



Заседание Ученого Совета совместно с Профессорским собранием физического факультета 24 декабря 2020 г.



Прошедший 2020 год поставил перед факультетом сложные и необычные задачи, которые потребовали напряженной работы администрации, всех служб и подразделений факультета. Сейчас уже можно сказать, что факультет с честью выдержал это испытание.

Так совпало, что юбилейная годовщина, 75-летие Победы в Великой Отечественной войне, пришлось на этот нелегкий год. Несмотря на пандемию и все связанные с ней ограничения, факультет постарался достойно отметить этот великий праздник, используя все возможности. Как всегда, были возложены венки и цветы к памятнику погибшим физфаковцам, мемориальной стене МГУ.



ISSN 2500–2384



Работающим на факультете ветеранам войны и труженикам тыла ко Дню защитника Отечества и Дню Победы выплачены премии и переданы подарочные наборы.

Профкомом студентов и Студенческим советом физического факультета в дистанционном формате проведены акция «Бессмертный полк», а также беседы по истории Великой Отечественной войны.

Самые большие трудности в уходящем году выпали на долю организаторов и участников учебного процесса. Главные события в жизни факультета — это прием студентов и выпуск дипломников

Немوتря на пандемию, в 2020 году была проведена активная работа со школьниками:

- Видеоконференции со школьниками
- Олимпиады школьников (3 провели сами, в 3-х участвовали)
- За семестр проведено 6 лекций Университетских суббот
- Университетские среды (мастер классы для учителей)
- Работа с одарёнными детьми (Всероссийская олимпиада, Сириус)

Большая, серьезная и постоянная работа со школьниками позволяет поддерживать конкурс на достаточно высоком уровне. Количество поданных заявлений выросло по сравнению с прошлым спокойным годом.

Поступивших без вступительных испытаний стало почти в полтора раза больше, как и абитуриентов, поступивших с льготами по олимпиадам.

Половина абитуриентов получила оценку более 92 баллов за ЕГЭ по физике, средний балл составил 93 балла.

По итогам приемной кампании 2020 года 380 студентов зачислено на 1 курс специалитета и 285 ребят поступило в магистратуру. На контрактное обучение поступило почти 60 абитуриентов.

Средние баллы за школьные ЕГЭ и ДВИ у зачисленных в 2020 году



* Для поступивших без экзаменов 93, для поступивших по конкурсу 88

Хочу отметить, что этот год — первый, когда мы вернулись к 6-летнему специалитету.

Каждый год факультет выпускает сотни студентов, из них примерно 25% получают диплом «с отличием».

Независимо от того, что в этом году мы были вынуждены прибегнуть к дистанционному образованию, большинство выпускников продемонстрировали хороший уровень подготовки на экзаменах. Более 70% выпускников сдали экзамены на отлично.

В аспирантуру в этом году мы зачислили 98 человек. Подавляющее большинство (порядка 96%) поступающих — выпускники факультета.

Анализ показал, что статистика оценок на вступительных испытаниях улучшилась по сравнению с прошлым годом, подавляющее большинство получили оценки «хорошо» и «отлично». Удовлетворительные оценки на кандидатских экзаменах были получены в основном по специальности.

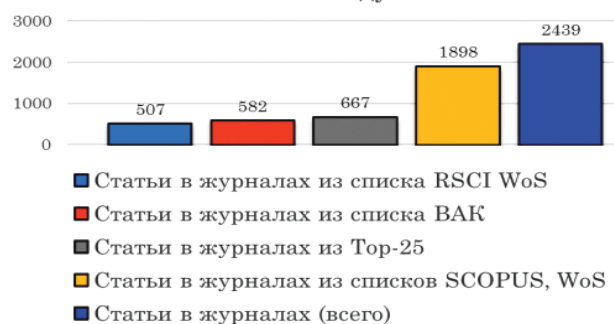
На факультете в среднем обучается 280 аспирантов. Выпустилось в этом году 84 молодых ученых. Всего защищено 16 кандидатских диссертаций в советах МГУ.01.01, МГУ.01.04, МГУ.01.06, МГУ.01.08, МГУ.01.13, МГУ.01.18 и 1 докторская диссертация (А.И. Орешкин, с.н.с., кафедра квантовой электроники).

Соотношение общего числа аспирантов, поступивших и завершивших обучение



За 2020 год сотрудниками факультета опубликовано свыше 2400 работ, из которых четверть — публикации в престижных международных журналах ТОП-25. Видно, что ежегодно публикационная активность факультета возрастает.

Количество статей, опубликованных в 2020 году



В этом году факультет участвовал в проведении 331 внебюджетных работ разного уровня финансирования.

В настоящее время еще полностью не подведены итоги, но к концу года планируется за проведение различных НИР и ОКРов получить финансирование порядка 1,3 миллиарда рублей.

В этом году выделена субсидия в размере 73 396 995 руб на обновление приборной базы в рамках Федерального проекта «Развитие передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок в Российской Федерации» национального проекта Наука. Готовится заявка на научное оборудование на 2021 год.

Несколько слов об учебно-научных программах МГУ, в которых участвует наш факультет.

Это междисциплинарные научно-образовательные школы, Физфак принимает участие в 4 школах, которые выиграли конкурс:

— Мозг, когнитивные системы, искусственный интеллект (Отделение прикладной математики)

— Фундаментальные и прикладные исследования космоса (Отделение экспериментальной и теоретической физики, Отделение ядерной физики)

— Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды (Отделение геофизики)

— Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина (Отделение экспериментальной и теоретической физики, Отделение физики твердого тела, Отделение радиофизики и электроники, Отделение ядерной физики).

Число сотрудников факультета, принимающие участие в этих школах – более 250 человек.

В школе Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина участвует помимо физического факультета, факультет фундаментальной медицины, и МНОЦ МГУ.

В проекте школы было представлено более 50 разработок в области медицинской физики. Финансирование в этом году составило 43,5 миллионов рублей.

Хочется отметить несколько научных направлений, которые развиваются в рамках этой школы.

Это искусственный интеллект и микроэлектроника.

В области искусственного интеллекта созданы и читаются два курса лекций для студентов и аспирантов. Это: 1) нейронные сети и их применение в научных исследованиях; 2) машинное обучение и искусственные нейронные сети. Получены первые уникальные выдающиеся результаты по внедрению этих технологий в реальные изделия.

Скорость передачи информации в системе тропосферной связи удалось повысить от 2 Мбит/секунду до 50 Мбит/секунду с которой работают современные системы связи, то есть в 25 раз.

Активно продолжил работу Центр квантовых технологий, созданный Ректором МГУ академиком В.А. Садовничим в феврале 2018 года в связи с победой

МГУ в конкурсе поддержки Центров компетенции РФ по сквозной технологии «квантовые технологии».

Сегодня МГУ — единственная организация в России где функционирует два Центра НТИ: Центр квантовых технологий и Центр по большим данным.

В штат Центра входит более 150 научных сотрудников, преподавателей, инженеров и менеджеров. Научный руководитель — профессор физического факультета Сергей Павлович Кулик.

Основные задачи Центра:

I. Создание технологий и элементной базы в следующих областях:

— Квантовые коммуникации

— Квантовые вычисления

— Сенсоры на основе квантовых технологий

II. Запуск образовательных программ:

— запуск трех образовательных программ, ориентированных на подготовку специалистов широкого профиля в области прикладных квантовых технологий («Квантовая криптография и квантовая связь»; «Квантовые вычисления» и «квантовые оптические технологии»);

— запуск системы дополнительного образования для повышения квалификации работников технологических предприятий, заинтересованных во внедрении квантовых технологий;

— запуск системы он-лайн образования по квантовым технологиям для максимально широкого круга слушателей.

В научно-практическом плане за два года в Центре реализовано три крупных научных проекта, на выходе которых реальные продукты, готовые к коммерциализации — магистральный шифратор QUANDOR на основе квантового распределения ключей, «квантовый телефон» QUANTEL — устройство, в котором текстовые файлы, речь и изображения шифруются «квантовыми ключами» и квантовый генератор случайных чисел. Все эти устройства проходят сертификацию и в 2021 году будут выведены на рынок. Основной индустриальный партнер — компания ИнфоТеКС.

В этом году проведение и участие в научных конференциях было ограничено, по понятным причинам.

Наша традиционная Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2020» прошла дистанционно.

На участие в работе секции «Физика» было подано 993 заявки, из них — 848 заявок от авторов докладов. 66 заявок от авторов докладов по решению экспертного совета секции были отклонены. Все остальные заявки были приняты.



Всего было проведено 52 заседания на которых авторы представили 430 докладов. По решению экспертов среди докладчиков были выбраны 57 авторов лучших докладов, которых наградили грамотами за лучший доклад.

Независимо от условий пандемии, мы активно работали со студентами. Проведены традиционные Студенческие олимпиады по физике и математике, «День физика», Псевдонаучная конференция, Фестиваль первокурсника, Благодарительная ярмарка в дистанционном виде.

В комбинированном формате организованы: «Посвящение в студенты первого курса», Спартакиада первокурсников, Студенческий творческий фестиваль «Первый снег», конкурс «Студенческий лидер», турнир поэтов и др.

23 мая 2020		ВИРТУАЛЬНЫЙ ДЕНЬ ФИЗИКА		
12:30	ВИРТУАЛЬНЫЕ КОНКУРСЫ	КВИЗ TIME-LINE	ТРАНСЛЯЦИЯ	
13:00				
13:30				
14:30				
15:00	ВИЗФАК	ОТКРЫТИЕ	Сергей и Татьяна Никитины «О Дне Архимеда»	
15:30		НАУКА	ПОЗДРАВЛЕНИЯ УЧЕНЫХ	
16:00		НАУЧНЫЙ РИНГ	15:40 Феликс Студенкин	Кип Тарн А.М. Черепашки В.А. Рубаков и многие другие
17:00		ГОСТИ	16:20 Александр Прокоров	
17:30		ГОСТЕВОЙ КОНЦЕРТ	ПОЗДРАВЛЕНИЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ ГРУПП	Градусь, Ногу Свело, Кренаторий, Пелот и другие
18:50		КУБОК ДНЯ ФИЗИКА ПО ШКАЛАМ	ДУБИНУШКА	
19:00		МИСС ФИЗФАК	ВЕЧЕРНИЙ КОНЦЕРТ	Дела Поважнее
20:00			ЗАКРЫТИЕ	
21:00				

С апреля по июнь более 50 студентов и аспирантов физфака работали на «горячей линии» факультета, в волонтерском центре МГУ (доставка сотрудникам продуктовых наборов и лекарств), в общежитии (доставка питания изолированным студентам, санитарная обработка общежития).

Огромная благодарность нашим сотрудникам и общественным студенческим организациям, которые в это тяжелое время провели огромную работу и с первокурсниками, и со студентами старших курсов.

Сердечно поздравляем наших сотрудников с заслуженными наградами:

Черепашука Анатолия Михайловича — Орден Александра Невского

Сажина Михаила Васильевича — Премия имени И.С. Шкловского

Богацкую Анну Викторовну — Премия на конкурсе научных работ им. акад. Вернова

Рубакова Валерия Анатольевича — Гамбургская премия по теоретической физике

Тимохина Максима Юрьевича — Золотая медаль РАН для молодых ученых России за лучшие научные работы

Базыленко Валерия Андреевича — Гран-При IFIA & WIPO за лучшее изобретение на международной выставке в Силиконовой Долине Всемирная Организация Интеллектуальной Собственности при ООН

Якуту Алексея Александровича — Грант Правительства Москвы в сфере образования по итогам 2019–2020 г.г.

Решением Ученого совета МГУ премия имени М.В. Ломоносова за педагогическую деятельность присуждена **Олегу Владимировичу Руденко**.

Звание Заслуженный профессор МГУ получили

Профессор кафедры магнетизма **Прудников Валерий Николаевич**

Профессор кафедры квантовой электроники **Виктор Владимирович Фадеев**

Звание Заслуженный преподаватель МГУ получили

Доцент кафедры экспериментальной астрономии **Владимир Георгиевич Сурдин**

Доцент кафедры небесной механики, астрометрии и гравиметрии **Геннадий Иванович Ширмин**

Звание Заслуженный работник МГУ получила

Ведущий инженер кафедры общей физики **Тамара Иосифовна Малова**

Сердечно поздравляем сотрудников факультета с высшими наградами Университета!

Награды аспирантов и студентов физического факультета:

Поздравляем!

Петросяна Сурена Арутюновича — аспиранта каф. фотоники и физики микроволн

Коннову Елену Олеговну, магистранта каф. акустики

Синченко Семёна Александровича, аспиранта каф. твердого тела

Пономарчук Екатерину Максимовну аспиранта каф. акустики

Чупову Дарью Дмитриевну, магистранта каф. акустики

Асфандиярова Шагиля Альбертовича, аспиранта каф. акустики

Рейтинги

По версии QS World University Rankings by Subject по направлению «Физика и астрономия» в 2020 году мы заняли 33 место. В России мы заняли самую высокую позицию. Хочу отметить, что по критерию востребованности

выпускников в области физики и астрономии мы заняли шестое место в мире. На пятом месте идет Оксфордский университет, а на седьмом — Калифорнийский университет.

В рейтинге лучших университетов мира U.S. News по направлению «Физика» мы заняли 16 место.



# RANK	UNIVERSITY	OVERALL SCORE	EMPLOYER REPUTATION
2020	Uni Search		
1	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	98.9	100
2	Harvard University	97.4	99.9
3	University of Cambridge	96.2	97.9
4	Stanford University	97.5	97.4
5	University of Oxford	95.5	96.9
6	Lomonosov Moscow State University	83.1	92.9
7	California Institute of Technology (Caltech)	93.7	92.8



<p>Harvard University United States Cambridge (U.S.) #4 in Best Universities for Physics #1 in Best Global Universities</p>	<p>SUBJECT SCORE 94.9</p> <p>GLOBAL SCORE 100.0</p> <p>ENROLLMENT 21,261</p>
<p>University of Maryland--College Park United States College Park #14 in Best Universities for Physics #60 in Best Global Universities (tie)</p>	<p>SUBJECT SCORE 85.8</p> <p>GLOBAL SCORE 74.1</p> <p>ENROLLMENT 33,671</p>
<p>Sorbonne Universite France Paris #15 in Best Universities for Physics #43 in Best Global Universities (tie)</p>	<p>SUBJECT SCORE 85.5</p> <p>GLOBAL SCORE 75.7</p> <p>ENROLLMENT 43,585</p>
<p>M. V. Lomonosov Moscow State University Russia Moscow (Russia) #16 in Best Universities for Physics #285 in Best Global Universities (tie)</p>	<p>SUBJECT SCORE 85.3</p> <p>GLOBAL SCORE 58.6</p> <p>ENROLLMENT N/A</p>
<p>University of Washington United States Seattle #17 in Best Universities for Physics (tie) #8 in Best Global Universities</p>	<p>SUBJECT SCORE 85.1</p> <p>GLOBAL SCORE 86.0</p> <p>ENROLLMENT 46,258</p>
<p>Yale University United States New Haven #17 in Best Universities for Physics (tie) #11 in Best Global Universities (tie)</p>	<p>SUBJECT SCORE 85.1</p> <p>GLOBAL SCORE 85.0</p> <p>ENROLLMENT 12,910</p>

По показателю «количество публикаций» мы расположились на 7 месте в мире.










Еще одно наше важное достижение — это первое место по количеству публикаций и тридцать процентов от всех публикаций МГУ в журналах ТОП-25.

Наступил 2021 год, мы все надеемся на перемены к лучшему. Опыт, полученный за год пандемии остается с нами и поможет нам достойно встретить новые задачи и вызовы современности.

