



ФИЗИЧЕСКОМУ ФАКУЛЬТЕТУ МГУ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА 90 ЛЕТ



СОДЕРЖАНИЕ

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО	2
ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ	3
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	3
ОПТИКА И ФИЗИКА КОЛЕБАНИЙ	7
БИОФИЗИКА И МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА	12
ФИЗИКА НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМ И КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА	15
ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА, ФИЗИКА ПЛАЗМЫ И ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ	17
АСТРОНОМИЯ И ФИЗИКА КОСМОСА	18
ГЕОФИЗИКА	22
УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС	24



ДОРОГИЕ ДРУЗЬЯ!

В этом году мы отмечаем 90-летний юбилей физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Факультет сегодня – это ведущий учебный и научно-исследовательский центр России в области физики, математики, астрономии и компьютерных технологий. В лабораториях факультета проводятся исследования фундаментальных физических явлений, многие из которых становятся основой современных технологий. В последнее время активно развивается применение физических методов и подходов в междисциплинарных областях,

таких как биомедицина, когнитивистика, искусственный интеллект, радиобиология и др.

Сохраняя преемственность классических университетских традиций в области образования, факультет гармонично развивается, совершенствуя и модернизируя учебные программы. Сегодня на факультете создана уникальная система подготовки кадров, учитывающая лучший отечественный и зарубежный опыт. Разработан и внедрен новый образовательный стандарт шестилетнего специалитета по физике, в котором большое внимание уделяется научно-исследовательской работе студентов.

В данном специальном выпуске бюллетеня «Новости науки», посвященном 90-летию факультета, представлены некоторые последние научные достижения наших ученых и краткие сведения о реализуемых образовательных программах. Многие представленные результаты получены в тесной кооперации с НИИЯФ и ГАИШ, на базе которых на факультете работают отделения ядерной физики и астрономии, а также с другими российскими и зарубежными научными центрами.

Выпуск подготовлен авторским коллективом в составе: В.В. Белокуров, А.Н. Боголюбов, Э.Э. Боос, А.Н. Васильев, В.А. Караванов, В.А. Макаров, М.А. Носов, К.А. Постнов, Б.И. Садовников, П.А. Форш.

*И. о. декана физического факультета МГУ
профессор В.В. Белокуров*



ЧАСТЬ 1

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА
И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**Квантовая теория поля**

Построена явно калибровочно-инвариантная решеточная формулировка Стандартной модели, в которой отсутствует вырождение спектра фермионов. Исследованы температурные фазовые переходы конфайнмент-деконфайнмент в КХД, при этом была вычислена критическая температура фазового перехода в КХД с динамическими фермионами на решетке, а также обнаружено и изучено явление разрыва кварк-антикварковой струны при докритических температурах.

Развиты методы вычисления квантовых поправок, определяющих ультрафиолетовое поведение в суперсимметричных теориях поля.

Исследованы радиационные эффекты в низкоразмерных эффективных теориях фермионных полей с компактификацией. Квантовые теории поля низших размерностей использованы при изучении моделей в физике конденсированного состояния таких веществ, как графен и графитовые нанотрубки. Предложена эффективная модель нанотрубки, основанная на лагранжиане, полученном на основе модели графена с жесткой связью.

Построена количественная модель, объясняющая происхождение иерархической структуры масс и смешиваний всех – заряженных и нейтральных – фермионов Стандартной модели элементарных частиц с помощью одного механизма с небольшим числом параметров.

Предложен механизм генерации первичных скалярных возмущений во Вселенной, отличный от инфляционного. Характерной его чертой является появление специфических свойств возмущений плотности: статистической анизотропии, указания на наличие которой имеются в наблюдательных данных; негауссовости специального вида, наклона спектра и др.

Теория гравитации и космология

Предложено объяснение происхождения спиральных рукавов галактик в неэйнштейновских теориях гравитации, обусловленное появлением короткодействующих сил за счет дополнительных степеней свободы гравитационного взаимодействия. Проанализированы ограничения, накладываемые галактическими параметрами (масса, светимость и т.д.) на неизвестные параметры неэйнштейновских теорий гравитации. Показана перенормируемость калибровочной аффинно-метрической теории гравитации в случае рассмотрения связности и метрики как независимых динамических переменных.

Развита теория гравитации струн Дирака и Мизнера, которые являются «тяжелыми» и дают отдельный вклад в термодинамику черных дыр.

В теории гравитационных волн и дополнительных измерений было показано, что присутствие нечетного числа дополнительных пространственных измерений в принципе может быть обнаружено методами гравитационно-волновой астрономии будущего благодаря эффектам, связанным с нарушением принципа Гюйгенса в нечетномерных пространствах событий.

Впервые сформулированы и доказаны теоремы, запрещающие устойчивые несингулярные решения в теории гравитации с дополнительным скалярным полем (теория Хорндески) для решений в виде кротовой норы и для несингулярных космологических решений. Впервые построены полностью устойчивые несингулярные космологические решения в расширенной теории Хорндески, обладающие хорошими асимптотиками и не имеющие сверхсветовых скоростей возмущений, и устойчивые при больших энергиях возмущений решения в виде кротовой норы в расширенной теории Хорндески.

Разработан метод вычисления функциональных интегралов в теориях, в которых функция Лагранжа выражается через производную Шварца. Предложен новый подход к построению непротиворечивой квантовой теории гравитации, в которой к действию Гильберта – Эйнштейна добавлены слагаемые, содержащие квадрат тензора кривизны пространства – времени. Показано, что в такой теории существует новая динамическая переменная, которая связана с конформным множителем метрического тензора. В результате вычислений фейнмановских интегралов по траекториям получено выражение для масштабного фактора ранней Вселенной.

Исследовано вакуумное взаимодействие топологических космических струн на малых расстояниях. Изучены теоретико-полевые эффекты в гравитационном поле многомерных черных дыр, глобальных монополей и космических струн. Исследованы эффекты поляризации вакуума в моделях контактных взаимодействий (в поле потенциала нулевого радиуса).

Предложен новый механизм генерации барионной асимметрии Вселенной, в котором лептонное число нарушается в осцилляциях стерильных нейтрино, а затем передается обычным нейтрино через юкавские взаимодействия. Барионная асимметрия, то есть преобладание материи над антиматерией во Вселенной, появляется благодаря непертурбативным эффектам.

Системы многих взаимодействующих частиц

Предложена новая концепция рассмотрения систем многих взаимодействующих частиц в обобщенном фазовом пространстве, включающем в себя полный (бесконечный) набор кинематических величин всех порядков. Построена дисперсионная цепочка уравнений Власова и ее расширение – дисперсионная цепочка уравнений квантовой механики. В рамках единого описания в обобщенном фазовом пространстве, исходя из единственного первого принципа – закона сохранения вероятностей, получены обобщения фундаментальных уравнений из классической и квантовой физики, учитывающие высшие кинематические величины.

Теория фликкер-шума

Построена последовательная квантовая теория фликкер-шума в проводящих средах. Дано

обобщение соотношения Винера–Хинчина на процессы с неограниченной автокорреляционной функцией, дано качественное объяснение и количественное описание наблюдаемых свойств фликкер-шума в высокотемпературных сверхпроводниках, полупроводниках и графене.

Методы математического моделирования

Разработаны алгоритмы построения асимптотик движущихся слоев в новых классах задач реакция-диффузия-адвекция. Доказаны теоремы существования и асимптотического приближения движущихся слоев в случае разрывных источников по пространственным переменным и при некоторых значениях искомой функции (так называемые модульные источники и коэффициенты адвекции).

Сформулирован новый подход, объединяющий вычислительные эксперименты с асимптотическим анализом, позволяющий получить достаточно точное описание процессов в двумерной и трехмерной эластографии.

Разработаны методы для решения задач восстановления распределения магнитной восприимчивости подземных тел по данным измерений магнитного поля на поверхности Земли.

Разработан и реализован программный комплекс, с помощью которого получены эффективные параметры волноведущих систем на основе метаматериалов, в частности, фотонных кристаллов. Комплекс позволяет рассчитывать усредненные эффективные параметры произвольных периодических диэлектрических и металлических метаматериалов с учетом как пространственной дисперсии, которой обладают большинство метаматериалов, так и частотной дисперсии.

Ведётся разработка программного комплекса, позволяющего моделировать явления дифракции на сложных телах в векторном трёхмерном случае. На данный момент имеется возможность строить численные решения задач дифракции на идеально проводящих телах и тонких экранах.

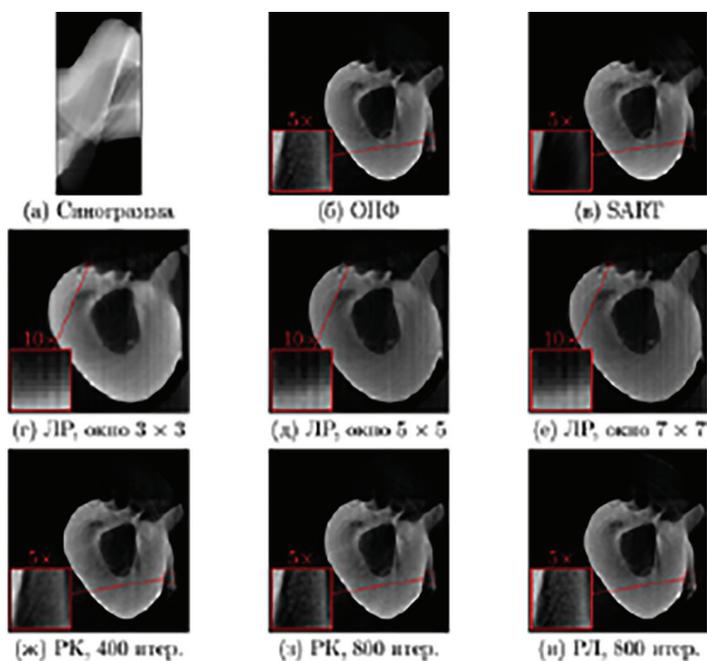
На основе математического моделирования объяснено явление изотермического пересыщения растворов в пористых средах.

Разработан программный пакет CompNER, предназначенный для вычисления матричных элементов распада элементарных частиц или их рассеяния при высоких энергиях в рамках Стандартной модели.

Создан программный комплекс для моделирования и оптимизации динамики пучка многих взаимодействующих частиц для проектирования ускорительных комплексов, таких как циклотрон. Практическое применение разработанного программного комплекса было реализовано на ряде установок в различных странах Европы и Азии.

Предложены новые методы решения проблемы восстановления изображений по данным компьютерной томографии, основанные на теории измерительно-вычислительных систем и на сужении класса восстанавливаемых изображений за счет информации, не приводящей к возникновению артефактов.

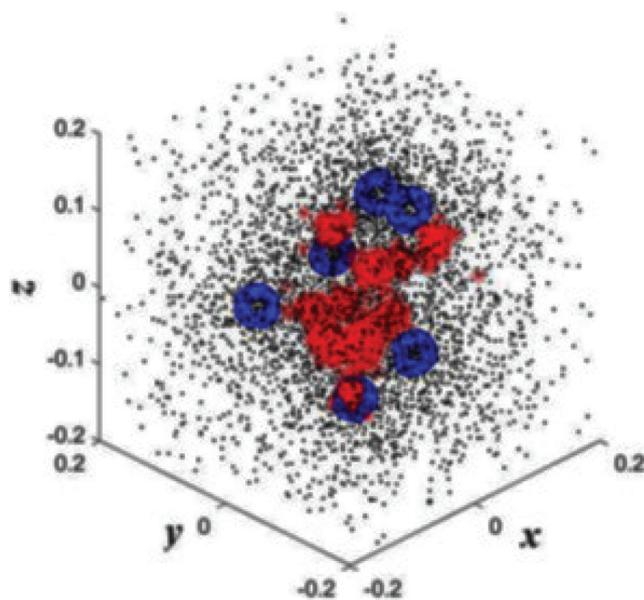
Построена теория и проведено моделирование гравитирующих Бозе-конденсатов, в том числе в экзотических астрофизических объектах.



