению при определённых соотношениях толщин слоёв ферромагнетика и парамагнетика.

Кафедра молекулярной физики

В области физической газодинамики.

Основным объектом изучения является неравновесный газ в сильных ударных волнах, разрядной плазме и в областях, нагретых лазерным излучением.

Разработана теория гидродинамических мод, на основе которой найдены критерии усиления звука в плазме, определены условия возникновения конвективной самоорганизации в колебательно-неравновесном газе и получены критерии устойчивости волн релаксации.

Установлены условия резонансного взаимодействия звуковых волн с ударными и с компактными неравновесными областями.

Предложен метод расчета констант скоростей химических реакций в области температур, представляющих интерес в газодинамике

Исследован механизм физических процессов, сопровождающих изменения состояния вещества при ударно-волновых нагрузках.

Обнаружено явление самолокализации потока плазмы в сложном газодинамическом течении, предложен принцип управления потоками газа и плазмы на основе явления самолокализации.

Предложен и используется метод визуализации нестационарных пространственных течений импульсным объемным разрядом с преионизацией УФ излучением от плазменных листов.

В области физики жидкости:

Обнаружен и подробно исследован физический механизм воздействия токсичных тяжелых металлов на различные биосистемы, в частности, на белки сыворотки крови.

Открыто новое физическое явление – образование макромолекулярных белковых кластеров в растворах белков, содержащих ионы тяжелых металлов, что позволило понять физический механизм воздействия ионов тяжелых металлов на белки сыворотки крови.

Изучены условия образования и разрушения надмолекулярных структур – дипольных кластеров в растворах белков под воздействием ионов различного радиуса и молекулярного веса.

Исследовано воздействие различных параметров среды (рН, ионная сила, концентрация и температура) на процесс образования белковых кластеров.

Обнаружен скачок на температурной зависимости адиабатического термического коэффициента давления жидкого цезия при температуре 590К, свидетельствующий о наличии у него фазового перехода в жидкой фазе вдали от критической точки. Создана оригинальная установка для прецизионных измерений коэффициента теплового расширения жидкостей.

В области физики реальных кристаллов:

Выполнен цикл исследований свойств реальных кристаллов в условиях, когда адиабатический квантовомеханический принцип неприменим.

Установлены закономерности изменений неупругих свойств полупроводниковых кристаллов CdS (фотоакустический и акустопластический эффекты) под действием света и ультразвука (магнитоакустический и магнитопластический эффекты).

Кафедра общей физики и молекулярной электроники

На кафедре проводятся экспериментальные и теоретические исследования электронных и оптических явлений в ансамблях полупроводниковых и диэлектрических наночастиц (частиц с размерами $(1-10) \times 10^{-9}$ м).

В последние годы показано, что в результате наноструктурирования исходно изотропные и однородные твердые тела приобретают свойства анизотропных двулучепреломляющих кристаллов. При определенных условиях в ансамблях наночастиц наблюдается эффект поляризации фотонов. Системы, содержащие кремниевые нанокристаллы могут быть использованы как при создании лазеров нового поколения, так и при разработке новых лекарственных препаратов.

Кафедра математики

За последние 10 лет профессорами кафедры математики А.Б.Васильевой, В.Ф.Бутузовым, Н.Н.Нефедовым и их учениками получены фундаментальные результаты в исследовании нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих различные процессы (физические, химические, биологические) с резкими пространственно-временными переходами (переходными слоями). Разработанный метод позволяет определить положение переходного слоя, описать его формирование и эволюцию во времени, ответить на вопрос о его устойчивости. Эти результаты отмечены научной наградой МГУ – Ломоносовской премией 1-й степени на 2003 год.

ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Кафедра физики твердого тела

Основные направления научных исследований в последние годы состоят в развитии новых методов рентгеноструктурного и мессбауэро-структурного анализа идеальных и реальных кристаллов и их применения для изучения фазовых превращений и подсистем дефектов в металлах, сплавах, полупроводниках и многослойных пленках, новых экспериментальных и теоретических методов изучения процессов эволюции и самоорганизации реальных кристаллов и их электронной структуры и применение этих методов для исследования неравновесных конденсированных систем (например, гидrogenизированных металлов и сплавов) и поверхностных слоев.

Наиболее значимые результаты последних лет:

а). Обнаружено явление немонотонной структурной эволюции в неравновесных системах металл-водород, в том числе – дискретной (прыжковой) эволюции структуры и предложена синергетическая модель этого явления (Кацнельсон А.А., Ревкевич Г.П., Авдюхина В.М., Олемской А.И.).

б). Обнаружено явление внутренней магнитострикции в редкоземельных интерметаллидах и установлен его атомно-ионный механизм (Илюшин А.С.).

в). Развита основы теоретических методов мессбауэровской гамма-оптики и зеркального отражения рентгеновских лучей, в том числе метод дифракционной спектроскопии кристаллов и многослойных пленок, в котором дифракционные спектры ядерно-резонансного и рентгеновского резонансного рассеяния вблизи краев поглощения формируются в условиях дифракционного или зеркального отражения, связанного с интерференцией отдельных составляющих спектра, что открывает возможности селективных по глубине исследований атомной и магнитной структуры (Кузьмин Р.Н., Бушуев В.А., Андреева М.А., Овчинникова Е.Н.).

г). Создана волновая теория реконструкции трехмерного внутреннего строения слабопоглощающих некристаллических, в том числе медико-биологических, объектов по данным рентгеновской фазоконтрастной томографии, в основе которой лежит явление преломления рентгеновских лучей, и которая характеризуется повышением в десятки раз контраста изображения и снижением дозы поглощенной радиации на 1-2 порядка (Бушуев В.А., метод защищен патентом РФ);

д) Развита методика молекулярной динамики и расчетов электронной структуры из первых принципов, позволившие изучать процессы формирования адатомных наноструктур на поверхности металлов и предсказывать физические свойства поверхностных наноструктур (Кацнельсон А.А., Степанюк В.С.).

Кафедра общей физики и магнитоупорядоченных сред

1. В сегнетомагнетике BiFeO_3 обнаружено в сильном магнитном поле (~200 кЭ), разрушающей модулированную структуру, возникновение слабого ферромагнетизма магнитоэлектрической природы, а также линейного магнитоэлектрического тензора и тороидального упорядочения. В монокристаллах RMn_2O_5 вскрыта природа спонтанных и индуцированных сильным магнитным полем фазовых переходов, сопровождаемых кардинальным изменением электрической поляризации и магнитострикции.

2. Разработан метод исследований аномалий теплофизических свойств тонких сегнетоэлектрических плёнок на подложках. На модельном сегнетоэлектрике – титанате бария – исследованы фазовые переходы в тонких поликристаллических плёнках, впервые установлена зависимость температуры фазового перехода, теплоёмкости, спонтанной поляризации от толщины плёнки и размеров кристаллитов.

3. Исследованы магнитная анизотропия и спин-переориентационные переходы (СПП) в монокристаллах редкоземельных интерметаллических соединений $(\text{RR}')(\text{FeCo})_{14}\text{B}$ и $(\text{RR}')(\text{FeCo})_{11}\text{Ti}$ и их гидридах. Обнаружены СПП, индуцированные магнитным полем и перебросом вектора намагниченности из потенциальных минимумов магнитной анизотропии (МА). Установлено, что температура СПП определяется конкуренцией МА и 3d- и 4f- подрешеток. Построены магнитные фазовые диаграммы и обнаружено сильное влияние СПП на магнитострикцию и намагниченность. Исследованы гидриды монокристаллов этих соединений и установлено влияние квадрупольного момента РЗ ионов, атомов внедрения и кристаллической решетки на СПП в гидридах РЗ соединений.

4. Проведены исследования магнитных, магнитокинетических свойств, ЯГР и спинового эхо в наноразмерных гетероструктурных магнитных системах. В спинтуннельных переходах на основе полуметаллических сплавов Гейслера обнаружены рекордные значения магнитосопротивления, составляющие 240% при температуре 35К и в магнитном поле 50 Э. В магнитных сверхрешетках Fe/Be, Fe/Ta и др. определены параметры косвенного обменного взаимодействия между слоями F, осциллирующие в зависимости от толщины немагнитных слоев, и обнаружены аномально высокие значения локальных магнитных моментов ионов Fe, обусловленные гигантскими орбитальными вкладами ионов Fe, находящихся в локальных состояниях с пониженной размерностью.

5. В результате комплексных исследований ян-теллеровских (ЯТ) систем различной природы обнаружен эффект усиления магнитострикции до гигантских величин и существенные вклады в магнитные свойства, обусловленные ЯТ взаимодействием, открыты новый тип структурных ЯТ переходов и эффект пересечения уровней (кроссовер) и их проявление на магнитных характеристиках,

выявлена роль конкурирующих ЯТ взаимодействий и более слабых ЯТ мод в смешанных системах.

6. Обнаружен эффект возбуждения магнитной подрешетки изинговских редкоземельных антиферромагнетиков тепловым "ударом" в области гелиевых температур и впервые исследован процесс низкотемпературной релаксации по измерениям магнитострикции.

7. Впервые обнаружено аномальное отрицательное тепловое расширение в области гелиевых температур для ряда образцов высокотемпературных сверхпроводников, что является новым важным фактом для понимания механизма возникновения высокотемпературной сверхпроводимости.

Кафедра физики низких температур и сверхпроводимости

В 2003-2004 гг. научной группой проф. А.Н.Васильева проведено исследование магнитных, тепловых и структурных свойств соединения LiCu_2O_2 . Особенностью этого соединения является смешанная валентность меди – магнитные Cu^{2+} и немагнитные Cu^{1+} ионы содержатся в равной пропорции. Это соединение обладает орторомбической $Pnma$ структурой, в которой ионы меди разной валентности занимают различные кристаллографические позиции, в частности, Cu^{2+} ионы в окружении пяти ионов кислорода формируют двойные цепочки пирамид Cu^{2+}O_5 вытянутые вдоль оси b . На температурной зависимости магнитной восприимчивости LiCu_2O_2 наблюдается широкий максимум при $T \sim 36$ К, характерный для низкоразмерных магнетиков, и спад при дальнейшем понижении температуры, вызванный установлением антиферромагнитного порядка при $T_C = 22.5$ К. Нейтронографические исследования позволили расшифровать низкотемпературную магнитную структуру LiCu_2O_2 . При $T < 22.5$ К в двойных цепочках Cu^{2+} формируется несоизмеримая с решеткой спиральная спиновая структура, характеризующаяся вектором $(0.5, \zeta, 0)$, где $\zeta = 0.174$. В системах, содержащих квазиодномерные цепочки магнитных ионов с фрустрированными взаимодействиями между ближайшими соседними ионами (J_{NN}) и следующими соседями (J_{NNN}), магнитная структура основного состояния сильно зависит от соотношения $\alpha = J_{NNN}/J_{NN}$. В случае $\alpha > 0.25$ при низких температурах формируется спиральная спиновая структура, а в области $\alpha_C \approx 0.24 < \alpha < 0.5$ система переходит в немагнитное основное состояние, отделенное от возбужденных щелью в спектре магнонов (состояние спиновой жидкости). Исследования теплоемкости и теплового расширения LiCu_2O_2 показали, что переход в основное состояние происходит в два этапа. На температурных зависимостях термодинамических параметров наблюдаются две аномалии при близких температурах $T_C = 22.5$ К и $T_1 = 24$ К, хотя по магнитной восприимчивости регистрируется только T_C . Возможно, установлению спирального магнитного порядка предшествует структурный фазовый переход.

В научной группе проф. Я.Г.Пономарева впервые обнаружено неупругое туннелирование куперовских пар в c - направлении в джозефсоновских ВТСП контактах, сопровождающееся эмиссией раман-активных оптических фононов в диапазоне частот до 20 ТГц. Впервые обнаружен скейлинг сверхпроводящей щели и критической температуры у допированных монокристаллов $\text{Bi-2201}(\text{La})$, $\text{Bi-2212}(\text{La})$ и Hg-1201 . Впервые подробно исследован внутренний эффект Джозефсона в ультратонких (до 30 нм) допированных $\text{Bi-2212}(\text{La})$ монокристаллических слоях и выявлен сильный вклад s - симметричной компоненты в симметрию параметра порядка. Подробно исследованы электромагнитные свойства джозефсоновских ВТСП контактов и определены такие важные характеристики, как скорость распространения электромагнитной волны в контакте, "электрическая" толщина контактов и поверхностное сопротивление сверхпроводящих берегов. Впервые в

двухзонном сверхпроводнике MgB_2 обнаружена низкочастотная леггеттовская плазменная мода, являющаяся следствием малых флуктуаций относительной фазы параметров порядка двух сверхпроводящих конденсатов. Впервые подробно исследовано влияние допирования на сверхпроводящие щели в системе $Mg_{1-x}Al_xB_2$.

