



РЕОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ АСПИРАНТУРЫ НА ФИЗИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ МГУ

В связи с важными изменениями в организации обучения и работы аспирантов на физическом факультете МГУ бюллетень «Новости науки» обратился к заместителю декана, проректору Московского университета, профессору **Андрею Анатольевичу Федянину** с просьбой прокомментировать эти перемены.

Зам декана физического факультета,
проф. А.А. Федянин

Н.Н. (Новости науки) — Андрей Анатольевич, если в свете современных представлений аспирантура является частью общего образовательного процесса, то, видимо, по его окончании университет должен выдавать соответствующий документ — диплом?

А.А. (Андрей Анатольевич Федянин) — Мне бы хотелось сказать несколько слов о текущем состоянии дел в аспирантуре и о тех нововведениях, которые будут внедрены в течение ближайшего года.

Напомню, что несколько лет назад аспирантура физического факультета перешла с трехлетнего на четырехлетнее обучение. Подавляющее большинство аспирантов сейчас проходит четырехлетнюю программу (лишь несколько аспирантов отделения геофизики обучаются три года).

Согласно новому закону «Об образовании» аспирантура стала третьей ступенью образования. Теперь все аспиранты, которые успешно окончат аспирантуру, получат диплом, продолжающий серию — диплом бакалавра, магистра, специалиста. Диплом об окончании аспирантуры выполняется на гербовой бумаге, подписывается ректором, председателем ГЭК, а также имеет вкладыш с информацией о прослушанных спецкурсах.

За прошедшие годы учебная программа в аспирантуре приобрела многие элементы, которые ранее сформировались для магистратуры и стала, в том числе, образовательной. Появились спецкурсы — сейчас на первом, втором и третьем годах обучения аспиранты должны прослушать учебные курсы по специальностям. Кроме того, теперь по окончании аспирантуры будет проводиться государственная итоговая аттестация, состоящая из двух частей: сдачи госэкзамена и защиты научно-квалификационной работы.



СОДЕРЖАНИЕ

1	Новости науки
32	Премии/награды
33	Конференции
38	Диссертации
40	Физфак — школе
42	Ученые физфака
46	Новые диссертационные советы

Н.Н. — Что касается защиты, более-менее понятно, а о чем будет госэкзамен?

А.А. — Если говорить формально, то госэкзамен подразумевает проверку педагогических компетенций аспиранта, поскольку теперь по окончании аспирантуры ему присваивается квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь». Выпускник аспирантуры является преподавателем и эта квалификация должна быть проверена, в данном случае, посредством госэкзамена.

Экзамен представляет собой разработку учебно-методического комплекса (УМК). УМК демонстрирует, как научную работу аспиранта можно представить в виде небольшого курса лекций или курса семинарских занятий. Качество разработанного аспирантом курса подтверждается отзывами специалистов (среди них может быть, как научный руководитель, так и профессор с другой кафедры). УМК, представленный государственной экзаменационной комиссией, приравнивается к сдаче госэкзамена.

Н.Н. — Что будет из себя представлять вторая часть, защита научно-квалификационной работы (НКР)?

А.А. — Напомню, что раньше, после завершения обучения в аспирантуре, у каждого аспиранта было два пути: либо представить на кафедре диссертацию, либо получить только справку о сданных кандидатских экзаменах.

Теперь каждый аспирант должен написать текст — научно-квалификационную работу, которая, в идеале, представляет собой диссертацию. Тогда, при прохождении итоговой аттестации он также проходит предзащиту на кафедре и ему открывается прямая дорога на диссертационный совет. Но возможна ситуация, когда к моменту окончания аспирантуры диссертация у аспиранта еще не готова, тогда его НКР является научной работой - частью диссертации, имеющей признаки новизны, наличие которых аспирант и защищает перед комиссией.

То есть, теперь каждый аспирант, заканчивающий аспирантуру, должен написать текст НКР и публично ее защитить.

Н.Н. — Андрей Анатольевич, на нашем факультете всегда считалось, что аспирантура должна заканчиваться защитой кандидатской диссертации, а как будет теперь?

А.А. — В нашем образовательном стандарте, в собственном стандарте Московского университета, написано, что целью обучения в аспирантуре является подготовка к защите диссертации. Сейчас наша позиция услышана, и обсуждается новая редакция закона о науке, в которой будет отражено, что обучение в аспирантуре направлено на написание диссертации, на написание полноценной научной работы.

В 2017 году 66 аспирантов подошли к окончанию аспирантуры (это примерно 2/3 от числа поступивших). Темы их НКР согласованы с научными руководителями и кафедрами, а также утверждены ученым советом.

Н.Н. — Как эти работы (НКР и диссертация) будут размещаться друг с другом на практике?

А.А. — Научно-квалификационная работа, которую аспирант защищает по окончании аспирантуры — это прототип диссертации. При подготовке к государственной итоговой аттестации аспирант получает отзывы о своей работе: заключение кафедры, отзывы рецензентов. В них могут содержаться пожелания относительно доработок, необходимых для превращения НКР в полноценную диссертацию. Иногда замечания являются серьезными и предполагают рекомендации по добавлению целых глав. Доработав текст в соответствии с этими пожеланиями (уже после окончания аспирантуры), выпускник получает диссертацию, с которой можно идти в диссертационный совет.

Н.Н. — Есть ли аналоги такой организации аспирантуры в мировой практике?

А.А. — Да, мы нашли такой аналог в практике английской аспирантуры, и он представляет для нас большой интерес. По окончании некоторых английских университетов выдается еще один диплом, «мастер философии» (именно «мастер», а не «доктор философии» (PhD)), позволяющий преподавать (т.е. выпускник не является «профессором», но может быть допущен к чтению лекций).

Н.Н. — Дипломы об окончании аспирантуры будут выдаваться только в МГУ?

А.А. — Нет, по всей стране. Согласно закону об образовании, теперь диплом является документом об окончании аспирантуры.

Н.Н. — Что будет с досрочными защитами? На физическом факультете довольно часто встречаются случаи, когда аспиранты готовы защищать диссертацию раньше, чем истек четырехлетний срок. Как тут быть?

А.А. — С середины третьего года и на четвертом году обучения, если аспирант нормально выполняет все учебные планы, у него нет никакой учебной нагрузки. Он уже прошел педагогическую практику, прослушал все спецкурсы, сдал кандидатский минимум (сейчас по правилам кандидатский минимум сдается в середине третьего года) и полтора года в конце аспирантуры полностью посвящены науке.

Если становится ясно, что аспирант выходит на раннее представление диссертации, то необходимо заранее, по крайней мере за год до представления диссертации, перевести его на индивидуальный план. В таком случае получится выдать этому аспиранту диплом об окончании аспирантуры сроком меньше, чем четыре года, и он сможет выйти на защиту диссертации. Сейчас процедура получения такого диплома является довольно простой.

Н.Н. — Какие документы нужно представить в диссертационный совет? Экзамен по специальности, или вот такой диплом?

А.А. — На самом деле, наличие диплома об окончании аспирантуры автоматически означает, что сданы три кандидатских экзамена (их сдача является необходимым условием получения диплома). Поэтому, если у вас есть диплом об окончании аспирантуры, то справку о сдаче кандидатского минимума представлять не нужно.

Н.Н. — А как же соискатели, они останутся?

А.А. — Да. Институт соискательства сохраняется, он работает, живет.

Он остается для прикрепления либо с целью сдачи кандидатских экзаменов (обычно сроком до полугода), либо с целью выполнения научной работы (сроком до трех лет). Сейчас на факультете прикреплены примерно 20 соискателей и мы надеемся, что все они рано или поздно защитятся.

Н.Н. — Большое спасибо, Андрей Анатольевич!

МГУ — В ДВАДЦАТКЕ ЛУЧШИХ ВУЗОВ МИРА ПО ФИЗИКЕ



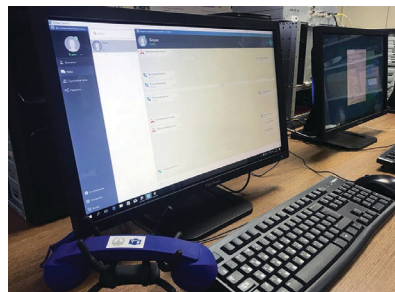
МГУ имени М.В. Ломоносова занял **18** место в списке лучших вузов мира по направлению «**Физика**» (**Best Global Universities for Physics**) и **58** место по направлению «**Математика**» согласно данным рейтинга **U.S. News Best Global Universities 2018**, опубликованном 25 октября 2017 года.

Комментируя результаты рейтинга, ректор МГУ академик В.А. Садовничий отметил, что высокие места в данном рейтинге стали возможны благодаря реализации на базе Московского университета крупнейших научных проектов, а также участию ученых МГУ в ведущих международных научных коллаборациях, среди которых LIGO, CERN и JUNO.

Чтобы попасть в число ранжируемых вузов, университет должен либо входить в топ-250 по результатам глобального репутационного опроса Clarivate Analytics, либо иметь не менее 1500 публикаций в базе данных Web of Science Core Collection за период 2011–2015 годы.

Рейтинг U.S. News Best Global Universities основан на 13 индикаторах, включающих в том числе публикационную активность, цитирования, мировую и региональную исследовательскую репутацию. Данные для расчета показателей поступают из InCites — онлайн-инструмента для оценки и сравнения научных организаций и исследований на основе наукометрической информации базы данных Web of Science. Общий рейтинг U.S. News Best Global Universities охватывает 1250 университетов из 74 стран.

В МГУ РАЗРАБОТАЛИ И УСПЕШНО ПРОТЕСТИРОВАЛИ КВАНТОВЫЙ ТЕЛЕФОН



Исследователи МГУ сконструировали экспериментальную установку, состоящую из двух рабочих мест (клиентов) и одного сервера.



«Рабочее место квантового телефона ViPNet — обычный персональный компьютер, в котором установлен оптоэлектронный модуль, соединенный оптическим волокном напрямую с сервером квантового распределения ключей. Кроме того, компьютер использует ПО ViPNet, разработанное компанией «ИнфоТеКС» и модифицированное специально для работы с этим оптоэлектронным устройством», — рассказал руководитель лаборатории квантовых оптических технологий физического факультета МГУ, профессор Сергей Кулик.

Архитектура сети передачи данных при использовании квантового телефона довольно проста: сервер находится в центре звезды, на лучах которой располагаются клиенты. При этом трафик между клиентами шифруется напрямую, минуя сервер, который используется только для квантового распределения ключей. «Квантовые ключи важны для того, чтобы при передаче данных большого объема можно было часто менять ключи в режиме симметричного шифрования», — пояснил Сергей Кулик.

По инициативе ректора МГУ Виктора Садовниченко, одним из пунктов Программы развития Московского университета стало создание первой в России университетской квантовой сети. Первый этап этого проекта — разработка квантового телефона. Разговоры по квантовым телефонам абсолютно защищены от перехватов или подслушиваний. В перспективе такими «квантовыми телефонами» предполагается оснастить и другие подразделения Московского университета.

Физические принципы, реализуемые в данном проекте, могут широко применяться в сфере безопасности и для обеспечения защиты банковских операций от взлома и мошенничества.

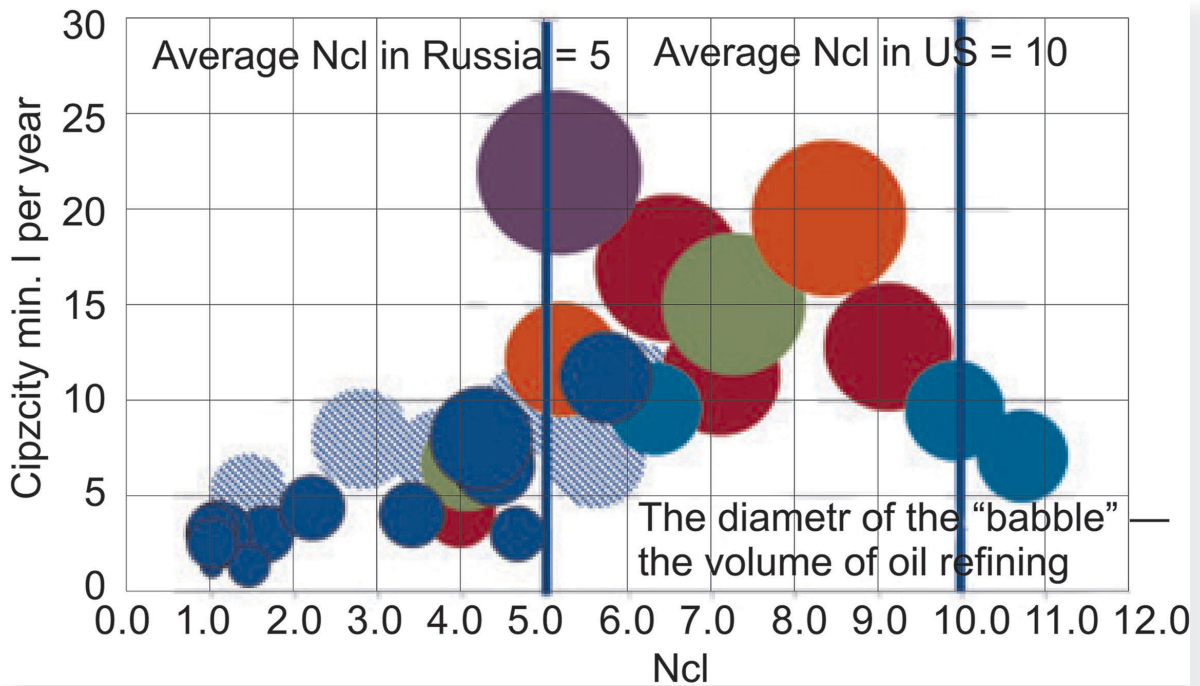
Разработка выполняется совместно с ОАО «ИнфоТеКС».

МОДЕЛЬ МОДЕРНИЗАЦИИ НЕФТЕЗАВОДОВ

Сотрудники кафедры математики физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова разработали математическую модель для принятия стратегических решений о модернизации нефтеперерабатывающих заводов.

Новая модель позволяет полностью описать ситуацию (математическую, экономическую), научиться управлять процессом и прогнозировать ее развитие. В этой работе ученые создали систему для модернизации и обновления

оборудования нефтеперерабатывающих заводов в условиях изменчивости налогового режима и разницы между ценой и себестоимостью (маржи) нефтепереработки.

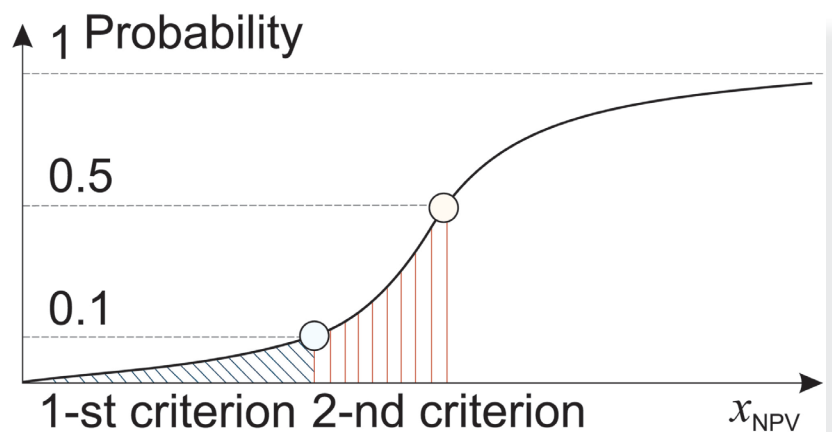


Фактические показатели российских НПЗ.

«Суть работы состояла в анализе большого объема данных и разработке на его основе моделей и методов поддержки принятия решений в условиях макроэкономической неопределенности. В нынешних условиях особо важно принимать правильные решения с учетом рисков. Эта работа является частью цикла публикаций по этой теме», — рассказал один из авторов статьи Виктор Попов, доктор физико-математических наук, профессор кафедры математики отделения прикладной математики физического факультета МГУ.

В ходе работы ученые использовали современные методы анализа данных, вероятностного моделирования, оценки и принятия решений. Системный подход к управлению экономическим риском появился в России в середине 2000-х годов. Через несколько лет стало ясно, что основная цель управления рисками для многих компаний одина — это улучшение процесса принятия решений.

«Исследование лежит в основе базовых методов, алгоритмов и принципов поддержки принятия решений. Не секрет, что западные нефтегазовые компании оценивают риски при принятии решений, у них это стандартная процедура: любое решение должно быть проанализировано на предмет рисков и должно быть принято то, которое минимизирует риски при максимальной выгоде. Это исследование как раз и описывает методологию такого выбора. Построенная модель может использоваться в компаниях нефтегазового сектора при принятии решений по отбору проектов развития для этой отрасли и является примером развития цифровой экономики в нефтегазовом секторе Российской Федерации», — заключил ученый.

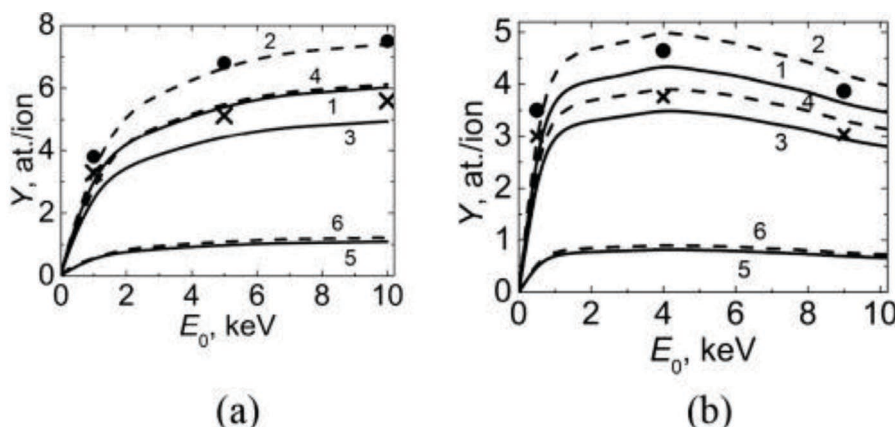


Геометрическая интерпретация критериев

Работа проходила в сотрудничестве с учеными из Высшей школы экономики, Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» и ПАО НК «РуссНефть».

«A multi-criteria approach to selecting an optimal portfolio of refinery upgrade projects under margin and tax regime uncertainty». V. Korotin, V. Popov, A. Tolokonsky, R. Islamov, A. Ulchenkov. J. Omega. **72**, 50–58 (2017).

УВИДЕТЬ СКРЫТЫЕ ОБЛАСТИ ДЕФОРМАЦИИ ПОД ПОВЕРХНОСТЬЮ ИЗДЕЛИЙ



Ионная энергетическая зависимость для распыления.

Металлы — это поликристаллические тела, которые состоят из мелких кристаллов, имеющих неправильную форму. Такие кристаллы называют зёрнами. Чтобы проанализировать поверхность твердого образца, в частности уточнить структуру зёрен, ученые прибегают к различным способам распыления образца. Так, с помощью ионного распыления можно понять, какие области зёрен деформированы, если они имеют разные результаты распыления.

В данной работе ученые выявили скрытые области деформации на моно- и поликристаллах из стали и алюминиевой бронзы. Для этого они использовали способ ионного распыления образца. Чтобы выявить деформации, скрытые под поверхностью образца, ученые облучали его ионами достаточно большой массы и энергии.

«Мы впервые исследовали влияние деформированных областей моно- и поликристаллов алюминиевой бронзы

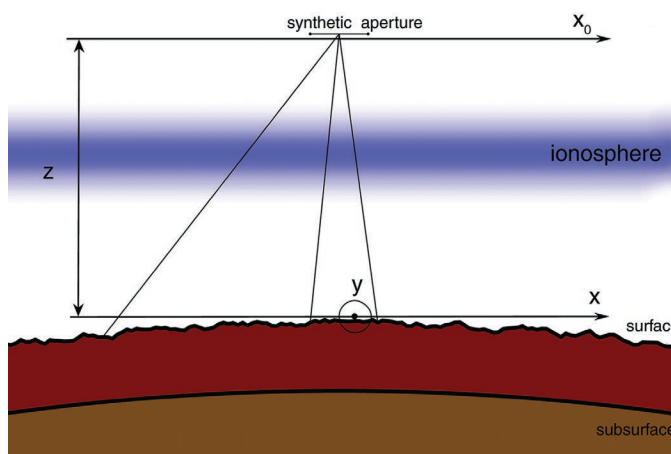
и стали на процесс их распыления. Мы показали, что деформация исследуемых образцов влияет на их распыление даже в случае, если она находится под поверхностью», — сообщила автор исследования, сотрудница кафедры физической электроники, доктор физико-математических наук Вера Юрасова.

Результаты исследования пригодятся в металлургии, машиностроении и других областях техники, чтобы выявить напряженные участки на различных конструкциях, деталях машин, а также в криминалистике и археологии.

«Detection by sputtering of deformed areas hidden under a surface». K.A. Tolpin, K.F. Minnebaev, V.E. Yurasova. J. VACUUM. **138**, 139–145 (2017).

СОЗДАН НОВЫЙ АЛГОРИТМ ИЗУЧЕНИЯ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

Сотрудник кафедры физики атмосферы физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова вместе с иностранными коллегами разработал новый алгоритм, который позволит рассчитать рельеф небесных тел с помощью радиоволн.



Радиолокационные методы позволяют изучить свойства объектов, обнаружить и измерить их координаты. Радиоволны рассеиваются на электрических неоднородностях, которые встречаются у них на пути, и отраженная от такой неоднородности волна позволяет обнаружить цель.

«Нашей группой разработан новый эффективный алгоритм расчета радиолокационных отражений от рельефной поверхности планеты. Вклад сотрудников Московского государственного университета в работе является определяющим», — рассказал один из авторов статьи Ярослав Илюшин, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики атмосферы отделения геофизики физического факультета МГУ.

В ходе работы авторы использовали технологии параллельных вычислений на высокопроизводительных вычислительных системах Научно-исследовательского вычислительного центра (НИВЦ) МГУ «Ломоносов» и «Чебышев». Также ученые провели обширный цикл компьютерных расчетов.

«Планируется интенсивное использование алгоритма в радиолокационных исследованиях небесных тел (Луна, Марс, спутники Юпитера) в рамках исследовательских программ «Марс-экспресс», Mars Reconnaissance Orbiter, JUICE», — добавил ученый.

Работа проходила в сотрудничестве с учеными из Европейского космического агентства, Университета Лестера (Великобритания) и из Национального института астрофизики (Италия).

“CLUSIM: A Synthetic Aperture Radar Clutter Simulator for Planetary Exploration”. Ya.A. Ilyushin, R. Orosei, O. Witasse, D. Sánchez-Cano. *J. Radio science*. **52**, 9, 1200–1213 (2017).

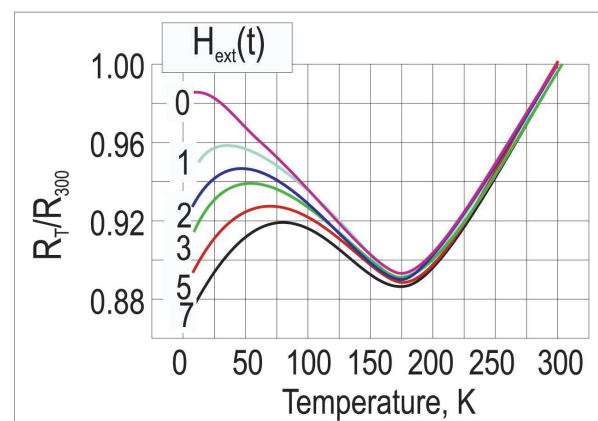
НОВЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНЫХ ПЛЕНОК

Сотрудники кафедры физики твердого тела физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова с помощью нового метода составили детальную характеристику магнитного состояния атомов железа в магнитных пленках.

Многослойные магнитные пленки являются технологической базой микроэлектроники и спинтроники. Они обладают необычными для сплошных сред свойствами, например, очень высоким магнитосопротивлением, фазовыми переходами металл-диэлектрик, «Kondo-like» поведением, когда электрическое сопротивление не падает с понижением температуры, а возрастает.

«Наша работа посвящена разработке и тестированию нового метода исследований магнитных пленок. Метод ядерно-резонансной рефлектометрии с использованием синхротронного мессбауэровского источника впервые применен в нашей работе для детальной характеристики магнитного состояния атомов железа в $[\text{Fe}/\text{Cr}]^n$ пленках с ультратонкими слоями железа. В частности, для исследуемой пленки мы установили, что переход в ферромагнитное состояние происходит при температурах ниже 150 К, что связано с началом возрастания электросопротивления. Мы показали отсутствие выраженной слоистой структуры и наличие широкого распределения сверхтонких полей, свидетельствующего о существенной неоднородности структуры», — рассказала один из авторов статьи Марина Андреева, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник кафедры физики твердого тела отделения физики твердого тела физического факультета МГУ.

В ходе работы ученые применили метод ядерно-резонансной рефлектометрии. Этот метод позволил изучить сверхтонкие магнитные поля на ядрах изотопа ^{57}Fe , их распределение по глубине пленок, переориентацию направления магнитных моментов под действием приложенного поля и изменения магнитных характеристик с температурой.



Температурная зависимость нормированного электрического сопротивления.