Синограмма зуба (846 датчиков, 400 углов проецирования) и его изображения, восстановленные известными методами (обратное проецирование с фильтрацией прямоугольным фильтром), локальным методом редукции при изменении размера окна обработки и вариантом редукции измерения с использованием итеративных методов Качмажа и Ландвебера

Разработан эффективный численный метод получения решений уравнения Шредингера методом статистических испытаний, допускающий распараллеливание. Вычислительная процедура не лимитирована проблемой размерности волновой функции, характерной для традиционной постановки задачи численного решения уравнения Шредингера.

Разработан математический метод анализа фазовой траектории динамики молекулярных кластеров воды, позволяющий выделить коллективные моды движения частиц в кластере, упорядоченные по их вкладу в кинетическую энергию кластера. На его основе предложен энтропийный критерий фазовых переходов в исследуемых кластерах, он может быть использован при изучении фазовых переходов слабосвязанных атомных и молекулярных систем.



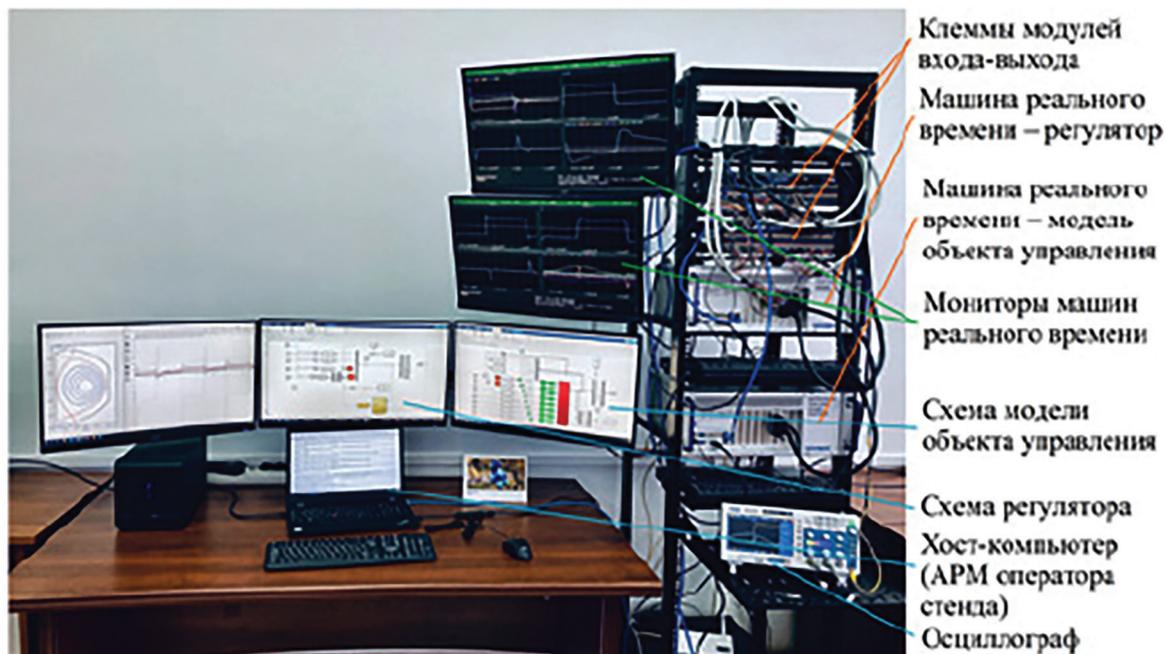
Пример расчета облаков рассеяния квантовых частиц гексамера воды

Разработан новый метод решения задачи определения скорости тяжелого иона в рамках формализма субъективного моделирования, позволяющий получать несмещенные оценки масс и скоростей тяжелых ионов. Метод прошел апробацию в Лаборатории ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований (Дубна) на реальных ядерно-физических данных.

Теория обработки больших данных

Разработана алгебраическая формализация распределенной обработки больших данных, в рамках которой было определено понятие информационного пространства для заданной процедуры обработки данных и доказано существование наименьшего информационного пространства, обеспечивающего самую компактную форму накопления информации и позволяющего наиболее эффективно распараллелить обработку. Показано, что в терминах информационного пространства естественным образом выражаются понятия сложения информации и качества информации.

Цифровой стенд реального времени на компьютерах Speedgoat Performance (Швейцария)



Физико-математические методы управления

Получены необходимые условия экстремума задачи оптимального быстродействия в системе несинхронных осцилляторов с ограничением на управление. Доказана сильная достижимость и глобальная управляемость системы. Найдены достаточные условия непрерывности критерия по параметру задачи и найдены алгебраические уравнения для определения моментов переключений.

Рассмотрена модель системы, состоящей из атакующего объекта, носителя и автономных источников широкополосных помех. Имитационное моделирование позволило сравнить разные способы управления носителем и источниками широкополосных помех при заданном способе управлении атакующим.

Проведено исследование электрогидравлического эффекта для формирования периодических импульсных гидроакустических сигналов для зондирования геосреды. Исследована возможность использования мехатронных систем для организации эффективного противодействия скоординированному действию торпед противника.

Предложена стратегия ситуационно-целевого управления сложными динамическими многорежимными процессами, а также разработаны методы управления мехатронными подвижными объектами на основе методов «гибких» полиномиальных и кинематических траекторий, методов виртуальных силовых полей, а также методов вычислительного интеллекта применительно к

задачам одиночного и группового управления мобильными роботами и беспилотными летательными аппаратами. Предложен новый алгоритм адаптивного светофорного регулирования, осуществляющий скоординированное централизованное управление на участке дорожно-транспортной сети методом предиктивного управления.

Проведено исследование динамики сред, обладающих внутренней структурой, которая является средой, образованной жесткими микроэлементами. Получена полная система дифференциальных уравнений для общих сред с внутренней структурой, основанная на законах сохранения импульсов (аналог уравнений Навье – Стокса), массы, энергии и термодинамических уравнений сплошной среды.

Рассмотрена система дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка гиперболического типа, описывающая процесс фильтрации суспензии в пористой среде. Найдены необходимые и достаточные условия приведения этой системы к системе с постоянными коэффициентами. Для уравнения одномерной фильтрации в неоднородной пористой среде построена конечномерная динамика второго порядка и соответствующее ей точное решение для любого коэффициента фильтрации.

Разработаны и промоделированы в реальном времени новые методы и системы идентификации и управления положением, током и формой плазмы для сферического и D-образного токамаков.

ОПТИКА И ФИЗИКА КОЛЕБАНИЙ

Оптика метаматериалов, наноплазмоника и магнитоплазмоника

Исследованы свойства нового класса квантово-коррелированных состояний излучения оптико-терагерцовых бифотонных полей, рождающихся при сильно-невырожденном параметрическом рассеянии. Разработаны квантовые методы фотометрии излучения и спектроскопии сред в терагерцовом диапазоне частот. Созданы терагерцовые фотопроводящие антенны и эффективные преобразователи частоты на основе топологических изоляторов. Обнаружено гигантское усиление нелинейных оптических и магнитооптических эффектов в нано- и магнитоплазмонных структурах. На основе новых нелинейно-оптических методик была реализована диагностика структурных, магнитных и резонансных свойств метаматериалов и фотонных кристаллов, разработаны новые метаматериалы, обеспечивающие сверхбыстрое управление светом и магнитооптическим откликом.

На основе генерации магнитоиндуцированной второй гармоники развиты нелинейно-оптические методы визуализации тороидного момента намагниченности, нетривиальных магнитных состояний, анизотропии магнитных свойств и низкооборотных плазмонных резонансов в субволновых наноструктурах. Продемонстрирована высокая чувствительность нелинейно-оптического отклика для исследования неоднородной намагниченности метаматериалов. Экспериментально показано, что метод генерации магнитоиндуцированной второй гармоники позволяет исследовать слабые плазмонные резонансы в магнитных структурах, наблюдение которых другими методами затруднено.

Предложен дизайн и исследована серия гетероструктур, представляющих собой тонкие пленки кобальта на поверхности опала и сочетающих в себе магнитные, фотоннокристаллические и плазмонные свойства. Показано, что существуют частотно-угловые области, в которых наблюдаются одновременно и аномальное пропускание, и усиление поперечного магнитооптического эффекта (примерно на порядок, по сравнению с однородной пленкой кобальта той же эффективной толщины), обусловленные возбуждением поверхностных плазмон-поляритонов. Показано, что

наличие поверх кобальта тонкой пленки серебра увеличивает резонансный магнитооптический отклик в два раза.

Впервые проведена спектроскопия интенсивности и фазы второй гармоники в метаповерхности, представляющей собой массив трехслойных нанодисков $\text{Au/MgF}_2/\text{Au}$, расположенных в узлах квадратной решетки. Обнаружено усиление интенсивности квадратичного нелинейно-оптического сигнала примерно на порядок и изменение фазы ВГ на 360° в области возбуждения магнитодипольного резонанса. Предложена интерпретация наблюдаемых эффектов в терминах магнитодипольных компонент тензора квадратичной восприимчивости.

Впервые экспериментально исследованы особенности оптического и нелинейнооптического отклика квазидвумерной хиральной метаповерхности. Структуры представляли собой массивы винтообразных отверстий в серебряной мембране субволновой толщины, обладающие, как целое, вращательной симметрией 3-го, 4-го, 5-го и 6-го порядка. Показано, что исследуемые резонансные структуры сочетают в себе аномальное пропускание, и высокую оптическую активность, резонансная величина циркулярного дихроизма достигает десятков процентов. Обнаружено, что знак и величина циркулярного дихроизма как в линейном отклике, так и в нелинейно-оптическом, определяется вращательной симметрией массива.

Проведено детальное исследование оптических и магнитооптических эффектов в гиперболических метаматериалах (ГММ) на основе массивов металлических наностержней в диэлектрической матрице. Наблюдалось гигантское двулучепреломление в ГММ, обусловленное анизотропией оптических свойств и недостижимое в естественных средах – разница показателей преломления обыкновенного и необыкновенного луча в оптическом диапазоне достигает нескольких единиц. Такой эффект перспективен для создания на базе ГММ миниатюрных преобразователей поляризации электромагнитного излучения. Показано, что с помощью композитных магнитных ГММ такие устройства можно сделать магнитоуправляемыми.



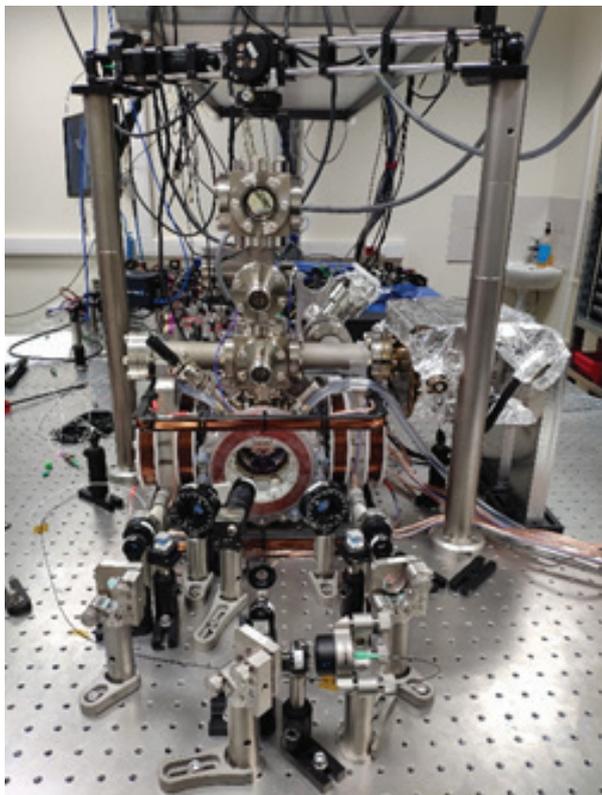
Эксперименты со сверхсильными лазерными полями

Показана возможность создания эффективных компактных источников перестраиваемых сверхкоротких импульсов, умножителей частоты и оптических переключателей на основе фотонно-кристаллических волокон. Развита методика генерации импульсов с длительностью менее одного периода колебаний электрического поля в ближнем и среднем инфракрасном диапазоне.