В научной группе проф. В.А.Кульбачинского открыт и исследован новый класс разбавленных полумагнитных полупроводников на основе теллурида висмута с ферромагнетизмом. Показано, что легирование в небольшом количестве теллуридов висмута или сурьмы магнитной примесью приводит к появлению ферромагнетизма только в материалах с дырочной проводимостью, и повышает термоэдс материала. Обнаружен переход «квантовый эффект Холла – холловский изолятор» в структурах с квантовыми точками и режим прыжковой проводимости. Показано, что длина прыжка превышает размеры квантовой точки и коррелирует с размером кластеров квантовых точек. Обнаружена замороженная фотопроводимость в структурах с квантовыми точками, исследована ее релаксация. Предложен новый механизм релаксации фотопроводимости в структурах с квантовыми точками.

Синтезирован ряд новых высокотемпературных сверхпроводящих гетерофуллеридов переходных металлов состава K_2MC_{60} ($M=Fe^{+2}, Fe^{+3}, Ni^{+2}, Cu^{+2}, Co^{+2}, V^{+2}, Cr^{+3}$). Проведены комплексные исследования физических свойств синтезированных образцов: рентгенография, Мессбауэровская спектроскопия, исследования магнитной восприимчивости и намагниченности, спектров комбинационного рассеяния света, электронного парамагнитного резонанса.

Научной группой проф. Д.Р.Хохлова в сплавах $Pb_{1-x}Sn_xTe(In)$ обнаружена задержанная фотопроводимость при монохроматическом возбуждении на длинах волн 176 и 241 мкм. Длина волны 241 мкм является рекордно высокой для фотонных приемников излучения. Максимальная длина волны, соответствующая красной границе фотоэффекта фотонных приемников излучения ранее составляла 220 мкм. В $PbTe(Yb,Mn)$ обнаружен эффект гигантского отрицательного магнитосопротивления, составляющего около 3 порядков величины в области гелиевых температур. Эффект связан с особенностями электронного транспорта по примесной зоне в области низких температур

В научной группе проф. Е.П.Скипетрова установлено, что легирование твердых растворов на основе $PbTe$ иттербием превращает эти материалы в разбавленные магнитные полупроводники (РМП) и приводит к стабилизации уровня Ферми глубоким уровнем иттербия. Обнаружены переходы типа металл-диэлектрик и построены диаграммы перестройки энергетического спектра носителей заряда при изменении состава матрицы, концентрации примеси и под давлением. Обнаружен переход части ионов иттербия из немагнитного состояния в магнитное в результате перестройки энергетического спектра носителей заряда и объяснена кинетика формирования магнитных ионов иттербия при увеличении содержания примеси. Показано, что магнитные свойства примесных РМП на основе теллурида свинца определяются не столько количеством введенной магнитной примеси, сколько параметрами электронной структуры, в частности, взаимным расположением уровня Ферми, разрешенных и примесной зон, которое зависит от состава матрицы и давления.

Доцентом В.С.Ржевским исследованы динамические свойства негейзенберговского биквадратичного взаимодействия, характерного для слоистых магнитных систем. Впервые обнаружена (совм. с доктором Б.Эссером, Гумбольдтский университет, Германия) гиперболическая неустойчивость системы векторов намагниченности слоев, обусловленная биквадратичным взаимодействием, которая при определенных условиях модифицирует релаксацию и режимы динамического переключения конфигурации системы.

Доктором физико-математических наук В.Л.Седовым установлено, что позитроны, захватываемые микрополостями в ВТСП образуют внутри них атомы позитрония (P_s). Эти атомы P_s интенсивно взаимодействуют с электронами, образующими микрополость. Взаимодействие осуществляется путем виртуальных процессов распада $P_s \rightarrow e^+ + e^-$. Экспериментальные исследования температурной зависимости времени жизни таких атомов P_s позволяют изучать характеристики сверхпроводящего состояния ВТСП.

Кафедра магнетизма

Кафедра магнетизма физического факультета МГУ является ведущим в России научным коллективом в области физики магнитных явлений. На кафедре ведутся работы по всем актуальным проблемам магнетизма, включая как фундаментальные исследования, так и исследования новых перспективных материалов, материалов спинтроники, магнитных сенсоров, магнетизма биологических объектов.

В 1999 году кафедрой магнетизма впервые был организован и успешно проведен Московский Международный Симпозиум по Магнетизму, ставший регулярной крупнейшей международной конференцией по магнетизму, проводимой в России.

Среди важнейших научных достижений кафедры магнетизма за последние 5-7 лет следует отметить следующее.

Построена теория взаимного влияния конкурирующих явлений таких как ферромагнетизм-сверхпроводимость в гетероструктурах ферромагнетик/сверхпроводник. Впервые решены уравнения Горького для этой структуры при использовании обоснованного предположения об определяющей роли s-d рассеяния в грязном ферромагнитном металле. Показано, что для определенных толщин сверхпроводника, помещенного между двумя ферромагнитными металлами, сверхпроводник может быть переведен из сверхпроводящего в нормальное состояние при приложении к системе слабого (20 Эр) магнитного поля, что открывает возможность создания идеального токового вентиля, управляемого магнитным полем

Впервые развита теория магниторефрактивного эффекта в гранулированных сплавах с туннельным магнитосопротивлением. Выполнены экспериментальные исследования этого эффекта для целого ряда систем в широком диапазоне спектра. Показано, что магниторефрактивный эффект в этих структурах может быть на 2 порядка больше традиционных магнитооптических явлений. Это открывает возможности для создания нового класса управляемых магнитным полем оптических устройств.

Установлены особенности микромагнитной структуры (равновесного распределения намагниченности), локальных магнитных свойств и процессов намагничивания аморфных лент и микропроволок, объемных аморфных сплавов, а также тонкопленочных магнитных систем на основе железа и кобальта. Изучено влияние условий приготовления, термической обработки и растягивающих напряжений на приповерхностную микромагнитную структуру, магнитостатические и динамические свойства аморфных лент и микропроволок. Впервые для нанокристаллических сплавов, полученных с помощью отжига аморфного прекурсора, наблюдаются приповерхностные инвертированные петли гистерезиса. Впервые исследовано влияние квантовых размерных эффектов на магнитные и магнитооптические свойства ультратонких магнитных пленок.

Впервые экспериментально обнаружены антиферромагнитные вихри (АФМВ) на доменных границах ортоферритов. Исследованы их динамические свойства и соударения. При резком локальном торможении сверхзвуковой ДГ ортоферритов на ней возникает пара антиферромагнитных вихрей (АФМВ). Эти вихри движутся в противоположные стороны с равными по абсолютной величине скоростями и сопровождаются уединенными изгибными волнами. Они отстают как целое от ДГ, имеют очень резкие передние и затянутые задние фронты. С ростом скорости ДГ скорость АФМВ вдоль ДГ нелинейно возрастает, достигает максимума, а затем уменьшается по закону $u^2 + v^2 = c^2$. Здесь v – скорость ДГ, u – скорость АФМВ вдоль ДГ, c – предельная скорость ДГ равная скорости спиновых волн на линейном участке их закона дисперсии и равная 20 км/с для YFeO_3 . Полная скорость АФМВ при этом нелинейно возрастает и насыщается на уровне равном c . Положение максимума на зависимости $u(v)$ с ростом топологического заряда АФМВ смещается в область более высоких скоростей v . Таким образом, АФМВ является квазирелятивистским на квазирелятивистской доменной границе ортоферрита иттрия.

Совместно с химиками ГНИИХТЭУСа создан и запатентован новый класс магнитоупругих материалов, названный магнитоэластиками. Эти материалы характеризуются большой величиной магнито-деформационного эффекта, который состоит в изменении формы и размера образцов (до 200-300% от первоначального размера) в магнитном поле. Созданы образцы, изменяющие свои вязко-упругие механические свойства под действием внешнего магнитного поля, при этом декремент затухания может изменяться в несколько раз, а модуль Юнга на 1-2 порядка. Предложена теоретическая модель, описывающая изменение формы сферического магнитоэластика. Эти работы поддержаны международным фондом НАТО «Наука для мира». Никитин Л.В. является со-руководителем этого проекта от России.

Впервые обнаружено необратимое изменение свойств аморфных материалов при охлаждении с большой скоростью до азотных температур (криообработке), связанное с изменениями в структуре аморфных сплавов при низкотемпературном отжиге и криообработке. Получен патент РФ на соответствующий метод улучшения магнитных свойств аморфных сплавов. Разработаны методы оценки чувствительности магнитных датчиков на основе ГМИ по результатам магнитостатических исследований. Предложены новые типы датчиков, в частности, на основе композитного микропровода, состоящего из немагнитного проводника, покрытого магнитномягким слоем. Установлено, что чувствительность датчиков на основе такого материала может на два порядка превышать чувствительность элементов на основе аморфного микропровода. Обнаружено влияние магнитного поля на величину электрохимического потенциала ряда ферромагнитных материалов.

Впервые (совместно с кафедрой биофизики биофака МГУ, лабораторией интер-ферометрии МИРЭА и ООО Лабораторией «Амфора») разработано применение метода динамической фазовой микроскопии (ДФМ) для исследования биологических микрообъектов. Впервые установлено наличие характерного частотного спектра изменения оптической плотности примембранной и цитоплазматической областей для одинаковых типов клеток - нейронов некоторых животных. Впервые обнаружено влияние компенсации постоянных составляющих магнитного поля Земли (МПЗ) на характер спектров, приводящее к смещению и исчезновению ряда частот спектра. Методом комбинационного рассеяния впервые (КР) обнаружено изменение конформации молекул каротиноидов в клетке под действием компенсации постоянной составляющей МПЗ. На основе методов ДФМ и КР, разработана уникальная методика исследования влияния магнитных полей, моделирующих воздействие магнитных бурь на биологические микрообъекты в земных условиях.

Кафедра физики полимеров и кристаллов

1. Исследования в области физики полимеров

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор А.Р.Хохлов

Развит новый подход к созданию полимерных функциональных наносистем, уникальные свойства которых определяются последовательностью мономерных звеньев в макромолекулярной цепи. Новое направление получило название «Конформационно-зависимый дизайн последовательностей в полимерных системах». Основные задачи нового направления - создание новых синтетических полимеров с контролируемым поведением и попытка понять принципы эволюции последовательностей биологических макромолекул на ранних стадиях эволюции.

Разработаны теоретические основы статистической химии и физики полимеров в применении к изучению химической структуры некоторых новых классов линейных гетерополимеров и термодинамических свойств их расплавов и растворов

Теоретически и экспериментально исследовано поведение ассоциирующих полимеров, способных к самоорганизации. Показано, что конкуренция гидрофобных и электростатических взаимодействий в разбавленных растворах приводит к образованию кластеров оптимальных размеров, развито понятие аномального гелеобразования. Исследование образования гелей в растворах ассоциирующих полимеров имеет не только фундаментальное, но и прикладное значение, в частности, для блокирования поступления воды в нефтяную скважину. Определено оптимальное содержание гидрофобных ассоциирующих групп в полимерах, позволяющее получить наиболее прочные и устойчивые физические гели. Разработан оригинальный метод, позволяющий сделать гелеобразование селективным.

Разработаны общие принципы создания композитов на основе редкосшитых полимерных гелей. Исследованы структура и свойства композитов на основе полимерных гелей и 1) глин, 2) металлических наночастиц, 3) красителей. Проанализировано молекулярное состояние иммобилизованных в геле соединений. Определены параметры, позволяющие контролировать конформационное состояние гелей, и молекулярное состояние иммобилизованного соединения.

