



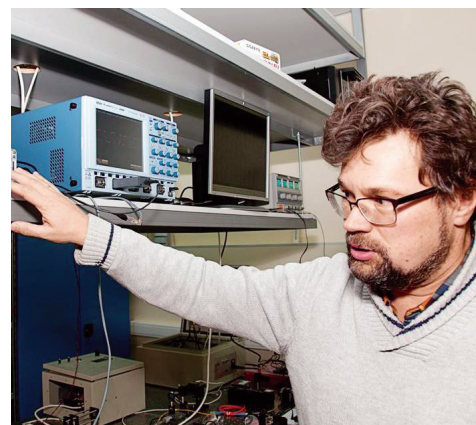
Центр квантовых технологий

В декабре 2017 года Московский университет был выбран Центром компетенции Национальной технологической инициативы по сквозной технологии «квантовые технологии». И уже в начале следующего года приказом ректора МГУ академика В.А. Садовниченко на физическом факультете был создан Центр квантовых технологий, а также определён первоначальный состав Консорциума и состав Наблюдательного совета Центра.

«Новости науки» поговорили с руководителем центра, деканом физического факультета МГУ, профессором Николаем Николаевичем Сыроевым и научным руководителем центра, профессором Сергеем Павловичем Куликом о том, для чего был создан этот центр, какие задачи перед ним стоят. О направлениях работы рассказали также руководители секторов научной деятельности – руководитель направления «Квантовая криптография» профессор Сергей Николаевич Молотков; руководитель направления «Нанопотоника и интегральная оптика» профессор Андрей Анатольевич Федянин; руководитель направления «Одноатомные и одноэлектронные устройства» профессор Олег Васильевич Снигирев; старший научный сотрудник ЦКТ, кандидат физико-математических наук руководитель направления «Квантовые вычисления» Станислав Сергеевич Страупе.



Руководитель Центра квантовых технологий, декан физического факультета МГУ, профессор Николай Николаевич Сыроев



Научный руководитель Центра квантовых технологий, профессор Сергей Павлович Кулик

СОДЕРЖАНИЕ

1	НОВОСТИ НАУКИ
23	ПРЕМИИ / НАГРАДЫ
25	КОНКУРСЫ / НАГРАДЫ
27	КОНФЕРЕНЦИИ
31	ДИССЕРТАЦИИ
32	ДИССЕРТАЦИОННЫЕ СОВЕТЫ
33	ФИЗФАК — ШКОЛЕ

ISSN 2500–2384

НН: Первый вопрос мы адресуем Николаю Николаевичу Сыроеву. Расскажите, пожалуйста, о том, как был организован Центр квантовых технологий и как выстраивается деятельность Центра.

Н.Н. Сыроев: В 2017 году в России был объявлен конкурс Национальной Технологической Инициативы по созданию Центров компетенций в области прорывных сквозных технологий. Московский университет стал одним из 9 победителей, выиграв грант на создание Центра компетенций по направлению «Квантовые технологии». В феврале 2018 года приказом ректора Виктора Антоновича Садовниченко был создан Центр квантовых технологий физического факультета.

Деятельность Центра строится в соответствии с Программой, утверждённой ректором МГУ. Сама программа

ориентирована на четыре года. Основными направлениями работы ЦКТ являются:

1. Проведение комплексных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и развитие сквозных технологических решений с использованием квантовых технологий, а также сопутствующих технологий.

2. Реализация образовательных программ подготовки научных и инженерных кадров, в том числе в интересах рынков Национальной технологической инициативы.

3. Защита и управление интеллектуальной собственностью, полученной в результате исследований ЦКТ.

4. Организация взаимовыгодного сотрудничества с органами государственной власти, научными и научно-образовательными организациями и иными центрами, работающими в области квантовых технологий.

5. Масштабирование и коммерциализация квантовых технологий, оказание экспертных услуг для индустрий.

НН: Как организована структура Центра?

Н.Н. Сысоев: Структура ЦКТ соответствует основным направлениям деятельности Центра. Это — кластер управления, научно-технологический и образовательный кластеры.

Научно-технологический кластер состоит из четырех секторов:

- сектор квантовой связи и квантовой криптографии;
- сектор интегральной оптики и нанофотоники;
- сектор квантовых вычислений;
- сектор одноэлектронных устройств;
- лаборатория сертификации систем квантового распределения ключей.

Образовательный кластер подразделяется на

- вузовское образование;
- дополнительное образование;
- дистанционное образование.

Центр базируется в помещениях лабораторий кафедры квантовой электроники, кафедры полупроводников, кафедры физики колебаний и в центре коллективного пользования физического факультета.

Хочу отметить, что свою деятельность по всем направлениям Центр осуществляет в тесном сотрудничестве с Консорциумом. Университет является системообразующей организацией консорциума.

НН: Кто входит в состав Консорциума?

Н.Н. Сысоев: В состав Консорциума, кроме МГУ, входят еще одиннадцать организаций, в том числе:

— два ведущих ВУЗа: МГТУ имени Н.Э. Баумана и Санкт-Петербургский государственный университет,

— четыре института РАН (Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр РАН», Институт физики полупроводников имени А.В. Ржанова СО РАН, Институт физики твердого тела РАН, Физико-технологический институт РАН),

— две коммерческие компании ОАО «ИнфоТеКС и НТП «Криптософт»,

- концерн «Автоматика» госкорпорации «Росатом»,
- Ассоциация защиты информации.

Сегодня еще двадцать организаций выразили желание войти в состав Консорциума для реализации Программы Центра.

НН: Каковы задачи Консорциума, в чем цель такой организации?

Н.Н. Сысоев: Сотрудничество такого рода — через консорциум, объединяющий организации из разных отраслей, — предусмотрено положением о создании Центров компетенций НТИ. Такая форма позволяет принимать консолидированные, более взвешенные решения по выработке исследовательских направлений и образовательной деятельности, формированию конкретных исследовательских проектов. Во многом благодаря совместной деятельности реализуются междисциплинарные исследовательские программы, которые обеспечивают «переложение» фундаментальных научных результатов и идей через прикладные исследования и разработки в конкретные технологии в интересах конкретных промышленных партнеров.



Подписание пятистороннего соглашения о создании в России 50-кубитного квантового компьютера между Внешэкономбанком, «ВЭБ Инновации», Фондом перспективных исследований, МГУ имени М.В. Ломоносова и АНО «Цифровая экономика».

Постоянное взаимодействие с промышленными партнерами крайне важно для осуществления так называемого технологического трансфера. Наконец, именно в рамках консорциума Центры компетенций НТИ создают и реализуют образовательные программы, в которых для студентов предусматривается обязательное участие в исследовательской деятельности ЦК НТИ в форме непосредственной работы над проектами в командах с представителями промышленных партнеров. Для со-

временного мира навык практического применения получаемых знаний очень важен. По этому пути идут ведущие университеты мира, и мы рады, что студенты МГУ также имеют такую возможность.

НН: Как распределяется финансирование Центра?

Н.Н. Сысов: Планируемая структура финансирования ЦКТ ориентирована на четыре года и обеспечивается финансированием из госбюджета и привлеченных средств. На начальном этапе работы ЦКТ большая часть финансирования идет из госбюджета, и, постепенно, к концу двадцать первого года, доминирующей составляющей становится финансирование из привлеченных средств.

НН: НН: Наш следующий вопрос мы задаем Сергею Павловичу Кулику. Скажите, пожалуйста, над какими основными темами работают ученые ЦКТ?

С.П. Кулик: В центре ведутся исследования в различных сферах квантовых технологий и смежных областей. Так, на базе центра реализуются исследования и проекты в области волоконной и атмосферной квантовой криптографии, физики холодных атомов, квантовой оптики, нанофотоники и нелинейной оптики, одноатомных и одноэлектронных устройств. Сотрудники центра вовлечены в крупные проекты по разработке систем квантовой криптографии, адаптированных к реальным волоконным линиям связи, в частности, это уже упомянутые Николаем Николаевичем проекты, реализуемые совместно с компанией «ИнфоТеКС», систем оптической квантовой коммуникации по открытому пространству и разработке оптических квантовых вычислительных систем.

НН: В СМИ иногда появляются громкие анонсы о запуске квантовых компьютеров, в частности, с такими заявлениями выступали ИТ-гиганты IBM и Google. Скоро ли появится такой компьютер в России? Какие работы в этой области ведутся в ЦКТ?

С.П. Кулик: Вопросы создания среднemasштабных квантовых компьютеров на основе нейтральных атомов и фотонных чипов занимают важное место среди исследований, которые ведутся в центре. Это две технологии, наряду с несколькими другими, на базе которых ученые и инженеры во всем мире создают квантовые компьютеры. У каждой из технологий есть свои безусловные достоинства и недостатки, по этому поводу ведутся оживленные дискуссии, которые подчеркивают, что однозначного ответа на вопрос будущей «магистральной линии» в области технологии создания квантовых компьютеров пока нет.

Относительно громких заявлений можно сказать следующее. Во-первых, восхищает сам факт того, что те технологии и возможности, которые буквально 10–15 лет назад были в основном делом теории, становятся практикой. Та же компания IBM предлагает свободный удаленный доступ к своей квантовой вычислительной системе — это просто фантастика! Но, тем не менее, существует ряд проблем, которые пока не позво-

ляют сделать квантовые компьютеры повсеместными и в полной мере обеспечить те возможности, о которых говорят исследователи и аналитики. Например, это проблема производства стабильных кубитов. Мы у себя в центре, как и ученые во многих других российских и мировых лабораториях, заняты поиском способов преодоления этих ограничений. Сказать, что нам или кому-то другому гарантированно удастся полностью решить возникающие проблемы в ближайший год или два было бы слишком самоуверенно, тем более, что научные открытия не совершаются по графику, но уверен, что в ближайшем будущем будет немало интересных достижений, которые, в конечном итоге, приведут к тому, что квантовые компьютеры станут частью повседневной реальности.

Кстати, в связи с квантовыми компьютерами нужно сказать еще об одном проекте, реализуемом в ЦКТ в рамках НТИ. Это создание так называемого квантового симулятора — многокубитной квантовой вычислительной системы с возможностью удаленного сетевого доступа для решения тестовых задач, базирующихся на квантовых алгоритмах. Это вычислительное устройство включает в себя два процессора на основе двух различных физических систем — холодные атомы в оптической ловушке и одиночные фотоны в линейно-оптических сетях. Каждый из процессоров может быть использован по отдельности, либо, если возможно разбиение задачи, могут работать параллельно. Данный проект будет интересен и научным работникам, и студентам, и представителям коммерческих компаний, которые проходят курсы повышения квалификации, получая или углубляя знания в области квантовых технологий. Данный проект ЦКТ реализует совместно с Институтом физики полупроводников имени А.В. Ржанова, Физико-техническим институтом имени Иоффе и МГТУ имени Н.Э. Баумана.

НН: Раз уж речь зашла об образовании и повышении квалификации, какую работу Центр ведет в этом направлении?

С.П. Кулик: Мы стараемся ориентироваться на самые разные группы слушателей, имеющих различные цели и интересы. В рамках научно-просветительской и ознакомительной работы мы ежемесячно проводим экскурсии по лабораториям для школьников, студентов колледжей и вузов. Кроме того, наши специалисты активно выступают с популярными лекциями для широкой аудитории.

Сотрудниками Центра на настоящий момент записано три онлайн-курса — «Введение в квантовые вычисления», «Квантовая криптография» и «Квантовая электроника». Курсы доступны на площадке «Открытое образование» с весеннего семестра 2019 года. Записаться на курс может любой желающий, в случае успешной аттестации обучающийся получает удостоверение о прохождении курса. Развитие онлайн-образования расширяет круг студентов, которые могут изучать квантовые технологии. Уже сейчас наши курсы заинтересовали вузы, которые обучают студентов, например, по направлению информационной безопасности. Ведется актив-

ная работа по сотрудничеству и включению наших курсов в основную учебную программу вузов-партнеров.

Кроме того, с сентября 2019 физический факультет и ЦКТ открывают три магистерские программы — «Квантовые вычисления», «Квантовая криптография и квантовая связь» и «Квантовые и оптические технологии». Курсы, входящие в состав магистерских программ, будут читать как специалисты центра, так и приглашенные специалисты из МГУ и партнерских организаций, в частности СПбПУ, ФТИАН РАН и других исследовательских организаций.

Наконец, для специалистов на базе ЦКТ действует очная программа повышения квалификации «Квантовая обработка информации и квантовые технологии» и три онлайн-курса повышения квалификации (на базе онлайн курсов для студентов) — «Введение в квантовые вычисления», «Квантовая криптография» и «Квантовая электроника». По результатам обучения выдается удостоверение о повышении квалификации. Число желающих повысить квалификацию в области квантовых

технологий ежегодно растет, и чем активнее квантовые вычисления и квантовая криптография будут входить в нашу жизнь, тем более востребованными будут такие курсы.

НН: ЦКТ — постоянный соучредитель Российской школы по квантовым технологиям. Расскажите, пожалуйста, подробнее об этом мероприятии и его необычном формате.

С.П. Кулик: Российская школа по квантовым технологиям проходила дважды, в 2018 и 2019 году. Это мероприятие, ориентированное на научное сообщество, инженеров и студентов, чьи интересы связаны с квантовыми технологиями. Традиционно школа проводится в районе Красной Поляны, в Краснодарском крае, а сам формат предполагает как лекции, круглые столы и обмен мнениями, так и спортивную развлекательную программу. На наш взгляд, такой подход позволяет сделать общение между людьми, увлеченными одной темой, более неформальным и продуктивным.



Участники Российской школы по квантовым технологиям 2019 года

НН: Вернемся к научной деятельности. Чем занимается каждый из научных секторов ЦКТ? Начнем с квантовой криптографии.

С.Н. Молотков: В направлении квантовой криптографии работают лаборатории волоконно-оптических систем квантовой криптографии и атмосферной квантовой криптографии. Первая, как это следует из ее названия, занимается разработкой систем распределения ключей по оптоволоконным каналам связи и теоретическим обоснованием стойкости протоколов квантового распределения ключей. В лаборатории же атмосферной квантовой криптографии изучаются способы коррекции в реальном времени аббераций, вносимых в оптический канал турбулентными эффектами в атмосфере, а также задачи технических способов реализации системы треккинга положений передающей и принимающей станций.

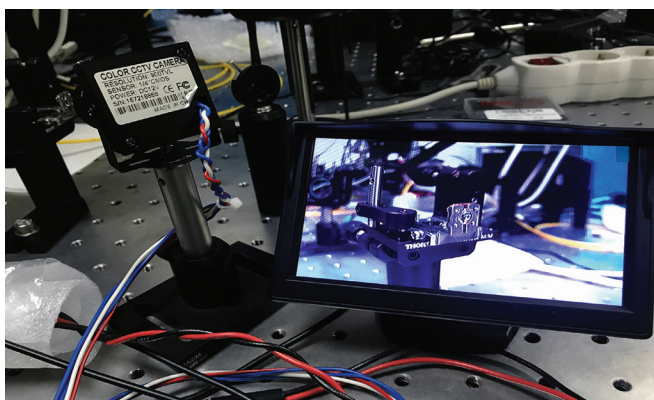
Надо отметить, что в настоящий момент во всем мире квантовая криптография является наиболее раз-

работанной из квантовых технологий, достижения в этой области активно применяются в коммерческих решениях. В частности, как уже говорилось, Центр квантовых технологий совместно с компанией «ИнфоТеКС» ведет разработку системы шифрования голосовых переговоров и текстового чата с использованием квантовых ключей, а также системы квантовой криптографии, интегрированной с канальным 10G шифратором. Разумеется, мы сотрудничаем и с другими организациями, заинтересованными в создании систем квантовой коммуникации. Среди членов Консорциума это и «Концерн «Автоматика» и НТП «Криптософт».

