СОВЕТС

ДОРОГИЕ ВЕТЕРАНЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ!

ДОРОГИЕ КОЛЛЕГИ!

СО ДНЯ, КОГДА БЫЛ ПОДПИСАН АКТ О БЕЗОГОВОРОЧНОЙ КАПИТУЛЯЦИИ ГЕРМАНИИ, ПРОШЕЛ 71 ГОД, НО НАШ НАРОД НИКОГДА ЕГО НЕ ЗАБУДЕТ. КАЖДЫЙ ГОД В ЭТОТ ВЕСЕННИЙ ДЕНЬ ВСЯ НАША СТРАНА РАДУЕТСЯ СВОБОДЕ, НЕЗАВИСИМОСТИ И МИРУ.

ЭТОТ ПРАЗДНИК ВОШЕЛ В НАШИ СЕРДЦА КАК СИМВОЛ ГЕРОИЗМА И БЕСПРИМЕРНОГО МУЖЕСТВА СОВЕТСКОГО НАРОДА, ЦЕНОЙ ОГРОМНЫХ ЖЕРТВ И НЕВОЗВРАТИМЫХ ПОТЕРЬ ПОБЕДИВШЕГО ФАШИСТОВ И ПРИНЕСШЕГО ОСВОБОЖДЕНИЕ И МИР НАРОДАМ ВСЕЙ ЕВРОПЫ.

ВОЙНА С ГЕРМАНИЕЙ БЫЛА ГЛАВНЫМ ИСПЫТАНИЕМ ВСЕЙ РУССКОЙ ИСТОРИИ, ЕЕ ТРАГИЧЕСКОЙ И ГЕРОИЧЕСКОЙ ВЕРШИНОЙ.

НАШИ ОТЦЫ И ДЕДЫ ВЫНЕСЛИ ОСНОВНОЙ ГРУЗ ПОТЕРЬ, СЫГРАЛИ РЕШАЮЩУЮ РОЛЬ В ОСВОБОЖДЕНИИ ЕВРОПЫ ОТ НАЦИЗМА. И СЕГОДНЯ НАША ОБЩАЯ ЗАДАЧА — СОХРАНЕНИЕ ПАМЯТИ О ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ, ОСМЫСЛЕНИЕ ЕЕ УРОКОВ, ВОСПИТАНИЕ У МОЛОДЕЖИ УВАЖИТЕЛЬНОГО ОТНОШЕНИЯ К НАСЛЕДИЮ ПОБЕДЫ.

ДОРОГИЕ ВЕТЕРАНЫ И ТРУЖЕНИКИ ТЫЛА НЕИЗМЕРИМАЯ БЛАГОДАРНОСТЬ И НИЗКИЙ ПОКЛОН ВАМ ЗА ВАШИ ВОИНСКИЕ ПОДВИГИ, ЗА ВАШ ГЕРОИЧЕСКИЙ ТРУД НА ПОБЕДУ.

МЫ ЖЕЛАЕМ ВАМ ЗДОРОВЬЯ, МАТЕРИАЛЬНОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ, ДОЛГИХ ЛЕТ. ПУСТЬ НА ВАШИХ ЛИЦАХ НИКОГДА НЕ БУДЕТ ПЕЧАЛИ!

А СЕБЕ ПОЖЕЛАЕМ — БЫТЬ ДОСТОЙНЫМИ ВЕЛИКОЙ ПОБЕДЫ.

МИРНОГО ВСЕМ НАМ НЕБА НАД ГОЛОВОЙ!

ВЕЧНАЯ ПАМЯТЬ ПАВШИМ ЗА ЧЕСТЬ, СВОБОДУ И НЕЗАВИСИМОСТЬ НАШЕЙ РОДИНЫ.

ДЕКАН
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
ПРОФЕССОР Н.Н. СЫСОЕВ

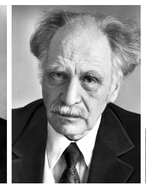
70 ступеней к великим тайнам мироздания

Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова вступил в восьмое десятилетие своего пути.

Задачу организации в МГУ современного образования в области радиоактивности и физики атомного ядра сразу после окончания Великой отечественной войны для решения сугубо оборонных задач поставил С.И. Вавилов (в то время Президент АН СССР). Он выдвинул и поддержал разрабатывающего это направление Д.В. Скобельцына. НИИЯФ МГУ, образованный в феврале 1946 г. специальным Постановлением Правительства СССР, стал первым в нашей стране научноисследовательским институтом нового типа, где впервые реально была осуществлена интеграция фундаментальной науки и высшего образования. С самого основания в НИИЯФ МГУ, который возглавил Д.В. Скобельцын, стали разрабатываться важнейшие научные проблемы и осуществляться подготовка специалистов по нескольким направлениям, тесно связанным с ядерной физикой. Не случайно директор НИИЯФ МГУ всегда совмещал обязанности заведующего Отделением ядерной физики физфака МГУ.

Сегодня Институт представляет собой научный центр мирового уровня в области фундаментальных исследований по физике космического пространства и ядерной физике. Институт также проводит теоретические и экспериментальные исследования фундаментального и прикладного характера по физике процессов взаимодействия излучения с веществом, наноэлектронике, развитию телекоммуникаций и информационных технологий, внедряет современные физические методики в студенческие практикумы на Отделении ядерной физики физического факультета МГУ.

Академик, Лауреат Ленинской и Государственной премий, Герой Социалистического труда Дмитрий Владимирович Скобельцын (1892–1990)



Академик, Лауреат Ленинской и Государственной премий, Герой Социалистического труда Сергей Николаевич Вернов (1910–1982)

Профессор, Лауреат Государственной премии, Игорь Борисович Теплов (1928–1991)

Директорами НИИЯФ МГУ и заведующими Отделением ядерной физики физфака МГУ были академики Дмитрий Владимирович Скобельцын (1946–1960), Сергей Николаевич Вернов (1960–1982), профессор Игорь Борисович Теплов (1982–1991).

С 1992 года институт и Отделение ядерной физики физфака МГУ возглавляет профессор Михаил Игоревич Панасюк.

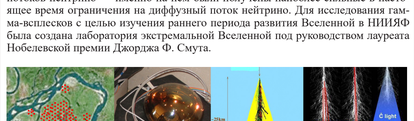
Директор НИИЯФ МГУ, профессор М.И. Панасюк и ректор МГУ, академик В.А. Садовничий

Космофизические исследования положили начало НИИЯФ МГУ. Можно считать счастливым стечением судьбы, что в одно и тоже время были запущены в СССР первые искусственные спутники Земли (ИЗС), а НИИЯФ МГУ уже был способен создать уникальные приборы для регистрации излучений в космосе, которые работали уже на втором ИЗС. Это обеспечило прорыв в физике космических лучей, ознаменовавшимся выдающимся научным открытием — обнаружением радиационных поясов Земли.

Институт по праву гордится своими достижениями в изучении физических явлений в межпланетной среде и околоземном пространстве, исследования которых продолжает и сегодня и является лидером в этом направлении. Созданная в НИИЯФ аппаратура для радиационного контроля уже в течение четырёх десятилетий вплоть до настоящего времени осуществляет мониторинг радиационной обстановки на различных космических аппаратах — ГЛОНАСС, «Экспресс», «Метеор», «Галс», «Горизонт» и др., а также на пилотируемых орбитальных станциях «Салют», «Мир» и Международной космической станции (МКС).

Разработка в НИИЯФ МГУ в середине 1950-х годов ионизационного калориметра, который и до настоящего времени является наиболее точным и надёжным прибором для измерения энергии частиц и активно используется в экспериментах на наземных установках, спутниках и ускорителях высоких энергий, сделало возможным изучение энергетического спектра непосредственно первичной компоненты космических лучей. С помощью ионизационных калориметров (установленных на третьем ИЗС) и рентгено-эмульсионных камер были выявлены особенности энергетического спектра протонов и других ядер, входящих в состав космических лучей, и получены уникальные данные об адрон-ядерных взаимодействиях в области энергий свыше 10^{17} эВ.

Частицы космических лучей при взаимодействии с околоземной средой создают потоки частиц — широкие атмосферные ливни (ШАЛ). При активном участии НИИЯФ построен ряд установок для регистрации ШАЛ. В их числе крупномасштабная установка мирового класса «Тунка-133», регистрирующая черенковское излучение ШАЛ. Она предназначена для детального исследования спектра первичных космических лучей в интервале энергий 10^{15}–10^{18} эВ. Заслуживает упоминания глубоководный нейтринный телескоп на озере Байкал для регистрации потоков нейтрино — именно на нем были получены наиболее сильные в настоящее время ограничения на диффузный поток нейтрино. Для исследования гамма-всплесков с целью изучения раннего периода развития Вселенной в НИИЯФ была создана лаборатория экстремальной Вселенной под руководством лауреата Нобелевской премии Джорджа Ф. Смута.



Установка «Тунка-133» (Иркутская область), которая содержит 175 детекторов черенковского излучения, размещенных на площади около 3 кв. км, и схема регистрации широких атмосферных ливней

Исследования магнито-ионосферных взаимодействий и природы полярных сияний привело к открытию авроральных сияний, постоянно окружающих северный и южный полюса колец полярного сияния, названных авроральными овалами. Впервые показана важная роль ионосферной плазмы в формировании кольцевого тока и дано теоретическое обоснование механизма инжекции частиц из ионосферы. В институте создана динамическая модель магнитосферы Земли, позволяющая исследовать динамику магнито-ионосферных токовых систем и их вклад в вариации геомагнитного поля.

Уже при подготовке первого полёта человека в космос на НИИЯФ МГУ возлагались ответственные задания в обеспечении радиационной безопасности космонавтов и приборов в открытом космосе. Для их решения использались уникальные достижения института в исследовании солнечных, галактических и внегалактических космических лучей, изучении плазменных и электромагнитных процессов на Солнце и в гелиосфере, создании теоретических моделей радиационных и электромагнитных процессов в космическом пространстве, нейтринной астрофизике и изучении взаимодействия космических аппаратов с окружающей средой.

Кроме того, запуск первых искусственных спутников Земли послужил началом активного развития в институте космического материаловедения. В его основе — экспериментальное и теоретическое изучение процессов, протекающих в материалах и элементах оборудования космических аппаратов под действием факторов космической среды, и связанных с ними изменений их свойств. Одновременно решалась задача создания новых материалов, разработка методов и технических средств защиты космических аппаратов от неблагоприятного воздействия космической среды.

В результате выполненных в НИИЯФ исследований в этой области получены новые фундаментальные знания о поведении материалов в условиях космического пространства, методах их защиты от неблагоприятного воздействия космической среды и технологиях создания перспективных материалов для космической техники, включая наноматериалы. Разработанная в институте физико-математическая модель электризации космических аппаратов легла в основу программного обеспечения для моделирования эффектов электризации. Созданные в НИИЯФ модели радиационных полей в космическом пространстве широко используются специалистами в области конструирования космической техники.

В рамках космической научно-образовательной программы были созданы и отработали свой ресурс многоцелевые спутники «Университетский–Татьяна» и «Университетский–Татьяна-2». Приборы с высоким временным разрешением, установленные на спутнике «Университетский–Татьяна», позволили детально изучить мощные вспышки ультрафиолетового излучения в верхней атмосфере — «транзиентные световые явления». На стартовой площадке космодрома новый университетский спутник «Ломоносов», нацеленный на исследования экстремальных физических явлений в атмосфере, ближнем космосе и во Вселенной.

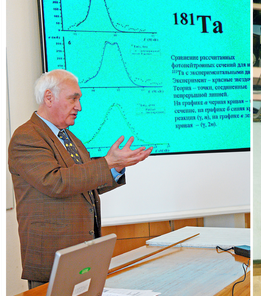
Участники эксперимента на стартовой площадке №31 космодрома Байконур перед запуском спутника «Университетский-Татьяна-2» 17 сентября 2009 г.

В НИИЯФ создана уникальная, полностью автоматизированная система хранения данных, получаемых с научной аппаратуры на спутниках (smdc.sinp.msu.ru). Центр обеспечивает доступ к данным измерений космической радиации, полученным в течение последних 20 лет в ходе космических экспериментов института. Совместно с моделями космической среды, разработанными в НИИЯФ, базы данных космических экспериментов образуют единую систему космического мониторинга для хранения, обработки, научного анализа и отображения космофизических данных. НИИЯФ сыграл большую роль в разработке ряда стандартов физических явлений в космосе и продолжает активно участвовать в процессе создания международных стандартов.

С момента создания института и до настоящего времени ядерная физика является одним из ключевых научных направлений НИИЯФ. Институт проводит фундаментальные исследования по физике атомного ядра и ядерных реакций при низких и средних энергиях; по развитию теории атомного ядра и исследованию атомных и мезоатомных процессов; по применению ядерно-спектрометрических методов к исследованию конденсированных сред. В институте создан Центр по применению новых информационных технологий в области данных по физике ядра и ядерных реакций. Особое внимание уделяется созданию электронных ускорителей нового поколения и разработке новых методов получения радиофармацевтических препаратов.

НИИЯФ МГУ располагает уникальным ускорительным комплексом, в котором сосредоточены и активно используются в фундаментальных и прикладных исследованиях ускорители электронов с максимальными энергиями до 70 МэВ и ускорители ионов в диапазоне энергий от 10^2–10^7 эВ. В настоящее время подобной эксперименталной базой не располагает ни один научный центр России. Комплекс включает в себя следующие ускорители: электронные ускорители (линейный ускоритель непрерывного действия на энергию 1,2 МэВ; импульсный линейный ускоритель на энергию 10 МэВ; импульсный разрезной микротрон с большой яркостью пучка на энергию 35 МэВ; импульсные разрезные микротроны на энергию 55 МэВ и 70 МэВ); ускорители ионов (вертикальный и горизонтальный ускорители ионов с энергией частиц до 2,5 МэВ; каскадный генератор с энергией ускоренных протонов до 500 кэВ; 120-см циклотрон для ускорения лёгких ионов до максимальной энергии 7,8 МэВ/нуклон). Исследования проводятся также на установке для измерения угловых $\gamma\gamma$-корреляций и мессбауэровских спектрометрах.