Квантовые технологии

Созданы прототипы квантовых компьютеров на основе одиночных атомов в оптических ловушках и фотонов в оптических интегральных схемах.

Совместно с ОАО ИнфоТеКС разработана и построена Университетская квантовая сеть (20



Прототип квантового компьютера

узлов, 50 км).

В рамках работ по квантовым вычислениям сформирован протокол формирования перепутанных состояний между спинами электронов в системе связанных квантовых точек и циркулярно поляризованными фотонами. Формирование перепутанных состояний происходит благодаря сильному спин-орбитальному взаимодействию в квантовых точках. Проанализированы эффекты, влияющие на величину степени перепутанности и исследованы особенности временной эволюции степени перепутанности, обусловленные наличием взаимодействия между квантовыми точками и неидеальностью полости. Полученные результаты могут быть применены для нужд современных квантовых технологий.

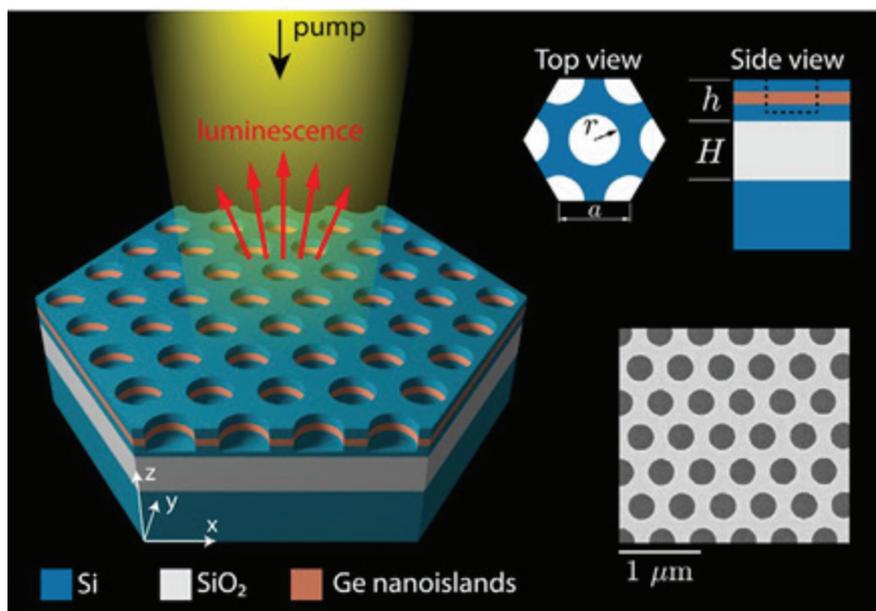
Лазерные системы и волоконно-оптические линии связи

Создан лазерный ультразвуковой дефектоскоп, позволяющий осуществлять неразрушающую диагностику структуры и свойств металлов и композитов, применяемых в критически важных отраслях промышленности. Его работа основана на лазерном возбуждении подповерхностной ультразвуковой волны и ее последующей регистрации пьезоэлектрическим приемником. Дефектоскоп способен обнаружить мельчайшие внутренние дефекты с точностью до сотых долей миллиметра.

Теоретически разработан компактный поляритонный лазер на основе хирального полупроводникового брэгговского микрорезонатора с электрической (диодной) накачкой. Знак циркулярной поляризации контролируется типом хирального фотонно-кристаллического слоя на верхнем зеркале микрорезонатора и изменяется на противоположный в зеркально симметричной структуре.

Развита модель нелинейного интерференционного шума в волоконно-оптических линиях связи, установлен характер накопления и разработана методика ослабления нелинейного шума в длинных линиях связи. Результатом проведенных исследований стало достижение рекордной дальности (6000 км) безрегенерационной передачи информации в наземных линиях связи при суммарной скорости 8 Тбит/с.

Взаимодействие лазерного излучения с ве-



Модель компактного поляритонного лазера на основе хирального полупроводникового брэгговского микрорезонатора



Аспиранты и студенты физического факультета на научной стажировке в лаборатории НТЦ Т8 отлаживают экспериментальный макет высокоскоростной системы волоконно-оптической связи

ЩЕСТВОМ

Исследованы кластеры и наноагрегаты, образующиеся при газодинамическом расширении среды в вакуум, а также особенности генерации обладающих высокой энергией электронов и ионов и жесткого рентгеновского излучения. Продемонстрирована возможность лазерной очистки мишеней для эффективно-го ускорения тяжелых многозарядных ионов. Впервые наблюдалось формирование потока быстрых отрицательных ионов при воздействии на твердотельные мишени интенсивного фемтосекундного лазерного излучения и гамма распада изомерного состояния Ta-181 с энергией 6.2 кэВ, а также конверсионного распада состояния Fe-57 с энергией 14.4 кэВ, при их возбуждении в лазерной плазме.

Создана нелинейная поляризационная сингулярная оптика сред, демонстрирующих нелокальный нелинейно оптический отклик вещества на внешнее световое поле. Исследовано изменение поляризации пучков и импульсов, взаимодействующих в нелинейных средах, изучена возможность появления сингулярностей поляризации распространяющегося излучения в задачах параксиальной оптики и при взаимодействии эллиптически поляризованного света с нанообъектами.

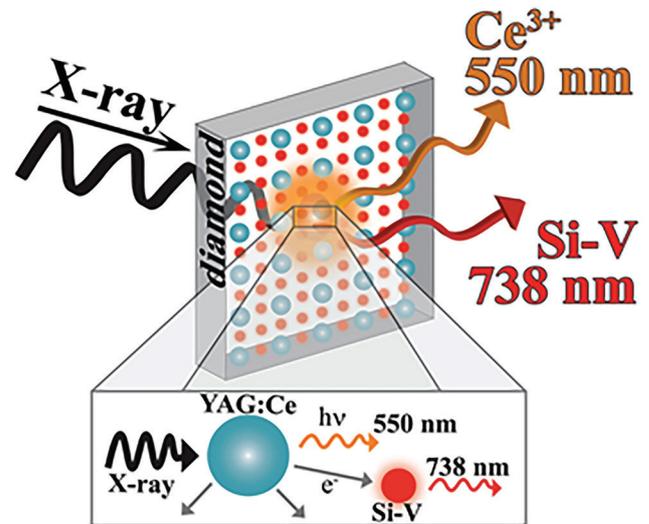
Предсказан квадратичный рост эффективности генерации выделенных групп гармоник в средах, представляющих собой набор газовых струй, взаимодействующих с двухчастотными лазерными полями, образованными первой и второй гармониками лазерного источника, при возрастании его длины волны. Показано, что при уменьшении ширины газовых струй, положение пика усиленных гармоник смещается в коротковолновую область спектра, амплитуда пика возрастает. Исследована генерация гармоник высокого порядка в газовых средах, находящихся вблизи периодической решетки, взаимодействующей с лазерным полем в условиях возбуждения плазмонного резонанса. Показано, что усиление лазерного поля над поверхностью решетки приводит к существенному увеличению эффективности генерации гармоник и расширению спектра генерируемого излучения.

Изучены механизмы генерации произвольно поляризованного когерентного излучения терагерцового, ультрафиолетового и мягкого рентгеновского диапазонов длин волн атомарными системами, взаимодействующими с интенсивными многокомпонентными про-

извольно поляризованными лазерными полями, а также развиты методы управления характеристиками (эффективностью, состоянием поляризации, частного-угловым спектром) такого излучения.

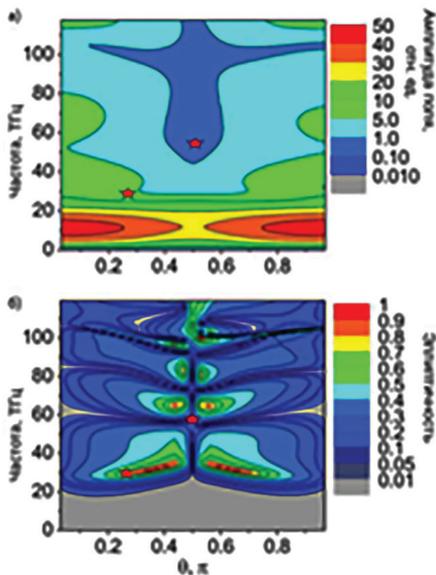
Теоретически исследовано и экспериментально зарегистрировано образование световых пучков с высокой плотностью мощности в фемтосекундном лазерном импульсе в условиях аномальной дисперсии групповой скорости. Минимальная длительность световой пули составляет около двух периодов осцилляций светового поля. Исследованы закономерности формирования световых пучков с высокой плотностью энергии при экстремальной пространственно-временной компрессии фемтосекундного излучения среднего инфракрасного диапазона в прозрачных диэлектриках. Недавно показано, что постфиламент на протяженной трассе является источником инфракрасного суперконтинуума и может инициировать высоковольтный разряд. Впервые выполнено самосогласованное моделирование терагерцовой генерации при филаментации во внешнем постоянном поле и предсказано формирование кольцевых распределений высокочастотного терагерцового излучения, зарегистрированных недавно в эксперименте.

подтверждение экспериментальными данными в спектральном диапазоне от видимого до рентгеновского.



Схематическое изображение процессов формирования изображения в композитном экране на основе CVD алмаза со встроенными наночастицами

По исследованиям различных классов соединений методами люминесцентной спектроскопии с использованием синхротронного излучения получены следующие результаты: предложены модели, объясняющие механизмы формирования квантового выхода и кинетики люминесценции твердых растворов; разработаны композитные материалы на основе CVD алмаза со встроенными наночастицами для регистрации высокоинтенсивных рентгеновских потоков; оценены перспективы создания пикосекундных сцинтилляторов на основе гибридных органо-неорганических перовскитов; продемонстрированы возможности метода люминесцентного Z-скана для оценки вкладов областей треков с различной плотностью электронных возбуждений, создаваемых высокоэнергетическими частицами или фотонами, в выход и кинетику сцинтилляционного отклика.



Генерация эллиптически поляризованного терагерцового излучения в двухчастотных лазерных полях, взаимодействующих с атомом аргона

Синхротронное излучение

Построена теория синхротронного излучения с учетом аномального магнитного момента излучающей частицы и возможного нарушения СРТ- и лоренц-инвариантности.

Разработана аналитическая модель эволюции мощности гармоник спонтанного и вынужденного излучения ондуляторов в лазерах на свободных электронах (ЛСЭ), получившая

Акустика

Обнаружена тепловая самофокусировка ультразвука в идеальной среде без поглощения, которой нет в нелинейной оптике и других разделах физики нелинейных волн, установлена предельная интенсивность (эффект насыщения) при фокусировке акустических импульсов, явления в разрывных волнах, в частности, поведение ударных волн разрежения. Проведено обобщение точного решения Ландау-Слезкина уравнений ги-

дродинамики, допускающее переход к идеальной жидкости и снимающее дефект нулевого потока массы затепленной струи. Развита теория физики сильно нелинейных волн.