НН: Какие исследования ведет сектор квантовых вычислений?

С.С. Страун: В этом секторе работают лаборатория квантовых вычислений на холодных атомах, лаборатория линейно-оптических квантовых вычислений, лаборатория квантовой оптики и лаборатория прецизионных и квантовых измерений.

Первая группа развивает тему создания платформы для реализации квантового компьютера на базе холодных атомов в оптических ловушках. Для создания системы из нескольких холодных атомов с индивидуальной адресацией используется метод голографических оптических ловушек, создаваемых с помощью пространственного модулятора света. Кроме того, этой группой ведется активная работа по созданию системы контроля и измерения кубитов, закодированных в уровнях сверхтонкого расщепления атомов рубидия ^{87}Rb .



Лаборатория линейно-оптических квантовых вычислений исследует задачи, связанные с созданием интегрально-оптической платформы для линейно-оптического квантового компьютера, а также решает теоретические и расчетные проблемы, связанные с дизайном отдельных квантовых гейтов, а также средне- и крупномасштабных линейно-оптических систем. Надо отметить, что одиночные фотоны являются одной из наиболее удобных систем для выполнения экспериментов с квантовыми системами, поскольку не требуют особых внешних условий как, например, одиночные атомы и ионы или твердотельные системы. Несмотря на то, что одиночные фотоны не взаимодействуют друг с другом в линейном приближении, многокубитные преобразования могут быть реализованы достаточно эффективно.

Лаборатория квантовой оптики занимается разработкой методов приготовления и измерения квантовых состояний света, таким образом, являясь основой экспериментальных исследований в области квантовой информации. В частности, в лаборатории изучают методы кодирования квантовой информации с помощью орбитального углового момента фотона, методы томографии квантовых состояний и квантовых процессов с использованием методов машинного обучения.

В группе прецизионных и квантовых измерений основные направления исследований тесно связаны с национальным проектом LIGO (США), цель которого состоит в создании лазерной (L) интерферометрической (I) гравитационно-волновой (G) обсерватории (O). Эта группа в рамках работы центра ведет теоретическую работу. Возглавляет данную группу профессор Сергей Петрович Вятчанин.

Также в данном направлении в ЦКТ работает группа исследователей из СПбПУ под руководством профессора Дмитрия Васильевича Куприянова. Лаборатория занимается изучением сложных процессов, происхо-

дящих с атомами, в квантовой оптике и в квантовой информатике, исследованием различных вариантов систем квантового интерфейса между светом и атомными ансамблями.

НН: В научно-исследовательской работе, которую ведет ЦКТ, важная роль отведена смежным по отношению к квантовым технологиям областям – нанофотонике и одноатомным устройствам. Какие задачи в рамках центра решают данные секторы?

А.А. Федянин: В секторе нанофотоники действуют лаборатории интегральной, резонансной и реконфигурационной нанофотоники.

В лаборатории интегральной нанофотоники разрабатывается платформа для интегральной нанофотоники на основе поверхностных электромагнитных волн в одномерных фотонных кристаллах. Так как способность управлять распространением света на субволновых масштабах является необходимым условием для миниатюризации оптических схем необходимых, в том числе, и для задач квантовой оптики, то в данной лаборатории изучаются методы возбуждения таких волн, способы управления их распространением и их взаимодействие с веществом.

Лаборатория резонансной нанофотоники исследует физические основы для создания устройств нанофотоники, реализующих активное и пассивное управление оптическим излучением на субволновом масштабе при помощи Ми-резонансных полупроводниковых наноструктур и метаповерхностей на их основе.

Лаборатория реконфигурационной нанофотоники занимается исследованием фундаментальных оптических свойств систем нанофотоники в процессе их сборки и реконфигурации из различных наборов нанозадающих элементов методом многолучевого лазерного микропинцета. Также здесь проводят исследования применимости нейроморфных нанофотонных систем для вычислительных задач.

Среди проектов, реализуемых сектором в рамках работы ЦКТ, можно отметить комплексное исследование и проработка новых компактных фотонных наноструктур. Комплексность проекта заключается в использовании ряда оригинальных и передовых технологий, используемых в современной оптике и оптоэлектронике, начиная от этапа проектирования и заканчивая готовым наноустройством. Плюсы такого подхода – быстрая адаптация всего процесса под нужды заказчика, а также размещение ключевых элементов на одном фотонном чипе, что ведёт к уменьшению энергетических потерь в местах стыковки компонентов.

О.В. Снигирев: В секторе одноатомных одноэлектронных устройств работают лаборатория разработки и создания наноразмерных систем и устройств, лаборатория экспериментальных исследований одноатомных одноэлектронных устройств и лаборатория теоретических исследований одноатомных одноэлектронных устройств.

В первой из указанных лабораторий ученые занимаются разработкой оригинальных методов изготовления наноразмерных устройств для твердотельной квантовой электроники, оптики и нанофотоники. Перечень изготавливаемых устройств включает в себя одноэлектронные наноструктуры на основе примесных атомов в твердотельной матрице для квантовых вычислительных систем, сверхчувствительные сенсорные устройства на основе полевых и одноэлектронных транзисторов и нанoeлектромеханических систем.

Лаборатория экспериментальных исследований одноатомных одноэлектронных устройств разрабатывает архитектуру и проводит экспериментальные исследования систем и устройств квантовой наноэлектроники на основе примесных атомов в твердотельной кристаллической решетке. Речь идет об исследовании электрических характеристик, зарядового транспорта, диаграмм состояний. Сотрудниками лаборатории уже продемонстрированы одноэлектронные транзисторы на основе единичных примесных атомов фосфора и мышьяка в кремнии.

Лаборатория теоретических исследований, как ясно из названия, проводит теоретические работы в части разработки методов и подходов для анализа транспортных характеристик одноатомных и молекулярных элементов и устройств, а также способов формирования на их основе резервуарных вычислительных систем. Сотрудниками создан комплекс теоретических методов и подходов для исследования неравновесных эффектов и особенностей электронного транспорта в сильно коррелированных полупроводниковых системах нанометровых размеров. На основе данного комплекса разработан набор оригинальных расчетных программ.

Если говорить об интересных программах, реализуемых в данном секторе, то особого внимания заслуживает проект по созданию перестраиваемых логических элементов на основе примесных атомов в твердотельной матрице, который позволит строить быстродействующие системы обработки большого объема информации, намного более производительные и скоростные, нежели существующие. Такие сети будут востребованы при создании распределенных быстродействующих систем обработки большого объема информации и технологий big data.

МГУ занял 6 место в мире согласно данным рейтинга QS в области физики и астрономии по показателю успешности среди работодателей

# RANK	UNIVERSITY	ACADEMIC REPUTATION	CITATIONS PER PAPER	H-INDEX CITATIONS	EMPLOYER REPUTATION
2019	Uni Search Q				
1	Harvard University	97.6	96.6	96.3	100
2	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	100	96.6	99.7	99.5
3	University of Cambridge	97.9	92.8	94	97.1
4	Stanford University	96	97.9	100	96.5
5	University of Oxford	95.8	94.7	94.3	95.4
6	Lomonosov Moscow State University	82.4	76.7	88.5	93.3
7	University of California, Berkeley (UCB)	96.5	96.7	96.3	92.2

МГУ продолжает поддерживать очень высокий международный уровень в глазах работодателей (employer reputation), что касается образования и выпускников в области физики и астрономии. Сейчас МГУ находится на шестом месте в мире по версии QS. На пятом месте идет Оксфордский университет, а на седьмом — Калифорнийский университет в Беркли. Поздравляем с этим большим успехом всех выпускников и сотрудников физического факультета МГУ.

Employer reputation — это самый важный показатель для большинства поступающих и выпускников, так как он влияет на их последующее трудоустройство.

МГУ занял 26 место в рейтинге **QS World University Rankings by Subject** по направлению «Физика и астрономия»

27 февраля опубликован один из известных в мире предметных рейтингов университетов **QS World University Rankings by Subject 2019** глобальным аналитическим агентством QS Quacquarelli Symonds. По направлению «Физика и астрономия» самую высокую позицию в России занял МГУ имени М.В. Ломоносова, поднявшись в рейтинге по сравнению с прошлым годом.

Возглавил рейтинг QS Массачусетский технологический институт (США). Всего же в первой десятке шесть американских вузов, два — английских (Оксфорд и Кэмбридж), один японский и один швейцарский. Из российских вузов, остальные расположились в первых трех сотнях.

Оценка в рейтинге QS проводится по следующим показателям: академическая репутация и репутация среди работодателей (основанные на глобальных опросах ученых и работодателей, проводимые QS), цитируемость и публикационная активность, основанные на информации из базы данных Scopus. Издание предметного рейтинга QS World University Rankings 2019 является крупнейшим исследованием, которое опирается на:

- мнение более 83 тысяч преподавателей, которые внесли свой вклад в более чем 1.25 миллиона номинаций в академическом опросе QS Academic Survey;
- мнение более 42 тысяч работодателей, которые внесли свой вклад в более 199 тысяч номинаций в опросе работодателей QS Employer Survey;
- исследовательские данные, полученные из базы данных Elsevier Scopus: 150 миллионов ссылок полученных из 22 миллионов научных работ.

Комментируя результаты рейтинга в области «Физика и астрономия», декан физического факультета профессор Николай Сыроев отметил, что результаты рейтинга отражают высокий уровень исследований сотрудников факультета:

«Мы традиционно входим в топ-30 лучших ВУЗов мира, и, безусловно, в этом заслуга наших ученых. За прошедший год было опубликовано свыше 1300 статей по самым различным направлениям (по данным Scopus). Ученые физического факультета принимают участие в работе ведущих международных коллабораций, среди



которых LIGO, CERN и JUNO, в реализации университетских космических проектов и работ по программе развития Московского университета. Физики активно работают по реализации программы «Цифровая экономика». Не могу не отметить огромный вклад нашего факультета в развитие самых передовых научных и образовательных в стране, коллектив которого совсем недавно был признан одной из «Выдающихся научных школ Московского университета».

Импакт-фактор журнала **Moscow University Physics Bulletin** вырос на 15%

Объявлены импакт-факторы журналов, входящих в **WoS**.

По данным **Journal Citation Reports**

журнал **Moscow University Physics Bulletin**

имеет **IF₂₀₁₈=0.58** (IF₂₀₁₇=0.506)

Поздравляем редколлегия. Успехов!



Серия 3. Физика. Астрономия
<http://vmu.phys.msu.ru/>

Теоретические результаты, которые могут прояснить природу фазового перехода в сплавах железо-родий

При участии ученых МГУ проведены расчеты магнитных свойств сплавов Fe-Rh, выполненные при использовании обменно-стрикционной модели.

Магнитокалорический эффект (МКЭ) проявляется в изменении температуры магнитного материала при изменении магнитного поля. Повышенный интерес к исследованию данного свойства материалов связан, во-первых, с тем, что измерение МКЭ может применяться как один из методов исследования магнитных фазовых переходов в материалах. Во-вторых, МКЭ имеет перспективы для практического применения в различных областях: медицина, технологии охлаждения и др.

На сегодняшний день материалами с максимальными измеренными значениями МКЭ являются сплавы Fe-Rh. Впервые это было обнаружено учеными физического факультета МГУ в 1990-х годах, которые показали, что изменение магнитного поля на 2 Тл приводит к изменению температуры в сплаве Fe-Rh на 13 К. После данного открытия интерес в сплавам Fe-Rh значительно возрос. Максимальное значение МКЭ наблюдается в области магнитного фазового перехода, который наблюдается в сплавах Fe-Rh в области температур в диапазоне 290 К–360 К в зависимости от конкретного состава материала, его чистоты, способа обработки и изготовления. Данный фазовый переход является фазовым переходом первого рода, при котором образец переходит из анти-

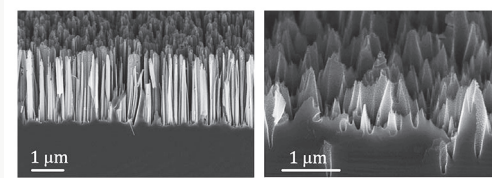
ферромагнитного (АФМ) состояния в ферромагнитное (ФМ). Магнитный фазовый переход сопровождается также изменением объема кристаллической решетки на 1 %. На сегодняшний день нет определенного объяснения природы этого перехода в сплавах Fe-Rh. Нет ясности также и в вопросах причины высоких значений МКЭ, наблюдаемых в области перехода в сплавах Fe-Rh. Ответы на эти вопросы могли бы приблизить исследователей к открытию новых материалов с высокими значениями МКЭ, которые не содержат в себе дорогостоящие металлы (как родий).

Для объяснения магнитных свойств соединения железо-родий применяется обменно-стрикционная модель. Полученные результаты указывают на то, что движущей силой перехода является тепловое расширение решетки, при этом, большую роль играет магнетизм атомов родия в ферромагнитной фазе.

«Application of the exchange-striction model for the calculation of the FeRh alloys magnetic properties». E. Valiev, R. Gimaev, V. Zverev, K. Kamilov, A. Pyatakov, B. Kovalev, A. Tishin. *J. Intermetallics*, **108** (2019) PP. 81-86.

Нетоксичный способ производства кремниевых наноматериалов

При производстве кремниевых наноструктур, востребованных в разных областях промышленности, как правило, используется достаточно токсичная плавиковая кислота. На кафедре низких температур и сверхпроводимости нашли способ, как избежать её применения. Открытие учёных МГУ может найти применение в промышленном производстве основанных на нанокремнии антиотражающих покрытий для солнечных батарей, оптических сенсоров для обнаружения различных молекул, наноконтейнеров для доставки лекарств. Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (РНФ).



Наноструктуры на основе кремния востребованы и применяются крайне широко: их используют в электронике, биомедицине, оптоволоконной оптике, солнечной энергетике и многих других областях. Особый интерес сейчас вызывают кремниевые нанонити диаметром около 100 нм. Такие нанонити находят применение в производстве транзисторов, чувствительных сенсорных элементов, в солнечных батареях, и как носители для таргетированной доставки лекарств.

Для получения массивов таких нанонитей обычно используют метод металл-стимулированного химического травления пластин монокристаллического кремния в растворе плавиковой кислоты. Но плавиковая кислота токсична для окружающей среды и человека, а симптомы отравления ею тяжело распознать. Для масштабного промышленного производства кремниевых нанонитей необходимо найти менее токсичные способы их получения, и команда учёных МГУ предложила вариант решения этой проблемы.

«В данной работе был модифицирован метод металл-стимулированного химического травления для получения кремниевых нанонитей, где плавиковая кислота (HF) была заменена на гораздо менее токсичный фторид аммония (NH₄F). Электрохимическими методами исследован механизм образования нанонитей на поверхности подложек монокристаллического кремния, — рассказал ведущий автор исследования, младший научный сотрудник физического факультета МГУ Кирилл Гончар. — Исследованы структурные и оптические свойства полученных кремниевых нанонитей, также и в зависимости от pH растворов, которые использовались

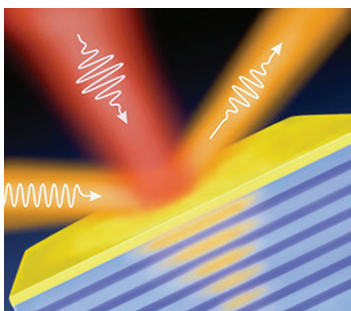
для изготовления наноструктур. Было показано, что форма нанонитей изменяется от вертикальной к пирамидальной с увеличением pH травящего раствора».