Методом совместного осаждения из растворов солей железа впервые получены магнитные полиакриламидные гели с включенными частицами магнетита. Методами электронографии и просвечивающей электронной микроскопии исследована структура частиц. Изучены свойства магнитных гелей.

2. Механизм и кинетика кристаллизации в растворе

Научный руководитель - профессор, д.ф.-м.н. Л.Н.Рашкович

Показано, что для кристаллов белков характерна малая плотность изломов, на полтора – два порядка меньшая, чем для хорошо растворимых неорганических кристаллов. Ступени застраиваются порядно и перемещаются путем образования одномерных зародышей. Измерена статистика расстояний между изломами, скорость их образования и движения.

Экспериментально обнаружено, что при малой плотности изломов длина стороны полигонального двумерного критического зародыша при не слишком малых пересыщениях может быть меньше расстояния между изломами. В результате из-за флуктуаций расстояния между изломами время, необходимое для образования нового сегмента дислокационной спирали, существенно варьирует, что приводит к непостоянству скорости роста кристалла даже при постоянных внешних условиях;

Исследование флуктуаций скорости движения участков ступеней на всех четырех изученных кристаллах показало, что они нарастают пропорционально корню четвертой степени от времени. Этот важный и новый результат позволяет

рассчитать ряд микроскопических параметров процесса, например обменный ток на изломе (частота присоединения и отрыва строительных единиц в условиях равновесия)

Изучение формирования полигональных дислокационных спиралей показало, что, начав движение, новый сегмент спирали движется с постоянной скоростью. Следовательно, не термодинамический закон Гиббса-Томсона, а кинетические эффекты являются основными в процессе кристаллизации. Это заставляет по-новому подойти к расчетам расстояния между витками спирали, крутизны дислокационных холмов и зависимости скорости роста от пересыщения раствора;

Изучалась проблема кинетического сглаживания - уменьшения плотности изломов с ростом пересыщения. Возможность этого связана с тем, что скорость аннигиляции изломов растет с увеличением пересыщения, а скорость образования новых изломов определяется тепловыми флуктуациями и от пересыщения не зависит

Получены периодически поляризованные кристаллы ниобата лития с плоскими границами доменов и высокой стабильностью периода (4 мкм)- 2% на длине более 10 мм. Элемент из такого кристалла был использован для сложения частот лазерной генерации и полупроводниковой накачки, на выходе из кристалла было зарегистрировано излучение волны суммарной частоты.

3. Новые сегнетоэлектрические кристаллы.

Научный руководитель - вед.научн.сотр., д.ф.-м.н. В.И.Воронкова и В.К.Яновский

Основным направлением деятельности этой научной группы является поиск новых перспективных кристаллических материалов, синтез монокристаллов и исследование их атомной структуры и физических свойств. Главное внимание уделяется оксидным кристаллам со слоистой или каркасной кристаллической решеткой, у которых явления сегнетоэлектрического упорядочения сочетаются с аномально высокой ионной электропроводностью и физические явления которых имеют специфические особенности.

Сюда относятся, в частности, кристаллы семейства титанил-фосфата калия (КТР), легированные некоторыми гетеровалентными элементами, такими как цирконий, ниобий, тантал или сурьма. Ионная электропроводность таких кристаллов возрастает на несколько порядков величины, существенно меняется температура сегнетоэлектрических переходов, образуется большое количество вакантных позиций щелочных катионов, резко возрастает нелинейная оптическая восприимчивость.

К новым перспективным материалам относятся также впервые полученные и изученные монокристаллы молибдата лантана с рекордно высокой проводимостью, связанной с подвижностью анионов кислорода, что важно с точки зрения их использования в качестве топливных элементов и других практических устройств.

4. Нелинейные динамические системы на основе полимерных матриц.

Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Н.Г.Рамбиди

Нелинейные среды на основе полимерных матриц использовались для решения ряда физических задач высокой вычислительной сложности. Детально изучены операции обработки изображений. Решена задача о нахождении кратчайшего пути в лабиринте. Предложена эффективная методика изучения динамики систем типа «химический диод».

Физическая акустика кристаллов и полимеров.

Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. К.Н.Баранский

Проведены измерения скорости и поглощения ультразвука в полиметилметакрилате в диапазоне частот 100 кГц до 10 МГц импульсным методом. Обнаружен β -пик релаксационного поглощения ультразвука на фоне линейной зависимости поглощения от частоты.

Проведены расчеты условий распространения и преломления на свободных границах кварца медленных акустоэлектромагнитных волн. Определены условия, при которых возможно осуществление преобразования радиоизлучения свч-диапазона в гиперзвук и обратно в радиоизлучение. На этой основе могут осуществляться линии задержки в волноводных трактах, а в дальнейшем и двойное преобразование: инфракрасное излучение – теразвук – инфракрасное излучение в кристаллах кварца и ниобата калия. На этой основе возможно создание оптической линии задержки для инфракрасного света.

6. Разработка применений теории симметрии конденсированных сред к новым системам

Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. В.А.Копцик

Ведутся работы в области оснований теории симметрии в рамках нового подхода. Ряд фундаментальных симметричных принципов, традиционно считавшихся достоянием классической кристаллографии, оказалось возможным обобщить в рамках строгой математической теории на случай широкого (по своей алгебраической и геометро-топологической структуре) класса объектов. Такое обобщение открывает возможность не только по-новому исследовать объекты, ранее уже изучавшиеся симметричными методами (от полей мультиполей и строения алмазоподобных фаз до механизмов химических реакций), но и успешно применять эти методы в таких жизненно важных областях, как молекулярная биология, биология развития и медицина.

Ведется работа по созданию общедоступного web-проекта, посвященного детальному изложению геометрических и естественнонаучных основ теории симметрии, с тем чтобы представители разных областей научного знания (физики, химии, биологии, медицины) могли эффективно применять её в своей работе.

7. Низкочастотные релаксационные процессы в полярных системах различной структурной организации.

Научный руководитель - вед.науч.сотр., д.ф.-м.н. Н.Д.Гаврилова

Научная работа посвящена экспериментальному исследованию диэлектрических и сопутствующих свойств (проводимость, пьезоэлектрические свойства, токи термодеполяризации) диэлектриков различной структуры.

Было изучено влияние примесей, дейтерирования и радиационных дефектов на сегнетоэлектрические фазовые переходы в ряде кристаллов с водородными связями (сегнетова соль, триглицинсульфат, триглицинселенат).

Обнаружено значительное влияние условий приготовления на диэлектрические свойства гидрогелей (варьировались степень сшивки, степень заряженности, тип заряда на цепи). Проводится исследование взаимодействий полимер-вода в гидрогелях. Продолжается обсуждение роли связанной воды в формировании диэлектрического отклика и проводимости.

8. Перспективные углеродные материалы.

Научный руководитель - вед.науч.сотр., д.ф.-м.н. А.Н.Образцов

Проведено систематическое исследование процессов, происходящих в газоразрядной плазме при осаждении углеродных пленок различного состава – алмаз, графит, углеродные нанотрубки. Предложена модель безкаталитического формирования углеродных нанотрубок в газоразрядной плазме. Разработана технология получения алмазных пластин с высокой теплопроводностью.

Разработаны методы для бесконтактного измерения теплопроводности алмазных пластин. Проведено сравнительное исследование теплопроводности алмазных пленок, полученных различными методами.

Проведен теоретический анализ низковольтной электронной эмиссии из углеродных материалов, предложены механизмы и модели, объясняющие аномальное поведение углеродных катодов.

9. Зондовая микроскопия.

Научный руководитель - вед. научн. сотр., д.ф.-м.н. И.В.Яминский

Разработана методика определения механической жесткости отдельных биомакромолекул. Обнаружены факторы, приводящие к механической нестабильности X-вируса картофеля

Определены конформационные состояния жесткоцепных полимерных молекул на твердой подложке в условиях гидродинамического потока. Осуществлена визуализация одиночных молекул полиэтилена в состоянии клубка.

Разработаны методы совмещенной атомно-силовой и резистивной микроскопии для изучения свойств проводящих полимеров.

На базе атомно-силового микроскопа разработаны ультрачувствительный химический сенсор и система прецизионного взвешивания микро- и наноструктур, бактериальных клеток и белков.

Определено влияние различных внешних факторов (ультрафиолетового излучения, воздействия антибиотиков, суперкритического CO₂ и пр.) на состояние клеточной стенки бактерий.

Впервые в мире разработана технология и аппаратура дистанционного управления сканирующим зондовым микроскопом. На базе этой аппаратуры создан лабораторный Интернет-практикум наноскопии и разработана новая концепция Интернет-лаборатории нанотехнологии.

10. Нелинейная динамика.

Научный руководитель - профессор, д.ф.-м.н. А.Ю.Лоскутов

На основе развиваемого аппарата статистической физики обнаружен принципиально новый метод *управления скоростью (температурой)* частиц в разряженном газе. Показана возможность *нагрева, а также охлаждения* такого газа *периодическим внешним воздействием*. Опираясь на полученные результаты можно создать устройства охлаждения частиц принципиально нового типа.

На основе теории динамических систем в явном виде получен аналитический вид внешних параметрических возмущений, приводящих к стабилизации хаотического и/или неустойчивого поведения диссипативных систем.

Найден подход к моделированию ряда российских финансовых временных рядов.

Разработан и реализован на практике принципиально новый подход к обработке и передаче полезной информации.

Показана принципиальная возможность стабилизации хаотического поведения, индуцированного диффузией.

Найден новый подход к анализу фрактальных множеств.

Построена общая модель некоторых сердечных аритмий, позволяющая прогнозировать ряд патологических состояний пациентов.

Кафедра физики полупроводников

Использование методов линейной и нелинейной лазерной спектроскопии с временным разрешением позволило определить особенности процессов передачи возбуждения, релаксации и рекомбинации носителей и экситонов в самоорганизованных квантовых точках и квантовых нитях различного размера. Обнаружено увеличение энергии связи экситонов в полупроводниковых квантовых нитях, кристаллизованных в диэлектрике, по сравнению с квантовыми нитями с полупроводниковым барьером до 100 и более мэВ за счет эффекта диэлектрического усиления - увеличения силы кулоновского притяжения между электроном и

дыркой из-за разницы диэлектрических проницаемостей полупроводника и диэлектрика.

Установлен основной механизм эффективной люминесценции широкозонных полупроводников CdTe, ZnO - излучательная рекомбинация свободных и связанных экситонов. Показано, что CdTe – перспективный материал для сцинтилляционных счетчиков ядерных излучений, а ZnO – для УФ (3,1-3,4 эВ) лазеров.

Методом EXAFS – спектроскопии обнаружено искажение локального окружения примесных атомов большого радиуса (Pb, Sn) в полупроводниках группы A^4B^6 : атомы переходят в нецентральное положение, и полная энергия системы понижается за счет перераспределения электронной плотности на атоме примеси.

Разработан метод неразрушающего контроля неоднородностей фотоэлектрических параметров полупроводников, в котором, вместо последовательной сошлифовки полупроводниковой пластины, измеряется зависимость поглощения стоячей электромагнитной волны от положения ее экстремумов относительно неоднородностей проводимости.

Установлено, что введение эрбия в пленки аморфного гидрированного кремния приводит к возникновению донороподобных центров. Дополнительное введение бора в эти пленки позволило компенсировать указанные центры, изменить тип проводимости и в широких пределах менять величину проводимости и фотопроводимости. Результаты исследования определяют пути создания электролюминесцентных p-i-n структур на основе пленок $\alpha-Si:H(Er)$ в едином технологическом цикле.

Изучены свойства и предложена схема расчета цветовых характеристик светодиодов с люминофорным покрытием, позволяющая подобрать спектры светодиода и люминофора с заданными цветовыми координатами для оптимальной светоотдачи «белых светодиодов».

Построена теория, позволяющая описывать кинетические явления в низкоразмерных неупорядоченных полупроводниках (неупорядоченные сверхрешетки, гранулированные проводники, системы полупроводниковых квантовых точек) с учетом процессов туннелирования через виртуальные промежуточные состояния. Теория позволяет описать наблюдаемые особенности.