На ускорителях, созданных в НИИЯФ, получены результаты мирового уровня: обнаружена промежуточная структура гигантского дипольного резонанса средних и тяжёлых ядер; экспериментально открыто конфигурационное расщепление гигантского дипольного резонанса; получены уникальные результаты по фотоядерным реакциям с многочастичным конечным состоянием (с вылетом до 7 нуклонов); впервые определены параметры изоспинового расщепления гигантского резонанса.



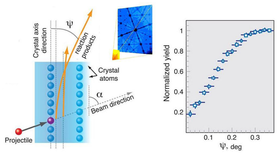
Лауреат Ломоносовской премии, профессор Б.С. Ишханов читает лекцию по уникальным результатам по фотоядерным реакциям с многочастичным конечным состоянием (с вылетом до 7 нуклонов)

Созданный в отделе ОЭПВАЯ (зав. отделом профессор Б.С. Ишханов) мощный промышленный ускоритель (с высотой ≈ 2 м) с энергией электронов 1,2 МэВ и максимальной мощностью пучка 60 кВт. Возможные применения: материаловедение, радиационная химия, радиационные процессы в промышленности, стерилизация, дезинсекция

Центр данных фотоядерных экспериментов НИИЯФ — участник международной сети центров ядерных данных МАГАТЭ — занимается обработкой, анализом и распространением данных по реакциям под действием фотонов низких и средних энергий. В Центре созданы и поддерживаются функционирующие в Интернет (cdfe.sinp.msu.ru) базы данных, содержащие полную информацию обо всех известных атомных ядрах и огромном количестве ядерных реакций под действием фотонов, нейтронов, заряженных частиц и тяжёлых ионов.

При исследовании рассеяния частиц монокристаллами в НИИЯФ было открыто новое физическое явление, получившее название «эффект теней»: при облучении монокристаллов потоком ускоренных ядерных частиц в угловых распределениях рассеянных частиц и продуктов ядерных реакций появляются характерные минимумы интенсивности (тени), контрастно воспроизводящие структуру кристалла. Это открытие послужило толчком для целого направления в физике взаимодействия излучений с веществом — физики ориентационных эффектов. Среди обнаруженных в НИИЯФ явлений, тесно связанных с «эффектом теней», — возрастание выхода ядерных реакций при использовании монокристаллической мишени, охлаждение или нагрев ионного пучка при каналировании, нулевые энергетические потери при скользящем движении протонов относительно поверхности изолятора.

При использовании «эффекта теней» в НИИЯФ развиты многочисленные методы диагностики структуры и состава кристаллов. Среди них — методы резерфордовского и ядерного обратного рассеяния, метод спектрометрии рассеяния ионов средних энергий, методика ядер отдачи. Совместно с каналированием ионов в кристаллах эти методы активно применяются для анализа структурных и композиционных свойств тонких приповерхностных слоев и многослойных структур в различных областях. На их основе в институте был разработан ряд новых подходов для изучения пространственной локализации примесных атомов в решётках полупроводниковых кристаллов.



Эффект теней и метод измерения длительности ядерных реакций с помощью эффекта теней: α — направление падающих частиц, ψ угол вылета продуктов реакции относительно кристаллической оси; зависимость выхода реакции от угла ψ

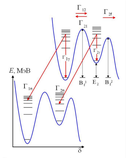


Схема распределения распадов в потенциальной яме тяжелых ядер с двугорбым барьером деления, Г — ширина распада по разным каналам

На основе открытого в НИИЯФ «эффекта теней», связанного с прохождением быстрых ионов через кристаллы, предложен новый метод измерения времени протекания ядерных реакций в диапазоне 10^{-14}–10^{-19}, обнаружено неизвестное ранее физическое явление дополнительной временной задержки в канале деления, обусловленное временем жизни возбуждённых состояний во второй потенциальной яме.

Выполнен цикл работ по теории гигантских резонансов в ядрах, создана теория кластеризации и квазиупругого выбивания нуклонов и нуклонных кластеров, единая теории ядерных реакций и объяснены особенности тяжёлого кластерного распада средних и тяжёлых ядер. В рамках единой теории прямых и резонансных процессов взаимодействия частиц и излучения с атомами и ядрами получены приоритетные результаты, касающиеся структуры системы и механизмов протекания реакций.

Предложен и разработан метод квазиупругого выбивания электрона электроном высокой энергии из атомов, молекул и твердотельных плёнок, который был широко реализован во многих ядерно-физических лабораториях мира.

Исследованы особенности в упругом рассеянии и поляризации протонов низких и средних энергий ядрами, что позволило дать новое объяснение изотопическому эффекту в рассеянии протонов. В НИИЯФ теоретически разработан и экспериментально реализован принципиально новый метод определения характеристик ориентационных характеристик возбужденных ядер — продуктов ядерных реакций. Этот метод основан на измерении угловых корреляций продуктов реакции в разных плоскостях их регистрации, что позволило получить комплекс новых экспериментальных данных для лёгких ядер и впервые определить их поляризационные характеристики.

Успешно развиваются в НИИЯФ исследования в области взаимодействия излучения с веществом с использованием ядерно-физических методов. К ним относятся:

- изучение взаимодействия ускоренных ионов с веществом, неупругих и упругих столкновений быстрых ионов в различных средах; разработка методов исследования и диагностики тонкопленочных и многослойных гетерогенных структур, поверхностных защитных и упрочняющих слоёв на металлах и сплавах;
- изучение взаимодействия синхротронного, лазерного и радиочастотного излучений с веществом; разработка и изучение свойств твердотельных лазеров, создание высокочувствительных магнитометров с оптической накачкой;
- изучение воздействий ионизирующих излучений на материалы и устройства космической техники и промышленных установок;
- исследование воздействия излучений на биологические объекты.

Установка по ускорению кластерных ионов

Экспериментальная база для проведения исследований включает ускорители НИИЯФ; ионный имплантатор HVEE 500, установку по ускорению кластерных ионов; масс-монохроматоры; специализированные монохроматоры; установки для изучения возбуждения люминесценции в широкой области спектра, установленные на российских синхротронах; систему колец Гельмольца и гипомагнитные камеры; сканирующие электронные и атомно-силовые микроскопы; спектрометрию комбинационного и ионного рассеяния.

Ионный имплантатор для исследования радиационных воздействий на материалы и элементы электроники

В результате выполненных на ускорителях НИИЯФ экспериментов по взаимодействию ионов с твёрдым телом были установлены основные закономерности и особенности в сечениях однократной и многократной ионизации и перезарядки быстрых ионов и атомов. При исследовании отражения медленных ионов от поверхности кристаллов впервые был обнаружен ряд сильных ориентационных эффектов — например, эффекты двукратного рассеяния и ионной фокусировки. На основе изучения отражения ионов от поверхностей с неупорядоченным расположением атомов теоретиками НИИЯФ были разработаны и апробированы теории многократного рассеяния ионов поверхностями твёрдых тел, что способствовало становлению и развитию спектрометрии рассеянных ионов средней и низкой энергии.

Сделанное в НИИЯФ открытие анизотропии ионно-электронной эмиссии монокристаллов вместе с другими обнаруженными ориентационными эффектами взаимодействия ионов с кристаллами легло в основу одного из важных направлений радиационной физики твёрдых тел. Это открытие дало возможность развития методов непрерывного контроля радиационных дефектов в твёрдых телах, а также контроля ориентации монокристаллов, в частности, в технологии изготовления полупроводниковых устройств методом ионно-лучевого легирования.

Совместно с институтами РАН в НИИЯФ проводится изучение воздействия излучений и гипомагнитных условий на биологические объекты. В результате выполненных исследований созданы новые типы дозиметров космической радиации, получены важные данные для прогнозирования безопасности экипажей космических кораблей при межпланетных перелётах.

При создании НИИЯФ МГУ такого понятия, как физика высоких энергий, вообще не существовало, поскольку не существовало ускорителей, способных разогнать частицы до энергий хотя бы 100 МэВ/нуклон. Однако в настоящее время именно физика высоких энергий является одним из наиболее быстро и продуктивно развивающихся научных направлений. Основная задача этого направления — получение уникальных сведений о фундаментальных свойствах материи на расстояниях 10^{-16}–10^{-18} см и менее. В НИИЯФ исследования по физике высоких энергий с использованием ускорителей начались в 1960-х годах по инициативе и широкой поддержке академиков С.Н. Вернова и А.А. Логунова. Огромную роль в становлении и развитии этого научного направления в НИИЯФ сыграли профессора В.Г. Шевченко, П.Ф. Ермолов, В.С. Мурзин и Л.И. Сарычева.

Основные направления исследований в физике высоких энергий в НИИЯФ:

- разработка теоретических моделей фундаментальных взаимодействий элементарных частиц на основе суперсимметричных теорий, теорий в пространстве с дополнительными измерениями и теории струн;
- экспериментальные исследования по физике тяжёлых кварков и электрослабых взаимодействий, по поиску новых частиц и новых фундаментальных взаимодействий;
- экспериментальное и теоретическое исследование структуры и эволюции адронов в экстремальных состояниях при высоких энергиях;
- создание новых автоматизированных методов расчётов характеристик процессов и моделирования ожидаемых событий в условиях реального эксперимента;
- разработка программно-аппаратных средств для экспериментов в физике высоких энергий, разработка кремниевых полупроводниковых сенсоров и их технологии массового производства, создание новой электроники считывания сигналов;
- развитие телекоммуникационных сетей для обеспечения полноценного участия учёных в различных международных экспериментах.

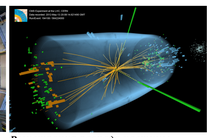
Основная информация о структуре материи на предельно малых достижимых расстояниях получается на основе экспериментов на сверхмощных ускорителях и коллайдерах заряженных частиц с использованием крупномасштабных детекторов для регистрации частиц, образующихся в процессах столкновений. Сотрудники НИИЯФ принимают самое активное участие в работе ведущих мировых коллабораций, созданных для выполнения экспериментов на крупнейших мировых ускорителях:

- Большой адронный коллайдер (CERN, Швейцария) с энергией соударений протон-протонных пучков 7, 8 и 14 ТэВ — коллаборации CMS, ATLAS, LHCb;
- протон-антипротонный коллайдер Tevatron (FermiLab, США) с энергией около 2 ТэВ — коллаборация D0;
- электрон-протонный ускоритель HERA (DESY, Германия) с энергией около 300 ГэВ — коллаборация ZEUS.

Институт участвует в экспериментах на установках в крупнейших научных центрах России: Институте физики высоких энергий (Протвино), Объединённом институте ядерных исследований (Дубна) и Институте теоретической и экспериментальной физики (Москва).

В 1995 году в эксперименте D0 на коллайдере Tevatron при активном участии сотрудников НИИЯФ была открыта самая тяжёлая из известных на сегодняшний день элементарных частиц — топ-кварка — с массой около 173 ГэВ в процессе парного рождения. В 2006 г. также на коллайдере Tevatron топ-кварк был обнаружен в одиночной моде рождения. Вклад сотрудников ННИЯФ МГУ в достижение этого результата в эксперименте D0 получил международное признание.

Детектор ATLAS Большого адронного коллайдера



Регистрация распада частицы детекторами Большого адронного коллайдера © CERN

В июле 2012г. в экспериментах общего назначения ATLAS и CMS на Большом адронном коллайдере была открыта новая частица — бозон Хиггса. Это открытие увенчало двадцатилетие напряженного труда по разработке и созданию детекторных установок ATLAS и CMS, формированию физической программы исследований, активному участия в запуске и эксплуатации детекторов, проведении физического анализа экспериментальных данных большого международного коллектива, в составе которого успешно работали физики НИИЯФ МГУ. Исследования бозона Хиггса в 2013-2014 г. были направлены на подтверждение соответствия его свойств предсказаниям Стандартной модели взаимодействий частиц. Более точные измерения сечений рождения бозона Хиггса в различных каналах показали, что его квантовые числа (спин и четность) полностью согласуются со Стандартной моделью, а вероятности распада по различным каналам в целом соответствуют ей на хорошем уровне достоверности. Масса бозона Хиггса измерена с точностью лучше одного процента. Сотрудники НИИЯФ МГУ работают в экспериментах ATLAS и CMS с самого начала (1992 г.). Был проделан значительный объем работ на всех стадиях проектов, в том числе развитие физической программы и методики эксперимента, разработка и поддержка программного обеспечения, разработка и создание экспериментального оборудования отдельных подсистем детекторов, физические и методические измерения в сеансах на БАК, обработка и физический анализ данных, модернизация детекторных подсистем и компьютерной инфраструктуры.

Огромную роль в постановке и проведении этих экспериментов сыграло компьютерное моделирование процессов рождения частиц, которое выполнялось с помощью разработанного в НИИЯФ и получившего мировое признание пакета программ CompHEP. При анализе экспериментальных данных об одиночном рождении топ-кварка и бозона Хиггса применялись новые методы оптимизации и многомерные методы выделения сигнала из фона, разработанные при активном участии сотрудников института.

Теоретики НИИЯФ внесли значительный вклад в изучение актуальных задач релятивистской квантовой теории поля и физики высоких энергий. Широко известны их результаты в области построения и развития новых моделей и теорий за рамками Стандартной модели.

Для обработки информации, поступающей от сверхмощных ускорителей заряженных частиц, впервые в России в НИИЯФ МГУ совместно с рядом научно-технических предприятий создана комплексная система по разработке, проектированию, серийному производству и испытанию больших кремниевых сплошных и микростриповых детекторов. За последние годы было выпущено и протестировано более 20 тыс. таких детекторов, которые использовались при создании адрон-электронного сепаратора для установки ZEUS, элементов вершинных детекторов в установках D0, LHCb, CBД, а также при проведении экспериментов АПС и НУКЛОН по изучению космических лучей высоких энергий.

НИИЯФ МГУ был одним из первопроходцев в создании в России узла высокоскоростной телекоммуникационной связи с выходом на российские и мировые научно-образовательные сети с пропускной способностью на уровне нескольких Гбит/с, а также в развитии системы распределённых интенсивных вычислений на основе грид-технологий для обработки и хранения экспериментальных данных с Большого адронного коллайдера. Значение этих работ можно сформулировать словами Генерального директора ЦЕРН Р.-Д. Хойера, что «система грид является одним из важнейших компонентов, без которых открытие бозона Хиггса было бы невозможно». За последнее десятилетие в НИИЯФ выполнено более 10 проектов на стыке информационных технологий и физики высоких энергий. Это поставило институт в ряд ведущих российских научных организаций в области распределенных информационно-вычислительных систем и их применении в научных исследованиях.