*Декан физического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова
профессор Н.Н. Сысоев*



Физический факультет занял 16 место в предметном рейтинге U.S. NEWS BEST GLOBAL UNIVERSITIES лучших университетов мира

	Massachusetts Institute of Technology United States Cambridge (U.S.) #1 in Best Universities for Physics #2 in Best Global Universities READ MORE >	SUBJECT SCORE 100.0 GLOBAL SCORE 97.9 ENROLLMENT 11,276
	Stanford University United States Stanford #2 in Best Universities for Physics #3 in Best Global Universities READ MORE >	SUBJECT SCORE 96.3 GLOBAL SCORE 95.3 ENROLLMENT 16,223
	University of California--Berkeley United States Berkeley #3 in Best Universities for Physics #4 in Best Global Universities READ MORE >	SUBJECT SCORE 95.3 GLOBAL SCORE 89.8 ENROLLMENT 39,918
	Harvard University United States Cambridge (U.S.) #4 in Best Universities for Physics #1 in Best Global Universities READ MORE >	SUBJECT SCORE 94.9 GLOBAL SCORE 100.0 ENROLLMENT 21,261
	University of Maryland--College Park United States College Park #14 in Best Universities for Physics #60 in Best Global Universities (tie) READ MORE >	SUBJECT SCORE 85.8 GLOBAL SCORE 74.1 ENROLLMENT 33,671
	Sorbonne Universite France Paris #15 in Best Universities for Physics #43 in Best Global Universities (tie) READ MORE >	SUBJECT SCORE 85.5 GLOBAL SCORE 75.7 ENROLLMENT 43,585
	M. V. Lomonosov Moscow State University Russia Moscow (Russia) #16 in Best Universities for Physics #285 in Best Global Universities (tie) READ MORE >	SUBJECT SCORE 85.3 GLOBAL SCORE 58.6 ENROLLMENT N/A
	University of Washington United States Seattle #17 in Best Universities for Physics (tie) #8 in Best Global Universities READ MORE >	SUBJECT SCORE 85.1 GLOBAL SCORE 86.0 ENROLLMENT 46,258
	Yale University United States New Haven #17 in Best Universities for Physics (tie) #11 in Best Global Universities (tie) READ MORE >	SUBJECT SCORE 85.1 GLOBAL SCORE 85.0 ENROLLMENT 12,910



МГУ вошёл в топ-20 вузов в международном предметном рейтинге U.S. News Best Global Universities 2021 по направлению «Физика». В рейтинге, опубликованном американским журналом U.S. News & World Report, физический факультет занял 16-ое место в мире, и 1-ое место в России. По показателю «число публикаций» факультет расположился на 7-ой позиции в рейтинге. МФТИ, МИФИ и НГУ обеспечили себе место в топ-50.

В глобальном рейтинге от U.S. News & World Report МГУ занял 285 место. Всего в общем рейтинге этого года представлено 1499 университетов из 86 стран.

Согласно методологии рейтинга, наибольшие веса имеют показатели: глобальная исследовательская репутация, региональная исследовательская репутация (регион определяется на основании данных ООН) и количество публикаций, входящих в 10% наиболее цитируемых публикаций.

МГУ занял 29 место в рейтинге QS WORLD UNIVERSITY RANKINGS BY SUBJECT 2021 по направлению «Физика и астрономия» и 6 место по показателю «Востребованность выпускников»

4 марта 2021 года опубликован ежегодный предметный рейтинг QS World University Rankings by Subject. По направлению «Физика и астрономия» самую высокую позицию в России занял МГУ имени М.В. Ломоносова, заняв 29 позицию в списке, поднявшись с 33 места за год.

При составлении рейтинга аналитики оценивали академическую репутацию университета, востребованность выпускников, цитирование научных статей и индекс Хирша сотрудников.

По показателю востребованность выпускников среди работодателей физический факультет занял 6 место в мире, уступив университетам Оксфорда, Стэнфорда, Кембриджа, Гарварда и Массачусетскому технологическому институту.

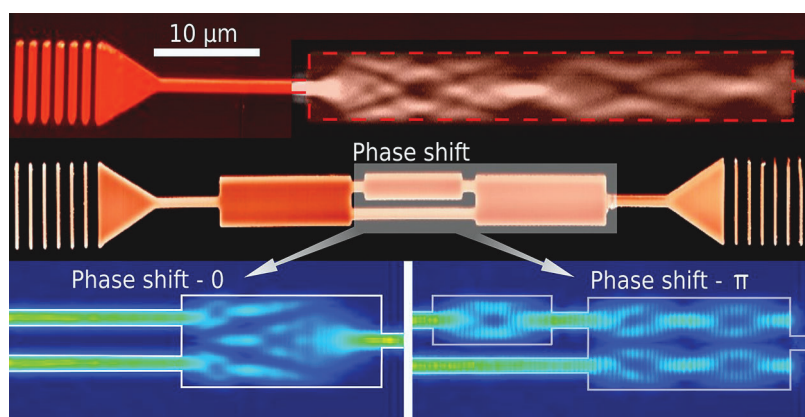
Year	University Search	Region	Location
2021			
Subject	<input type="checkbox"/> QS Stars rated		
Physics & Astronomy			

Rank	University	Overall Score	H-index Citations	Citations per Paper
1	Massachusetts Institute of Technology... Cambridge, United States	98.5	96.6	95.9
2	Harvard University Cambridge, United States	97.1	94.2	96.8
3	Stanford University Stanford, United States	97.5	100	98.2
3	University of Cambridge Cambridge, United Kingdom	95.9	93.9	93.1
5	University of Oxford Oxford, United Kingdom	95.2	92.2	95.8
6	Lomonosov Moscow State University Moscow, Russia	82.6	86.7	72.9
7	University of California, Berkeley (UCB) Berkeley, United States	94.6	92.5	96.9
7	California Institute of Technology... Pasadena, United States	93	93.2	90.8



Уникальный интерферометр для интегральной фотоники

Сотрудники кафедры квантовой электроники физического факультета МГУ разработали и продемонстрировали принцип работы устройства на основе эффекта многомодовой интерференции в полимерных волноводах, нанесенных на поверхность многослойной структуры, поддерживающей распространение оптических блоховских поверхностных волн. Исследование таких устройств позволяет сделать ключевой шаг к практическому внедрению новых интегральных устройств на платформе блоховских поверхностных волн.



На рисунке представлен принцип работы устройств на основе многомодовой интерференции блоховских поверхностных электромагнитных волн. Приведено изображение типичной структуры, работающей на основе многомодовой интерференции, полученное атомно-силовым микроскопом с наложенным на него распределением ближнего поля. Также представлен интерферометр Маха-Цендера для блоховских поверхностных волн с распределениями ближнего поля при фазовом сдвиге 0 и π .

Интегральная фотоника, являющаяся современным и бурно развивающимся разделом прикладной оптики, направлена на разработку методов управления светом на поверхности чипа на микро- и наномасштабах с использованием таких основных элементов, как разветвители, мультиплексоры и фазовращатели. Уже существующие и хорошо исследованные платформы интегральной фотоники — технологии «кремний-на-изоляторе» и «поверхностные плазмон-поляритоны» — хорошо работают в основном в инфракрасной области, однако они плохо применимы в видимом диапазоне излучения из-за недостатков, связанных с поглощением и сложной технологией изготовления. В последнее время появилась новая многообещающая полностью диэлектрическая платформа, основанная на использовании блоховских поверхностных электромагнитных волн (БПВ) в многослойных структурах и функционирующая в видимом оптическом диапазоне. Данное исследование прокладывает путь к разработке универсального набора инструментов для устройств на платформе БПВ, которые могут быть необходимы в приложениях интегральной фотоники, лаборатории на чипе (так называемая lab-on-chip технология) и в задачах оптической сенсорики. В МГУ на физическом факультете разработками в данной области занимаются в лаборатории нанооптики и метаматериалов под руководством проф. Андрея Федянина.

«В нашей лаборатории мы ранее создавали и исследовали обычные планарные волноводные структуры. Однако сейчас нашей задачей была разработка продвинутого устройств интегральной фотоники на основе блоховских поверхностных волн. В этой работе мы раз-

виваем подход к реализации интегральных оптических разветвителей, фазовращателей и интерферометров с использованием эффекта многомодовой интерференции (ММИ). Работа исследуемых устройств достаточно проста и элегантна: при подаче сигнала на вход волновода внутри него возбуждаются оптические моды, которые интерферируют между собой и результатом интерференции является некоторое число копий входного сигнала. При правильном подборе параметров волновода эти копии могут быть разведены по разным выходам. Таким образом, можно создавать сколь угодно сложные устройства с произвольным числом входов и выходов. Более того, устройства ММИ являются фундаментальными элементами в современных фотонных схемах благодаря своей компактности, низким потерям и широкому диапазону работы, — рассказал первый автор статьи и автор идеи данных устройств, аспирант кафедры квантовой электроники физического факультета МГУ и научный сотрудник лаборатории Кирилл Сафронов. — Мы впервые продемонстрировали и исследовали эффект многомодовой интерференции блоховских поверхностных волн.»

«Используя разработанный нами уникальный комплекс с полным циклом создания и изучения образцов, представляющий из себя гибридную технологию двухфотонной лазерной литографии для изготовления образцов и установки микроскопии утечки излучения для их исследования, мы визуализируем ММИ, изучаем ее свойства в зависимости от ширины волноводов и разрабатываем разветвители и фазовращатели. На основании полученных результатов мы успешно изготовили ин-

терферометры Маха-Цендера с фазовым сдвигом 0 и π , демонстрирующие контролируруемую конструктивную и деструктивную интерференцию на выходе», — прокомментировал один из авторов статьи, научный сотрудник лаборатории Дмитрий Гулькин.

«Разрабатываемые устройства на основе БПВ могут быть легко проверены на стадии создания прототипа с помощью метода микроскопии утечки излучения, который позволяет визуализировать влияние дефектов и ошибок изготовления на распределение ближнего поля внутри устройств. Более того, возможность использовать полимеры в качестве основного материала для волновода позволит нам в дальнейшем встроить различные типы люминесцентных или нелинейных материалов, таких как квантовые точки, непосредственно в волноводы», — сделал вывод ведущий научный сотрудник группы Владимир Бессонов.

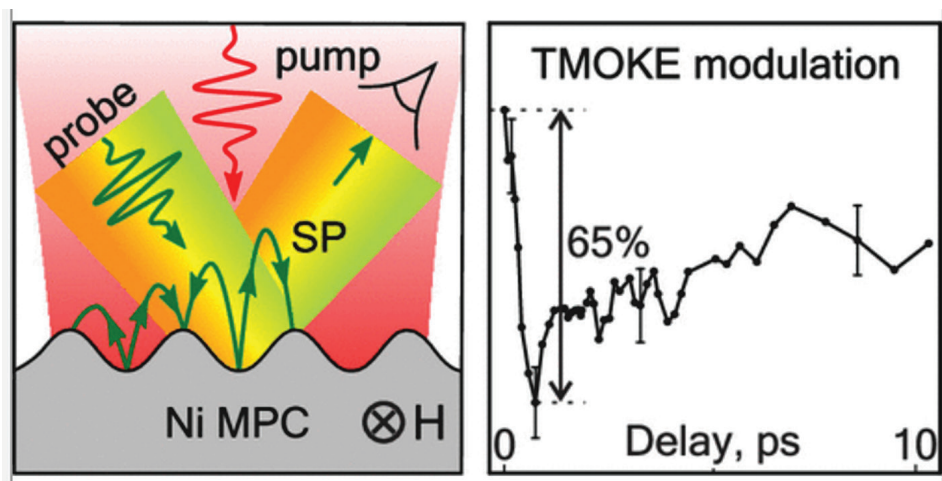
Руководитель лаборатории профессор Андрей Федянин: «Данная работа является яркой демонстрацией того, насколько хорошо можно управлять видимым светом на микромасштабе, используя обычные диэлектрические материалы и простые методы структурирования. Платформа блоховских поверхностных волн предоставляет уникальные возможности для разработки интегральных фотонных схем для любых спектральных диапазонов. Мы полагаем, что предложенная концепция может сформировать основу нового типа интегральных оптических устройств, которые применимы в ряде ключевых задач, таких как нелинейная и квантовая оптика, сенсорика и биофотоника».

«Multimode Interference of Bloch Surface Electromagnetic Waves». Kirill R. Safronov, Dmitry N. Gulkin, Ilya M. Antropov, Ksenia A. Abrashitova, Vladimir O. Bessonov, and Andrey A. Fedyanin. ACS Nano (Q1). 14, 8, 10428–10437 (2020).

Новый метод детектирования изменения намагниченности

Сотрудники кафедры квантовой электроники физического факультета МГУ продемонстрировали принципы сверхбыстрого магнитоплазмонного сенсора, чувствительного к субпикосекундному изменению состояния намагниченности среды. Проведенное исследование органично дополняет активно развивающееся сегодня направление сверхбыстрого оптомагнетизма и его приложений, таких как, например, быстрая термомагнитная запись.

Разработанный учёными физического факультета метод детектирования обладает большой чувствительностью на ультракоротких (единицы пикосекунд) временах, что позволяет использовать его, например, для исследования магнитной динамики в системах с практически полностью скомпенсированной намагниченностью (антиферромагнетиках и ферримагнетиках). В основе сенсора лежат специальным образом наноструктурированные пленки никеля. В таких структурах возможно возбуждение сверхкоротких поверхностных плазмон-поляритонов — связанных состояний электромагнитного излучения и электронов в металле, распространяющихся по границе раздела металл-диэлектрик. Руководитель коллектива авторов, профессор кафедры квантовой электроники МГУ



Андрей Федянин пояснил: «Поверхностные плазмоны хорошо “чувствуют” любые изменения оптических и магнитных свойств металла и окружающего его диэлектрика, в том числе сверхбыстрые, что делает возможным их использование в био-, химических и магнитных сенсорах».

«Известно, что фемтосекундный лазерный импульс способен значительно размагнитить ферромагнитные металлические пленки за время порядка одной пикосекунды. Мы использовали чувствительность поверхностных плазмонов к состоянию намагниченности ферромагнитного материала для более эффективной регистрации сверхбыстрого процесса лазерного размагничивания никелевых нанорешеток», — рассказала Татьяна Долгова, один из соавторов статьи, старший научный сотрудник лаборатории нанооптики метаматериалов МГУ.

«Это несколько нестандартный подход, так как обычно поверхностные плазмоны используют для того, чтобы сильнее размагнитить наноструктуру за счет дополнительной “фокусировки” энергии, что, в конечном счете, приводит к еще большему ее нагреву. В результате мы смогли исследовать магнитную динамику в ни-

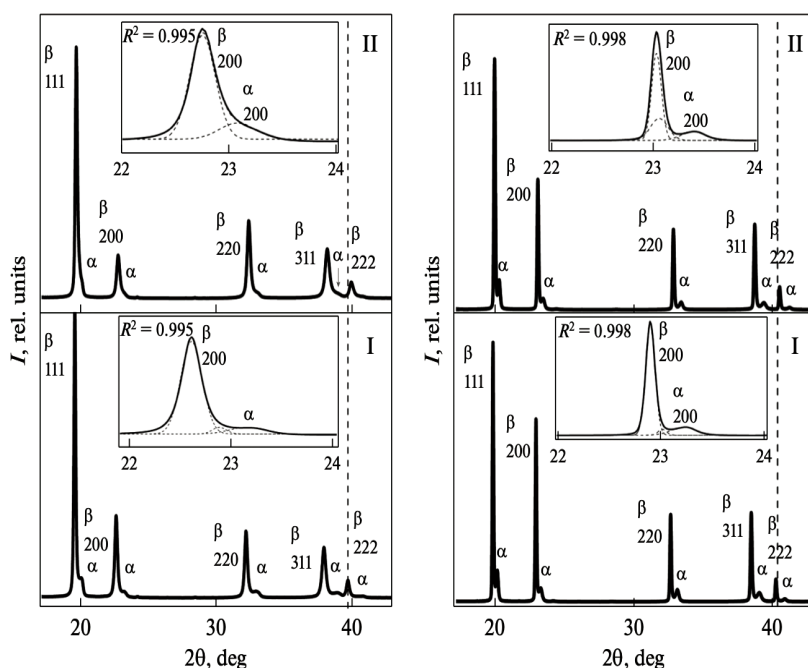
келе, индуцированную лазерным импульсом, с субпикосекундным временным разрешением. Подобные измерения в неструктурированном материале, например, в традиционно используемых в подобных исследованиях гладких пленках, обернулись бы значительными техническими трудностями по причине малых значений магнитооптических эффектов, используемых как индикатор намагниченности», — уточнил первый автор статьи, аспирант кафедры квантовой электроники физического факультета МГУ Илья Новиков.