«В работе решены важные методические вопросы: о видоизменении спектров при разных углах скольжения, о влиянии поляризации падающего излучения на возбуждение отдельных компонент спектра, об изменении функции распределения сверхтонких полей под действием сильного внешнего поля. Детальная характеристика их магнитных свойств и структуры важна для практических приложений, а также для развития теории магнитных взаимодействий в слоистых структурах», — заключила Марина Андреева.

Работа проходила в сотрудничестве с учеными из Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Института физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН и из исследовательского комплекса European Synchrotron Radiation Facility (Франция).

«Field-temperature evolution of the magnetic state of $[\text{Fe}(1.2 \text{ E})/\text{Cr}(10.5 \text{ E})]_{30}$ structure by μSR reflectometry with synchrotron radiation». M.A. Andreeva, R.A. Baulin, A.I. Chumakov, R. Ruffer, G.V. Smirnov, Yu.A. Babanov, D.I. Devyatnikov, B.Yu. Goloborodsky, D.A. Ponomarev, L.N. Romashev, V.V. Ustinov. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. **440**, 225–229 (2017).

ВПЕРВЫЕ ЗАРЕГИСТРИРОВАНЫ ГРАВИТАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ ОТ СЛИЯНИЯ ДВУХ НЕЙТРОННЫХ ЗВЁЗД

Учёные МГУ в коллаборации LIGO и Virgo впервые зарегистрировали гравитационные волны от слияния двух нейтронных звёзд. Это первое космическое событие, наблюдаемое как в гравитационных, так и в электромагнитных волнах.

Спустя 2 недели после присуждения Нобелевской премии по физике за открытие гравитационных волн троим исследователям из США, коллаборации LIGO (Laser Interferometric Gravitational Wave Observatory, США) и Virgo (аналогичная обсерватория в Италии) объявляют о новом открытии. Ученые впервые зафиксировали гравитационные волны от слияния двух нейтронных звезд, причем это явление наблюдали не только на лазерных интерферометрах, регистрирующих гравитационные волны, но и с помощью космических обсерваторий (Интеграл, Fermi) и наземных телескопов, регистрирующих электромагнитное излучение. В сумме это явление наблюдали около 70 наземных и космических обсерваторий по всему миру, в числе которых и сеть роботов-телескопов МАСТЕР (МГУ имени М.В. Ломоносова).

Группу из МГУ имени М.В. Ломоносова возглавляет профессор физического факультета МГУ, доктор физико-математических наук Валерий Митрофанов, под руководством которого ведут работу профессор Сергей Вятчанин и Фарит Халили, доцент Сергей Стрыгин и другие ученые.

«Первая прямая регистрация гравитационных волн от сталкивающихся черных дыр обсерваторией LIGO состоялась около двух лет тому назад. Было открыто новое окно во Вселенную. Уже сегодня мы видим, какие беспрецедентные возможности создает для исследователей этот новый канал получения информации в сочетании с традиционной астрономией» — отметил Валерий Митрофанов.

17 августа 2017 года оба детектора LIGO зарегистрировали гравитационный сигнал, названный GW170817. Информация, предоставленная третьим детектором Virgo, позволила значительно улучшить локализацию космического события. Почти в то же время (примерно через две секунды после гравитационных волн)

Космический гамма-телескоп НАСА «Ферми» и Международная орбитальная обсерватория гамма-лучей (INTErnational Gamma-Ray Astrophysics Laboratory/INTEGRAL) обнаружили всплески гамма-лучей. В последующие дни было зарегистрировано электромагнитное излучение и в других диапазонах, включая рентгеновские, ультрафиолетовые, оптические, инфракрасные и радиоволны.

Каждая обсерватория состоит из двух туннелей: длиной 4 км (LIGO) и 3 км (Virgo), расположенных в виде буквы Г. В них находятся трубы, внутри которых поддерживается высокий вакуум. Излучение лазера накачки разделяется светоделителем на два взаимно перпендикулярных луча, которые распространяются в трубах, отражаются от зеркал интерферометра, возвращаются, снова отражаются, и так много раз. При прохождении гравитационной волны изменяется расстояние между зеркалами, что приводит к изменению выходного сигнала интерферометра.

В целом детектор — чрезвычайно сложное устройство, в котором использованы уникальные компоненты, созданные специально для него в различных лабораториях мира. Настройку положения зеркал и других оптических элементов обеспечивают более 5000 следящих систем, а для обработки поступающей информации (порядка 1 терабайта в сутки) задействованы многопроцессорные кластеры.

Сигналы детекторов LIGO показали, что зарегистрированные гравитационные волны излучались двумя астрофизическими объектами, вращающимися друг относительно друга и расположенными на относительно близком расстоянии — около 130 миллионов световых лет от Земли. Оказалось, что объекты были менее массивными, чем ранее обнаруженные LIGO и Virgo двойные черные дыры. Согласно вычислениям, их массы

Слияние нейтронных звезд. Источник: National Science Foundation/LIGO/Sonoma State University/A.Simonnet.

находились в диапазоне от 1,1 до 1,6 массы Солнца, что попадает в область масс нейтронных звезд, самых маленьких и самых плотных среди звезд. Их типичный радиус составляет всего 10–20 километров.

Если сигнал от сливающихся двойных черных дыр обычно находился в диапазоне чувствительности детекторов LIGO в течение долей секунды, то сигнал, зарегистрированный 17 августа, длился около 100 секунд. Спустя примерно две секунды после слияния звезд произошла вспышка гамма-излучения, которая была зарегистрирована космическими гамма-телескопами. Быстрое обнаружение гравитационных волн командой LIGO-Virgo в сочетании с обнаружением гамма-излучения позволило запустить наблюдение оптическими и радиотелескопами по всему миру.

Получив координаты, обсерватории уже через несколько часов смогли начать поиск в области неба, где предположительно произошло событие. Новая светлая точка, напоминающая новую звезду, была обнаружена оптическими телескопами. В конечном итоге около 70 обсерваторий на Земле и в космосе наблюдали это событие в различных диапазонах длин волн. В последующие дни после столкновения было зарегистрировано электромагнитное излучение в рентгеновском, ультрафиолетовом, оптическом, инфракрасном и радиоволновом диапазонах.

«Сочетание одновременного детектирования гравитационных и электромагнитных волн при помощи гравитационно-волновых детекторов и традиционных телескопов позволяет в будущем исследовать удивительный и манящий мир нашей Вселенной», — прокомментировал Сергей Стрыгин.

«Впервые, в отличие от “одиноких” слияний черных дыр, зарегистрировано “компанейское” событие не только гравитационными детекторами, но еще и оптическими и нейтринными телескопами. Это первый такой хоровод наблюдений вокруг одного события», — рассказал Сергей Вятчанин.

Теоретики предсказывают, что при столкновении нейтронных звезд должны излучаться гравитационные волны и гамма-лучи, а также извергаться мощные струи вещества, сопровождающиеся излучением электромагнитных волн в широком частотном диапазоне.

Обнаруженный гамма-всплеск является так называемым коротким гамма-всплеском. Ранее ученые лишь предсказывали, что короткие гамма-всплески генерируются при слиянии нейтронных звезд, а теперь это подтверждено наблюдениями. Но несмотря на то, что источник обнаруженного короткого гамма-всплеска был одним из самых близких к Земле, видимых до сих пор, сам всплеск был неожиданно слаб для такого расстояния. Теперь ученым предстоит найти объяснение этому факту.

В момент столкновения основная часть двух нейтронных звезд слилась в один ультраплотный объект, испускающий гамма-лучи. Первые измерения гамма-излучения в сочетании с детектированием гравитационных волн подтверждают предсказание общей теории относительности

Эйнштейна, а именно, что гравитационные волны распространяются со скоростью света.

«Во всех предыдущих случаях источником гравитационных волн были сливающиеся черные дыры. Как это ни парадоксально, черные дыры — это очень простые объекты, состоящие исключительно из искривленного пространства и поэтому полностью описываемые хорошо известными законами общей теории относительности. В то же время, структура нейтронных звезд и, в частности, уравнение состояния нейтронной материи до сих пор точно неизвестны. Поэтому изучение сигналов от сливающихся нейтронных звезд позволит получить огромное количество новой информации также и о свойствах сверхплотной материи в экстремальных условиях», — рассказал Фарид Халили.

Теоретики предсказали, что в результате слияния образуется «килоновая». Это явление, при котором оставшийся от столкновения нейтронных звезд материал ярко светится и выбрасывается из области столкновения далеко в космос. При этом возникают процессы, в результате которых создаются тяжелые элементы, такие как свинец и золото. Наблюдение после свечения слияния нейтронных звезд позволяют получать дополнительную информацию о различных стадиях этого слияния, о взаимодействии образовавшегося объекта с окружающей средой и о процессах, которые производят самые тяжелые элементы во Вселенной.

«В процессе слияния зафиксировано образование тяжелых элементов. Поэтому можно говорить даже о галактической фабрике по производству тяжелых элементов, в том числе золота — ведь именно этот металл больше всего интересует землян. Ученые начинают предлагать модели, которые объяснили бы наблюдаемые параметры этого слияния», — отметил Вятчанин.

«GW170817: Observation of Gravitational Waves from a Binary Neutron Star Inspiral». B.P. Abbott et al. (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration). *Phys. Rev. Lett.* **119**, 161101 (2017).

СПРАВКА:

Обсерватория LIGO финансируется Национальным научным фондом США. Она построена и эксплуатируется Калифорнийским и Массачусетским технологическими институтами. Финансовая поддержка проекта Advanced LIGO осуществляется Национальным научным фондом США вместе с Обществом Макса Планка Германии, Советом по науке и технологии Великобритании и Австралийским советом по исследованиям, которые вносят значительный вклад в проект.

Более 1200 ученых из 100 институтов различных стран участвуют в проекте, объединившись в Научную коллаборацию LIGO — LSC (LIGO Scientific Collaboration), которая включает в себя коллаборации GEO и OzGrav (<http://ligo.org/partners.php>). Партнером LIGO является коллаборация Virgo, в которой работают 280 европейских ученых

и инженеров из 20 исследовательских групп, которых поддерживают Национальные центры научных исследований Франции, Италии, Нидерландов, а также ряд институтов из Венгрии, Польши, Испании, входящие в Virgo и Европейскую гравитационную обсерваторию. Детектор Virgo находится недалеко от Пизы (Италия).

В исследованиях LIGO Scientific Collaboration принимают участие два научных коллектива из России: группа физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова и группа Института прикладной физики РАН (Нижний Новгород). Исследования поддерживаются Российским фондом фундаментальных исследований и Российским научным фондом.

Ученые МГУ имени М.В. Ломоносова участвуют в проекте с 1992 года. Группу создал и вплоть до последнего времени возглавлял член-корреспондент РАН Владимир Борисович Брагинский — всемирно известный ученый, один из пионеров гравитационно-волновых исследований в мире. С самого начала основные усилия были направлены на повышение чув-

ствительности 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, позволивших непосредственно регистрировать гравитационные волны от космических источников.

Орбитальная обсерватория гамма-лучей «Интеграл» — проект Европейского космического агентства с участием России и НАСА. «Интеграл» был выведен в космос ровно 15 лет назад (17 октября 2002 г.) с космодрома Байконур с помощью ракеты-носителя «Протон». В обмен на запуск российские ученые получили право на 25% наблюдательного времени обсерватории и с ее помощью получили целый ряд важнейших научных открытий и результатов. Научный руководитель проекта «Интеграл» со стороны России — выпускник МГУ, главный научный сотрудник ИКИ РАН академик Рашид Сюняев.

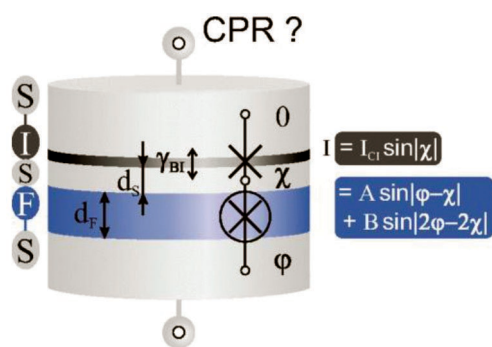
МНОГОСЛОЙНАЯ И МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ НАНОСТРУКТУРА

Ученые кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова исследовали особенности наноструктуры, содержащей слои сверхпроводника, изолятора и ферромагнетика.

«Особое внимание в работе уделялось связи между макроскопическими (ток) и микроскопическими (разность фаз параметра порядка) величинами, характеризующими состояние системы», — рассказал доцент кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники отделения ядерной физики физического факультета МГУ Николай Кленов.

Для теоретического исследования ученые использовали согласованный анализ уравнений, описывающих транспорт заряда через структуру с макроскопических (уравнения «резистивной модели») и микроскопических (уравнения Узаделя с граничными условиями Куприянова-Лукичева) позиций.

«Результаты этой работы будут использованы для проектирования новых устройств быстрой одноквантовой электроники и новых потоковых квантовых битов», — заключил ученый.



Работа проходила в сотрудничестве с исследователями из Московского физико-технического института.

“Current-phase relations in SISFS junctions in the vicinity of 0- π transition”. Bakurskiy S.V., Filippov V.I., Ruzhickiy V.I., Klenov N.V., Soloviev I.I., Kupriyanov M.Yu, Golubov A.A. J. Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics. **95**, 9, 094522–1–094522–11 (2017).

ПОЧЕМУ РЕЗУЛЬТАТЫ НЕЙТРОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ РАСХОДЯТСЯ

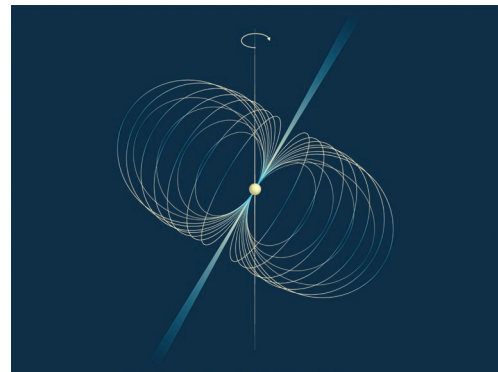
Сотрудники физического факультета и научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова выяснили причину значительного расхождения результатов фотонейтронных экспериментов.

Все статьи относятся к продолжению серии исследований по проблеме фотоядерных исследований. Проблема заключается в существенных, до 100%, расхождениях результатов разных экспериментов, которые выполняются на пучках гамма-квантов — фотонов большой энергии (больше десяти килоэлектронвольт). Подавляющее большинство данных по сечениям — вероятности протекания — фотонейтронных реакций с разным количеством продуктов на большом числе ядер было получено в двух лабораториях. Ученые использовали разные реализации одного и того же метода, существенно меняя условия экспериментов. Это приводило к систематическим расхождениям их результатов, намного превышающим их статистические погрешности.

Ранее авторы показали, что во многом такие систематические погрешности могут быть связаны с эффективностью использованных нейтронных детекторов, которая меняется в зависимости от энергии нейтронов. Поэтому возникли новые вопросы о достоверности экспериментальных данных и причинах расхождений, потребовалась разработка методов их преодоления.

«В этих работах реализуются два разных подхода к решению проблемы. Предпринимается попытка экспериментально избежать недостатки использованных ранее методов разделения нейтронов по множественности путем использования нового нейтронного детектора, эффективность регистрации которого практически не зависит от энергии нейтронов. Показано, что обсуждаемые данные не удовлетворяют новым объективным физическим критериям достоверности, и предлагается вместо таких данных использовать более достоверные данные, оцененные в рамках нового метода с использованием физических критериев достоверности», — рассказал один из авторов работ Владимир Варламов, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник отдела электромагнитных процессов и взаимодействия атомных ядер научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ.

Исследования парциальных фотонейтронных реакций ученые выполнили с помощью нового детектора для ядер ${}^9\text{Be}$ и ${}^{209}\text{Bi}$. Ученые получили сечения реакций с различной множественностью нейтронов, которые удовлетворяют критериям достоверности. Дополнительно в работе авторы описали результаты исследования для нескольких ядер фотонных силовых функций, которые позволяют достоверно единым образом объяснить соотношении взаимно-обратных реакций. Также ученые провели то же самое исследование конкретно для ядра ${}^{59}\text{Co}$, которое считается относительно легким. Из-за легкости определение реак-



ции по множественности проводится с дополнительными систематическими погрешностями. Ученые выяснили, что именно это является причиной существенных расхождений результатов двух экспериментов, выполненных в одной лаборатории, но с помощью разных методов.

Исследования достоверности экспериментальных фотонейтронных данных авторы проводили с помощью объективных физических критериев достоверности, которые представляют собой отношения сечений некоторых реакций, которые по определению не могут превышать соответствующих абсолютных значений. Превышение такими отношениями соответствующих верхних пределов означает, что те или иные сечения реакций были получены недостоверно, вследствие наличия в методах их определения существенных систематических погрешностей. При использовании специального метода оценки, основанного на критериях достоверности, обсуждается проблема достоверности экспериментальных данных по сечениям реакций для ядер ${}^{65}\text{Cu}$, ${}^{89}\text{Y}$, ${}^{91}\text{Zr}$, ${}^{116}\text{Sn}$, ${}^{159}\text{Tb}$, ${}^{197}\text{Au}$.

«Результаты выполненных исследований вместе с некоторыми аналогичными (для других ядер) результатами, полученными ранее, и теми, что будут выполнены в дальнейшем, позволят получить достоверные сечения различных фотоядерных реакций на разных ядрах, которые будут соответствовать объективным физическим критериям достоверности. Это позволит уточнить оценки некоторых физических эффектов, определяющих основные характеристики электромагнитных взаимодействий, проверить соотношения теоретических моделей, описывающих эти взаимодействия, уточнить и получить новые характеристики фотоядерных процессов, используемых в разнообразных приложениях», — заключил ученый.

Работа проводилась в сотрудничестве с зарубежными учеными.

“Photoneutron cross sections for ${}^{59}\text{Co}$: Systematic uncertainties of data from various experiments”. V.V. Varlamov, A.I. Davydov, B.S. Ishkhanov. *Eur. Phys. J. A* **53**: 180 (2017).

“Photoneutron reaction cross sections from various experiments – analysis and evaluation using physical criteria of data reliability”. V. Varlamov, B. Ishkhanov, V. Orlin, N. Peskov and M. Stepanov. *EPJ Web of Conferences*. **146**, 05005 (2017) <https://doi.org/10.1051/epjconf/201714605005>

ЗАПУЩЕН УНИКАЛЬНЫЙ УСКОРИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОНОВ

15 сентября 2017 года на территории индустриального парка «Агропромышленный парк К-Агро» Калужской области состоялось официальное открытие уникального Центра разработки и внедрения технологий обработки ускоренными электронами компании «Теклеор».

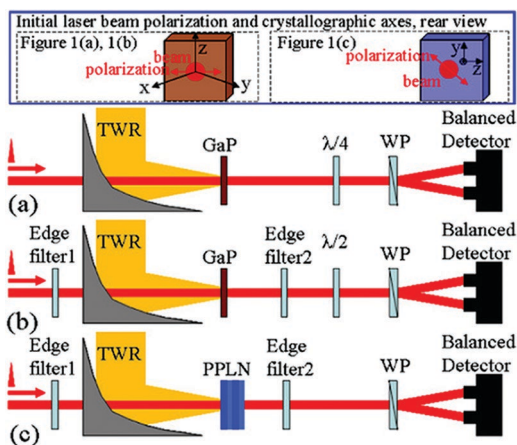


Ускоритель электронов на энергию 10 МэВ и мощность пучка 15 кВт был разработан, изготовлен, установлен в центре «Теклеор» и введен в действие сотрудниками НИИЯФ МГУ, физического факультета МГУ и ООО «ЛЭУ МГУ» совместно с АО «НПП «Торий».

К Центру по снижению микробной загрязненности продуктов уже на стадии старта проявили интерес крупнейшие розничные сети, оптово-распределительные площадки, фабрики социального питания, Министерство обороны, Росрезерв.

Основной вид деятельности нового центра — обработка ускоренными электронами растительного и животного сырья и конечной продукции, а также косметики с целью обеспечения их биологической безопасности, повышения качества, снижения потерь и увеличения срока годности. Инновационность состоит в том, что в процессе обработки не происходит значительного повышения температуры, продукты не меняют вкус, запах и текстуру. В числе преимуществ — безопасность для потребителя, отсутствие химических отходов. Такой вид обработки позволяет решать задачи снижения риска раковых заболеваний, вызванных развитием канцерогенов, препятствует распространению аллергических реакций и патологий. Именно поэтому продукты, обработанные ускоренными электронами, найдут широкое применение в социальном, лечебном и спортивном питании. Метод одобрен Всемирной организацией здравоохранения, Всемирной торговой организацией, Международным агентством по атомной энергии и применяется в десятках стран мира.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КРИСТАЛЛОВ С ТЕРАГЕРЦОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ



Терагерцовым излучением называют электромагнитные волны с частотами между инфракрасным и сверх-

Сотрудники кафедры квантовой электроники физфака МГУ имени М.В. Ломоносова исследовали тепловые и световые искажения в кристалле при его взаимодействии с высокочастотным терагерцовым излучением. В результате было установлено, как изменяется температура в кристалле.

высокочастотным диапазонами, оно также называется субмиллиметровым. Это излучение легко проходит через большинство материалов, обладающих плохой электропроводностью. Источником терагерцового излучения малой мощности являются лазеры.

Нелинейная оптика изучает взаимодействия света и вещества. Эти взаимодействия различаются в зависимости от интенсивности света. В большинстве веществ оптическая нелинейность наблюдается только при высокой интенсивности света, достигаемой при помощи лазеров.

В ходе работы использовался чувствительный к повышенной температуре кристалл фосфида галлия (GaP). На его примере были разработаны универсальные методы численных расчетов распределения температуры и термооптических параметров, позволяющие оптимизировать процессы генерации терагерцового излучения.

«При нелинейно-оптической генерации излучения терагерцового диапазона возникают тепловые эффекты. Получено общее точное решение квазистационарного распределения температуры нелинейной среды при периодической лазерной накачке», — рассказала автор исследования, профессор физического факультета МГУ

Галия Китаева. По ее словам, результаты работы важны для проектирования схем генерации классических и квантовых полей терагерцового диапазона.

Исследование было поддержано грантом Российского научного фонда (РНФ).

“Electro-optic sampling of terahertz waves by laser pulses with an edge-cut spectrum in birefringent crystal”. I.E. Ilyakov, G.Kh. Kitaeva, B.V. Shishkin, and R.A. Akhmedzhanov. *Optics Letters J.* **42**, 9, 1704–1707 (2017).

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДИФРАКЦИИ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ В ЛЮБЫХ КРИСТАЛЛАХ

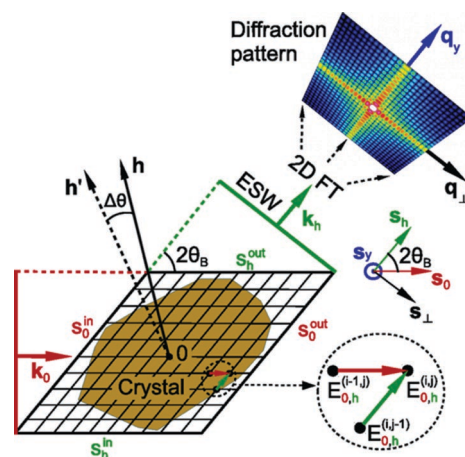
Сотрудники кафедры твердого тела физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова рассчитали дифракцию рентгеновских лучей в кристаллах и разработали процедуру изучения эффектов преломления и поглощения рентгеновских лучей.

Определить кристаллическую структуру вещества может помочь его дифракционная картина — рентгенограмма, которую можно получить, направив пучок рентгеновских лучей на исследуемый объект. Так расчет дифракционных максимумов различной интенсивности позволяет получить сведения о расстояниях между атомами в кристалле.

«Мы разработали оригинальный метод расчета дифракции рентгеновских лучей в кристаллах произвольной формы и размеров, — сообщил один из авторов работы, профессор кафедры физики твердого тела физического факультета МГУ Владимир Бушуев. — Результаты данной работы можно использовать для интерпретации экспериментов по когерентному рассеянию (без изменения длины волны) рентгеновских лучей для восстановления трехмерной структуры как идеальных кристаллов, так и кристаллов с внутренними напряжениями и несовершенствами структуры».

Ширина дифракционной линии зависит также от величины кристаллов исследуемой пробы: если их размер колеблется от 1 до 4 микрон (10⁻⁴×10⁻⁴см), то дифракционные линии на рентгенограмме выражены отчетливо. Если же величина кристаллов больше 8 микрон, то вместо дифракционной линии на рентгенограмме появляются отдельные пятна, затрудняющие расчет. Если кристалл меньше 200 нанометров, то дифракционная линия расширяется и иногда не различима на дифрактограмме.

Размер кристаллов, кристаллическую структуру которых возможно расшифровать, в свою очередь, ограничивается длиной экстинкции — ослаблением пучка света при его распространении в веществе. Это происходит из-за поглощения и рассеяния рентгеновских лучей.