Важные результаты получены в области прикладной гидроакустики, акустики органичных инструментов и концертных залов, физической акустики твердых тел, нелинейной акустодиагностики, теории дифракции, аэроакустики и других направлений современной акустики.

Предсказаны и исследованы новые эффекты в акустооптике: многократное брэгговское рассеяние света, квазиколлинеарное акустооптическое взаимодействие, аномальное отражение акустических волн, анизотропная дифракция света в средах с искусственной анизотропией. Предложены и реализованы новые методы обработки оптических сигналов: акустооптическая пространственная фильтрация изображений, визуализация оптического волнового фронта, управление характеристиками акустооптической дифракции с помощью внешнего воздействия.

Радиофизика

Создана универсальная широкополосная система связи для применений с беспилотными летательными аппаратами в условиях городской и полевой связи. Разработаны радиорелейные линии миллиметрового диапазона длин волн, не имеющие международных аналогов по скорости и дальности передачи информации (20 Гбит/с на расстоянии 25 км).

На основе развитой теории многослойных интерференционных структур, обладающих уникальными волновыми свойствами, создан не имеющий аналогов двухволновый ИК-радиометр, позволяющий дистанционно измерять температуру сильно нагретых объектов в сильно загазованной и влажной среде, в том числе и быстро истекающих (выше скорости звука) газовых потоков, а также высокочувствительные и широкополосные кроссмодуляционные приемники ИК-излучений в ближнем и среднем ИК-диапазоне, которые внедрены в различные отрасли отечественной промышленности.

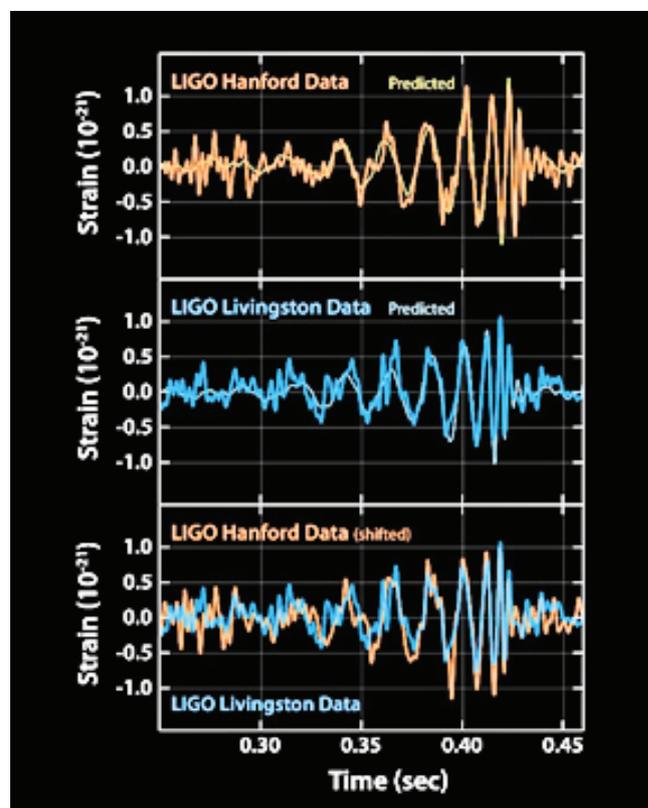
Создан и испытан многолучевой клистрон с выходной мощностью 6 МВт и КПД 62%, что на 15-20% выше КПД лучших зарубежных аналогов. Разработана технология беспроводной передачи энергии для подзарядки кардиостиму-

ляторов и имплантов, вживленных в живые организмы.

Теоретически исследовано вынужденное излучение электронных пучков в пространственноограниченной плазме, работа плазменных СВЧ-генераторов, черенковские плазменные источники электромагнитного излучения субтерагерцового диапазона. Реализованы СВЧ усилители и генераторы с плазменной замедляющей системой, обеспечивающие значительную перестройку частоты излучения (до двух раз) при субгигаваттном уровне мощности.

Созданы механические колебательные системы с рекордной добротностью для гравитационно-волновых детекторов, компактные микрорезонаторы для телекоммуникационных и навигационных технологий, решены фундаментальные и технологические проблемы, препятствующие увеличению чувствительности этих приборов.

Получены оценки силы эффекта самокомпенсации ошибок в толщинах слоев многорезонаторных узкополосных оптических фильтров при их производстве с использованием контроля толщин напыляемых слоев по методу поворотной точки.

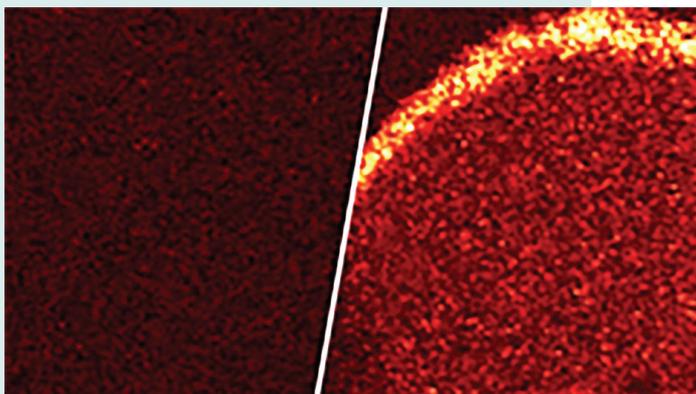


Сигналы гравитационных волн от слияния черных дыр, принятые детекторами LIGO

БИОФИЗИКА И МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА

Биомедицинские технологии

Показана возможность использования кремниевых наночастиц, сформированных методом пикосекундной лазерной абляции в качестве биомаркеров в приложениях оптической когерентной томографии. При облучении мощными лазерными импульсами вместо используемых обычно кристаллических пластин кремния использовались плёнки пористого кремния, полученные методом электрохимического травления. Это позволило в несколько раз увеличить массовый выход наночастиц. Разработанный метод позволяет получать кремниевые наночастицы необходимого размера, которые не оказывают вредного воздействия на живые ткани и хорошо выводятся из организма. Использование данных частиц в качестве биомаркеров позволит увидеть скрытые в непрозрачной среде организма структурные неоднородности, например, опухоли.



Слева прозрачный агаровый гель без биомаркеров, справа – с внедрёнными кремниевыми наночастицами

Синтезированы наночастицы оксида железа, стабилизированные олеиновой кислотой/олеатом натрия, которые могут использоваться при лечении опухолей с помощью магнитной гипертермии. Подтверждена эффективность магнитной гипертермии для лечения трансплантированной карциномы.

Разработан метод изготовления нанобиосенсорной системы на основе полевых транзисторов с каналом-нанопроводом, в которую интегрированы терморегулирующие устройства. Предлагаемая система позволяет поддерживать необходимые температурные режимы в биоаналитических исследованиях.

Изучено влияние наноалмазов на структуру и функцию белков плазмы и оксигенацию и микрореологические свойства эритроцитов.

Одним из ярких достижений является изобретение эластографа, прибора для измерения сдвигового модуля упругости – наиболее чувствительного параметра патологически измененных мягких тканей. Прибор запатентован и в настоящее время производится десятками зарубежных фирм.

Развиты методы исследования глубоколежащих тканей головного мозга с использованием волоконно-оптических сенсоров и нейроинтерфейсов, позволившие проводить измерения функциональной активности и патологий свободно движущихся животных в режиме *in vivo*.

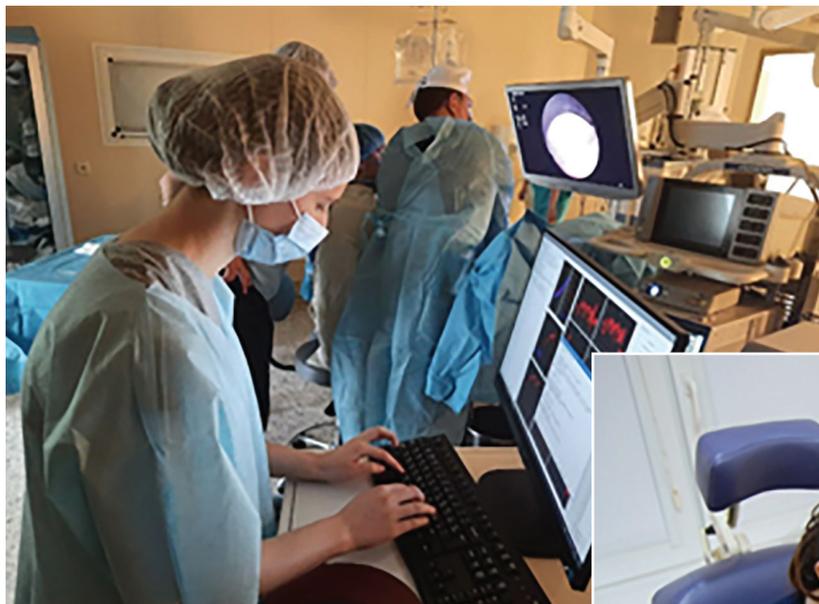
Выполнены фундаментальные работы по синтезу и исследованию свойств одномерных и квазиодномерных углеродных структур, разработана теоретическая модель структуры карбина, создана технология получения углеродных покрытий, обладающих высокими биосовместимыми и антибактериальными свойствами, в том числе созданы биосовместимые покрытия для сосудистой хирургии.

Исследованы механизмы токсического воздействия ионов тяжёлых металлов на белки и ферменты. Проанализировано взаимодействие различных белков с наночастицами, используемыми для различных медицинских приложений.

Разработаны неинвазивные методы измерения искажений изображения глазом человека, создан медицинский прибор — динамический абберометр.

Создан терагерцовый рефлектометр-офтальмоскоп, предназначенный для неинвазивного контроля состояния внешних отделов глаза человека. Прибор позволяет определять *in-vivo* в динамике гидратацию роговичной ткани глаза человека и контролировать толщину слезной пленки.

Созданы биосовместимые нанокомпозитные коллоидные липидные везикулы, в мембраны которых встроены наночастицы магнетита и золота, содержащие капсулированный противоопухолевый препарат доксорубин. Показано, что выход доксорубина из таких везикул эффективно инициируется ультракороткими импульсами внешнего электрического поля.



Сотрудники физического факультета проводят оптическую диагностику в ходе операционного процесса

Рефлектометр-офтальмоскоп, предназначенный для неинвазивного контроля состояния внешних отделов глаза человека



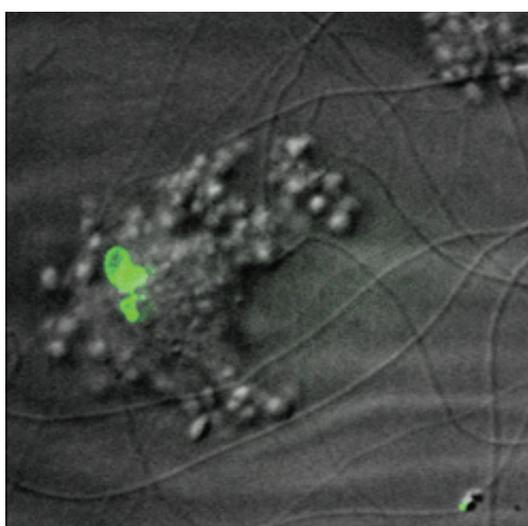
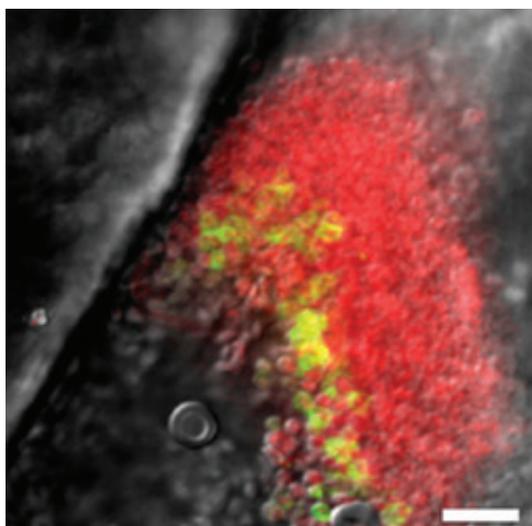
Тромбодинамика

Разработан метод тромбодинамики – исследование динамики роста тромба в режиме «онлайн», разработанный сотрудниками физического факультета в содружестве с ведущими российскими клиническими центрами, показал высокую чувствительность и специфичность, позволяя детектировать как гипер-, так и гипокоагуляцию у пациентов с COVID-19 и успешно контролировать терапию.