Материал подготовлен в рамках проекта НАУ-КА-МГУ.

«Ultrafast Magneto-Optics in Nickel Magnetoplasmonic Crystals». I.A. Novikov, M.A. Kiryanov, P.K. Nurgalieva, A.Yu. Frolov, V.V. Popov, T.V. Dolgova and A.A. Fedyanin. *Nano Lett.* **20**, 12, 8615–8619 (2020).

О новых исследованиях кинетики поглощения водорода

Сотрудники физического факультета МГУ в коллаборации с Курчатовским научно-исследовательским центром и лабораторией Института металлургии имени А.А. Байкова (ИМЕТ РАН) представили исследование влияния различных режимов гидрирования на структурное состояние диффузионных фильтров-мембран из сплава $Pd_{93}Y_7$ в журнале «Физика металлов и металловедение». Результаты работы помогут открыть новые функциональные материалы с особыми физическими свойствами — с улучшенными показателями прочности и водородопроницаемости, что позволит сделать процессы получения и хранения высокочистого водорода более эффективными и безопасными.



Существует несколько технологических процессов очистки водорода от примесей, но метод селективной диффузии с применением плотных металлических мембран из сплавов на основе палладия обеспечивает наиболее высокий показатель чистоты водорода, ≥ 99.9999 об. %. Особо следует отметить биологическую совместимость с человеческим организмом водорода, получаемого с помощью мембранных сплавов на основе палладия, что важно для пищевой промышленности, фармакологии и медицины.

Для улучшения показателей рабочих характеристик мембранных сплавов и надежности их использования учёные физического факультета провели исследование различных режимов гидрирования на структурное состояние диффузионных фильтров состава $Pd_{93}Y_7$.

«Основной результат работы — уточнение границ формирования области несмешиваемости фаз различной концентрации водорода, так называемых гидридных β и α формирований, в системе Pd–Y–H. Установлено влияние исходного состояния сплава на различия их формирования. Определено содержание окклюдированного водорода в структуре мембран и связанные с ним дилатации кристаллической решетки», — рассказала научный сотрудник кафедры физики твердого тела МГУ Ольга Акимова.

Перспектива подобных исследований — развитие новых технологий для создания функциональных материалов с особыми физическими свойствами — это могут быть улучшенные показатели прочности и водородопроницаемости мембранных металлических фильтров, что позволит сделать процессы получения и хра-

нения высокочистого водорода более эффективными и безопасными.

Исследования структурно-фазового состояния диффузионных фильтров-мембран проведены на высокоточном уникальном оборудовании Курчатовского научно-исследовательского центра методами рентгеновской дифракции с использованием синхротронного излучения и растрового микроскопа высокого разрешения Supra_MSU.

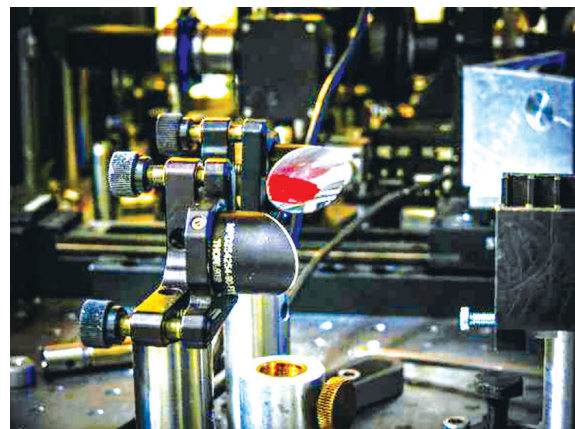
«Kinetics of Hydrogen Absorption from a Gas Phase by Diffusion Filtering Pd–Y Membranes». Akimova O.V., Veligzhanin A.A., Svetogorov R.D., Gorbunov S.V., Roshan N.R., Burkhanov G.S. *Physics of Metals and Metallography*. **121**, 2, 157-163 (2020).

Изменение механизмов ионизации от видимого до среднего ИК диапазона

Сотрудники кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ проследили изменение механизмов ионизации от видимого до среднего ИК диапазона. Исследование поможет разработать новые методы микрообработки, приблизит создание сенсоров нового типа, а также будет полезно в биомеханике и реабилитационной инженерии.

В настоящее время лазерные технологии активно продвигаются в смежные диапазоны длин волн, недоступные человеческому глазу — рентгеновскую и инфракрасную (ИК) области. История лазерных источников в среднем ИК диапазоне длин волн (2,5-25 мкм) ведется практически от изобретения самих лазеров (с 1964 г.). Создаваемые сегодня источники излучения в среднем ИК диапазоне, в отличие от своих предшественников, обладают ультракороткой длительностью вплоть до десятков фемтосекунд (10^{-15} с). Изменение длины волны и длительности импульса лазерного излучения по сравнению с доступными ранее источниками приводит к новому характеру взаимодействия излучения с веществом.

Группа учёных кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ исследует механизмы пробоя вещества (диэлектриков и полупроводников), то есть необратимого изменения структуры, под воздействием лазерного излучения с разной длиной волны. Для излучения ультракороткой длительности первым шагом на пути повреждения материала является генерация плазмы — возбуждение и ионизация электронов атомов. Механизмы ионизации зависят от длины волны воздействующего излучения. В видимом диапазоне длин волн преобладает многофотонная ионизация, в то время как в среднем ИК диапазоне генерация элект-



тронов происходит за счет туннельного механизма. Созданные электроны затем начинают увеличивать свою энергию (нагреваться) за счет взаимодействия с лазерным импульсом. Характер этого взаимодействия также зависит от длины волны. В видимой области спектра нагрев крайне неэффективен. В области длин волн 3-4 мкм электроны очень быстро увеличивают свою энергию. Однако, на больших длинах волн механизм нагрева снова меняется и эффективный набор энергии прекращается. «В данной работе нам впервые удалось проследить изменение описанных механизмов от видимого диапа-

зона длин волн до среднего ИК как экспериментально, так и с помощью численного моделирования. Полученная информация позволяет судить о зависимости порога повреждения материала от длины волны», — рассказал Фёдор Потёмкин, доцент кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ.

Физики МГУ самостоятельно разрабатывают фемтосекундные источники лазерного излучения в среднем ИК диапазоне, что позволяет им контролировать и управлять параметрами лазерных импульсов для проведения такого рода экспериментов. В МГУ разработаны авторские методики по регистрации процесса генерации плазмы (например, с использованием процесса генерации третьей гармоники), измерения ее параметров и эволюции. Сочетание указанного опыта позволяет учёным из МГУ независимо проводить все экспериментальные исследования. Кроме того, в данной работе авторами из МГУ также была разработана теоретическая модель и написан комплекс программ для расчета процессов ионизации.

Полученные результаты важны для развития технологической базы оптических компонент среднего ИК диапазона, так как для развития самих лазерных источников необходимы оптические покрытия и элементы с

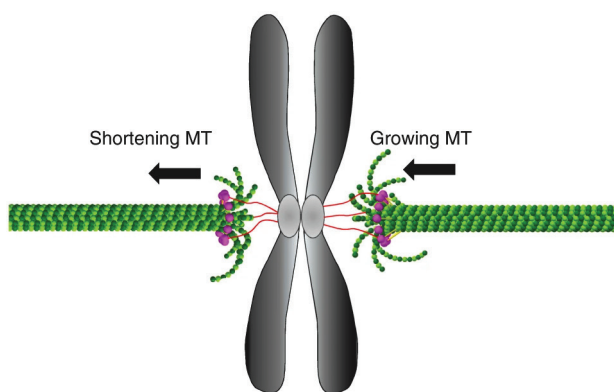
высокой лучевой прочностью. «Понимание механизмов ионизации, предшествующих пробоем, позволяет управлять этим явлением. В частности, создание модифицированных областей с управляемой морфологией, размером и структурой является важной задачей лазерной микрообработки. Так как импульсы с разной длиной волны по-разному взаимодействуют с веществом, то мультиспектральное воздействие (например, за счет использования пары импульсов с разными длинами волн) может привести к повышению точности процесса микрообработки, сделает его более управляемым и предсказуемым. Новые методы микрообработки важны, например, для создания сенсоров на основе волоконных Брэгговских решеток в биомеханике и реабилитационной инженерии (определение суставных напряжений и деформаций)», — добавил Фёдор Потёмкин.

Материал подготовлен в рамках проекта Наука-МГУ

«Role of wavelength in photocarrier absorption and plasma formation threshold under excitation of dielectrics by high-intensity laser field tunable from visible to mid-IR»
Ekaterina Migal, Evgenii Mareev, Evgeniya Smetanina, Guillaume Duchateau & Fedor Potemkin. *Scientific Reports* 10, 14007 (2020).

Как микротрубочки развивают силы для распределения хромосом при клеточном делении

Ученые физического факультета МГУ создали компьютерную модель сборки-разборки микротрубочек и развития ими сил для перемещения хромосом во время клеточного деления.



В работе исследовались механизмы работы микротрубочек — важнейших элементов внутреннего скелета клеток животных, растений и грибов. Микротрубочки состоят из димеров белка тубулина, формирующего цепочки - протофиламенты. Тринадцать протофиламентов связываются бок о бок, образуя цилиндр микротрубочки. Эти клеточные полимеры могут удлиняться путем присоединения новых белков тубулина со своих концов и укорачиваться, теряя субъединицы тубулина. Благодаря этому, они выполняют множество функций, в том числе организуют внутреннее пространство клетки, а также находят хромосомы во время клеточного деления и распределяют генетический материал между дочерними клетками.

«Мы обнаружили, что во время сборки микротрубочек протофиламенты на их концах имеют изогнутую форму. Это открытие заставило коренным образом пере-

смотреть классическую модель сборки микротрубочек. Но кроме этого, нам удалось найти ответы и на ряд других ранее нерешенных вопросов: каким образом растущая и укорачивающаяся микротрубочка может развивать силы для перемещения хромосом во время деления клеток? Как приложенная к микротрубочке сила может регулировать процесс сборки и разборки микротрубочки? Как хромосома может оставаться длительное время закрепленной за растущий конец микротрубочки?» — рассказывает автор статьи Никита Гудимчук, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник физического факультета МГУ.

Полученные результаты имеют существенное значение как для фундаментального понимания регуляции микротрубочек и зависимых от них процессов в клет-

ках, так и для медицины. Новый взгляд на механизмы, лежащие в основе этих процессов, позволит лучше понять, как происходит и регулируется клеточное деление как в нормальных, так и в раковых клетках.

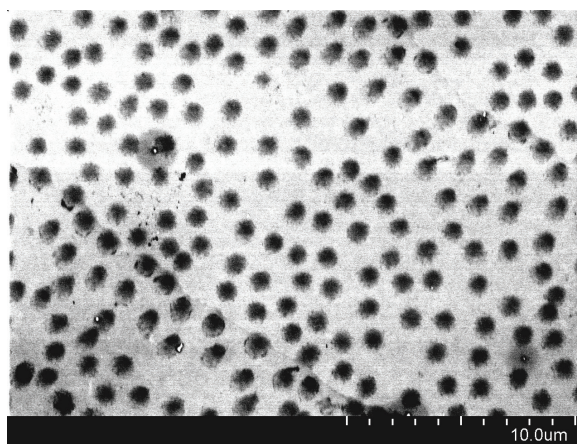
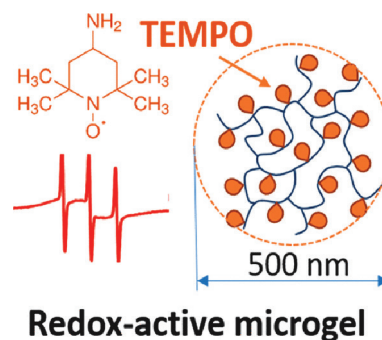
«Mechanisms of microtubule dynamics and force generation examined with computational modeling and electron cryotomography». Nikita B. Gudimchuk, Evgeni V. Ulyanov, Eileen O'Toole, Cynthia L. Page, Dmitrii S. Vinogradov, Garry Morgan, Gabriella Li, Jeffrey K. Moore, Ewa Szczesna, Antonina Roll-Mecak, Fazoil I. Ataulakhanov & J. Richard McIntosh. Nature Communications, **11**, Article number: 3765 (2020).

Новый класс веществ для проточных аккумуляторов

Учёные физического и химического факультетов МГУ совместно с коллегами из ФИЦ ХИФ и Сколтеха представили новый класс веществ для проточных батарей. Сравнимые по ёмкости с самыми популярными соединениями, они оказались намного дешевле и экологичнее.

Проточные батареи — тип гальванического элемента, в котором химическая энергия обеспечивается за счет двух разделенных мембраной жидких химических компонентов. Движение электрического тока сопровождается ионным обменом через мембрану, в то время как обе жидкости циркулируют в собственном отдельном пространстве. Основные преимущества таких батарей — масштабируемость и экономичность, поэтому их выгодно использовать в крупных стационарных системах, чтобы хранить энергию. В данной работе рассматриваются редокс-батареи, которые можно перезаряжать.

Самые распространенные батареи такого типа работают на солях тяжелых металлов. Однако это довольно дорого и опасно. Достаточно представить склад, заставленный бочками с растворенными в серной кислоте солями ванадия. Поэтому учёные ищут альтернативные окислительно-восстановительные пары, в том числе на основе органических веществ. Последние имеют много преимуществ: они не такие дорогие, как металлы, экологичнее и безопаснее. «Использование органических материалов в крупномасштабных электрохимических накопителях энергии — очень привлекательная идея. На мой взгляд, наиболее перспективно это направление для проточных аккумуляторов, т.к. в нише малых и средних аккумуляторных батарей органике будет все труднее конкурировать с металл-ионными системами», — объяснил один из авторов работы, старший научный сотрудник химического факультета МГУ Даниил Иткис.



Микрогели. Снимок сделан Еленой Кожуновой при помощи электронного микроскопа

Химикам и физикам Московского университета удалось создать такие дисперсные системы, обладающие окислительно-восстановительными свойствами — полимерные микрогели с размером частиц в 200–300 нанометров на основе полиакриловой кислоты и ее азотсодержащих производных. Причем, сотрудники кафедры физики полимеров и кристаллов физического факультета МГУ присоединили к этим цепочкам циклическую молекулу ТЕМРО — азотсодержащий реактив, который широко применяется в качестве катализатора реакций и имеет высокую редокс-активность. А на кафедре неорганической химии химического факультета изучили электрохимические свойства.

«Исследования материала показывают, что около 14% вещества сохраняют электроактивные свойства. Это означает, что мы можем получать низковязкий электролит для проточных батарей емкостью 2.5 мАч/г, — рассказала один из соавторов статьи, старший научный сотрудник кафедры физики полимеров и кристаллов физического факультета МГУ Елена Кожунова. — Мы ожидаем, что дальнейшая работа позволит нам выйти на ёмкость на литр раствора, которая могла бы конкурировать с таковой для ванадиевых проточных аккумуляторов. При этом такие растворы будут нетоксичными и значительно более дешевыми».