Полученные образцы обладают крайне низкой отражающей способностью (вплоть до 5%) в видимом диапазоне светового спектра. Эта особенность более выражена для образцов с пирамидальной структурой. Она позволяет использовать такие нанонити для создания антиотражающего покрытия для солнечных батарей. Учёные также отмечают, что в произведённых их методом кремниевых нанонитях наблюдается усиление локализации света. Это свойство может быть также использовано для создания чувствительного элемента оптического сенсора на различные молекулы.

Исследование выполнено под руководством Любови Осминкиной в новой лаборатории физических методов биосенсорики и нанотераностики на физическом факультете МГУ. Эта лаборатория была создана по результатам конкурса по созданию в МГУ новых лабораторий под руководством молодых ученых, одним из победителей которого и стала Любовь Осминкина. В исследовании также принимали участие учёные химического факультета, факультета наук о материалах и сотрудники Института биологического приборостроения РАН.

«Structural and Optical Properties of Silicon Nanowire Arrays Fabricated by Metal Assisted Chemical Etching with Ammonium Fluoride.» Gonchar K.A., Kitaeva V.Y., Zharik G.A., Eliseev A.A., Osminkina L.A. *Frontiers in Chemistry*. 6, p. 653, 2019.

Новый сверхбыстрый модулятор оптического излучения



Сотрудники физического факультета МГУ показали, что многослойные диэлектрические наноструктуры, покрытые тонкой пленкой металла, могут служить сверхбыстрыми модуляторами оптического излучения. Сконструированные в МГУ модуляторы полностью совместимы с элементной базой современной интегральной фотоники и проще существующих аналогов в изготовлении. Работа выполнена в рамках программы мегагрантов Минобрнауки «Нелинейная и экстремальная нанофотоника».

Для передачи и обработки информации современная техника использует поток электронов. Большинство процессоров, микросхем и проводов основаны на этом принципе. Однако скорость работы современной электроники уже близка к физическому пределу. Учёные со всего мира ищут альтернативу электронике и считают перспективными устройства, основанные на управлении светом. Теоретически, фотонные устройства характеризуются значительно меньшим тепловыделением и более высокой скоростью вычислений.

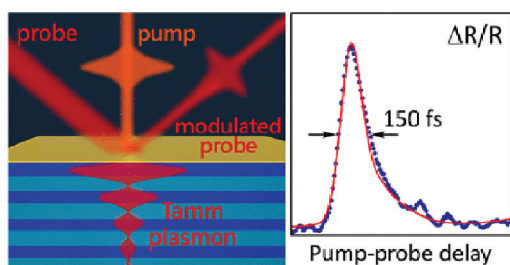
Сейчас уже существуют экспериментальные оптические процессоры и фотонные интерконтакты, близкие к классическим компьютерам. Однако их свойства пока далеки от идеальных: дистанция, на которую возможно передавать поток фотонов без помех, пока невысока, а стоимость процессоров, работающих на фотонах, наоборот, зашкаливает. Научные коллективы со всего мира ищут пути решения этих проблем. В МГУ разработками в области нанофотоники занимается, в частности, лаборатория нанооптики и метаматериалов под руководством профессора физического факультета Андрея Федянина.

«В работе мы показали возможность использования многослойных диэлектрических наноструктур, покрытых тонкой пленкой металла, в качестве сверхбыстрых модуляторов оптического излучения, — рассказал первый автор исследования, научный сотрудник лаборатории Борис Афиногенов. — В таких структурах возможно появление резонансных особенностей в спектрах коэффициентов отражения и пропускания, причем спектральным положением этих особенностей можно управ-

лять внешним оптическим облучением. За счёт выбора правильной геометрии наноструктуры мы достигли характерного времени переключения 150 фемтосекунд на определенной длине волны вблизи резонанса. Изменяя длину волны вокруг резонансной, мы добивались как увеличения, так и уменьшения коэффициента отражения при облучении внешним оптическим излучением».

Сначала учёные сконструировали такой модулятор: на несколько слоев диэлектрических наноструктур толщиной в несколько сотен нанометров нанесли тонкую плёнку металла толщиной в 30 нанометров. Затем эту конструкцию исследовали методом время-разрешенной спектроскопии: облучали образец фемтосекундным лазерным импульсом и измеряли спектр коэффициента отражения при различных временных задержках относительно этого импульса. Первичный фемтосекундный импульс меняет диэлектрическую проницаемость металла, а поскольку длина волны резонанса чувствительна к ней, исследователи наблюдали изменения в спектре коэффициента отражения.

«С технологической точки зрения, модуляторы должны быть компактными, энергоэффективными и обеспечивать минимальное время переключения. Образцы, которые мы исследовали в работе, являются комбинацией широко используемых фотоннокристаллических и плазмонных элементов. Они полностью совместимы с элементной базой современной интегральной фотоники и, при этом, просты в изготовлении. В работе мы предложили использовать данные наноструктуры в качестве модуляторов оптического излучения с настраиваемой глубиной модуляции и скоростью работы. Частота работы нашего модулятора потенциально может составить несколько терагерц, что на порядок лучше существующих решений», — заключил Борис Афиногенов.



«Ultrafast All-Optical Light Control with Tamm Plasmons in Photonic Nanostructures». B.I. Afanogenov, V.O. Bessonov, I.V. Soboleva, and A.A. Fedyanin. ACS Photonics, Article ASAP. DOI: 10.1021/acsp Photonics.8b01792 Publication Date (Web): March 5, 2019.

Исследование изменения электрических свойств магнитных эластомеров, моделируя поведение его компонент под действием магнитного поля

В авторитетном международном журнале опубликована научная статья сотрудников и аспирантов кафедры магнетизма, посвященная магнитоэологическим эластомерам. Эти композитные полимерные материалы интересны тем, что управлять их физическими свойствами возможно с помощью внешнего магнитного поля. Это магнитные, эластичные и, главное, многофункциональные материалы, отмечают авторы.



Профессор Н.С. Перов

«Возможность управления физическими свойствами материалов с помощью внешнего магнитного поля связана с перестроением частиц наполнителя в матрице и образованием так называемых «цепочек частиц». Интересно, что при этом может изменяться и эффективная диэлектрическая проницаемость (величина, показывающая, во сколько раз сила взаимодействия двух электрических зарядов в среде меньше, чем в вакууме). Такого рода материалы могут использоваться не только в качестве датчиков магнитного поля, но и в качестве преобразователей электромагнитной энергии в системах энергосбережения, — отмечают исследователи.

В статье «Моделирование магнитоэологического эффекта в магнитоэологических материалах» («Simulation of Magnetodielectric Effect in Magnetorheological Elastomers») описана численная модель эффекта и представлены результаты компьютерного моделирования влияния различных факторов на свойства магнитоэологического материала.

«И чем шире размерное распределение частиц, чем тоньше образец и мягче матрица — тем больше увеличение проницаемости. А сравнение с полученными экспериментальными данными показало, что модель дает хорошее качественное описание эффекта», — указывают авторы.



К.ф.м.н., ассистент
А.С. Семисалова

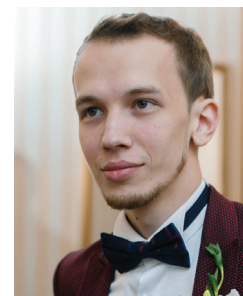
«Simulation of magnetodielectric effect in magnetorheological elastomers». D. Isaev, A. Semisalova, Yu. Alekhina, L. Makarova, N. Perov. International J. of Molecular Sciences. 20, № 6. P. 1–14 (2019).



Аспирантка Ю.А. Алехина



к.ф.м.н., ассистент
Л.А. Макарова



Аспирант Д.А. Исеев

Процессы поглощения и высвобождения гостевых молекул рН-чувствительными наноконтейнерами на основе микрогелей

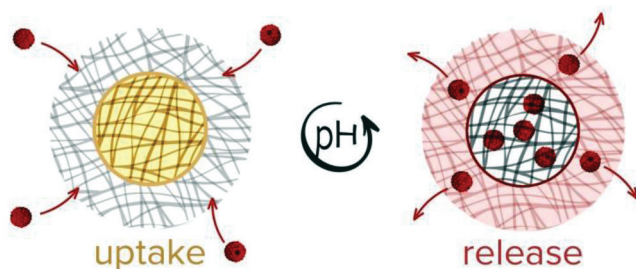
Сотрудники лаборатории теории полимерных систем и «мягких» сред кафедры физики полимеров и кристаллов физического факультета МГУ совместно с немецкими коллегами (DWI – Leibniz Institute for Interactive Materials) изучили процессы поглощения и высвобождения гостевых молекул рН-чувствительными наноконтейнерами на основе микрогелей.



Микрогели имеют большой потенциал применения в области биомедицины, в том числе для диагностики и терапии тяжелых заболеваний. Ведутся активные исследования по использованию микрогелей в тканевой инженерии, клеточной иммобилизации, для адресной доставки лекарств и др. Одним из направлений исследований лаборатории является теоретическое изучение водорастворимых полиамфолитных микрогелей, способных выступать в роли наноконтейнеров, чувствительных к изменениям рН среды. Полиамфолитные микрогели одновременно содержат в своем составе два типа ионогенных групп — кислотные и основные, а степень ионизации каждой из них зависит от рН среды и ионной силы раствора. Иными словами, полиамфолитные микрогели способны обратимым образом «переключать» свой заряд от положительного к отрицательному в зависимости от кислотности среды. Значение, при котором положительные и отрицательные заряды компенсируют друг друга в микрогеле, называется изоэлектрической точкой. Идея наших иссле-

дований заключалась в том, что при значениях рН ниже изоэлектрической точки, микрогели и гостевые молекулы имеют разноименные заряды, а при значениях рН выше изоэлектрической точки — одноименные или наоборот. Благодаря этому, полиамфолитные микрогели способны поглощать и связывать гостевые молекулы за счет сил электростатического притяжения и высвобождать гостевые молекулы, за счет сил электростатического отталкивания. Кинетика протекающих процессов детерминирована многими факторами, включая тип гостевых молекул, распределение ионогенных групп внутри микрогеля и др. Наши исследования [1, 2] были посвящены определению и изучению влияния данных факторов.

Были изучены особенности «захвата», удерживания и высвобождения сильных полиэлектролитов — линейных цепей полистиролсульфоната натрия (PSSNa) полиамфолитными микрогелями со структурой и распределением ионогенных групп типа «ядро-оболочка» [1]. Было установлено, как влияет степень полимеризации (длина) PSSNa, а также размер оболочки микрогеля и распределение ионизуемых групп на кинетику поглощения и высвобождения полиэлектролитов, а также на равновесную структуру интерполиэлектролитных комплексов, микрогель/PSSNa. В работе проведен сравнительный анализ экспериментальных данных и результатов компьютерного моделирования. Было показано, что для исследуемой системы общее количество поглощенного вещества не зависело от толщины оболочки микрогеля, а определялось исключительно длиной гостевых молекул и соотношением ионогенных групп между микрогелем



и полиэлектролитом. Было установлено, что короткие цепи свободно проникают в ядро микрогеля через внешнюю оболочку. В частности, была найдена глубина проникновения полиэлектролитов и их распределение. При этом наблюдалась высокая стабильность комплексов по отношению к агрегации. Напротив, более длинные цепи PSSNa, абсорбируясь в оболочке, практически не достигают ядра микрогелей, провоцируя агрегацию комплексов и выпадение их в осадок.

В работе [2] полиамфолитные микрогели со случайным распределением ионогенных групп и с распределением типа «ядро–оболочка» использовались для контролируемой инкапсуляции и высвобождения глобулярного белка, цитохрома с. Этот гемсодержащий белок является важным компонентом дыхательной цепи, отвечающий за перенос электронов между ферментными комплексами III и IV по электронно-транспортной цепи от донора электронов (восстановленного убинона, QH_2) к акцептору (кислороду, O_2). Белки были успешно «загружены» при высоком значении pH. Затем, путем последовательного уменьшения pH, изучалось их высвобождение. Для микрогелей со случайным распределением ионизируемых групп наблюдается быстрое и полное высвобождение белка. Для микрогелей типа

«ядро–оболочка» были найдены условия, при которых заметная доля белков удерживалась внутри ядра микрогеля, несмотря на наличие одноименно заряженных групп, присутствующих в белке и на оболочке. В таком случае создается электростатический потенциальный барьер, препятствующий выходу белков.

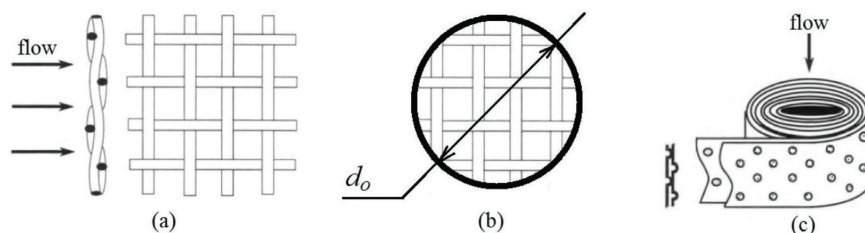
Результаты наших исследований имеют важное прикладное значение на пути создания специфических управляемых наноконтейнеров для систем адресной доставки лекарств. При проведении расчетов был использован суперкомпьютер Ломоносов-2.

[1] “An anionic shell shields a cationic core allowing for uptake and release of polyelectrolytes within core-shell responsive microgels”. Gelissen A.P.H., Scotti A., Turnhoff S.K., Janssen C., Radulescu A., Pich A., Rudov A.A., Potemkin I.I., Richtering W. *Soft Matter*, **14**, 4287–4299 (2018).

[2] “Distribution of ionizable groups in polyampholyte microgels controls interactions with captured proteins: from blockade and “levitation” to accelerated release”. Xu W., Rudov, A.A., Schröder R., Portnov I.V., Richtering W., Potemkin I.I., Pich A. *Biomacromolecules*, **20**, 1578–1591 (2019).

Магнитное охлаждение заменит столетнюю технологию охлаждения

Исследования магнитокалорического эффекта в магнитных материалах (которые проводятся при участии физиков из МГУ им. М.В. Ломоносова), а также разработки в области технологии магнитного охлаждения позволят в недалеком будущем значительно улучшить энергоэффективность холодильников, повысить их экологичность и безопасность.



Широко применяемая в настоящее время парокомпрессионная технология охлаждения, совершенствующаяся уже более ста лет, практически достигла потолка своего развития и дальнейшего существенного улучшения её энергоэффективности вряд ли можно ожидать.

Возможным решением проблем энергоэффективности, связанных с используемой на сегодняшний день парокомпрессионной технологией охлаждения,

является магнитная тепловая (холодильная) машина, которая с помощью соответствующей адаптации может быть использована в тех же областях, что и парокомпрессионные тепловые машины. В магнитной холодильной машине в качестве рабочего тела используется магнитный материал, находящийся в твёрдой фазе, который при намагничивании–размагничивании магнитного материала изменяет свою температуру, а

также магнитную часть энтропии, связанную с магнитной системой материала, что носит название магнитокалорического эффекта (МКЭ). Это позволяет заменить парокомпрессионные циклы испарения–конденсации и сжатия–разрежения циклами намагничивания–размагничивания твёрдого тела. Теоретические оценки и результаты предварительных исследований показывают, что магнитные тепловые циклы намного эффективнее парокомпрессионных циклов.

Преимуществами магнитной тепловой машины являются:

- высокая энергоэффективность;
- меньшие, по сравнению с парокомпрессионными устройствами, габаритные размеры и масса, что обусловлено значительно большей плотностью твёрдого тела по сравнению с газом;
- низкая изнашиваемость из-за низких рабочих частот магнитной тепловой машины;
- безопасность и экологичность.