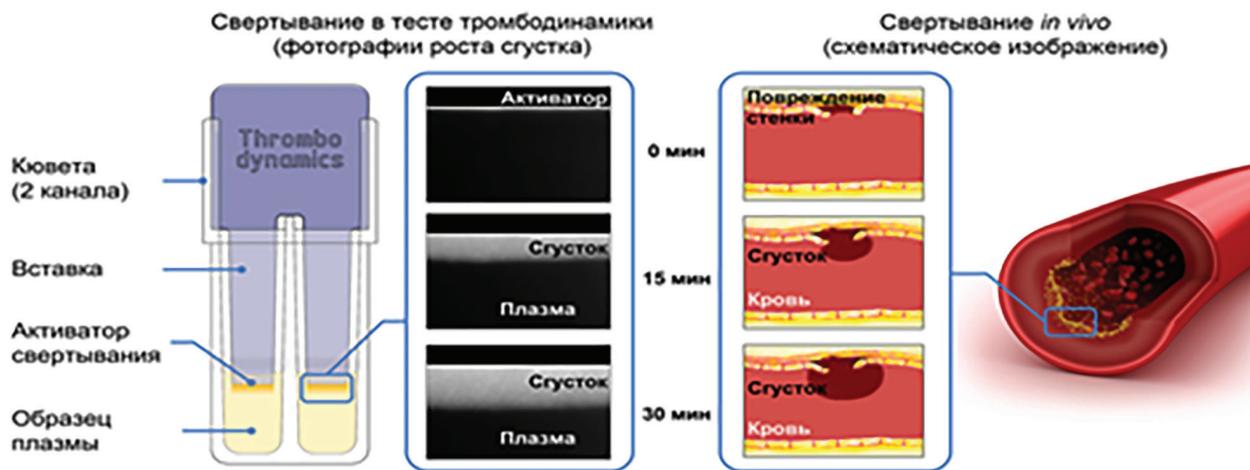
Разработана концепция иерархических математических и компьютерных моделей неравновесных процессов структурообразования в ходе гемостатического ответа. Было показано, что ра-

стущий тромб может быть рассмотрен как нелинейная динамическая система. Гидродинамические силы способны останавливать его рост и препятствовать окклюзии сосуда, если размер тромба меньше порогового значения. Помимо этого, показано, что гидродинамические силы способствуют «переключению» тромбоцитов в активное состояние путем механического растяжения белков клеточной адгезии.

Показано, что механическое сжатие тромба приводит к вытеснению умирающих тромбоцитов на его поверхность, что может влиять механическую стабильность сгустка.



Перераспределение клеток в тромбах



Свертывание крови в тесте тромбодинамики

Биокинетика наночастиц

Разработаны новые уникальные методики исследования и математического моделирования биокинетике наночастиц серебра, золота, селена, диоксида титана и углеродных нанотрубок в живых организмах. Установлено, что наночастицы серебра способны избирательно накапливаться в головном мозге, тестикулах и легких, а также оказывать негативное влияние на когнитивные функции. При этом, серебро в ионной форме не проявляет выраженной нейротоксичности.

Молекулярные биологические машины

Разработано представление о сопряженном нарушении симметрии и смене формы энергии при движении молекулярной машины по рабочему циклу в ходе совершения «полезной работы».

Предложен и обоснован новый механизм сборки тубулиновых микротрубочек (функционирующая на пространственных масштабах от нанометров до десятков микрометров и на временных масштабах от микросекунд до часов), а также новый механизм переключения микротрубочек от сборки к разборке. Теоретически описан процесс генерации силы микротрубочкой для транспорта хромосом во время деления клеток.

С помощью вычислительных и экспериментальных подходов найдены новые перспективные соединения, нарушающие взаимодействия микротрубочек и белков, обеспечивающих прикрепление микротрубочек к хромосомам. На основе этих соединений разрабатываются средства противоопухолевой химиотерапии нового принципа действия, обладающие существенно сниженной токсичностью.

Поляризационная микроскопия в клеточных технологиях

Разработан метод оценки внешних морфологических параметров клеток и их внутренней структуры с помощью поляризационной микроскопии. Показано, что при таком исследовании клетки могут сохраняться живыми.

Криобиология

Развиты методические подходы к эффективному криохранению биологического материала.

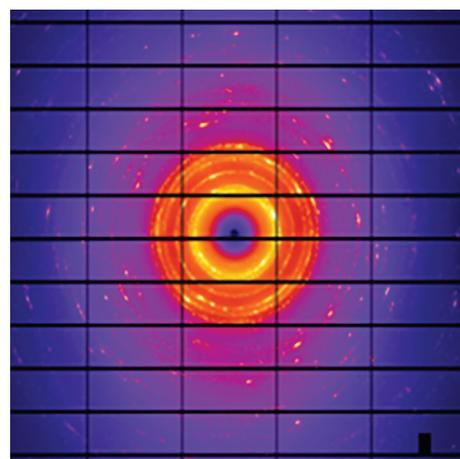
Предложены новые режимы заморозки и новые составы криопротекторных сред.

Изучены физико-химические характеристики криопротекторных сред.

Методом рентгеноструктурного анализа исследовано влияние отдельных компонент среды для криоконсервации на формирование кристаллов.

Создана математическая модель, описывающая механизм проникновения глицерина в клетки в качестве криопротектора.

*X-Ray:
криопротекторная среда*



ФИЗИКА НИЗКОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМ И КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

Нанoeлектроника

Созданы прототипы солнечных элементов на основе гетероперехода аморфный гидрогенизированный кремний – монокристаллический кремний, характеризующиеся высокой эффективностью преобразования солнечного излучения. Продемонстрирована возможность получения эффективной электролюминесценции на таких структурах.

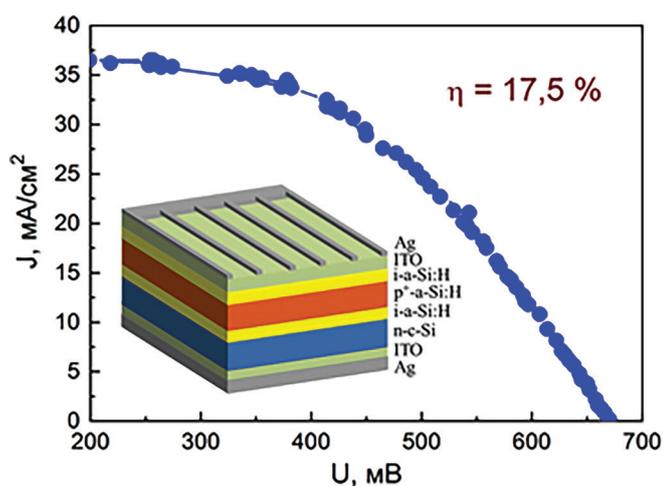


Схема солнечного элемента и его вольт-амперная характеристика

Разработана методика детектирования водорода с помощью нанокompозита $\text{In}_2\text{O}_3/\text{ZnO}$ при комнатной температуре. Созданы прототипы сенсоров, в которых вместо нагрева используется освещение чувствительного элемента зеленым светом. Это позволяет существенно образом снизить энергопотребление и обеспечивает возможность использования сенсора для детектирования малых концентраций различных горючих и взрывоопасных веществ в атмосфере.

Продемонстрирована возможность оптической записи информации на поверхности халькогенидных стеклообразных полупроводников, таких как GeSbTe (GST), с помощью фемтосекундных лазерных импульсов. Использование предлагаемой технологии записи открывает возможность увеличения в несколько раз плотности кодирования информации на единицу площади. Подбор режимов облучения позволя-

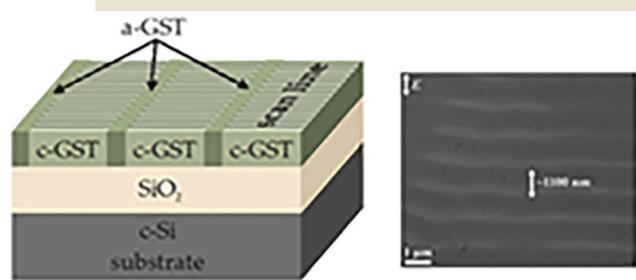


Схема распределения аморфной и кристаллической фазы в облученных образцах GST и СЭМ изображения их поверхности

ет не только записывать, но и перезаписывать информацию за счет обратимых лазерно-индуцированных переходов из кристаллической фазы в аморфную.

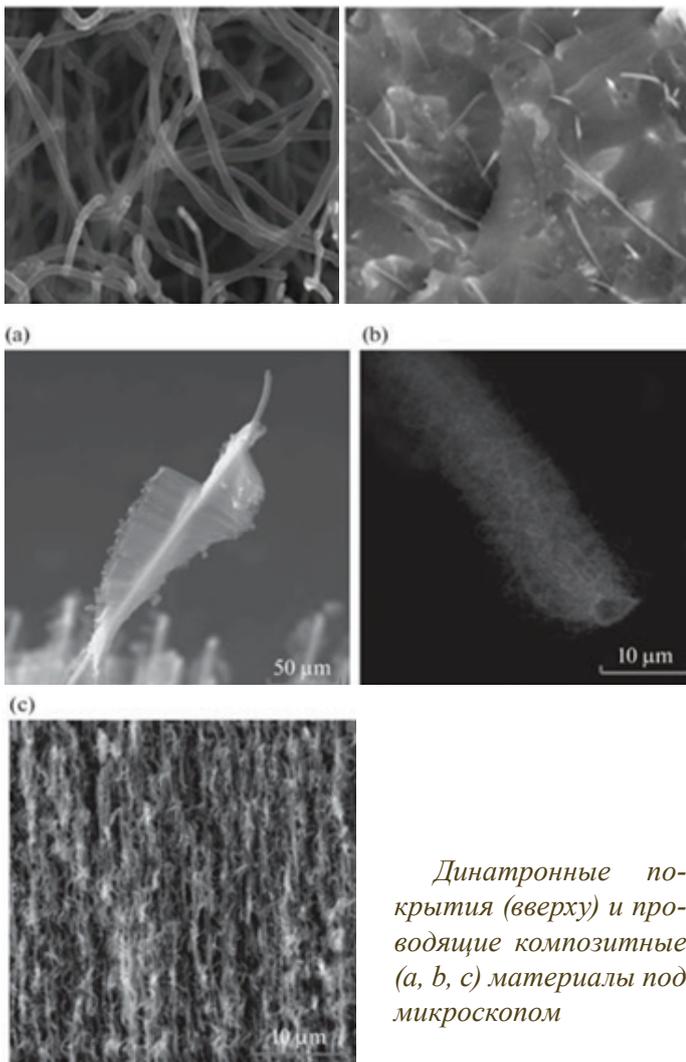
Синтез и диагностика твердых тел и наноструктур

Создана технологическая база для выращивания монокристаллов и синтеза керамических образцов высокотемпературных сверхпроводников, низкоразмерных магнетиков и топологических изоляторов. Получен ряд фундаментальных результатов по этим направлениям, включая обнаружение и исследование спиновой жидкости в уникальных неорганических соединениях с решеткой квадратного кагеме.