Серьёзно повышает стоимость проточных аккумуляторов мембрана. В случае с солями металлов требуется очень мелкопористая мембрана, которая выдерживает

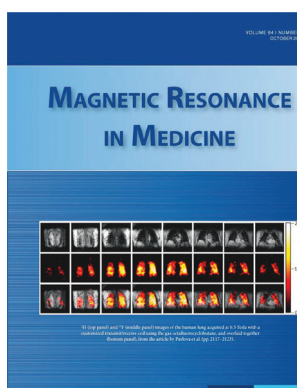
серную кислоту. А использование высокомолекулярных органических соединений в аккумуляторах проточного типа позволяет использовать более дешевые и простые в изготовлении ионообменные мембраны с большим разбросом в размерах пор. Такое нововведение может критически изменить стоимость батареи и, соответственно, привести к качественному изменению на рынке запасной электроэнергии. Впрочем, для этого надо ещё немало поработать.

«Наша работа показала возможность применения редокс-активных микрогелей, но промышленное производство пока планировать рано хотя бы потому, что пока мы смогли получить всего один материал (для положительного электрода), а не пару, которая требуется для создания прототипа. Кроме того, предложенный нами материал нуждается в совершенствовании. Сейчас мы задумываемся о том, как будет проходить заряд/разряд в системах с высокими мощностями — очень важный фактор для реального применения в промышленных масштабах», — заключил Даниил Иткис.

Материал подготовлен в рамках проекта Наука – МГУ.

«Redox-Active Aqueous Microgels for Energy Storage Applications». Elena Yu. Kozhunova, Natalia A. Gvozdik, Mikhail V. Motyakin, Oxana V. Vyshivannaya, Keith J. Stevenson, Daniil M. Itkis, and Alexander V. Chertovich. *J. Phys. Chem. Lett.*, 11, 24, 10561–10565 (2020).

Новый метод визуализации лёгких больных COVID-19

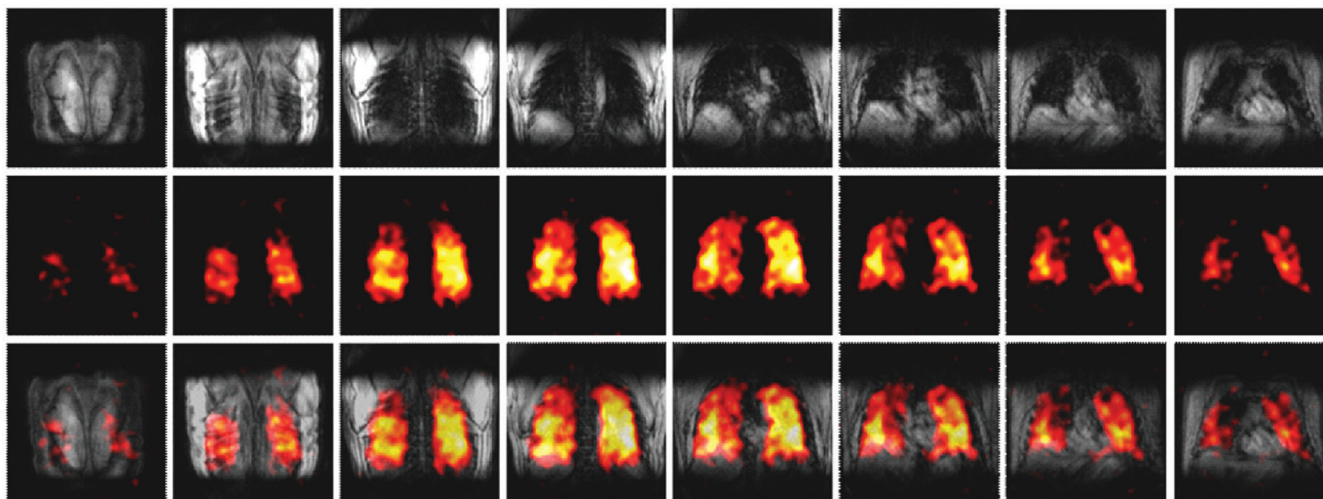


Учёные физического факультета и факультета фундаментальной медицины МГУ провели исследование легких человека с демонстрацией возможности визуализации всего объема лёгких методом МРТ на ядрах фтора-19 (^{19}F МРТ) в слабом магнитном поле (0.5 Тл). Не вполне удачные попытки подобных исследований с участием фторсодержащих газов уже предпринимались, но только в полях, больших 1.5 Тл. Важным результатом проведенных в МГУ работ является применение метода ^{19}F МРТ именно в слабом поле, поскольку поля более 1 Тл не могут использоваться в магнитах открытого типа и компактных переносных МРТ сканерах, необходимых для экспресс-анализа дыхательных путей и более широких, нежели сейчас, клинических применений.

Новый подход применения фторсодержащих агентов кроме решения морфологических проблем пульмонологии дает ещё одну уникальную возможность функциональной диагностики дыхательной системы, что является крайне востребованным при заболеваниях, связанных с поражением лёгких, в том числе при коронавирусе. Результат работы учёных МГУ опубликован в между-

народном журнале *Magnetic Resonance in Medicine* (Q1). Отмечая особую ценность этой публикации, редакция поместила представленные в статье изображения на лицевую обложку журнала.

Такие заболевания, как коронавирусная пневмония, хроническая обструктивная болезнь лёгких (ХОБЛ), астма, рак лёгких, ОРВИ и др. требуют постоянного си-



стематического мониторинга их протекания и лечения. В их диагностике используются, в основном, методы флюорографии и КТ, реже — методы позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) и однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ). Для мониторинга пневмонии у больных COVID-19 сегодня чаще всего применяется КТ. Однако все эти методы не годятся для многократной систематической диагностики, так как используют вредное для организма ионизирующее излучение.

Команда исследователей физического факультета, факультета фундаментальной медицины МГУ и ИНЭОС РАН предложила для визуализации легких доступный и малозатратный метод МРТ на ядрах фтора-19 в слабом поле (0.5 Тл) с использованием фторсодержащих газов как контрастных агентов. Предложенный метод безопасен и намного более информативен, чем указанные выше аналоги.

«Потенциально МРТ является идеальным инструментом визуализации легких, поскольку этот метод неинвазивный, не использует ионизирующего излучения и может проводиться многократно и систематически. Переход такого рода измерений в слабые поля всегда считался проблематичным из-за меньшей чувствительности метода. В нашей работе была решена задача кардинального повышения чувствительности слабопольной МРТ на ядрах фтора за счет применения нового контрастного агента (газ октафторциклобутан), который ранее не использовался для этих целей. Высокая чувствительность этого газа в ^{19}F МРТ, а также ряд его положительных релаксационных характеристик, позволили получать отчетливые 3D ^{19}F МРТ изображения легких человека всего за 40 сек в поле 0.5 Тл, а также неинвазивно изучать параметры функциональной деятельности легких — формирования фиброзных патологий, процессов оксигенации легочных тканей», — рассказала аспирант физического факультета, сотрудник лаборатории магнитной томографии и спектроскопии факультета фундаментальной медицины Ольга Павлова, автор статьи и представленной к защите кандидатской диссертации по новым методам МРТ на ядрах фтора.

Эти методы пока не применяются в клинической практике, но активно используются в преclinical

биомедицинских исследованиях. Сами же фторированные газы интактны, многие из них в клинике хорошо известны и применяются для контрастирования изображений в ультразвуковой диагностике и офтальмологии (в глазной хирургии), что позволяет без проблем переходить от доклинических исследований на лабораторных животных к людям. Соавтор статьи, сотрудник ИНЭОС РАН Лев Гервиц уверен, что газ октафторциклобутан особенно перспективен как контрастный агент при МРТ визуализации. Входящие в молекулу этого газа 8 магнитно-эквивалентных ядер фтора-19 создают интенсивную синглетную линию в спектре ЯМР, формируя мощный МРТ сигнал на ларморовой частоте ядер фтора.

Работа проводилась на 0.5-Тл МРТ сканере, предназначенном для клинических и научных применений. Этот томограф входит в комплекс уникальных научных установок (УНУ) в составе приборов центра коллективного пользования МГУ «Биоспектротомография».

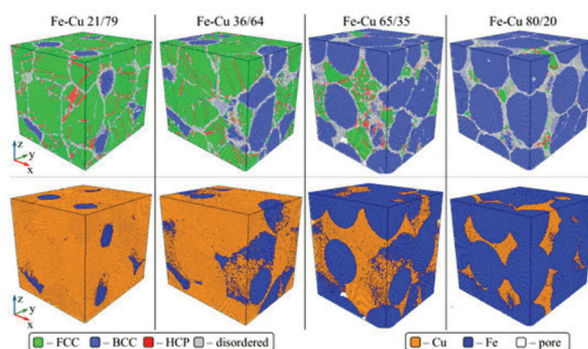
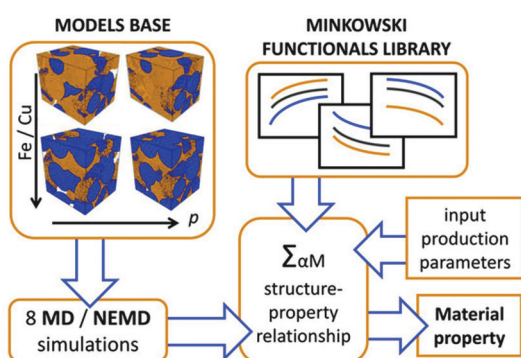
«Отличительной особенностью этого сканера является то, что он имеет открытое программное обеспечение, позволившее адаптировать его на регистрацию не только ядер водорода (т.е. протонов), но и целого набора таких перспективных для функциональной диагностики ядер, как натрий-23, фосфор-31, углерод-13 и фтор-19. Более того, разработанные доктором физико-математических наук Николаем Анисимовым новые элементы приемо-передающего тракта сделали этот прибор единственным в мире устройством, способным регистрировать МРТ сигнал в общей сложности на 10-ти различных ларморовых частотах», — прокомментировал профессор кафедры фотоники и физики микроволн физического факультета Юрий Пирогов, координатор ЦКП «Биоспектротомография» и руководитель представленных в статье исследований.

Работа выполнена в рамках междисциплинарного гранта РФФИ.

« ^{19}F MRI of human lungs at 0.5 Tesla using octafluorocyclobutane». Olga S. Pavlova, Nikolay V. Anisimov, Lev L. Gervits, Mikhail V. Gulyaev, Valentina N. Semenova, Yury A. Pirogov, Vladislav Ya. Panchenko. *J. Phys. Chem. Lett.* **84**, 4, 2117–2123 (2020).

Суперкомпьютер МГУ помог физикам установить связь «структура-свойство» нанокompозитов Fe-Cu

Российские физики из МГУ, Института физики прочности и материаловедения (г. Томск) и Сколтеха совместно с зарубежными коллегами из Израиля изучили влияние параметров холодного спекания биметаллического нанопорошка на структуру, плотность и топологию Fe-Cu-нанокompозитов. Эти биметаллические системы являются перспективной основой для создания композиционных материалов, в которых прочность, износостойкость и устойчивость к коррозии сочетаются с высокой тепло- и электропроводностью. Такие материалы могут использоваться в высокотехнологичной промышленности: от высоковольтных скользящих контактов до спинтронники.



Для получения материалов с необходимыми физико-химическими свойствами нередко используют многокомпонентные системы, каждая компонента которых обладает своим набором характеристик. Проблема заключается в том, что во многих случаях создать стабильную многокомпонентную систему традиционными способами невозможно. Именно так обстоят дела с биметаллическими композитными материалами из несмешивающихся пар металлов и металлов с ограниченной взаимной растворимостью. Речь идет об очень перспективном классе соединений: например, биметаллические Fe-Cu-системы служат основой для композитов, сочетающих высокие прочностные характеристики с износостойкостью и хорошей тепло- и электропроводностью. Физические свойства таких материалов сильно зависят от их наноструктуры, которая в свою очередь определяется условиями получения этого нанокompозита. Поэтому важной задачей становится предсказание свойств Fe-Cu-нанокompозита на основе данных о его наноструктуре и параметров его получения. Такую задачу помогает решить компьютерное моделирование.

«Исследования проводили в рамках проекта профессора Лернера Марата Израильевича из Института физики прочности и материаловедения СО РАН, где получают образцы новых материалов, включая биметаллические Fe-Cu-нанокompозиты, а затем исследуют

их структуру и свойства», – говорит Дмитрий Ивонин, аспирант кафедры математического моделирования и информатики физического факультета МГУ.

С помощью суперкомпьютера МГУ «Ломоносов-2» учёные провели полноатомное молекулярно-динамическое моделирование процесса получения нанокompозитов из биметаллических наночастиц железа и меди для выявления зависимости атомной структуры, топологии и плотности Fe-Cu-нанокompозитов от давления консолидации и компонентного состава исходного нанопорошка.

«Биметаллические Fe-Cu системы позволяют создавать материалы и покрытия с улучшенными трибологическими свойствами, износостойкие материалы с высокой тепло- и электропроводностью, они также перспективны в качестве основы биodeградируемых имплантов с антимикробным эффектом, знаю, сейчас в Томске ведутся соответствующие исследования», – дополнил Алексей Цуканов, выпускник Физического факультета МГУ и сотрудник Сколтеха.

Одним из способов получения наноструктурированных биметаллических композитных материалов на основе Fe-Cu является консолидация нанопорошка Fe-Cu-наночастиц в условиях высокого давления и температуры значительно ниже температуры плавления,

– так называемое холодное спекание. Основные параметры, характеризующие продукт холодного спекания, – это относительная плотность и пористость. Ключевой является зависимость этих параметров от давления консолидации.

Один из подходов к описанию и анализу многокомпонентных и многофазных систем со сложной структурой основан на изучении их топологических характеристик – например, с использованием топологических инвариантов, которыми являются функционалы Минковского. Такой подход удобен для анализа сред со сложной внутренней структурой: почв, горных пород, пен, керамики и других пористых сред. Его применение в материаловедении открывает новые возможности для оценки связей между структурой и свойствами материалов и покрытий.

С этой целью в лаборатории математического моделирования сложных естественных и инженерных систем МГУ имени М.В. Ломоносова для модельных образцов Fe-Cu-нанокompозитов выполнили оценку четырех функционалов Минковского: удельных объема

и площади, интегральной средней кривизны поверхности, характеристики Эйлера – Пуанкаре. Функционалы вычислили для пространственного распределения как химических элементов, так и типов их кристаллических решеток. В числе прочего удалось установить их зависимость от различных условий холодного спекания: давления консолидации и состава исходного нанопорошка.

«На основе значений функционалов Минковского можно предсказать некоторые физические свойства материала, – продолжает Дмитрий. – Поэтому полученные в исследовании оценки функционалов для Fe-Cu-нанокompозитов и их зависимость от параметров холодного спекания имеют большое значение для предсказания свойств и формализации связи „структура – свойство“ этого класса материалов».

«Effect of Cold-Sintering Parameters on Structure, Density, and Topology of Fe–Cu Nanocomposites». Alexey Tsukanov, Dmitriy Ivonin, Irena Gotman, Elazar Y. Gutmanas, Eugene Grachev, Aleksandr Pervikov and Marat Lerner. *Materials* 2020, 13(3), 541 (2020).



entropy

Новый метод оптимального управления термодинамическими процессами

На кафедре физико-математических методов управления предложили новый подход к термодинамике, основанный на контактной геометрии и теории измерения случайных векторов, а именно экстенсивных переменных. Основываясь на «фундаментальном уравнении термодинамики» Гиббса, новое исследование привело к описанию термодинамических состояний как лежандровых и лагранжевых многообразий. Предложенный метод может быть полезен, например, при разработке нефтяных месторождений.