Перечисленные преимущества позволят решить проблемы, связанные с парокомпрессионными холодильниками и со временем полностью заменить парокомпрессионную технологию охлаждения магнитной. С помощью соответствующей адаптации магнитные холодильные машины могут быть использованы в тех же областях, что и парокомпрессионные машины. Исследования, направленные на создание магнитной холодильной машины, сейчас проводятся в научных центрах большинства развитых стран (США, Европа, Китай, Южная Корея, Россия), предложено более ста прототипов энергоэффективных магнитных холодильников. Конструктивные решения, применяемые в устройствах магнитного охлаждения рассмотрены в обзорной работе, подготовленной при участии физиков МГУ, опубликованной в журнале *International Journal of Refrigeration*.

«Review on magnetic refrigeration devices based on HTSC materials». R. Gimaev, Yu. Spichkin, B. Kovalev, K. Kamilov, V. Zverev, A. Tishin. *International J. of Refrigeration*. **100**, (2019), pp. 1–12.

МГУ имени М.В. Ломоносова и компания ИнфоТеКС продемонстрировали работу предсерийного образца первого в России квантового телефона

28 мая 2019 года Центр Квантовых Технологий Физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и компания ИнфоТеКС, ведущий российский разработчик и производитель высокотехнологичных программных и программно-аппаратных средств защиты информации, продемонстрировали работу предсерийного образца первого в России квантового телефона, входящего в комплекс *ViPNet Quantum Security System (QSS)*. В ходе демонстрации был проведен беспрецедентный сеанс связи квантовой телефонии между ЦКТ и офисом ИнфоТеКС с помощью оптической линии, представленной компанией ЮЛком.

Квантовый телефон — совместная разработка МГУ имени М.В. Ломоносова и компании ИнфоТеКС. Работа над проектом началась еще в 2016 году с решения ректора Виктора Антоновича Садовниченко о поддержке локального проекта в рамках Программы развития МГУ, согласно которой в среднесрочной перспективе будет создана сеть в пределах кампуса с защищенным документооборотом. Практически одновременно возникла идея о проведении демонстрационной интеграции разработки физиков университета и продуктов компании ИнфоТеКС — постоянного партнера МГУ по квантово-

му Консорциуму — *ViPNet Client, ViPNet Connect*. Секретность переговоров по квантовому телефону *ViPNet QSS* основана на фундаментальном принципе квантовой физики о невозможности «подслушать» передаваемое квантовое информационное состояние без его изменения. Квантовые состояния формируются на одиночных фотонах, передаваемых по обычному телекоммуникационному оптическому волокну. Представленное решение не подвержено атакам, которые в будущем могут стать реальностью при появлении эффективного квантового компьютера. Квантовый телефон позволяет шиф-

ровать голосовой трафик и текстовые сообщения пользователей на ключах, неизвестных даже администратору сети. При этом, сеть ViPNet QSS, защищенная квантовыми ключами, может обслуживать сотни квантовых телефонов в радиусе до 25 км от сервера.

«Сейчас безопасность передачи данных становится одной из важнейших задач для любой компании, и представленный современный квантовый телефон ViPNet гарантирует обеспечение такой безопасности на фундаментальном уровне. Особенно приятно, что данное устройство создала отечественная компания, в теснейшем сотрудничестве с российскими учеными из Московского Государственного Университета.

Защищенная связь, которую обеспечивает телефон ViPNet, может быть востребована в госорганах, финансовых организациях, на промышленных предприятиях — везде, где секретность и принципиальная недоступность третьих лиц к передаваемой информации критически важны», — комментирует руководитель Центра квантовых технологий МГУ, декан физического факультета МГУ профессор, доктор физико-математических наук Николай Сысоев.

«Отдельно стоит отметить, что телефон ViPNet отвечает современным требованиям бизнеса, обеспечивая не только голосовую, но и видеосвязь, что позволяет проводить удаленные сеансы видеоконференцсвязи с потенциально неограниченным числом участников без опасности прослушивания. В условиях нашей страны, где бизнес многих компаний носит территориально распределенный характер, эта функция имеет немаловажное значение.

Мы рады сотрудничеству Центра квантовых технологий физического факультета МГУ с компанией «Ин-



фоТеКС», и будем продолжать активную совместную работу по созданию современных защищенных решений для бизнеса, основанных на технологиях не сегодняшнего, а уже завтрашнего дня», — отмечает научный руководитель Центра квантовых технологий МГУ, профессор, доктор физико-математических наук Сергей Кулик.

Демонстрация работы прошла в режиме телемоста между московским офисом компании ИнфоТеКС и одним из узлов квантовой сети, расположенном в лаборатории ЦКТ. Видеопоток был защищён с помощью другой совместной разработки ИнфоТеКС и МГУ имени М.В. Ломоносова – комплексом квантово-криптографической аппаратуры защиты информации ViPNet Quandor, проект по разработке и организации производства которого поддержан Министерством высшего образования и науки Российской Федерации. Комплекс ViPNet Quandor позволяет шифровать сетевой трафик на скорости 10 Гбит/с на расстоянии до 100 км.

Новый механизм оптического перемагничивания как основа нового метода записи информации

Сотрудники физического факультета МГУ совместно с коллегами из Университета св. Радбоды (Неймеген, Нидерланды), Института общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук и Российского технологического университета МИРЭА изучили возможности оптического перемагничивания пленок ферритов-гранатов. Результаты работы важны для создания систем записи и обработки информации.



К.ф.-м.н., с.н.с. Т.Б. Шапаева

Одним из наиболее перспективных видов записи информации является магнитная запись с тепловой поддержкой (heat-assisted magnetic recording – HAMR). Здесь используется комбинированное действие вызванного лазером нагрева и переключающего магнитного поля. В работе экспериментально и численно показано, что использование магнитного поля, перпендикулярного оси магнитной анизотропии, открывает менее энергоемкий и потенциально более быстрый путь для релаксации намагниченности, вызванной теплом.

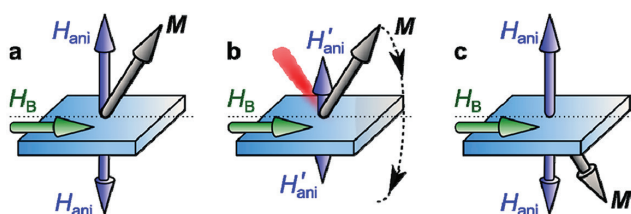


Рис. 1. Механизм переключения намагниченности.

В основном магнитном состоянии направление намагниченности M определяется полем анизотропии (H_{ani}) и плоскостным магнитным полем (H_B) (а). Из-за нагрева под действием оптического импульса поле ани-

зотропии временно уменьшается, вызывая прецессию намагниченности большой амплитуды вокруг нового положения равновесия, определяемого в основном H_B (б). После достаточного поглощения тепла и прецессии с большой амплитудой анизотропия восстанавливает свою первоначальную величину, приводя к переключению намагниченности (с).

Исследования проводили на прозрачном ферромагнетике — феррите гранате. Было обнаружено, что нагревание, вызванное коротким и мощным лазерным импульсом, по-разному влияет на намагниченность и магнитную анизотропию материала. Воздействие оптического импульса приводит к возбуждению прецессии намагниченности с большой амплитудой и сильным затуханием, что приводит к перемагничиванию. Хотя традиционный процесс магнитной записи с тепловой поддержкой в ферритах-гранатах может занять более сотни наносекунд обнаруженный механизм позволяет добиться устойчивого перемагничивания в течение нескольких наносекунд.

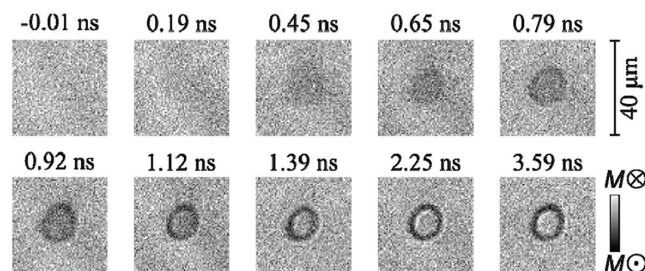


Рис. 2. Изображения, полученные с помощью метода накачки-зондирования, которые иллюстрируют переключение намагниченности после воздействия оптического импульса.

Результаты опубликованы в работе:

«Anomalous Damped Heat-Assisted Route for Precessional Magnetization Reversal in an Iron Garnet». C.S. Davies, K.H. Prabhakara, M.D. Davydova, K.A. Zvezdin, T.B. Shapaeva, S. Wang, A.K. Zvezdin, A. Kirilyuk, Th. Rasing and A.V. Kimel. PHYSICAL REVIEW LETTERS 122, 027202 (2019).

На пути к петагерцовой оптоэлектронике

Развитие электроники в направлении повышения тактовой частоты работы транзисторов и процессоров диктует необходимость анализа процессов переноса заряда в твёрдых телах. Несмотря на баллистический механизм переноса заряда в современных нанометровых полупроводниковых каналах, тактовая частота таких электронных устройств не превышает несколько гигагерц из-за чрезмерного рассеяния энергии в окружающее пространство в виде тепла. С другой стороны, лазерные импульсы могут вызывать генерацию чрезвычайно коротких импульсов электрического тока в твердом теле, которые приводят к переключению полупро-

водника в проводящее состояние (локально и обратимо) в пределах доли цикла лазерного поля, таким образом, обеспечивая уникальные возможности переключения состояния электронных элементов и соответственно обработки информации на петагерцовых частотах.

Аккуратный подбор условий оптического возбуждения позволяет минимизировать диссипацию энергии в данном процессе и добиться высокой скорости работы перспективных логических элементов. Поскольку на процесс генерации свободных носителей в полупроводнике оказывает сильное влияние потенциал кристаллической решетки, то индуцированные лазерным

излучением токи являются анизотропными и сильно нелинейными, что может приводить к значительным искажениям процесса и накладывает серьезные ограничения на скорость функционирования оптоэлектронных устройств. Поэтому необходимо исследовать сверхбыструю динамику электронов в твердых телах с высоким временным разрешением, а также влияние условий возбуждения и анизотропных свойств кристаллов решетки на эти процессы. В работе мы использовали метод нелинейно-оптической генерации гармоник высоких порядков, который является мощным инструментом анализа сверхбыстрой динамики электронов в газах и твердых телах. Эта техника позволяет получить информацию о влиянии ширины запрещенной зоны, дисперсии энергии носителей заряда, ориентации кристалла, скорости процессов дефазировки и термализации носителей на нелинейно-оптический отклик электронной подсистемы.

Источником импульсов накачки в среднем инфракрасном диапазоне на длине волны 3.6 мкм служила система на основе фемтосекундного регенеративного усилителя на кристалле Yb:CaF_2 и оптического параметрического усилителя. В качестве объекта была использована кристаллическая пластина толщиной 0.2 мм из селенида цинка (ZnSe). Селенид цинка обладает относительно высокой подвижностью носителей для широкозонного полупроводника, и является перспективным материалом для синего-голубых светодиодов. Полное описание оптических гармоник — их спектра, поляризации, зависимостей изменения интенсивности позволяет восстановить динамику носителей заряда (токов) в твердых телах с временным разрешением менее 1 фс, что значительно меньше длительности одного периода задающего лазерного поля. Фемтосекундные импульсы накачки фокусировались на образец (интенсивность не превышала 0.5 ТВт/см^2), где вызывали генерацию оптических гармоник в основном за счет внутрizonной динамики электронов и дырок в валентной зоне и зоне проводимости, соответственно. Высокая эффективность нелинейно-оптического преобразования наблюдается вплоть до 9-й гармоники, что соответствует энергии генерируемого фотона величине больше ширины запрещенной зоны селенида цинка. В экспериментах было отмечено наличие двух режимов генерации: при низкой интенсивности поля накачки наблюдается степенная зависимость интенсивности гармоники в соответствии с ее номером (что соответствует приближению теории возмущений); при более высоких интенсивностях наблюдается отклонение от теории возмущений (рис. 1с), и этот режим представляется наиболее интересным для дальнейших приложений. Методика предусматривает контроль как ориентации возбуждающего поля относительно кристаллографических осей селенида цинка, так и поляризации генерируемых гармоник (рис. 1а,б). Экспериментально и теоретически было показано, что поляризационные карты гармоник высокого порядка служат для полной характеристики векторных свойств “петагерцовых” электронных токов, генерируемых в кристаллических телах сверхкоротким оптическим импульсом накачки (рис. 2). Таким образом, в работе был продемонстрирован мощный ресурс на основе поля-

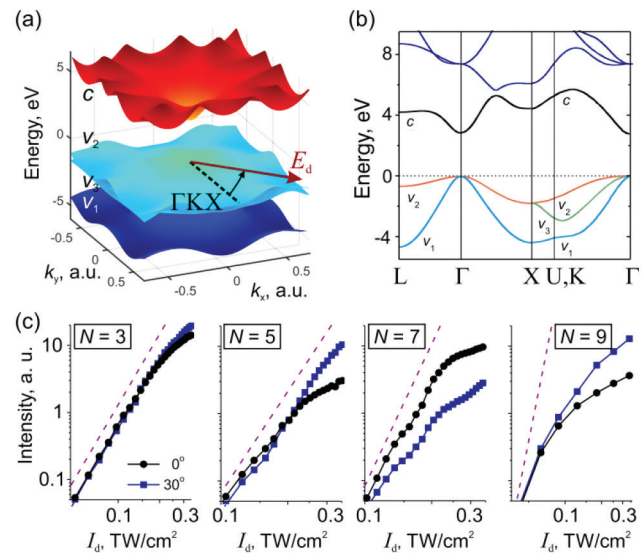


Рис. 1. Рельеф дисперсии электронов валентных зон v_1, v_2, v_3 и дырок зоны проводимости c в кристалле ZnSe с выделенным направлением ΓKX и ориентированным относительно него поляризацией поля накачки. Зависимости интенсивностей нечетных гармоник от поля накачки при ориентациях поляризации вдоль ΓL (синие кривые) и ΓKX (черные кривые).

ризационного анализа генерации высших оптических гармоник для исследования сложного ландшафта дисперсии энергии-импульса, определяемого структурой электронных зон кристаллического полупроводника. Этот анализ помогает идентифицировать особые направления в зоне Бриллюэна, которые обеспечивают наиболее оптимальные условия для петагерцовой генерации носителей заряда и реализации оптоэлектронных устройств на этой основе.

“High-order harmonic analysis of anisotropic petahertz photocurrents in solids”. A.A. Lanin, E.A. Stepanov, A.V. Mitrofanov, D.A. Sidorov-Biryukov, A.B. Fedotov, A.M. Zheltikov. *Optics Letters*, 44(8):1888–1891, 2019.

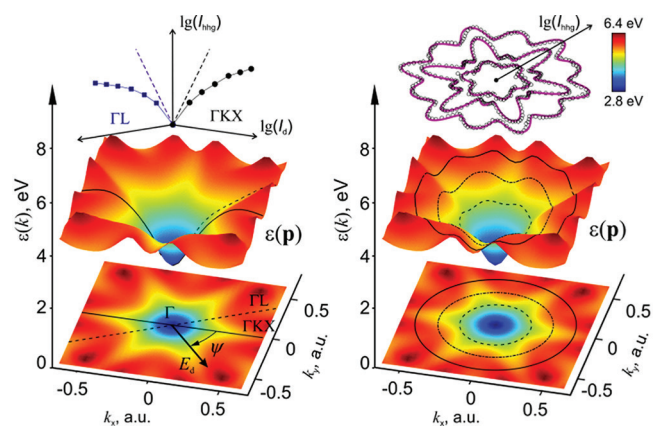


Рис.2. В эксперименте анализируются зависимости интенсивностей высших гармоник от мощности и ориентации поля накачки, тем самым осуществляя зондирование двумерного рельефа дисперсии электронов зоны проводимости.