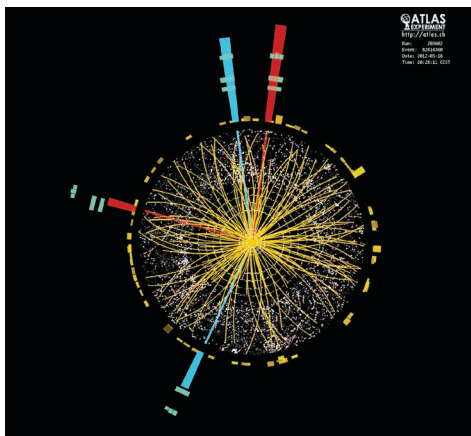


В ходе работы ученые смоделировали ситуацию для двух кристаллов, размеры которых составляли 100 нанометров и 1 микрон. Для обоих кристаллов было выполнено угловое сканирование, а также использовались теоретические методы, основанные на авторской модификации уравнений Такаги–Топена. Эти методы применяются к когерентному рассеянию с использованием синхротронного излучения (электромагнитного излучения, испускаемого заряженными частицами, движущимися по искривленным магнитным полям траекториям) или импульсного излучения рентгеновских лазеров на свободных электронах.

«Старая задача о точности и корректности восстановления трехмерной структуры кристаллов с поправками на поглощение, преломление и, самое главное, на эффекты экстинкции наконец решена», — заключил Владимир Бушуев. По словам ученого, методика уже используется применительно к экспериментальным результатам части работы соавторов.

“Dynamical effects in Bragg coherent x-ray diffraction imaging of finite crystals”. A.G. Shabalin, O.M. Yefanov, V.L. Nosik, V.A. Bushuev, and I.A. Vartanyants. *Phys. Rev. B* **96**, 064111 (2017).

СПОСОБ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ БОЗОНА ХИГГСА



Сотрудники научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова предложили гипотезу образования бозона Хиггса на Большом адронном коллайдере (БАК).

фактом», — рассказал один из авторов статьи, Борис Арбузов, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник отдела теоретической физики высоких энергий Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ.

Метод, который ученые использовали в работе, основан на подходе компенсации — уравнении действия силы. Подход был разработан для описания явления сверхпроводимости в физике твердого тела. В применении к задачам квантовой теории поля и физики элементарных частиц этот метод приводит к появлению непертурбативных вкладов, которые не описываются теорией возмущений в случае осуществления нетривиальных решений уравнений компенсации. Такие решения реализуются только при определенных значениях параметров задачи, например, констант связи (зарядов). Авторы работы применили метод компенсации в квантовой хромодинамике и в электрослабой теории, что позволило получить предсказания процесса рождения тяжелых частиц на Большом адронном коллайдере.

«В работе показано, что текущие эксперименты на Большом адронном коллайдере при повышенной энергии 13 тераэлектронвольт (ТэВ) и с увеличенной светимостью позволяют проверить предсказания работы. В случае подтверждения предсказаний будет впервые доказано существование непертурбативных вкладов в электрослабом взаимодействии. Положительный результат поиска непертурбативных вкладов открывает возможность для выяснения происхождения определенных значений параметров Стандартной теории, таких как константы связи, параметры смешивания и других», — заключил ученый.

*“Associated heavy quarks pair production with Higgs as a tool for a search for non-perturbative effects of the electroweak interaction at the LHC”, B.A. Arbuzov, I.V. Zaitsev. Physics Letters B, **772**, 184–188 (2017).*

Бозон Хиггса — элементарная частица, возникающая в Стандартной модели физики элементарных частиц. Стандартная модель описывает три типа фундаментальных взаимодействий всех элементарных частиц, однако не затрагивает темную материю, темную энергию и гравитацию. Бозон Хиггса появляется в результате спонтанного нарушения симметрии электрослабого взаимодействия, которое включает в себя два фундаментальных взаимодействия: слабое и электромагнитное. При спонтанном нарушении электрослабой симметрии калибровочные бозоны, которыми обмениваются элементарные частицы при взаимодействии, становятся массивными, в то время как элементарные частицы собственную массу не меняют. Когда это происходит, симметрия взаимодействия нарушается, и образуются бозоны Хиггса.

«При рассмотрении взаимодействий калибровочных бозонов W спонтанно возникает дополнительное эффективное взаимодействие. А поскольку калибровочные бозоны взаимодействует с бозоном Хиггса, то возникают и дополнительные вклады в процессы рождения частицы Хиггса, которые удобнее всего наблюдать в сопровождении пары тяжелого кварка и его антикварка — самых тяжелых частиц всей системы Стандартной модели. В работе объясняется процесс рождения на Большом адронном коллайдере этих тяжелых частиц с целью изучения непертурбативных вкладов — возможных отклонений от результатов стандартных вычислений по теории возмущений, существование которых является установленным

ОПТИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЛЯ ЧИПОВ КВАНТОВОГО КОМПЬЮТЕРА

Ученые лаборатории квантовых оптических технологий физического факультета МГУ сформулировали новую теоретическую модель и разработали действующую установку, позволяющую создавать компактные оптические элементы для чипов квантового компьютера.

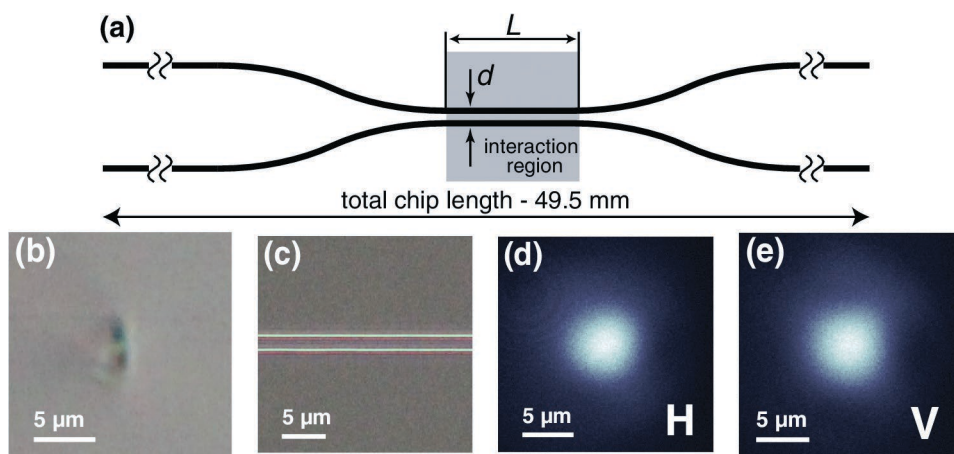
Одной из важных характеристик светового пучка является поляризация, то есть направление плоскости распространения световой волны. Сведения о поляризации световой волны могут быть использованы в качестве дополнительной информации о состоянии света наряду с

другими физическими характеристиками. Возможность управлять поляризационным состоянием значительно расширяет возможности оптических устройств. В частности, оптические элементы, позволяющие контролировать поляризацию света, могут использоваться в чипах

квантовых компьютеров. С их помощью увеличивается число способов, которыми можно изменить состояние света. Другими словами, размерность полного преобразования.

«Основная цель работы — развитие методов управления поляризационным состоянием света на чипе. Использование поляризационных преобразований квантовых состояний света вкупе с пространственными преобразованиями позволяет эффективно увеличить размерность полного преобразования без существенного увеличения числа оптических элементов», — рассказал один из авторов исследования Иван Дьяконов, научный сотрудник кафедры квантовой электроники физического факультета МГУ.

Для создания устройства ученые использовали лазер, генерирующий сверхкороткие импульсы. Этот метод называется фемтосекундной печатью (ФСП) и является наиболее быстрым и дешевым способом создания подобных устройств. В частности, с помощью ФСП создают волноводы — специальные каналы, по которым распространяется свет. Однако в волноводах, созданных при помощи такой техники, физические свойства распределены неоднородно по всем направлениям (такое свойство называется низкой анизотропией). Этот недостаток не позволяет создавать устройства компактных размеров. Ученым физического факультета удалось преодолеть эту сложность.



«В ходе работы был разработан метод локального увеличения анизотропии, дающий возможность изготавливать поляризационные устройства, занимающие значительно меньше места на чипе, нежели продемонстрированные ранее в других группах», — пояснил ученый.

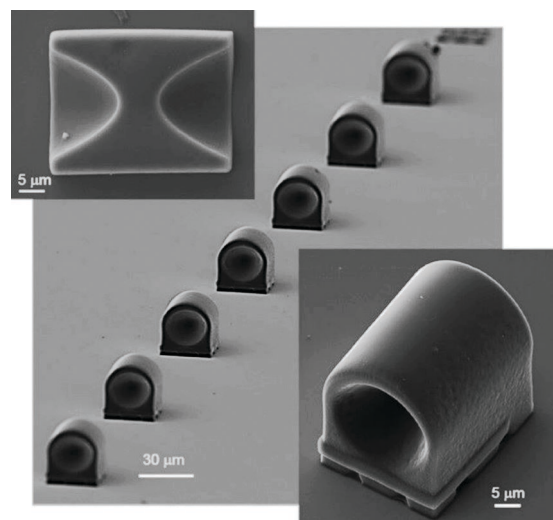
Исследователи описали теоретическую модель компактного поляризационного устройства, а также создали действующую модель, позволяющую реализовывать этот метод. Все этапы работы — от теоретического описания до обработки результатов эксперимента — были осуществлены сотрудниками физического факультета.

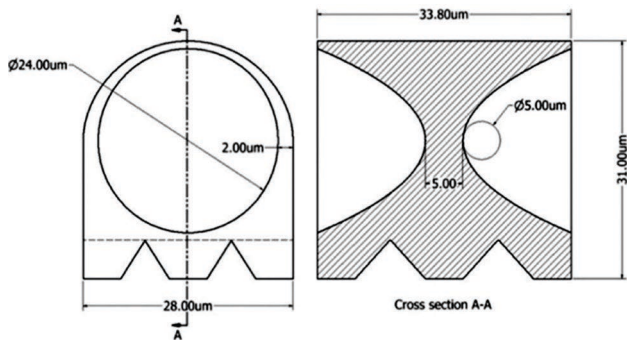
“Laser-written polarizing directional coupler with reduced interaction length”. I.V. Dyakonov, M.Yu. Saygin, I.V. Kondratyev, A.A. Kalinkin, S.S. Straupe, and S.P. Kulik. *Optics Letters*. **42**, 20, 4231–4234 (2017).

ВПЕРВЫЕ ПРОДЕМОНСТРИРОВАНА ВОЗМОЖНОСТЬ СОЗДАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РЕНТГЕНОВСКОЙ ОПТИКИ ПРИ ПОМОЩИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ученые физического факультета МГУ совместно с учеными из лаборатории рентгеновской оптики БФУ им. Канта продемонстрировали результаты работы по созданию и исследованию полимерных линз для фокусировки рентгеновского излучения. Данные линзы представляют собой двояковогнутые параболоиды вращения с рекордно малым радиусом кривизны в 5 мкм.

Изображения изготовленных полимерных составных преломляющих линз. Верхнее изображение — сечение изготовленной полимерной линзы, нижнее — изображение одиночной линзы.





Модель одиночной полимерной преломляющей линзы.

«Для того, чтобы изготовить объект такой сложной формы с высокой точностью, был применен метод двухфотонной лазерной литографии или метод прямой лазерной записи, позволяющий создавать трехмерные структуры с разрешением до 100 нм. Такая установка работает как 3D принтер на наномасштабах, позволяя создавать сколь угодно сложные структуры для нанооптики, микрофлюидики, а также тканевой инженерии. На данный момент в России существует всего лишь три установки двухфотонной лазерной литографии, одна из которых была создана учеными из МГУ», — поясняет соавтор статьи, сотрудник физического факультета МГУ и центра функциональных магнитных материалов (FunMagMa) БФУ имени Канта Александр Петров.

Изготовленные полимерные линзы исследовались на установке Synchrotron LIKE в БФУ имени Канта, а также проходили проверку на устойчивость к рентгеновскому излучению на одной из станций синхротрона PETRA- III в научном центре DESY в Гамбурге.

Рентгеновская микроскопия активно применяется в настоящее время. С ее помощью можно изучать строение образцов, непрозрачных для света оптического диапазона. Кроме того, данный метод позволяет добиться

высокого разрешения, не требуя вакуума и металлизации образца, как в случае электронной микроскопии. Перечисленные преимущества делают рентгеновскую микроскопию уникальным методом, позволяющим получить структуру образца без его разрушения, что особенно важно для хрупких образцов для задач биологии и медицины. Для фокусировки рентгеновского излучения необходимы эффективные фокусирующие элементы рентгеновской оптики.

«В настоящее время наиболее широко используют поликристаллические бериллиевые линзы, однако они обладают рядом существенных недостатков. Во-первых, использование подобных линз в виду наличия внутренней поликристаллической структуры приводит к диффузному рассеянию и образованию спеклов, что приводит к искажению изображения и ухудшению возможного разрешения. Во-вторых, в виду того, что для наилучшего разрешения линзы должны обладать как можно меньшим радиусом кривизны, а современные технологии не позволяют создавать бериллиевые линзы с радиусом кривизны менее 50 мкм, их разрешение ограничено пределом в 100 нм. Новые полимерные линзы, созданные российскими учеными, не только обладают малым радиусом кривизны (что потенциально позволит с их помощью добиться лучшей фокусировки излучения, вплоть до 50 нм), но и являются «рентгено-аморфными», то есть не дают диффузного рассеяния и не искажают изображение. Помимо этого, созданные линзы являются более дешевыми и простыми в изготовлении», — заключил Александр Петров.

*“Polymer X-ray refractive nano-lenses fabricated by additive technology”. A.K. Petrov, V.O. Bessonov, K.A. Abrashitova, N.G. Kokareva, K.R. Safronov, A.A. Barannikov, P.A. Ershov, N.B. Klimova, I.I. Lyatun, V.A. Yunkin, M. Polikarpov, I. Snigireva, A.A. Fedyanin, and A. Snigirev. Optics Express. **25**, 13, 14173–14181. (2017).*

ПРИМЕНЕНИЕ РЕГУЛЯРИЗИРОВАННЫХ МОМЕНТНЫХ УРАВНЕНИЙ В ГАЗОВОЙ ДИНАМИКЕ

На кафедре молекулярных процессов и экстремальных состояний вещества исследовано применение регуляризованных моментных уравнений в газовой динамике.

Моментные уравнения — это неоднородные дифференциальные уравнения, где неоднородная часть уравнений представляет собой алгебраическую функцию искомым моментов.

«Статья является продолжением исследования применимости регуляризованных моментных уравнений (R13) для моделирования неравновесных газовых течений. Данный макроскопический подход к описанию течения газа оказывается применим в существенно более широкой

области, нежели классические уравнения газовой динамики. Эта методика уже была успешно применена для моделирования функционирования газовых микронасосов. Статья посвящена детальному анализу области применимости этих уравнений для сверхзвуковых течений», — рассказал Максим Тимохин, один из авторов статьи, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник кафедры молекулярных процессов и экстремальных состояний вещества физического факультета МГУ.

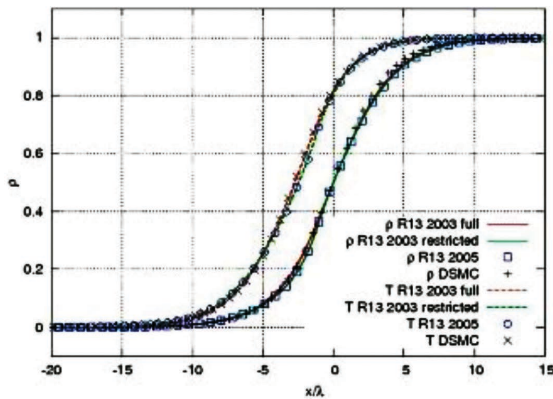
В ходе данной работы в качестве эталонного решения ученые получили результаты структуры ударной волны в широком диапазоне чисел Маха (от 1,0 до 10,0) с помощью прямого статистического моделирования Монте-Карло. Все численные решения для исследуемых вариантов системы R13 авторы получили с помощью метода Годунова повышенного порядка.

«Полученные результаты позволяют сделать вывод о корректной постановке граничных условий при моделировании взаимодействия газа с твердой поверхностью в сверхзвуковом течении. Совместная реализация данной

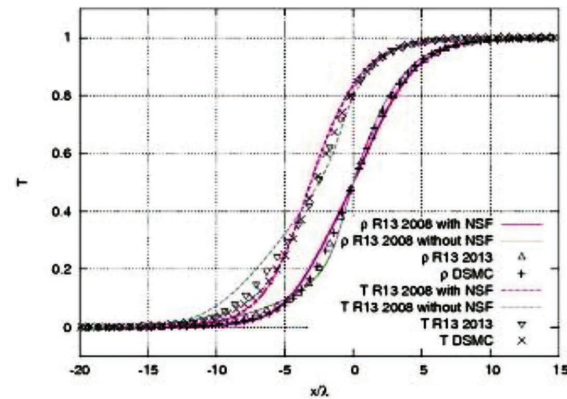
постановки является следующим этапом дальнейшей работы», — заключил ученый.

Работа проходила в сотрудничестве с учеными из Института теоретической и прикладной механики имени С.А. Христиановича СО РАН и Викторианского университета, Канада.

«Different variants of R13 moment equations applied to the shock-wave structure». M.Yu. Timokhin, H. Struchtrup, A.A. Kokhanchik, and Ye.A. Bondar. *Physics of Fluids*. **29**, 037105 (2017).



(a)



(b)

Сравнение профилей плотности и температуры R13 с данными DSMC.

СУПЕРКАНАЛ ДЛЯ ОПТОВОЛОКОННЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

Сотрудники кафедры оптики, спектроскопии и физики наносистем физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова разработали устройство для увеличения скорости передачи информации в когерентных волоконно-оптических системах связи.

Когерентные волоконно-оптические системы связи позволяют передавать крупные массивы информации на большие расстояния с высокой скоростью.

«В работе теоретически и экспериментально продемонстрирована возможность увеличения скорости передачи информации в когерентных волоконно-оптических системах связи при создании суперканалов, объединяющих по три информационных канала в каждом спектральном канале», — рассказал один из авторов статьи, доктор физико-математических наук, профессор Олег Наний, профессор кафедры оптики, спектроскопии и физики наносистем физического факультета МГУ.

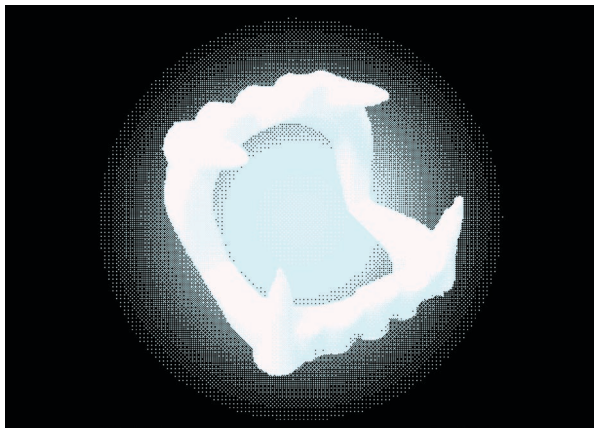
Научная ценность работы состоит в том, что при когерентном детектировании, когда используются данные о начальной фазе сигнала, показана возможность разделения информационных каналов, передаваемых в одной оптической полосе.



«Использование суперканалов рассматривается сегодня как главное направление увеличения емкости оптических сетей связи», — подытожил Олег Наний.

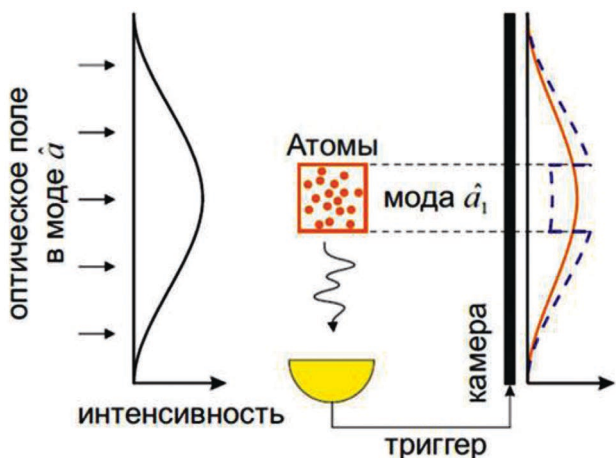
“Experimental study and numerical modelling of a 3×100G DP-QPSK superchannel”. V.A. Konyshv, A.V. Leonov, O.E. Nanii, A.G. Novikov, P.V. Skvortsov, V.N. Treshchikov, R.R. Ubaydullaev. *Quantum Electron*, **47** (8), 767–772 (2017).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА КВАНТОВОГО ВАМПИРА НА ТЕПЛОВЫХ СОСТОЯНИЯХ СВЕТА



Квантовым вампиром называется эффект, заключающийся в том, что при определенных условиях тело, которое находится на пути у света, не отбрасывает тени. Эффект получил название благодаря аналогии с вымышленными фольклорными существами — вампирами, — которые также известны тем, что не отбрасывают тени. Квантовым же он был назван потому, что для его объяснения потребовались понятия, связанные с особенностями физики микромира.

Представим себе следующий мысленный эксперимент. Пусть на пути пучка света расположен некоторый объект, рассеивающий фотоны, например облако атомов. Повседневный опыт подсказывает нам, что в соответствующей области на экране должен наблюдаться провал освещенности, то есть тень. Однако, если предположить, что атомы слабо взаимодействуют с излучением, ситуация может поменяться. Для этого необходимо установить счетчик одиночных фотонов, который фиксирует рассеянные световые частицы. Оказывается, в том случае, когда счетчик срабатывает, вместо образования тени за облаком атомов происходит проседание освещенности по всей площади светового пучка.



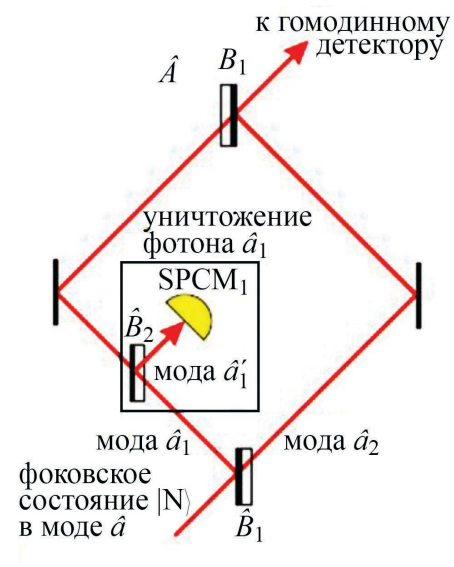
На рисунке показана возможная реализация эффекта с помощью облака поглощающих атомов. Регистрация единичного переизлученного фотона сигнализирует об уничтожении фотона в моде, определяемой формой

Группа российских физиков под руководством Сергея Кулика, профессора кафедры квантовой электроники МГУ, провела экспериментальное исследование эффекта квантового вампира на тепловых состояниях света. Они показали, что данный эффект может быть объяснен статистическими свойствами излучения без привлечения понятий запутанности или нелокальности, опровергнув таким образом выводы своих предшественников. Доклад, посвященный результатам данных исследований, был сделан на конференции LPHYS'17, которая проходила в Казани. Тезисы доклада доступны на сайте конференции. <http://www.lasphys.com/workshops/abstracts/files/2017/e2/82/c4/c3da88abfec7dd0d878694ab0e/abstract.pdf>

облака, и запускает запись изображения на камере. Вычитание фотона не приведет к появлению тени от облака на выходном квантовом состоянии, так что распределение интенсивности в нем (оранжевая линия) не изменится. Эта ситуация контрастирует с обычным линейным поглощением, которое приводит к появлению тени на экране (синий пунктир).

Эффект квантового вампира впервые был экспериментально обнаружен в группе Александра Львовского и опубликован в журнале Optica в 2015 году: "Quantum vampire: collapse-free action at a distance by the photon annihilation operator". I.A. Fedorov, A.E. Ulanov, Yu.V. Kurochkin, and A.I. Lvovsky. Optica. 2, 2, 112–115 (2015).

Реальный эксперимент, как это обычно водится в физике, был реализован на несколько иных объектах, нежели мысленный опыт, описанный выше. Его упрощенная схема приведена на рисунке ниже.



Здесь на вход полупрозрачной пластинки (светоделителя) подается свет в состоянии, содержащем несколько фотонов в некоторой моде a . Модой в оптике называется некоторое стационарное решение уравнений на распределение электромагнитного поля. При этом, поскольку

свет квантован, то интенсивность излучения, соответствующая данному решению, также квантуется и описывается в рамках числа фотонов — элементарных квантов света.

Когда такой пучок попадает на светоделитель В1, свет переходит в состояние квантовой суперпозиции: он одновременно находится в состоянии отраженном (мода a_1) и прошедшем через пластинку (мода a_2). Чуть дальше части этого единого когерентного состояния «склеиваются» обратно в исходное состояние другим светоделителем В3, после чего с помощью детектора измеряется число его фотонов. При этом на пути моды a_1 реализована система, которая с очень маленькой вероятностью может удалить фотон. Факт удаления фотона регистрируется сигналом от специального счетчика SPCM3.