«С точки зрения современной дифференциальной геометрии, это уравнение представляет собой дифференциальную 1-форму на нечетномерном пространстве, координатами в котором являются экстенсивные и интенсивные переменные, а также энтропия. Эта дифференциальная 1-форма, которая сейчас называется формой Гиббса, не удовлетворяет условию теоремы Фробениуса и поэтому определяет максимально неинтегрируемое, т.е. контактное, распределение, которое называется распределением Гиббса. Поэтому контактная геометрия является естественным языком для описания термодинамических процессов и систем. Это, в частности, объясняет популярность применения в термодинамике преобразования Лежандра, которое является контактным преобразованием, т.е. преобразованием, которое сохраняет распределение Гиббса. Переход от одних термодинамических переменных к другим осуществляется

именно при помощи контактных преобразований», — рассказал профессор кафедры физико-математических методов управления физического факультета МГУ д.ф.-м.н. Алексей Кушнер. — Для лежандровых и лагранжевых многообразий в данной работе введены римановы структуры, и одной из отличительных её особенностей является наблюдение, что эти структуры естественным образом появляются при измерении экстенсивных переменных. А именно, определена квадратичная форма, которая представляет собой дисперсию измерения экстенсивных величин. Такое геометрическое представление термодинамических состояний позволило нам использовать принцип максимума Понтрягина, чтобы найти оптимальный термодинамический процесс, максимизирующий функционал работы. Использование же римановых структур позволило сформулировать задачу оптимального управления.»

Еще одним из основных результатов этой работы является то, что гамильтонова система, соответствующая идеальному газу, оказывается интегрируемой в смысле Лиувилля. С помощью перехода к переменным «действие-угол» её удалось явно проинтегрировать. Кроме того, доказана теорема об управляемости термодинамической системы для идеальных газов. Также рассмотрен случай реальных газов в вириальном приближении.

Описанный в работе подход к термодинамике является новым и позволит применить геометрические методы к описанию и исследованию многих физических процессов. Например, для описания фазовых переходов и решения задач управления термодинамическими про-

цессами. В частности, к задачам фильтрации в пористых средах, возникающих при разработке нефтяных месторождений, задачам описания движения сплошных сред и др.

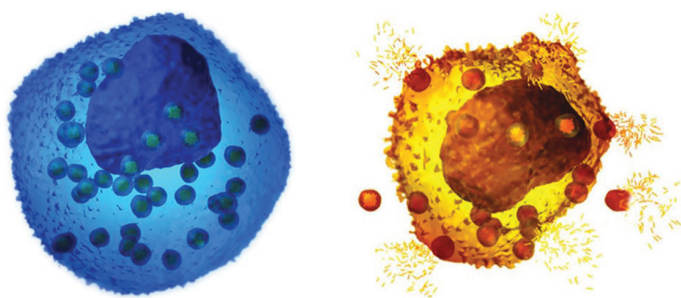
Над исследованием работали: профессор Валентин Лычагин, профессор Алексей Кушнер и аспирант Михаил Рооп.

Материал подготовлен в рамках проекта Наука-МГУ.

«Optimal Thermodynamic Processes For Gases». Alexei Kushner, Valentin Lychagin, and Mikhail Roop. *Entropy*, 22(4), 448 (2020).

Двухфотонная томография поможет быстро выявлять аллергии и кожные заболевания

Физики из МГУ совместно с коллегами с кафедры физиологии кожи клиники Шарите (Германия) предложили альтернативу биопсии, которую проводят для постановки точного диагноза в дерматологии и иммунологии. Ученые выяснили, что определить причину заболевания и степень его тяжести можно при помощи двухфотонной микроскопии. Её принцип похож на МРТ и даёт возможность получить результат сразу после обследования. Работа опубликована в журнале Scientific Reports. Исследование поддержано грантом Президентской программы исследовательских проектов Российского научного фонда.



При аллергии и заболеваниях кожи врачи не всегда могут выявить их причину после осмотра. Чтобы поставить правильный диагноз и назначить лечение, проводится биопсия. У пациента берут кусочек кожи и исследуют при помощи иммуногистохимического анализа — образцы обрабатываются реактивами с антителами. Если в них есть антиген, антитело прикрепляется к нему и ткань в этом месте окрашивается. Сегодня это единственный способ изучения состояния клеток кожи при дерматологических заболеваниях и аллергии. Но у него есть свои минусы: пациентам с плохой свертываемостью крови нельзя проводить биопсию, так как это хирургическое вмешательство, связанное с кровотечением. Исследование же может длиться от 7 до 14 дней — если нужно провести дополнительные анализы и сразу не получает-

ся получить точный результат. Из-за этого невозможно быстро поставить правильный диагноз и назначить лечение, а также контролировать состояние клеток кожи в режиме реального времени.

Чтобы найти более удобный и быстрый способ, авторы работы изучили поведение тучных клеток. Они находятся в верхнем слое кожи и всех тканях организма, являются частью иммунной системы и участвуют в развитии некоторых воспалительных процессов. Когда аллерген попадает в организм человека, он встречается с этими клетками, а они выделяют вещества, такие как гистамин и гепарин. Соединения вызывают ответную реакцию в виде разжижения крови, отека тканей и зуда. Для организма это сигнал о контакте с аллергеном. Тучные клетки, как и все остальные в нашем организме, флуоресцируют («светятся») в ответ на облучение. Времена затухания флуоресценции у активированных клеток, которые выделили вещества после взаимодействия с аллергеном, и тех, которые находятся в состоянии покоя, отличаются. Зная параметры флуоресценции в двух состояниях, можно определить, на какой стадии находится заболевание и есть ли оно.

«Предложенный нами способ заключается в том, что мы подаем свет на кожу человека и получаем обратный

сигнал от тучных клеток. Исследование проводится при помощи двухфотонного томографа, который помогает наблюдать за состоянием кожи на разной глубине. Мы берем во внимание только время жизни флуоресценции и количество тучных клеток, так как их концентрация зависит от заболевания. Если они находятся в состоянии покоя, то излучают свет дольше. Если встретились с аллергеном, то стали «пустыми» и флуоресцируют быстрее. Новизна нашего исследования в том, что врач может в режиме реального времени получать информацию о состоянии тучных клеток и наблюдать за тем, как протекает болезнь. Кроме этого, использование томографа безвредно и нетравматично», — отметил Евгений Ширшин, старший научный сотрудник кафедры квантовой электроники физического факультета МГУ, кандидат физико-математических наук, руководитель проекта по гранту РФФ.

На первом этапе исследования ученые взяли образцы кожи здоровых людей, пациентов с аллергией и больных мастоцитозом — кожным заболеванием, вызванным накоплением большого количества тучных клеток. На образцы подавали излучение с длиной волны 760 нм и считывали время свечения тучных клеток в ответ на облучение. В этом спектре излучение не будет перекрываться флуоресценцией от других компонентов кожи. Тучные клетки, находящиеся в состоянии покоя, излучали свет в три раза дольше, чем активированные. Удалось выяснить, что у пациентов с аллергией количество активированных клеток больше, чем у здоровых. А у больных мастоцитозом оно не сильно отличается от показателей здоровых пациентов. Также исследователи провели традиционный иммуногистохимический ана-

лиз. Результаты двух исследований выявили в образцах активированные клетки, что согласуется с данными, полученными новым способом. Это подтвердило возможность использовать двухфотонную томографию наряду с существующими методами диагностики.

В завершении исследований ученые проанализировали кожу добровольцев *in vivo*. В нем приняли участие трое больных мастоцитозом и четыре пациента с аллергией. На кожу подавали излучение, вызывающее «свечение» тучных клеток. Изображение фиксировали и анализировали, есть ли там активированные и находящиеся в состоянии покоя тучные клетки и их количества. Для этого использовали данные о свечении, полученные во время исследования образцов кожи. Результаты показали, что двухфотонная томография способна так же успешно выявлять заболевания, как и лабораторные исследования.

Разработанный метод может стать важным инструментом диагностики. Для более точного анализа необходимо создать модель поведения тучных клеток при других кожных заболеваниях — это авторы планируют сделать на следующем этапе работы.

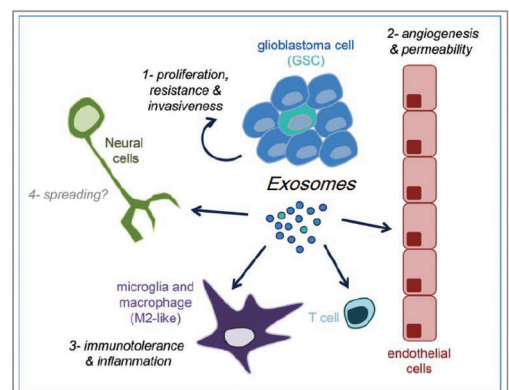
«*In vivo non-invasive staining-free visualization of dermal mast cells in healthy, allergy and mastocytosis humans using two-photon fluorescence lifetime imaging*». Marius Kröger, Jörg Scheffel, Viktor V. Nikolaev, Evgeny A. Shirshin, Frank Siebenhaar, Johannes Schleusener, Jürgen Lademann, Marcus Maurer & Maxim E. Darwin. *Scientific Reports* **10**, Article number: 14930. Cite this article 1476 Accesses 21. (2020).

Методы терагерцовой спектроскопии для ранней диагностики опухолей ГОЛОВНОГО МОЗГА

Сотрудники Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина» применили методы терагерцовой (ТГц) фотоники для диагностики молекулярных маркеров глиом – опухолей головного мозга. Оказалось, предложенные методы наравне с такими, как МРТ, ПЭТ показывают высокую дифференциацию злокачественных новообразований от доброкачественных. Терагерцовая спектроскопия и машинное обучение позволит находить опухоли быстрее и проводить интраоперационную диагностику, позволяя качественно удалить опухоль.

Известно, что в терагерцовом диапазоне частот лежат вращательные и колебательные моды молекул, что позволяет применять это излучение для качественного обнаружения различных метаболитов в организме чело-

века, а также для их количественной оценки. В своей работе физики МГУ представили терагерцовые свойства не только тканей мозга, но и молекулярных маркеров, наличие которых свидетельствует о степени заболевания.



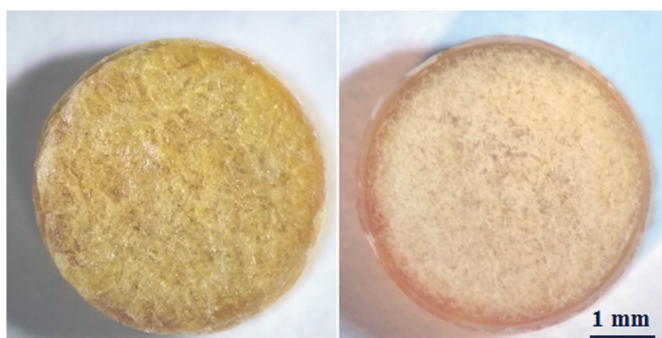
«Основным результатом исследования является детальное рассмотрение существующих работ по обозначенному направлению, с акцентом на такие перспективные методы, как ТГц спектроскопия и ТГц визуализация тканей мозга в сопровождении с методами машинного обучения и методами плазмоники. Терагерцовые методы с применением метаматериалов и методов машинного обучения являются чувствительными по отношению к обнаружению молекулярных маркеров глиом и могут быть применены для ранней диагностики опухолей», — рассказал научный сотрудник кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ Андрей Ангелуц.

В работе исследователи сравнили ТГц с другими методами, которые показывают, что ТГц методы не уступают существующим, и наравне с такими, как МРТ, ПЭТ и т.д.

показывают высокую дифференциацию злокачественных новообразований от доброкачественных. Данный факт позволяет проводить в том числе интраоперационную диагностику, позволяя качественно удалить опухоль. В перспективе возможна разработка медицинского прибора ТГц диапазона с применением ТГц метаматериалов, в качестве высокочувствительного детектирующего элемента. Включение механизмов машинного обучения в программное обеспечение прибора, позволит повысить качество дифференцирования разных типов тканей головного мозга.

“Diagnosis of Glioma Molecular Markers by Terahertz Technologies”. O. Cherkasova, Ya. Peng, M. Konnikova, Yu. Kistenev, Chenjun Shi, D. Vrazhnov, O. Shevelev, E. Zavjalov, S. Kuznetsov and A. Shkurinov. *Photonics* 2021, 8(1), 22 (2020).

Новый способ диагностики диабета



(a)

(b)

Сотрудники Междисциплинарной научно-образовательной школы МГУ «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина» исследовали плазму крови человека, страдающего диабетом и недиабетом, методами терагерцовой спектроскопии. В ходе исследования было показано, что в совокупности с методами машинного обучения и лиофилизации терагерцовая спектроскопия может быть использована в медицинской практике наравне с другими методами.

В публикации представлены нормализованные по плотности коэффициент поглощения и показатель преломления для диабетических и недиабетических таблеток из лиофилизированной плазмы крови в диапазоне от 0,2 до 1,4 ТГц. Во всем ТГц диапазоне частот показатель преломления для таблеток плазмы с диабетом превышает этот показатель для таблеток плазмы без диабета в среднем на 9–12%. Это разделение подтверждено методами машинного обучения. Учёные МГУ проиллюстрировали потенциальную способность клинической медицины построить прогнозирующее правило с помощью контролируемых алгоритмов машинного обучения после сбора достаточного количества экспериментальных данных.

«Была собрана венозная кровь у пациентов с сахарным диабетом 2 типа и условно здоровых людей. Для ограничения влияния воды на терагерцовые спектры проводилась лиофилизация (&) жидких образцов плазмы с последующим прессованием в таблетки. Эти таблетки были проанализированы с использованием импульсной ТГц спектроскопии во временной обла-

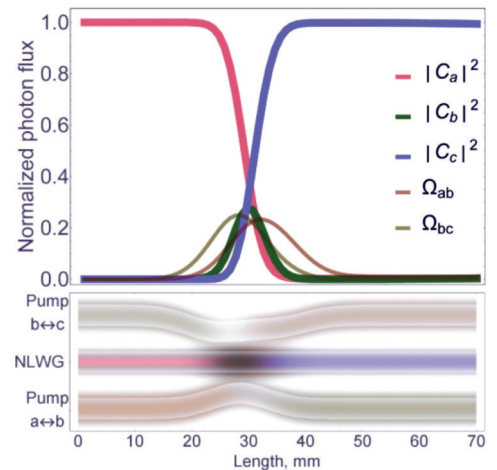
сти. Дифференциация спектральных данных в ТГц диапазоне проводилась с использованием многомерной статистики для классификации спектров недиабетических и диабетических групп», — рассказал профессор физического факультета МГУА.П. Шкуринов.

Таким образом, данная работа показывает, как применение разных методов: лиофилизация, ТГц спектроскопия, машинное обучение, позволяет повысить чувствительность ТГц спектроскопии к содержанию отдельных метаболитов в крови человека. Совокупность методов делает возможным применение терагерцовой спектроскопии в медицинской практике наравне с другими методами.

“Terahertz spectroscopy of diabetic and non-diabetic human blood plasma pellets”. A.A. Lykina, M.M. Nazarov, M.R. Konnikova, I.A. Mustafin, V.L. Vaks, V.A. Anfertev, E.G. Domracheva, M.B. Chernyaeva, Yu.V. Kistenev, D.A. Vrazhnov, V.V. Prischepa, Yu.A. Kononova, D. V. Korolev, O.P. Cherkasova, A.P. Shkurinov, A.Y. Babenko, O.A. Smolyanskaya *J. of Biomedical Optics*, 26(4), 043006 (2021).

Оптические фотонные схемы для реализации квантовой памяти

Сотрудники кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники физического факультета МГУ разработали полностью оптические фотонные схемы для реализации квантовой памяти. Исследование выполнено в рамках Программы развития Научно-образовательной школы Московского университета «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина». Его результаты позволят отказаться от использования атомных систем и реализуют полностью оптическое управление. Разработанные схемы имеют принципиальное значение для практических приложений в области квантово-информационных технологий и могут быть уже сейчас использованы в современных устройствах.



В последнее время квантовая оптика на чипе стала одной из самых многообещающих платформ для развития квантовых технологий и квантовых вычислений. Преимущества таких схем заключаются в возможности масштабирования и перепрограммирования, что позволяет выполнять различные алгоритмы на одном устройстве. Управление такими схемами за счёт нелинейности второго порядка позволяет существенно увеличить быстродействие и уменьшить потери. Однако, на сегодняшний день целый ряд квантово-информационных протоколов используют также и атомные системы, в которых легко реализуются методы записи, хранения и считывания квантовой информации и другие операции, основанные на эффектах, обнаруженных именно в атомах.