Восстановление объекта по мультиплексированным фантомным изображениям методом редукции измерения



Физик
Дмитрий Александрович Балакин



Профессор
Анатолий Степанович Чиркин



Профессор
Александр Витальевич Белинский

Фантомные изображения — один из вариантов решения проблемы изучения чувствительных к свету объектов, прямое оптическое наблюдение которых затруднено. Для формирования фантомных изображений необходим источник коррелированных световых пучков, один из которых взаимодействует с объектом, а другой — нет [1]. При этом в объектном канале детектор дает информацию только о полной интенсивности прошедшего излучения. Сопряженный пучок не взаимодействует с объектом, но регистрируется ПЗС-матрицей, допуская измерение пространственной корреляци-

онной функции интенсивности между двумя каналами. В работах [2, 3, 4] изучено применение многомодовых запутанных квантовых состояний света для получения одновременно несколько фантомных изображений (мультиплексирования) с различающимися частотами (см. рис. 1). В предложенном варианте мультиплексирования оно производится с использованием параметрического распада фотонов накачки на два фотона с разными частотами и последующего их смешения в том же кристалле с фотонами накачки.

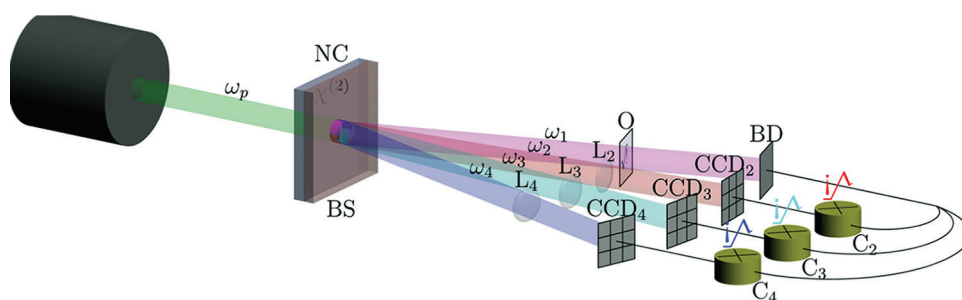


Рис. 1. Схема формирования мультиплексированных фантомных изображений. NC — нелинейный кристалл; BS — светоделитель; частота накачки; — частоты, на которых генерируются запутанные состояния; O — объект; BD и CCD_n — детекторы в каналах; C_n — корреляторы интенсивностей.

При изучении чувствительных к свету объектов важной проблемой является снижение числа фотонов, требуемых для восстановления изображения объекта исследования приемлемого качества. Кроме ускорения регистрации изображения, актуального при изучении быстро эволюционирующих объектов, это существенно при исследовании необратимо изменяющихся под действием излучения объекта исследования. В этой ситуации эффективность математических методов и алгоритмов обработки полученных измерений стано-

вится критической, поэтому требуется, чтобы они не только обеспечивали минимальную погрешность, но и позволяли использовать всю доступную информацию об объекте исследования. Математический метод редукции измерения [5] и реализующие его алгоритмы позволяют это сделать.

Пусть исследователя интересует распределение прозрачности объекта исследования. Значения прозрачностей пикселей принадлежат единичному отрезку.

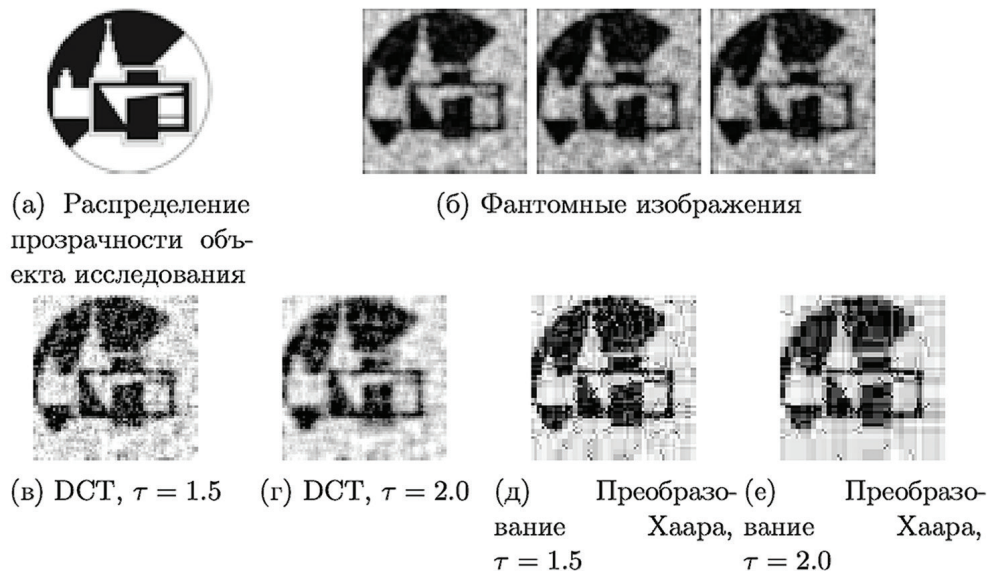


Рис. 2. Обработка фантомных изображений (б) объекта (а; освещение 10 фотонов/пиксель в среднем) разработанным алгоритмом при использовании информации о разреженности в (в, г) базисе дискретного косинусного преобразования (DCT) и (д, е) базисе преобразования Хаара.

Это учитывается при редукции измерения проецированием оценки на множество \mathcal{M} . Кроме того, исследователю известно, что прозрачности соседних пикселей, как правило, отличаются слабо. Эта информация часто формализуется разреженностью распределения прозрачности как вектора в заданном базисе. В [3, 4] предложен алгоритм редукции, позволяющий исследователю учесть такую информацию. Он основан на проверке статистических гипотез о равенстве компонент оценки в выбранном базисе нулю (альтернатива — неравенство). Его результат зависит от параметра алгоритма — уровня используемого в задаче проверки гипотез критерия. Пример такого критерия — считать, что в заданном базисе i -я компонента оценки \hat{c}_i равна 0, если $\hat{c}_i < \tau$, где \hat{c}_i — оценка редукции при использовании всей остальной доступной информации, — среднеквадратичная погрешность ее i -й компоненты, а в противном случае. Выбор τ определяется приемлемым для исследователя компромиссом между подавлением шума и искажением изображения. Для выбора τ исследователь может смоделировать регистрацию тестового изображения, содержащего требуемые детали, и использовать максимальное значение, при котором они сохраняются. Альтернативный способ — задать значение, сравнивая результаты редукции при различных значениях τ и используя доступную информацию о шуме.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-01-00598 А.

Литература:

- [1] “Двухфотонная оптика: дифракция, голография, преобразование двумерных сигналов”. Белинский А.В., Клышко Д.Н. // ЖЭТФ. 1994. **105**, № 3. С. 487–493.
- [2] “Multiplication of a Ghost Image by Means of Multimode Entangled Quantum States”. Чиркин А.С. // Письма в ЖЭТФ. 2015. **102**, № 6. С. 404–407.
- [3] “Reduction of Multiplexed Quantum Ghost Images”. Балакин Д.А., Белинский А.В. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон. 2019. **74**, № 1. С. 8–16.
- [4] “Object reconstruction from multiplexed quantum ghost images using reduction technique” Balakin D.A., Belinsky A.V., Chirkin A.S.// Quantum Inf Process (2019) **18**: 80. <https://doi.org/10.1007/s11128-019-2193-x>
- [5] Пытьев Ю.П. “Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем”. 3 изд. М.: Физматлит, 2012.

“Object reconstruction from multiplexed quantum ghost images using reduction technique”. Balakin D.A., Belinsky A.V., Chirkin A.S. Quantum Information Processing. **18**, № 3 (2019) pp. 80-1–8018.

Найдена космическая струна?

Сотрудники отдела релятивистской астрофизики ГАИШ МГУ им. М.В. Ломоносова совместно с итальянскими коллегами получили указание на существование протяженной космической струны двумя независимыми методами.



Профессор
Михаил Васильевич Сажин



С.н.с. О.С. Сажина

Космические струны — это предсказываемые широким классом физических теорий одномерные объекты космологических масштабов с энергиями порядка шкалы теории Великого объединения 10^{16} ГэВ и, возможно, ниже. Теоретические механизмы образования струн разнообразны: фазовые переходы при расширении Вселенной порождают топологические дефекты (для струн это замкнутые петли и струны без концов); введение дополнительных полей дает гибридные модели (т.н. полулокальные струны с монополями на концах). Кроме того, струны могут оказаться результатом взаимодействий в ранней доинфляционной Вселенной многомерных структур и, дожив до сегодняшнего момента, послужить первым наблюдательным доказательством теории суперструн и парадигмы Мультимира.

Струны обладают рядом хорошо описанных астрофизических свойств, поскольку пространство в их присутствии становится глобально трехмерно-коническим, где раскрыв конуса есть малая величина, называемая дефицитом угла струны и определяемая ее энергией.

Струны должны породить ступенчатые структуры в анизотропии реликтового излучения (эффект Кайзера–Стеббинса), а также характерные цепочки гравита-

ционно-линзовых пар, обладающих локализованным вдоль струны избыточным распределением, что отличает их от обычных линзированных объектов. Расстояние между компонентами пар пропорционально дефициту угла струны (так, при энергии струны 10^{16} ГэВ и скорости 0.9c расстояние есть порядка угловых секунд).

Авторы обнаружили кандидата в космическую струну в данных WMAP и Planck путем применения к картам анизотропии реликтового излучения ступенчатого фильтра (кандидат CSc-1; протяженностью от $\alpha = 11:29:03$, $\delta = +15:23:37$ до $\alpha = 10:57:47$, $\delta = +25:03:51$, амплитуда 40 μK ; рис. 1). Далее авторы провели статистическое сравнение распределений кандидатов в гравитационно-линзовые пары в т.н. “контрольных полях”, расположенных равномерно на небе в областях, по результатам фильтрации заведомо не содержащих струн, с распределением аналогичных пар в поле CSc-1. Был выявлен статистически значимый избыток кандидатов в гравитационно-линзовые пары в поле CSc-1, и доказано, что указанные распределения различны (рис. 2). Таким образом, существование космической струны было подтверждено двумя независимыми методами исследования.

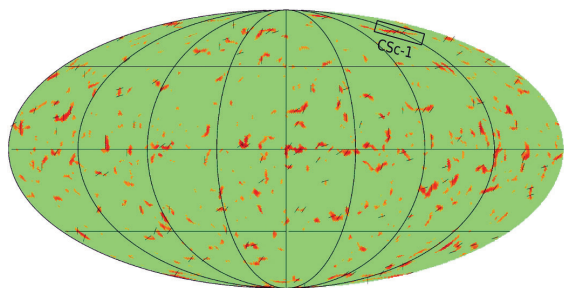


Рис. 1. Результат обработки ступенчатым фильтром данных по анизотропии реликтового излучения (в проекции Мольвейде) со спутника Planck. Отмечен кандидат в космическую струну CSc-1. Его амплитуда составляет 40 μK .

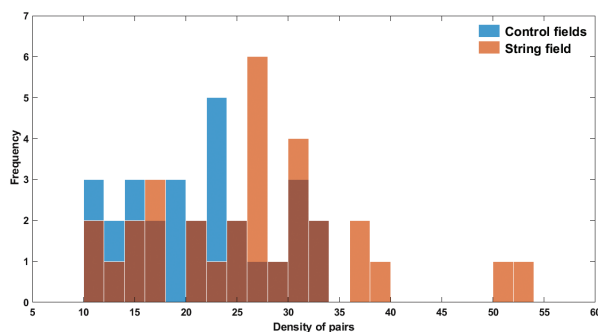


Рис. 2. Распределения гравитационно-линзовых пар в поле CSc-1 и в контрольных полях, по данным фильтрационной обработки заведомо не содержащих струн. Было доказано, что указанные распределения статистически различны, а избыток гравитационно-линзовых пар в поле CSc-1 составляет 22%.

Тем не менее, следует отметить, что гравитационно-линзовые пары, отождествленные по оптическому каталогу SDSS, являются только кандидатами в таковые. Однозначным доказательством существования космической струны послужили бы характерные срезы изофот гравитационно-линзовых изображений. Для последних

требуются будущие планируемые наблюдения с высоким угловым разрешением.

“Optical analysis of a CMB cosmic string candidate”.
O. S. Sazhina, D. Scognamiglio, M.V. Sazhin and M. Capaccioli.
MNRAS 485, 1876–1885 (2019).

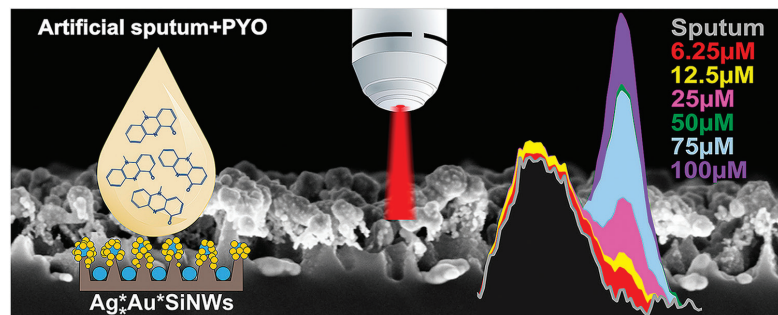
Наноматериал для экспресс-диагностики синегнойной палочки

Сотрудники лаборатории физических методов биосенсорики и нанотераностики физического факультета МГУ совместно с немецкими учеными разработали наноструктурированный композитный материал на основе кремния и наночастиц золота и серебра, который способен детектировать инфицирование человека синегнойной палочкой. Исследование проводило при поддержке Российского научного фонда (РНФ).

Синегнойная палочка является резистентной ко многим антибиотикам и антисептикам грамотрицательной палочковидной бактерией. У людей с ослабленным иммунитетом эта бактерия может стать причиной таких заболеваний, как менингит, бронхит, пневмония, отит, а также вызвать поражение органов желудочно-кишечного тракта. Быстрая и доступная диагностика синегнойной палочки, особенно в случаях, требующих неотложной медицинской помощи, остается актуальной проблемой здравоохранения.

Обнаружить наличие синегнойной палочки в организме помогает то, что эта бактерия продуцирует характерные пигменты в ходе своей жизнедеятельности. В частности, ученые сфокусировали свое внимание на феназиновом пигменте — пиоцианине. При заболеваниях бронхолегочной системы, пиоцианин локализован в легких больного человека и может быть диагностирован из мокроты.

Детектирование пигмента бактерии стало возможным благодаря разработанному физиками МГУ наноструктурированному материалу и явлению гигантского поверхностно-усиленного комбинационного рассеяния света (ГКР, SERS). Материал представляет собой подложку из кремниевых нанонитей, декорированных биометаллическими наночастицами серебро-золото. Пиоцианин, растворенный в воде и в искусственной мокроте человека, сорбировался на подложку, и за счет эффекта SERS удалось в десятки раз усилить сигнал от исследуемых биомолекул. Селективность сигнала обуславливалась наличием уникальных пиков — «отпечатков пальца» молекул анализируемого вещества в спектре ГКР.



При этом характерные пики были разрешимы вплоть до концентрации пиоцианина в мокроте 6,25 мкМ, что как раз соответствует нижней границе концентрации бактерий в мокроте больного человека.