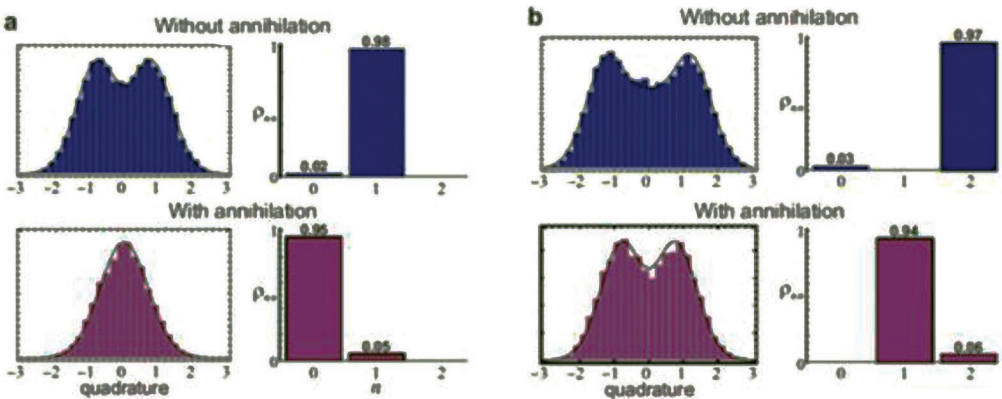
Эксперимент показал, что если счетчик SPCM3 дает сигнал, то детектор регистрирует число фотонов в исходной моде a , уменьшенное на единицу. При этом говорят, что квантовый вампир «покусал» моду в одном из плечей интерферометра. Данный факт был установлен для одно- и двухфотонных состояний света.

Граница, которая пролегает между квантовым и классическим подходами, определяется фактически интенсивностью взаимодействия измерительной системы с модой. Слабое взаимодействие производит преобразование квантового состояния, не разрушающее суперпозицию, в то время как интенсивное взаимодействие, как правило, приводит к ее необратимому измерению, которое также называется коллапсом, или редукцией фон Неймана. Такая редукция это, по сути, многоступенчатый процесс взаимодействия с окружением, в результате чего квантовая система теряет неопределенность. В данном случае, система из состояния с неопределенным выбором пути (отраженный a_1 или прошедший a_2) коллапсирует с некоторой вероятностью в состояние, соответствующее либо пути a_1 , либо пути a_2 . Процесс редукции называется декогерентностью и является одним из самых главных препятствий на пути к созданию квантовых компьютеров.

Авторы же нового исследования отмечают тот факт, что в группе Львовского теоретически и экспериментально работали с состояниями света с фиксированным числом фотоном в моде. Вместе с тем известно, что любой источник света подвержен статистическим флуктуациям числа фотонов, вопрос лишь в том, насколько эти флуктуации существенны. Наиболее сильные флуктуации наблюдаются у источников, генерирующие излучение за счет тепловых процессов (например, лампа накаливания), поэтому свет, описываемый статистическим распределением числа фотонов в моде, получил название теплового света.

Группа Кулика экспериментально продемонстрировала эффект квантового вампира на тепловых состояниях света, пространственно разделенных на две отдельные моды. Они показали, что удаление фотона в одной из них приводит к тому, что в другой моде детектируется тепловое состояние с измененными статистическими свойствами, соответствующими вычитанию фотона. Оказалось, что результаты экспериментов могут быть объяснены без привлечения понятий квантовой нелокальности и запутанности, если просто учесть статистическую (классическую) корреляцию фотонов между собой. Из выводов данной работы следует, что эффект квантового вампира на самом деле не до конца «квантовый».

Хотя существование квантовой суперпозиции в эффекте квантового вампира оказывается под сомнением, исследования подобных систем вызывает большой интерес. В частности, мы уже рассказывали о недавнем исследовании, в котором физикам удалось создать суперпозицию порядка выполнения операций.



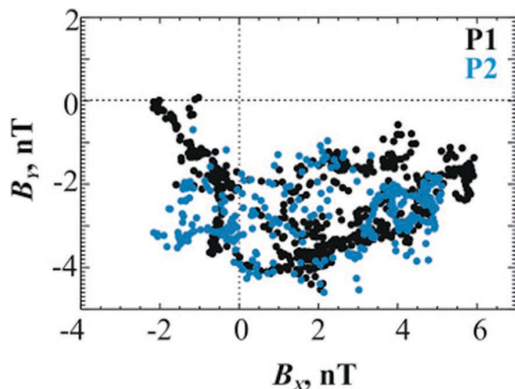
Результаты измерения числа фотонов в собранной моде a в зависимости от того, было поглощение на счетчике SPCM3 (фиолетовые данные) или не было (синие данные). Измерения были проведены для однофотонной (a) и двухфотонной (b) мод.

В группе Львовского этот эксперимент был объяснен в рамках понятий нелокальности и квантовой запутанности. Более подробно об этих интересных явлениях можно прочитать в большом интервью, (<https://nplus1.ru/material/2016/03/24/nonlocality>) которое Александр Исаевич дал для N + 1. Согласно данному объяснению, важной особенностью такого эксперимента является то, что удаление фотона из одной моды также удаляет фотон и из моды, расположенной от нее на некотором расстоянии, и это изменение происходит мгновенно. Нечто подобное наблюдается при квантовой телепортации.

Это входит в противоречие с повседневным опытом. В обычной жизни мы привыкли к тому, что при поглощении отраженного от какой-либо преграды света интенсивность света, прошедшего эту преграду, не изменяется. В противном случае, если бы мы видели себя в отражении оконного стекла, это означало бы, что по другую сторону окна нас не видно.

«Quantum Vampire Biting Thermal Light». K.G. Katamadze, G.V. Avosopyants, Yu.I. Bogdanov, and S.P. Kulik. <http://www.lasphys.com/workshops/abstracts/files/2017/e2/82/c4/c3da88abfec7dd0d878694ab0e/abstract.pdf>

СДВИГ ЛИНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СПОСОБЕН САМООРГАНИЗОВЫВАТЬСЯ



Сотрудники физического факультета и научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова экспериментально доказали, что шировая компонента магнитного поля ночной стороны магнитосферы Земли способна к самоорганизации.

Магнитное поле Земли — поле, по которому проходят магнитные силовые линии нашей планеты. Иногда это поле «загибается» и переходит в третье измерение — такое явление называется магнитным сдвигом, или шировой компонентой магнитного поля. Шировая компонента обычно появляется в хвосте магнитосферы Земли — длинном образовании с ночной стороны магнитосферы. При этом до сих пор было неизвестно, как эта компонента генерируется. Ранее считалось, что шировая компонента появляется в плазменном слое хвоста благодаря проникновению в хвост межпланетного магнитного поля (ММП). Плазменный слой образуется в той части хвоста, где магнитное поле слабое, за счет этого в эту область натекает плазма. В том же месте существует токовый слой — очень сильный ток (с силой тока равной миллион ампер А), текущий через плазму. Несколько лет назад авторы статьи создали модель магнитосферы Земли и предположили, что на генерацию ширового поля влияет не только ММП, но и внутренняя динамика плазменного слоя.

В ходе работы ученые исследовали связь между величиной шировых компонент магнитного поля и ММП. Они наблюдали за корреляциями (взаимодействиями) шировой компоненты в плазменном слое и этой же компоненты в ММП. Ученые установили, что корреляция лучше во время спокойных условий, когда высокоскоростные потоки плазмы в плазменном слое отсутствуют. Во время активных периодов, когда в плазменном слое наблюдаются ускоренные плазменные потоки, корреляция хуже. Причиной плохой корреляции стало то, что во время активных периодов токовый слой усиливается из-за ускоряющихся потоков плазмы. Этот токовый слой может существенно модулировать фоновое поле шировой компоненты в плазменном слое и нарушать корреляцию.

Также авторы исследовали пространственные распределения поля шировой компоненты в направлении нормали к токовому слою хвоста. Нормаль токового слоя — это перпендикуляр через плоскость этого слоя. Оказалось, что шировая компонента может появляться в двух формах.

«Показано существование двух типов конфигураций, которые могут самосогласованно генерироваться в токо-

вом слое. Первое — симметричное «колоколообразное» распределение, где шировая компонента максимальна у вершины «колокола» и минимальна к краям. Второе — «квадрупольное» распределение поля шировой компоненты, напоминающее синусоид (в одном конце значение положительное, в другом — отрицательное)», — рассказала один из авторов статьи Хельми Малова, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории магнитосфер планет отдела космических наук научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова.

Авторы выяснили, что время жизни «квадрупольных» конфигураций поля компоненты короткое, оно составляет всего лишь несколько минут. А «колоколообразная» форма шировой компоненты оказалась более устойчивой: время ее жизни, по оценкам ученых, составляет до десяти минут.

В ходе работы ученые использовали данные многоспутниковых миссий Cluster и THEMIS. Авторы рассмотрели девять интервалов наблюдений THEMIS в феврале-марте 2009 года.

«Данные исследования будут развиваться в направлении более детального исследования механизмов генерации шировой компоненты магнитного поля в токовом слое хвоста и построении самосогласованной теории, которая бы позволила объяснить самоорганизацию магнитных полей в космической плазме, их время жизни и пространственную локализацию», — заключила Хельми Малова.

Работа проходила в сотрудничестве с учеными из Института космических исследований РАН, Высшей школы экономики и из Института космических исследований и технологий Болгарской академии наук.

“A shear BY field in the Earth’s magnetotail and its variations in the current sheet”. E.E.Grigorenko, H.V. Malova, V.Yu. Popov, R. Koleva, L.M. Zelenyi. *J. of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. **164**, 8, с. 1–8 (2017).

НОВЫЕ СВЕРХПРОВОДНИКОВЫЕ УСТРОЙСТВА И ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ АНТЕННЫ

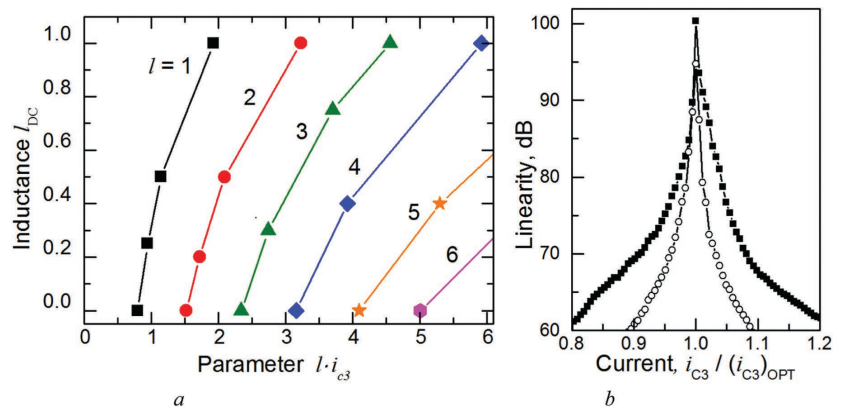
Сотрудники кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова разработали новые сверхпроводниковые устройства. Ученые получили специальные структуры, на основе которых создали высокочувствительные и усиливающие сигнал антенны.

Сверхпроводники — устройства, в которых способность препятствовать прохождению через них электрического тока равна нулю. Разработанные учеными МГУ сверхпроводниковые устройства многоэлементные (состоят из двух и более частей) и интегральные, то есть все части неразрывно связаны между собой. Ученые отмечают, что такие устройства могут использоваться в области цифровой и аналоговой электроники.

«В статье дается обзор наших исследований и достигнутых результатов в области многоэлементных сверхпроводниковых устройств для развития и создания новых средств информационно-телекоммуникационных технологий. Прямым результатом теоретических и экспериментальных исследований была разработка специальных структур, получивших название «сверхпроводящие квантовые решетки» (Superconducting Quantum Arrays)», — рассказал один из авторов статьи Виктор Корнев, доктор физико-математических наук, профессор кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники отделения ядерной физики физического факультета МГУ.

С помощью разработанных структур ученые создали новые приемные антенны. Это электрически малые антенны, размер которых намного меньше длины волны принимаемого электромагнитного сигнала. Более того, разработанные антенны относятся к активному типу, то есть они осуществляют одновременно и высокочувствительный прием, и усиление полученных сигналов. Физические принципы работы такой антенны основаны на использовании макроскопических квантовых эффектов в сверхпроводниках: явления сверхпроводимости, эффекта Джозефсона, эффекта макроскопической квантовой интерференции.

В отличие от обычных антенн пассивного типа, которые имеют всегда ограниченную, узкую полосу принимаемых частот, разработанные сверхпроводниковые антенны — широкополосные устройства, способные с одинаково высокой чувствительностью принимать сигналы с частотами от нескольких герц до нескольких десятков гигагерц (потенциально даже выше). Ученые отмечают, что одна такая антенна может заменить целый большой набор узкодиапазонов антенн. Физические размеры созданных и



исследованных антенных прототипов, размещенных на чипе размером $5 \times 5 \text{ мм}^2$, составляют от 3×3 до $4 \times 4 \text{ мм}^2$.

В ходе работы российские ученые выполняли теоретические разработки физических основ, аналитические расчеты, численное моделирование разрабатываемых устройств. Также они разработали послойную топологию тонкопленочных интегральных схем (число пленочных слоев порядка десяти) и выполнили экспериментальное исследование образцов.

«Предложенные и разработанные сверхпроводящие квантовые решетки и активные электрически малые антенны на их основе обладают большим прикладным потенциалом для создания широкополосных высокочувствительных устройств, расширяющих современные возможности приема и обработки сигналов, в том числе для создания широкополосных приемных систем с прямой оцифровкой сигналов», — заключил ученый.

Работа проходила в сотрудничестве с учеными из Института квантовой оптики и квантовой информации Австрийской академии наук, Калифорнийского университета, Государственного объединения научных и прикладных исследований (Австралия), американской военно-промышленной компании Northrop Grumman Corporation и из американской научно-технологической компании HYPRES, Inc.

«Broadband active electrically small superconductor antennas». V.K. Kornev, N.V. Kolotinskiy, A.V. Sharafiev, I.I. Soloviev and O.A. Mukhanov. *Superconductor Science and Technology*, **30**, 10 2017.

АСТРОФИЗИКИ МГУ ВПЕРВЫЕ В МИРЕ НАБЛЮДАЛИ СЖИМАЮЩИЙСЯ БЕЛЫЙ КАРЛИК

Астрофизики кафедры астрофизики и звездной астрономии (ГАИШ) МГУ имени М.В.Ломоносова совместно с российскими и итальянскими коллегами впервые обнаружили непосредственные свидетельства того, что белый карлик на ранних этапах своей эволюции сжимается. Увидеть это явление ученым помогла загадочная двойная звездная система в созвездии Кормы.

Ранее астрофизики предполагали, что молодые белые карлики, компактные «останки» эволюции звезд солнечно-го типа, на ранней стадии своей жизни должны сжиматься. Согласно расчетам, из-за постепенного остывания радиус типичного белого карлика может сократиться на несколько сотен километров в течение первого миллиона лет его существования.

Тем не менее, астрономических наблюдений, которые могли бы подтвердить истинность этой теории, до последнего времени не было. Дело в том, что большинство известных ученым белых карликов значительно старше, а также у астрономов не было надежного метода измерения радиуса таких звезд.

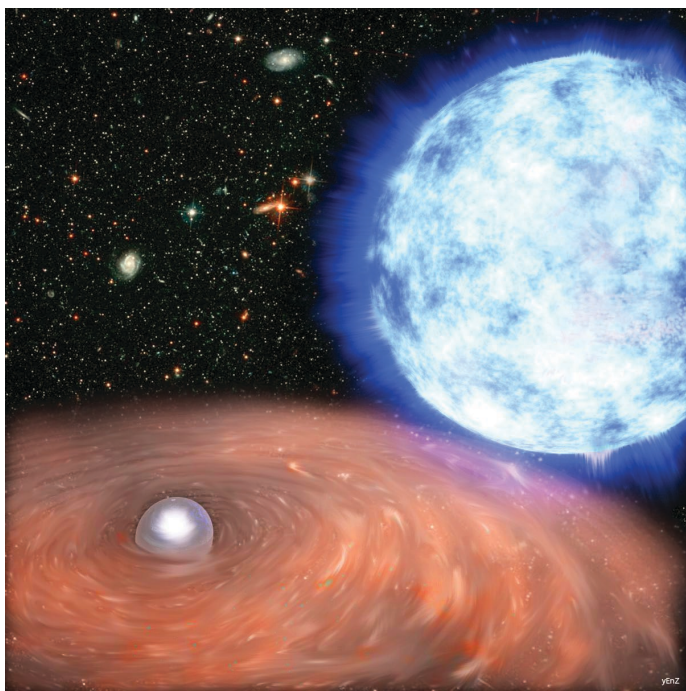
«Благодаря этому открытию астрофизики смогут проверять модели эволюции молодых белых карликов. И искать похожие системы в галактике», — отметил главный автор статьи, ведущий научный сотрудник ГАИШ МГУ, доктор физико-математических наук, профессор, астрофизик Сергей Попов.

В системе находится компактный объект, период вращения которого составляет всего 13 секунд. Что это — белый карлик или нейтронная звезда — было предметом споров на протяжении многих лет. Если это белый карлик, то тогда ученые имеют дело с самым быстрым вращением подобного объекта среди известных астрономам. Соответственно, источник в рентгеновском диапазоне наблюдается благодаря аккреции вещества, попадающего на карлика из звездного ветра от его звезды-спутника.

Недавно астрономы обнаружили, что скорость вращения компактного объекта уверенно растет на протяжении последних 20 лет. Период вращения сокращается на семь наносекунд в год — весьма мощный эффект для небесного тела, чья масса превосходит солнечную. Более того, в случае белого карлика такую скорость раскрутки нелегко объяснить в рамках привычных теорий, в которых вращение ускоряется за счет поглощаемого вещества звезды-соседки. А в случае нейтронной звезды не удается объяснить многие другие особенности системы.

Попов и его коллеги предложили разгадку этого феномена: растущую скорость вращения легко объяснить тем, что белый карлик сжимается — подобно тому как фигурист складывает руки на груди, чтобы быстрее крутиться. По расчетам ученых, возраст звезды в системе HD49798/RX J0648.0—4418 составляет примерно два миллиона лет. Скорость сжатия около сантиметра в год, которая и ожидается для белого карлика такого возраста, как раз идеально объясняет наблюдаемую скорость вращения и подтверждает, что астрофизики впервые идентифицировали сжимающийся белый карлик.

«У этого открытия есть два важных смысла. С одной стороны, существовала загадочная система. Несколько лет астрономы спорят, что там находится — белый карлик или нейтронная звезда? Это мы объяснили, хотя, возможно, это и не столь важно для астрофизики в целом. По значимости открытие можно сравнить с раскрытием детективом хитрого преступления — хотя событие вполне локальное, все равно интересно. Есть и второй смысл открытия. Десятки лет было понятно, что молодые белые карлики сжимаются. Саму же фазу сжатия “живую” никогда не видели. И уникальность системы, которую мы



Белый карлик из системы HD49798/RX J0648.0—4418. Автор: Francesco Mereghetti.

Сергей Попов и его коллеги смогли найти четкие признаки сжатия белых карликов, наблюдая за загадочным источником рентгеновского излучения в двойной звездной системе редкого типа. Речь идет о системе HD49798/RX J0648.0—4418, расположенной на расстоянии 2000 световых лет от Земли, в созвездии Кормы. Ее внимательно изучают с помощью оптических, ультрафиолетовых и рентгеновских телескопов уже десятки лет.

наблюдали, в том, что белый карлик как будто подсветили (благодаря аккреции вещества с соседней звезды). Но подсветили так аккуратно, что это не повлияло на его вращение — вот в чем редкость. В других аналогичных системах аккреция гораздо мощнее: уже она определяет, как белый карлик крутится, отчего заметить “красоту сжатия” невозможно», — рассказал Сергей Попов.

Исследование выполнено совместно с учеными из Института астрономии РАН, Института теоретической и экспериментальной физики имени А.И. Алиханова и Национального института астрофизики (Милан, Италия).

“A young contracting white dwarf in the peculiar binary HD 49798/RX J0648.0–4418?” S.B. Popov, S. Mereghetti, S.I. Blinnikov, A.G. Kuranov, L.R. Yungelson. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2017.

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЙ ДАТЧИК ПОЗВОЛИТ АНАЛИЗИРОВАТЬ ГАЗЫ ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Сотрудники физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и их коллеги выявили механизм, позволяющий газовому датчику на основе нанокристаллических оксидов металлов работать при комнатной температуре. Это изобретение позволит более эффективно вести мониторинг среды на АЭС, а также на подводных лодках и космических кораблях.

Ученые предложили принципиально новый принцип работы датчика водорода. В отличие от большинства резистивных газовых датчиков, он работает не при нагреве, а при освещении светом видимого диапазона. Это открытие позволит существенно снизить энергопотребление датчика, а также расширить сферы его применения.

«Такие датчики можно будет использовать во взрывоопасных средах, или их можно будет встраивать в мобильные устройства, не конструируя дополнительные системы теплоотвода», — рассказал Александр Ильин, соавтор исследования, аспирант физического факультета МГУ.

Исследователи выяснили, что композиты на основе оксидов цинка и индия позволяют значительно увеличить чувствительность датчика к водороду. Также физики предложили объяснение повышенной чувствительности созданного композита. По их мнению, механизм отклика датчика заключается в изменении процессов генерации и рекомбинации неравновесных электронов оксидов при взаимодействии с водородом. Композиты определенного состава и структуры обеспечивают более значительное изменение этих процессов.

Образцы для датчика были получены из порошков нанокристаллических оксидов индия и цинка. Структуру и размер частиц ученые исследовали методами просвечивающей электронной микроскопии и рентгеновской дифракции. Для измерения электрических и сенсорных характеристик полученных структур была создана установка, в которой устанавливалась необходимая температура композита и создавалась контролируемая атмосфера с водородом.

Полученные результаты уже сейчас позволяют начать разработку нового типа резистивного датчика водорода, работающего без нагрева при дополнительном освещении. Такие сенсоры перспективны не только для эффективного мониторинга загрязнения среды на промышленных предприятиях, но и для постоянного контроля состав воздуха на замкнутых объектах (подлодки, шахты, космические корабли), где малейшие изменения в химическом составе могут привести к человеческим жертвам.

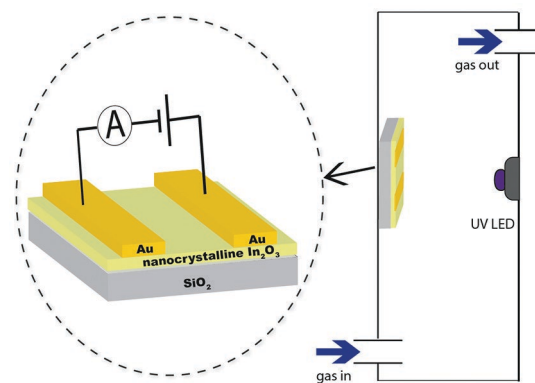
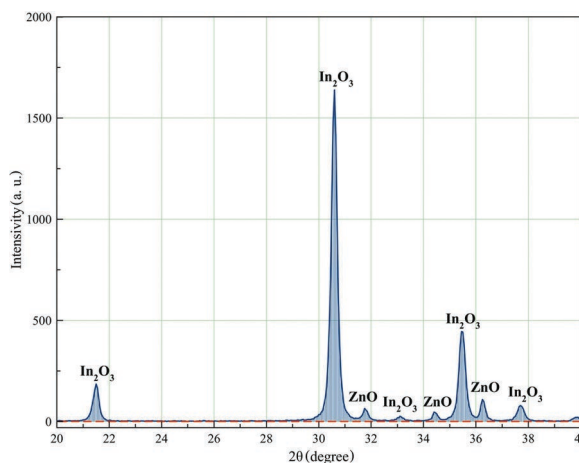


Схема датчика водорода.

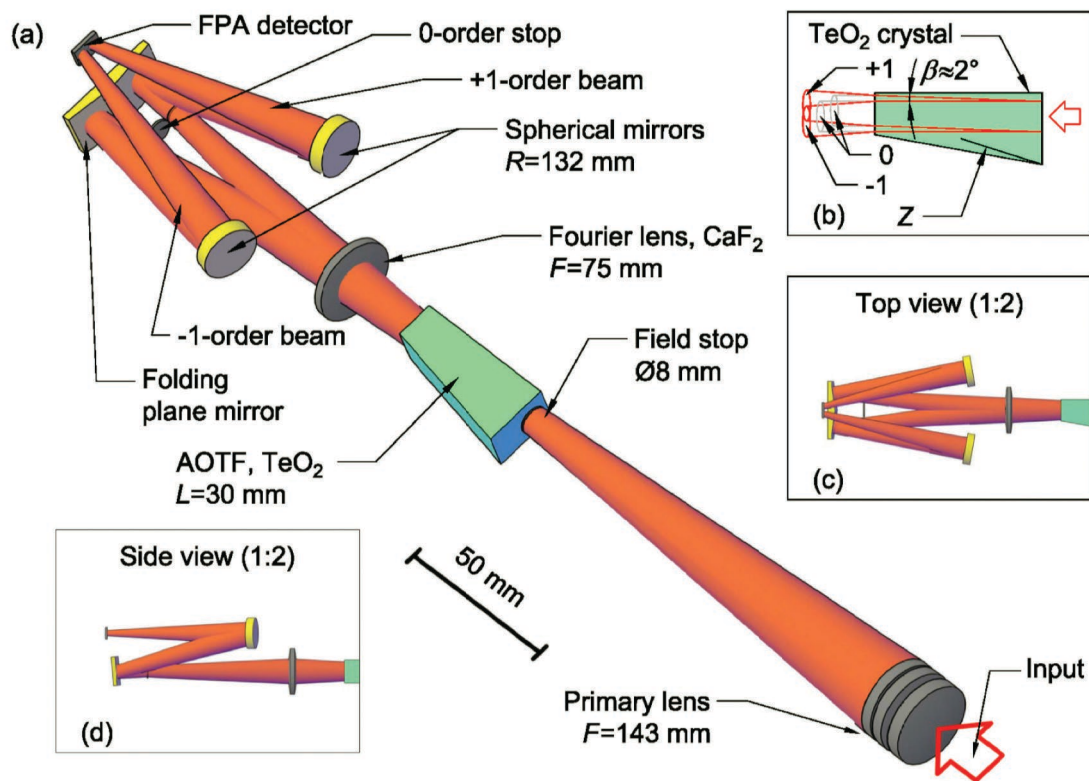


Исследование выполнено совместно с учеными ИХФ РАН, НИЦ «Курчатовский институт» и АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова

“Green light activated hydrogen sensing of nanocrystalline composite ZnO-In₂O₃ films at room temperature.” A.S. Ilin, M.I. Ikim, P.A. Forsh, T.V. Belysheva, M.N. Martyshev, P.K. Kashkarov & L.I. Trakhtenberg. *Scientific Reports* 7, Article number: 12204 (2017). doi:10.1038/s41598-017-12547-5.