«В данной статье представлен новый подход, в котором вместо атомных систем используются классические и квантовые оптические поля, распространяющиеся в связанных нелинейных волноводах, что позволяет воспроизводить многие важные физические эффекты, известные в атомной квантовой оптике. Продемонстрирована реализация явления электромагнитной индуцированной прозрачности (EIT), вынужденного рамановского адиабатического переноса населенности (STIRAP)», — рассказала автор статьи, профессор кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники МГУ доктор физико-математических наук Ольга Тихонова.

В отличие от реальных атомных систем, предлагаемый подход позволяет варьировать параметры мо-

делируемой атомной системы в широких пределах, «конструируя» её по своему усмотрению, и фактически является развитием перспективного направления по полностью оптическому управлению и контролю квантовых эффектов.

Главным результатом статьи является разработка полностью оптических фотонных схем, с помощью которых реализуются широкополосная квантовая память и эффективное квантовое преобразование частоты. Преимущество предложенных схем заключается в отказе от использования атомных систем и полностью оптическом управлении, что обеспечивает, более простую реализацию, возможность интеграции с другими устройствами, подавление различных механизмов декогеренции, а также широкий частотный диапазон. «Важной особенностью разработки является воспроизведение квантово-оптических эффектов на основе использования классического света с простыми классическими измерениями, хотя возможна работа и в квантовом однофотонном режиме. Разработанные схемы имеют принципиальное значение для практических приложений в области квантово-информационных технологий и могут быть уже сейчас непосредственно использованы в современных устройствах», — добавила Ольга Тихонова.

«Coherent optical processes with an all-optical atomic simulator». Ivan A. Burenkov, Irina Novikova, Olga V. Tikhonova, and Sergey V. Polyakov. Optics Express Vol. 29, Issue 1, pp. 330–341 (2021).

Опытные образцы новых квантовых устройств, разработанных в МГУ, выпустят до конца года



#Наука_МГУ

Учёные МГУ разрабатывают однофотонные источники света на чипе для квантовых вычислителей



Ученые Центра квантовых технологий физического факультета МГУ работают над созданием однофотонных излучателей. В настоящий момент идёт завершение исследовательского этапа работы, а до конца года будут выпущены опытные образцы устройств. В будущем такие излучатели помогут сделать оптические схемы, используемые в квантовых вычислительных машинах и системах квантовой криптографии, более компактными, а их производство – более экономичным. Кроме того, излучатель решает важную проблему импортозамещения оборудования.

Однофотонными источниками света (однофотонными излучателями) называют источники, которые излучают свет в виде отдельных фотонов. Они являются одним из ключевых элементов во многих задачах в области квантовой информатики, в том числе в квантовых вычислениях и квантовой криптографии. Такие устройства представляют собой наноалмазы с центрами окраски, нанесенными на поверхность фотонного кристалла, который поддерживает распространение поверхностных электромагнитных волн, называемых блоховскими поверхностными волнами (БПВ). Наноалмазы покрываются слоем полимера, а затем в области наноалмазов с единичным центром окраски происходит создание волноводных структур с помощью метода двухфотонной лазерной литографии. Таким образом, реализуется метод интеграции однофотонных источников в волновод с помощью комбинирования двух технологий в рамках одной экспериментальной установки: технологии сканирования сигнала люминесценции и поиска наноалмазов, излучающих в однофотонном режиме, с последующей технологией лазерной литографии для создания волноводов над найденными наноалмазами.

«Ключевое отличие данной разработки от других однофотонных излучателей — использование блоховских поверхностных волн. Это вид электромагнитных волн, которые распространяются вдоль поверхности фотонного кристалла

— структуры, состоящей из периодически чередующихся слоев диэлектрических материалов», — рассказал руководитель сектора нанофотоники Центра квантовых технологий МГУ, доктор физико-математических наук, профессор РАН Андрей Федянин. На данный момент БПВ активно исследуются для применения в интегральных оптических схемах благодаря своим уникальным характеристикам. Например, закон дисперсии БПВ определяется параметрами фотонного кристалла (материалами и толщинами слоев), и можно добиться существования БПВ в любой заданной области спектра. Кроме того, использование исключительно диэлектрических материалов приводит к большой длине распространения БПВ в видимом диапазоне излучения, что особенно важно для интеграции однофотонных источников, излучающих в этом диапазоне.

«Основным достоинством разрабатываемых в ЦКТ МГУ твердотельных однофотонных источников на основе наноалмазов является их интеграция с волноводными структурами. Таким образом, единичные фотоны, излучаемые источником, могут сразу попадать в интегрально-оптические схемы для квантовых вычислений без необходимости использования объёмных оптических элементов. Это значительно повышает удобство работы с однофотонными источниками, — подчеркнул научный сотрудник ЦКТ МГУ Кирилл Сафронов. — Также важно отметить более удобное и экономически выгодное

изготовление таких устройств, которое обеспечивает применение недорогой технологии двухфотонной лазерной литографии. Благодаря ей можно создавать сложные компактные интегрально-оптические структуры за единый цикл литографии без увеличения стоимости конечного устройства. Кроме того, потенциально однофотонные источники на основе наноалмазов могут быть заменены на любые другие наноразмерные твердотельные источники без существенного изменения процедуры их встраивания в волноводы».

Задача по созданию однофотонного источника, интегрированного на чипе — часть более масштабного проекта по управлению блоховскими поверхностными волнами с помощью диэлектрических структур на поверхности одномерного фотонного кристалла, который реализует группа ученых сектора нанопотоники Центра квантовых технологий под руководством профессора Андрея Федянина. Данный проект направлен на решение фундаментальной задачи по разработке новых методов управления генерацией и распространением блоховских поверхностных электромагнитных волн на границе раздела одномерный фотонный кристалл — диэлектрик. Решение этой задачи необходимо для разработки фундаментальных основ новой полностью диэлектрической платформы



Проф. А.А. Федянин

интегральной оптики на основе блоховских поверхностных волн.

Помимо твердотельных однофотонных источников, над разработкой которых работают в Центре квантовых технологий, существуют и иные варианты. В частности, ведутся разработки источников на базе коллоидных кристаллов, из сверхпроводящего кубита, на основе полупроводниковых наноструктур.

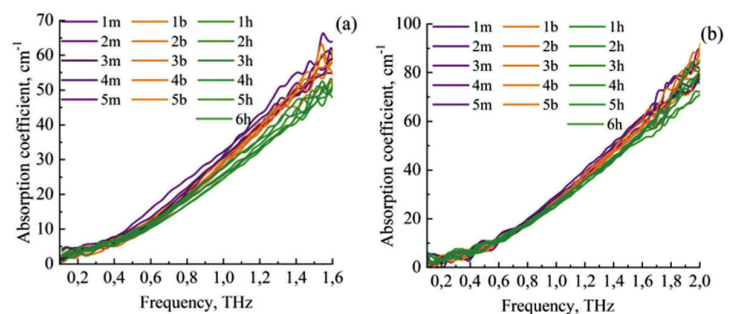
Новый метод выявления опухолей щитовидной железы

Сотрудники научно-образовательной школы МГУ «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина» разработали методы терагерцовой импульсной спектроскопии во временной области с применением методов машинного обучения для выявления опухолей щитовидной железы.

Терагерцовая (ТГц) спектроскопия не раз подтверждала чувствительность ко многим метаболитам в тканях человека, что позволяет применять её для диагностики различных заболеваний, в том числе рака и диабета. Однако чувствительность ТГц методов ограничена, в связи с чем актуальна задача для её повышения. Применение метаматериалов в ТГц диапазоне позволяет справиться с некоторыми ограничениями и расширить область применения ТГц спектроскопии в направлениях биологии и медицины.

На кафедре общей физики и волновых процессов изучили плазму крови пациентов в жидком и лиофилизированном виде. ТГц спектры коэффициента поглощения и показателя преломления для жидкой плазмы достоверно разделяются только для здоровых людей и пациентов с заболеваниями щитовидной железы, в то время как для сухой плазмы разделение есть и внутри группы пациентов с заболеваниями. Таким образом, ТГц спектроскопия лиофилизированной плазмы позволяет разделять пациентов с доброкачественными и злокачественными опухолями щитовидной железы. Данное разделение подтверждено корреляцией ТГц спектров поглощения с концентрацией глюкозы и онкомаркеров в плазме пациентов, а также результатами машинного обучения.

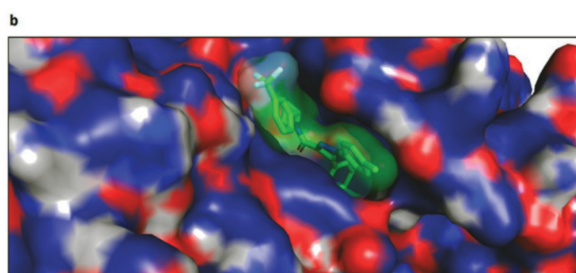
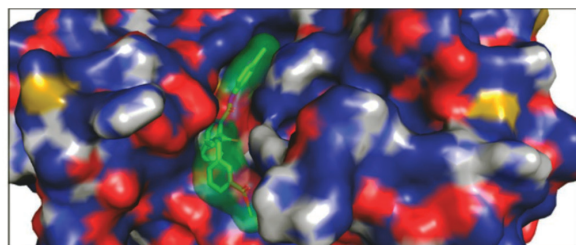
Также в работе доказано, что терагерцовая спектроскопия временного разрешения может быть чувствительной к измене-



ниям состава крови в зависимости от степени злокачественности узлов щитовидной железы. Применение методов машинного обучения позволяет повысить степень дифференцирования, это даёт надежду на то, что ТГц спектроскопия будет применяться в медицинской и биологической практике наравне с другими известными методами.

«Malignant and benign thyroid nodule differentiation through the analysis of blood plasma with terahertz spectroscopy». Maria R. Konnikova, Olga P. Cherkasova, Maxim M. Nazarov, Denis A. Vrazhnov, Yuri V. Kistenev, Sergei E. Titov, Elena V. Kopeikina, Sergei P. Shevchenko, Alexander P. Shkurinov. *J. Biomed Opt Express*. 12(2):1020–1035 (2021).

На кафедре биофизики разработали новую модель для ускоренной разработки лекарств



Сотрудники физического факультета МГУ создали новую модель для ускоренной разработки лекарств. Модель генерирует 90% химически валидных лекарственных соединений, способных связываться с заданным белком, используя лишь его аминокислотную последовательность в качестве входных данных. Она может существенно ускорить и упростить процесс разработки лекарств.

Разработка лекарственных препаратов — очень дорогой и долгий процесс. Он занимает в среднем 10–13 лет, а его стоимость достигает нескольких миллиардов долларов. Разработка делится на несколько этапов. Одним из наиболее важных этапов является поиск новой молекулы, способной воздействовать на белок-мишень. Это чрезвычайно сложная задача, так как количество всех химически возможных молекул огромно и составляет по разным оценкам от 10^{23} до 10^{60} . К настоящему моменту синтезировано только 108 молекул. Для поиска новых структур практически всегда используют компьютерные методы.

Выделяют два основных типа вычислительных методов. Первый основывается на трёхмерной структуре белка. Если известна конфигурация сайта связывания, то можно оптимизировать структуру молекулы прямо под неё. Второй тип — это методы, основанные на информации об уже известных лигандах, связывающихся с данным белком-мишенью. Можно установить связь между физико-химическими свойствами соединения и его активностью в отношении белка и использовать это знание для создания новых структур. К сожалению, большинство существующих методов в вычислительной химии имеют тенденции к генерации сложно синтезируемых молекул. Кроме того, в основе многих методов лежат закодированные вручную правила, которые сильно ограничивают число доступных алгоритму молекул. Словом, поиск структур остается сложной задачей. В настоящее время активно исследуется возможность применения методов машинного обучения для решения задач генерации новых молекул.

«Мы использовали глубокую нейронную сеть «Трансформер». Эту архитектуру придумали исследователи из Google Brains в 2017 году для обработки естественного языка. Трансформер состоит из энкодера и декодера. Энкодер отображает входную последовательность символов в некоторый вектор. Затем декодер посимвольно генерирует на выходе последовательность, используя этот вектор. Одной из важнейших особенностей «Трансформера» являются self attention слои. Self attention — это механизм внимания который устанавливает связи между различными участками одной и той же последовательности и на основании этой информации строит ее представление. В нашей задаче в качестве слов мы рассматриваем аминокислоты и отдельные символы строкового представления молекулы (SMILES)», — рассказала сотрудник кафедры биофизики физического факультета МГУ Дарья Гречишникова.

Self attention-слою требуется константное число последовательных операций для установления связей между любыми элементами последовательности, что позволяет ему справляться с длинными последовательностями. Этот механизм хорошо подходит для задачи перевода последовательности белка в строковое представление лиганда по двум причинам. Во-первых, аминокислотные последовательности белков могут быть достаточно длинными — в десятки раз длиннее строкового представления молекул. Во-вторых, функционально значимые элементы структуры белка могут быть образованы аминокислотными остатками, находящимися далеко друг от друга в последовательности. Поэтому важно, чтобы модель хорошо улавливала зависимости именно между удаленными элементами.

Мы впервые представили белок-специфичный дизайн лекарств как проблему перевода между «языком» аминокислот и строковым представлением молекулярной структуры (SMILES). «Белок рассматривается как “контекст” для генерации связывающейся с ним молекулы. Такая постановка задачи позволила нам адаптировать одну из самых успешных архитектур в области

машинного перевода к задачам генерации молекул. Оказалось, что аминокислотной последовательности белка достаточно для того, чтобы сгенерировать молекулы, связывающиеся с заданным белком», — продолжила Дарья Гречишникова.

Разработанная модель может существенно ускорить и упростить процесс разработки лекарств. Она позволит быстро и эффективно создавать молекулы, способные взаимодействовать с конкретным белком. Опубликованные ранее модели требуют данные об известных молекулах, связывающихся с белком, или информацию о его трехмерной структуре. Однако для новых белков-мишеней для получения такой информации необходимо привлекать дополнительные методы. «Так, например, для новых белков, таких как вирусные белки SARS-CoV-2, вызывающие инфекционное заболевание

COVID-19, данные по аффинности связывания с какими-либо соединениями отсутствовали. В таком случае, скорее всего не удастся применить подходы, использующие дообучение модели на связывающихся с белком молекулах. Подходы, основанные на структуре белка, также могут быть неприменимы, так как для некоторых белков определение трехмерной структуры затруднено или даже невозможно. Предложенная модель требует лишь знание аминокислотной последовательности белка, что значительно упрощает задачу поиска молекул», — добавила Дарья Гречишникова.

«Transformer neural network for protein-specific de novo drug generation as a machine translation problem». Daria Grechishnikova, Scientific Reports, 11, Article number: 321 (2021).

Выявлены новые механизмы включения и выключения генов

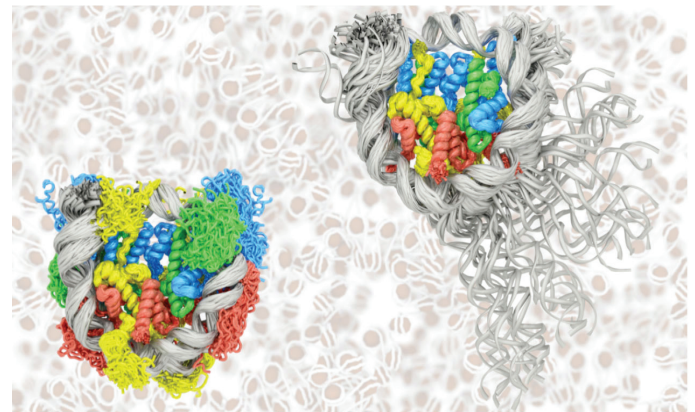
Сотрудники и студенты биологического и физического факультетов МГУ с помощью расчётов на суперкомпьютере «Ломоносов-2» смоделировали движение ДНК в геноме на атомном уровне и выявили новые механизмы включения и выключения генов.