ОТДЕЛЕНИЕ РАДИОФИЗИКИ

Кафедра физики колебаний

Научная группа фундаментальных потерь и шумов и квантовых измерений
профессора Брагинского В. Б.:

Предложены и обоснованы новые топологии лазерных гравитационно-волновых антенн, основанные на принципах квантовых неразрушающих измерений.

Предсказана декогерентизация волновой функции электрона, вызванная нулевыми колебаниями вакуума.

Впервые созданы механические колебательные системы с добротностью большей 10^8 , которые будут использованы во втором этапе проекта LIGO.

Впервые достигнута добротность оптических резонаторов на модах типа шепчущая галерея больше 10^9 .

Выполнен анализ вклада термоэластических равновесных флуктуаций в общий уровень шума в проекте LIGO. Анализ показал необходимость существенных изменений параметров антенны.

Предсказано и продемонстрировано существование терморелаксационного шума в оптических системах. Этот шум оказывает значительное влияние на величину предельной чувствительности в экспериментах с высоким спектроскопическим разрешением.

Научная группа фотоники и спинтроники профессора Логгинова А.С.:

Оптическое детектирование вихревых образований в доменных границах — вертикальных блоховских линий, их зарождение и перемещение путем локального оптического воздействия.

Модификация метода анизотропной темнопольной подсветки в применении к наблюдению субмикронных магнитных неоднородностей в доменных границах и создание теории формирования их изображений.

Исследование магнитных фазовых переходов, сопровождающихся явлением гигантского магнитоэлектрического эффекта.

Создание теории самосинхронизованных поперечных мод и сканирования диаграммы направленности инжекционных лазеров.

Научная группа оптической обработки информации профессора Балакшего В.И.:

Предложен и реализован новый тип акустооптического фильтра, названного квазиколлинеарным, который позволяет получить узкую полосу пропускания (порядка 1 ангстрема) в видимом диапазоне при рекордно малой потребляемой мощности (порядка 50 мВт).

Разработан набор акустооптических видеофильтров, перекрывающих диапазон от ультрафиолета до среднего ИК (0,19—4,5 мкм), позволяющих с высоким пространственным и частотным разрешением фотографировать объекты в узких спектральных интервалах.

Предложены новые перспективные схемы акустооптических систем с обратной связью, позволяющие создать чувствительные элементы управления световым пучком.

Кафедра акустики

Развит новый метод сверхчувствительной диагностики патологических изменений типа опухолей в мягких биотканях. Метод основан на дистанционном возбуждении сдвиговых волн во внутренних органах с помощью модулированного и сфокусированного ультразвука. Благодаря нелинейной демодуляции в тканях создается пульсирующее радиационное давление, которое возбуждает сдвиговую волну. По скорости и амплитуде волны измеряется сдвиговая упругость, которая при переходе от нормы к патологии изменяется на 2-4 порядка (в отличие от других параметров, которые изменяются на единицы процентов). Метод получил название SWET (Shear Wave Elasticity Imaging). Публикация о первых экспериментах удостоена премии академического издательства Маик-Наука

Предложены новый метод неразрушающего контроля и диагностики, основанный на исследовании гигантской акустической структурной нелинейности дефектных (в частности трещиноватых) твердых тел. Обнаружено необычное поведение коэффициентов упругости металлов в области пластических деформаций, связанное гистерезисными свойствами и состоянием дефектной структуры в них. Создан уникальный компьютеризированный комплекс для исследования акустических параметров твердых тел, не имеющий аналогов в России.

Проведено всестороннее систематическое исследование обратных волновых задач акустики, в том числе, обратных задач линейного и нелинейного рассеяния в приложении к медицинской акустической томографии и томографии океана. На основе этих результатов разработан и изготовлен прототип медицинского

томографа (маммографа), предназначенного для ранней диагностики новообразований органов человека. Решение обратных некогерентных задач излучения позволило создать макет медицинского термотомографа – прибора, восстанавливающего (также для целей ранней диагностики) картину распределения температуры внутри диагностируемого человеческого органа и позволяющего контролировать результаты внешнего воздействия (в том числе и лекарственных препаратов) на этот орган.

Кафедра общей физики и волновых процессов

Проведены исследования нелинейно-оптических свойств нового класса структур с фотонными запрещенными зонами - фотонных кристаллов (ФК). Показана возможность создания эффективных компактных нелинейно-оптических устройств (компрессоров, умножителей частоты, оптических переключателей) на основе ФК. Разработаны принципы микроскопии ближнего поля и управления движения атомов с помощью фотонно-кристаллических структур за счет использования эффекта локализации светового поля. Изучены эффекты распространения фемтосекундных лазерных импульсов в новых типах оптических волноводах с фотонно-кристаллической оболочкой.

В безабберационном приближении теоретически исследована нестационарная самофокусировка эллиптически поляризованного гауссова пучка при распространении в тонкой кювете с находящимся в изотропной фазе нематическим жидким кристаллом. Детально проанализировано влияние параметров падающего излучения (пространственные размеры, интенсивность, степень эллиптичности и длительность импульса) и жидкого кристалла (температура, линейное поглощение, величина компонент тензоров кубической нелинейности и ее пространственной дисперсии, время релаксации кубической нелинейности, размеры кюветы) на временную динамику изменения интенсивности и поляризации.

Зарегистрировано эффективное преобразование бигармонической накачки при возбуждении вращательного перехода водорода $S_0(1)$ в последовательность стоковых и антистоковых спектральных компонент. Обнаружено в области проявления эффекта Дике отклонение наклона импульсных откликов, измеряемых при возбуждении и зондировании вращательного перехода водорода $S_0(1)$, от наклона теоретических импульсных откликов, рассчитанных на основе предположения о статистической независимости столкновительного возмущения скорости молекулы и фазы ее вращения.

Проведены экспериментальные исследования свойств второй гармоники (ВГ) и суммарной частоты (СЧ), отраженных от свободной поверхности растворов, содержащих нецентросимметричные молекулы. Разработаны и апробированы экспериментальные методики усиления сигналов ВГ и СЧ в условиях генерации поверхностных электромагнитных волн от металлических поверхностей с периодическим рельефом и призм полного внутреннего отражения.

Впервые показано, что в высокотемпературной плазме, возникающей при воздействии фемтосекундного лазерного импульса с интенсивностью до 10^{17} Вт/см² на мишень, возможен ряд низкоэнергетических ядерных процессов: возбуждение низкоэнергетических ядерных уровней, термоядерные реакции.

Разработана полуклассическая теория, описывающая во временном представлении, генерацию аттосекундных импульсов мягкого рентгеновского излучения, протекающую при воздействии коротких (2-3 периода поля) лазерных импульсов на атомы в макроскопической среде.

Выполнено исследование явления сверхуширения частотно-углового спектра мощного лазерного импульса при распространении в воздухе и в жидкостях.

Установлено, что сверхуширение спектра, называемое генерацией суперконтинуума, возникает в результате самомодуляции фазы светового поля в пространстве и времени при сильной локализации излучения в процессе филаментации лазерного импульса.

Создана адаптивная система для измерения и компенсации аберраций человеческого глаза. Впервые продемонстрирована возможность получения изображения сетчатки человеческого глаза в угловом поле до 20 град. с адаптивной компенсацией.

Предложен и экспериментально реализован метод создания регулярной доменной структуры (РДС) в нелинейно-оптическом кристалле (KNbO_3) путём копирования РДС ниобата лития при электротермическом воздействии.

Создан сканирующий оптический микроскоп ближнего поля, дающий возможность исследовать со сверхвысоким пространственным разрешением (30-100 нм) оптические свойства субмикро- и наноструктур.

С помощью методов спектроскопии комбинационного рассеяния света, фотоиндуцированной спектроскопии, спектроскопии электропоглощения и фотоиндуцированной поляриметрии получен ряд приоритетных результатов относительно свойств и природы основного и низших возбужденных состояний транс-полиацетилена на образцах нанополиацетилена.

Исследованы различные типы процессов обмена квантовой информацией в важнейших физических квантовых каналах, введено понятие *совместимой* квантовой информации и показано, что из существующих квантовых информационных мер *когерентная* информация и *совместимая* информация являются наиболее адекватными характеристиками для описания потенциальной информативности разнообразных схем обработки квантовой информации. На основе *неселективной* информации предложен новый криптографический квантовый протокол с континуальным алфавитом, превосходящий по эффективности предложенные ранее.

Разработана систематическая классическая и квантовая теории последовательных квазисинхронных взаимодействий световых волн в нелинейно-оптических кристаллах с регулярной доменной структурой. (РДС-кристаллы).

Разработан оптико-акустический метод и создана система неразрушающего контроля конструкционных материалов (металлов, композитов) и изделий из них при одностороннем доступе к исследуемому объекту.

Развиты методы экспериментального и численного исследования профилей стационарных и нестационарных потоков крови и ее физических моделей, в отдельных искусственных и естественных капиллярах в условиях однократного и многократного рассеяния света.

Реализована оптическая томография (ОТ) сильно рассеивающих модельных объектов диаметром до 140 мм с оптическими характеристиками, близкими к характеристикам биотканей.

Кафедра радиофизики

Физика волновых взаимодействий в нелинейных и неоднородных средах

Обнаружены и описаны режимы полной перекачки энергии при кратном и дробном преобразованиях частоты с двумя каналами квазисинхронизма. Развита теория гибридных трехчастотных солитонов в таких средах. Разработана теория возбуждения асимметричных мод в параметрическом солитоне. Развита теория самофокусировки параметрически связанных пучков первой и второй гармоник на

квадратичной нелинейности. Найден фундаментальный предел ширины параметрического солитона, порядка длины волны, и рассчитаны профили магнитно-электрических компонент.

На основе оригинальной модели встречных волн описана динамика генерации параметрических солитонов в резонаторах и фотонных кристаллах с квадратичной и кубичной нелинейностями. Установлена аналогия между двумерными колебаниями в дискретной решетке динамикой волнового пучка импульсного излучения в диспергирующей среде.

Разработана теория взаимодействия пространственных параметрических солитонов, описывающая рассеяние, слияние и закручивание в спираль двух пучков, ведущих себя как квазичастицы. Построена общая теория модуляционной неустойчивости узких и широких волновых пучков в квадратичной среде. Развита теория одномерных и двумерных периодических структур оптических полей. Найден области параметров для генерации высококонтрастных структур. Показано, что с уменьшением периода снижается контрастность структуры из-за возрастания фона.

Рассмотрены особенности передачи дискретных изображений через квадратично-нелинейную среду в область френелевской дифракции с помощью трехчастотных солитонов.

Выявлены закономерности взаимодействия винтовых фазовых дислокаций у двух связанных пучков в фотонных кристаллах, гиротропных средах и параметрических преобразователях частоты. Изучены траектории движения дислокаций при учете разных направлений лучевых векторов.

Описаны свойства темных солитонов (кинков), образующихся при формировании двухкомпонентных ударных волн в вязкой среде без дисперсии. Найден режим, когда первая волна содержит только четные гармоники, а вторая – нечетные гармоники. Наблюдалось формирование двух ударных фронтов у первой компоненты.

Объяснен механизм параметрического отражения волновых пучков при неколлинеарном параметрическом преобразовании частоты вверх. Предложены схемы для мультиплексирования каналов передачи оптической информации.

Обнаружено и исследовано явление нестационарного отражения электромагнитных волн от просветляющих интерференционных структур. Показана возможность использования этого явления для формирования коротких и сверхкоротких световых импульсов.

Физика миллиметровых волн.

Развиты методы радиовидения со сверхразрешением при использовании фазированных антенных решеток в миллиметровом диапазоне длин волн. Разработана методика радиометрических измерений с 5-10-кратным превышением релеевского порога разрешения. Создана система радиовидения со 120-элементной фазированной антенной решеткой для сканирования наблюдаемых сцен и быстродействующая установка с 11-элементной линейной решеткой сенсоров-смесителей 8-мм диапазона. Разработана 3-х мерная радиометрическая модель излучения взволнованной водной поверхности. Создана экспериментальная установка с высокочувствительным (~0.1 К) радиометром. Исследовано влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона низкой интенсивности на токсичные растворы и культуры одноклеточных водорослей и простейших организмов.