НОВЫЙ ДАТЧИК ДЛЯ МАРСОХОДА

Сотрудники физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в составе международной коллаборации разработали компактный спектрополяриметр, позволяющий исследовать каменные породы на поверхности космических тел.



Устройство нового спектрополяриметра.

Метод спектральных изображений, то есть измерение спектральных характеристик в каждой конкретной точке объекта, широко используется для изучения поверхностей астрономических тел. Важную дополнительную информацию о структуре и составе пород дает спектральная поляриметрия. С помощью этого метода ученые определяют, как направление распространения света (плоскость поляризации) изменяется при его прохождении через минерал.

«Научная ценность данной работы заключается в разработке компактного и легкого спектрополяриметра, который можно было бы без труда разместить на марсоходе», — рассказал один из авторов статьи Сергей Потанин, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры астрофизики и звездной астрономии физического факультета МГУ.

В ходе работы ученые спроектировали спектрополяриметр, работающий в ближнем инфракрасном диапазоне. На основе расчетов группа создала лабораторный прототип и протестировала его гипсе и каолините. Эти минералы лучше прочих эмитируют поверхность Луны и Марса. Авторы исследования ожидают, что в будущем спектрополяриметры такого типа будут использовать как инструмент разведки на планетоходах. В отличие от ныне

используемых аналогов, новый прибор более компактный и легкий. Такого результата удалось добиться с помощью новой оптической схемы, в которой одновременно снимаются два изображения в двух перпендикулярных плоскостях поляризации.

«Главный результат работы заключается в разработке и создании опытного образца спектрополяриметра для исследования каменных пород. Предлагается использовать такой прибор в программе исследования планеты Марс (миссия ExoMars)», — добавил Сергей Потанин.

В работе принимали участие ученые из Института космических исследований РАН, Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» и AdlOptica GmbH (Германия).

“Compact acousto-optic imaging spectro-polarimeter for mineralogical investigations in the near infrared”. D.A. Belyaev, K.B. Yushkov, S.P. Anikin, Yu.S. Dobrolenskiy, A. Laskin, S.N. Mantsevich, V.Ya. Molchanov, S.A. Potanin, and O.I. Korabiev. *Optics Express*. **25**, 21, 25980–25991 (2017).

СОЗДАН КВАНТОВЫЙ ГЕНЕРАТОР СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ

Группой ученых лаборатории квантовых оптических технологий физического факультета МГУ М.В. Ломоносова, Академии криптографии Российской Федерации и Института физики твердого тела РАН экспериментально реализован компактный высокоскоростной квантовый генератор случайных чисел, использующий регистрацию квазиоднофотонного излучения матрицей SiPM (Silicon Photo-Multiplier), что позволяет надежно достичь пуассоновской статистики фотоотчетов.

«Развитие современных квантовых технологий открыло новые перспективы для создания систем защищенной связи. Наиболее яркий пример — квантовая криптография. Для распределения секретных ключей в системах квантовой криптографии требуется большое количество случайных последовательностей 0 и 1. Для этих целей используются квантовые генераторы случайных чисел», — комментирует профессор физического факультета, руководитель лаборатории квантовых оптических технологий, автор статьи С.П. Кулик.

Выбор и использование оптимальной группировки фотоотчетов для исходной последовательности актов фотодетектирования и полиномиального по длине последовательности метода извлечения случайной последовательности 0 и 1, позволил достичь скорости выходной доказуемо случайной последовательности в 64 Mbit/s, 75 Mbit/s и 100 Mbit/s. Скорость генерации случайной последовательности зависит от типа используемого SiPM. Случайные последовательности успешно прошли статистические тесты NIST.

«Случайные числа широко используются в различных областях науки и техники, например, при вычислении многомерных интегралов, моделировании различных процессов методом Монте-Карло. Наиболее широкое применение случайные числа находят в криптографии. Случайные последовательности используются для секретных ключей в системах симметричного шифрования, генерации паролей, PIN кодов для различных типов пластиковых карт, кодов аутентификации, вероятностных алгоритмов и систем квантового распределения ключей. Практически для всех упомянутых применений требуются случайные числа, полученные исключительно с физических генераторов.

Все генераторы случайных чисел можно разделить на два класса. Первый класс — генераторы, основанные на некоторых математических преобразованиях, как правило, рекуррентных, затравочного числа, обычно случайного. Такие генераторы выдают псевдослучайную последовательность. При известном алгоритме вся случайность связана с неопределенностью затравочного числа.

Второй класс — физические генераторы. Случайная последовательность возникает как результат измерения состояния физической системы. Если эволюция системы описывается законами классической физики, то случайность связана только с неопределенностью начальных условий. Даже при сложном законе классической эволюции начальные условия, в принципе, могут быть восстановлены. После этого эволюция системы будет полностью предска-



зуемой. Т.е. с логической точки зрения последовательности также будут псевдослучайными, поскольку могут быть в принципе восстановлены по начальным условиям и известному закону эволюции системы.

В этом смысле только квантовые генераторы случайных чисел, представляющие отдельный тип физических генераторов, могут производить истинную случайную последовательность — прокомментировал один из Авторов статей профессор С.Н. Молотков.

«Результаты измерений над квантовой системой, приготовленной каждый раз в одном и том же состоянии, носят принципиально случайный характер. Поэтому истинная случайность имеет место только в квантовой области», — заключил С.П. Кулик.

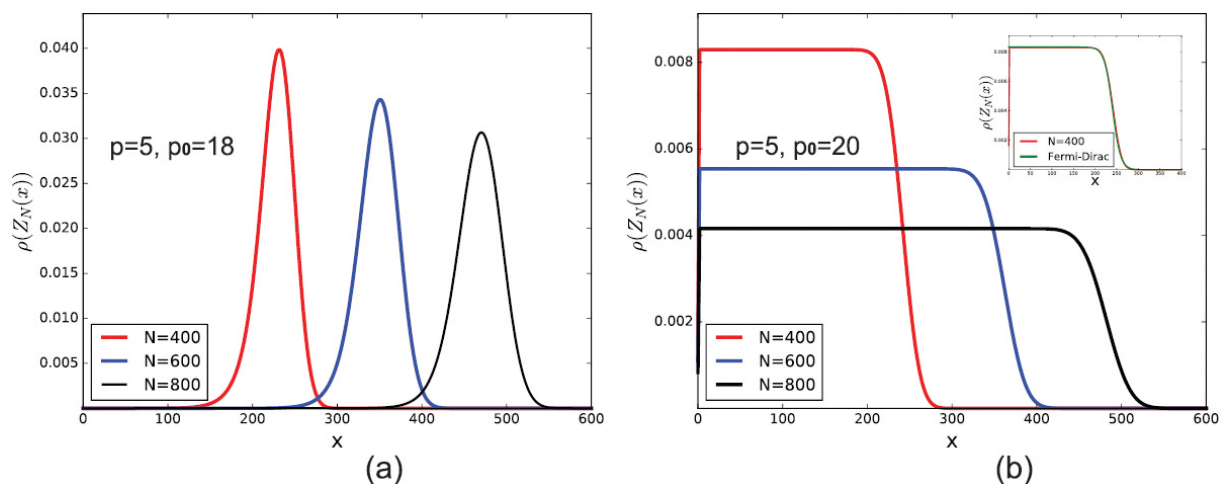
При реализации квантовых генераторов случайных чисел принципиально важно иметь математически доказуемый и физически экспериментально проверяемый процесс измерений над системой, из которого генерируется исходная случайная последовательность. Это позволяет быть уверенным, что происхождение случайности действительно имеет квантовую природу.

«Реализация квантового генератора случайных чисел, основанного на оптимальной группировке фотоотчетов». Бальгин К.А., Зайцев В.И., Климов А.Н., Кулик С.П., Молотков С.Н. Письма в ЖЭТФ, **106**, 7, 451–458 (2017).

“Quantum random number generator based on ‘Fermi–Dirac’ statistics of photocounts of faint laser pulses with a 75 Mbit s⁻¹ rate”. Balygin K.A., Zaitsev V.I., Klimov A.N., Kulik S.P., Molotkov S.N., and S Vinogradov E. Popova. Laser Physics Letters, **14**, 125207–125212 (2017).

СРАВНЕНИЕ ДВУХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ О СЛУЧАЙНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ

Сотрудник кафедры полимеров и кристаллов физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова вместе с российскими коллегами обсудил различие между задачей о броуновском случайном блуждании и задачей перечисления случайных траекторий в полимере.



Задача о броуновском случайном блуждании — это математическая модель процесса случайного блуждания — изменений, каждое из которых не зависит от времени и от предыдущих изменений. Этот процесс записывается пошагово. Задача перечисления случайных траекторий еще называется задачей о свободной энергии идеальной полимерной цепи.

Классическая физика полимеров во многом основывается на параллели между этими двумя задачами. Авторы выяснили, что полное совпадение имеется только в том случае, когда пространство, в котором происходит блуждание, геометрически однородно: показатели его физико-химических свойств по высоте и ширине не изменяются. Если в пространстве имеются особые точки, из которых можно пойти в большее число направлений, чем из остальных, то для задачи о перечислении траекторий они начинают работать как энтропийные (определяющие неупорядоченность, неопределенность) ловушки. При этом ученые могут локализовать траектории на этих точках. Для обычных случайных блужданий ничего подобного не происходит.

«В этой работе мы очень подробно рассмотрели такое явление локализации на нескольких типах гиперболических регулярных графов — абстрактных математических объектов, представляющих собой множество вершин графа и набор ребер. В графах при этом была только одна особая точка», — рассказал один из авторов статьи Михаил Тамм, старший научный сотрудник кафедры физики

полимеров и кристаллов отделения физики твердого тела физического факультета МГУ.

В ходе работы ученые составили рекуррентные соотношения и нашли их аналитическое решение. Также они провели численное итерирование уравнений и аналитическое вычисление собственных значений больших разреженных матриц.

«С одной стороны, эту работу можно рассматривать как некоторое важное дополнение к нашему пониманию ограниченности параллели полимер — случайное блуждание. С другой стороны, она может иметь существенное значение для быстро развивающейся науки о сложных сетях и понимание физического смысла старших собственных значений соответствующих матриц смежности — это очень активно развивающаяся область. В настоящей работе мы показываем возможность возникновения состояний, локализованных вблизи одной вершины, и (для простейшего регулярного случая) указываем количественные условия образования такого связанного состояния», — заключил ученый.

«Path counting on simple graphs: from escape to localization». S.K. Nechaev, M.V. Tamm, and O.V. Valba. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment* (2017)

СВОЙСТВА МАГНИТНЫХ ВОЛН В МАГНИТНЫХ ПЛЕНКАХ

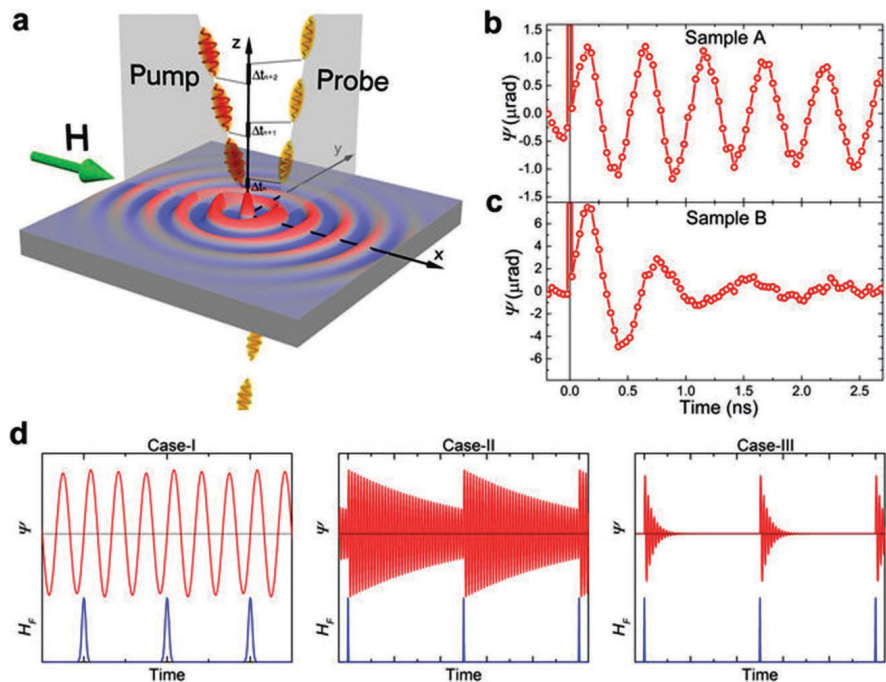
Сотрудники кафедры фотоники и физики микроволн физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова исследовали диэлектрические магнитные пленки и колебания их магнитного порядка и научились управлять свойствами этих колебаний.

Диэлектрическая магнитная пленка — это гибкая лента, которая покрыта тонким магнитным слоем и не проводит электричество. В таких пленках все магнитные моменты (векторы) имеют строго определенное направление. Иногда эта магнитная упорядоченность нарушается, причем она не локализуется на векторе, а в виде волны распространяется по пленке. Эти волны называются спиновыми.

«Мы исследовали оптическое возбуждение — возбуждение с помощью лазера — спиновых волн в диэлектрических магнитных пленках и добились управления их свойствами. В нашем эксперименте спиновые волны возбуждаются последовательностью импульсов фемтосекундного лазера (лазера со сверхкороткими импульсами) с периодом повторения намного меньшим, чем время релаксации осцилляций намагниченности — установления равновесия при изменении направлений векторов. Это позволяет генерировать спиновые волны в узком диапазоне волновых чисел и увеличивать их амплитуду. Более того, длиной волны можно эффективно управлять с помощью небольшого изменения внешнего магнитного поля», — рассказал один из авторов статьи Владимир Белотелов, доктор физико-математических наук, доцент кафедры фотоники и физики микроволн отделения радиофизики физического факультета МГУ.

Ученые проводили эксперименты с использованием методики «накачка-зондирование» на двух экспериментальных установках с частотами повторения лазерных импульсов 80 мегагерц (МГц) и один гигагерц (ГГц).

Авторы отмечают, что в их дальнейшие планы входит нанесение плазмонных структур на магнитную пленку. Плазмонные структуры — это структуры, состоящие из квазичастиц, которые отвечают за колебания свободного электронного газа. Это нанесение нужно для еще большего усиления наблюдаемых эффектов за счет концентрации оптического излучения в области диаметром менее 100 нанометров (нм).



«Данное исследование расширяет возможности оптического способа возбуждения спиновых волн и поможет в развитии квантовой обработки информации на основе спиновых волн», — заключил ученый.

Работа проходила в сотрудничестве с учеными из Высшей школы экономики, Российского квантового центра, Технического университета Дортмунда (Германия), Физико-технического института имени А.Ф. Иоффе РАН, Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского и из Института общей физики имени А.М. Прохорова РАН.

«Generation of spin waves by a train of fs-laser pulses: a novel approach for tuning magnon wavelength». I.V. Savochkin, M. Jäckl, V.I. Belotelov, I.A. Akimov, M.A. Kozhaev, D.A. Sylgacheva, A.I. Chernov, A.N. Shaposhnikov, A.R. Prokopov, V. N. Berzhansky, D.R. Yakovlev, A.K. Zvezdin & M. Bayer. *Scientific Reports*. **7**, 5668 (2017).

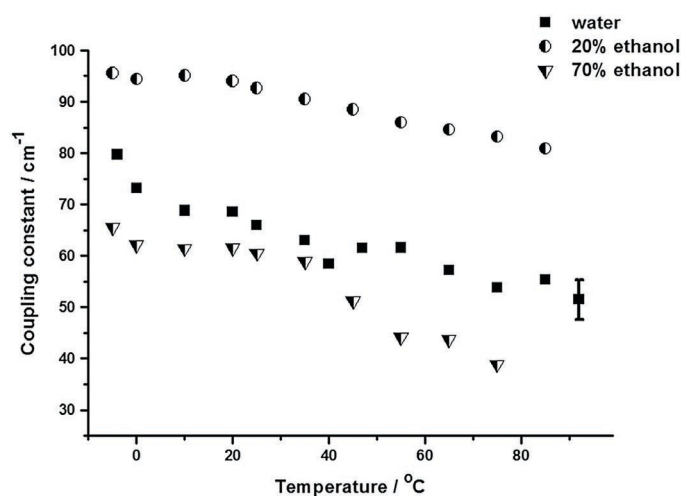
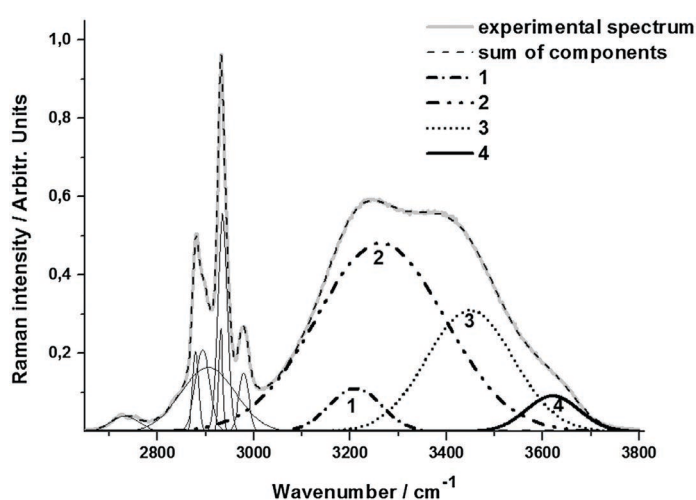
СПЕКТРЫ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ ВОДЫ

На кафедре квантовой электроники физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова установили, что резонансы Ферми и Дарлинг–Деннисона вносят существенный вклад в механизмы формирования спектров комбинационного рассеяния воды и водно-этанольных растворов.

«В работе были получены спектры комбинационного рассеяния воды и водно-этанольных растворов с различным содержанием этанола в широком температурном диапазоне — от переохлажденных растворов (-4°C) до растворов при температуре 92°C . Для получения информации о колебательных резонансах из спектров применялось разложение спектральных полос на контуры с помощью метода генетических алгоритмов», — рассказал один из авторов статьи Иван Пластинин, ведущий специалист

кафедры квантовой электроники отделения радиофизики физического факультета МГУ.

Генетический алгоритм — это алгоритм, который позволяет найти удовлетворительное решение к аналитически неразрешимым или сложнорешаемым проблемам через последовательный подбор и комбинирование искоемых параметров с использованием механизмов, напоминающих биологическую эволюцию.



Оказалось, что резонансы Ферми и Дарлинг–Деннисона сильнее проявляются в 20-процентном растворе этанола в воде, чем в чистой воде, и ослабевают с увеличением температуры, что объясняется изменением силы водородных связей.

«Проведенные исследования носят фундаментальный характер. Полученные результаты могут внести существенный вклад в понимание процессов, происходящих в воде и водных растворах, а также помочь продвинуться в исследовании до сих пор не до конца изученной структуры воды. Полученные результаты представляют интерес

для исследователей, специализирующихся в области колебательной спектроскопии», — заключил ученый.

Работа проведена в сотрудничестве с учеными из Национального исследовательского ядерного университета Московского инженерно-физического института (НИЯУ МИФИ).

“Contribution of Fermi and Darling–Dennison resonances to the formation of Raman spectra of water and water–ethanol solutions”. I.V. Plastinin, S.A. Burikov, S.A. Dolenko, and T.A. Dolenko. *Journal of Raman Spectroscopy*. **48**, 9, 1235–1242 2017.

КВАНТОВАЯ ОПТИКА ПОЗВОЛИТ ОТКАЗАТЬСЯ ОТ ДОРОГОСТОЯЩИХ ЛАЗЕРОВ В СПЕКТРОСКОПИИ

Аспирантка физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в составе международной коллаборации ученых разработала метод время-разрешенной спектроскопии, позволяющий изучать быстропротекающие процессы в образцах. Новый метод работает на основе анализа квантованного света, пропускаемого через исследуемый образец без использования фемтосекундных лазеров и сложных систем детектирования. Разработка значительно дешевле используемых в этой области и, кроме того, позволяет исследовать образец, не разрушая его.

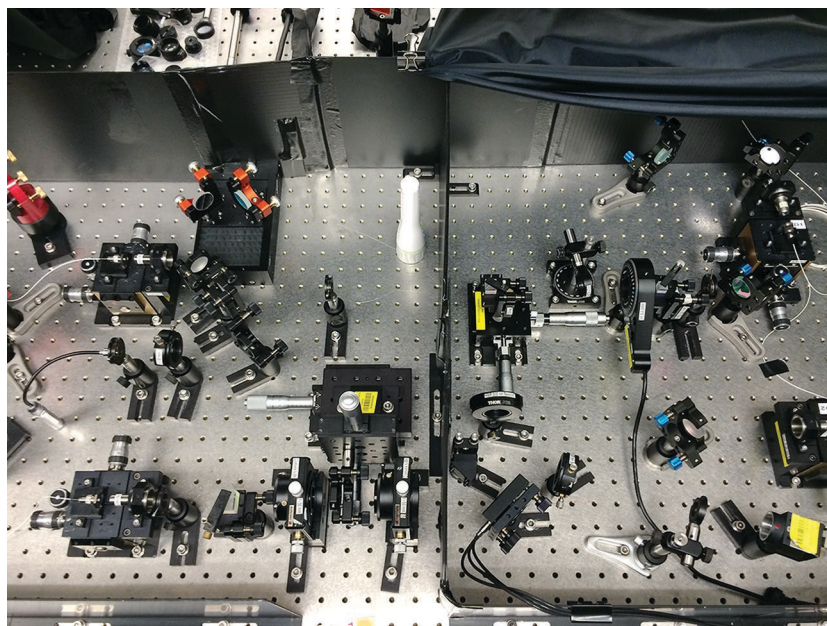
Один из распространенных способов исследования процессов, происходящих в веществе, основан на оценке времени, за которое исследуемый образец откликается на воздействие внешних электромагнитных полей. По временному отклику можно судить, какие связи существуют между компонентами вещества. Часто эти времена измеряются фемтосекундами (10^{-15} сек), поэтому в подобных опытах принято применять фемтосекундные лазеры, способные генерировать сверхкороткие импульсы.

Однако использование фемтосекундных лазеров сопряжено с рядом проблем. Во-первых, они обладают высокой мощностью из-за чего могут повреждать исследуемый объект, а во-вторых, стоимость этих лазеров высока. Для решения обеих проблем ученые разработали схему, позволяющую исследовать образцы одиночными фотонами, производимые обыкновенными лазерами. На основе разработанной схемы исследователи собрали экспериментальную установку.

Созданная установка представляет собой интерферометр простейшей схемы, позволяющей изучать интерференцию света. В собранной схеме на пути лазера расположен нелинейный кристалл, в котором рождаются пары перепутанных фотонов, разлетающихся под определенным углом. Явление квантовой перепутанности возникает в двух или более частицах, которые можно разнести на сколь угодно далекие расстояния, но при этом они продолжают «чувствовать» друг друга, то есть попытка измерить параметры одной частицы приводит к моментальному определению состояния другой.

«Благодаря нашей разработке мы можем без фемтосекундного лазера измерять фемтосекундные времена, используя одиночные фотоны», — пояснила соавтор статьи, аспирантка физического факультета МГУ Елизавета Мелик-Гайказян.

Внутри одного из «плеч» интерферометра устанавливается исследуемый образец, через него пропускаются фотоны, которые затем встречаются на оптическом делителе с фотонами, прошедшими сквозь второе «плечо». После светоделителя фотоны попадают на один из двух детекторов, которые реагируют на одиночные фотоны. Благодаря этому возможно построить схему совпадений: если оба фотона идут к одному детектору, это ноль совпадений, и одно совпадение, если они идут к разным датчикам. В момент, когда задержка между двумя плечами становится абсолютно одинаковой, возникает эффект квантовой интерференции: совпадения полностью пропадают, поскольку фотоны никогда не попадают на оба детектора одновременно.