«В данной работе мы сфокусировались на создании высокочувствительных SERS-активных подложек, обладающих высоким коэффициентом усиления сигнала, что позволяет обнаружить молекулы пиоцианина вплоть до концентрации 10-9М. Перспективы дальнейших исследований неограниченны, ведь при соответствующей грантовой поддержке или поддержке промышленного партнера возможно инициировать подобные проекты по диагностике как в медицине, так и в нефтегазовой отрасли», — прокомментировала один из ведущих авторов исследования, младший научный сотрудник лаборатории Светлана Агафилушкина.

Последующие эксперименты ученых в рамках текущего проекта будут направлены на подбор оптимальных структурных и оптических характеристик сенсоров с целью детектирования химических веществ и биомолекул в ультрамалой концентрации.

«Мы показали, что разработанный нами наноматериал позволяет не просто быстро и точно обнаружить

присутствие молекул пиоцианина, но и определить их концентрацию в мокроте, что крайне важно для идентификации стадии заболевания. В ближайшее время, SERS-активные биосенсоры будут исследованы на чувствительность и к другим микробиологическим объектам и биомолекулам. Например, как одно из потенциальных направлений, мы рассматриваем детектирование онкомаркеров», — отметила заведующая лабораторией Любовь Осминкина.

«Rapid detection of the bacterial biomarker pyocyanin in artificial sputum using a SERS-active silicon nanowire matrix covered by bimetallic noble metal nanoparticles». O. Žukovskaja, S. Agafilushkina, V. Sivakov, K. Weber, D. Cialla-May, L. Osminkina, Jü. Popp. *J. Talanta*. **202**, (2019), P. 171–177.

Параметры изотропии поляризации сингулярностей

Поляризационные сингулярности — особые точки электромагнитного поля, в которых его эллипс поляризации вырождается в окружность или отрезок. Изучение свойств таких точек может дать ключ к пониманию поведения сложно структурированных световых полей.

Аспирантами и сотрудниками кафедры общей физики и волновых процессов был предложен новый способ классификации свойств подобных точек, обобщающий известные результаты на случай сложных, непараксиальных полей. В основе метода лежит замещение дискретных топологических индексов, характеризующих точки сингулярности в параксиальном поле, непрерывными параметрами изотропии, более адекватными сложному случаю произвольных трёхмерных полей.

Новый метод применен к исследованию ближнего поля, возникающего при плазмонном резонансе в наноразмерном металлическом сфероиде и планарном метаматериале, продемонстрирована его эффективность как для аналитически разрешимых задач, так и для результатов численного моделирования.

На рисунках показаны типичные примеры линий сингулярностей круговой и линейной поляризации (С- и L-линий соответственно) в ближнем поле наносфероида, изображенного золотым цветом, и их проекций на вертикальные и горизонтальные плоскости, при паде-

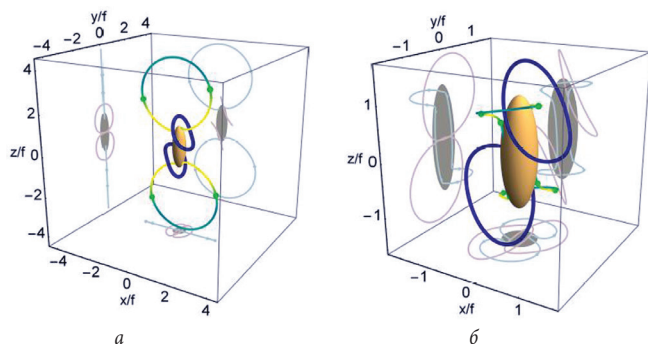
нии на частицу линейно поляризованной (а) и эллиптически поляризованной (б) плоской электромагнитной волны. Точки на линиях разделяют участки с противоположенными значениями топологического индекса. Цвет С- и L-линий плавно меняется в соответствии со значениями параметров изотропии, меняющимися от -1 до 1 (от синего до красного для С-линий и от бирюзового до желтого для L-линий).

Возникающие линии сингулярности как линейной, так и круговой поляризации образуют в пространстве замкнутые петли или дуги, которые начинаются и заканчиваются на поверхности наносфероида.

Результаты исследования могут найти применение в разработке новых методов оптической спектроскопии и разработке квантовых вычислительных устройств.

«Fine characteristics of polarization singularities in a three-dimensional electromagnetic field and their properties in the near field of a metallic nanospheroid». K.S. Grigoriev, N.Y. Kuznetsov, Y.V. Vladimirova, V.A. Makarov. *Physical Review A - Atomic, Molecular, and Optical Physics*. **98**. P. 063805 2018.

«Near-field polarization singularities at a planar nonlinear metamaterial with strong frequency dispersion». N.N. Potravkin, I.A. Perezhogin, N.Yu. Kuznetsov, K.S. Grigoriev, V.A. Makarov. *Laser Physics Letters*. **15**, P. 115403 2018.



Митрофанов Валерий Павлович — лауреат Государственной премии в области науки и технологий

10 июня 2019 года на специальном брифинге в Кремле объявили лауреаты Государственной премии Российской Федерации 2018 года за выдающиеся достижения в области науки и технологий, литературы и искусства и гуманитарной деятельности.

Государственная премия Российской Федерации в области науки и технологий 2018 года присуждена доктору физико-математических наук, профессору кафедры физики колебаний отделения радиофизики и электроники физического факультета МГУ **Валерию Павловичу Митрофанову** за создание фундаментальных основ и инструментальных решений проблем регистрации гравитационных волн.



Сердечно поздравляем!

Павел Кашкаров и Виктор Аксенов награждены орденом Александра Невского

Заведующий кафедрой общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ профессор **Павел Константинович Кашкаров** и заведующий кафедрой нейтронографии физического факультета МГУ чл.-корр. РАН, профессор **Виктор Лазаревич Аксенов** награждены орденом Александра Невского.

Церемония награждения прошла в Доме ученых А.П. Александрова 16 апреля.



Сердечно поздравляем!



Профессор Б.И. Садовников удостоен «Звезды Московского университета»



Заведующий кафедрой квантовой статистики и теории поля физического факультета МГУ, Заслуженный профессор Московского университета **Борис Иосифович Садовников** удостоен «Звезды Московского университета». Почетную награду вручил ректор МГУ В.А. Садовнический в актовом зале Фундаментальной библиотеки МГУ на торжественном большом концерте, посвященном празднованию 264-го дня рождения Московского университета и Дню российского студенчества.



Сердечно поздравляем с наградой!

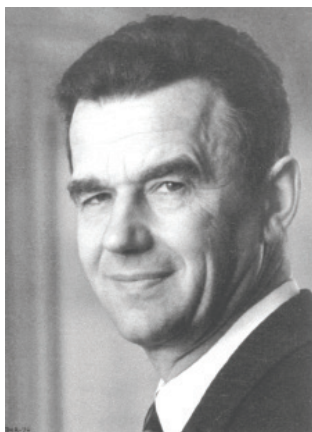
Студентка кафедры физики атмосферы удостоена медали РАН

В соответствии с Постановлением Президиума РАН № 78 от 22 апреля 2019 года «О присуждении медалей Российской академии наук с премиями для молодых ученых России и для студентов высших учебных заведений России по итогам конкурса 2018 года» медаль в области океанологии, физики атмосферы и географии присуждена студентке 2 курса магистратуры физического факультета **Кибановой Ольге Викторовне** за работу «Изменения продолжительности навигационного периода Северного морского пути в XXI веке по расчетам с ансамблем климатических моделей: байесовские оценки».

Сердечно поздравляем с наградой!



Конкурс имени академика Р.В. Хохлова на лучшую студенческую научную работу 2019 года



Конкурс научных студенческих работ имени академика Р.В. Хохлова прошел на физическом факультете в июне. Кафедры выдвигали на конкурс лучшие выпускные квалификационные работы своих студентов (магистерские диссертации, дипломные работы специалистов и бакалавров).

Всего было подано 66 работ, выполненных на высоком научном уровне (29 дипломов бакалавров и 37 диссертаций магистров и специалистов). В жюри конкурса под председательством профессора Вячеслава Михайловича Гордиенко вошли 32 сотрудника факультета. Ответственным секретарем жюри был сотрудник научного отдела факультета Александр Александрович Паршинцев. Состоялось два заседания жюри. На первом заседании были определены путем тайного голосования 10 студентов магистратуры — финалистов конкурса и 9 студентов бакалавров, работы которых заняли 1, 2 и 3 места. В ходе заседания было решено наградить почетными грамотами еще четверых студентов магистратуры и специалистов, работы которых не прошли в финал конкурса, но были очень близки к этому.

На втором заседании конкурса, которое проходило 17 июня, финалисты представляли свои научные работы жюри конкурса. После заслушивания всех докладов и подсчета баллов были определены победители и лауреаты конкурса среди **студентов магистратуры**:

Диплом 1 степени

1. *Петров Николай Леонидович* (кафедра общей физики и волновых процессов)
2. *Балыбин Степан Николаевич* (кафедра квантовой теории и физики высоких энергий)



Руденко Юлия Константиновна, студент-бакалавр, диплом 1 степени (кафедра молекулярных процессов и экстремальных состояний вещества)



Балыбин Степан Николаевич, магистр, диплом 1 степени, кафедра квантовой теории и физики высоких энергий. «Ионизация атомов неклассическим ярким жатым светом»

Диплом 2 степени

3. *Куликова Дарья Павловна* (кафедра физики колебаний)
4. *Карпов Вячеслав Александрович* (кафедра физики моря и вод суши)
5. *Залозная Елизавета Дмитриевна* (кафедра общей физики и волновых процессов)

Диплом 3 степени

6. *Попов Артем Романович* (кафедра теоретической физики)
7. *Попкова Анна Андреевна* (кафедра квантовой электроники)
8. *Базулин Даниил Евгеньевич* (кафедра атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники)
9. *Соколов Антон Владимирович* (кафедра физики частиц и космологии)
10. *Стрюнгис Ринат Фатекович* (кафедра фотоники и физики микроволн)

Победители конкурса — **студенты бакалавры**:

Диплом 1 степени

1. *Руденко Юлия Константиновна* (кафедра молекулярных процессов и экстремальных состояний вещества)

2. Уаман Светикова Татьяна Аурелия (кафедра общей физики и физики конденсированного состояния)

Диплом 2 степени

3. Крюкова Екатерина Андреевна (кафедра физики частиц и космологии)
4. Ермолинский Петр Борисович (кафедра общей физики и волновых процессов)

Диплом 3 степени

5. Семенова Валентина Николаевна (кафедра медицинской физики)

6. Румянцев Борис Вадимович (кафедра общей физики и волновых процессов)

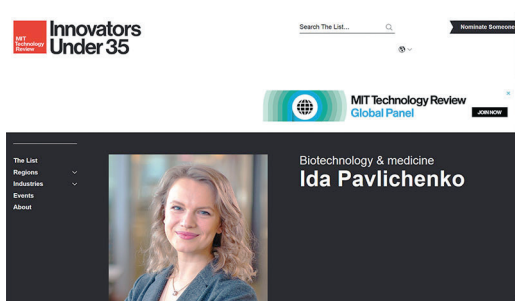
7. Швецов Борис Сергеевич (кафедра общей физики и молекулярной электроники)

8. Воронов Андрей Алексеевич (кафедра фотоники и физики микроволн)

9. Анисимов Михаил Николаевич (кафедра биофизики)

Награды конкурса были вручены деканом факультета Н. Н. Сыроевым на заседании Ученого совета физического факультета 27 июня 2019 года.

Выпускница физического факультета МГУ — участник рейтинга молодых инноваторов



Выпускница физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова Ида Павлюченко попала в список 35 молодых инноваторов, который ежегодно составляется Массачусетским технологическим институтом. В рейтинг Innovators Under 35 включаются специалисты в возрасте до 35 лет, успевшие совершить открытия, сыгравшие важную

роль в жизни общества или оказавшие заметное влияние на развитие различных областей науки.

В этом году внимание экспертов МТИ привлекла работа выпускницы кафедры физики полимеров и кристаллов физического факультета МГУ Иды Павличенко. Молодой ученый создала особое покрытие, которое защищает уши детей от инфекций и воспалений при имплантации трубок для вентиляции среднего уха и удаления излишков жидкости из него. Открытие уже успело привлечь к себе внимание медицинской общественности и представителей венчурного бизнеса.

Студент первого курса физфака стал победителем Олимпиады Национальной технологической инициативы



10 марта 2019 года в Университете Иннополис состоялся

заключительный этап Олимпиады НТИ. Алишер Ибрагимов, студент 110 группы физического факультета МГУ, в составе команды Факел Щит стал победителем олимпиады в номинации «Самое нестандартное решение» по профилю «Интеллектуальные робототехнические системы».

Команды соревновались в проектной деятельности по робототехнике и программированию. Команда с участием Алишера работала над созданием беспилотных летательных аппаратов нового поколения.

«Мы создали 3D карту местности, ориентируясь на которую, разработанный нами дрон мог самостоятельно выбирать траекторию полета, моделировать и задавать курс полета, оптимизировать путь до заданной координаты по средствам нейронных сетей. Технологии искусственного интеллекта, использованные в ходе проекта, позволили максимально эффективно управлять БПЛА без постоянного участия пользователя», - рассказал Алишер Ибрагимов.

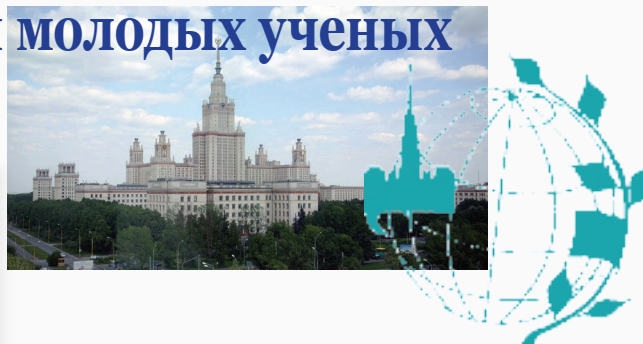
Создание такого рода устройств в ближайшее время может кардинально поменять современную логистику и транспортную систему в нашей стране, а также привести к модернизации современных продуктов связи и локации.

Студенческий трек Олимпиады НТИ был организован впервые.

Сердечно поздравляем Алишера с победой в олимпиаде!

Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2019»

Каждый год в начале апреля в Московском университете проходит важное мероприятие для студентов, аспирантов и молодых ученых – конференция «Ломоносов».



Прошлый год был юбилейным для конференции, в этом году она проходит в Московском университете в 26-й раз. С каждым годом число участников увеличивается. В этом году установлен новый рекорд секции «Физика» по количеству поданных заявок на участие – 981, включая авторов, соавторов и слушателей (это на 244 больше, чем в 2018 году). Всего же на секцию «Физика» было принято 739 докладов, которые были распределены по 18 подсекциям (это на 134 больше, чем в 2018 году). На подсекции «Атомная и ядерная физика», «Биофизика», «Оптика», «Физика магнитных явлений»

и «Физика твердого тела» было подано самое большое количество докладов.

Среди участников конференции 694 представителя Москвы и Московской области, 287 участников из других регионов России и стран СНГ. 471 участник являются студентами, аспирантами и молодыми учеными Московского университета.

В жюри подсекций вошли ведущие сотрудники физического факультета, а также молодые ученые, добившиеся значительных успехов в своей области физики.