Создан экспериментальный образец высокоэффективного гиротрона на постоянных магнитах пениотронного типа в 3-х мм диапазоне длин волн. Проведен расчет и разработка мощных вариантов многорезонаторных клистронов. Показана возможность высокоэффективной группировки потока в каскадном монотроне,

исследовано влияние разброса скоростей и фаз электронов на эффективность энергообмена.

Микроволновая электроника.

Развита теория многоволнового взаимодействия релятивистских электронных потоков с полями электродинамических структур. Изучен модовый состав излучения и процессы конкуренции и кооперации мод. Проведено численное моделирование нелинейных процессов в активной резонансной среде в виде потоков осцилляторов. Показана возможность взаимной синхронизации различных потоков с сужением спектральной линии. Установлена связь длительности импульса излучения со свойствами полосы прозрачности периодического волновода в мощных релятивистских генераторах поверхностной волны.

Разработана модель релятивистского электронного пучка с элементарными частицами конечного сечения, изучена динамика электронного потока в области реверсивного изменения магнитного поля.

Работы проф. В.И. Канавца по исследованию стимулированного излучения сильноточных релятивистских электронных пучков и созданию сверхмощных вакуумных микроволновых генераторов отмечены Государственной премией РФ в области науки и техники за 2003г.

Дальнее распространение волн

Создана методика исследования турбулентности атмосферы на основе эффекта дислокации волнового фронта зондирующего лазерного пучка. Исследована дислокационная структура поля лазерного излучения на приземных трассах.

Разработан метод возбуждения характеристических радиоволн в ионосфере для осуществления помехоустойчивой дальней связи и локации. Изучена эффективность методов поляризационной диагностики и селективного возбуждения характеристических волн в ионосфере. Развита метод пространственно-поляризационной обработки радиосигналов, принимаемых адаптивной антенной решеткой.

Изучено распространение двумерных и трехмерных ударных волн в неоднородной атмосфере с учетом ветровой анизотропии.

Разработаны и опробованы методики по анализу пропускной способности телекоммуникационных каналов и волоконно-оптических линий физического факультета Московского государственного университета.

Спектроскопия ферритов, сегнетоэлектриков и магнитооптических кристаллов.

Исследованы механизмы суперионной проводимости в сегнетоэлектриках и возбуждения спиновых волн сверхкороткими СВЧ импульсами. Объяснен механизм микроволнового воздействия на сегнетоэлектрический фазовый переход.

Проведены исследования проницаемости мембраны растительной и животной клетки для определения критерия влияния слабого электромагнитного поля.

Разработана методика измерений распределения электромагнитного поля и температуры материалов в сильных СВЧ полях.

Показано, что метод проекционных операторов, развитый в теории ЯМР, может быть использован для выполнения операций на квантовом компьютере. На примере двух и трех бинарных переменных решена задача об оптимальной реализации этих вычислений.

Обнаружено заметное влияние динамических процессов в зимнем стратосферном циркумполярном вихре на содержание озона в стратосфере.

Кафедра физической электроники

Разработка основных моделей неупругого взаимодействия ионов с поверхностью твердых тел и структур пониженной размерности при рассеянии и эмиссии атомных частиц.

Разработка физических основ модификации свойств поверхности под действием электронного и ионного облучения; исследование свойств и структуры синтезированных пленок карбина, нитрида углерода и ЦК углерода, закономерности распыления многокомпонентных материалов, в том числе нитридов.

Создание транзистора на основе линейно-цепочечного углерода, управляемого потенциалом затвора.

Создание физико-химических основ технологии производства нового углеродного нитевидного материала для производства адсорбентов и источников света на основе холодной эмиссии электронов с высоким КПД.

Создание нового метода неразрушающей диагностики микроструктур – микротомографии.

Изучение основных закономерностей формирования разрядов различного типа в сверхзвуковом потоке газа сложного химического состава, в том числе, в потоке горючих смесей.

Теоретическое и экспериментальное обоснование физических моделей индуктивных, емкостных и резонансных высокочастотных разрядов в газах, разработка на их основе ВЧ источников плазмы, ионных двигателей и создание опытных образцов плазмохимических реакторов.

Разработка нелинейной теории релятивистских плазменных СВЧ излучателей на одночастичном и коллективном вынужденном эффектах Черенкова.

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

Кафедра космических лучей и физики космоса

Г.Т.Зацепин

На основе представления о плотной кварк-глюонной плазме предложена модель, объясняющая явление выстроенности частиц, наблюдаемое при периферических соударениях адронов высокой энергии с ядрами атомов воздуха.

И.В.Ракобольская, Н.Н.Калмыков, Н.П.Ильина

Показано существование процессов быстрого рождения мюонов в актах ядерных взаимодействий при сверхвысоких энергиях на основе анализа экспериментов, в которых регистрировались электромагнитные каскады, образованные мюонами космических лучей высокой энергии в рентгеноэмульсионных камерах, экспонированных под землей.

И.В.Ракобольская, Е.А.Мурзина, Т.П.Аминева, Н.П.Ильина

В составе Памирской коллаборации получены новые характеристики взаимодействия адронов сверхвысокой энергии с ядрами атомов воздуха.

В.И.Галкин

В составе коллаборации RUNJOB получены новые данные о первичном спектре и химсоставе космических лучей в области 10^{13} – 10^{15} эВ. Создан программный комплекс для моделирования и интерпретации данных этого эксперимента .

Разработан новый метод определения первичных параметров электронных и мюонных событий в нейтринных телескопах типа SuperKamiokande.

Предложена методика оценки высоты взаимодействия ядер сверхвысокой энергии в верхней атмосфере над рентгеноэмульсионной камерой.

С.И.Свертилов

В результате анализа данных космических экспериментов на орбитальной станции «Мир» и спутнике «Прогноз-9» в жестком рентгеновском излучении микроквазара GRO J 1655-40 обнаружен орбитальный 62-ч периодический процесс, что позволило дать более строгие ограничения на массу черной дыры в двойной системе и уточнить механизм возникновения гигантских вспышек в этом источнике.

По данным эксперимента ГРИФ на орбитальной станции «Мир» получена оценка частоты регистрации со всего неба «космологических» мягких гамма-всплесков, свидетельствующая о том, что распределения гамма-всплесков по характерной энергии и длительности не согласуются со стационарной космологической моделью, что позволило сделать вывод о том, что основная часть источников гамма-всплесков относится к эпохе красных смещений $1 < z < 5$.

В ходе эксперимента с прибором СПР-Н на спутнике «Корона-Ф» зарегистрировано несколько десятков всплесков жесткого рентгеновского излучения, связанных с активными процессами на Солнце. Была обнаружена очень высокая степень поляризации излучения в диапазоне энергий 20-100 кэВ во вспышке 29.10.03 (X10/2B).

Л.И.Сарычева

В совместном с НИИЯФ МГУ и Брукхейвенской национальной лабораторией эксперименте (E-852) на ускорителе AGS (США) изучалось рождение мезонов в πp – взаимодействиях при энергии 18 ГэВ. Наблюдались экзотические мезоны $\pi_1(1400)$ и $\pi_1(1600)$ с квантовыми числами $J^{PC} = 1^{-+}$. Доминирующие моды распада: $\pi_1(1400) \rightarrow \eta \pi$ и $\pi_1(1600) \rightarrow \eta \pi$, $\rho \pi$ и $b_1 \pi$. Результаты анализа показывают, что $\pi_1(1400)$ – четырехкварковое состояние: $(q \bar{q} \bar{q} q)$, а $\pi_1(1600)$ – гибрид $(q \bar{q} g)$.

При подготовке эксперимента на строящемся Большом Адронном Коллайдере в ЦЕРНе разработаны методы изучения ядерной материи, возникающей при соударении тяжелых ионов высокой энергии (5,5А ТэВ). При прохождении партонов через сверхплотное вещество должны наблюдаться потери энергии жесткими струями, свидетельствующие об образовании кварк-глюонной плазмы (КГП). Потери энергии в КГП в 10 раз больше, чем в обычном адронном газе.

Кафедра общей ядерной физики

Получены экспериментальные характеристики различных режимов работы уникального разрезного микротрона на энергию 70 МэВ, построенного совместно с World Physics Technologies Inc. (США) и проведены первые физические эксперименты по измерению короткоживущих продуктов фотоядерных реакций. Для создаваемого ускорителя электронов с большой яркостью пучка на энергию электронов 35 МэВ совместно с World Physics Technologies Inc. (США) и ИТЭФ завершены разработка, изготовление и настройка больших прецизионных поворотных магнитов на основе Nd-Fe-B с уровнем поля 0.5 Т и однородностью 0.05%. Магниты установлены на ускоритель. На двухсекционном компактном ускорителе электронов с большой мощностью пучка, запущенном в 2001 г., проведены сеансы облучения образцов полупроводниковой техники, космических материалов. Изготовлены ускоряющие структуры для строящегося в Институте ядерной физики г. Майнц (ФРГ) двустороннего микротрона с непрерывным пучком электронов на энергию 1,5 ГэВ.

Получены адекватные опытными данными картины энергетического распределения формфакторов и эффективных сечений E_1 , M_2 , E_3 и M_4 резонансов как для ядер p -оболочки (с A от 10 до 15), так и ряда ядер с A от 26 до 60 (E_1 , M_2 , M_4 , M_6 , M_8). Развиваемая версия модели оболочек позволяет сравнительно простым

образом получать и парциальные сечения расщепления. Теоретический расчет продольных и поперечных формфакторов реакции $^{12}\text{C}(e, e'p_0)$ позволил дать объяснение экспериментальным данным, полученным в Майнце на ускорителе MAM1-A и связать "исчезновение" поперечного формфактора при переданном ядру импульсе около 0.4 Фм^{-1} с проявлением деструктивной интерференции нуклонных внутриядерных токов. Выполнен анализ экспериментальных данных по рождению пионных пар виртуальными фотонами, полученных международной коллаборацией CLAS на непрерывном пучке электронов ускорителя нового поколения Jlab (США), с участием физиков ОЭПВАЯ. Обнаружены сигналы от новых типов возбужденных состояний нуклона. Показано, что структура в сечении рождения пар заряженных пионов при $E_{\text{см}} = 1,7 \text{ ГэВ}$, впервые наблюдавшаяся коллаборацией CLAS, не может быть вкладом известных возбужденных состояний нуклона. Впервые получены данные о Q^2 зависимости электромагнитных формфакторов для большинства высоколежащих возбужденных состояний нуклона N^* ($M \geq 1,6 \text{ ГэВ}$). Полученные данные впервые позволяют исследовать механизмы возбуждения " в рамках кварк-глюонных степеней свободы.

Создан комплекс программ, выполняющий в автоматизированном режиме построение трансмутационных цепочек и расчет временной эволюции количества ядер, образующихся при облучении произвольно выбранного исходного ядра интенсивным потоком γ -излучения, Трансмутация атомных ядер под действием интенсивных потоков γ -квантов приводит к эффективному образованию химических элементов с зарядом 2 меньшим, чем заряд исходного облучаемого изотопа. Появление в смеси изотопов ядер с меньшим " обусловлено тем, что образующиеся в фотоядерных реакциях (γ, n), ($\gamma, 2n$) атомные ядра, как правило, либо стабильны, либо β -радиоактивны.

Выполнен ряд теоретических и экспериментальных исследований, посвященных физике электромагнитного излучения релятивистских электронов в различных средах. Исследования проводилось с целью поисков эффективных источников коротковолнового излучения и новых методов структурной диагностики конденсированных сред и анализа параметров ускоренных пучков частиц. Эти источники, при использовании пучков электронов с энергиями до десятка МэВ, будут иметь компактные размеры, но обладать существенно более высокой эффективностью, чем ныне существующие аналоги.

Создано несколько реляционных баз данных:

- "Параметры основных состояний ядер (Nucleus Ground State Parameters): данные об атомных ядрах в целом (распространенности изотопов, массы, моменты, параметры деформации), характеристики основных состояний (спины, четности, времена жизни, изоспины, энергии первых изобар-аналогов). Она содержит всю опубликованную информацию обо всех (~2500) известных в настоящее время стабильных и радиоактивных ядрах;

- "База данных по ядерной спектроскопии" (Relational Nuclear Spectroscopy Database): параметры возбужденных состояний ядер и альфа-, бета-, гамма-переходов между ними;

- "База данных по ядерным реакциям" (Nuclear Reactions Database): характеристики разнообразных ядерных реакций под действием электронов, фотонов, нейтронов, легких и тяжелых ионов. Она содержит свыше 1 млн. наборов данных (объем > 500 Мб) из более, чем 100 тыс. публикаций;

- "Параметры гигантского дипольного резонанса" (Giant Dipole Resonance Parameters): основные параметры гигантских дипольных резонансов в сечениях ядерных реакций под действием гамма-квантов.