Разработаны методы получения динамного покрытия с углеродными нанотрубками, подавляющего эффект изменения тока в электровакуумных приборах. Разработанные композитные материалы на основе полимерных матриц с включением углеродных нанотрубок, в том числе ориентированных углеродных нанотрубок, могут быть использованы в качестве функциональных и конструкционных материалов для наноспутников.

Разработан новый оригинальный метод определения положения энергетических уровней спиновых центров (дефектов) в запрещенной зоне полупроводниковых наноматериалов с помощью электронного парамагнитного резонанса.

Разработана теория и созданы экспериментальные устройства для реализации 3D ска-



Динатронные покрытия (вверху) и проводящие композитные (a, b, c) материалы под микроскопом

нирующей электронной микроскопии рельефа поверхности микроструктур и томографии многослойных наноструктур, создана теория кинетики радиационной зарядки диэлектриков.

Разработана методика определения энергетического спектра полупроводниковых гетероструктур. Обнаружен эффект зависимости направления фототока от длины волны возбуждения (фотореверсивный эффект), перспективный для диагностики качества гетероструктур в процессе роста.

Разработан, изготовлен, апробирован и внедрен в серийное производство комплекс из 19 типов аппаратуры для рентгеноструктурных исследований.

Разработана методика дифференциальной конверсионной мессбауэровской спектроскопии.

Разработан и экспериментально реализован рентгendifракционный метод контроля управляемых атомных смещений.

Предложен метод создания перспективных материалов для твердотельного магнитного охлаждения.

Физика магнитных явлений

Выявлены различия в процессах магнитного фазового перехода, индуцируемого нагревом от внешнего магнитного поля в тонкой пленке сплава железородий (FeRh). Результаты работы помогут сформулировать теорию магнитных фазовых переходов, а также лягут в основу твердотельных охлаждающих систем.

В композитной двухслойной структуре на основе пьезополимерного слоя и слоя магнитного эластомера с железными микрочастицами исследован магнитоэлектрический эффект в градиентном переменном магнитном поле. Получено резонансное усиление эффекта, зависящее от состава магнитоэластомерного слоя, в частности, от концентрации частиц, толщины слоя и его модуля упругости, а также обнаружена зависимость от амплитуды переменного поля и величины внешнего однородного магнитного поля смещения. Определены условия линейного усиления эффекта, а также обнаружено уменьшение резонансной частоты при увеличении поля смещения.

Показана возможность получения редкоземельных составов с 3d- и 4p-металлами, а также их гидридов, с высокими значениями магнитокалорического эффекта и магнитострикции в заданной области температур. Экспериментально продемонстрировано, что намагниченность структурно изотропных ферромагнитных пленок приводит к возникновению анизотропии интенсивности второй гармоники.

Создан новый класс магнитоактивных эластомеров (МАЭ) на основе молекулярных щеток, которые воспроизводят вязкоупругий отклик живых тканей и демонстрируют гигантский магнитореологический эффект.

Созданы гибридные МАЭ, демонстрирующие гигантское изменение диэлектрической проницаемости и проводимости при намагничивании.

Разработаны теоретические подходы для описания магнитного отклика МАЭ.

Разработан магнитный фиксатор сечатки шлаза на основе МАЭ.

Обнаружено влияние размерных эффектов и совершенства структуры на намагниченность наночастиц.

Усовершенствована технология создания элементов магнитной памяти.

ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА, ФИЗИКА ПЛАЗМЫ И ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Физика ядра

Получены ориентационные характеристики возбужденных состояний легких ядер и даны предсказания относительно стабильности протон-избыточных гиперядер.

Теоретически предсказано существование тетранейтрона – резонанса в системе четырех нейтронов, получившее надежное экспериментальное подтверждение.

Создан жидкий сцинтилляционный детектор нейтрино, предназначенный для мониторинга работы ядерного реактора по регистрации реакторных антинейтрино.

Предложен метод расчета энергий связи тяжелых и сверхтяжелых ядер.

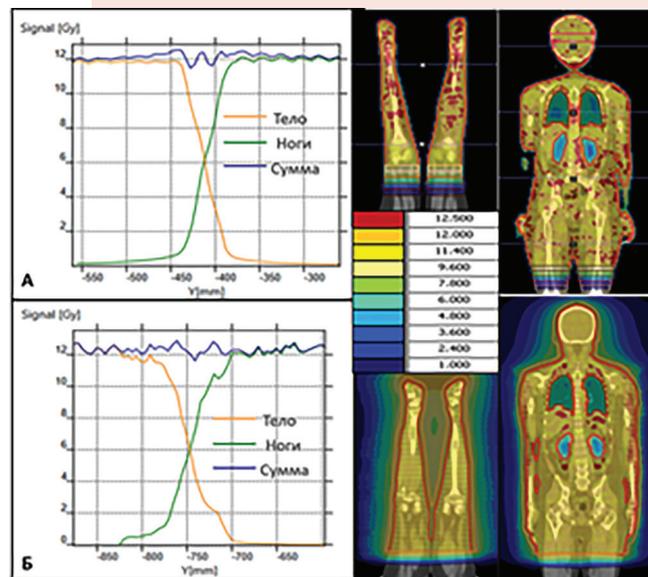
Радиационная физика

Разработаны алгоритмы и методы, позволяющие оптимизировать равномерность и однородность радиационной обработки продуктов питания и объектов биомедицинского назначения.

Выработаны рекомендации для различных видов лучевой терапии.

Элементарные частицы и физика высоких энергий

В рамках работы международных коллабораций внесен определяющий вклад в получение таких важнейших результатов, как открытие одиночного электрослабого рождения топ-квар-



Профиль поглощенной дозы в области наложения радиационных полей и распределение дозы в коронарной плоскости пациента для медицинских линейных ускорителей: а) TomoTherapy и б) Elekta

ка в протон-антипротонных столкновениях на коллайдере Тэватрон и открытие бозона Хиггса с массой 125 ГэВ на Большом адронном коллайдере, измерение характеристик рождения топ-кварка в pp- и PbPb-столкновениях, а также редких распадов W-мезонов на пару мюонов.

Строящийся в Дубне сверхпроводящий коллайдер протонов и тяжёлых ионов NICA. Сотрудники физического факультета и НИИЯФ МГУ являются ключевыми участниками экспериментов BM@N, MPD, SPD



Ведутся активные работы по созданию сверхпроводящего коллайдера протонов и тяжёлых ионов в рамках реализации Мегасайенс-проекта NICA на базе Объединённого института ядерных исследований (ОИЯИ). В рамках эксперимента BM@N по исследованию барионной материи создан трековый детектор и проведён первый сеанс по набору статистики.

В рамках работы международных коллабораций в эксперименте на детекторе CLAS12 определено сечение электророждения пар заряженных пионов на протонах в области масс нуклонных резонансов до 2.0 ГэВ.

Проанализированы результаты экспериментов на электрон-позитронных коллайдерах Belle, BaBar и BES III, в которых были открыты тетракварки $Υ$ (экзотические мезоны), образующие семейство из четырех частиц, каждая из которых состоит из двух кварков и двух антикварков. На основе дикварковой модели предсказано существование новых тетракварковых состояний с предсказанием их масс и квантовых чисел.

Физика плазмы

Разработан ряд автоматизированных систем и сенсоров для диагностики низкотемпературной плазмы, в том числе, плазмы, используемой в современных высокочастотных плазмохимических реакторах травления и осаждения.

Создан диагностический комплекс измерения полноты сгорания, степени ионизации и температуры пламени, возникающего в условиях плазменно-стимулированного горения газобразного и жидкого углеводородного топлива в дозвуковых и сверхзвуковых воздушных потоках в свободном пространстве и внутри гладких аэродинамических каналов различной конфигурации.

Исследовано влияние плазмы наносекундных разрядов на процессы сверхзвукового обтекания, на ударные волны, вихревые структуры, зоны отрыва потока, на теплообмен с обтекаемой поверхностью во внутренних и внешних аэродинамических течениях.

АСТРОНОМИЯ И ФИЗИКА КОСМОСА

Галактическая астрономия и космическая физика

Предложен оригинальный метод определения радиусов, величины межзвёздного поглощения и светимости пульсирующих переменных звёзд – цефеид, опирающийся на данные многоцветной фотометрии, лучевые скорости и мультифазные измерения эффективных температур. Определены точные значения поглощения и светимости более 45 цефеид и выведена новая зависимость “период–светимость”, лежащая в основе современной универсальной шкалы расстояний во Вселенной.

По данным эксперимента TAIGA восстановлен энергетический спектр гамма-квантов от Крабовидной туманности, достаточно хорошо совпадающий с мировыми данными в области 5-100 ТэВ.

В эксперименте НУКЛОН определен спектр космических лучей (КЛ) по энергии и зарядам частиц до энергий $3 \cdot 10^{12}$ - $8 \cdot 10^{14}$ эВ, определен химический состав КЛ в диапазоне энергий 10^{12} - 10^{15} эВ и спектр никеля в составе КЛ при энергиях выше $2 \cdot 10^{12}$ эВ/частица, а также найден ряд важных особенностей в составе КЛ, которые в настоящее время нуждаются в общепринятой астрофизической интерпретации.

Приборы, созданные для радиационных измерений в космосе, устанавливались на борту орбитальных пилотируемых станций САЛЮТ, МИР в течение всего времени их существования, а также на космических объектах специального назначения. С 2001 года созданная дозиметрическая аппаратура обеспечивает радиационную безопасность космонавтов на борту МКС, в этом году начата разработка системы радиационно-

го контроля для новой Российской орбитальной станции. Создан спектрометр космических излучений СКИФ-ВЭ, который в настоящее время входит в состав целевой аппаратуры на борту космических аппаратов серии «Арктика-М», «Метеор-М», «Электро-Л».

Создана научная аппаратура для малых космических аппаратов типа кубсат (детектор



космической радиации и гамма-транзиентов, прибор для измерения потоков галактических космических лучей, солнечных энергичных частиц и частиц внутреннего радиационного пояса и др.). Эти приборы устанавливаются на кубсатах, запускаемых в рамках проекта «Созвездие-270» по созданию мульти-спутниковой группировки и сети наземных приемных станций. Создание такой группировки с однотипным научным оборудованием позволит проводить непрерывный мониторинг условий в околоземном космическом пространстве. 27 июня 2023 года попутным запуском с космодрома Восточный на орбиту выведены семь наноспутников проекта «Созвездие-270». В рамках проекта создан Центр управления, в котором в настоящее время сотрудники и студенты факультета осуществляют управление космическими аппаратами и станциями приема, а также получают информацию непосредственно с бортов спутников.

В рамках изучения влияния факторов космического пространства на материалы и оборудование космических аппаратов разработана физико-математическая модель Coulomb, рекомендованная международной организацией по стандартизации ISO к использованию для расчетов электризации космических аппаратов.

Для восстановления гравитационного поля Земли по спутниковым данным, его вариаций в пространстве и во времени разработано программное обеспечение для моделирования и обработки реальных данных: измерений межспутникового расстояния между двумя космическими аппаратами и компонент тензора гравитационного потенциала Земли.

Разработаны новые методы в небесной механике для решения актуальных задач по эволюции орбит небесных тел, в частности, на основе прецессирующих колец Гаусса. Раскрыта загадка существования острых локальных минимумов на кривых вращения у плоских галактик. Рассчитана вековая прецессия кольца вокруг планеты Хаумеа.

Разработан механизм эволюции для спутников и астероидов, состоящих из каменного ядра и ледяной оболочки. Это позволило объяснить загадку существования мощного горного хребта на спутнике Сатурна Япете.

Разработаны модели движения и эфемериды естественных спутников планет. Создана и поддерживается уникальная мировая база данных всех наблюдений всех спутников больших и малых планет, имеющая фундаментальное и прикладное значение для изучения кинематики и физики планет и их спутников.