Каждая клетка нашего организма содержит идентичную генетическую информацию. Информация эта закодирована в виде химического шифра из нуклеотидов в генах на молекуле ДНК. Одна молекула ДНК — это нить, длиной примерно в человеческий рост. При этом внутри клетки эта длинная нить упакована в специальный контейнер — ядро диаметром в десятую часть толщины волоса.

Упаковать длинную молекулу ДНК в компактное ядро помогают специальные белки гистоны, на которые ДНК специальным образом накручивается, словно нитка на катушку. Только на одну молекулу ДНК приходится множество гистонов, поэтому упакованная ДНК — хроматин — выглядит как череда соединенных катушек. Каждая отдельная единица хроматина, та самая катушка с намотанным на неё фрагментом ДНК, называется нуклеосомой.

Хроматин не только позволяет компактно упаковать ДНК, он ещё и определяет судьбу клеток. Что у нейронов, что у эпителиальных клеток, что у любой другой клетки организма набор генов одинаковый, а в какую именно превратится стволовая клетка зависит от того набора генов, что включится в ней. За включение и выключение генов отвечает огромное разнообразие механизмов, изучением которых занимается наука эпигенетика (греч. ἐπί – над-).

«Человеческий геном прочитан и расшифрован уже довольно давно, нам известны все 3 миллиарда букв-ну-



клеотидов, слагающие его. Только сравните: 3 миллиарда букв — это как 16 тысяч томов «Войны и мира». Редкий человек столько за жизнь читывал, а учёные вот прочитали, да ещё и в зашифрованном виде, — рассказал один из авторов статьи, декан биологического факультета МГУ академик РАН Михаил Кирпичников. — Но нам до сих пор непонятно, как этот текст из нуклеотидов читают молекулярные механизмы. Разобраться в логике их чтения — задача переднего края современной биологии. И в МГУ мы задействуем весь арсенал современных вычислительных методов, молекулярное моделирование, машинное обучение и искусственный интеллект, а также передовые лабораторные методы, чтобы с этой задачей справиться».

Главный автор исследования, ведущий научный сотрудник кафедры биоинженерии биологического факультета МГУ Алексей Шайтан пояснил: «Каждая живая клетка постоянно решает, какие именно генетические инструкции ей читать в данный момент. Этот выбор происходит на молекулярном уровне в результате сложных взаимодействий между молекулами. Насколько легко прочесть тот или иной ген определяется физическими законами, взаимодействиями атомов молекулы ДНК с атомами связанных с ней белков».

«Считывание генетической информации в ДНК подобно воспроизведению музыки с аудиокассеты. Чтобы воспроизвести звук, необходимо проигрывающее устройство, механизм прокручивания пленки между катушками и усилители. В живых системах для считывания информации с ДНК существуют молекулярные аналоги этих устройств, и все они “над ДНК”, то есть эпигенетические, — рассказала соавтор статьи Анастасия Князева, студентка кафедры биоинженерии биофака МГУ. — Молекула ДНК тоже натягивается и прокручивается между катушек-нуклеосом, эти процессы мы называем дыханием и скольжением».

Как именно происходят движения ДНК в нуклеосоме, до последнего времени оставалось неясным. Чтобы разобраться с этим, учёные смоделировали на суперкомпьютере «Ломоносов-2» молекулярную динамику нуклеосом на атомном уровне на рекордно длинных для компьютерного моделирования временах — 15 микросекунд. То есть суперкомпьютер выступил таким вычислительным микроскопом, что позволил рассмотреть механизмы движения ДНК в геноме.

В полученной модели учёные наблюдали, как ДНК открывается от нуклеосомы и фиксировали происходящие при этом деформации ДНК, позволяющие молекуле скользить вдоль белкового ядра. «Двойная спираль ДНК подобна винту. Предполагается, что она может одновременно скользить и прокручиваться вдоль поверхности белка. Нам удалось показать, что благодаря локальным деформациям ДНК и белков гистонов, этот процесс происходит поэтапно. Сначала прокручивается одна часть ДНК, а затем следующая: своего рода гусенично-винтовой механизм», — объяснил Алексей Шайтан.

Учёные также охарактеризовали детали процесса отворачивания ДНК и обнаружили белковую «застежку», которая удерживает ДНК в закрученном состоянии и ловит открученную ДНК. Одна из частей работы посвящена предсказанию формы и длины нитей хроматина, формируемых нуклеосомами в разных отвернутых состояниях.

Исследование вносит и важный вклад в расшифровку механизмов функционирования генома. «Методами мультимасштабного моделирования нам удалось показать, что дыхание ДНК в нуклеосомах может значительным образом влиять на структуру хроматина», — уточнил старший научный сотрудник биологического факультета МГУ Григорий Армеев.

В работе использовались суперкомпьютерные расчеты систем размером в несколько сотен тысяч атомов. Алгоритм программы должен был совершить около 10 миллиардов шагов. Моделирование каждой системы заняло около 250 дней непрерывного расчёта. Подобные расчёты стали возможными, в частности, благодаря быстрому развитию технологий параллельных и массивно параллельных суперкомпьютерных расчетов с использованием графических процессоров.

«Адаптация вычислительных алгоритмов для расчетов на графических процессорах и продолжающийся рост вычислительной мощности суперкомпьютерных систем открывают качественно новые возможности для исследований в области молекулярного моделирования, — пояснил директор Научно-исследовательского вычислительного центра МГУ, член корреспондент РАН, Владимир Воеводин. — Наши оценки производительности расчетов, проведенные совместно с сотрудниками биологического факультета МГУ, показывают, что скорость вычислений в расчете на один узел суперкомпьютера “Ломоносов-2” возросла в пять раз за время последней модернизации, и процесс развития суперкомпьютерного комплекса МГУ необходимо продолжать и далее».

«Histone dynamics mediate DNA unwrapping and sliding in nucleosomes». G.A. Armeev, A.S. Kniazeva, G.A. Komarova, M. P. Kirpichnikov & A.K. Shaytan. Nature Communications. 12, Article number: 2387 (2021).



Диссертация на тему:

«Туннельная микроскопия фазовых превращений поверхности в тонких пленках фуллеренов, системах полупроводник-металл и в аморфных сплавах»

была представлена на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.10-«Физика полупроводников» выполнена сотрудником кафедры квантовой электроники физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова Орешкиным Андреем Ивановичем и утверждена решением диссертационного совета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова МГУ.01.18 №3 от 12 октября 2020 года. На основании вышеизложенного Орешкину Андрею Ивановичу выдан диплом доктора физико-математических наук, серия МН №000117, приказ №1336 от 30 декабря 2020 года.



В работе проведено обширное экспериментальное исследование фазовых превращений поверхности в тонких пленках фуллеренов, системах полупроводник-металл и в аморфных сплавах. Диссертант использовал обширный набор экспериментальных методик для выполнения поставленных задач. В том числе методы измерения методами сканирующей туннельной микроскопии/спектроскопии, дифракции медленных электронов, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, низкоэнергетической электронной микроскопии, рентгеновской дифракции. Проведено экспериментальное изучение с использованием метода сверхвысоковакуумной сканирующей туннельной микроскопии в реальном режиме времени структурных фазовых превращений поверхности в нанометровом масштабе [1], происходящих в области контакта полупроводник-металл, в разнообразных новых системах и материалах, таких как аморфные сплавы [2] и тонкие органические пленки на основе молекул фуллеренов и их экзо-производных [3], а также определение различных механизмов и эффектов, вызывающих наблюдаемые превращения, и изучение их физической природы.

1. Jinglan Qiu, Huixia Fu, Yang Xu, A.I. Oreshkin, Tingna Shao, Hui Li, Sheng Meng, Lan Chen, Kehui Wu, Ordered and Reversible Hydrogenation of Silicene, *Physical Review Letters*, Vol. 114, p. 126101-1-126101-5, <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.114.126101> (2015).
2. R. V. Belosludov, A. I. Oreshkin, S.I. Oreshkin, D.A. Muzychenko, H.Kato and D. V. Louzguine-Luzgin, The atomic structure of a bulk metallic glass resolved by scanning tunneling microscopy and ab-initio molecular dynamics simulation, *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 816, 152680, <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.152680> (2020).
3. Oreshkin, Andrey I.; Muzychenko, Dmitry A.; Oreshkin, Sergey I.; et al., Real-time decay of fluorinated fullerene molecules on Cu(001) surface controlled by initial coverage, *NANO RESEARCH* Vol. 11, Issue 4, pp. 2069-2082, <https://doi.org/10.1007/s12274-017-1823-9> (2018).



27 апреля 2021 года МАНЦЕВИЧ Сергей Николаевич представил и защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «Радиофизика».

Тема диссертации:

«Акустооптическая спектральная фильтрация в анизотропных средах»

На пороге своего столетия акустооптика остается важным разделом современной оптоэлектроники. Акустооптическое (АО) взаимодействие по-прежнему является объектом интереса как для теоретических исследований, так и для практических применений. Акустооптические приборы применяются для спектральной фильтрации оптического излучения, модуляции, интенсивности и управления направлением распространения световых пучков, а АО взаимодействие позволяет эффективно управлять всеми параметрами светового излучения. Акустооптические элементы стали важной частью систем генерации сверхкоротких и мощных лазерных импульсов, оптических гребенок, применяются они и в двухфотонных микроскопах в качестве элементов, осуществляющих фокусировку оптических пучков в произвольных точках исследуемых образцов. Все большее использование АО устройств в оптоэлектронных системах является причиной постоянного роста требований к их характеристикам и моделям, описывающим их функционирование. На сегодняшний день, классическая теория АО дифракции, описывающая взаимодействие ультразвукового и светового пучков, как плоских волн не позволяет получить требуемую точность расчетов. Данная ситуация связана с тем, что взаимодействующие волновые пучки имеют сложные пространственные спектры, дополнительное влияние на структуру которых оказывает оптическая и акустическая

анизотропия среды взаимодействия. Кроме того, существует и анизотропия акустооптического эффекта.

Цель диссертационной работы состояла в исследовании особенностей, появляющихся при взаимодействии ограниченных световых и акустических пучков в средах с оптической, акустооптической и акустической анизотропией и изучении влияния этих особенностей на характеристики АО взаимодействия, в частности на функцию спектрального пропускания АО дифракции, и рассмотрение возможностей управления характеристиками АО взаимодействия, появляющихся при введении оптоэлектронной обратной связи.

В работе были поставлены и решались следующие задачи:

1. Разработка теории распространения акустических пучков вдоль произвольных направлений в кристаллических средах с сильной акустической анизотропией, в том числе с учетом их отражения от грани кристалла.
2. Исследование влияния расходимости падающего светового пучка, анизотропии среды взаимодействия и амплитудно-фазовой неоднородности акустического поля в АО ячейке на характеристики АО взаимодействия.
3. Изучение воздействия температуры среды на характеристики АО дифракции для случаев однородного и неоднородного распределений температуры.
4. Теоретическое и экспериментальное исследование АО

систем с обратной связью и изучение влияния оптоэлектронной цепи обратной связи на характеристики АО дифракции.

5. Изучение эффекта захватывания частоты собственных колебаний АО системы с обратной связью под действием внешнего генератора и исследование его возможных практических применений.

6. Рассмотрение особенностей использования АО фильтров, как основных элементов в системах генерации оптических гребенок.

8 апреля 2021 года в диссертационном совете МГУ.01.01 КЛАВСЮК Андрей Леонидович защитил докторскую диссертацию (научный консультант Салецкий Александр Михайлович)

на тему:



«Процессы формирования и свойства металлических одномерных атомных структур»

Диссертация посвящена исследованию свойств металлических атомных контактов и цепочек. Привлекательность одномерных наноструктур обусловлена как перспективностью их практического применения, так и возможностью проверки с их помощью различных теоретических моделей и подходов посредством сравнения теоретических результатов с экспериментальными данными. В работе на основе теории функционала плотности и методов Монте-Карло и метода молекулярной динамики разработана методика численного моделирования формирования и эволюции морфологии одномерных металлических структур и исследования их свойств. Были определены особенности взаимодействия адатомов 3d-металлов на ступенчатой поверхности металлов. Выявлены основные диффузионные процессы, отвечающие за формирование атомных цепочек на ступенчатой поверхности меди и золотых контактов. На

основании результатов моделирования предложены сценарии роста. Показано, что распределение длин нанопроводов на поверхности металлов и полупроводников зависит не только от внешних параметров, но и от времени их формирования. Показана корреляция между структурными, электронными и магнитными свойствами нанопроводов. Установлено влияние нанопроводов на электронные свойства поверхностей, на которых они формируются. Объяснена природа краевых состояний. Кроме этого, исследование магнитных свойств наноструктур, формирующихся на начальной стадии самоорганизации из атомов железа и кобальта в первом слое поверхности меди, показало, что у погруженных атомов кобальта энергия магнитной анизотропии на два порядка больше, чем у атомов железа, входящих в аналогичные наноструктуры.



Алексей Ремович Хохлов награжден орденом Почета

Указом Президента Российской Федерации № 815 от 28 декабря 2020 года «за большой вклад в развитие науки и многолетнюю добросовестную работу» орденом Почета награжден заведующий кафедрой физики полимеров и кристаллов Алексей Ремович Хохлов.

*Сердечно поздравляем
с высокой государственной наградой!!*

Александр Олегович Глико награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени



7 апреля 2021 года президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин наградил профессора кафедры физики Земли академика Александра Олеговича Глико медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени. Ученый удостоен награды «за заслуги в развитии науки и многолетнюю плодотворную деятельность».

*Сердечно поздравляем
с высокой государственной наградой!!*

Владимир Александрович Караваев удостоен звания «Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации»



«Указом Президента Российской Федерации № 815 от 28 декабря 2020 года почётного звания «Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации» удостоен профессор кафедры общей физики физического факультета Владимир Александрович Караваев»

*Сердечно поздравляем
с высокой государственной наградой!!*

Александр Петрович Черняев — лауреат премии имени М.В. Ломоносова за педагогическую деятельность

Решением Ученого совета МГУ премия имени М.В. Ломоносова за педагогическую деятельность присуждена заведующему кафедрой физики ускорителей и радиационной медицины, профессору Александру Петровичу Черняеву.

*Сердечно поздравляем
с главной наградой Московского университета!*



Почетные звания Московского университета

*Поздравляем наших коллег,
получивших главные награды университета
в 2020 году.*

Звание «Заслуженный профессор Московского университета» получили:

- 1. ХУНДЖУА Андрей Георгиевич,
профессор кафедры физики твердого тела*
- 2. ЧИРКИН Анатолий Степанович,
профессор кафедры общей физики и волновых процессов*

Звание «Заслуженный преподаватель Московского университета» получили:

- 1. ГРИБОВ Виталий Аркадьевич,
доцент кафедры квантовой статистики и теории поля*
- 2. МИТИН Игорь Владимирович,
доцент кафедры общей физики*

Звание «Заслуженный работник Московского университета» получили:

- 1. КОВАЛЁВА Лилия Константиновна,
начальник отдела кадров*
- 2. ПРЕОБРАЖЕНСКАЯ Татьяна Александровна,
ведущий электроник кафедры биофизики*



*Анатолий Степанович Чиркин,
профессор кафедры общей физики
и волновых процессов*

Сердечно поздравляем!

Премии Правительства Москвы молодым учёным за 2020 год



Премия Правительства Москвы Молодым учёным

Объявлены лауреаты премии Правительства Москвы молодым учёным за 2020 год. Лауреатами стали 4 сотрудника физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова: премии удостоены 2 работы наших молодых учёных.