Разработанные базы данных позволяют анализировать всю совокупность накопленной информации с единых позиций, предоставляя возможность новых

подходов к научным исследованиям, Созданные базы данных повышают эффективность не только информационного обеспечения научных исследований, но и самих ядерно-физических исследований.

Кафедра физики атомного ядра и квантовой теории столкновений

1. Создана многоконфигурационная модель барион-дырочных возбуждений в ядрах, на основе которой впервые исследован эффект обменного взаимодействия и показана важная роль данного эффекта в механизме когерентного фоторождения эта-мезонов на ядрах.

2. Разработана процедура однозначного получения ядерно-ядерного потенциала из дисперсионного оптического анализа, основанная на энергетической систематике Эйри-экстремумов угловых распределений упругого рассеяния.

3. Разработан эффективный метод расчета энергетических спектров протонов при прохождении через ориентированные монокристаллы на основе кинетических уравнений для процессов каналирования и деканалирования.

Исследован механизм возникновения угловой анизотропии характеристического электромагнитного излучения быстрых многозарядных ионов в процессе резонансного когерентного возбуждения (эффект Огорокова).

4. Впервые сформулирован теоретический подход, учитывающий молекулярные эффекты при рассеянии возбужденных мюонных атомов водорода в водородной среде. Разработана модель неупругих взаимодействий медленных антипротонов и отрицательных мезонов с многоэлектронными атомами, позволяющая количественно описать экспериментальные данные по кулоновскому захвату античастиц в сложных мишенях.

5. С использованием экспериментальной методики, основанной на «эффекте теней», проведен цикл исследований длительности протекания реакции деления возбужденных актинидных ядер. В ходе данных исследований обнаружено новое физическое явление дополнительной временной задержки процесса вынужденного деления по сравнению с любыми другими каналами распада. Природа данной задержки связана с наличием конечного времени жизни переходных состояний делящегося ядра во второй потенциальной яме двугорбого барьера деления. Анализ полученных значений временной задержки позволил получить неизвестную ранее информацию о статистических (энергетическая зависимость плотности уровней во второй потенциальной яме, параметры двугорбого барьера деления, температурная зависимость эффектов оболочечной природы), статических (тип симметрии формы) и динамических (механизмы ядерной вязкости) характеристиках сильнодеформированных ядерных состояний.

6. Разработана принципиально новая динамическая модель процесса формирования угловых распределений осколков деления, учитывающая как явление ядерной диссипации, так и стохастические аспекты эволюции спиновых степеней свободы. Анализ экспериментальных данных, проведенный в рамках такого подхода, позволил получить новую информацию о величине времени релаксации степени свободы, связанной с проекцией углового момента делящегося ядра на ось деления, а также о величине ядерной вязкости.

7. Проведен полный цикл работ по созданию и внедрению в клиническую практику нового радиофармацевтического препарата (РФП) «199-Таллия хлорид», предназначенного для томографической диагностики заболеваний миокарда. Технология производства данного РФП защищена патентом РФ. Препарат успешно прошел лабораторные испытания на животных и клинические испытания на человеке, по результатам которых разрешено его медицинское применение и промышленное производство. Проведены экспериментальные исследования

радиационного, токсикологического и мутагенного действия на интактные и опухолевые ткани лабораторных животных альфа-эмиттерного РФП «211-Астата хлорид», предназначенного для радиационной терапии при онкологических заболеваниях щитовидной железы. Разработана принципиально новая оригинальная методика прогностических расчетов дозовых нагрузок на отдельные органы и все тело пациента при инкорпорированном введении альфа-эмиттерных РФП.

Кафедра нейтронографии

Для выяснения характера сосуществования явлений сверхпроводимости и магнетизма на границе раздела сверхпроводника с ферромагнетиком на рефлектометре РЕМУР импульсного реактора ИБР-2 Объединенного института ядерных исследований с помощью рефлектометрии поляризованных нейтронов исследовались слоистые структуры:

$\text{Pd}(15\text{\AA})/\text{V}(400\text{\AA})/\text{Fe}(30\text{\AA})/[20 \times (\text{V}(30\text{\AA})/\text{Fe}(30\text{\AA}))]/\text{MgO}$,

$\text{Pd}(15\text{\AA})/\text{V}(400\text{\AA})/\text{Fe}_{0.66}\text{V}_{0.34}(50\text{\AA})/[10 \times (\text{V}(50\text{\AA})/\text{Fe}(50\text{\AA}))]/\text{MgO}$.

В данных системах одновременно существуют составленные из сверхпроводящих слоев ванадия и ферромагнитных слоев железа периодические структуры Fe/V и бислои $\text{V}(400\text{\AA})/\text{Fe}(30\text{\AA})$ и $\text{V}(400\text{\AA})/\text{Fe}_{0.66}\text{V}_{0.34}(50\text{\AA})$. Для первой слоистой структуры эффект влияния сверхпроводящего перехода на магнитный профиль был обнаружен при больших значениях внешнего магнитного поля 1.5 и 4.5 кОе. При этом заметной разницы в экспериментальных данных между значениями магнитного поля 1.5 и 4.5 кОе замечено не было. Это приводит к выводам: об уменьшении намагниченности структуры при установлении сверхпроводящего состояния в слое $\text{V}(400\text{\AA})$; подмагничивании структуры при увеличении поля до 1.5 кОе. Для слоя $\text{Fe}_{0.66}\text{V}_{0.34}(50\text{\AA})$ в бислое $\text{V}(400\text{\AA})/\text{Fe}_{0.66}\text{V}_{0.34}(50\text{\AA})$ было определено, что намагниченность составляет только 35% от намагниченности железа. Отсюда следует вывод о сильном антиферромагнитном упорядочении атомов железа и ванадия. Измерения при температуре 1.7К показали, что, при переходе слоя $\text{V}(400\text{\AA})$ в сверхпроводящее состояние, намагниченность слоя $\text{Fe}_{0.66}\text{V}_{0.34}(50\text{\AA})$ растёт. Такое, обратное по сравнению с первой структурой, действие сверхпроводящего перехода может быть объяснено подмагничивающим действием сверхпроводящего тока, определяющим диамагнетизм слоя $\text{V}(400\text{\AA})$. Таким образом, показано, что эффекты влияния сверхпроводимости на магнетизм сильно зависят от состава и структуры магнитного слоя.

На малоугловой установке ЮМО импульсного реактора ИБР-2 Объединенного института ядерных исследований проведены эксперименты по малоугловому рассеянию на везикулах. Целью экспериментов было исследование влияния молекул церамида III на структуру однослойных и многослойных везикул димиристоилфосфатидилхолина (ДМФХ). Доказана возможность создания однослойных везикул в тройной системе ДМФХ/церамид III/вода. Установлено, что молекулы церамида III, проникая глубоко в липидную матрицу, увеличивают толщину мембраны на 4 Å. В случае многослойных везикул добавление церамида III приводит к увеличению на 8Å толщины водной прослойки.

На дифрактометре ФДВР импульсного реактора ИБР-2 Объединенного института ядерных исследований проведены эксперименты по определению магнитной и ядерной структуры манганитов с колоссальным магнетосопротивлением. В частности, детально были изучены образцы типа $(\text{La}_{1-y}\text{Pr}_y)_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ (LPCM) с изотопным замещением кислорода. Как главный результат можно отметить тот факт, что найденные фазовые диаграммы образцов с изотопами ^{16}O and ^{18}O совпадают с точностью до малого сдвига для первого образца в сторону меньшего содержания Pr. Это означает, что сильный изотоп-эффект, наблюдающийся в данных

соединениях, есть следствие перехода в другую фазу из-за изотопического замещения, которое не вводит новых основных состояний, а просто перераспределяет энергетический баланс.

В рамках исследований проблемы “физика очага землетрясений и физика разрушения горных пород” проведены теоретические и экспериментальные исследования аномальных физических свойств минералов и горных пород при высоких температурах и давлениях. На экспериментальном комплексе СКАТ-ТКОС импульсного реактора ИБР-2 Объединенного института ядерных исследований проведены измерения структуры, текстуры, а также упругих, деформационных и тепловых свойств поликристаллического кварцита при одновременном воздействии деформирующего усилия и температуры от 20 до 620°С, позволившие проанализировать температурную зависимость внутренних решеточных напряжений. Для выяснения природы анизотропии сейсмических волн на разных глубинах литосферы впервые проведено комплексное исследование пород с разных глубин литосферы как при высоких всесторонних давлениях, так и на установке трехосного сжатия с температурой до 600°С (Рис.6). Установлено, что основным фактором, контролирующим анизотропию упругих свойств оливиносодержащих мантийных пород при высоких всесторонних давлениях (выше 200 МПа), является кристаллографическая текстура оливина. Определено влияние текстуры формы (ориентированные микротрещины, поры, межзеренные границы и т.п.) на упругую анизотропию оливиновой породы.

Кафедра физики ускорителей высоких энергий

За последние годы на кафедре были открыты новые учебно-научные направления – медицинская физика и использование ускорителей в биологии и медицине.

По научному направлению «медицинская физика» прошли защиты кандидатской диссертации и 15 дипломных работ. Данное направление кафедры поддержано двумя грантами правительства Москвы, грантом Президента РФ, грантом программы «Университеты России».

В результате активно развивающегося учебно-научного процесса кафедрой за последние 7 лет было опубликовано 5 учебных пособий: П.Т.Пашков «Основы теории протонного синхротрона», А.П.Черняев «Взаимодействие излучения с веществом», Ю.М.Адо, С.И.Варзарь, А.П.Черняев «Введение в физику ускорителей», Б.С.Ишханов, Э.И.Кэбин, А.П.Черняев «Ядерные реакции. Задачи с решениями», Н.А.Антипина, В.А.Костылев, А.П.Черняев. «Ионизирующие излучения в терапии». Опубликовано порядка 80 научных статей, в том числе с участием студентов и аспирантов.

С 1999 г. студенты кафедры ежегодно проходят летнюю практику по специальности «Медицинская физика» в г.Дубна на базе Объединенного института ядерных исследований. В практике принимают участие представители четырех российских вузов: Московского государственного университета, Воронежского государственного университета, Уральского государственного университета и Московского инженерно-физического института. В ходе практики участники имеют возможность познакомиться с научными достижениями в области медицинской физики, узнать о новых направлениях в данной области.

На основе практики МГУ и ОИЯИ каждые 2 года проводится Международная студенческая школа по медицинской физике, в которой принимают участие не только российские студенты, но и студенты из Польши, Словакии, Украины, Белоруссии и из других стран. Студенты нашей кафедры на Международной студенческой школе успешно выступают с докладами, в которых представляют свои научные разработки и достижения.

Кафедра оптики и спектроскопии

Вакуумная ультрафиолетовая спектроскопия с использованием синхротронного излучения (рук. проф. Михайлин В.В.)

На основе комплексных исследований с применением синхротронного излучения механизмов возбуждения люминесценции и других вторичных процессов, возникающих после поглощения диэлектрическим кристаллом фотона с энергией от нескольких электронвольт до сотен килоэлектронвольт, предложены модели, описывающие различные стадии процессов преобразования энергии высокоэнергетического фотона в диэлектриках. В частности, изучен процесс неупругого электрон-электронного рассеяния, приводящий к размножению электронных возбуждений и росту квантового выхода люминесценции. Установлено проявление двух механизмов передачи энергии (электронно-дырочного и экситонного) в спектрах возбуждения люминесценции, реализующихся в плавном росте или спаде эффективности возбуждения в области до начала размножения возбуждений. При большой энергии возбуждающих фотонов, которые способны создать несколько электронных возбуждений, обнаружен эффект создания областей с высокой локальной плотностью, что позволило объяснить ход квантового выхода и ускорение кинетики люминесценции с ростом энергии фотонов в целом ряде диэлектрических кристаллов. Показано, что при возбуждении фотонами с энергией в районе основных уровней также наблюдается создание областей высокой плотности возбуждений и возникают новые каналы релаксации энергии. Проведенные исследования позволили установить особенности процессов, протекающих в кристаллах за времена порядка 10^{-16} – 10^{-9} сек после поглощения фотона. Для широкого класса диэлектриков установлены механизмы возбуждения люминесценции фотонами высоких энергий, начиная от относительно простых систем типа щелочногалоидных кристаллов, и кончая сложными системами с несколькими типами электронных возбуждений, в частности, кристаллов с редкоземельными ионами, кристаллов с высоколежащими основными состояниями, в которых проявляется кросслюминесценция, и других.