Г А И Ш МГУ
Sternberg Astronomical Institute
Institut d'Astronomie Sternberg

Московский Университет
Moscow University
Université Moscou

IMCCE
INSTITUT DE MÉCANIQUE CÉLESTE ET DE CALCUL DES ÉPHÉMÉRIDES

Service de satellites naturels	Natural satellites service	Служба естественных спутников планет
En français	In English	Русский Russian Russe
Ephémérides MULTI-SAT	Ephemerides MULTI-SAT	Эфемериды MULTI-SAT
Bibliography	Bibliography	Библиография
Paramètres et constants	Parameters and constants	Параметры и константы
Objectifs	Purpose	Назначение

Ephemerides of the satellites of asteroids - AsterSat

NSDB Page d'accueil de la Base de Données / Home page of the Data Base / Главная страница Базы данных

Vers le site miroir de l'IMCCE / To the mirror site in the IMCCE / К зеркальному сайту в IMCCE

Autres services / Other services / Другие службы

Observations	Observations	Наблюдения
Données brutes publiées	Published raw data	Данные из публикации

ESP@CE NSDB
NATURAL SATELLITES DATABASE

Données astrométriques standard / Standard Astrometric Data / Стандартные астрометрические данные

См. также Справочник по естественным спутникам планет. Уральский В.С.
See also Outer Natural Satellites Orbits Ephemerides. by N. Emelyanov

Сайт Службы естественных спутников планет



2.5-м телескоп Кавказской горной обсерватории МГУ



Штатный спектрограф ТДС для 2.5-м телескопа МГУ

Введение в строй телескопов и разработка приборов для астрономического учебно-научного комплекса «Кавказская горная обсерватория МГУ»

Закончена модификация и наладка 2.5-м телескопа Кавказской горной обсерватории (КГО) МГУ. Разработаны и созданы следующие оригинальные приборы для наблюдений на 2.5-м телескопе КГО: для фотометрии объектов до 18-20 звездной величины и для спектральных наблюдений низкого разрешения объектов ярче 15 звездной величины, а также для наблюдений и классификации оптических транзиентов (нестационарных галактических и внегалактических объектов). Исследован ряд массивных и маломассивных рентгеновских двойных систем с черными дырами. Изучены свойства фотосфер звёзд и особенности звездообразования в некоторых карликовых спутниках нашей Галактики.

Мониторинг транзientных космических явлений глобальной сетью роботов-телескопов МАСТЕР

Впервые определена постоянная Хаббла по измерению гравитационно-волнового импульса и детектирован всплеск-сирота (orphan GRB) на стадии роста.

Обнаружен оптический источник GRB 161017A. Выполнены синхронные наблюдения быстрых радиовсплесков в рамках самого масштабного (155093 изображений с общим временем экспозиции 31.3 дня) оптического мониторинга одного из ближайших радио-всплесков FRB 180916.J0158+65.

Исследованы многочисленные оптические транзиенты, в том числе уникальная яркая Красная Новая, затменный поляр, блазары и квазары, сверхновые, самая долгопериодическая затменная система и другие объекты, включая потенциально опасные астероиды и кометы.



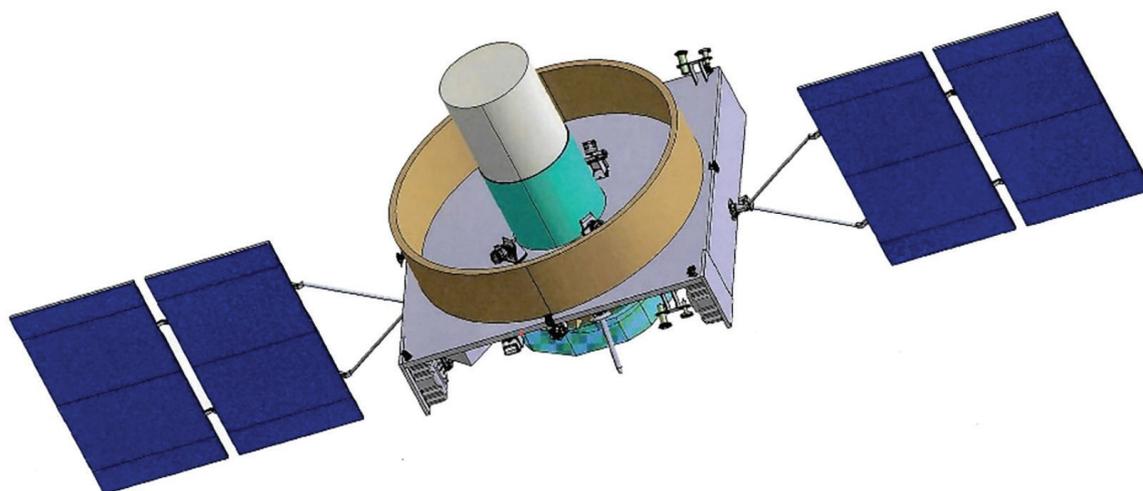
Глобальная сеть роботов-телескопов МАСТЕР

Разработан и построен прибор МАСТЕР-ШОК для космической обсерватории МГУ “Ломоносов”, с помощью которого обнаружены и определены параметры околоземных объектов.

Новый космический телескоп МГУ-270

Ведется разработка нового космического телескопа МГУ-270, который будет оснащен телескопом диаметром 550 мм с 4-х канальным фотометрическим блоком на диапазон электромагнитных волн от ближнего УФ до ближнего ИК, а также приборами для мониторинга косми-

ческой погоды. Основными научными задачами разрабатываемого телескопа будут: 1) прецизионная фотометрия нескольких сотен экзопланет и их родительских звезд; 2) поиск черных дыр промежуточных масс в центрах карликовых галактик, которые пока крайне мало исследованы, неизвестны законы их образования и эволюции; 3) Исследование транзитных событий во Вселенной, сопровождающихся вспышками излучения в оптическом диапазоне электромагнитного спектра.

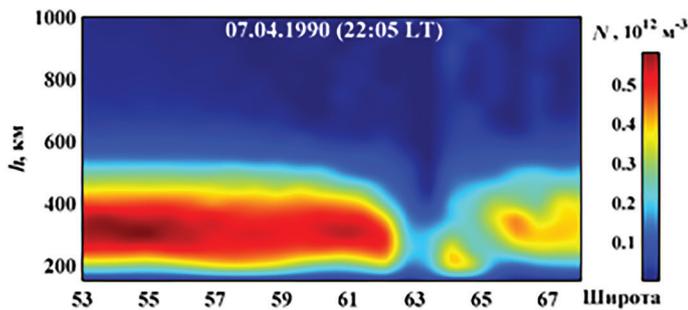


Проект космического телескопа "МГУ-270" для наблюдений экзопланет, черных дыр промежуточных масс и транзитных космических явлений

ГЕОФИЗИКА

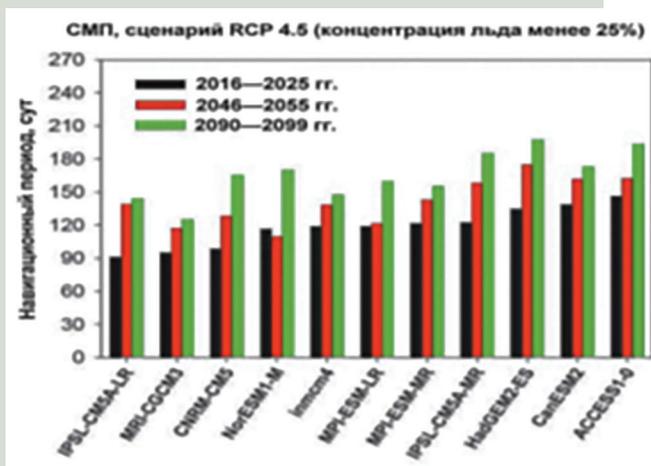
Физика атмосферы

Разработаны основы теории различных методов радиотомографии ионосферы, позволившие впервые в мире детально исследовать особенности глобальной структуры ионосферы и ее локальных неолнополностей.



Первое радиотомографическое сечение электронной плотности в ионосфере между Москвой и Мурманском 7 апреля 1990г. в 22:05LT

Созданы перспективные методы дистанционного мониторинга природных и техногенных катастроф (в том числе по прогнозированию опасных для авиации стихийных турбулентных явлений, сильного ветра и ветровых сдвигов) на основе использования их атмосферных предвестников в диапазонах инфразвуковых и внутренних гравитационных волн.



Продолжительность навигационного периода на Северном морском пути (СМП) по расчетам с ансамблем климатических моделей для разных периодов 21 века при сценарии антропогенных воздействий RCP 4.5: 2016—2025 гг., 2046—2055 гг., 2090—2099 гг.

Создан комплекс моделей для управления стратегическим развитием транспортной инфраструктуры Сибири, Дальнего Востока и Российской Арктики в условиях изменения климата. Сделаны прогностические оценки продолжительности навигационного периода на Северном морском пути по расчетам с ансамблем климатических моделей для разных периодов 21 века.

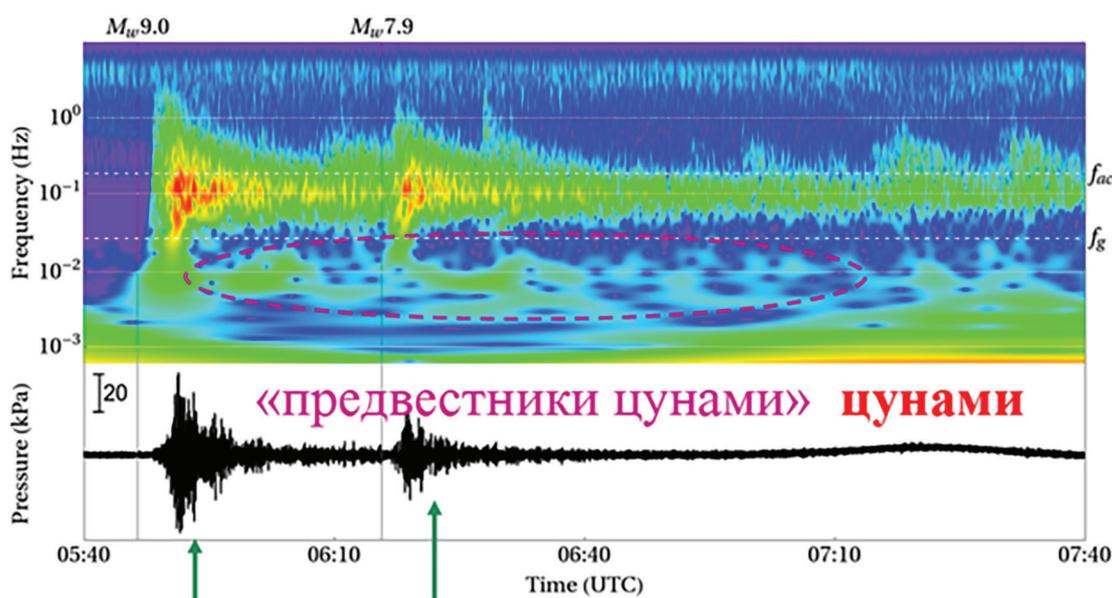
Физика моря и вод суши

Установлено, что в последние 100 лет произошел сильный нагрев верхнего 1-км слоя Северной Атлантики (на 0.6 °C), который способствовал потеплению климата в Европе и Европейской части России. Показано, что колоссальное количество тепла, накопленное океаном, определяет инерцию климатического потепления. Выявлен океанический механизм формирования холодных и теплых фаз колебаний климата Северной Атлантики, которые оказывают определяющее влияние на климат Европы и Европейской части России.