В том случае, если на пути фотонов встречается исследуемый образец, происходят изменения в картине квантовой интерференции. В таком случае пришедшие к делителю пары запутанных фотонов становятся менее одинаковыми, чем в ситуации без образца. Из-за этого меняется статистика приема фотонов на двух детекторах, и по изменению этой статистики можно судить о характере взаимодействий в исследуемом веществе, например, оценить время перехода из возбужденного в невозбужденное состояние.

Для своей работы Мелик-Гайказян получила поддержку в рамках стипендиальной программы SIPGA, учрежденной Агентством по науке, технологиям и исследованиям (Agency for Science, Technology and Research, республика Сингапур). Ею была собрана экспериментальная установка, проведены измерения интерференционной картины при наличии и отсутствии исследуемого образца, получены экспериментальные данные и проведен их анализ.

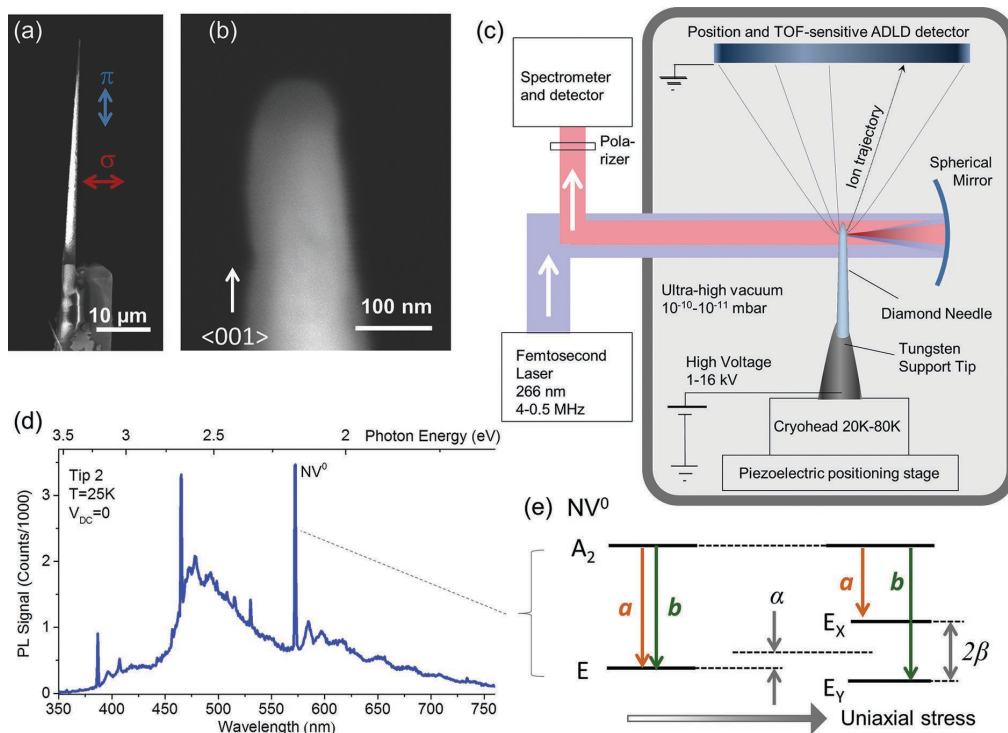
Разработанный метод ученые испытали и проверили на двух образцах: на кристалле Nd:YAG (алюмо-иттриевый гранат с неодимом) и матрице диэлектрических наночастиц.

«Новый метод анализа неизвестных веществ может найти применение в химии, биологии, материаловедении, — рассказала Елизавета Мелик-Гайказян. — Кроме того, он может пригодиться при создании квантового компьютера и для понимания того, как использовать квантовый свет в информационных технологиях».

“Quantum interference in the presence of a resonant medium”. D.A. Kalashnikov, E.V. Melik-Gaykazyan, A.A. Kalachev, Ye Feng Yu, A.I. Kuznetsov & L.A. Krivitsky. *Scientific Reports*, **7**, 11444 (2017).

ЭФФЕКТ РАСТЯЖЕНИЯ ИГОЛЬЧАТЫХ АЛМАЗНЫХ КРИСТАЛЛИТОВ

На кафедре физики полимеров и кристаллов физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова обнаружили эффект растяжения игольчатых алмазных кристаллитов под действием приложенного электрического поля. Возникающая при таком растяжении деформация приводит к изменению в спектрах люминесценции, что может быть использовано для создания датчиков электрического поля и других квантово-оптических устройств.



Алмазы — это минералы, состоящие из углерода и широко известные своей рекордной твердостью. Однако примечательными являются и другие их свойства. Как и в других кристаллах, в алмазах всегда присутствуют структурные дефекты, некоторые из которых приводят к изменению окраски (поглощения света) или люминесценции и поэтому называются центрами окраски. Особые свойства некоторых разновидностей центров окраски в алмазе делают их привлекательными для использования в квантово-оптических устройствах, к числу которых относятся, например, кубиты, использующие эффект запутанности квантовых состояний фотонов. Одно из требований, необходимых для использования алмаза в таких устройствах, состоит в том, чтобы расстояние между отдельными центрами окраски было порядка 30 нанометров.

В своих прошлых работах группа исследователей под руководством профессора кафедры физики по-

лимеров и кристаллов физического факультета МГУ, доктора физико-математических наук Александра Образцова нашла способ массового получения алмазных микроиголок. Согласно их методике, сначала алмазы выращивают в составе пленок, образующихся в ходе газофазного химического осаждения из смеси метана и водорода, содержащей также и другие «неалмазные» фракции. Затем из полученных пленок удаляют лишний материал, «выжигая» его при нагреве до определенной температуры на воздухе.

«В новой работе мы попытались получить как можно больше информации об алмазных иглах, которые мы получаем, в частности о центрах окраски», — рассказал профессор Образцов. Чтобы понять, как в структуре алмазов расположены центры окраски и какие у них свойства, ученые обратились к французским коллегам, которые обладают уникальной методикой, позволяющей провести необходимые измерения.

«С помощью этой методики наши французские коллеги изучают химический состав и пространственное расположение примесей в различных материалах», — уточнил Образцов.

В ходе измерений алмазные иглы крепили к электроду, размещенному в камере, которая обеспечивала создание и поддержание высокого вакуума. Для растяжения к электроду прикладывалось высокое напряжение, что вызывало электрическую поляризацию диэлектрического алмаза и значительное механическое усилие, растягивающее иглу. Растяжение приводило к деформации кристаллической структуры алмаза.

«При этом деформируется и структура отдельных центров окраски, — пояснили авторы исследования. — А вместе со структурой меняются их квантово-оптические характеристики. Если раньше для этого можно было только сжимать алмазы, то теперь нам впервые удалось сделать то, что раньше не удавалось, — растянуть их».

В момент растяжения образца ученые облучали лазером центры окраски и при помощи спектрометра регистрировали их люминесценцию. В ходе эксперимента исследователи обнаружили, что линии люминесценции изменяют свою форму и энергию в зависимости от силы растяжения, которую определяет приложенное электрическое напряжение. Это позволяет надеяться, что на основе аналогичных алмазных иголок можно будет создать детекторы, обеспечивающие бесконтактное измерение электрических полей с высоким пространственным разрешением.

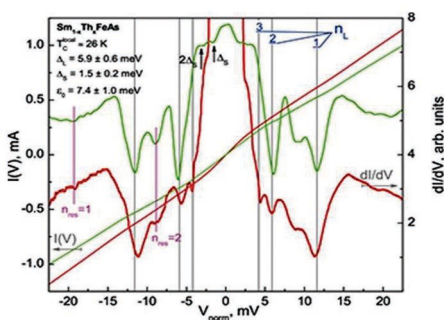
«Таковыми детекторами можно будет измерять не только поля, созданные с помощью высокого напряжения в условиях высокого вакуума, но и поля, которые существуют в биологических молекулах: ДНК, РНК и других. Измерять такие поля сегодня — гигантская научная проблема», — прокомментировал Образцов. Поскольку острия алмазных игл имеют размеры от нескольких нанометров до сотен, то и измерения, по словам исследовате-

лей, можно будет производить с точностью, соответствующей отдельным фрагментам таких молекул. Возможно, что алмазные микроиглы, способ получения которых разработан физиками МГУ, будут способны также обеспечить оптическое, бесконтактное, детектирование не только электрических, но магнитных полей, температуры и других характеристик с нано- и микроскопическим пространственным разрешением.

“Optical Contactless Measurement of Electric Field-Induced Tensile Stress in Diamond Nanoscale Needles”. L. Rigutti, L. Venturi, J. Houard, A. Normand, E.P. Silaeva, M. Borz, S.A. Malykhin, A.N. Obraztsov, and A. Vella. *Nano Lett.*, Article ASAP. DOI: 10.1021/acs.nanolett.7b03222. Publication Date (Web): November 2, 2017.

ИЗЛУЧЕНИЕ НАГРЕТЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ

Сотрудники кафедры физики низких температур и сверхпроводимости физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова при изучении излучения нагретых сверхпроводников открыли эффект резонансного излучения бозонов в высокотемпературных сверхпроводниках, содержащих в своем составе магнитные атомы железа. Ученые также выяснили, что этот эффект связан с избыточным током в сверхпроводниках.



Сверхпроводимость — свойство веществ обладать нулевым электрическим сопротивлением. Это значит, что материал вообще не препятствует прохождению через него электрического тока при температуре ниже определенного значения (критической температуры). Высокотемпературный сверхпроводник — это вещество, которое приобретает нулевое сопротивление при критической температуре кипения жидкого азота (-196°C).

Физики из МГУ исследовали свойства высокотемпературных сверхпроводников и обнаружили новый эффект резонансного излучения бозонов. Бозоны в твердом теле представляют собой возбуждения различной природы: магнитные, зарядовые, колебательные.

«Мы систематизировали сведения об особенностях сверхпроводящего состояния в высокотемпературном сверхпроводнике (Sm,Th)OFeAs, который называется система 1111, с ори-

гинальным замещением самария (Sm) на торий (Th). В работе мы определили энергетические параметры этого материала, а также обнаружили новый эффект резонансного излучения бозонов», — рассказал один из авторов статьи Светослав Кузьмичев, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник кафедры физики низких температур и сверхпроводимости физического факультета МГУ.

В исследовании ученые использовали высокотемпературные сверхпроводники, содержащие магнитные атомы железа. Образцы сверхпроводников синтезировал доктор Николай Жигадло из Бернского университета (Швейцария). Уникальность этого материала заключается в том, что часть атомов самария в нем замещена атомами тория, — такая замена улучшает сверхпроводящие свойства. Торий сам по себе уникальный элемент, так как соседствует в периодической системе химических элементов с радиоактивными радием и ураном, однако сам заметных радиоактивных свойств не проявляет.

Работа проходила в лаборатории туннельных эффектов кафедры физики низких температур и сверхпроводимости МГУ. Ученые использовали метод получения туннельных наноконтактов на микротрещине (“break-junction”). Наноконтакты хорошо проводят электрический ток (обладают высокой прозрачностью). Это позво-

лило ученым наблюдать в структурах эффект многократных внутренних андреевских отражений электронов, падающих из металла на границу со сверхпроводником.

Для каждого наноконтакта ученые записали спектр его динамической проводимости. Расшифровка этих спектров позволила обнаружить еще один эффект в наноконтактах: некоторые электроны отдают часть своей избыточной энергии для образования бозонов строго определенной энергии. Судя по всему, эффект имеет резонансный характер.

«Обнаружение нового эффекта является одновременно и целью, и призом для любого естествоиспытателя. Необходимо продолжать исследования и решать головоломку. В физике железосодержащих сверхпроводников остается множество важных вопросов, которые до сих пор не решены. Надеюсь, что проделанная работа приблизит наше понимание физики высокотемпературных сверхпроводников хотя бы на один шаг», — заключил Светослав Кузьмичев.

Работа проходила в сотрудничестве с учеными из Физического института имени П.Н. Лебедева РАН и из Бернского университета (Швейцария).

«Evidence of a multiple boson emission in $\text{Sm}_{1-x}\text{Th}_x\text{OFeAs}$ ». S.A. Kuzmichev, T.E. Kuzmicheva and N.D. Zhigadlo. *Europhysics Letters*, **119**, N. 1.

Поздравляем!

Декан физического факультета Московского университета, профессор **Николай Николаевич Сысоев** награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» I степени.

За большой вклад в развитие науки, образования, подготовку квалифицированных специалистов и многолетнюю добросовестную работу указом Президента Российской Федерации от 02 ноября 2017 года декан физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова профессор Н.Н. Сысоев награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» I степени.



Поздравляем!

Ирина Алексеевна Колмычек стала лауреатом программы «Для женщин в науке» L'OREAL-UNESCO

В октябре состоялось заседание жюри конкурса L'OREAL-UNESCO «Для женщин в науке» 2017 года. Сердечно поздравляем старшего преподавателя кафедры общей физики физического факультета МГУ Ирину Алексеевну Колмычек с получением национальной стипендии L'Oreal-UNESCO «Для женщин в науке».

Стипендия ежегодно вручается женщинам моложе 35 лет «с целью поддержания развития научной карьеры в России». Всего стипендия действует в 112 странах, в России каждый год ее вручают лишь 10 женщинам.

В научной работе И.А. Колмычек специализируется на исследованиях в области оптики и нелинейной оптики наноструктурированных метаматериалов различного дизайна и композиционного состава, занимается разработкой функциональных структур и их оптимизацией для эффективного управления параметрами оптического излучения. Тематика работы связана с растущим интересом мирового научного сообщества к изучению метаматериалов, которые проявляют необычные эффекты при взаимодействии с оптическим излучением, ненаблюдаемые в естественных средах. Разрабатываемые и изучаемые микро- и наноструктурированные среды могут найти широкое применение в миниатюрных устройствах нанофотоники, различных датчиках, сенсорах, системах хранения, передачи и обработки информации, а также, принесут существенный вклад в развитие передовых цифровых технологий.



ЛОМОНОСОВСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ФИЗИКЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ – 25 ЛЕТ

XVIII LOMONOSOV CONFERENCE ON ELEMENTARY PARTICLE PHYSICS



Участник 17-й Ломоносовской конференции, лауреат Нобелевской премии по физике 2017 года Барри Барриш (США) и председатель оргкомитетов Ломоносовских конференций А.И. Студеникин.

Данная серия международных мероприятий проводится с 1992 года под патронажем ректора МГУ академика В.А. Садовничего. Подготовка и проведение конференции активно поддерживались деканом физического факультета профессором Н.Н. Сысоевым.

На открытии конференции с приветствием к участникам мероприятия выступил проректор МГУ проректор А.А.Федянин. Инициатор проведения Ломоносовских конференций и бессменный руководитель оргкомитетов профессор кафедры теоретической физики физического факультета А.И. Студеникин в своем выступлении рассказал о 25-летней истории Ломоносовских конференций.

С 24 по 30 августа 2017 года на физическом факультете МГУ проходила 18-я Ломоносовская конференция по физике элементарных частиц. На церемонии открытия в Центральной физической аудитории имени Р.В. Хохлова выступил заместитель министра образования и науки РФ академик РАН Г.В. Трубников.

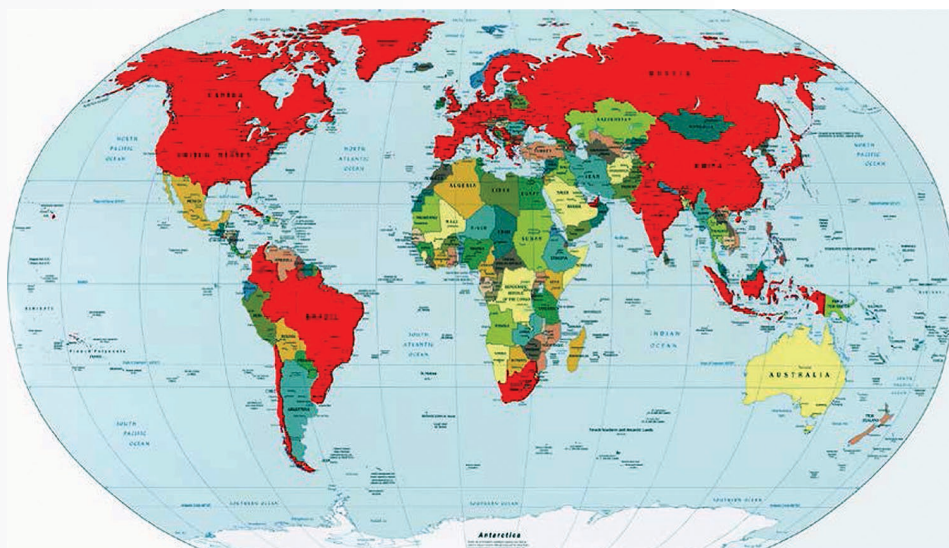
Конференция проводилась по плану научных мероприятий Министерства образования и науки РФ и при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Существенная поддержка на этапе подготовки конференции была оказана Объединенным институтом ядерных исследований (Дубна) и Институтом ядерных исследований РАН.

18-я Ломоносовская конференция была посвящена 25-летию юбилею данной научного форума. За прошедшие четверть века Ломоносовская конференция превратилась в крупнейшее международное мероприятие, регулярно проходящее в России (на физическом факультете МГУ) и неизменно привлекающее ведущих мировых ученых, включая лауреатов Нобелевской премии.

Обширная программа конференции охватывала актуальные проблемы физики элементарных частиц, гравитации и космологии. Учеными из 36 стран было представлено почти 200 докладов.

Большое число выступлений было посвящено последним результатам, полученным в основных международных ускорительных центрах, а также обсуждению готовящихся новых ускорительных экспериментов, таких, например, как Международный линейный коллайдер. Значительное место в программе конференции заняли доклады, посвященные исследованиям в области теории фундаментальных взаимодействий и эволюции Вселенной.

«Карта» 18-й Ломоносовской конференции (красным отмечены страны, представители которых выступили с докладами на форуме).



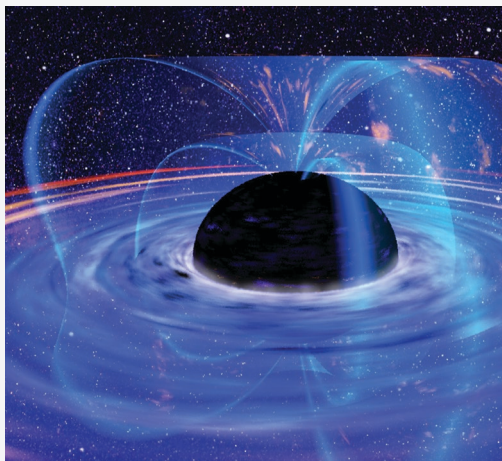
Отдельно обсуждалось состояние дел в области физики нейтрино, физики космических лучей, астрофизики и гравитации. Были представлены как последние результаты, полученные ведущими международными экспериментальными коллаборациями, так и новейшие достижения в теоретических исследованиях по этим направлениям. Серия докладов была посвящена детектированию гравитационных волн.

Важной частью 18-й Ломоносовской конференции по физике элементарных частиц стало обсуждение исследования свойств нейтрино в рамках

международного мегапроекта «JUNO», который находится в стадии подготовки в Китае. Московский университет два года назад стал членом этой международной коллаборации. Участие МГУ в проекте представляется очень важным и поддерживается ректором МГУ В.А. Садовничим, о чем свидетельствует выступление А.И. Студеникина с докладом о проекте «JUNO» на Ученном совете МГУ в 2016 году.

Сборник статей по докладам, сделанным на 18-й Ломоносовской конференции, будет опубликован научным издательством World Scientific Singapore в 2018 году.

ГОД РОССИИ И ВЕЛИКОБРИТАНИИ: СОВМЕСТНЫЙ СИМПОЗИУМ ROYAL SOCIETY И РАН «100 YEARS OF BLACK HOLES» GREAT BRITAIN, ROYAL SOCIETY AT CHICHELEY HALL, APRIL 10-11, 2017



2017-й год был объявлен Годом науки и образования Великобритании и России <https://www.britishcouncil.ru/programmes/uk-russia-science-education> Программа мероприятий, разработанная Британским Советом (British Council) и посольством Великобритании в РФ при участии Министерства образования и науки Российской Федерации, была призвана стимулировать научное сотрудничество между двумя странами.

В рамках этой программы в резиденции Королевского общества «Чичли-Холл» (Великобритания, Букингемшир) 10–11 апреля состоялся симпозиум «Столетие черных дыр», организованный совместно Королевским обществом и РАН России.

Российскую делегацию возглавлял вице-президент РАН Л.М. Зеленый, в нее входили профессора РАН Г.С. Бисноватый-Коган и О.Ю. Цупко (ИКИ), В.С. Бескин (ФИАН), А.Ф. Захаров (ИТЭФ), В.Н. Руденко (ГАИШ). Физический факультет МГУ был представлен профессором кафедры теоретической физики Д.В. Гальцовым

С британской стороны в симпозиуме приняли участие выдающиеся ученые лорд Мартин Рис (Martin Rees) (президент Королевского общества в 2005–2010 гг), один из основоположников астрофизической теории черных дыр и Стивен Хокинг (Steven Hawking), легендарный физик, недавно встретивший свое 75-летие, а также члены Королевского общества Роджер Блэндфорд (Roger Blandford), Эндрю Фабиан (Andrew Fabian), Стивен Бальбус (Steven Balbus) и ряд других известных британских ученых, в том числе М. Перри (M. Perry), Р. Грегори (R. Gregory), внес-

шие большой вклад в теорию черных дыр. Делегацию возглавлял вице-президент Королевского общества сэра Мартин Полякофф (Martin Polyakoff).



Резиденция Королевского общества Chicheley Hall.



На симпозиуме Королевского Общества Великобритании и Российской Академии Наук “100 years of black holes” Chicheley Hall, 10–11 April 2017.

Стоят: А. Полнарев (Queen Mary U), М. Перри (Cambridge U), М. Полякофф (вице-президент КО), Л.М. Зеленый (вице-президент РАН), А. Ласенби (Cambridge U), А. Фабиан (FRS, Cambridge U), А.Ф. Захаров (ИТЭФ), Г.С. Бисноватый-Коган (ИКИ), Р. Грегори (Durham U), В.Н. Руденко (ГАИШ), Д.В. Гальцов (физфак МГУ), С. Бальбус (FRS, Oxford U), М. Рис (FRS, Cambridge U), В. Бескин (ФИАН). На переднем плане С. Хокинг.

Большая часть докладов была посвящена методам наблюдения черных дыр, определению их параметров традиционными методами, методами гравитационно-волновой астрономии и с помощью радиоинтерферометрии с широкой базой (Event Horizon Telescope). Последний проект направлен на изучение предполагаемой сверхмассивной черной дыры в центре нашей Галактики в радиодиапазоне с помощью синхронизированной сети радиотелескопов, расположенных в различных точках Земли и образующих инструмент с апертурой, равной диаметру нашей планеты. Угловое разрешение существующей сети составляет 60 угловых микросекунд (под таким углом виден апельсин на поверхности Луны), оно уже достаточно для разрешения гравитационного радиуса черной дыры с массой порядка 4×10^6 масс Солнца в центре Галактики. Точность будет и дальше возрастать при подключении новых инструментов.

Среди новых теоретических результатов следует отметить предсказание «мягких волос» (soft hair) черных дыр (Hawking, Perry and Strominger 2016), на базе нового подхода к инфракрасным эффектам в квантовой теории поля, основанного на асимптотических симметриях Бонди-Метцнера-Сакса. Эти «волосы» можно связать с эффектом гравитационной памяти при прохождении цуга гравитационных волн, указанным учеными МГУ Зельдовичем и Полнаревым в 1974 г. и который в принципе можно проверить в опытах типа LIGO. Есть надежда, что мягкие волосы помогут разрешить проблему потери информации, свя-

занную с эффектом испарения черных дыр Хокинга.

В докладе профессора Д.В. Гальцова, сделанном от имени физического факультета, был изложен новый подход к черным дырам, раздвигающий рамки принятой в настоящее время теории. Стандартная теория черных дыр, утверждающая, что метрика Керра является единственно пригодной для описания конечной стадии гравитационного коллапса, основана на гипотезах «космической цензуры» и «защиты хронологии», которые, хотя и весьма правдоподобны, не имеют строгого математического обоснования. Было показано, что возможно ослабление этих условий, расширяющее класс допустимых метрик для коллапсаров. Построены конкретные примеры «почти» регулярных решений уравнений Эйнштейна, которые могли бы стать альтернативой метрике Керра (Physics Letters B750, 591, (2015) Physical Review D93, 024048 (2016)). Они могут описывать не только черные дыры, но и кротовые норы в отдаленные участки Вселенной без нарушения энергетических условий. Такие альтернативы сейчас особенно востребованы в связи с ожиданием данных о центральном объекте Галактики, получаемых на Event Horizon Telescope.

Сэр Мартин Полякофф обратил внимание российской делегации на новые программы грантов Королевского общества в области образования и науки <https://royalsociety.org/grants-schemes-awards/>, которые могут представить интерес как для действующих ученых так и для студентов.

«ФИЗИЧЕСКОЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ГЕОСРЕДАХ»

НОЯБРЬ 2–3, 2017



Заведующий кафедрой физики моря и вод суши К.В. Показеев.



Старший научный сотрудник кафедры физики моря и вод суши Чаплина Т.О.