Лауреатами стали:

- в номинации «Информационно-коммуникационные технологии» Мусорин Александр Игоревич, Шорохов Александр Сергеевич, Зубюк Варвара Владимировна за «разработку и создание реконфи-

гурируемых наноустройств для обработки оптических сигналов»;

- в номинации «Биотехнологии» Саушкин Николай Юрьевич за «системы на основе сухих пятен крови и высокопористых мембранных носителей для комплексного применения в диагностических целях».

*Поздравляем наших учёных
с заслуженными наградами!*

Стипендии МГУ молодым сотрудникам, аспирантам и студентам на 2021 год

Поздравляем наших коллег, получивших в 2021 году стипендию Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова молодым сотрудникам, аспирантам и студентам, добившимся значительных результатов в педагогической и научно-исследовательской деятельности. Всего получили эту стипендию 10 сотрудников, 9 аспирантов и 5 студентов.

1. АКМЕТДИНОВ Руслан Рашидович, студент астрономического отделения;
2. БЕЛОВ Александр Александрович, научный сотрудник кафедры математики;
3. БОГАЦКАЯ Анна Викторовна, доцент кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники;
4. БУЛЫГИН Игорь Игоревич, студент астрономического отделения;
5. БУРЛАКОВ Евгений Владимирович, аспирант кафедры квантовой статистики и теории поля;
6. ГАВРИЛОВ Алексей Андреевич, старший научный сотрудник кафедры физики полимеров и кристаллов;
7. ГОРДЕЕВ Артем Павлович, студент 1 курса специалитета;
8. ГРИШИН Кирилл Алексеевич, студент астрономического отделения;
9. ГУМЕРОВ Рустам Анрикович, младший научный сотрудник кафедры физики полимеров и кристаллов;
10. ЖЕЛТОУХОВ Сергей Геннадьевич, студент астрономического отделения;
11. ЗЕФИРОВ Вадим Викторович, аспирант кафедры физики полимеров и кристаллов;
12. ИГНАТЬЕВА Дарья Олеговна, старший научный сотрудник кафедры фотоники и физики микроволн;
13. КРОХМАЛЬ Алиса Александровна, аспирант кафедры акустики;
14. МАННАНОВ Артур Линарович, аспирант кафедры общей физики и волновых процессов;
15. МИГАЛЬ Екатерина Александровна, аспирант кафедры общей физики и волновых процессов;

16. *МИТЕТЕЛО Николай Викторович, аспирант кафедры квантовой электроники;*
17. *РАГАНЯН Григорий Вартанович, аспирант кафедры физики низких температур и сверхпроводимости;*
18. *РООП Михаил Дмитриевич, аспирант кафедры физико-математических методов управления;*
19. *СМИРНОВ Александр Михайлович, старший научный сотрудник кафедры физики полупроводников и криоэлектроники;*
20. *СОКОЛОВСКАЯ Юлия Глебовна, инженер кафедры общей физики;*
21. *ФАДЕЕВ Максим Сергеевич, аспирант кафедры общей физики;*
22. *ШВЕЦОВ Сергей Александрович, научный сотрудник Лаборатории жидких кристаллов;*
23. *ШИБАЕВ Андрей Владимирович, старший научный сотрудник кафедры физики полимеров и кристаллов;*
24. *ЯКИМОВ Борис Павлович, младший научный сотрудник кафедры квантовой электроники.*

Сотрудники физического факультета — победители конкурсов Президентской программы РФ

Российский научный фонд объявил результаты конкурсов Президентской программы исследовательских проектов по поддержке лабораторий мирового уровня и исследований на базе существующей научной инфраструктуры. Также подведены итоги конкурса по продлению проектов лабораторий мирового уровня, стартовавших в 2017 году.

По итогам конкурса проектов по мероприятию «Проведение исследований научными лабораториями мирового уровня в рамках реализации приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации» Президентской программы исследовательских проектов, реализуемых ведущими учеными, в том числе молодыми учеными, победителями признаны 42 проекта, среди которых проект «Мягкие» композитные материалы на основе полимерных микрогелей и мицеллярных ПАВ для современных практических приложений»; руководитель — профессор кафедры физики полимеров и кристаллов физического факультета *Игорь Иванович Потемкин*;

Гранты на осуществление научных и научно-технических проектов на базе существующей научной инфраструктуры мирового уровня в 2021–2024 годах. Проекты направлены на решение конкретных задач в рамках одного из определенных в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации приоритетов. 4 проекта-победителей будут реализованы на физическом факультете:

- «Суперкомпьютерное моделирование роста атомных одномерных структур и исследование их магнитных свойств»; руководитель — заведующий кафедрой общей физики физического факультета профессор *Александр Михайлович Салецкий*;

- «Новые стратегии многокомпонентного ингибирования митотического веретена для остановки деления опухолевых клеток»; руководитель — старший научный сотрудник кафедры биофизики отделения экспериментальной и теоретической физики физического факультета *Никита Борисович Гудимчук*;

- «Структурно-функциональные механизмы регуляции электронного транспорта в хлоропластах»; руководитель — профессор кафедры биофизики отделения экспериментальной и теоретической физики физического факультета *Александр Николаевич Тихонов*;

- «Разработка и создание специализированной высокотехнологичной компьютерной платформы реального времени и развитие на ней цифровых методов и систем диагностики, идентификации и магнитного управления высокотемпературной плазмой в сферическом токамаке Глобус-М2 с последующим применением в эксперименте»; руководитель — профессор кафедры физико-математических методов управления отделения прикладной математики физического факультета *Юрий Владимирович Митришкин*.

Сердечно поздравляем наших коллег!

ДИССЕРТАЦИОННЫЕ СОВЕТЫ МГУ С ЗАЩИТАМИ В 2020-2021 гг.

МГУ.01.01

*Председатель – Хохлов Алексей Ремович, д.ф.-м.н., проф., акад. РАН
Зам. председателя – Илюшин Александр Сергеевич, д.ф.-м.н., проф.
Уваров Александр Викторович, д.ф.-м.н., проф.
Уч. секретарь – Лаптинская Татьяна Васильевна, к.ф.-м.н., доц.*

03.09.2020

ПИЧУГОВ Роман Дмитриевич «Электрохромные нанокompозиты на основе поли(пиридиния) трифлата» 02.00.06 – Высокомолекулярные соединения. Кандидатская диссертация.

ГОРДИЕВСКАЯ Юлия Дмитриевна «Роль исключённого объёма и гидрофобных взаимодействий в конформационном поведении ион-содержащих полимеров» 02.00.06 – Высокомолекулярные соединения. Кандидатская диссертация.

22.10.2020

СЫРОМЯТНИКОВ Алексей Геральдович «Теоретическое исследование процессов формирования и структурных свойств металлических атомных проводов» 01.04.07 – Физика конденсированного состояния. Кандидатская диссертация.

ДОКУКИН Сергей Александрович «Исследование самоорганизации и физических свойств поверхностного сплава платина-медь» 01.04.07 – Физика конденсированного состояния. Кандидатская диссертация.

17.12.2020

ЛАРИН Даниил Евгеньевич «Теория структурирования макромолекул с амфифильными звеньями и макромолекул в присутствии поверхностно-активных веществ в растворах и привитых слоях» 02.00.06 – Высокомолекулярные соединения. Кандидатская диссертация.

НАДЖАРЬЯН Тимур Артемович «Теория объёмных и поверхностных свойств магнитоактивных эластомеров во внешних магнитных полях» 02.00.06 – Высокомолекулярные соединения. Кандидатская диссертация.

11.03.2021

ПУШТАЕВ Алексей Владимирович «Влияние свойств межфазной границы на тепло- и массообмен вблизи поверхности раздела „жидкость-газ“» 01.04.17 - Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества. Кандидатская диссертация.

ГАЛИЦКАЯ Елена Александровна «Исследование протонного транспорта в наноструктурированных перфторированных сульфополимерах» 01.04.07 - Физика конденсированного состояния. Кандидатская диссертация.

08.04.2021

КЛАВСЮК Андрей Леонидович «Процессы формирования и свойства металлических одномерных атомных структур» 01.04.07 - Физика конденсированного состояния. Докторская диссертация.

МГУ.01.04

*Председатель – Твердислов Всеволод Александрович, д.ф.-м.н., проф.
Зам. председателя – Синицын Аркадий Пантелеймонович, д.х.н., проф.
Яковенко Леонид Владимирович, д.ф.-м.н., доц.
Уч. секретарь – Сидорова Алла Эдуардовна, к.т.н.*

14.09.2020

ПОТАПЕНКОВ Кирилл Васильевич «Новые нанокompозитные мембранные везикулы и их активация внешними физическими воздействиями» 03.01.08 – Биоинженерия. Кандидатская диссертация.

16.11.2020

ПАВЛОВА Ольга Сергеевна «Разработка новых методов магнитно-резонансной томографии на ядрах фтора-19» 03.01.02 – Биофизика, 03.01.08 – Биоинженерия. Кандидатская диссертация.

ИЛЬИН Иван Сергеевич «Поиск новых ингибиторов для заданных белков-мишеней методами молекулярного моделирования» 03.01.08 – Биоинженерия. Кандидатская диссертация.

09.02.2021

ГАРАЕВА Анастасия Ядыкервна «Явление самоорганизованной критичности как системный элемент видообразования в эволюционном процессе» 03.01.02 - Биофизика. Кандидатская диссертация.

МГУ.01.06

*Председатель – Садовников Борис Иосифович, д.ф.-м.н., проф.
Зам. председателя – Жуковский Владимир Чеславович, д.ф.-м.н., проф.
Нефедов Николай Николаевич, д.ф.-м.н., проф.
Уч. секретарь – Поляков Петр Александрович, д.ф.-м.н., проф.*

17.12.2020

ОРЛОВ Андрей Олегович «Переходные слои в задачах реакции-диффузия с разрывным реактивным членом» 01.01.03 – Математическая физика. Кандидатская диссертация.

ЕРМАКОВА Кристина Евгеньевна «Нестационарные внутренние переходные слои в модели реакции-диффузии с вырожденными точками равновесия» 01.01.03 – Математическая физика. Кандидатская диссертация.

21.01.2021

ШАРОВ Александр Николаевич «Решение многомерных обратных задач эластографии с апостериорной оценкой точности» 01.01.03 – Математическая физика. Кандидатская диссертация.

НИКОЛАЕВА Ольга Александровна «Существование и устойчивость решений с внутренними переходными слоями уравнений реакция-диффузия-адвекция с разрывными характеристиками» 01.01.03 – Математическая физика. Кандидатская диссертация.

22.04.2021

ШАРАФУЛЛИН Ильдус Фанисович «Фазовые переходы и критические явления в магнитоэлектрических сверхрешетках: теория и моделирование» 01.04.02 - Теоретическая физика. Кандидатская диссертация.

БУРЛАКОВ Евгений Владимирович «Представление функции Вигнера квантовой системы с полиномиальным потенциалом» 01.04.02 - Теоретическая физика. Кандидатская диссертация.

МГУ.01.08

*Председатель – Салецкий Александр Михайлович, д.ф.-м.н., проф.
Зам. председателя – Балакиев Владимир Иванович, д.ф.-м.н., проф.
Васильев Андрей Николаевич, д.ф.-м.н.
Уч. секретарь – Косарева Ольга Григорьевна, д.ф.-м.н.*

29.10.2020

ХОРКИН Владимир Сергеевич «Управление излучением среднего и дальнего инфракрасного диапазона методами акустооптики» 01.04.03 – Радиофизика. Кандидатская диссертация.

28.12.2020

КРЮКОВ Роман Вячеславович «Томографическое восстановление акустических нелинейных параметров с помощью трёх зондирующих волн» 01.04.06 – Акустика. Кандидатская диссертация.

ШАЙМАНОВ Алексей Николаевич «Оптические исследования плазмонных магнитооптических и люминесцирующих наноструктур» 01.04.05 – Оптика. Кандидатская диссертация.

27.04.2021

МАНЦЕВИЧ Сергей Николаевич «Акустооптическая спектральная фильтрация в анизотропных средах» 01.04.03 – Радиофизика. Докторская диссертация.

МГУ.01.12

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

20.05.2021

ХМЕЛЕВСКОЙ Иван Александрович «Физические особенности двух устойчивых режимов разряда холловского двигателя» 01.04.08 – Физика плазмы. Кандидатская диссертация.

АЛЕКСЕЕВ Алексей Ильич «Методы оптимизации плазменно-стимулированного воспламенения углеводородной смеси в высокоскоростном потоке» 01.04.08 – физика плазмы. Кандидатская диссертация.

03.06.2021

ШАГИЯНОВА Анастасия Михайловна «Анализ пограничного слоя течений жидкости на основе высокоскоростной термографии» 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики. Кандидатская диссертация.

17.06.2021

СОЛДАТОВ Евгений Сергеевич «Высокотемпературные одноэлектронные транзисторы на основе молекул и малых наночастиц» 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики. Докторская диссертация.

МГУ.01.13

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

20.02.2020

АБРАШИТОВА Ксения Александровна «Двухфотонная лазерная литография для создания планарных и трехмерных полимерных оптических элементов видимого и рентгеновского диапазонов» 01.04.21 – Лазерная физика. Кандидатская диссертация.

17.06.2021

ШИПИЛО Даниил Евгеньевич «Широкополосное электромагнитное излучение сходящегося пучка фемтосекундных филаментов в воздухе» 01.04.21 – Лазерная физика. Кандидатская диссертация.

МГУ.01.15

*Председатель – Носов Михаил Александрович, д.ф.-м.н., проф., проф. РАН
Зам. председателя – Михайлов Валентин Олегович, д.ф.-м.н., проф., чл.-корр. РАН*

*Смирнов Владимир Борисович, д.ф.-м.н., доц.
Уч. секретарь – Колесов Сергей Владимирович, к.ф.-м.н.*

Защит не было.

МГУ.01.18

*Председатель – Перов Николай Сергеевич, д.ф.-м.н., проф.
Зам. председателя – Васильев Александр Николаевич, д.ф.-м.н., проф.
Кашиков Павел Константинович, д.ф.-м.н., проф.
Уч. секретарь – Шапаева Татьяна Борисовна, к.ф.-м.н.*

12.10.2020

ГОЛИНСКАЯ Анастасия Дмитриевна «Нелинейно-оптические свойства коллоидных растворов нанокристаллов на основе селенида кадмия» 01.04.10 – Физика полупроводников. Кандидатская диссертация.

ОРЕШКИН Андрей Иванович «Туннельная микроскопия фазовых превращений поверхности в тонких пленках фуллеренов, системах полупроводник-металл и в аморфных сплавах» 01.04.10 – Физика полупроводников. Докторская диссертация.

10.06.2021

ОБРОНОВА Светлана Германовна «Поверхностные состояния в твердых растворах на основе халькогенидов висмута и свинца» 01.04.10 – физика полупроводников. Кандидатская диссертация.

ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИЙ В 2020 Г. В ДИССОВЕТАХ, НЕ ОТНОСЯЩИХСЯ К МГУ:

Д 002.240.01 Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН

15.10 2020

ЧАПЛИНА Татьяна Олеговна «Перенос вещества в вихревых и волновых течениях в однокомпонентных и многокомпонентных средах» 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы. Докторская диссертация.

Д 520.009.01 НИЦ «Курчатовский институт»

19.03.2020

ШУЛЕНИНА Александра Владимировна «Исследование структурных особенностей стабилизации систем биосовместимых наночастиц магнетита методами рассеяния рентгеновского излучения» 01.04.07 – Физика конденсированного состояния. Кандидатская диссертация.

Бюллетень «НОВОСТИ НАУКИ».
© 2021 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 15.05.2021.
Формат 60×90/8. Усл.-печ. л. 4,0. Бумага мелованная.
Тираж 200 экз. Изд. №11864. Заказ №

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

Издательство Московского университета.
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы,
д. 1, стр. 15 (ул. Академика Хохлова, 11)

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии ООО «ПолиПРЕСС».
170041, г. Тверь,
Комсомольский пр-т, д. 7, пом. II

ISSN 2500–2384