Жюри секции «Физика»

- | | |
|--|--|
| 1. Акустика | доц. Хохлова Вера Александровна |
| 2. Астрофизика – I | доц. Потанин Сергей Александрович |
| Астрофизика – II | проф. Засов Анатолий Владимирович |
| 3. Атомная и ядерная физика – I | доц. Широков Евгений Вадимович |
| Атомная и ядерная физика – II | доц. Кузнецов Александр Александрович |
| Атомная и ядерная физика – III | проф. Гончаров Сергей Антонович |
| 4. Биофизика – I | проф. Твердислов Всеволод Александрович |
| Биофизика – II | проф. Лобышев Валентин Иванович |
| Биофизика – III | проф. Тихонов Александр Николаевич |
| 5. Геофизика – I | проф. Максимочкин Валерий Иванович |
| Геофизика – II | доц. Захаров Виктор Иванович |
| 6. Математика и информатика – I | проф. Ягола Анатолий Григорьевич |
| Математика и информатика – II | проф. Быков Алексей Александрович |
| 7. Мат. моделирование – I | в.н.с. Плохотников Константин Эдуардович |
| Мат. моделирование – II | проф. Голубцов Петр Викторович |
| 8. Молекулярная физика | проф. Уваров Александр Викторович |
| 9. Нелинейная оптика – I | проф. Гордиенко Валерий Михайлович |
| Нелинейная оптика – II | проф. Савельев-Трофимов Андрей Борисович |
| 10. Оптика – I | с.н.с. Доленко Татьяна Альдефонсовна |
| Оптика – II | проф. Короленко Павел Васильевич |
| Оптика – III | проф. Наний Олег Евгеньевич |
| 11. Медицинская физика – I | проф. Пирогов Юрий Андреевич |
| Медицинская физика – II | с.н.с. Берловская Елена Евгеньевна |
| Медицинская физика – III | доц. Макурников Александр Михайлович |
| 12. Радиофизика – I | проф. Митрофанов Валерий Павлович |
| Радиофизика – II | зав. каф. Королев Анатолий Федорович |
| 13. Сверхпроводящие и электронные свойства твердых тел | проф. Кульбачинский Владимир Анатольевич |
| 14. Твердотельная наноэлектроника – I | доц. Павликов Александр Владимирович |
| Твердотельная наноэлектроника – II | с.н.с. Трифонов Артем Сергеевич, |
| | с.н.с. Преснов Денис Евгеньевич |
| 15. Теоретическая физика – I | проф. Жуковский Владимир Чеславович |
| Теоретическая физика – II | проф. Савченко Александр Максимович |
| 16. Физика магнитных явлений – I | проф. Зубов Виктор Евгеньевич |
| Физика магнитных явлений – II | проф. Шалыгина Елена Евгеньевна |
| Физика магнитных явлений – III | проф. Грановский Александр Борисович |
| 17. Физика Космоса | проф. Свертилов Сергей Игоревич |
| 18. Физика твердого тела – I | проф. Бушуев Владимир Алексеевич |
| Физика твердого тела – II | проф. Казанский Андрей Георгиевич |
| Физика твердого тела – III | проф. Лебедев Александр Иванович |
| Физика твердого тела – IV | доц. Орешко Алексей Павлович |
| Физика твердого тела – V | доц. Ормонт Михаил Александрович |

Заседания подсекций проходили одновременно в 39 аудиториях. По окончании заседаний в каждой из аудиторий жюри выбрало лучшие доклады.

Лучшие доклады секции «Физика»

1. Акустика

Корзун Виктор Борисович Южный федеральный университет, Институт радиотехнических систем и управления, студент

2. Астрофизика

Бекесов Егор Владимирович МГУ им. М.В. Ломоносова, Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, студент

Тополев Владислав Валерьевич МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, студент

3. Атомная и ядерная физика

Сидоров Семен Владимирович МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, студент

Голуб Ольга Александровна НИЯУ «МИФИ», Институт космофизики, аспирант

Попова Мария Михайловна МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, студент

4. Биофизика

Юркова Дарья Олеговна МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, студент

Сошинская Екатерина Юрьевна МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, студент

Лопанская Юлия Николаевна МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, студент

5. Геофизика

Слепцова Юлия Васильевна МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, студент

6. Математика и информатика

Аргун Рауль Ларикович МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, студент

Иванов Александр Владимирович МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, студент

Шушарин Михаил Максимович МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, студент

7. Математическое моделирование

Балакин Дмитрий Александрович МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, студент

Хабибуллин Роман Альбертович Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт физики, студент

8. Молекулярная физика

Сизов Георгий Николаевич МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, студент

9. Нелинейная оптика

Новикова Татьяна Игоревна МГУ им. М.В. Ломоносова, Физический факультет, студент

Фроловцев Дмитрий Николаевич МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, аспирант

10. Оптика

Цветков Дмитрий Максимович МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, студент

Сокольникова Софья Руслановна Калининградский государственный технический университет, студент

Матвеева Карина Игоревна Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Физико-технический институт, аспирант

11. Медицинская физика

Колесник Илья Максимович Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Физико-технический институт, студент

Манжурицев Андрей Валерьевич Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, аспирант

Товмасын Диана Анатольевна МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, студент

12. Радиофизика

Попов Павел Александрович МФТИ, студент

Тадевосян Сусанна Рафиковна Российско-Армянский (Славянский) университет, Институт математики и высоких технологий, студент

13. Сверхпроводящие и электронные свойства твёрдых тел

Астраханцева Анна Сергеевна МФТИ, студент

14. Твердотельная наноэлектроника

Никурий Кристина Эрнестовна МФТИ, студент

Швецов Борис Сергеевич МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, студент

15. Теоретическая физика

Агеева Юлия Александровна МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, студент

Аникин Евгений Викторович Сколковский институт науки и технологий, аспирант

16. Физика магнитных явлений

Колесникова Валерия Григорьевна Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Физико-технический институт, студент

Гапонов Михаил Станиславович МИРЭА - Российский технологический университет, аспирант

Геревенков Пётр Игоревич Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, аспирант

Куликова Дарья Павловна МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, студент

Шевцов Владислав Сергеевич МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, аспирант

17. Физика космоса

Ким Константин Игоревич МГТУ им. Н.Э. Баумана, фундаментальные науки, студент

18. Физика твердого тела

Суханова Екатерина Владимировна МФТИ, студент

Ивков Сергей Александрович Воронежский государственный университет, аспирант

Старчиков Сергей Сергеевич Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» РАН, сотрудник

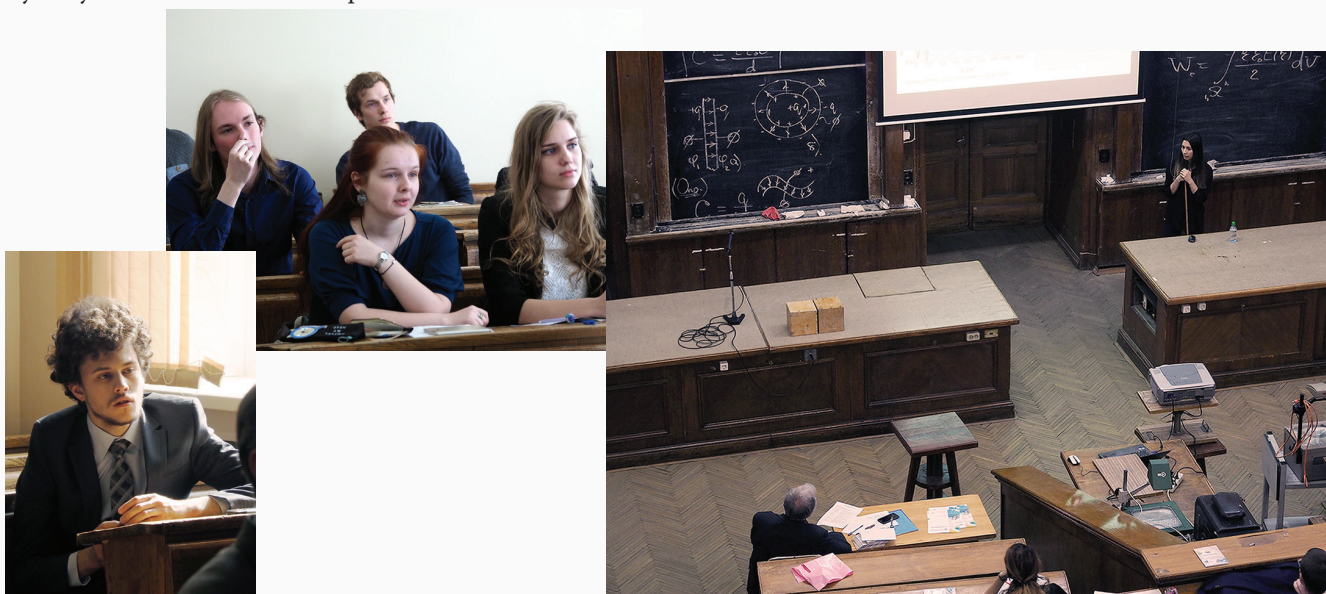
Акмаев Марк Александрович МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, студент

Хохлов Дмитрий Андреевич МФТИ, студент

От всей души поздравляем победителей. Большинство председателей подсекций отмечали высокий уровень докладов и признавались, что было очень сложно выбрать победителя. Авторы наиболее интересных докладов получили рекомендацию опубликовать результаты исследований в журнале «Ученые записки физического факультета Московского Университета».

Хотелось бы выразить благодарность председателям подсекций за отбор докладов, проведение заседаний и выбор победителей.

Нововведение этого года — сборники тезисов публикуются только в электронном виде. Каждый участник может скачать сборник со страницы секции «Физика» (<https://lomonosov-msu.ru/rus/event/5500/page/1128>).



“Ломоносовские чтения” 2019 по физике

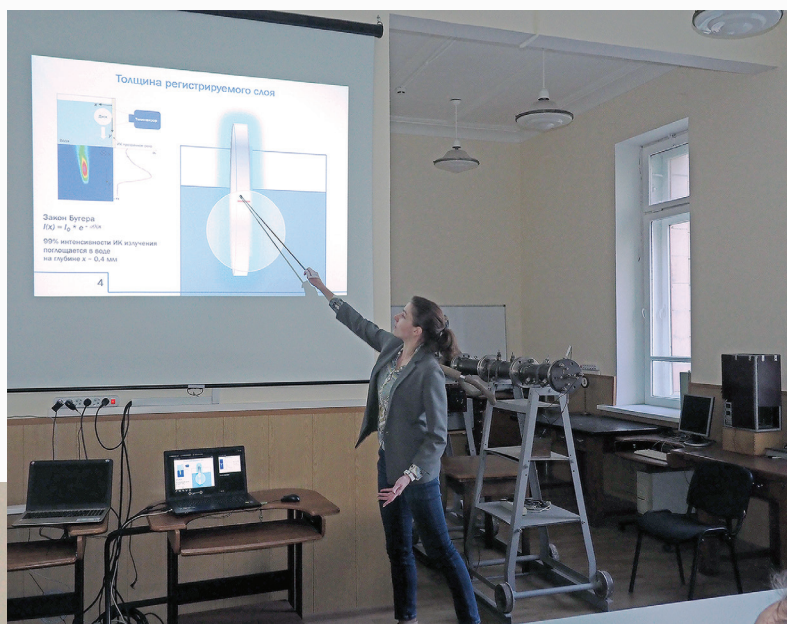


В очередной раз в апреле в Московском университете прошла традиционная научная конференция “Ломоносовские чтения-2019”. “Ломоносовские чтения” объединяют науку МГУ, представляемую в докладах сотрудников университета, содержащих, как правило, результаты наиболее значимых достижений научных исследований последних лет. При этом содокладчиками являются работники различных факультетов и подразделений не только Московского университета, но и сотрудники институтов Академии наук, ВУЗов, НИИ, научных центров, долгие годы успешно сотрудничающих с Московским университетом.

В этом году Секция физики конференции “Ломоносовские чтения-2019” состояла из 10 подсекций, на которых было сделано 90 докладов. Руководил работой Секции физики зам. декана физического факультета, профессор А.А. Федянин. Наиболее массовыми по количеству представленных докладов оказались направления прикладной математики и математического моделирования, биохимической и медицинской физики, наук о Земле, методики преподавания. По

результатам конференции был выпущен Сборник тезисов докладов под редакцией декана физического факультета, профессора Н.Н. Сысова. Самые яркие и значимые работы, как всегда, будут выдвинуты на ежегодную Ломоносовскую премию за научную деятельность.

В настоящее время предполагается выпуск отдельного номера электронного журнала “Ученые записки физического факультета МГУ”, в котором будут представлены доклады участников конференции “Ломоносовские чтения-2019. Секция физики”.



Ответственный секретарь конференции
Татьяна Александровна Версан

23 мая 2019 г. состоялась защита докторской диссертации ведущего научного сотрудника кафедры полимеров и кристаллов

Александра Викторовича Чертовича

на тему:

«ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЗВЕНЬЕВ НА МОРФОЛОГИЮ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ ПОЛИМЕРНЫХ СТРУКТУР»

*Ведущий научный сотрудник
кафедры полимеров и кристаллов
Александр Викторович Чертович*



Диссертация посвящена исследованию влияния последовательности звеньев на морфологию самоорганизующихся полимерных структур. В первой главе рассмотрены процессы самоорганизации различных типов статистических сополимеров в расплаве, в том числе с большой степенью полидисперсности и мультиблок-сополимеров. Во второй главе рассмотрены расплавы сополимеров с протекающими макромолекулярными реакциями: сополимеризация, обратимая поликонденсация и межцепной обмен. В третьей главе рассмотрены особенности первичных последовательностей некоторых специально сконструированных одиночных гетерополимеров и предложена методика итерационного отбора наиболее подходящих последовательностей. В четвертой главе исследуется конформационное поведение одиночных сополимеров с насыщающимися взаимодействиями и проведено сопоставление таких полимеров с биологическими системами.

Показано, что некоторые «особенные» первичные последовательности статистического сополимера оказывают значительное влияние на конформационное поведение полимерных систем на их основе, по сравнению с аналогичными, но полностью случайными последовательностями. Причем эти особенные последовательности не описываются одним лишь блочно-массовым распределением звеньев, важно также взаимное расположение этих звеньев вдоль по цепи. В работе предложены и опробованы новые механизмы формирования или отбора таких особенных последовательностей, которые могут еще больше усилить это влияние, в том числе пока чисто гипотетический «эволюционный» механизм. Показано, что в некоторых случаях особая структура первичной последовательности может не только привести к новым морфологиям полимерной системы, но и к изменению рода перехода клубок-глобула (в случае случайно-комплементарной последовательности для сополимера с насыщающимися связями). Сформулированная в работе концепция двух независимых температур (в пространстве последовательностей и в пространстве конформаций) помогает более полно взглянуть на взаимосвязь между последовательностью

и соответствующей для такой последовательности оптимальной конформацией (и наоборот), а также изучать предельные случаи и простые модели. Кроме того, концепция двух температур может оказаться полезной в дальнейшем при рассмотрении предбиологической эволюции или мутационного давления на биополимеры.

Универсальным и наиболее простым химическим способом синтеза таких «особенных» последовательностей являются макромолекулярные реакции, проводимые в особых условиях. В таком случае можно получать не полностью случайные сополимеры, а более функциональные последовательности, как с равномерной структурой, так и градиентные. В работах по исследованию макромолекулярных реакций с частичной несовместимостью звеньев различного типа в явном виде было показано, что склонные к расслоению системы с обратимыми или медленно протекающими реакциями в свободных условиях всегда стремятся либо к гомогенному, либо к макрофазному расслоению. Только наличие некоторого внешнего гетерогенного фактора, например – паттернированной подложки, может способствовать формированию устойчивых структур в окрестности этой гетерогенности. При этом наши работы показали явную неприменимость стандартной модели сополимеризации для сомономеров с частичной несовместимостью, что может представлять значительный интерес для многих областей синтетической химии полимеров. Кроме того, нам впервые удалось продемонстрировать, что при достаточно сильных взаимодействиях даже полностью случайные последовательности мультиблок-сополимера способны микрофазно расслаиваться в расплаве в ламеллярную структуру, и только в ламеллярную. Ранее эта гипотеза подвергалась сомнениям. Построенная фазовая диаграмма состояний расплава статистического сополимера и сопутствующие модели микрофазного расслоения сильно полидисперсного мультиблок-сополимера (с учетом возможного проникновения коротких блоков в чужую фазу) дают исчерпывающее представление о возможных морфологиях расслоения в таких системах.