3-ая Международная научная школа молодых ученых

"ФИЗИЧЕСКОЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ГЕОСРЕДАХ"



«Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах» — так называется Международная школа для молодых ученых, которая прошла в Институте проблем механики имени А.Ю. Ишлинского Российской академии наук 01–03 ноября 2017 г.

Организатором этого молодежного научного форума явился 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.

Молодежный научный форум проводится на регулярной основе и вызывает большой интерес в научном сообществе. Третий год подряд в нем принимает участие более ста ученых, две трети из которых составляют молодые исследователи.

Школа, также, как и предыдущие, была ориентирована на решение фундаментальных и прикладных научных проблем, возникающих при изучении природных процессов в разных геосредах, взаимовлияния техногенной деятельности и окружающей среды. Научная программа включала: теоретические и экспериментальные исследования процессов в атмосфере, океане, литосфере, их взаимодействия; экологические проблемы окружающей среды; проблемы антропогенного воздействия на окружающую среду; методы геофизических исследований. Одной из центральных для Школы является тематика, связанная с созданием научных основ, созданием новых прорывных подходов к разработке месторождений углеводородного

сырья, повышение эффективности существующих методов, в том числе нетрадиционных источников.

Исследования динамики природных систем — геосферы, гидросферы, атмосферы — и их взаимодействий, выделение антропогенного вклада в естественно протекающие процессы — входят в число наиболее актуальных и практически важных научных проблем. Интенсивное развитие исследований в этих областях обусловлено действием ряда факторов. Широкое внедрение вычислительной техники позволило начать расчет сложных явлений, ранее недоступных для анализа. Создание и совершенствование нового поколения геофизических приборов, дистанционных наблюдательных систем корабельного, авиационного, спутникового базирования позволило получить большой объем данных, объективно отражающих картину протекающих процессов.

По-видимому, альтернатива использованию углеводородов в качестве главного источника энергии на планете, в ближайшие десятилетия вряд ли будет найдена. В тоже время ресурсная база углеводородного сырья быстро истощается, требуются новые нетрадиционные источники. Среди них сланцевая нефть и газ, углеводороды, залегающие в арктическом регионе, газогидраты, глубокие и сверхглубокие месторождения нефти и газа. По мнению многих специалистов именно «глубокая нефть» может стать наиболее перспективным источником расширения ресурсной базы углеводородного сырья. Развитие новых прорывных подходов к разработке месторождений углеводородного сырья очень важно в современных геополитических условиях и требует привлечения молодых умов и сил.

Такое развитие невозможно обеспечить без взаимодействия исследователей между собой. Эффективным инструментом для обмена информацией и организации междисциплинарных исследований процессов в геосредах являются международные научные конференции, в том числе молодежные. Новые научные результаты, имеющие широкие перспективы прикладного использования, активно усваиваются научной молодежью. К чтению лекций на 3-ей Международной школе молодых ученых «Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах» были привлечены как всемирно известные ученые — физики и математики, так и активно работающие молодые ученые. Были прочитаны лекции в ключевых разделах механики, физики, геофизики.

Работа Школы велась в двух секциях:

Секция 1. Физика моря и атмосферы. Теория, эксперимент, практика.

Секция 2. Геомеханика и гидромеханика нефтяных и газовых месторождений и других источников углеводородного сырья.

Школа была открыта директором ИПМех РАН академиком 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. Климов, он отметил важность проведения данного мероприятия с точки зрения привлечения молодых умов и сил к решению актуальных проблем по тематике Школы.

Среди методически важных выступлений следует выделить лекцию член-корр. РАН выпускника физического факультета П.О. Завьялова, зам. директора Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН «Натурные исследования гидрофизических процессов в ключевых районах российского Черноморского шельфа», которая отличалась острой постановкой как научных, так и общественно-политических проблем. Были рассмотрены вопросы крупномасштабного переноса вод, представлена современная теория ветрового волнения и охарактеризованы оптические свойства вод Черного моря.

Большой интерес слушателей вызвали лекция зам. директора ИПМех РАН, д.т.н. В.И. Карева «Моделирование геомеханических процессов в нефтегазовых пластах на установке истинно трехосного нагружения», посвященную геомеханическому моделированию процессов деформирования и фильтрации в нефтегазонасыщенном пласте. Был описан подход, представляющий собой комплекс экспериментальных исследований по определению свойств пород-коллекторов на уникальной установке ИПМех РАН Испытательной системе трехосного независимого нагружения и последующего математического моделирования процессов деформирования пород пласта и фильтрации для экспериментально полученных значений параметров с учетом зависимости проницаемости горных пород от напряженно-деформированного состояния. Представлены результаты моделирования для глубоких горизонтов — более 6 км — Астраханского газоконденсатного месторождения и для Западно-Тамбейского крупного газового месторождения в российском арктическом регионе на полуострове Ямал, позволяющие выбрать оптималь-

ный способ воздействия на пласт для увеличения продуктивности скважин и газонефтеотдачи. Исследования выполнялись в лаборатории 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. На Школе была представлена целая серия докладов физфаковцев — студентов и аспирантов НОЦа: Н.И. Шевцова, В.В. Химули, Р.А. Лукманова, И.К. Гузенкова, А.Ю. Волковой.

Ряд работ был посвящен вопросам экологии. Профессор А.Г. Зацепин в приглашенном докладе «Исследование экосистемы прибрежной зоны моря на постоянно действующем полигоне (на примере Черного моря)» привел результаты морских испытаний макетов океанологического дрейфующего зонда с изменяемой плавучестью — российского прототипа поплавка Арго, и подводной закоренной лебедки с системой онлайн передачи данных STD-зондирования. Профессор В.Н. Зырянов (Институт водных проблем РАН, Москва) представил доклад, посвященный особенностям растекания пятен нефти в море, доложил результаты, которые используются в практике на Каспийском море.

Большой интерес вызвал доклад профессора физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова И.А. Знаменской, посвященный методам визуализации и анализу структур при физическом моделировании процессов в геосредах, в котором были изложены основы методов визуализации вихревых структур: теневого и фонового методов, методов цифрового трассирования и импульсного разряда.

Цикл работ был представлен учеными из Севастопольского филиала МГУ имени М.В. Ломоносова и Морского гидрофизического института РАН, в создание которого внесли значительный вклад сотрудники физического факультета МГУ.

Участники Школы отметили оригинальный доклад с.н.с. физического факультета МГУ Т.О. Чаплиной «Ликвидация поверхностных разливов углеводородов на водных объектах», в котором автор предложила использовать для ликвидации нефтяных загрязнений овечью шерсть и представила результаты испытаний макета полезной модели «Устройства отделения жидких углеводородов от воды», где показано, что шерсть сорбирует до 89 % нефти в зависимости от ее изначальной концентрации и количества сорбента.

Профессор МГУ имени М.В. Ломоносова В.В. Фадеев прочитал приглашенную лекцию «Физическое и математическое моделирование спутниковой и in situ флуориметрии фитопланктона в природных водах», в которой предложил альтернативный подход в мониторинге нефтяных углеводородов в водных средах, основанный на применении интегральных флуоресцентных индикаторов. Таковыми индикаторами могут служить природные компоненты естественных водных сред — фитопланктон (водоросли и

цианобактерии) и гуминовые вещества. Оживленную дискуссию вызвало обсуждение метода LIBD (laser-induced breakdown detection), основанного на эффекте оптического пробоя и результаты его применения к детектированию наночастиц металлов в воде, в том числе в присутствии биомолекул.

Практически все доклады сопровождались активными обсуждениями и широкой дискуссией, которая продолжалась и после окончания программных заседаний. Хочется отметить общий высокий уровень исследований, который ведут российские геофизики в самых разнообразных и неблагоприятных природно-климатических условиях нашей страны.

Наиболее важными и перспективными в тематике Школы были признаны следующие направления исследований:

- развитие геомеханического подхода к решению проблем нефтегазодобычи;
- физическое и математическое моделирование процессов деформирования и разрушения пористых сред и изучение их взаимовлияния на фильтрационные процессы;
- создание эффективных математических моделей и экспериментальной базы для исследования течений в сложных неоднородных жидкостях;
- экологические проблемы, изучение антропогенного вклада в динамику природных систем.

Всем участникам школы, включая аспирантов и студентов, была предоставлена возможность обсудить результаты выполняемых исследований с ведущими учеными и выступить с собственными научными сообщениями. Школа позволила обменяться мнениями ученым разных стран, подтвердила результативность существующих международных научных команд (совместные с зарубежными учеными доклады представили научные сотрудники из Москвы, Санкт-Петербурга, Владивостока, Иркутска, Новосибирска) и стимулировала формирования новых научных коллективов отечественных и зарубежных ученых.

Организаторы конференции благодарны признанным ученым, давшим согласие принять участие в ее работе, все участникам и, конечно, учреждениям, оказавшим Школе финансовую и организационную поддержку.

В заключение хочется добавить, что молодежная школа «Физическое и математическое моделирование процессов в геосредах» является совершенно уникальным научным форумом, так как на нем, с одной стороны, затрагиваются фундаментальные вопросы геофизики, а с другой стороны — вопросы разведки, добычи полезных ископаемых, прежде всего, углеводородов, повышение эффективности эксплуатации скважин. Организаторам форума удалось собрать под одним крылом ученых и молодых специалистов различных специальностей и дать всем им возможность совместно обсуждать актуальные задачи современной науки и практики, находить ответы на вопросы поставленные жизнью.



18 мая 2017 г. состоялась защита докторской диссертации доцента кафедры атмосферы **Ярослава Александровича Илюшина** на тему:

«МЕТОДЫ ТЕОРИИ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ В СРЕДАХ С СИЛЬНО АНИЗОТРОПНЫМ РАССЕЯНИЕМ»

Задачи лучистого переноса энергии электромагнитных полей светового, инфракрасного, микроволнового и других диапазонов длин волн важны во многих областях фундаментальной и прикладной науки. В частности, перенос излучения играет большую роль в климатологии, поскольку радиационный и тепловой баланс Земли сильно зависит от рассеяния солнечной радиации облаками и атмосферными аэрозолями. Другой важной областью применения теории переноса является дистанционное зондирование атмосферы Земли и планет, в значительной степени связанное с наблюдениями излучения, рас-

сеянного аэрозолем, облаками и осадками. Также процессы переноса излучения в неоднородных средах имеют большое значение в радиолокации и радиосвязи, передаче информации в атмосферных и подводных оптических линиях связи, оптической диагностике биоматериалов и ряде других областей практического применения электромагнитных волн различных участков спектра. Таким образом, методы численного расчета полей электромагнитного излучения в случайных и неоднородных средах играют важнейшую роль в интерпретации наблюдательных данных дистанционного зондирования и в проектировании новых приборов, инструментов и систем.

Диссертационная работа Илюшина Ярослава Александровича посвящена разработке методов численного решения уравнения переноса излучения различных длин волн в атмосферных облаках, туманах и осадках, и применению их к задачам радиолокации, радиометрии и навигации. Предложен новый общий способ учета дисперсии длин путей распространения

рассеянного излучения в малоугловом приближении теории переноса излучения, значительно повышающий точность решения по сравнению с ранее известными подходами. На основе малоугловых приближений нового типа предложены эффективные численные схемы решения уравнения переноса излучения с разделением компонент решения. По предложенной схеме проведены расчеты полей сосредоточенных и коллимированных источников излучения в средах с сильно анизотропным рассеянием. Проведены расчеты распространения коротких импульсов излучения, в т.ч. с линейной и круговой поляризацией.

Исследованы поля узких пучков излучения в неоднородной среде. Проведены расчеты световых полей импульсных и модулированных источников в среде с сильно анизотропным рассеянием. Проведены расчеты видимости авиационных и морских навигационных лазерных маяков в тумане.

Проведены расчеты полей электромагнитного излучения в рассеивающей среде с градиентом коэффициента преломления. Исследован эффект слабой локализации в преломляющих средах. Построена количественная теория эффекта гало обратного рассеяния узкого пучка в среде с сильно анизотропным рассеянием.

Исследованы искажения радиолокационных сигналов локаторов с синтезированной апертурой в случайно-неоднородной ионосфере. Проведены исследования эффективности апертурного синтеза. Предложены адаптивные алгоритмы коррекции систематических фазовых искажений радиолокационных сигналов в ионосфере с высокой устойчивостью к аддитивным шумам и случайным фазовым флуктуациям волн в турбулентной среде.

20 апреля 2017 г. состоялась защита докторской диссертации доцента кафедры физики атомного ядра и квантовой теории столкновений **Константина Алексеевича Кузакова**

на тему:

«ПРОЦЕССЫ ИОНИЗАЦИИ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ БЫСТРЫХ ЧАСТИЦ С ВЕЩЕСТВОМ»

Диссертационная работа посвящена развитию теории ряда редких процессов столкновительной ионизации при взаимодействии электронов, фотонов и нейтрино с веществом. При этом в качестве объектов исследования выбраны доступные для прецизионных измерений в современных экспериментах или в ближайшем будущем процессы: квазиупругие $(e,2e)$ реакции на атомах с возбуждением иона-остатка; квазиупругие $(e,2e)$ реакции на атомах в присутствии лазерного поля; $(e,2e)$ процессы на твердотельных мишенях в геометриях на отражение и на прострел; $(\gamma,2e)$ процессы на сверхпроводящих материалах; $(\nu,2e)$ реакции на атомах. Целью работы является разработка и создание эффективных теоретических моделей, а также методов расчета дифференциальных сечений указанных ионизационных явлений.

В работе получены следующие новые важные результаты:

— Для квазиупругих $(e,2e)$ реакций на атомах построена теория перенормировки борновского ряда в формализме Липпмана-Швингера;

— Построена теория квазиупругих $(e,2e)$ реакций на атомах в присутствии лазерного поля и выполнен теоретический анализ возможностей исследования с помощью таких реакций влияния лазерного поля на импульсные распределения электронов в атомах;

На основе опубликованных наблюдательных данных построена электрофизическая модель марсианских полярных льдов. Исследовано распространение радиолокационных импульсов в толще слоистых ледяных отложений. Предложены методики оценки электрических параметров среды. Сделаны оценки электрических свойств северного полярного ледяного щита Марса. Исследовано рассеяние радиолокационных сигналов на поверхностном рельефе некоторых геологических подразделений Марса и Ганимеда.

Вычислены характеристики поглощения и рассеяния микроволнового радиоизлучения дождем различной интенсивности. Проведено численное решение уравнения переноса теплового радиоизлучения миллиметрового диапазона в плоском слое дождя и дождевой ячейке. Получены оценки углового распределения интенсивности и поляризации теплового излучения дождевых ячеек. Показана определяющая роль ячеистой структуры дождевых осадков в формировании пространственного и углового распределения интенсивности и поляризации теплового радиоизлучения.

В диссертации продемонстрировано, что разработанные методы и подходы позволяют решать широкий круг практических задач дистанционного зондирования атмосферы и грунта, радиолокации и радиометрии, а также расчетных задач проектирования лазерных приборов авиационной и морской навигации.



— Сформулирована последовательная динамическая модель $(e,2e)$ процесса на поверхности металла, учитывающая как объемные, так и поверхностные плазмонные моды в диэлектрическом отклике металла;

— Разработан подход для теоретического описания эффектов композиционного беспорядка в случае $(e,2e)$ процессов на неупорядоченных сплавах замещения;

— Предсказан и теоретически описан механизм испускания куперовской пары из сверхпроводника в результате поглощения одного фотона;

— Предложен новый подход для теоретического описания процессов упругого νe -рассеяния в веществе и впервые дано общее теоретическое обоснование приближению свободных электронов в расчетах дифференциальных по переданной энергии сечений ионизации атомов массивными нейтрино.

СЕДЬМАЯ ЛЕТНЯЯ ШКОЛА УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ В МГУ «ПРЕДМЕТНАЯ КОМПЕТЕНТНОСТЬ УЧИТЕЛЯ ФИЗИКИ»



В конце июня 2017 года на факультете проводилась уже седьмая по счету Летняя школа учителей физики. С каждым годом увеличивается число активных участников летних школ: от 120 в 2012 году до 287 в 2017. Расширяется и география участников. Характерно, что все больше учителей приезжает на физический факультет МГУ из разных, в том числе и весьма удаленных, уголков России. К сожалению, число иногородних участников всегда ограничено количеством предоставляемых университетом мест в общежитии. Ежегодно оргкомитету школы приходится решать эту проблему; в частности, в 2017 году удалось добиться, чтобы число мест в общежитии, предоставленных для проживания учителей на время проведения школы, было увеличено почти вдвое.



Участники школы и оргкомитет выражают глубокую благодарность нашим выпускникам, оказавшим школе спонсорскую поддержку. Особенно следует отметить помощь благотворительного фонда О. Дерипаска «Вольное дело», за счет средств которого были приобретены и подарены учителям материалы нового инновационного учебно-методического комплекса

(УМК) по физике для школ, созданного сотрудниками кафедры общей физики физического факультета МГУ (авт. Грачев А.В., Погожев В.А., Салецкий А.М. и др.). Нельзя не упомянуть и о замечательных подарках (канцелярских наборах), предоставленных каждому участнику компанией Erich Krause, возглавляемой выпускником физического факультета Дмитрием Александровичем Белоглазовым.

Традиционная программа Летней школы по физике состояла из трех частей: 1) лекции ведущих ученых о последних достижениях в различных разделах физики, 2) лекции преподавателей физического факультета МГУ о сложных вопросах в школьном курсе физики и 3) экскурсионная программа, на которую отводился отдельный день.

В рамках экскурсионной программы учителя получили возможность ознакомиться с исследованиями ряда ведущих лабораторий физического факультета и Государственного Астрономического Института имени П.К. Штернберга, а также флагманов Российской физиче-

ской науки: Института Общей Физики РАН, Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» и др. Несомненный интерес у учителей вызвало и посещение Московского планетария.



В этом году по многочисленным просьбам учителей и при поддержке благотворительного фонда О. Дерипаска «Вольное дело» программа школы была расширена. Появилась еще одна форма общения преподавателей физического факультета с участниками школы. Доценты кафедры общей физики Боков П.Ю., Грачев А.В. и Лукашева Е.В. в течение трех вечеров разбирали вместе с гостями задания очных туров олимпиады «Ломоносов» и дополнительных вступительных испытаний по физике разных лет. На этих занятиях лекторы активно использовали материалы нового инновационного УМК по физике – рабочие тетради для 10 и 11 классов, подаренные всем участникам фондом «Вольное дело». Было показано, что использование этих материалов существенно упрощает

работу учителей по подготовке школьников не только к олимпиадам и ДВИ, но и к ЕГЭ. Предполагалось, что эти вечерние занятия учителя будут посещать на добровольной основе. Однако высокий уровень преподавания и актуальность содержания вызвали широкий интерес, и посещаемость превысила 90% участников летней школы. Многие учителя подходили к лекторам после этих занятий и выражали заинтересованность в использовании материалов, с которыми они ознакомились, а также желание ориентировать школьников на поступление в ведущие физические ВУЗы РФ, используя в своей работе новый УМК по физике. Важно отметить, что учителя высказали ряд интересных пожеланий по изменению и дальнейшему совершенствованию предложенных им методических материалов. Авторы взяли на себя обязательства продолжить работу над улучшением УМК и его адаптацией к современным условиям.



Опыт общения с участниками школы показывает, что уровень их предметной компетенции с каждым годом растет. Все больше учителей заявляют об исчезновении страхов перед работой с талантливыми детьми, и, главное, о готовности работать в профильных классах. По нашему мнению, это связано с тем, что изучение материалов УМК, в том числе и материалов предыдущих школ, (новые учебники, рабочие тетради, тетради для лабораторных работ и т.п.) помогло не только овладеть на современном уровне физическими знаниями, но и существенно улучшить методику преподавания. Многие из этих учителей начали работу по новому УМК в своих школах.

Тот факт, что все больше учителей работают по новому УМК в своих школах, мы расцениваем как высокую оценку с их стороны нашей работы, в том числе оценку проводимых нами летних школ учителей. Так, в этом году мы провели анкетирование среди участников летней школы, которое показало, что школьники, обучающиеся по новому УМК, заметно чаще достигают успехов в предметных олимпиадах и при сдаче ЕГЭ. Но наиболее весомо успехи этих школьников проявляются на дополнительном вступительном испытании при поступлении на физический факультет. Чуть больше 10% учителей - участников летней школы используют УМК не первый год и каждый из учителей ежегодно приводит в стены физического фа-



культета от 2 до 4 студентов. Этим учителям на общем собрании участников школы торжественно вручены свидетельства Ученого совета факультета, в которых отмечается высокий уровень преподавания физики. Можно также отметить, что согласно данным анкетирования наших первокурсников 2013–2016 годов поступления уверенно растет доля студентов, использовавших вышеназванный УМК в школе. В 2013 году таких студентов было 2,5%, в 2016 – уже 12,3%.

В заключение хочется отметить, что в своих анкетах учителя выразили глубокую благодарность ученым и преподавателям физического факультета, выступившим перед ними с лекциями, членам оргкомитета за четкую организацию работы школы, а также руководству физического факультета и Московского университета за возможность повысить свою компетентность и приобрести ценные знания и умения.



Из всего вышеизложенного несомненно следует, что Летняя школа учителей по физике, проводимая ежегодно на физическом факультете, не только стала знаковым событием в Российском физическом образовании, но и продолжает развиваться. Желаем успехов всем принявшим участие в работе школы, а всем заинтересованным в развитии физического образования в России желаем принять участие в ее дальнейшем совершенствовании.

Боков П.Ю., Грачев А.В., Федосеев А.И.

МОЙ ПЕРВЫЙ И ПОСЛЕДНИЙ УЧИТЕЛЬ

Воспоминания об академике,
лауреате Нобелевской премии А.А. Абрикосове
(1928–2017 гг.)

Ю. Голанд
А.С. Илюшин (комментарии)



АБРИКОСОВ Алексей Алексеевич — Лауреат Ленинской премии, член-корреспондент Академии наук СССР, 1966 год.



Заведующий отделом Института теоретической физики Академии наук СССР Алексей Абрикосов в своем рабочем кабинете, 1966 год.

Я познакомился с Алексеем Алексеевичем Абрикосовым в 1964 году, после того как распределился на кафедру «Физика низких температур». Он читал тогда теоретический курс по этой специализации. Читал он очень ясно и понятно. Хорошо известно, кто ясно мыслит, тот ясно и излагает.

Когда пришло время выбирать тему дипломной работы, я обратился к нему с просьбой стать моим научным руководителем. Он ответил, что сможет это сделать, если я сдам несколько экзаменов по предметам из «теорминимума» Ландау. За несколько месяцев я сдал 5 экзаменов, причем экзамен по теоретической механике сдал ему самому.

Согласившись на руководство, А. Абрикосов предложил мне интересную и физически достаточно наглядную тему — «Дополнительные осцилляции сопротивления металлических пленок в магнитном поле, связанные с зеркальным отражением электронов от границы». Его идея состояла в том, что расчет таких осцилляций может дать величину коэффициента зеркального отражения в том случае, если отношение амплитуд дополнительных и основных осцилляций будет содержать только этот коэффициент.

Я все аккуратно посчитал, и мне удалось вывести простую формулу, которая позволяла из экспериментальных данных определить величину коэффициента. В постановке задачи проявилось характерное для А. Абрикосова желание получать такие теоретические результаты, которые потом можно будет проверить экспериментально.

Работать с ним мне было совсем не сложно. Правда, однажды был момент, когда у меня возникли некоторые вычислительные проблемы. Однако я не стал просить его о помощи. Причина моей «самостоятельности» объяснялась просто. Одновременно

со мной у А.А. Абрикосова был еще один студент-дипломник из МФТИ, у которого возникли трудности с решением задач. Алексей Алексеевич как-то обмолвился при мне, что если дипломник попросит у него помощи, то он ему, конечно же, поможет, но в аспирантуру не возьмет.

Мне удалось самостоятельно разобраться в возникших проблемах, не прибегая к помощи руководителя. Полученные мною результаты понравились А. Абрикосову, и в отзыве на мою дипломную работу он написал, что она выходит за рамки обычных студенческих работ, и он рекомендует меня в аспирантуру физического факультета МГУ.

Но, совершенно неожиданно, у меня с рекомендацией в аспирантуру возникли серьезные проблемы. В те времена для оставления после окончания обучения во внутренней аспирантуре МГУ необходимо было получить рекомендацию партбюро физфака.

В студенчестве я активно занимался общественной работой и был единственным студентом на своем курсе, которого во время обучения приняли в КПСС^{1,2}. Однако партийное бюро факультета мне отказало в рекомендации для поступления в физфакскую аспирантуру, правда, при этом согласившись дать рекомендацию во внешнюю аспирантуру. После того как я сказал об этом А. Абрикосову, он тут же заявил, что попробует побороться за отмену этого решения и стал выяснять у своих знакомых профессоров физфака, в чем причина такого странного отказа. Партийная организация отказала не какому-то обычному студенту, а коммунисту, принятому ею же в свои ряды!

Алексее Алексеевичу окольными путями удалось выяснить, что причиной отказа послужила моя активная общественная деятельность в каче-

стве организатора встреч студентов с разными известными публицистами и деятелями культуры. Некоторые из тех, кого я приглашал для выступлений в гостинице общежития МГУ, имели репутацию диссидентов.