В НИИЯФ совместно с ФИАН был создан первый в нашей стране и один из первых в мире квантовый парамагнитный усилитель. На основе экспериментальных исследований были найдены новые механизмы релаксации энергии. Механизмы возбуждения люминесценции фотонами высоких энергий были установлены для различных широкозонных диэлектриков. В исследовании сцинтилляторов и в разработке их применения в физике высоких энергий (например, в калориметре на детекторе CMS Большого адронного коллайдера), в ядерной физике и в медицине НИИЯФ занимает ведущие позиции. Экспериментально обнаружены волна поглощения лазерного излучения в объёме прозрачных сред и перколяция в плотной плазме лазерного факела. В исследованиях нелинейной динамики непрерывно действующих твердотельных лазеров институт занимает одно из ведущих мест в мире.

Методами мессбауэровской спектроскопии проведены исследования искусственных радиоактивных изотопов. Разработан метод измерения времени жизни короткоживущих состояний ядер, метод изучения угловых распределений γ-лучей ориентированных ядер при сверхнизких температурах и получены данные о магнитных моментах некоторых радиоактивных ядер и сверхтонких полях на ядрах. Методами мессбауэровской спектроскопии был обнаружен эффект «магнитного подавления» электрического квадрупольного взаимодействия в ряде интерметаллических соединений.

В институте впервые в мировой практике создан функционирующий в режиме удалённого доступа интерактивный учебно-научный комплекс на базе уникального мёссбауэровского спектрометра. Разработанный комплекс обеспечивает удалённый доступ как для студентов, так и для исследователей и разработчиков. Он позволяет производить измерения для различных материалов, включая наноматериалы, а также предоставляет уникальные возможности для изучения принципов работы спектрометра и методы анализа структуры материалов в режиме удалённого доступа.

В НИИЯФ активно ведутся работы по созданию радиофармацевтических препаратов, используемых в радионуклидной диагностике. Разработанный в институте кардиотропный препарат «Таллия хлорид» рекомендован Минздравом РФ к применению для диагностики и оценке тяжести ряда заболеваний.

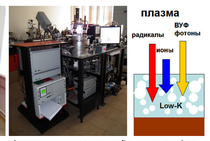
В сотрудничестве с кафедрой общей ядерной физики физического факультета МГУ в институте создан специализированный веб-сайт nuclphys.sinp.msu.ru, который содержит большое количество разнообразных материалов и электронных ресурсов, ориентированных на подготовку современных специалистов в области ядерной физики.

«Исследование наноструктур: физика, технологии, применение» является самым молодым научным направлением в НИИЯФ и развивается стремительно с использованием уникальной экспериментальной базы и методик исследований, разработанных для ядерной и атомной физики, физики плазмы и взаимодействия излучений с веществом. Экспериментальная база включает современное технологическое, диагностическое и измерительное оборудование для изготовления твердотельных и молекулярных наноструктур и устройств на их основе: установку КГ-МЕIS для исследования поверхности материалов, приповерхностных слоёв и ультратонких многослойных структур; единственный в России ионно-пучковый экспериментальный комплекс, позволяющий проводить неразрушающие исследования покрытий с разрешением по глубине порядка атомного слоя; ускоритель газовых кластеров, ускоряющий ионы кластеров с массой от несколько сотен до нескольких тысяч массовых единиц; установки магнетронного, пиролитического, газофазного и плазменно-дугового осаждения.

Основные направления исследований в этом направлении состоят в исследовании объемных и поверхностных процессов в неравновесной низкотемпературной плазме; изучении физических свойств наноструктур ядерно-физическими методами; разработке новых методов синтеза нано структурированных материалов, включая полимерные нанокомпозитные материалы; разработке и создании сенсоров магнитных слабых полей; развитии новых методов ионно-пучкового нано структурирования и модификации материалов и их поверхности, в том числе и на основе пучков ускоренных атомных кластеров; исследовании слоистых структур методом нейтронографии поверхности на установках ОИЯИ.

Изучение физики низкотемпературной плазмы, направленные на создание нового класса приборов физической электроники, были начаты в НИИЯФ в 1960-х гг. В этих работах открыт и объяснён физический механизм развития плазменных неустойчивостей, влияющих на параметры газоразрядных лазеров, что позволило создать принципиально новые типы газоразрядных лазеров, возбуждаемых несамостоятельными разрядами. Разработки были успешно использованы на ряде промышленных предприятий страны. В последние десятилетия развиваются новые подходы в создании плазмохимических реакторов на основе проводимых исследований электродинамики и плазмохимической кинетики в сложных газовых смесях.

Экспериментальный стенд для исследования фотоиндуцированной плазмы и плазмы постоянного тока



Автоматизированный комплекс для анализа заряженных и нейтральных частиц плазмы на основе квадрупольного масс-спектрометра и анализатора энергий ионов

Крайне актуальной задачей современной электроники является внедрение новых изолирующих материалов с ультранизкой величиной диэлектрической проницаемости (ultra-low-*k* материалы), используемых для изготовления многослойных межуровневых соединений и технологии создания сверхбольших интегральных схем с топологической нормой 32 нм и менее. Проводимые в НИИЯФ исследования направлены на выявление механизмов образования дефектов в нанопористых ultra-low-*k* материалах под воздействием низкотемпературной плазмы и разработку технологии их бездефектного плазменного травления. В 2012 году эти работы были поддержаны международным консорциумом SRC, который впервые выделил грант для проведения исследований, осуществляемых российским научным центром.

Большое внимание уделяется теоретическим и экспериментальным исследованиям процессов электронного транспорта в наноструктурах, содержащих сверхпроводящие, нормальные и ферромагнитные материалы. Комбинация эффекта Джозефсона с эффектом квантования магнитного потока в замкнутых сверхпроводящих контурах открывает возможность создания высокоточных сверхпроводящих квантовых интерферометров и устройств сверхбыстрой обработки информации. Развивается новое направление — сверхпроводниковая спинтроника, наука управления параметрами сверхпроводниковых устройств посредством изменения магнитного состояния входящих в их состав ферромагнитных компонентов. Разрабатываются и исследуются оригинальные наноразмерные устройства, в которых транспорт тока и хранение информации осуществляется отдельными электронами («одноэлектроника») — прототипы будущих цифровых и аналоговых устройств квантовой электроники, биомолекулярных анализаторов, реализуются оригинальные методы изготовления и исследования наноструктур широкого класса.

Активно ведутся исследования по созданию наноструктур и нано структурированных материалов. В НИИЯФ разработан новый материал — нано кристаллический графит, обладающий уникальными автоэмиссионными свойствами. Созданные на его основе автоэмиттеры значительно превосходят лучшие мировые аналоги на основе алмазоподобных плёнок и углеродных нанотрубок. Их отличают высокая стабильность работы, большие величины плотности эмиссионных токов, низкий уровень шума, рекордный ресурс работы в широком диапазоне вакуумных условий. Основные направления применения материала включают создание семейства рентгеновских трубок различного назначения, приборов вакуумной электроники, экологически чистых источников света, катодов-компенсаторов положительного заряда ионных пучков для использования в электроракетных двигателях на малых космических аппаратах.

Развиваются методики синтеза массивов высококачественных многослойных углеродных нанотрубок в плазме тлеющего разряда и с помощью пиролитического газофазного осаждения. Полученные массивы ориентированных углеродных нанотрубок используются при создании полимерных нанокомпозитов с целью получения новых материалов с высокими функциональными анизотропными характеристиками. С помощью метода магнетронного осаждения получены многослойные спин-диодные наноструктуры, которые предполагается использовать в качестве высокочувствительных сенсоров магнитных полей.

Активно развивается многомасштабное компьютерное моделирование процессов, происходящих в наноструктурах. Для этих задач применяются как самостоятельные программные разработки, так и современные крупные программные комплексы (Vienna Ab Initio Software Package, Accelrys Materials Studio и др.).

НИИЯФ был создан и остаётся учебной базой отделения ядерной физики (ОЯФ) физического факультета МГУ. Ежегодно на ОЯФ обучаются около 350 студентов и 90 аспирантов. Студентам старших курсов и аспирантам ежегодно читается около ста спецкурсов, к чтению которых, помимо преподавателей ОЯФ и сотрудников НИИЯФ, привлечены сотрудники ведущих российских институтов: ОИЯИ, ИФВЭ, ИЯИ РАН и других академических и ведомственных институтов. Порядка 70% аспирантских и дипломных работ выполняется в научных подразделениях НИИЯФ.

За 70 лет ОЯФ и НИИЯФ подготовлено около 6000 специалистов.

СКИЙ ФИЗ

Учебные лаборатории НИИЯФ представляют собой уникальные научно-образовательные комплексы, включающие в себя около 100 реальных экспериментальных установок, оснащённых современными электронными и компьютерными средствами обработки и отображения информации. В отличие от физических практикумов большинства российских университетов в практикумах НИИЯФ студенты работают с реальными объектами ядерно-физических исследований (спектральными и радиоактивными источниками, лазерами различных типов), а также имеют возможность выполнять лабораторные работы на ускорителях института. Кроме студентов физического факультета МГУ в последние годы на базе практикумов проходят обучение студенты Костромского, Ульяновского и других университетов.

Лабораторный комплекс «Ядерная электроника»

Благодаря выделению значительных средств университетом и институтом за последние годы была произведена масштабная модернизация практикумов НИИЯФ и приобретены новые современные экспериментальные установки: лазер на «YAG-Nd», ЭПР-спектрометр, криогенный германиевый детектор, сцинтилляционный и черенковский детекторы космических излучений. В рамках реализуемой Программы развития МГУ был создан лабораторный комплекс «Ядерная электроника» на 10 рабочих мест. В настоящее время в практикумах используются самые современные методы и системы обработки результатов физического эксперимента.

В ходе реализации образовательной программы уникального космического проекта «МГУ–250» в НИИЯФ было организовано новое учебное подразделение — лаборатория «Космический практикум», в которой с сентября 2005 года начались регулярные занятия студентов кафедры физики космоса и астрономического отделения физического факультета МГУ. Задачи лаборатории «Космический практикум», основанные на реальной научной информации со спутников «Университет-Татьяна» и других научно-образовательных аппаратов, используют в учебном процессе многие российские университеты.

Учебная лаборатория «Компьютерный класс» была организована в 1990-е гг. с целью разработки и внедрения в учебный процесс новых компьютерных и информационных технологий, а также для обеспечения доступа к вычислительным и телекоммуникационным мощностям НИИЯФ для студентов и аспирантов ОЯФ. С момента создания лаборатории в ней ведётся активная работа над разработкой и внедрением новых компьютерных технологий в обучение: уже много лет во многих российских и зарубежных университетах широко используется пакет обучающих программ «Физика микромира на компьютере». В настоящее время реализуется проект по созданию учебных установок нового типа — учебных лабораторных комплексов. Относительно дешёвые и абсолютно безопасные установки-тренажёры, включающие в себя управляемую модель реального прибора, обширную базу экспериментальных данных, полученную на современных исследовательских установках и программное обеспечение для управления прибором и математической обработки результатов эксперимента, уже сегодня работают в атомных практикумах многих классических, технических и педагогических университетов России. На базе НИИЯФ функционирует программа повышения квалификации по курсу «Искусственные нейронные сети и генетические алгоритмы». Слушателями этой программы являются специалисты самых разных профессий — от физиков и инженеров до сотрудников банковских и страховых структур.

В рамках Национального проекта «Образование» в 2006 г. на базе института создан Инновационный научно-образовательный центр коллективного пользования «Космические технологии и образование». Центр предусматривает развитие исследований по физике космоса и технологиям создания новых материалов для ракетно-космической отрасли, а также профессиональную подготовку и переподготовку специалистов в космической области, включающую в себя как изучение физики космического пространства, так и использование информации, получаемой с космических аппаратов, для технических, геофизических, астрономических и иных исследований.

В Дубне действует Межфакультетский Центр МГУ «Строение вещества и новые материалы», учредителями которого являются НИИЯФ, физический факультет, факультет наук о материалах и ОИЯИ. Центр создан для организации целевой подготовки студентов, аспирантов и повышения квалификации специалистов по направлению «Исследования конденсированных сред ядерно-физическими методами (твёрдые тела и жидкости, химические соединения и реакции, биологические объекты, новые материалы)».

Одним из важных направлений деятельности НИИЯФ в Дубне, где в течение многих лет находился Филиал НИИЯФ, является созданный на базе Отдела ядерных исследований институт прикомандированных студентов, аспирантов и стажеров периферийных вузов. К учебной работе необходимо отнести и подготовительные курсы МГУ, которые уже одиннадцать лет успешно действуют на базе филиала и способствуют увеличению на физическом факультете студентов из числа выпускников дубненских школ.

НИИЯФ является одним из организаторов проведения чемпионата «CanSat в России» среди школьных команд. Основными задачами участников является проектирование и запуск мини-спутников с разработанной специально для этого чемпионата аппаратурой. Первый чемпионат «CanSat в России» прошёл в 2012 году, среди его участников было более 40 команд. Институт принимает активное участие в организации ежегодного Фестиваля науки, который проходит в Москве с 2006 года. Сотрудники НИИЯФ рассказывают о своих исследованиях в различных областях, проводят экскурсии по экспериментальным установкам института, дают возможность школьникам познакомиться с учебными лабораториями и самостоятельно осуществить некоторые физические эксперименты.

Научные и педагогические достижения НИИЯФ фактически с момента его основания оценены самыми высокими наградами. В их числе 3 Ленинские премии, 5 Сталинских премий, 11 Государственных премий СССР, премия Президента РФ, 4 премии Правительства РФ, 22 премии имени М.В. Ломоносова, 3 премии имени И.И. Шувалова, 5 премий АН СССР, премия АН СССР и ЧССР, премия Совмина СССР. 3 премии Ленинского комсомола, 8 свидетельств об открытии и другие награды. Многие сотрудники института за доблестный многолетний труд награждены орденами и медалями.