ДИССЕРТАЦИОННЫЕ СОВЕТЫ МГУ С ЗАЩИТАМИ В 2019 г.

МГУ.01.01

*Председатель – Хохлов Алексей Ремович, д.ф.-м.н., проф., acad. РАН
Уч. секретарь – Лаптинская Татьяна Васильевна, к.ф.-м.н., доц.*

28.02.2019

1. **ЖЕЛИГОВСКАЯ Екатерина Александровна** «Моделирование методом модульного дизайна процессов самоорганизации структур веществ с тетраэдрической координацией атомов и кооперативных превращений в них» 01.04.07 – физика конденсированного состояния. Докторс.

21.03.2019

2. **КОС Павел Игоревич** «Структура компактных конформаций линейных полимерных цепей» 02.00.06 – высокомолекулярные соединения. Кандидатс.

16.05.2019

3. **ЖОЛУДЕВ Сергей Иванович** «Структура и функциональные свойства метеаллополимерных композитов с механосинтезированными частицами сплава галфенол» 01.04.07 – физика конденсированного состояния. Кандидатс.

4. **ЯРОСЛАВЦЕВ Сергей Андреевич** «Мёссбауэровские исследования замещенных литиевых фосфатов железа на разных стадиях электрохимического циклирования» 01.04.07 – физика конденсированного состояния. Кандидатс.

23.05.2019

5. **ЧЕРТОВИЧ Александр Викторович** «Влияние последовательности звеньев на морфологию самоорганизующихся полимерных структур» 02.00.06 – высокомолекулярные соединения. Докторс.

МГУ.01.06

*Председатель – Садовников Борис Иосифович, д.ф.-м.н., проф.
Уч. секретарь – Поляков Петр Александрович, д.ф.-м.н.*

16.05.2019

6. **РОЕНКО Артём Александрович** «Магнитные эффекты квантовой электродинамики в системах с критическим и закритическим зарядом» специальность 01.04.02 – Теоретическая физика. Кандидатс.

7. **ВОЛКОВА Виктория Евгеньевна** «Космологические решения и их устойчивость в скалярно-тензорных теориях гравитации со старшими производными» 01.04.02 – теоретическая физика. Кандидатс.

МГУ.01.08

*Председатель – Салецкий Александр Михайлович, д.ф.-м.н., проф.
Уч. секретарь – Косарева Ольга Григорьевна, д.ф.-м.н.*

18.04.2019

8. **ХАРЧЕВА Анастасия Витальевна** «Люминесценция органо- и водорастворимых комплексов европия с N-гетероциклическими лигандами» 01.04.05 – Оптика. Кандидатс.

9. **САВОЧКИН Игорь Владимирович** «Возбуждение прецессии намагниченности и спиновых волн в плёнках феррита-граната с помощью одиночных и периодически повторяющихся фемтосекундных лазерных импульсов» 01.04.03 – Радиофизика. Кандидатс.

13.06.2019

10. **БУГАЙ Александр Николаевич** «Нелинейное взаимодействие квазимонохроматических и широкополосных импульсов в анизотропных средах» 01.04.03 – Радиофизика. Докторс.

11. **АСЛАНЯН Артём Эдуардович** «Модуляционная спектроскопия светодиодных гетероструктур на основе InGaN/GaN» 01.04.05 – Оптика. Кандидатс.

МГУ.01.12

*Председатель – Федянин Андрей Анатольевич, д.ф.-м.н., проф., проф. РАН
Уч. секретарь – Карташов Игорь Николаевич, к.ф.-м.н.*

30.05.2019

12. **ЛИХАЧЕВ Григорий Васильевич** «Оптические частотные гребенки и солитоны в микрорезонаторах» 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики. Кандидатс.

МГУ.01.13

*Председатель – Андреев Анатолий Васильевич, д.ф.-м.н., проф.
Уч. секретарь – Коновко Андрей Андреевич, к.ф.-м.н.*

11.04.2019

13. **ГРИГОРЬЕВ Кирилл Сергеевич** «Генерация и преобразование световых пучков и импульсов, содержащих сингулярности поляризации, в средах с нелокальностью нелинейно-оптического отклика» 01.04.21 – лазерная физика. Кандидатс.

04.07.2019

14. **ХОМЕНКО Максим Дмитриевич** «Сопряженные процессы теплопереноса, конвекции и формирования микроструктуры при лазерной наплавке с коаксиальной подачей металлических порошков» 05.27.03 – Квантовая электроника. Кандидатс.

15. **ЦЫМБАЛОВ Иван Николаевич** «Нелинейные плазменные волны и ускорение электронов при воздействии лазерного излучения релятивистской интенсивности на плотную плазму» 01.04.21 – Лазерная физика. Кандидатс.

16. **МАРЕЕВ Евгений Игоревич** «Нелинейно-оптические процессы генерации суперконтинуума и самокомпрессии в газах высокого давления и сверхкритиче-

ческих флюидах при филаментации фемтосекундных лазерных импульсов ближнего ИК диапазона» 01.04.21 – Лазерная физика. Кандидатс.

МГУ.01.18

Председатель – Перов Николай Сергеевич, д.ф.-м.н., проф.
Уч. секретарь – Шапаева Татьяна Борисовна, к.ф.-м.н.

23.05.2019

17. АНДРИАНОВ Тимофей Андреевич «Спиновый транспорт в магнитных многослойных наноструктурах сложной конфигурации» 01.04.11 – «Физика магнитных явлений». Кандидатс.

18. ПОРОХОВ Николай Владимирович «Высокотемпературные сверхпроводящие пленки для проводников третьего поколения» 01.04.09 – физика низких температур. Кандидатс.

20.06.2019

19. КРЫЛОВ Иван Владимирович «Механизмы проводимости и фотоэлектрические эффекты в композитных структурах на основе полупроводниковых оксидов с фотосенсибилизаторами» 01.04.10 – физика полупроводников. Кандидатс.

20. РОДИОНОВ Игорь Дмитриевич «Магнитные, магнитокалорические и магнитотранспортные свойства сплавов на основе Ni-Mn-In» 01.04.11 – Физика магнитных явлений. Кандидатс.



ЛЕТНИЕ ШКОЛЫ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ

А.И. Федосеев, Е.В. Лукашева

Более 10 лет назад на факультете появилось понимание того факта, что для набора наиболее способных абитуриентов с высокими баллами ЕГЭ необходимо предпринимать дополнительные усилия. Главная причина в том, что появляются новые конкурирующие вузы и они, может быть не всегда обоснованно, уже организуют для школьников агрессивную саморекламу. Одно из направлений наших усилий – систематическая работа с учителями школ



Проф. А.И. Федосеев



Проф. А.М. Салецкий, доц. Е.В. Лукашева

Факультет провел уже девять летних школ учителей и, надеемся, в 2020 году состоится юбилейная, десятая. Все школы проходят в течение 5 рабочих дней под традиционным названием «Предметная компетентность учителя физики в современной школе» (это название вполне соответствует тому, что мы желаем учителям как профессионалам и коллегам). Географический охват участников по регионам достаточно широк: Москва, Московская область, Башкортостан, Самарская область, Челябинская область, Чувашия, Нижегородская область, Татарстан, Краснодарский край, Ямало-Ненецкий АО, города Красноярск, Мурманск, Ставрополь, Усть-Лабинск, а также ДНР и ЛНР.

Наши летние школы являются отличительными с точки зрения насыщенности и эффективности программы.



Регистрация

Для сотрудников факультета, участвующих в подготовке и проведении школ (всего в оргкомитете, не считая приглашаемых лекторов и студентов, насчитывается 20 человек, подавляющее большинство являются сотрудниками кафедры общей физики), это дополнительные ежегодные хлопоты и, поверьте, не малые. Примерно за три месяца до начала проходит первичная регистрация, затем отбор участников, переписка, подготовка приказов руководства, сертификатов участников, параллельно окончательно формируется программа, готовятся лекции, физические демонстрации, с учетом пожеланий учителей подбираются материалы для семинаров и мастер-классов. Содержательная часть программы во время проведения школы насчитывает 36 часов, что примерно соответствует объему специального курса.

Так много всего нового и интересного, и очень охота донести это до своих учителей. Обязательно продолжайте вашу школу, она нам очень нужна. Ваша работа перейдет в мою эстафету, а дальше дело.

Эта школа прекрасно сочетает в себе лекции о современных состояниях радиационной структуры фазовых и жидких, мастер-классы, посвященные учебному процессу в школе, вопросы о среде педагогов и т.п.

В подготовительный период решаются также вопросы подбора «раздаточных» материалов и финансирования мероприятия. Конечно, основная доля расходов приходится на поддержку спонсоров, которым мы выражаем искреннюю благодарность. Все эти годы нас поддерживал фонд «Вольное дело» (выпускник 1993 г. О.В.Дерипаска), компания «Эрих Краузе» (выпускник 1993 г. Д.А.Белоглазов), а также, как частные люди, выпускники 1993 года Б.А.Фуркин, И.В.Косолобов, Е.П.Ищенко. В частности, за счет этих средств налажено систематическое снабжение учителей лучшими, на наш взгляд, школьными учебниками, точнее учебными комплексами, авторами которых являются наши сотрудники (для краткости, учебник Грачева А.В., для 7-11 классов, более миллиона рублей ежегодно)

Школы проводятся, по сути, в единственный удобный для учителей период, перед их летними отпусками – последняя неделя июня. Однако, этот период удобен

и для учителей по другим предметам. Поэтому, если наша школа проводится в Москве, на базе факультета, мы получаем для учителей из регионов ограниченное число мест в общежитии – 80. Для эффективной работы с учителями из регионов этого количества не хватает.



Проф. В.А. Твердислов

Дело в том, что в Москве количество школьников с высоким средним баллом по трем ЕГЭ много меньше, чем нужно, чтобы обеспечить хотя бы половину конкурсных мест у нас, на мехмате, ВМК, МФТИ, и в других популярных вузах (у нас в этом году среди поступивших этот балл не ниже 86 и льготы за олимпиады этот балл изменяет мало). Таких школьников, хотим мы этого или не хотим, нам нужно искать в регионах, поэтому на школы учителей нужно привлекать больше учителей из регионов России. Поэтому последние две школы учителей проводились на базе дома отдыха МГУ «Красновидово», где число участников из регионов удалось довести до 130 (за путевки для учителей более миллиона рублей оплатили спонсоры).



Проф. С.С. Кротов

Хотела отметить высокий уровень организации, очень интересную разнообразную программу, которая позволяет ежегодно получать самую актуальную информацию по методике преподавания и по вопросам современной физики.



На природе

Где будут проходить такие школы в дальнейшем, еще не решено. Дело в том, что в Москве мы принимали до 300 слушателей школы, в «Красновидово» это число ограничено числом мест в доме отдыха – 180. В Москве для слушателей школы, помимо научно-познавательных лекций ведущих ученых-физиков, мы еще организуем научно-культурную программу. Один из рабочих дней школы примерно 80 человек проводят в лабораториях Курчатовского института, по столько же (согласно их выбору) в лабораториях Института общей физики РАН, в лабораториях факультета и музеях МГУ. Еще около 100 человек посещают Московский планетарий. Такой культурной программы нет в «Красновидово». Однако, лекции ведущих ученых проводятся и увеличена по времени содержательная часть программы. В итоге пожелания слушателей на перспективу в основном в пользу выездной школы.

Мне, учителю из обычной школы (г. Истринский район - Каринин), в прошлом искреннего благодарю всех организаторов, преподавателей и спонсоров летней школы учителей физики. Нам очень понравилась тематика выступлений, мастерство преподавателей. Было интересно слушать выступления учителей в интерактивной и крутой форме. Было бы интересно продолжить сотрудничество с коллегами из других регионов и организовать с их участием

Я нашёл очень много нового для себя: новые технологии, которые можно использовать на уроках физики, интересные идеи для дальнейшего развития работы с детьми, идеи реализации иррациональной деятельности

Занятия, лекции, которые проводили дают возможность расширить профессиональный кругозор и получить много ценных знаний, работая с детьми.

Естественно, хотя бы в общих чертах, попытаться ответить на два основных вопроса.

Во-первых, что полезного дает учителям участие в работе школы. Из опросов учителей становится понятным, что они нашли новые полезные идеи и методики преподавания, приобрели опыт решения задач высокого уровня при проведении мастер-классов, узнали особенности олимпиад, проводимых физическим факультетом МГУ, получили новые знания о современных направлениях физических исследований. О том же говорят письменные отзывы учителей, примеры которых представлены в настоящей статье. Суммируя их высказывания, можно получить краткий однозначный ответ – вполне заметное и полезное в работе повышение квали-



Проф. С.П. Кулик

фикации, которое позволяет, в перспективе, готовить учеников к поступлению на физический факультет.




Доц. А.В. Грачев

Во-вторых, что полезного дает факультету работа сотрудников по организации и проведению школ. По-видимому, весьма прагматичный ответ на этот вопрос может дать опыт работы последних лет отдела нового приема. Этот опыт свидетельствует, что проведение летних школ учителей физики в том виде, в котором они уже проводятся, является важнейшей составляющей всей работы факультета со школьниками. Если мы хотим, чтобы к нам приходили наиболее способные абитуриенты, эту работу необходимо развивать, сохраняя в ближайшей перспективе ориентацию на расширение участия слушателей из регионов. Особое внимание следует уделять внедрению перспективного учебника А.В. Грачева в школьный учебный процесс, поскольку именно им учителя могут руководствоваться в повседневной работе. В этом процессе есть свои сложности, о них нет возможности здесь подробно сказать, однако рост числа Российских школ, в том числе сельских школ, использующих этот учебник, располагает к оптимизму.

Считаем нужным назвать тех преподавателей факультета, которые, в качестве лекторов, руководителей мастер-классов и семинаров, организаторов вносят наибольший вклад в это, как мы считаем, весьма полезное для факультета, дело: профессора А.М. Салецкий, А.И. Слепков, В.А. Твердислов, С.С. Кротов, М.А. Носов, С.П. Кулик, доценты П.Ю. Боков, Т.А. Бушина, А.В. Грачев, В.А. Грибов, К.В. Парфенов, С.Б. Рыжиков, Е.В. Широков, И.А. Колмычек, ст. преп. А.В. Селиверстов ассистент Ю.В. Старокуров. В заключение, считаем также возможным привести учительский отзыв «из глубинки», который, на наш взгляд, замечательно передает настроение и общую оценку пребывания учителей на летней школе.

Мне, учителю из обычной сельской школы, которая находится в отдаленной области, участие в данной летней школе дало много нового: знания, опыт, эксперименты, так было то, что я смогу передать своим ученикам. Как бы мне не хотелось дистанционным технологиям, но такое общение - эмоции, тепло, интересные вопросы, взаимное уважение они заменить не смогут!!!



Бюллетень «НОВОСТИ НАУКИ». © 2019 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 Д.И.
press@phys.msu.ru

Подписано в печать 10.09.19. 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