Результаты работы нашли применение при разработке новых сцинтилляторов для физики высоких энергий (применяемых, в частности, в строящемся электромагнитном калориметре в CERN) и медицинских целей (детекторы для позитрон-эмиссионной томографии), детекторов ионизирующего излучения, рентгеновских экранов, запасающих экранов и люминофоров.

Начаты работы по экспериментальному и теоретическому исследованию процессов нагрева электронов в широкозонных диэлектриках под действием фемтосекундных ИК и ВУФ лазерных импульсов высокой мощности.

Физические проблемы волоконно-оптической связи (группа Нания О.Е.)

Разработана теория акусто - оптических эффектов и проведена ее экспериментальная верификация. Создан ряд одночастотных кольцевых лазеров с невзаимными А-О элементами.

Проведено экспериментальное исследование поляризационной и спектральной динамики волоконного иттербиевого лазера. Обнаружен и исследован режим переключения поляризации.

Разработаны программы для численного анализа влияния дисперсионных и нелинейных эффектов на работу волоконно-оптических систем связи большой протяженности. Предложены методы ослабления влияния хроматической и поляризационной модовой дисперсии.

Светодинамические явления в процессах генерации и распространения когерентного излучения (П.В.Короленко, Маганова М.С., Макаров В.Г.)

Выполнены исследования пространственно временной структуры когерентного излучения с сильно выраженной стохастической компонентой в атмосферных каналах распространения и внутри лазерных резонаторов.

Особое внимание уделено распространению лазерных пучков в атмосфере с перемежающейся турбулентностью. Подробно исследовано влияние апертурных эффектов на структуру излучения. Установлено, что существует критическая апертура пучка, близкая к размеру зоны Френеля и слабо зависящая от метеословий, превышение которой приводит к стохастизации излучения.

Совместно с Институтом лазерных и информационных технологий РАН теоретически и экспериментально исследована генерации технологического CO₂ лазера с поперечным потоком активной среды. Впервые осуществлено преобразование излучения лазера, генерирующего на высокой моде, в узконаправленный пучок мощностью 1кВт с помощью специально разработанного фазового корректора. Проанализирована физическая природа внутрирезонаторных аберраций лазера.

Физические проблемы проточных газовых лазеров. (А.И.Одинцов, А.И.Федосеев, А.В.Мушенков)

Выполнен цикл исследований нелинейно-динамических процессов в газовых лазерах с движущейся активной средой. Обнаружено существование различных механизмов неустойчивости стационарной генерации и дана их классификация. Показано, что, в зависимости от параметров активной среды и резонатора, могут реализовываться различные динамические режимы автомодулированной генерации, как регулярные, так и хаотические. Найдено, что сценарий развития хаоса в распределенных системах с движением среды существенно отличается от известных типовых сценариев.

Показано, что нелинейно-динамические явления в лазерах могут быть использованы для эффективного управления временными характеристиками генерации. Предложен ряд методов, позволяющих путем изменения управляющих параметров проводить переключение динамических режимов работы лазера.

ОТДЕЛЕНИЕ ГЕОФИЗИКИ

Кафедра физики Земли

Внутреннее строение и физика Земли. Происхождение и эволюция магнитного поля Земли.

Эволюция геомагнитного поля тесно связана с эволюцией Земли и строением ее внутренних недр. При создании теории геомагнитного поля и глобальных геофизических моделей, например, тектоники литосферных плит, учитываются и используются основные свойства геомагнитного поля, в особенности такое его фундаментальное свойство, как инверсии, вывод о существовании которых сделан на основании обнаружения обратно намагниченных древних горных пород.

Однако существует альтернативный инверсиям процесс образования обратной намагниченности пород – это самообращение намагниченности в ферримагнитных минералах за счет внутренних физико-химических процессов. По нашему мнению, в силу невозможности непосредственного изучения инверсий геомагнитного поля, которые продолжаются (если происходят) в течение нескольких тысяч лет, вопрос о соотношении вкладов инверсий и самообращения в обратное намагничивание пород можно решить путем исследования процессов самообращения намагниченности и оценки вероятности намагничивания пород за счет самообращения. Тем самым будет оценена и вероятность инверсий.

За последние годы в геомагнитной лаборатории были обнаружены и исследованы различные «самообращающиеся» породы: кимберлиты и траппы Якутии, подводные океанские базальты Атлантического океана (разлом Романш, сочленение Буве, хребет Рейкьянес), базальты из рифтовой долины Красного моря и др. Были установлены физические механизмы процесса самообращения и получено, что вероятность действия этого процесса возрастает по мере увеличения количества исследованных образцов горных пород.

Таким образом, предложен метод решения глобальной фундаментальной проблемы инверсий геомагнитного поля и выполнен ряд исследований в этом направлении.

Внутреннее строение и физика Земли. «Теплофизика минералов и термическая эволюция Земли».

Детально исследовано влияние параметров структуры, состава и температуры на теплофизические характеристики порообразующих минералов и установлен ряд фундаментальных закономерностей поведения в них решеточной теплопроводности. В частности показано, что уже при температурах Дебая (700 – 1000 К), в сложных многоатомных кристаллических соединениях, средняя длина свободного пробега фононов достигает минимума и изучение механизма формирования и физическая природа обнаруженного эффекта. На этой базе разработан принципиально новый метод прогнозирования решеточной теплопроводности вещества мантии Земли, построены обоснованные распределения тепловых свойств и полного температурного градиента в оболочке Земли. Впервые оценена величина интенсивности кондуктивного теплового потока в ней на различных глубинах и сделан ряд выводов о состоянии и термической эволюции мантийного вещества, в том числе и на границе с ядром.

Внутреннее строение и физика Земли. «Физика землетрясения и сейсмического режима».

В лаборатории сейсмологии ведутся исследования по физике сейсмического режима и очага землетрясения. Приложение к этой проблеме современных концепций фрактальной геометрии и нелинейной динамики позволило сформировать новые представления о природе закономерностей сейсмического процесса. Обнаружение и учет фрактальных свойств сейсмичности дали возможность количественно сопоставить эмпирические результаты сейсмической статистики с выводами физики разрушения сильно неоднородных сред. Оказалось, что геометрическая структура многомасштабных неоднородностей литосферы Земли ответственна не только за пространственные свойства сейсмичности, но и в значительной степени определяет энергетические и временные закономерности сейсмического процесса. Существенная часть хаотического компонента вариаций геофизических полей, связанных с сейсмическим процессом, имеет детерминированную природу, что указывает на определяющую роль нелинейной динамики в сейсмической эволюции литосферы Земли. Полученные в последние годы результаты определяют основу для физического рассмотрения литосферы Земли как пространственно структурированной существенно многомасштабной открытой системы с нелинейной динамикой. Это, в свою очередь, является основой для пересмотра стратегии оценки сейсмического риска, прогноза землетрясений и других экологически значимых явлений в литосфере, мониторинга состояния природных и антропогенных геологических объектов.

Анализ поля современных деформаций в очаговых зонах сильных землетрясений позволяет выделить области возможного повторного сильного землетрясения в регионах с минимальными значениями скорости сеймотектонической деформации. Показано, что распределение локальных напряжений и скорости

вспарывания по разрыву в зоне сильного землетрясения определяют пространственную локализацию ранних афтершоков.

Кафедра физики моря и вод суши

Изучение эволюции структуры и энергетики гравитационно-капиллярных волн под действием пространственно неоднородных и нестационарных течений, внутренних волн и поверхностно-активных веществ с целью совершенствования методов дистанционного мониторинга океана (профессор К.В. Показеев).

При дистанционном зондировании океана получение основного объема информации основано на регистрации электромагнитных волн, рассеянных и отраженных морской поверхностью. Отражающие и рассеивающие свойства морской поверхности определяются характеристиками коротких гравитационно-капиллярных волн. Структура рельефа морской поверхности чувствительна к таким факторам, как ветер, внутренние волны, течения, концентрация поверхностно-активных веществ. Знание закономерностей воздействия создает возможность дистанционного мониторинга процессов, протекающих как в пограничных слоях атмосферы и океана, так и в водной толще.

Выполнен широкий цикл лабораторных и натурных исследований гравитационно-капиллярных волн и их изменчивости под действием пространственно неоднородных и нестационарных течений, внутренних волн и поверхностно-активных веществ. В натурных экспериментах исследована изменчивость тонкой топографической структуры морской поверхности, спектральные характеристики высокочастотной части различных типов ветрового волнения, а также изучены отражающие свойства границы раздела океан-атмосфера (наклоны, блики).

Адекватные модели природных систем и процессов (профессор Ю.Д. Чашечкин, профессор К.В. Показеев).

Впервые теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность разработки адекватных моделей сложных природных процессов, включающих волны, течения и вихри. Модели базируются на точных решениях определяющих систем уравнений, включающих уравнения Навье-Стокса. При построении решений учитывается сосуществование волн и двух типов пограничных слоев, а также их аналогов – внутренних пограничных течений в толще неоднородных жидкостей. Эти результаты позволили выявить физические механизмы образования ранее открытой тонкой структуры гидросферы и атмосферы.

Проведена математическая классификация трехмерных периодических движений в вязких, сжимаемых, вращающихся и стратифицированных жидкостях, определены условия существования бегущих волн различных типов – инерциальных, внутренних, поверхностных гравитационных, капиллярных и акустических. Подтверждена некорректность трехмерной гидродинамики вязкой однородной жидкости, так как в этом пределе разнородные пограничные слои сливаются в единый, вырожденный. При учете диффузии и теплопроводности расширяется число пограничных слоев, которые могут быть как совпадающими, так и различающимися по толщине. Определена зависимость параметров линейных волн и пограничных слоев от геометрии и энергетики задачи.

Результаты экспериментальных и численных исследований процессов формирования волн, пограничных слоев и внутренних пограничных течений согласуются с теорией в практически важном диапазоне параметров.

Изучение процессов, инициируемых в океане подводными землетрясениями (ведущий научный сотрудник М.А. Носов).

Актуальность изучения процессов, происходящих в водном слое вблизи эпицентра подводного землетрясения, связана с проблемой оценки цунами риска и с изучением влияния сейсмических событий на вертикальный обмен в океане в связи с его климатообразующей ролью и влиянием на биопродуктивность вод.

Показано, что для адекватного описания процессов в океане над очагом подводного землетрясения (в том числе и процесса образования цунами), как правило, необходим учет эффекта сжимаемости воды. Установлено, что при условиях, свойственных реальным очагам цунами, вблизи источника формируются "высокочастотные" упругие колебания водного слоя, амплитуда которых может превышать амплитуду вертикального смещения дна.

Впервые обнаружено образование аномалий температуры поверхности океана (ТПО) над эпицентрными районами сильных подводных землетрясений. Впервые обнаружено изменение концентрации хлорофилла "а" в океане, последовавшее за подводным землетрясением. Обнаруженные явления объясняются резким увеличением вертикального обмена в океане в результате сильных сейсмических движений дна.

Кафедра физики атмосферы

Тепломассообмен между океаном и атмосферой.