Наш институт уже не молод, сейчас в нем трудится уже третье поколение тех, кто в 50-х годах начинал работать в НИИЯФ. За эти годы НИИЯФ действительно превратился в научно-образовательный центр мирового значения со многими научными школами и научными направлениями, число которых постоянно возрастает. В институте работают и наши заочагельные ветераны, которыми мы гордимся, и прекрасная молодежь, перенимающая у старших коллег не только знания, но и отношение к работе, стремление продвигаться вперед в своих поисках и исследованиях. «Вперед и выше» — именно этот девиз наиболее подходит к НИИЯФ, и мы надеемся, что этот девиз будет определять его научный поиск еще на многие годы.

М.И. Панасюк, директор НИИЯФ МГУ,
С.Л. Страхова, Учёный секретарь НИИЯФ МГУ,
Н.С. Зегенская, главный научный сотрудник НИИЯФ МГУ

Первое прямое детектирование гравитационных волн

11 февраля 2016 года на пресс-конференции в Вашингтоне ученые объявили об обнаружении гравитационных волн, существование которых еще 100 лет назад предсказал Альберт Эйнштейн. Гравитационные волны были зарегистрированы 14 сентября 2015 года в 9:51 утра по всемирному времени. Их зафиксировали два детектора Лазерной интерферометрической гравитационно-волновой обсерватории (LIGO): первый расположен в Ливингстоне, штат Луизиана, второй — в Хэнфорде, штат Вашингтон (США). Работу обсерватории и анализ получаемых данных обеспечивает научная коллаборация LSC — коллектив в составе более 1000 ученых из университетов Соединенных Штатов и 14 других стран, включая Россию, которую представляют две научные группы: из МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва), а также из Института прикладной физики РАН (Нижний Новгород). Сообщение о регистрации гравитационных волн было опубликовано в журнале Physical Review Letters, 116, 061102 (2016).

До последнего времени научную группу физического факультета возглавлял член-корреспондент РАН Владимир Борисович Брагинский — всемирно известный ученый, один из пионеров гравитационно-волновых исследований. Помимо профессора В.Б. Брагинского в состав этой научной группы и в число соавторов научного открытия входят авторы настоящей статьи. Неоценимый вклад в проведение исследований внесли студенты, аспиранты и технический персонал кафедры.

На основании полученных сигналов ученые LIGO пришли к выводу, что обнаруженные гравитационные волны были вызваны слиянием двух черных дыр, которые образовали одну, более массивную вращающуюся черную дыру. Возможность столкновения черных дыр предсказывалась теоретиками, но никогда раньше такое событие не наблюдалось. Сливающиеся чёрные дыры имели массы в 29 и 36 раз больше массы Солнца. На финальной стадии слияния они двигались со скоростью около половины скорости света, а само событие произошло 1,3 миллиарда лет назад. За доли секунды примерно три солнечных массы превратились в гравитационные волны. На Земле они вызвали относительные колебания пар пробных масс, разнесенных на 4 км, с амплитудой около 10^{-19} м. Это чрезвычайно малое изменение расстояния между пробными массами и было зарегистрировано интерферометрическими гравитационно-волновыми детекторами LIGO. Детектор в Ливингстоне записал событие на 7 миллисекунд раньше, чем детектор в Хэнфорде. На этом основании ученые определили, что источник был расположен в южном полушарии небесной сферы.

В Общей теории относительности Альберта Эйнштейна (ОТО) гравитация трактуется как искривление пространства-времени. Из уравнений ОТО Эйнштейн получил решение, соответствующее гравитационным волнам или волнам кривизны пространства-времени. Однако в то время были сомнения, что их можно обнаружить из-за чрезвычайной слабости взаимодействия гравитационных волн с материей. Для этой цели не нужно реализовать схему типа передатчик-приемник, как в опыте Герца, для детектирования гравитационных волн. Первая попытка экспериментального обнаружения гравитационных волн была предпринята примерно через 50 лет после предсказания их существования. Первые эксперименты по регистрации гравитационных волн поставил американский физик Джозеф Вебер. В качестве детектора он использовал 1,5 тонный алюминиевый цилиндр с пьезодатчиками, регистрирующими деформирование цилиндра под действием гравитационной волны. В 1969 году он объявил об обнаружении гравитационных волн. Профессор В.Б. Брагинский был первым, кто создал гравитационно-волновой детектор на кафедре физики колебаний физического факультета МГУ, проверил и не подтвердил результаты Вебера о детектировании сигналов гравитационных волн. Хотя попытка Вебера оказалась неудачной, она положила начало исследованиям по созданию гравитационно-волновых детекторов. Сначала это были детекторы Веберовского типа, но более совершенные. Здесь ключевым моментом являлось достижение максимальной добротности для механических мод колебаний цилиндра — детектора, а также его охлаждение, что позволяло значительно уменьшить тепловой шум. Было экспериментально продемонстрировано, что такие материалы, как сапфир и кремний, позволяют получить лучшие значения механической добротности, чем алюминий. Однако создание более чувствительных детекторов этого типа в различных лабораториях мира не привело к обнаружению гравитационных волн. В это же время В.Б. Брагинский начал развивать теорию квантовых измерений. Он сформулировал концепции стандартного квантового предела чувствительности и квантово-невозмущающих измерений и вместе с коллегами применил теорию квантовых измерений для анализа чувствительности гравитационно-волновых детекторов. В 80-х годах XX века Калифорнийский технологический институт и Массачусетский институт технологии в США приступили к созданию лазерных интерферометрических гравитационно-волновых детекторов с расстоянием между пробными массами, сначала 10 м, затем 40 м. Позднее, в рамках проекта LIGO были созданы четырехкилометровые современные детекторы гравитационных волн. Поскольку сигнал от гравитационных волн пропорционален расстоянию между пробными массами, переход к длинным базовым интерферометрическим детекторам позволил существенно увеличить их чувствительность. В.Б. Брагинский вместе со своей научной группой сразу включился в работу по созданию интерферометрических детекторов. Полномасштабные детекторы первого поколения, создание которых началось в 1992 г., не смогли обнаружить гравитационные волны. Только на более совершенных детекторах Advanced LIGO были обнаружены гравитационные волны от слияния двух черных дыр.

Основой лазерного детектора гравитационных волн является интерферометр Майкельсона. Излучение лазера разделяется на два перпендикулярных луча, которые, отражаясь от зеркал, расположенных на расстояниях в 4 км от светоделителя, возвращаются и попадают на фотоприемник. Сигнал на его выходе зависит от разности фаз в лучах, которая, в свою очередь, зависит от разности пройденных ими путей. Чтобы увеличить набег фазы, в каждом плече установлены дополнительные зеркала, образующие резонаторы Фабри-Перо. Можно сказать, что лучи 300 раз пробегают 4 километра в каждом направлении, прежде чем попадают в фотоприемник. Диапазон частот, которые регистрируют детекторы LIGO, составляет от 10 Герц до нескольких килогерц (по совпадению, звуки именно с такими частотами воспринимает человеческий слух). Необходимо измерять очень малые колебания зеркал в этом диапазоне. Это означает, что основной проблемой при разработке детектора являются шумовые сигналы внутри установки, которые могут маскировать или имитировать полезный сигнал. Шумы имеют различную природу. Среди них колебания земной поверхности, вызванные сейсмикой и антропогенными факторами, на много порядков больше той величины, которую необходимо измерить. Поэтому зеркала подвешиваются на сложном, многоступенчатом фильтре, подавляющем эти колебания. Лучи света распространяются внутри труб, где поддерживается глубокий вакуум. Поскольку свет имеет квантовую природу и состоит из отдельных частиц — фотонов, существует особый вид флуктуаций — фотонный дробовой шум. Для уменьшения его влияния необходимо увеличивать интенсивность света в интерферометре. В детекторах второго поколения, которые используются сейчас, мощность лазера составляет от 15 до 100 Ватт, а эффективная мощность внутри интерферометра, с учетом накопления в резонаторах и использования так называемой рециркуляции света, приближается к одному мегаватту! Важнейшим фактором, ограничивающим чувствительность, является Броуновский шум — результат теплового движения атомов и молекул. Для его снижения были разработаны монолитные кварцевые подвесы зеркал, обладающие большой механической добротностью. В целом детектор — чрезвычайно сложное устройство, в котором использованы уникальные компоненты, в том числе созданные специально для него в различных лабораториях мира. Достаточно сказать, что покрытие зеркал таково, что из каждого миллиона падающих на них фотонов теряется лишь один, что настройку положения зеркал и других оптических элементов обеспечивают более 5000 следящих систем, а для обработки поступающей информации (порядка 1 терабайта в сутки) задействованы тысячепроцессорные кластеры и глобальная распределенная вычислительная сеть.

С самого начала основные усилия членов коллектива, возглавляемого В.Б. Брагинским, были направлены на исследование условий достижения предельной чувствительности гравитационно-волновых детекторов, определение фундаментальных квантовых и термодинамических ограничений чувствительности, на разработку новых методов измерений. Теоретические и экспериментальные исследования российских ученых нашли свое воплощение при создании детекторов второго поколения, позволивших непосредственно наблюдать гравитационные волны от слияния черных дыр.

Из конкретных достижений научной группы физического факультета МГУ группы можно отметить следующие.

Кварцевые пробные массы, они же зеркала интерферометра, в детекторах первого поколения были подвешены на стальных проволоках. Такие подвесы не позволяли достигнуть минимальных потерь энергии для собственных мод упругих колебаний пробной массы и колебаний ее центра масс. Согласно флуктуационно-диссипационной теореме, это было необходимо для снижения теплового шума пробных масс. Кроме того, в них возникали крайне нежелательные дополнительные изобыточные шумы. В группе В.Б. Брагинского был разработан монолитный подвес из плавленого кварца и экспериментально продемонстрировано, что время затухания маятниковых колебаний кварцевой пробной массы составляет около 5-ти лет, что соответствует добротности $1{,}8 \times 10^8$. Квазимонолитный кварцевый подвес пробных масс в детекторах Advanced LIGO — это сложнейшая 4-х ступенчатая конструкция, но все начиналось с простых моделей, исследованных в лаборатории кафедры физики колебаний.

Другим источником шума в гравитационных антеннах является дрожание поверхности зеркал. Долгое время с момента предварительных оценок чувствительности антенн предполагалось, что единственным и главным источником такого дрожания являются броуновские флуктуации пробных масс, на которые и нанесены отражающие покрытия. Существенно уменьшить вклад таких флуктуаций на низких частотах гравитационного сигнала можно, изготавливая пробные массы из высококачественного материала, имеющего максимально возможную добротность собственных акустических колебаний. Поэтому для антенн Advanced LIGO планировалось перейти от использовавшегося ранее плавленого кварца к высокочистому лейкосапфиру (Al_2O_3). Разработки таких зеркал уже шли полным ходом, когда в группе В.Б. Брагинского решили посмотреть, какие еще физические процессы приводят к появлению дрожания поверхности. Строгий расчет из первых принципов показал, что один из механизмов, связанный с термодинамическими флуктуациями температуры в объеме кристаллического материала (термоупругий шум), приводит к флуктуациям на поверхности много большим, чем броуновские не только в сапфире, но и в плавленом кварце. Эта работа произвела сильный эффект, и проект пришлось перекраивать на ходу, возвращаясь к кварцевым зеркалам. В дальнейшем выяснилось, что такая простая система — диэлектрический цилиндр с отражающим покрытием, порождает целый зоопарк различных фундаментальных квантовых, термодинамических и других избыточных шумов — их больше десятка. В частности, оказалось, что самым сильным шумом зеркал является не броуновский шум самой пробной массы, а шум тонкого многослойного диэлектрического отражающего покрытия. Вопросы оптимизации такого покрытиятакже были детально исследованы членами научной группы.

Другая проблема, над решением которой работали члены коллектива, связана с электростатическими зарядами, которые всегда присутствуют на кварцевых пробных массах. Их источником являются любые контакты пробной массы с другими объектами, процессы десорбции газов, космические лучи и пр. Заряды взаимодействуют с окружающими пробную массу телами и электрическими полями, создавая дополнительную флуктуационную силу. Важными факторами снижения шумов, связанных с электростатическими зарядами, является уменьшение их количества и увеличение времени релаксации зарядового распределения. В экспериментах, проведенных на физическом факультете, оно достигало 3-х лет. Летом 2015 года Л.Г. Прохоров вместе с американскими коллегами исследовал поведение зарядов на пробных массах детектора LIGO в Хэнфорде. Ими был установлен оптимальный режим работы электростатических актюаторов, используемых для подстройки положения пробных масс — зеркал интерферометра.

Одним из важных достижений группы также является предсказанный в 2001 году В.Б. Брагинским эффект параметрической колебательной неустойчивости. В схемах гравитационно-волновых интерферометров Advanced LIGO для увеличения чувствительности предполагается уменьшить механический шум зеркал и увеличить мощность, циркулирующую в плечах интерферометра, вплоть до значения W = 830 кВт. Однако большие значения циркулирующей мощности вместе с малыми механическими потерями в зеркалах могут привести к нежелательному нелинейному эффекту параметрической колебательной неустойчивости.

Параметрическое взаимодействие между двумя оптическими модами Фабри-Перо резонатора (мода накачки и стоксовая мода) и механическим осциллятором (собственные колебания зеркал) приводит к появлению параметрической неустойчивости. При существовании малых колебаний в стоксовой оптической моде возникает пондеромоторная сила, действующая на подвешенное зеркало на резонансной частоте, которая резонансно «раскачивает» механические колебания. С другой стороны, малые механические колебания зеркала благодаря эффекту Допплера приводят к появлению отраженных от зеркала волн с комбинационными частотами, одна из которых резонансно возбуждает колебания в оптической стоксовой моде. Очевидно, что при увеличении мощности накачки указанные механизмы будут приводить к дополнительной перекачке энергии. В соответствии с соотношениями Мэнли-Роу, энергия от волны накачки будет передаваться оптической стоксовой и механической модам. Данный эффект может рассматриваться как внесение отрицательного затухания, поэтому при достижении некоторого порогового значения мощности накачки возникнет параметрическая неустойчивость. Из-за несимметричности распределения оптических мод относительно моды накачки эффект одновременного возбуждения антистоксовой моды не полностью подавляет эффект параметрической неустойчивости. Для интерферометра с планируемой циркулирующей мощностью в плечах были разработаны методы эффективного подавления параметрической неустойчивости. Определены условия параметрической колебательной неустойчивости в гравитационно-волновых детекторах. Рассчитаны с высокой точностью собственные частоты и пространственные распределения вектора смещений упругих мод, определены комбинации упругих и оптических стоксовых мод, приводящие к параметрической колебательной неустойчивости в гравитационно-волновых интерферометрах.