По данным глубоководных обсерваторий обнаружен эффект генерации гравитационных волн в океане («предвестников цунами») пакетом длиннопериодных поверхностных сейсмических волн. Разработан и апробирован метод in situ проверки точности калибровки сенсоров глубоководных обсерваторий. Создана полностью автоматическая система оценки цунамиопасности землетрясения «Tsunami Observer».

Выполнены комплексные полевые исследования мелководных метановых пузырьковых газовыделений (сипов) у побережья Крыма. Разработана методика измерения газового потока пассивным гидроакустическим методом. Проанализировано влияние пузырьковой и флюидной разгрузки морского дна на газовый состав воды, в том числе на содержание растворенного кислорода.

Получены условия потери устойчивости ламинарного движения на границе равномерного и тормозящегося потоков, где возникает максимальный перепад скорости из-за периодического торможения жидкости на втором участке. Разработана гипотеза о формировании гряд на берегах северной части Каспийского моря



проявления сейсмических волн

«Предвестники цунами» - волны, сформированные в океане пакетом длиннопериодных поверхностных сейсмических волн

(бугров Бэра) за счет трехмерных нелинейных волн, возникших при внезапном понижении уровня моря. Методом лабораторного моделирования исследовано возникновение передового фронтального вала воды, прошедшего по руслу р. Адагум через г. Крымск 07.07.2012 при наводнении во время ливневых дождей, приведшего к катастрофическим разрушениям и жертвам.

С использованием оригинальных численной и лабораторной моделей исследована термогидродинамика весеннего и осеннего термобара в различных гидрометеорологических условиях.

Физика Земли

Выявлены закономерности переходных режимов сейсмического процесса, вызванных природными и техногенными воздействиями на земную кору. Разработаны новые, физически обоснованные методы мониторинга сейсмической опасности, обусловленной заполнением и эксплуатацией крупных водохранилищ.

Развиты методики применения спутниковых методов геодинимического мониторинга опасных природных и техногенных процессов.

Разработана и реализована концепция моделирования переходных режимов сейсмического процесса в лабораторных исследованиях.

Установлено, что в районе разлома Романш (центральная Атлантика) в течение послед-

них 0.78 млн. лет имеет место процесс растяжения океанской коры поперек простирающегося самого разлома; в интервале 0-3.5 млн лет назад характер формирования океанической коры различных сегментов срединно-Атлантического хребта существенно не менялся; выявлены два периода активного формирования Красноморского рифта в голоцене.

Установлены факторы, приводящие к потере палеоинформативности базальтов и повышению надежности определения по ним древнего геомагнитного поля. Выявлена аномально высокая величина магнитного поля в районе Красного моря в интервале 0-10 тыс лет назад. Подтверждено значительное изменение интенсивности магнитного поля Земли в пределах одной полярности и уменьшение его на границе последней смены полярности.

Предложен экспресс-метод оценки продуктивности алмазов по магнитным характеристикам кимберлитов.

Разработаны прототипы специализированного программного обеспечения, позволяющего численно воспроизводить фазовое поведение многокомпонентных смесей природных углеводородов, а также моделировать течение флюидов через неоднородные пористые породы-коллекторы.

ЧАСТЬ 2

УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТЯМ «ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА» И «АСТРОНОМИЯ»

С 2020 года факультет вернулся к традиционной для него подготовке специалистов по самостоятельно утверждаемому Московским университетом образовательному стандарту «Фундаментальная и прикладная физика». Новая образовательная программа рассчитана на 6 лет обучения, сохраняет преемственность с двухуровневой образовательной системой, позволяет уделить большее внимание практической подготовке обучающихся с учетом современного развития науки. Сохранив традиционное в последнее время распределение студентов по кафедрам после второго курса, факультет предоставляет обучающимся выбор оптимально специализированных и более глубоких по научному содержанию образовательных программ, реализуемых 39 кафедрами факультета, на базе которых студенты уже с первого курса активно и продуктивно занимаются научно-исследовательской работой.

Современный выпускник факультета должен обладать не только профессиональными знаниями в области физики и математики, но и уметь применять их на практике и легко адаптироваться в любой научной среде. Программы дисциплин регулярно обновляются и содержат последние научные достижения мирового уровня. Студенты знакомятся и используют в своей научной деятельности методы искусственного

интеллекта, машинного обучения, компьютерного зрения и пр. Модернизированные аудитории оснащены средствами веб-трансляций. Для ряда предметов используются возможности мультимедийного класса. Разработана междисциплинарная инновационно-образовательная программа «Инженерная физика». Внедрены балльно-рейтинговые системы оценки учебных достижений студентов.

В течение первых пяти семестров студенты изучают общую физику и математику, программирование и информатику, основные дисциплины современного естествознания, английский язык.

С пятого семестра студенты переходят к освоению теоретической физики, изучают специальные дисциплины кафедр. В рамках общекультурного блока студентам продолжают преподаваться гуманитарные дисциплины.

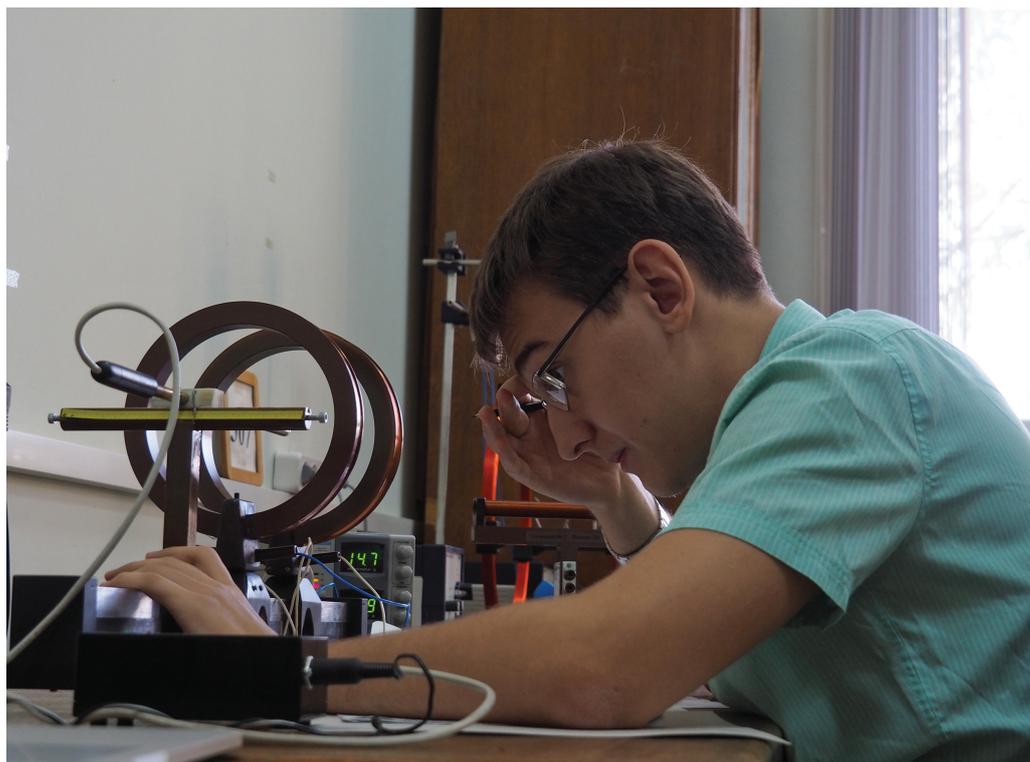
Практически в течение всего времени обучения студенты выполняют задачи в общефизических и специальных практикумах.

Всего на факультете около 40 общих и более 1000 специальных дисциплин, в программы которых входят как фундаментальные явления и законы, так и последние научные достижения.

Главный принцип подготовки специалистов на факультете – это обучение через научно-исследовательскую деятельность. Работая в науч-

ных лабораториях, студенты получают практические навыки, необходимые им в будущем. На кафедре студенты выбирают научного руководителя, курирующего их научную деятельность до завершения обучения. В конце обучения студенты защищают выпускную квалификационную работу и сдают междисциплинарный экзамен по специальностям «Физика» и «Астрономия». Часть студентов выполняет научные работы в ведущих институтах и научных центрах России.

*Студенты
в физическом
практикуме*



ОБУЧЕНИЕ В АСПИРАНТУРЕ

Срок обучения в аспирантуре – 4 года (3 года по наукам о Земле и по компьютерным наукам и информатике). Выпускникам аспирантуры выдается свидетельство об окончании аспирантуры. Большинство выпускников аспирантуры успешно защищают кандидатские диссертации.

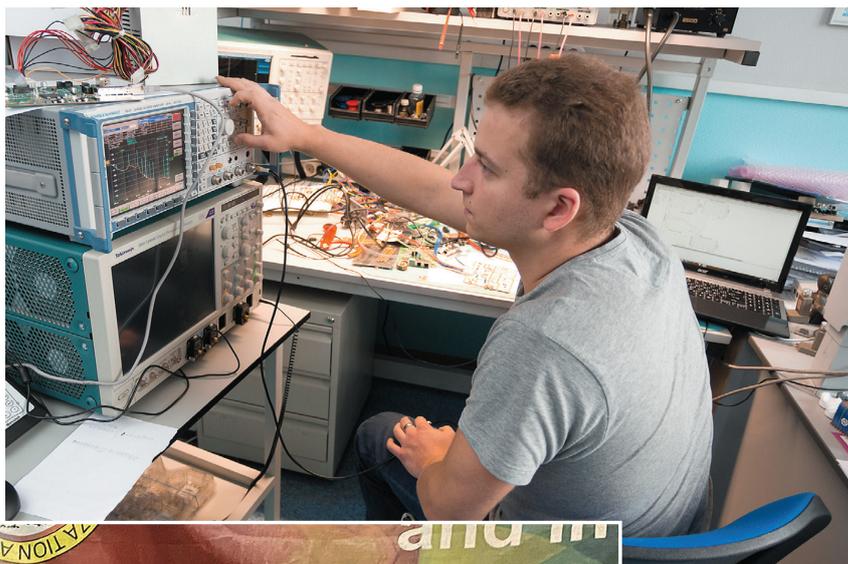
Аспиранты на физическом факультете обучаются по 26 специальностям: Акустика, Астрономия, Атомная и молекулярная физика, Биофизика, Высокмолекулярные соединения, Геофизика, Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия, Дифференциальные уравнения и математическая физика, Лазерная физика, Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, Науки об атмосфере и климате, Океанология, Оптика, Приборы и методы экспериментальной физики, Радиобиология, Радиофизика, Теоретическая физика, Физика атомных ядер и элементарных частиц, Физика высоких энергий, Физика конденсированного состояния, Физика космоса, Физика низких температур, Физика магнитных явлений, Физика плазмы, Физика полупроводников, Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, Физиче-

ская электроника, Химическая физика, горение и взрыв, Физика экстремальных состояний вещества.

Программа подготовки аспирантов содержит следующие курсы:

- Общеуниверситетский курс «Междисциплинарность научного познания в исследованиях Московского университета»;
- Общенаучный курс «Основы организации научной работы»;
- Иностранный язык;
- История и философия науки;
- Специальность;
- Педагогическая практика;
- Факультативные курсы;
- Научно-исследовательская работа, включая выполнение кандидатской диссертации.

*Аспиранты в лаборатории
проводят научный
эксперимент*





Бюллетень «НОВОСТИ НАУКИ».
© 2023 Физический факультет МГУ.

Главный редактор:
В.В. Белокуров

Редакторы:
П.А. Форш, В.Н. Задков, Н.Б. Баранова

Начальник отдела оперативной печати:
Салецкая О.В.

Дизайн и верстка:
И.А. Силантьева,
Е.В. Крылова

Фотограф
С.А. Савкин

Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова,
119991, Москва ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 2