В период 1997-2004 г.г. была разработана и построена новая аппаратура для натурных исследований процессов тепломассообмена между океаном, атмосферой и сушей. Была разработана методика регистрации холодной пленки на поверхности океана. Это дало возможность получать данные о количествах водяного пара, поступающего от океана в атмосферу, который при тропических циклонах достигает величин 9-10 кВт/м². Проведенные исследования показали, что в зоне Эль-Ниньо за год выбрасывается $5,6 \cdot 10^{21}$ Дж энергии. При этом Эль-Ниньо влияет на интенсивность и частоту наступления тропических циклонов. В 2001-2003 г.г. были проведены исследования воздействия внешних факторов на интенсивность работы тропических циклонов. Были изучены влияния температуры поверхности океана, скорости ветра, ПАВ, фитопланктона и эффективного ИК-излучения. Показано, что одной из главных причин ускорения процессов энергообмена в тропических циклонах и его развития, является значительное увеличение скорости ветра.

Малые газовые и аэрозольные составляющие атмосферы.

Проводились работы по исследованию режима малых газовых и аэрозольных составляющих атмосферы, определяющих наблюдаемые и прогнозируемые изменения теплового баланса и потепления климата, режим УФ облученности и качество воздуха как среды обитания. По этим направлениям получены новые данные о влиянии естественных и антропогенных факторов на изменчивость озона и УФ облученности, оценена интенсивность и направленность трансграничных переносов над Россией и Западной Европой, проведена оценка вкладов различных механизмов в наблюдаемые тренды общего содержания и приземной концентрации озона. В 1999-2002 г.г. проводились работы по Международному проекту «Исследование тропосферного озона» (EUROTRACK-TOR-2). Авторитет и эффективность работы кафедры по этому проекту отражен в проведении заключительного Рабочего Совещания по этому проекту в сентябре 2002 года на физическом факультете МГУ. В рамках международного сотрудничества с

экологическими коллективами Голландии и Германии была использована модель TNO, LOTOS для анализа пространственного распределения тропосферного озона над территорией Европейской части России. Это позволило впервые уточнить карту выбросов и структуру землепользования в России.

Динамика мезомасштабных процессов.

За последние 5-7 лет в результате проведения теоретических расчетов и сопоставления результатов расчетов с данными прямых измерений в природе установлено, что созданные теоретические модели явления обтекания адекватно предсказывают основные свойства данного природного феномена. Тем самым подтверждено, что важнейшие физические механизмы этого явления вскрыты, а именно: наличие гидростатической устойчивости атмосферы по отношению к быстрым вертикальным смещениям частиц воздуха при обтекании гор является причиной волнового характера возмущений; динамика взаимодействия движущейся атмосферы с поверхностью земли играет роль вынуждающей силы; динамика взаимодействия между отдельными слоями атмосферы - тропосферой и стратосферой, а также вышележащими слоями оказывает влияние на возмущения, сравнимое с действием поверхности земли; вертикальные изменения свойств атмосферы - особенно изменения скорости потока - могут оказывать влияние на возмущения не меньшее, чем перечисленные факторы.

Радиофизика и радиозондирование ионосферы.

Проведены исследование стохастических свойств, динамики и структуры геофизических сред. Волновые поля в случайно-неоднородных средах. Решена проблема пространственной эргодичности при новом (нетрадиционном) подходе, когда операция усреднения по объему заменяется усреднением вдоль пространственной линии. Это позволяет снизить уровень сложности как теоретического, так и экспериментального решения и тем самым принципиально изменить подход к получению и обработке пространственных экспериментальных данных в атмосфере. Задача решена для статистически однородного как неподвижного, так и дрейфующего поля; для волн в свободном пространстве, выходящих из случайно-неоднородной среды; при нормальном и наклонном падении волн на плоскостную случайно-неоднородную среду.

Дистанционное зондирование и радиотомография атмосферы и ближнего космоса.

В последние годы проведены радиотомографические исследования ионосферы в России, США, Скандинавии и Юго-Восточной Азии в сотрудничестве с ПГИ РАН, ИЗМИРАН, Массачуссетским технологическим институтом, университетами Иллинойса, Оулу, Тайваня, Уханя и др. Были исследованы как интересные формы известных структур (провал, перемещающиеся ионосферные возмущения, экваториальная аномалия, локальные экстремумы и т.д.), так и малоизвестные структуры ("пальцеобразные" структуры, наклонный провал, локализованные неоднородности, квазиволновые структуры и др.). По данным радиотомографии исследованы следы антропогенных возмущений ионосферы после промышленных взрывов, стартов ракет и искусственного нагрева ионосферы. Разработка метода спутниковой радиотомографии ионосферы и проведенные исследования были отмечены в 1998г. Государственной премии Российской Федерации в области науки и техники. В настоящее время развиваются новые методы томографии околоземной среды: пространственно-временная томография атмосферы и ионосферы по данным высокоорбитальных спутников GPS/ГЛОНАСС, статистическая томография мелкомасштабных неоднородностей, дифракционная томография трехмерной структуры локализованных неоднородностей, радиотомография с использованием

данных радиозатменных экспериментов, радиотомография магнитосферы. В области физики атмосферы проведено моделирование генерации акустико-гравитационных волн различными источниками, исследовано взаимодействие в системе литосфера – атмосфера – ионосфера.

Кафедра компьютерных методов в физике

1. На основе математической теории измерительно-вычислительных систем как средств измерения развиваются математические методы анализа и интерпретации данных, основанные на исследовании математической модели их формирования, которые позволяют эффективно учитывать трудно формализуемые сведения о моделируемых объектах и явлениях.

2. Разработаны математические методы морфологического анализа изображений; это направление получило новый импульс в связи с исследованием геологических структур по сигналам, полученным при бурении скважин, анализом структуры поверхности по изображениям микрошлифов и др.

3. Создано новое научное направление и математическая теория возможностей и разработаны основы построения теоретико-возможностных моделей физических объектов и явлений.

ОТДЕЛЕНИЕ АСТРОНОМИИ

Кафедра экспериментальной астрономии

1. Разработан новый прибор для мониторинга мгновенного профиля атмосферной турбулентности (MASS). Приборы могут работать удаленно. Один из них был установлен в 2004 году в Антарктиде.

Основным назначением является поиск мест с хорошим астроклиматом для установки крупных оптических телескопов.

С 2003 года на одном из приборов ведется непрерывный мониторинг турбулентности в обсерватории Сьерро-Тололо (Чили).

2. Создан автоматический компенсатор наклонов волнового фронта для оптоволоконного эшелюного спектрографа "Радуга". Прибор позволяет осуществлять непрерывные экспозиции до 1 часа при плохих атмосферных условиях и низком качестве часового ведения телескопа. Применяется с 2003 года в Крымской лаборатории ГАИШ. Работает по объектам до 14 звездной величины. Эффективность наблюдений со спектрографом "Радуга" повысилась на 25%.

Кафедра небесной механики

Построены новые численные теории движения 73 новых, открытых за последние 7 лет далеких спутников Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. На основе всех имеющихся наблюдений получены новые параметры орбит этих спутников и построены эфемериды, доступные через Интернет любому заинтересованному исследователю.

Разработана оригинальная методика и выполнены вычисления для получения высокоточных астрометрических данных из фотометрических наблюдений спутников планет во время их видимых взаимных покрытий и затмений. Вычислены эфемериды этих явлений, поведена обработка наблюдений. Результаты обработки -

разности видимых координат Галилеевых спутников Юпитера опубликованы в международном и российском научных журналах.

На страницах Интернета создана служба естественных спутников планет, включающая в себя средства вычисления эфемерид и проверки наблюдений по наиболее совершенным в мире теориям движения спутников, базу данных всех имеющихся в мире наблюдений естественных спутников планет, библиографическую базу данных и справочную информацию.

Уникальные наблюдения приливных деформаций земной коры и аномалий гравитационного поля при помощи лазерного интерферометра и высокоточных гравиметров в Приэльбрусье в 1997-2004 гг. позволили уточнить строение "спящего" вулкана Эльбрус и сделать вывод о возможности возобновления его активности.

Гравиметрические исследования в Северной Осетии (включая Кармадонское ущелье), начатые в 2003 г., помогут узнать причину обрушения ледника Колка.

Разработана новая теория нутации Земли.

Разработана и проверена программа обработки РСДБ наблюдений АРИАДНА, получены параметры вращения Земли, поправки к координатам телескопов, радиоисточников.

Разработаны новые алгоритмы учета радиорефракции, тропосферы, неприливных движений радиотелескопов. При редукции наблюдений использована оригинальная теория нутации Земли.

Написан учебник

"Сферическая

астрономия"

<http://www.astronet.ru/db/msg/1190894>.

Кафедра астрофизики и звездной астрономии

1. Впервые предложено, что направленные ультрарелятивистские выбросы в космических гамма-всплесках могут иметь универсальные формы и обладать стандартным энерговыделением 10^{51} эрг.

2. Изучены тепловые эффекты взаимодействия гамма-всплесков с окружающей средой. Тепловая релаксация нагретых излучением гамма-всплеска облаков может объяснять ряд наблюдаемых нестационарных эффектов в ранних рентгеновских и оптических послесвечениях гамма-всплесков.

3. На основе изучения долговременных оптических и рентгеновских наблюдений и анализе профилей импульсов рентгеновского пульсара Геркулес X-1 построена феноменологическая модель этого рентгеновского пульсара, в которой задающим механизмом долговременной периодичности является свободная прецессия нейтронной звезды со сложной недипольной структурой магнитного поля вблизи поверхности.

4. Предложено объяснение наблюдаемого универсального вида функции светимости рентгеновских источников в галактиках на основе особенностей аккреции в массивных и маломассивных двойных системах и универсальной начальной функции масс звезд.

5. На борту космической гамма-обсерватории ИНТЕГРАЛ проведены наблюдения галактического микроквара SS433 в жестком рентгеновском диапазоне. С использованием данных спутника RXTE впервые обнаружена корреляция шумов источника в рентгеновском, оптическом и радиодиапазонах в широком диапазоне частот 0.01 Гц- 10^7 Гц. Эти шумы возникают при модуляции темпа аккреции на черную дыру в турбулентном аккреционном диске.

За совокупность работ по исследованию наблюдательных проявлений релятивистских звезд К.А. Постнов, В.М. Липунов, Н.И. Шакура были удостоены Ломоносовской премии МГУ за 2003 год.

Обсерватория в Домодедово <http://observ.pereplet.ru/>

Создана Мобильная Астрономическая Система Телескопов-Роботов для поиска оптических послесвечений гамма-всплесков.

На одной монтировке закреплены камеры: Ричи-Слефогт-355 (поле 5x5 град); Ричи-Слефогт-200 (поле 6 град), Флюге-280 (поле 6 град). Используются ПЗС-матрицы AP16E (4000x4000 ячеек) и две матрицы Пиктор-416.

Наблюдалось несколько десятков квадратов-ошибок гамма-всплесков.

Получена первая в Европе кривая блеска послесвечения гамма-всплеска GRB030329.

Благодаря тому, что телескоп имеет достаточно большое поле (шесть квадратных градусов), проводится обзор всего неба до 18.6 звездной величины.

Автоматическая обработка в реальном времени позволяет открывать сверхновые звезды, астероиды и переменные звезды.

Удалось далеко продвинуться в изучении отдельных галактик с использованием самых современных методов. Так, сочетая данные мультиспектральной спектроскопии и фотометрии были детально исследованы галактики NGC 80 и NGC 474. Были изобретены оригинальные методы обработки мультиспектральных данных, позволившие изучить NGC 474 в деталях, недоступных ранее. Так были обнаружены пекулярные структуры - быстро вращающиеся газовые кольца, триаксиальный потенциал в центре, внешние газовые оболочки. Обнаружение этих структур позволило понять эволюционную историю галактики.

В рамках основного направления исследований - изучения кинематики галактик и их структурных особенностей - велась работа по предсказанию и открытию новых структур в галактиках, посвященная обнаружению и изучению циклонических и антициклонических образований в газовых дисках, а также "медленных" баров в спиральных галактиках. Для класса галактик "Grand Design" ("с великолепным рисунком"), удалось восстановить в газовых дисках около десятка галактик полные векторные поля скоростей, в которых были обнаружены теоретически предсказываемые гигантские антициклоны и (в NGC 3631) - вертикальные осцилляции газа и циклонические движения. По положению центров антициклонов сделан вывод о решающей роли гравитации звездного диска в распространении спиральных волн плотности в конкретных галактиках.

За эту работу в 2003 году была присуждена Государственная премия Российской Федерации.