В 2015 году эффект параметрической колебательной неустойчивости был экспериментально обнаружен в гравитационно-волновом детекторе Advanced LIGO, полностью подтвердив все теоретические расчеты группы.

История гравитационно-волновой астрономии с самого начала была тесно связана с развитием методов макроскопических квантовых измерений. Чувствительность первых резонансных твердотельных детекторов гравитационных волн (конец 60-х — начало 70-х годов) составляла примерно ~100 аттометров. В последующие примерно 20 лет она была улучшена примерно на два порядка, до ~1 аттометра. Эта величина была уже не столь далека от амплитуды квантовых нулевых колебаний механических мод этих детекторов, для типичных «сферических» детекторов составляющей, по порядку величины примерно 0.01 аттометр.

Необходимость дальнейшего повышения чувствительности детекторов гравитационных волн, по крайней мере, на несколько порядков величин была очевидна уже тогда, что инициировало интерес к исследованию квантовых ограничений в экспериментах с макроскопическими механически объектами, а также к поиску методов обхода этих ограничений. В 1968 году В.Б. Брагинским было показано наличие т.н. Стандартного Квантового Предела (СКП) для точности измерений, являющегося прямым следствием соотношения неопределенности Гейзенберга и для частного случая гармонического осциллятора совпадающего с амплитудой его нулевых колебаний. Поиск методов преодоления этого предела привел к публикации двух пионерских работ, где были предложены идеологически близкие, но различные по реализации схемы измерений, позволяющих преодолеть СКП. Авторами первой был В.Б. Брагинский и его коллеги по группе, второй — один из будущих основоположников проекта LIGO Кип Торн и его коллеги.

Эти ранние работы не получили тогда прямого экспериментального продолжения в силу ограниченных возможностей тогдашних технологий, а главное, из-за того, что развитие детекторов гравитационных волн пошло другим путем. В начале 80-х годов было начато проектирование, а в 90-е — строительство лазерных интерферометрических детекторов, обладавших, при той же примерно точности измерений механических смещений, гораздо более высокой чувствительностью к гравитационным волнам в силу просто гораздо большего их размера — километры по сравнению с метрами у твердотельных детекторов. Чувствительность по смещению детекторов Advanced LIGO сейчас в несколько раз хуже его СКП, примерно равного 0.06 аттометра. Проектная чувствительность как детекторов Advanced LIGO, которая должна быть достигнута в ближайшие годы, практически соответствует СКП. Следующие итерации Advanced LIGO, как и другие будущие детекторы, должны превзойти этот предел. Развитие методов квантовых измерений, теперь уже для лазерных интерферометров, началось в группе физического факультета еще в 90-е годы. Из двух известных сейчас основных вариантов схем лазерных интерферометров, не ограничивающих СКП, первая — так называемый квантовый измеритель скорости — была предложена группой физического факультета а вторая — интерферометр с дополнительными фильтрующими резонаторами — при ее активном участии.

В настоящее научная группа физического факультета МГУ продолжает активное участие в проекте LIGO по детектированию гравитационных волн от космических источников.

И.А. Биленко, С.П. Вятчанин, М.Л. Городецкий,
В.П. Митрофанов, С.Е. Стрыгин, Л.Г. Прохоров, Ф.Я. Халили

Открытие гравитационных волн: теоретические аспекты

Посвящается памяти В.Б. Брагинского

Так случилось, что Владимир Борисович Брагинский ушел из жизни вскоре после объявления LIGO о прямой регистрации гравитационных волн. Теперь эти два события — печальное и радостное — воспринимаются вместе как справедливость небес: выдающееся физическое открытие произошло во время земной жизни человека, который был одним из главных энтузиастов, обеспечивших его успех. Увлеченность ВБ проблемой гравитационных волн была феноменальной. Я впервые увидел его в начале 60-х в радиопрактикуме, будучи студентом. Это была необычная картина: ВБ сидел за столом, обложенный тетрадками, в которые он что-то быстро записывал, лишь изредка обращая внимание на нас. Были понятно, что преподаватель занят чем-то очень важным, и мы старались не приставать к нему с банальными вопросами. Потом была его знаменитая болванка, похоронившая результаты Вебера, это окончательно определило мою любовь к гравитации на всю жизнь. Защитив диссертацию по теории синхротронного излучения, я погрузился в теорию Эйнштейна, пытаясь понять, справедлива ли гипотеза Мизнера о том, что Вебер мог принимать из центра Галактики сфокусированное гравитационное синхротронное излучение звезд, захваченных на ультрарелятивистские орбиты вокруг черной дыры. Оказалось, это маловероятно, но теория черных дыр, которая стремительно развивалась в те годы, меня захватила. Став сотрудником кафедры теоретической физики в 1969 г., я с 1972 г. начал читать спецкурс по теории гравитационного излучения, а с 1974 по теории черных дыр, и часто заходил к ВБ поговорить на эти волнующие темы. На протяжении многих последующих лет, сталкиваясь в коридорах факультета, в свойственной ВБ лаконичной манере мы обменивались информацией о новых результатах в гравитации. Возвращаясь из-за границы, он передавал привет от Кипа Торна, с которым мы в то время решали похожие задачи о гравитационном излучении при релятивистских столкновениях тел, и всегда повторял, что Торн высоко оценивает наши работы. Думаю ВБ хотел поддержать меня как сторонника эйнштейновской гравитации, о которой в те годы в МГУ говорили полушепотом. Владимир Борисович создавал не только новые идеи и новые технологии. Он смог сплотить вокруг себя замечательную группу энтузиастов, которые стали непосредственными участниками эпохального открытия. Светлая ему память.

Регистрация 16 сентября 2015 г установкой LIGO («Лазерный интерферометр для наблюдения гравитационных волн») сигнала, получившего имя события GW150914, стала неожиданной не только потому, что антенны еще работали в тестовом режиме, и не только по величине сигнала, оказавшейся выше ожидаемой, но и грандиозными масштабами порождавшей это событие космической катастрофы. 1,3 миллиарда лет назад на расстоянии 1/30 видимого радиуса Вселенной произошло слияние двух гигантских черных дыр с массами 29 и 36 масс солнца, при котором три солнечных массы превратились в гравитационные волны в течение сотых долей секунды, развив до сих пор не наблюдавшуюся в природе мощность в 3.6 10^56 эрг/сек. Существование уединенных черных дыр во Вселенной уже давно считается надежно установленным фактом, но в данном случае впервые наблюдалось слияние двойной системы из черных дыр, причем весьма значительных масс. Гипотетически, такой процесс рассматривался Хокингом еще пятьдесят лет назад, но долгое время к этому относились скорее как к маловероятному эксперименту, иллюстрирующему законы динамики черных дыр. Так что открытие LIGO — это триумф не только Эйнштейна, но и Хокинга.

Не менее впечатляющей является и информативность расшифровки принятого сигнала: по его форме удалось вычислить как величину масс исходных черных дыр, так и массу конечной черной дыры — 62 массы солнца — и параметр ее вращения 0.67 (максимальное возможное значение единица), что и позволило определить величину энергоизделения в виде всплеска гравитационных волн. Это стало возможным благодаря многолетним усилиям не только экспериментаторов но и теоретиков, разработавших шаблоны гравитационных волновых сигналов от всех мыслимых источников, среди которых процесс слияния черных дыр являются наиболее эффективным. Шаблоны были получены путем численного моделирования процессов слияния черных дыр на основе уравнений Эйнштейна уже в 21 в., когда стали возможными параллельные вычисления на суперкомпьютерах, но этому предшествовали глубокая проработка теории черных дыр и развитие приближенных аналитических методов расчета гравитационного излучения в последней четверти 20 в.

Форма сигнала LIGO, показанная на картинке (Phys.Rev.Lett. 116, 061102), обнаруживает три фазы процесса. Вначале сигнал почти периодический, что соответствует геодезическому движению черных дыр друг относительно друга, потери на излучение относительно малы. Эта фаза достаточно точно описывается аналитически. Затем следует фаза негеодезического движения с сильным радиационным трением, при которой нарастают амплитуда и частота сигнала (первая пропорциональна удвоенной частоте обращения, как предсказывает нерелятивистская квадрупольная формула Ландау-Лифшица) от 30 до 150 гц, а скорость движения приближается к 0.6 от скорости света. Сама частота и ее производная по времени являются двумя независимыми параметрами, определяемыми величиной исходных масс. Существование двойной системы прекращается, когда размер системы становится равным гравитационному радиусу системы, и образуется одна вращающаяся черная дыра. Последняя фаза представляет собой «затухание хвостов» гравитационного возмущений вокруг этой дыры. Согласно Уилеру, черные дыры «не имеют волос», их выпадение можно изящно описать на языке так называемых квазинормальных мод — квазиизвазимых состояний «волос» с комплексной энергией (частотой), мнимая часть которой определяет время распада, аналогично теории резонансов при столкновениях адронов. Определяя вещественную и мнимую часть из формы сигнала на последней стадии, можно рассчитать массу и параметр вращения конечной черной дыры. Наконец, зная энергоизделение, можно по амплитуде принимаемого на Земле сигнала вычислить расстояние до объекта.

В целом, работа проделанная теоретиками с конца 60-х гг, считаются начальном современного этапа физики черных дыр, поистине огромна. В ней есть вклад и нашей группы на кафедре теоретической физики, в которой на разных этапах принимали участие многие поколения студентов и аспирантов. За прошедшие годы подготовлено 30 кандидатов наук, многие из которой стали признанными учеными, активно работающими в России и за рубежом. Начиная с середины 70-х гг. нами было опубликовано около двухсот работ по теории гравитационного излучения, черных дыр, и других проблем гравитации, на которые имеется более трех тысяч ссылок. Описание радиационного трения в поле керровской черной дыры впервые было дано в работе D.V.Gal'tsov, Journ. Phys. A 15, 3737 (1982). В конце 70-х параллельно с Торном нами была построена теория гравитационного излучения при релятивистских скоростях, развита методы анализа квазинормальных мод, впервые указана на возможность микроскопических черных дыр «волосами», развиты новые методы аналитического решения уравнений Эйнштейна и уравнений струнной гравитации и многое другое. В монографии «Гравитационное излучение электродинамических систем» (Д.В.Гальцов, Ю.В.Грац, Ю.В.Петухов, 1984) исследовались возможности лабораторной генерации ГВ, эта проблема до сих пор периодически поднимается в литературе. В книге «Частицы и поля в окрестности черных дыр» (Д.В.Гальцов, 1986) изложены математические методы исследования возмущений вращающихся черных дыр, продолжение использовались и сейчас.

Результаты LIGO продолжают активно обсуждаться, и вероятно еще многие выводы будут сделаны позже. Сейчас можно сказать, что экспериментально доказанная область применимости эйнштейновской теории существенно расширена как в сторону больших скоростей, так и в сторону существенно нелинейных режимов гравитации. Отклонений от предсказаний пост-ньютоновских разложений ОТО найдено не было. Интересно, что один из пост-ньютоновских эффектов — замедление сигналов (любой природы) в гравитационном поле (эффект Шапиро) — для GW150914 имеет гигантскую величину порядка 1800 дней. Всех волнует вопрос об ограничениях на модификации эйнштейновской теории, которые могут проявляться на космологических масштабах и на микроуровне. Так, широко обсуждается возможность ненулевой массы гравитона. Здесь много нюансов. Линеаризованная теория массивной гравитации, предложенная еще в 30-х годах Фирцем и Паули по существу является скалярно-тензорной теорией, и не переходит в эйнштейновскую в пределе нулевой массы, что неприемлемо. В наивной нелинейной массивной гравитации появляется духовая мода Бульвара-Дезера, делающая теорию неустойчивой. В 2010 г в работе выпускника физфака начала 90-х гг Габададзе с соавторами была наконец построена приемлемая модель, в которой масса гравитона создается по аналогии с механизмом Хиггса введением второго тензорного поля, взаимодействующего только с метрикой (бигравитация). Эта теория весьма сложна, ее применение к ситуации типа GW150914 пока не изучено полностью. Однако простое ограничение на массу гравитона можно получить благодаря тому, что в событии задействован конечный спектральный диапазон: в случае массивного гравитона форма испущенного ГВ импульса, предсказанная в рамках ОТО, была бы искажена на его пути к Земле. Эта оценка не очень сильная: m< 1.2 * 10^(-22) eV/c^2 (в космологии масса сребатывает вплоть до величины обратного радиуса Хаббла, что дает порядок 10^(-33) eV/c^2).

Модификация гравитации на микроскопических расстояниях ожидается по многим причинам — необходимости квантования ОТО, решения проблемы иерархии фундаментальных констант (разрыва на много порядков между планковской энергией и характерными энергиями электрослабой теории) и т.п.. Обсуждается возможность того, что гравитация на малых расстояниях становится многомерной, при этом, если взаимодействующие тела находятся в нашем пространстве на малых расстояниях, то в их взаимодействие дают вклад и силовые линии, выходящие в дополнительные измерения и возвращающиеся обратно — в этом случае гравитация становится сильной, соответствующая планковская энергия может иметь порядок Тэв (TeV-Gravity). В то же время, тела, находящиеся на макроскопических расстояниях, взаимодействуют как в ОТО. Эта теория предсказывает возможность рождения микроскопических черных дыр на Большом Адронном коллайдере. Данные LIGO пока не привели к новым ограничениям на теории с большими дополнительными измерениями, для этого нужно ждать, пока подобных событий накопится достаточно много, чтобы можно было провести статистический анализ.