Много позднее я узнал, что основное недовольство факультетского партийного руководства вызвала встреча с Эрнстом Генри (Семеном Николаевичем Ростовским³), специалистом по истории германского фашизма, который в середине 60-х годов прошлого века был широко известен своими выступлениями против реабилитации Сталина.

На встрече в общежитии МГУ ему задавали весьма острые политические вопросы — и устно, и с помощью записок. Одну из записок он не стал зачитывать сам, а отдал ее мне, как ведущему встречу. Я же решил огласить ее содержание всей аудитории. Автор записки спрашивал, не думает ли он, что у нас в стране после снятия Хрущева воцарилась фашистская диктатура. Он не стал на нее отвечать, а я сказал, что не понимаю, откуда у автора возникло такое предположение.

В многочисленных записках было задано немало других острых вопросов и суждений. После окончания встречи Э. Генри попросил у меня разрешения взять с собой эти записки, и я ответил согласием на эту просьбу. Вряд ли это имело бы какое-то особое значение, если бы спустя какое-то время Э. Генри в газетной статье, опубликованной в ФРГ, не процитировал некоторые вопросы из записок, как показатель настроений советской молодежи.

Тем не менее, Алексей Алексеевич и тогдашний заведующий кафедрой физики низких температур, замечательный человек по своим душевным качествам и крупный экспериментатор Александр Иосифович Шальников сделали попытку оставить меня в аспирантуре. С просьбой помочь им в этом они вдвоем пошли к ректору МГУ академику АН СССР Ивану Георгиевичу Петровскому, но тот сказал, что он не может вмешиваться, ибо уже содействует оставлению в аспирантуре другого студента нашего

курса Дмитрия Михеева, у которого возникли проблемы также из-за общественной деятельности.

Д. Михеев организовал на факультете «Дискуссионный клуб физиков» и был его руководителем. Ему удалось провести два или три заседания клуба, однако они не привлекли к участию в диспутах заметного количества студентов. Последним заседанием клуба стал диспут под названием «Цинизм и общественные идеалы», на котором выступил оратор с антисоветской речью по тогдашней терминологии.

После отказа в содействии И.Г. Петровского я оказался в очень трудной ситуации, однако, в конце концов, все разрешилось для меня благополучно весьма неожиданным образом. В Институте физических проблем АН СССР, где А.А. Абрикосов и А.И. Шальников работали в качестве научных сотрудников, функционировал Научный совет АН СССР по проблеме «Физика низких температур». Весной 1967 года этот Совет был реорганизован, прежние председатель и ученый секретарь оставили свои должности. Совет возглавил директор ИФП академик АН СССР Петр Леонидович Капица. А.А. Абрикосов и А.И. Шальников предложили ему назначить меня ученым секретарем Совета. С этим предложением П.Л. Капица согласился.

Я спросил тогда у Алексея Алексеевича, достаточно ли моих знаний для этой работы, на что он ответил, что вполне достаточно. К тому времени я завершил написание научной статьи по материалам своей дипломной работы, и в июне 1967 года доложил ее на заседании Ученого совета ИФП, ученым секретарем которого в то время был А.А. Абрикосов. Понятно, что я, недавний выпускник МГУ, сильно волновался, когда делал свой доклад перед крупнейшими специалистами и выступил, мягко говоря, не очень хорошо. В зале стали говорить, что



Профессор Николай Брандт и член-корреспондент АН СССР, лауреат Ленинской премии Алексей Абрикосов в лаборатории физического факультета МГУ, 1975 год.



Член-корреспондент Академии наук СССР Алексей Абрикосов, 1966 год.



Американский президент Джордж Буш с лауреатами Нобелевской премии (среди которых Алексей Абрикосов) в Овальном офисе Белого дома, 2003 год.

им нечего непонятно. Тогда выступил А.А. Абрикосов, и после его разъяснений сразу стали говорить, что все все поняли. Ученый совет ИФП рекомендовал мою статью к печати, и спустя какое-то время она была опубликована в одном из ведущих отечественных физических журналов.

После заседания Ученого совета А.А. Абрикосов мне сказал, что П.Л. Капица просил его руководить моей научной работой, не сильно понуждая меня к ней, так как она не входит в мои обязанности ученого секретаря. При этом сам Алексей Алексеевич пожелал мне проявлять больше самостоятельности в выборе темы. Это подействовало на меня так, что, когда спустя примерно год Абрикосов предложил мне одну тему, никак не связанную с физикой металлов, я отказался. У меня к тому времени уже появились другие научные интересы.

Наше тесное сотрудничество с Алексеем Алексеевичем продолжилось уже в иной ипостаси, а именно в области научно-организационной деятельности. Я организовывал школы для молодых ученых по физике низких температур, а Абрикосов был их научным руководителем вместе с крупным физиком-экспериментатором членом-корреспондентом АН СССР

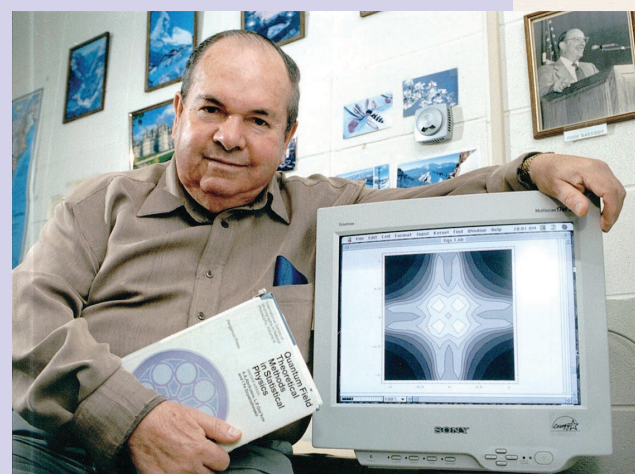
Михаилом Семеновичем Хайкиным. Алексей Алексеевич уделял большое внимание этой школе и старался подбирать хороших лекторов, которые, как правило, не отказывались от его предложения. Школы молодых ученых проходили регулярно и пользовались большим успехом. В ходе их подготовки и проведения нам приходилось часто общаться и вести беседы на самые разные темы. Алексей Алексеевич обладал хорошим чувством юмора и был прекрасным рассказчиком с широким кругом интересов, знал множество занимательных историй.

В 1991 году А. Абрикосов, ставший к тому времени уже академиком АН СССР и директором Института физики высоких давлений АН СССР, решил покинуть СССР и уехать в США. Он считал, что все способные ученые должны уезжать на Запад, потому что в России нет условий для эффективной научной работы.

Когда в 2003 году он стал лауреатом Нобелевской премии по физике, я поздравил его и выразил надежду, что он скоро у нас появится. Он мне ответил, что не приедет никогда. И действительно, Алексей Алексеевич больше ни разу не приезжал на свою Родину. У него было ни на чем не основанное чувство, что его могут, как П.Л. Капицу, задержать в России и не выпустить назад в США.

Он приглашал меня навестить его, когда я там бывал, но встретиться в США нам так и не удалось. Я несколько раз приезжал в США, выступал с докладами в разных американских университетах, но до него так и не добрался. Надеялся сделать это позднее, но, к сожалению, опоздал.

Об Алексее Алексеевиче Абрикосове у меня остались самые лучшие воспоминания как не только о выдающемся ученом, но и просто об обаятельном остроумном человеке, легком в общении и оптимистично настроенном.



Алексей Алексеевич АБРИКОСОВ — последние годы жизни.

Примечания.

1. Для вступления в ряды КПСС кандидату надо было получить три рекомендации членов партии. Студенты-члены ВЛКСМ вместо одной рекомендации члена КПСС должны были получить рекомендацию комсомольской организации, первым этапом в оформлении которой было комсомольское собрание студенческой группы. В большинстве случаев, претенденты на вступление в партию из числа студентов рассматривались сокурсниками как карьеристы, что чаще всего и бывало на самом деле, поэтому с присущим молодежи максимализмом решения собраний заканчивалось простой резолюцией «В рекомендации отказать!».

2. Юру Голанда товарищи уважали за действительно честное и искреннее отношение к общественной деятельности и к друзьям, поэтому ему была дана комсомольская рекомендация для вступления в КПСС. В итоге оказалось, что за пять с половиной лет совместного обучения на факультете он на курсе стал единственным членом партии, принятым в студенческие годы.

3. Эрнст Генри — псевдоним Семена Николаевича Ростовского (1904–1994). С.Н. Ростовский — советский разведчик-нелегал, писатель, журналист, историк-публицист. В своей книге «Гитлер против СССР», изданной в 1934 году в Англии под псевдонимом Эрнст Генри и переведенной и изданной в СССР в 1937 году, он предсказал, что Гитлеровская Германия начнет войну против СССР, изложил план нападения Германии, позднее ставший известным как «План Барбаросса», и предсказал СССР победу в будущей войне. После заключения с Германией «Пакта о ненападении» книгу изъяли из библиотек, а вернули в открытый доступ уже в начале 60-х годов. На той встрече в общежитии МГУ Семену Николаевичу был задан вопрос, не хотел бы он что-либо исправить в новом издании своей книги. Его ответ звучал примерно «Я предсказал Победу СССР и разгром гитлеровской Германии, так что исправлять нечего».

В то время, когда его пригласили в МГУ, в СССР готовился XXIII съезд КПСС, и среди московской интеллигенции ходили слухи о возможном пересмотре на этом съезде решений XXII съезда КПСС и реабилитации И.В. Сталина. Эрнст Генри был инициатором письма к Генеральному Секретарю ЦК КПСС Л.И. Брежневу о недопустимости такого решения. Письмо подписали более тридцати известных ученых, писателей, журналистов, артистов, художников.

Текст письма у нас опубликован не был, но достаточно широко распространялся в списках в «самиздате». Не удивительно, что сам Эрнст Генри воспринимался в партийных кругах настороженно, и его приглашение в МГУ не могло остаться незамеченным партийным руководством физфака.

3. Дмитрий Михеев был сокурсником Ю. Голанда. Он организовал на физфаке МГУ такую общественную организацию как «Дискуссионный клуб физиков». Ему удалось провести несколько заседаний, последним из которых стал диспут под названием «Цинизм и общественные идеалы». Это заседание клуба привлекло достаточно большое количество гостей, и туда явилась почти в полном составе кафедра философии во главе с заведующим. Более того, к физикам приехали корреспонденты московского радио с звукозаписывающей аппаратурой. Одним из выступающих оказался человек, не имевший ни к физфаку, ни вообще к МГУ никакого отношения, назвавшийся Кузнецовым. Он выступил с антисоветской речью по тогдашней терминологии, сравнивал режимы Сталина и Гитлера, ставя их в один ряд, приводил тщательно подобранные «жареные» факты из материалов, которые звучали на волнах зарубежных радиостанций таких как «Би-Би-Си», «Голос Америки», «Немецкая волна».

Слушатели, большинство которых составляли молодые люди, воспринимали его выступление как новую, ранее недоступную информацию. Когда выступавший исчерпал время, определенное заранее регламентом, то по просьбе аудитории Д. Михеев несколько раз ставил вопрос на го-

лосование о продлении выступления. В результате вместо 15 минут выступление длилось более часа.

После завершения заседания Клуба пленка с записью выступлений попала на стол первому секретарю городского комитета КПСС В.В. Гришину со всеми последовавшими действиями и вытекавшими выводами. Выговоры сыпались как из рога изобилия, а заведующий кафедрой философии МГУ был уволен за то, что не выступил с противоположной точкой зрения и с опровержением фактов, которые приводил оратор.

Д. Михееву удалось-таки поступить в аспирантуру, однако позже он попытался по чужим документам выехать за границу, был арестован и осужден по статье «За измену Родине». Дальнейшая его судьба довольно интересна. После отбытия наказания он выехал за границу, работал в США на одной из радиостанций, написал несколько книг и даже подвизался некоторое время в роли советника президента США Рональда Рейгана.

В настоящее время Д. Михеев живет в России в г. Королеве Московской области. Из яркого антисоветчика он превратился в патриота новой России...

НОВЫЕ ДИССЕРТАЦИОННЫЕ СОВЕТЫ НА ФИЗИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ, В ГАИШ И НИИЯФ

В 2017 году в Московском университете зарегистрированы и приступают к работе следующие диссертационные советы:



Шифр диссертационного совета: МГУ.01.01

Зам. председателя – Илюшин Александр Сергеевич, д.ф.-м.н., проф.

Зам. председателя – Уваров Александр Викторович, д.ф.-м.н., проф.

Уч. секретарь – Лаптинская Татьяна Васильевна, к.ф.-м.н., доц.

Специальности:

01.04.07 - Физика конденсированного состояния (физ.-мат. науки),

01.04.17 - Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества (физ.-мат. науки),

02.00.06 - Высокомолекулярные соединения (физ.-мат. науки)

Председатель – Хохлов Алексей Ремович, д.ф.-м.н., проф., акад. РАН



Шифр диссертационного совета: МГУ.01.02

Зам. председателя – Жаров Владимир Евгеньевич, д.ф.-м.н., проф.

Зам. председателя – Постнов Константин Александрович, д.ф.-м.н., проф.

Уч. Секретарь – Алексеев Станислав Олегович, д.ф.-м.н.

Специальности:

01.03.01 - Астрометрия и небесная механика (физ.-мат. науки),

01.03.02 - Астрофизика и звездная астрономия (физ.-мат. науки)

Председатель – Черепанук Анатолий Михайлович, д.ф.-м.н., проф., акад. РАН



Шифр диссертационного совета: МГУ.01.04

Зам. председателя – Караваев Владимир Александрович, д.ф.-м.н., проф.

Зам. председателя – Сеницын Аркадий Пантелеймонович, д.х.н., проф.

Уч. секретарь – Сидорова Алла Эдуардовна, к.т.н.

Специальности:

03.01.02 - Биофизика (физ.-мат. науки),

03.01.08 - Биоинженерия (физ.-мат. науки)

Председатель – Твердислов Всеволод Александрович, д.ф.-м.н., проф.

Шифр диссертационного совета: МГУ.01.05

Зам. председателя – Калегаев Владимир Владимирович, д.ф.-м.н.
 Зам. председателя – Рахимов Александр Турсунович, д.ф.-м.н., проф.
 Уч. Секретарь – Власова Наталия Андреевна, к.ф.-м.н.
 Специальности:
 01.03.03 - Физика Солнца (физ.-мат. науки),
 01.04.15 - Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика (физ.-мат. науки)



Председатель – Панасюк Михаил Игоревич, д.ф.-м.н., проф.

Шифр диссертационного совета: МГУ.01.06

Зам. председателя – Жуковский Владимир Чеславович, д.ф.-м.н., проф.
 Зам. председателя – Нефедов Николай Николаевич, д.ф.-м.н., проф.
 Уч. секретарь – Поляков Петр Александрович, д.ф.-м.н.
 Специальности:
 01.01.03 - Математическая физика (физ.-мат. науки),
 01.04.02 - Теоретическая физика (физ.-мат. науки)



Председатель – Садовников Борис Иосифович, д.ф.-м.н., проф.

Шифр диссертационного совета: МГУ.01.08

Зам. председателя – Балакший Владимир Иванович, д.ф.-м.н., проф.
 Зам. председателя – Васильев Андрей Николаевич, д.ф.-м.н.
 Уч. секретарь – Косарева Ольга Григорьевна, д.ф.-м.н.
 Специальности:
 01.04.06 - Акустика (физ.-мат. науки)
 01.04.05 - Оптика (физ.-мат. науки)
 01.04.03 - Радиофизика (физ.-мат. науки)



Председатель – Салецкий Александр Михайлович, д.ф.-м.н., проф.

Шифр диссертационного совета: МГУ.01.11

Зам. председателя – Еременко Дмитрий Олегович, д.ф.-м.н., доц
 Зам. председателя – Ишханов Борис Саркисович, д.ф.-м.н., проф.
 Уч. секретарь – Галанина Лидия Ивановна, к.ф.-м.н.
 Специальности:
 01.04.16 - Физика атомного ядра и элементарных частиц (физ.-мат. науки)
 01.04.20 - Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника (физ.-мат. науки)
 01.04.23 - Физика высоких энергий (физ.-мат. науки)



Председатель – Саврин Виктор Иванович, д.ф.-м.н., проф.



Шифр диссертационного совета: МГУ.01.12

Зам. председателя – Вятчанин Сергей Петрович, д.ф.-м.н., доц.
 Зам. председателя – Кузелев Михаил Викторович, д.ф.-м.н., проф.
 Зам. председателя – Черныш Владимир Савельевич, д.ф.-м.н., проф.
 Уч. секретарь – Карташов Игорь Николаевич, к.ф.-м.н.

Специальности:
 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики (физ.-мат. науки)
 01.04.04 - Физическая электроника (физ.-мат. науки)
 01.04.08 - Физика плазмы (физ.-мат. науки)

Председатель – Федянин Андрей Анатольевич, д.ф.-м.н., проф., проф. РАН – председатель



Шифр диссертационного совета: МГУ.01.13

Зам. председателя – Макаров Владимир Анатольевич, д.ф.-м.н., проф.
 Уч. секретарь – Коновко Андрей Андреевич, к.ф.-м.н.

Специальности:
 01.04.21 - Лазерная физика (физ.-мат. науки)
 05.27.03 - Квантовая электроника (физ.-мат. науки)
 05.27.03 - Квантовая электроника (техн. науки)

Председатель – Андреев Анатолий Васильевич, д.ф.-м.н., проф.



Шифр диссертационного совета: МГУ.01.15

Зам. председателя – Михайлов Валентин Олегович, д.ф.-м.н., проф.
 Уч. секретарь – Смирнов Владимир Борисович, к.ф.-м.н., доц.

Специальности:
 25.00.10 - Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых (физико-математические науки);
 25.00.29 - Физика атмосферы и гидросферы (физико-математические науки)

Председатель – Носов Михаил Александрович, д.ф.-м.н., проф., профессор РАН



Шифр диссертационного совета: МГУ.01.18

Зам. председателя – Васильев Александр Николаевич, д.ф.-м.н., проф.
 Зам. председателя – Кашкаров Павел Константинович, д.ф.-м.н., проф.
 Уч. секретарь – Ефимова Александра Ивановна, к.ф.-м.н., доц.

Специальности:
 01.04.09 - Физика низких температур (физ.-мат. науки)
 01.04.10 - Физика полупроводников (физ.-мат. науки)
 01.04.11 - Физика магнитных явлений (физ.-мат. науки)

Председатель – Перов Николай Сергеевич, д.ф.-м.н., проф.

ДИССЕРТАЦИОННЫЕ СОВЕТЫ МГУ С ЗАЩИТАМИ В 2017 Г.

МГУ.01.01

Председатель – Хохлов Алексей Ремович, д.ф.-м.н., проф., акад. РАН

Уч. секретарь – Лаптинская Татьяна Васильевна, к.ф.-м.н., доц.

08.06.2017

1. Румянцев Артем Михайлович “Влияние конкуренции электростатических и неэлектростатических взаимодействий на конформационное поведение полимерных сеток” 02.00.06 – высокомолекулярные соединения
2. Мадуар Салим Рушдиевич “Ионные равновесия и течение жидкости в заряженных коллоидных системах” 01.04.07 – физика конденсированного состояния

21.09.2017

3. Анашкина Екатерина Ивановна “Эпитаксиальный рост островков из кластеров металлов на поверхности высокоориентированного пиролитического графита в субмонослойном режиме” 01.04.07 – физика конденсированного состояния
4. Краснова Александра Кирилловна “Механизмы ускорения диффузии кластеров на чешуйчатой поверхности” 01.04.07 – физика конденсированного состояния

12.10.2017

5. Заблочий Сергей Владимирович “Диаграммы состояний мультиметаллополимеров из гибких и полужестких блоков: компьютерное моделирование” 02.00.06 – высокомолекулярные соединения

02.11.2017

6. Назаров Леонид Игоревич “Статистическая теория структуры хроматина” 02.00.06 – высокомолекулярные соединения
7. Гумеров Рустам Анрикович “Компьютерное моделирование сетчатых и разветвленных макромолекул в растворе и на межфазной границе” 02.00.06 – высокомолекулярные соединения

23.11.2017

8. Акимова Ксения Андреевна “Резонансная дифракция синхротронного излучения в кристаллах семейства KDP” 01.04.07 – физика конденсированного состояния
9. Мельников Алексей Петрович “Исследование процессов, протекающих на положительном электроде литий-воздушного аккумулятора методами компьютерного моделирования” 01.04.07 – физика конденсированного состояния

07.12.2017

10. Маркина Анастасия Алексеевна "Самоорганизация супрамолекулярных структур в (co)полимерных и липидных системах: компьютерное моделирование" 02.00.06 – высокомолекулярные соединения

11. Сергеев Артем Вячеславович "Исследование процессов, протекающих на положительном электроде литий-воздушного аккумулятора методами компьютерного моделирования" 02.00.06 – высокомолекулярные соединения

МГУ.01.04

Председатель – Твердислов Всеволод Александрович, д.ф.-м.н., проф.

Уч. секретарь – Сидорова Алла Эдуардовна, к.т.н.

08.06.2017

1. Кузьмина Наталья Викторовна «Атомно-силовая микроскопия сигма(70)- субъединицы РНК-полимеразы E.coli» 03.01.02 - биофизика и 03.01.08 - биоинженерия.

2. Манькова Анна Александровна «Низкочастотные колебательные спектры молекул белков как характеристики их структурных изменений» 03.01.02 - биофизика и 03.01.08 – биоинженерия.

3. Михалева Мария Геннадьевна «Суперспирализованные анизометрические фазы в системах биомиметиков и целлюлозе» 03.01.02 - биофизика и 03.01.08 - биоинженерия

19.10.2017

4. Гольцов Алексей Николаевич. Докторская диссертация «Компьютерные методы системной биологии в персонализированной лекарственной онкотерапии». 03.01.02 – «Биофизика», 03.01.08 – «Биоинженерия»

5. Галочкина Татьяна Владимировна. «Моделирование структуры липополисахаридов и их роли в процессе патологического свертывания крови». 03.01.02 – «Биофизика»

16.11.2017

6. Калмацкая Олеся Анатольевна «Флуоресцентные показатели листьев растений: влияние условий освещения и обработки физиологически активными веществами» 03.01.02 - биофизика.

7. Генералов Евгений Александрович «Биофизические характеристики и взаимодействие с рецепторами Dectin-1 и TLR-6 природных полисахаридов из Helianthus tuberosus L» 03.01.02 - биофизика и 03.01.08 - биоинженерия

МГУ.01.06

Председатель – Садовников Борис Иосифович, д.ф.-м.н., проф.

Уч. секретарь – Поляков Петр Александрович, д.ф.-м.н.

28.12.2017

1. Алешин Сергей Сергеевич «Квантовые поправки в суперсимметричных теориях при использовании различных регуляризаций». 01.04.02 - теоретическая физика

МГУ.01.12

Председатель – Федянин Андрей Анатольевич, д.ф.-м.н., проф., проф. РАН

Уч. секретарь – Карташов Игорь Николаевич, к.ф.-м.н.

23.11.2017

1. Копцов Дмитрий Владимирович «Шумы в интерферометрических гравитационно-волновых детекторах, связанные с поглощающим покрытием пробных масс и электрическими зарядами на их поверхности» 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики.

2. Дагесян Саркис Арменакович «Одноэлектронные транзисторы с высокой зарядовой энергией» 01.04.04 – физическая электроника.

14.12.2017

3. Демченко Юрий Анатольевич «Моды шепчущей галереи в неидеальных оптических микрорезонаторах. Методы аппроксимации» 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики.

4. Кравченко Дмитрий Александрович «Кинетическая модель плазмы в газоразрядной камере ионного двигателя» 01.04.08 – физика плазмы.

МГУ.01.13

Председатель – Андреев Анатолий Васильевич, д.ф.-м.н., проф.

Уч. секретарь – Коновко Андрей Андреевич, к.ф.-м.н.

21.12.2017

1. МЕЩАНКИН Денис Вячеславович «Световоды с активно формируемыми характеристиками для генерации сверхкоротких световых импульсов и флуоресцентного зондирования» 01.04.21 - лазерная физика

2. ДЕМИРЧЯН Севак Серобович «Нелинейные и неклассические эффекты с экситонными поляритонами в полупроводниковых микрорезонаторах» 01.04.21 - лазерная физика.

МГУ.01.18

Председатель – Перов Николай Сергеевич, д.ф.-м.н., проф.

Уч. секретарь – Ефимова Александра Ивановна, к.ф.-м.н., доц.

23.11.2017

1. Гимаев Радэль Радикович «Особенности магнитокалорического эффекта и магнитных свойств сплавов Fe-Rh в области фазового перехода антиферромагнетизм – ферромагнетизм» 01.04.11 – «Физика магнитных явлений»

2. Ткачев Алексей Владимирович «Магнитная структура основного состояния низкоразмерных систем на основе меди и ванадия по данным ядерно-резонансной спектроскопии» 01.04.09 — физика низких температур



Бюллетень «НОВОСТИ НАУКИ». © 2018 Физический факультет МГУ.

Под ред. Н.Н. Сысоева, В.Н. Задкова, А.А. Федянина, Н.Б. Барановой

Дизайн и верстка: И.А. Силантьева

Фотограф С.А. Савкин

Пресс-секретарь физического факультета: Пчелина Диана Игоревна
press@phys.msu.ru

Подписано в печать 20.01.18. Тираж 400 экз.

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

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии «ООО Флайт-арт»

ISSN 2500–2384