Д.В. Гальцов, профессор кафедры теоретической физики

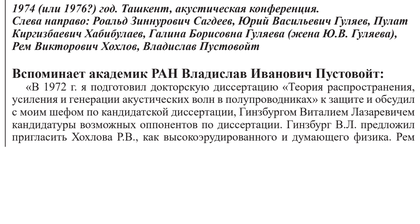
Современный метод обнаружения гравитационных волн был предложен в СССР

29 февраля 2016 г. в нашем Институте общей физики им. А.М. Прохорова РАН состоялся регулярный семинар, на котором академик РАН Владислав Иванович Пустовойт сделал блестящий доклад об открытии (первой регистрации) гравитационных волн (полностью двухчасовая лекция В.И. Пустовойта «О гравитации» доступна на портале «Прамир» http://www.pravmir.ru). Неделю назад сообщение о первой регистрации гравитационных волн на двух интерферометрах Майкельсона в США, которая была осуществлена 14 сентября 2015 г. и опубликована после многочисленных проверок на ошибку, взбудоражило весь научный мир, поскольку подтвердило их существование к 100-летию их предсказания А. Эйнштейном в 1916 г. на основе его теории относительности. Повсюду начались публичные лекции (19.02.2016 г. на физфаке МГУ и др.), поскольку вклад российских учёных из МГУ и РАН в это открытие и их участие в разработке и отладке интерферометров весьма значителен.

Повышенный интерес (и интрига) к докладу на нашем семинаре определялся тем, что Владислав Иванович Пустовойт в 1962 г., будучи аспирантом академика В.Л. Гинзбурга, первыми вместе с Михаил Евгеньевичем Герценштейном (см. ЖЭТФ, март 1962 г.) предложили новый способ регистрации гравитационных волн с помощью двух и более интерферометров Майкельсона и с использованием «лазеров» как источников света. Эта работа была задумана и сделана тогда, когда о лазерах слышали лишь немногие (поэтому авторы взяли слово лазер в кавычки) и все специалисты в области поиска и регистрации гравитационных волн в то время работали над детектором-антенной Вебера на основе массивного алюминиевого цилиндра.

Здесь следует особо отметить тот факт, что Владислав Иванович не потерял интереса за прошедшие 54 года к теме регистрации гравитационных волн и самостоятельно разработал новый подход экспертизы зарегистрированного сигнала возмущения пространства в плечах интерферометра. Несмотря на солидный отрезок времени обработки (с 14 сентября 15 г. до 14 февраля 2016 г.) результатов измерений, «очищения» сигнала от шума и поиска в банке расчётов нужного сценария (из нескольких сотен!) коллапса двух чёрных дыр, всегда остаются сомнения в истинности событий, которые регистрируются впервые в мировой истории. В этой ситуации новый подход к анализу уже опубликованных данных, которые доступны любому исследователю, дорогого стоит. Так вот, Владислав Иванович за проведенную неделю после публикации пуга колебаний с чирпированной (нарастающей) частотой возмущения пространства вращающихся колосальными массами (29 и 36 масс Солнца!), которые сближаются со скоростью более половины (!) скорости света вблизи момента коллапса, провёл расчёты на основе легко измеряемой величины процесса сближения до самого коллапса, а именно, длительности цуга колебаний ~170 миллисекунд. Его расчёты показали удивительное совпадение с длительностью периода колебаний в начале процесса с точностью до 0.3%. Таким образом, Владиславу Ивановичу удалось повысить вероятность того, что зарегистрированные возмущения пространства и времени являются результатом коллапса двух чёрных дыр с массами 29 и 36 масс Солнца.

После доклада я подошёл к Владиславу Ивановичу с некоторыми частными вопросами за прощадью и в процессе беседы мы как-то вспомнили о предстоящей годовщине 90-летия Рема Викторовича Хохлова. И тут академик Пустовойт В.И. вспомнил об интересном эпизоде, связанном с защитой его докторской диссертации в 1972 г. и Хохловым Р.В., который был у него официальным оппонентом по диссертации. Этот эпизод добавляет ещё один яркий штрих к портрету Рема Викторовича Хохлова, который гармонично (или, как говорят физики, синфазно) ложится на палитру оттенков, описанных выше.



1974 (или 1976?) год. Ташкент, акустическая конференция.
Слева направо: Роальд Зиннурович Сагдеев, Юрий Васильевич Гуляев, Пулат Киргизбаевич Хабибулаев, Галина Борисовна Гуляева (жена Ю.В. Гуляева), Рем Викторович Хохлов, Владислав Пустовойт

Вспоминает академик РАН Владислав Иванович Пустовойт:

«В 1972 г. я подготовил докторскую диссертацию «Теория распространения, усиления и генерации акустических волн в полупроводниках» к защите и обсудил с моим шефом по кандидатской диссертации, Гинзбургом Виталием Лазаревичем кандидатуры возможных оппонентов по диссертации. Г

ЗИК

2(118)/2016

ОРГАН УЧЕНОГО СОВЕТА, ДЕКАНАТА И ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ

Отпечатано Издательской группой физического факультета МГУ, тел. 939-5494

Проект собрал под одной крышей очень много талантливых инициативных ученых и технологов. Хочется вспомнить такого замечательного человека и выдающегося ученого профессора Олега Михайловича Саркисова (в то время зам. директора института химической физики РАН), самые теплые воспоминания о котором я сохраню на всю свою жизнь. Решающий вклад в Проект внесли Владимир Шубин, Дмитрий Малахов и Владимир Биновьев. Замечательную научную атмосферу создавал профессор МИРЭА Сергей Дмитриевич Якубович. Разработку драйвов вела группа с Украины, возглавляемая талантливым инженером-конструктором и неординарным организатором Анатолием Довганем. Математическую группу возглавлял профессор Николай Александрович Магницкий. К сожалению из-за ограниченного объема заметки я не могу рассказать о всех, кто отдавал душу этой работе. Упомяну только некоторые фамилии: Владимир Маркович Козенков, Сережа Крикунов, Андрей Михайлов, Татьяна Лисовская, Александр Левич, Андрей Тарасишин, Жаркын Турсынов, Николай Нагоркий, Алексей Лежнев, Галина Дорожкина, Борис Кириллов и др. А также наших израильских коллег: Александра Либина, Марка Альтеровича, Владимира Шварца и др. Заранее прошу прощения у тех, которых я по случайности не упомянул.

Хочется отметить, что профессору Евгению Левичу удавалось на протяжении всего Проекта создавать атмосферу дружбы, товарищества и некоторого удивительного ощущения того, что мы создаем что-то исключительно важное для науки и технологий и что всех членов коллектива ждут вперед самые радужные перспективы. Это объединяло и вдохновляло всех участников Проекта, отдававших все свои силы для достижения общей цели.

Центральная компания, возглавляемая Е. Левичем, проинвестировала значительные средства в работы, проводимые на нашей кафедре и в МЛЦ, измеряемые несколькими сотнями тысяч долларов, было закуплено большое количество оборудования для нескольких лабораторий кафедры, был закуплен даже полный комплект офисной техники для секретариата МЛЦ. По результатам научных разработок, выполненных в рамках Проекта, были опубликованы десятки научных работ, зарегистрированы десятки международных патентов, участники Проекта докладывали полученные ими результаты на международных конференциях по всему миру. Помню, что на одной из конференций я был соавтором 9 докладов. Финансовую поддержку всех поездок также обеспечивала компания.

Наша деятельность быстро приобрела широкую известность как в России, так и зарубежом. Нашу лабораторию посетил один из основателей нелинейной оптики (наряду с академиком *Р.М. Хохловым* — лауреат нобелевской премии Николас Бломбергген (*Nicolaas Bloembergen*), который оставил нам на память свою подпись внутри многослойного флуоресцентного диска.

Рис.1. Подпись Николаса Бломбергена, которую он собственноручно записал в нашей лаборатории на 3-м слое 4-х слойного флуоресцентного диска толщиной несколько сотен мкм

Рис.2. Визит в лабораторию Председателя Совета Федерации С.М. Миронова (вместе с ректором МГУ акад. В.А. Садовничим и проф. В.А. Макаровым). На заднем плане стоят (слева направо) Вячеслав Борисович Морозов и Борис Кириллов

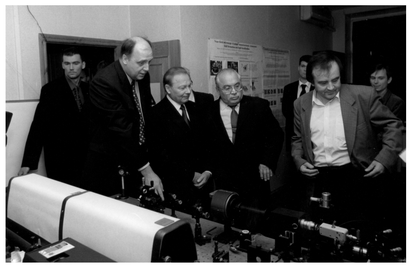


Рис.3. Визит в лабораторию Президента Словакии Рудольфа Шустера (вместе с ректором МГУ акад. В.А. Садовничим и проф. В.А. Макаровым)

Несколько раз лабораторию посещал ректор университета Виктор Антонович Садовничий. С ознакомительными визитами у нас побывали Сергей Михайлович Миронов, бывший в то время Председателем Совета Федераций РФ, и Президент Словакии Рудольф Шустер.

Все развивалось очень бурно и стремительно до тех пор, пока 10 марта 2000 года не произошло обвальное падение индекса высокотехнологичных компаний NASDAQ, потянувшее вниз гигантское количество старт-апповских компаний по всему миру. Не удалось избежать этой участи и компаниям, участвовавших в проекте «Трехмерная оптическая память». Быстро закончились деньги, а с ним и финансирование наших лабораторий в МЛЦ. Пришлось переориентироваться и заняться более спокойными, а значит и более обыденными делами.

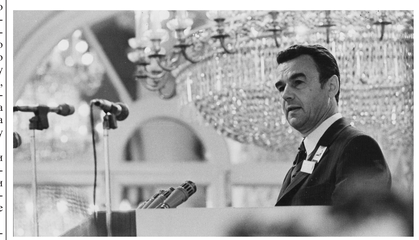
Вспоминая это время в целом, могу сказать, что это был один из самых насыщенных и счастливых периодов моей жизни. Благодаря Проекту «Трехмерной оптической памяти» мы очень легко и на эмоциональном подъеме пережили 90-е годы, открыв для себя Большой Мир международного научного бизнеса и высоких технологий.

Статья посвящается 50-летию кафедры ОФ и ВП.

Доц. каф. ОФиВП С.А. Магницкий

Рем Викторович Хохлов

К 90-летию со дня рождения



В июне 2015 г. кафедра волновых процессов отмечала 50-летний юбилей, вспоминая создателя кафедры Рема Викторовича Хохлова. Академик АН СССР, член Президиума академии. Депутат палаты Совета Союзов ВС СССР. Заместитель Председателя Комиссии по народному образованию, науке и культуре. Влияние Рема Викторовича на людей, на их судьбу в науке было огромным. Научные интересы Хохлова были связаны с волновой физикой и квантовой электроникой. Почти полностью им и сотрудниками его кафедры был освоен диапазон электро-магнитных волн от радио-, ИК к УФ и рентгеновскому диапазону, γ-излучению.

Это был чрезвычайно доступный в общении человек. Встречи с ним, разговоры запоминались. Он был очень внимателен к людям и беспримерно щедр. Как говорил академик Ширков, Рем очень рано понял, что отдавать всего себя людям — это и есть настоящее счастье. Но Рем Викторович был, конечно, и очень твёрдым человеком, даже жёстким, может быть, властным. У него была колоссальная интуиция. Он охватывал проблему со всех сторон, соединяя несоединяемое, находя решения самых неожиданных вопросов. Это позволяло концентрировать работу кафедры на важнейших направлениях, выходя на мировой уровень. Обзорных докладов Хохлова ждали везде, и у нас и за рубежом.

В начале 70-х годов Рем Викторович начинает усиленно заниматься коротковолновыми лазерами. Потребность в них фундаментальна. В 72 году в «Письмах в ЖЭТФ» он публикует статью, выступает с докладом на сессии Академии наук, в которых излагает идею гамма-лазера, и предпринимает большие усилия по привлечению людей науки в СССР и в США к данной теме. Расчёты показали: Создание γ-лазера возможно.

Ректором Московского Государственного университета Рем Викторович был в 1973-1977 г.г. Это было время, когда после Хельсинского акта мир вступил в фазу новых отношений между странами. В фазу равновесия полярных сил. Однако сами полярные силы продолжали существовать, оставив нам для размышления слова англичанина, физика и писателя Чарлза Сноу, понимавшего чрезвычайную необходимость решения вопроса сосуществования богатых и бедных, слабых и отсталых народов, голодающих на планете в век самой мощной за всю историю человечества промышленной цивилизации; основанной, однако, на антигуманистическом принципе: Выживает сильнейший.

«Если развитые страны, мы, англичане и американцы, — писал Сноу, — не изменим свою политику по отношению к отсталым народам, не перевоспитаемся, не научимся иначе думать и иначе чувствовать, то заботу об этих народах возьмут на себя социалистические страны. Они это сделают. И такой поворот событий будет означать для нас полный крах — политический и моральный. Запад окажется тогда, в лучшем случае, одним из островков социалистического архипелага…»

В СССР, действительно, это было время больших проектов, время, которое ректор МГУ называл «временем познания». «Высшая радость человека, — говорил Рем Викторович, — происходит от познания и свершения нового».

В XX веке учёные в Советском Союзе с гордостью говорили о высоких достижениях в науке. Высоких темпах развития страны, о высочайшем уровне образования. Как к ректору к Хохлову обращались корреспонденты журналов, газет с просьбой рассказать о Московском университете, который был гордостью страны. Который людям в СССР считали своим детищем, ведь строился университет в жестокие первые послевоенные годы, когда не хватало ни питания, ни одежды. Когда частица труда каждого была вложена в строительство Храма науки и образования. Рем Викторович давал интервью, печатал статьи, выступал с докладами. Двери его кабинета были открыты всегда.

«Талантливость, талант… Всегда ли мы ценим их, понимаем истинное значение, — писал Рем Викторович в статье «О талантах в науке». — Талант очень большая реальная ценность, большое богатство. Причём богатство не одной какой-то личности, а всего общества… Не будет преувеличением сказать, что талантливость учёного — народное достояние. Найти талант, не дать ему растратиться по мелочам, помочь в подборе оптимальной нагрузки — задача большой общественной значимости». В специальной литературе, говорил Хохлов, можно встретить перечень личных качеств, которыми должен обладать человек творческого склада… Увлечённость, хорошая память, умение сосредоточиться, уйти в себя. Умение чётко и логично формулировать свои мысли, задачи, выводы, умение просто думать о сложных вещах, рассказывать о них в терминах, понятных собеседнику. И это, конечно, высокая интенсивность генерирования идей, тщательное их фильтрование, умение по отрывочным данным синтезировать общую картину. Это и умение мыслить легко, критически оценивать результаты исследований, особенно своих. Широкий научный кругозор. Высокая культура».

Отвечая на вопросы студентов, как можно выработать в себе необходимые для жизни, для творчества, перечисленные вами качества, Рем Викторович высказывал мысли, над которыми размышлял и сам, сводя их в систему:

Замечание **А** — Всякие советы надо рассматривать с учётом конкретных условий и возможностей...

Замечание **Б** — О согласовании генератора с нагрузкой. Человек — генератор мыслей и дел — должен работать на свою оптимальную нагрузку (что, заметим, в собственной жизни он нарушал не редко)...

И замечание **В** — Помня, о необратимости времени. В двадцать или даже в тридцать лет может казаться, что впереди бесконечно большое время; что годы, а тем более месяцы или дни можно тратить щедро, не задумываясь. А жизнь, к сожалению, конечна. Об этом не следует думать ежечасно, но обязательно стоит вспоминать; особенно, обдумывая шаги, связанные с большими затратами времени. Умение организовать своё время, свою работу, самого себя — качество исключительно важное.

Близился XXI век. Во всём мире в 70-е годы всё более востребованными становились вопросы гуманистического, нравственного осмысления общечеловеческих проблем, связанных с научно-техническим прогрессом, с социальной защитой населения в постоянно изменяющемся мире; проблем экологических, философских, образовательных. От различных институтов и ведомств страны, ведущих специалистов и учёных Правительство требовало анализ вызовов нового времени, создание перспективных планов развития на конец XX — начало XXI века. В области науки Хохлов видел две перспективные тенденции. Необходимость масштабной организации комплексных исследований, обращая особое внимание на исследования на «стыках наук» и интеграцию самых разных научных направлений. При этом он полагал, что именно университеты как система, включающие в себя гуманитарные, естественнонаучные, образовательные и культурные программы, занимающиеся изучением объектов как в неживой, так и в живой природе, в общественной жизни и в изучении самого человека, — должны становиться центрами интеграции.

«Главная особенность университетского образования — глубина обще-научной подготовки, — говорил Рем Викторович. — Широкая теоретическая подготовка в сочетании с умением применять полученные знания, быстро входить в новую область. Эта особенность как нельзя более отвечает сегодня духу времени, поскольку темп научно-технического прогресса резко сокращает сроки востребованности специальных знаний. Сегодня наше внимание должно привлекаться не только к злободневным проблемам, но и к дальнейшим перспективам нашей страны, в различным областям нашей жизни. Такой подход, думается мне, мы должны воспринять, размышляя о дальнейшей эволюции нашей системы высшего образования, в частности, университетов.

Сегодня общепринято, что образование должно продолжаться фактически всю жизнь, подразделяясь на два этапа. Первый — это получение базовых знаний, что происходит в вузах. Второй — систематическое повышение квалификации и переподготовки в соответствии с изменяющейся наукой и условиями работы. Периодическое обновление знаний (что диктует необходимость пересмотра самого процесса базового образования). Это — углубление подготовки по фундаментальным наукам и обучение теоретическому применению знаний.

ВУЗ должен дать студенту не столько конкретные знания, сколько основу духовного богатства человечества и метод познания новых явлений, ровно как и преображение мира, — говорил он. — В Московском университете мы уже вводим в планы естественных факультетов гуманитарные предметы, ибо считаем, что профессиональная узость кругозора наносит ущерб не только общекультурному развитию личности, но и воспитанию в ней творческого начала. Богатый эмоциональный мир человека, его художественное воображение, которое развивается гуманитарным образованием, делает более продуктивным и логическое мышление».

Ниже приводится выдержка из доклада ректора Хохлова на заседании парткома МГУ.

«Большое значение придаётся в Московском университете, — писал Рем Викторович в заметке «Всенародные центры образования и науки», — созданию системы пополнения знаний дипломированных специалистов. Помимо подразделений повышения квалификации преподавателей вузов, на ряде факультетов у нас созданы инженерные потоки, где проходят дополнительную практику примерно тысяча специалистов, занятых в различных отраслях экономики. Нашей задачей является также укрепление связи между вузами и теми областями народного хозяйства, для которых готовятся кадры. Вузы, и прежде всего университеты, с каждым годом должны «охватывать» своей деятельностью всё более широкие слои населения, развивать духовные потребности народа. Совершено ясно, что со временем всё более будет возрастать доля свободного времени советских людей, которым, как говорил Маркс, определяется богатство общества. В свободное время они станут доставлять себе радость, пополняя свои знания, повышая свою культуру, ибо наивысшая радость человека происходит от познания и свершения нового».

И последний вывод, который делает Хохлов:

«В структуре возрастающих потребностей человека всё бо́льший удельный вес будет составлять нематериальные блага — в первую очередь культура и образование, развитие которых, в отличие от материальных потребностей не имеет границ. Повысится роль образования. Наиболее интенсивно будет развиваться свободное образование без отрыва от основной работы. Вузы будут «охватывать» не только молодёжь, но превратятся в центры культуры и образования своего народа», — говорил Рем Викторович и с этим нельзя не согласиться.

Но несмотря ни на какие акты и договорённости, со второй половины XX века проблемы общества, проблемы будущего и в капиталистических, и в социалистических странах становились зимой острой, можно сказать, изощрённой идеологической борьбы, в сущности — борьбы за человека. За молодого человека — за его профессиональный и нравственный образ. В СССР вопрос воспитания молодёжи был вопросом за выживание. В МГУ, на кафедрах и в парторганизациях, этой теме отдавалось большое внимание.

«Мы должны помогать студентам самостоятельно разбираться в текущих событиях идеологической борьбы, которая идёт во всём мире и имеет экономические основания. Это большая работа, и в ней должны участвовать все преподаватели университета — независимо от того, математики это или историки, физики или филологи. Здесь должны использоваться все формы взаимодействия: лекции, семинары, консультации. Это государственный вопрос». Такова была установка Московского университета.

Ещё в 1948 году, сразу после окончания Второй мировой войны, по инициативе ЮНЕСКО была организована Международная ассоциация университетов мира (МАУ), целью которой было провозглашено сотрудничество между университетами разных стран. В 1956 году в МАУ вступил Московский университет. В середине семидесятых годов Административным советом МАУ было принято решение провести юбилейную VI Генеральную ассамблею МАУ в Москве. Предложенная Московским университетом тема — «Высшее образование на рубеже XXI века» — была встречена бурными аплодисментами. Доклад на конференцию готовил ректор МГУ Р.В. Хохлов.

Конгресс открылся в Москве 19 августа 1975г. и продолжался семь дней. Первый день конференции проходил в Колонном зале Дома Союзов с участием представителей Советского правительства. Конгресс приветствовал Генеральный секретарь ЦК КПСС Л.И. Брежнев. В своём приветствии к участникам присутствующий на конференции заместитель директора ЮНЕСКО доктор Джон Фобс отметил особую роль Советского государства в культурной жизни народов мира, сказав:

«Вы не только руководите процессами обучения в ваших университетах, вы служите человечеству в его стремени к знаниям, направляете и контролируете работу преподавателей и студентов в ваших учебных заведениях. На вас лежит особая ответственность за образование на рубеже двадцать первого столетия».

С докладами в Доме Союзов выступили также ректор МГУ Р.В. Хохлов и вице-канцлер Оксфордского университета Х.Дж. Хабаккук. Доклад ректора Московского Государственного университета Р.В. Хохлова произвёл на аудиторию сильное впечатление. Он развеял тревоги о будущем и был переведён в дальнейшем на многие языки мира.

Остальные шесть дней работы делегатов на пленарных и секционных заседаниях в залах и холлах Московского университета шли жаркие дебаты. Обсуждались проблемы высшего образования разных стран, проблемы занятости выпускников, элитарности или демократизм высшего образования, выбор профессии, повышение квалификации, новые технологии обучения, общие проблемы молодёжи в соответствии с проблемами современного мира — социального и экономического развития народов.

Разброс мыслей, прозвучавших на заседаниях и в кулуарах Московского университета, представлял живую картину общественной жизни на планете Земля в преддверии наступающего тысячелетия.

«Моделью университета XXI века, безусловно, будет модель социалистического университета, — считал *ректор Софийского университета профессор Бл.Х. Сендов.* — Впервые здесь мы услышали мнение учёных о том, что научно-исследовательская работа — характерная черта университетов… Главным остаётся глубокое базисное высшее образование, фундаментальные знания. Но необходимо сказать, что обучение молодёжи надо связывать с повышением нашей социальной ответственности. В XXI веке, я уверен, возрастёт роль философии, этики, социологии. А социалистическое общество найдёт возможность дать высшее образование каждому желающему. Но в чьих руках будет находиться эта возможность», предупреждал Сендов.

Ректор университета в Любляне говорил о том, что в Югославии существуют сложности с трудоустройством выпускников: у нас нет планового распределения. Мы склоняемся именно к вашей системе, которая должна уменьшить эти трудности.

Президент Пенсильванского университета (США) М. Маэрсон, отметив важность преемственности этапов образования в школах Советского Союза, подчеркнул: «Только в тех странах, которые достигли почти повсеместного хорошего уровня начального и среднего образования, имеются реальные возможности для большинства продолжать образование в высшей школе».

Однако *президент университета «Парис 1» Ф. Люшер* отметил принципиальную несовместимость образовательных задач, стоящих перед университетами капиталистических и социалистических стран. «В обществе, которое я называю классическим, — сказал он, — физический труд не пользуется таким большим уважением, как интеллектуальный. В других странах, например, в стране, в которой мы сейчас находимся, всё обстоит иначе. В этих типах общества предпринимаются значительные усилия, чтобы привлечь в университеты детей рабочих и крестьян наравне с представителями иных социальных слоев. Перед нами такая проблема не стоит».

Вице-канцлер Марбургского университета (ФРГ) Вильфрид Ф. Бредов рассказал о том, что в Германии очень серьёзно относятся в реформам в образовании. «В конце 60-х г.г., — говорил он, — у нас даже появился лозунг: «Высшее образование — для всех». Но вскоре стало ясно, что средств у нас для этого не хватает. Пока расширение сети университетов не предусматривается. Нет у нас также ни заочного, ни вечернего образования. Я думаю, что молодой человек может получить удовлетворение не только от интеллектуального труда. На конференции много говорилось о непрерывном образовании, но это не станет у нас системой».

«Каким станет университет XXI века?» — Так поставил вопрос *вице-канцлер Оксфордского университета (Вешкобритания) Х.Дж. Хабаккук.*

«Думаю, что будет немало сюрпризов. Во всяком случае, я удивлюсь, если всё останется по-старому. Думаю, что университеты станут слишком дорогостоящими учреждениям. Многое будет зависеть от желания государства поддержать университеты. И эти факторы будут сильно различаться в зависимости от стран».

По окончании VI Юбилейного Конгресса МАУ в Георгиевском зале Кремля прошёл приём. В Московском университете также был устроен торжественный обед. Вещёрм студенты московских вузов в Актовом зале МГУ дали прекрасный концерт.

Таким, тревожным и радостным было время 70-х годов.

Однажды посетивший Московский университет президент буддийской организации «Сока Гаккай», основатель университета Сока (Япония) Дайсаку Икеда сказал Рему Викторовичу:

— Каждый раз, когда меня приглашают «старые», с давними традициями университеты — будь то Оксфорд или МГУ, — меня охватывает совершенно особое чувство присутствия в центре разума человечества. Я как бы ощущаю великое течение мировой культуры. Образования… По сравнению с МГУ университет Сока — просто дитя. Но я мечтаю, что в XXI веке он станет по значению равным МГУ.

— Что ж, — откликнулся Рем Викторович. — Московский университет тоже ставит перед собой задачу воспитать учёных уже и XXI века.

«Самым величайшим экспериментом XX века. А, может быть, и всей истории человечества», называл Дайсаку Икеда достижения Советского Союза.

«Великим провалом» назвал Бжезинский разрушение социалистического государства. Но он ошибся: это было всего лишь поражение в очередной войне.

И заканчивая заметку, снова процитируем Рем Викторовича:

«Опыт Советского Союза показывает, что занятые в науке люди — это богатейшим и мощнейший ресурс прогресса. И если в социальных преобразованиях мира свою историческую роль, так или иначе, сыграл пролетариат, то в новейшее время удовлетворение вызовов окружающего нас мирового пространства доступно лишь людям науки, объединённым стремлением к пониманию глубинных процессов, происходящих в природе и в обществе, процессов, как развития, так и деградации».

XXI век набирает силу. Поколению молодых людей, вступивших в эпоху радикальных изменений всех параметров жизни, предстоит решать вопрос, как вернуть к истине зашедшее в тупик человечество, которому угрожают катастрофы и войны небывалой разрушительной мощи.

Кто-то сказал: Нет другого способа для генерации энергии в обществе, кроме как предъявление великих образов и идей.

(Книга «Академик Р.В. Хохлов — ректор Московского университета» находится в Историческом музее РФ, в библиотеке им. В.И. Ленина, в Архиве РАН, в библиотеке Конгресса США).

Л.Н. Девяткова, Кафедра КФНТСП

Новые конкурсы для ученых физического факультета

Для поддержки ученых физического факультета МГУ в ноябре 2015 года были проведены два конкурса. Для финансирования этих конкурсов руководство факультета выделило финансирование из средств факультета в размере около 2 млн. рублей. Это послужило хорошей поддержкой ученым, достигшим выдающихся научных результатов.

В первом конкурсе могли принять участие сотрудники факультета, чей возраст на момент участия не превышал 35 лет. Соответственно, во втором конкурсе могли участвовать сотрудники старше 35 лет. Для участия необходимо было представить реферат научной работы, список публикаций, рекомендацию от кафедры, а также отзывы специалистов по данной тематике. В реферате требовалось сформулировать решаемую научную проблему, описать основной результат и указать личный вклад автора.

На участие в обоих конкурсах было подано 76 заявок от сотрудников факультета, среди которых был проведен конкурсный отбор и выбраны победители. Все победители получили денежные премии.

Победителями конкурса ученых, младше 35 лет, стали:

Премия 1 степени

1.	Асс.	Цысарь К.М.	Кафедра общей физики
2.	Доц.	Стремоухов С.Ю.	Кафедра оптики, спектроскопии и физики наносистем
3.	М.н.с.	Черничкин В.И.	Кафедра общей физики и физики конденсированного состояния
4.	М.н.с.	Любин Е.В.	Кафедра квантовой электроники
5.	Н.с.	Щербаков М.Р.	Кафедра квантовой электроники
6.	Н.с.	Ющков Е.В.	Кафедра математики
7.	С.н.с.	Нечипуренко Д.Ю.	Кафедра биофизики
8.	С.н.с.	Свешникова А.Н.	Кафедра биофизики

Премия 2 степени

1.	Асс.	Манцевич С.Н.	Кафедра физики колебаний
2.	М.н.с.	Дроздов К.А.	Кафедра общей физики и физики конденсированного состояния
3.	М.н.с.	Колесов С.В.	Кафедра физики моря и вод суши
4.	М.н.с.	Харламова А.М.	Кафедра магнетизма
5.	М.н.с.	Гапочка А.М.	Кафедра общей физики
6.	Матем.	Паращук О.Д.	Кафедра общей физики и волновых процессов
7.	Н.с.	Иванов К.А.	Кафедра общей физики и волновых процессов
8.	Н.с.	Ширгина Н.В.	Кафедра акустики
9.	С.н.с.	Дубровин Е.В.	Кафедра физики полимеров и кристаллов
10.	С.н.с.	Рыжикова Ю.В.	Кафедра оптики, спектроскопии и физики наносистем

Премия 3 степени

1.	Асс.	Мартышов М.Н.	Кафедра общей физики и молекулярной электроники
2.	Вед. инж.	Курбатов Г.А.	Кафедра физики атмосферы
3.	Доц.	Клёнов Н.В.	Кафедра атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники
4.	Доц.	Зырянов С.М.	Кафедра атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники
5.	М.н.с.	Иешкин А.Е.	Кафедра физической электроники
6.	М.н.с.	Четвертухин А.В.	Кафедра магнетизма
7.	М.н.с.	Гончар К.А.	Кафедра физики низких температур и сверхпроводимости
8.	М.н.с.	Смирнов А.М.	Кафедра полупроводников
9.	Н.с.	Крит Т.Б.	Кафедра акустики
10.	С.н.с.	Жигунов Д.М.	Кафедра общей физики и молекулярной электроники

Победители конкурса ученых, старше 35 лет, стали:

Премия 1 степени

1.	В.н.с.	Терёшина И.С.	Кафедра физики твердого тела
2.	Доц.	Мурзина Т.В.	Кафедра квантовой электроники
3.	Проф.	Студеникин А.И.	Кафедра теоретической физики
4.	Проф.	Постнов К.А.	Кафедра астрофизики и звездной астрономии
5.	Проф.	Головань Л.А.	Кафедра общей физики и молекулярной электроники
6.	Проф.	Гальцов Д.В.	Кафедра теоретической физики
7.	С.н.с.	Ежов А.А.	Кафедра квантовой электроники
8.	С.н.с.	Осминкина Л.А.	Кафедра физики низких температур и сверхпроводимости
9.	С.н.с.	Шамаев В.Г.	Кафедра акустики
10.	С.н.с.	Юсупалиев У.	Центр гидрофизических исследований

Премия 2 степени

1.	В.н.с.	Жуковский К.В.	Кафедра теоретической физики
2.	Доц.	Клавсюк А.Л.	Кафедра общей физики
3.	Доц.	Белотелов В.И.	Кафедра фотоники и физики микроволн
4.	Проф.	Андреев А.В.	Кафедра общей физики и волновых процессов
5.	Проф.	Соколов Д.Д.	Кафедра математики
6.	Проф.	Жуковский В.Ч.	Кафедра теоретической физики
7.	Проф.	Корнев В.К.	Кафедра атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники
8.	С.н.с.	Маркина М.М.	Кафедра физики низких температур и сверхпроводимости
9.	С.н.с.	Долгова Т.В.	Кафедра квантовой электроники
10.	С.н.с.	Владимирова Ю.В.	Кафедра общей физики и волновых процессов

Премия 3 степени

1.	Доц.	Никитин С.Ю.	Кафедра общей физики и волновых процессов
2.	М.н.с.	Газарян В.А.	Кафедра математического моделирования и информатики
3.	Проф.	Яминский И.В.	Кафедра физики полимеров и кристаллов
4.	Проф.	Засов А.В.	Кафедра астрофизики и звездной астрономии
5.	Проф.	Скипетров Е.П.	Кафедра физики низких температур и сверхпроводимости
6.	С.н.с.	Тихонов Е.В.	Кафедра общей физики и физики конденсированного состояния
7.	С.н.с.	Солдатов Е.С.	Лаборатория «Криоэлектроника»
8.	С.н.с.	Блохина Н.С.	Кафедра физики моря и вод суши

Поздравляем победителей и желаем им дальнейших творческих успехов!

Научный отдел.

Международная научная школа молодых ученых «Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах»

11-13 ноября 2015 года в Москве в Институте проблем механики имени А.Ю. Ишлинского Российской академии наук прошла Международная научная школа молодых учёных «Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах». Участие в конференции принимали как известные учёные, так и начинающие свою научную деятельность молодые специалисты.

Организатором этого молодёжного научного форума выступил Научно-образовательный центр «Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах», созданный Физическим факультетом Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, отделением геофизики и Институтом проблем механики Российской академии наук, лабораторией геомеханики.

Школа организована при поддержке Президиума Российской академии наук по Программе фундаментальных исследований I.14П«Нефть из глубоких горизонтов осадочных бассейнов — источник пополнения ресурсной базы углеводородного сырья; теоретические и прикладные аспекты», Российского фонда фундаментальных исследований.

Целью молодежной научной школы было привлечение внимания молодых ученых к теоретическим и прикладным аспектам проблем, возникающих при изучении природных процессов в разных геосредах, взаимовлияния техногенной деятельности и окружающей среды. Одной из центральных была тематика, связанная с созданием научных основ, развитием новых прорывных подходов к разработке месторождений углеводородного сырья, в том числе трудноизвлекаемых и нетрадиционных источников: глубоко залегающих нефтегазовых пластов, сланцев, газоносных угольных пластов, газогидратов. Научная программа Школы включала теоретические и экспериментальные исследования процессов в атмосфере, океане, литосфере, их взаимодействия; широкий круг проблем, связанных с добычей углеводородного сырья; экологические проблемы окружающей среды; проблемы антропогенного воздействия на окружающую среду; методы геофизических исследований.

На Школы были представлены выступления известных ученых и молодых специалистов, аспирантов, студентов. В последний день работы конференции была организована экскурсия в музей землеведения МГУ с посещением ротонды в шпиле главного здания МГУ.

Значимость форума подчеркнуло участие в нём выдающихся деятелей науки по научным направлениям Школы. Становлению молодого учёного способствует его участие в обсуждении актуальных научно-технических проблем, когда же появляется возможность получить совет от лидера данной области, то это существенно увеличивает шансы молодого специалиста на успешное развитие. В частности, хочется отметить участие таких выдающихся учёных, как ак. А.Н. Дмитриевский, ак. Д.М. Климов, ак. Ю.Г. Леонов, ак. В.П. Матвеенко, ак. Р.И. Нигматуллин, чл.-корр. РАН Р.В. Гольдштейн, чл.-корр. РАН Н.Н. Филатов, проф. А.Г. Зацепин, проф. В.Н. Зырянов, проф. В.И. Карев, проф. В.Б. Лапшин, проф. М.А. Носов, проф. В.В. Фадеев, проф. Ю.Д. Чашечкин.

Школа была открыта директором ИПМех РАН чл.-корр. РАН С.Т. Суржиковым. Он поприветствовал участников Школы в стенах Института, рассказал об основных направлениях исследований ИПМех РАН, с которыми тесно связана тематика Школы. Затем выступил председатель программного комитета Школы академик Д.М. Климова, он отметил важность проведения данного мероприятия с точки зрения привлечения молодых умов и сил к решению актуальных проблем, рассматриваемых на Школе.

Академик Р.И.Нигматуллин прочитал приглашённый доклад. В своём докладе он фактически привёз отчёт о работе Института Океанологии им. Ширшова РАН, директором которого он является, а также рассмотрел много актуальных вопросов, касающихся процессов в геосредах. В частности, он проанализировал роль Мирового океана в изменении климата. Значительное внимание в докладе было уделено проблеме обеспечения энергоресурсами и энергетической безопасности России. Институт океанологии является крупнейшим институтом РАН, круг изучаемых в нем вопросов очень широк. Роберт Искандерович замечательный рассказчик, его доклад был воспринят с огромным вниманием.

Профессор МГУ М.А. Носов прочитал доклад о прогнозе цунами по данным глубоководных станций. В своём докладе он отметил, что основной прогресс службы предупреждения о цунами за последнее десятилетие связан с развитием сети глубоководных регистраторов уровня моря. Данные, полученные при использовании таких датчиков, позволяют оценивать степень угрозы цунами с такой степенью надёжности, которая недоступна сейсмическим методам. Далее, профессор М.А. Носов изложил подходы к интерпретации данных, получаемых с донных датчиков давления, и описал существующие и перспективные методы предвычисления волн цунами, которые развиваются на физфаке.

В своей работе профессор А.Г. Зацепин рассказал о короткопериодных изменениях динамики вод шельфовой зоны на примере Чёрного моря. Акутальность данной работы определяется тем, что загрязнение прибрежных вод вблизи крупных портов, городов и рекреационных центров является особенно опасным, так что изучение пространственно-временной изменчивости и динамики вод шельфа имеет особенно важное практическое значение. Автор отметил, что динамическая структура вод узкой шельфовой зоны северо-восточной части Черного моря формируется под влиянием внешних воздействий – динамики вод глубоководной зоны моря, ветрового воздействия, пресноводного беретового стока, орографии берега и топографии морского дна. В докладе было рассмотрено несколько сценариев отклика динамики вод шельфа на эти воздействия, при разработке которых использовались не только данные натурных и спутниковых наблюдений, но и результаты лабораторного моделирования.

Большой интерес представил доклад зам.директора ИПМех РАН д.т.н. В.И. Карева о моделировании фильтрации нефти в скважину на больших глубинах. В нём было отмечено, что сегодня все большую актуальность приобретают вопросы, связанные с вовлечением в разработку новых источников углеводородного сырья, в частности, нефти из глубоких горизонтов. Основные проблемы добычи связаны с повышенными горным давлением и температурой на больших глубинах. В работе рассматривается задача фильтрации нефти в добывающую скважину в продуктивном пласте, фильтрационные свойства которого определяются действующими в нём напряжениями. Для решения поставленной задачи в работе сочетаются как экспериментальные методы, так и математическое моделирование. Выполнением этой задачи занимается лаборатория геомеханики ИПМех РАН. Особенно стоит отметить тот факт, что студенты физфака, участвующие в работе НОЦа «Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах» в лаборатории геомеханики, получают возможность максимально реализовать свой научный потенциал и сделать успешную карьеру, так как лаборатория активно сотрудничает с ведущими российскими и зарубежными нефтегазовыми компаниями.

Доклад профессора В.Н. Зырянова и Круглихина С. был посвящен описанию нелинейного эффекта в задаче нарастания льда, который возникает при рассмотрении нестационарной задачи теплопроводности для льда с колебаниями температуры на верхней границе льда. Этот эффект был открыт Зыряновым. В данной работе были приведены расчёты толщин льда различными методами, а также была проведена оценка вклада этого нелинейного эффекта в скорость нарастания льда. Из сказанного выше можно заключить, что задача является особенно актуальной для нашей страны, северные берега которой покрыты льдом в течение девяти месяцев в году. Учитывая использование Северного морского пути и возможность добычи углеводородов на шельфе, особенно важным является изучение нарастания ледяного покрова с целью предсказания воздействия льда на сооружения. С другой стороны важность данной задачи обуславливается экологическими факторами. Важно уметь предсказывать распространение загрязнений подо льдом, в случае разливов при добыче УВ. Эта задача имеет непосредственное отношение к освоению Арктики, которое будет осуществляться в контексте реализации параллельных проектов развития ЕврАзЭс и экономического пояса Великого Шелкового морского пути.

Подводя итоги, можно сказать, что молодежная научная школа прошла успешно, поставленная цель достигнута. Молодые участники Школы оставили хорошее впечатление качеством представленных работ, нацеленностью на достижение результата, увлечённостью наукой.

Принято решение о проведении 2-ой Международной научной Школы «Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах» в ИПМех РАН 19-21 октября 2016 года.

В заключение хочется добавить, что данный форум был совершенно уникальным, так как с одной стороны затрагивал фундаментальные вопросы геофизики, а с другой стороны – вопросы разведки и добычи полезных ископаемых, прежде всего, углеводородов. Тем самым, он позволил собрать под одним крылом учёных и молодых специалистов различных специальностей и дал всем им возможность с живым интересом совместно обсуждать актуальные задачи современной науки, находить ответы на важные вопросы, приобретать новых друзей.

Выпускник кафедры физики моря и вод суши (630 группа) физического факультета Круглихин С.А.

Памяти Владимира Владимировича Шувалова

Отечественная наука понесла тяжелую утрату — 27 декабря 2015 на 65-ом году жизни скончался профессор кафедры общей физики и волновых процессов, кадровый сотрудника факультета, талантливый физик, признанный специалист в области лазерной физики, нелинейной оптики и нелинейной спектроскопии Владимир Владимирович Шувалов.

Ученик Р.В. Хохлова, Э.С. Воронина и В.С. Соломатина, с начала 80-х годов он занимался изучением процессов параметрического преобразования частоты.

Затем уже самостоятельно руководил исследованиями кинетики сверхбыстрых релаксационных процессов в конденсированных средах (растворах красителей, полупроводниках, металлах, высокотемпературных сверхпроводниках