



Об итогах приема 2022 года на физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова



Подводя итоги уходящего года и с надеждой глядя в будущее, редакция бюллетеня «Новости науки» подумала о самом важном — о тех, кто будет работать в наших лабораториях уже завтра, делать научные открытия, тех, кто продолжит дело наших ученых, кто внесет свою лепту в развитие и процветание наших славных научных школ.

Огромное значение имеет процесс обучения и формирования молодого ученого, который продолжается все годы обучения наших студентов. И очень важно, какими они приходят на факультет — будущие студенты, магистранты, аспиранты.

С вопросами об итогах нового приема 2022 года мы обратились к декану факультета профессору Николаю Николаевичу Сысоеву и заместителю декана по новому приёму, работе со школьниками, общим вопросам и дополнительному образованию профессору Анатолию Ивановичу Федосееву.

Вопрос "Итоги нового приема на физический факультет" был рассмотрен на заседании Ученого совета физического факультета 6 октября 2022 года (Протокол №6).

Новости науки:

Расскажите пожалуйста про сроки и об особенностях приемной кампании в этом году.

Н.Н. Сысоев

Прием документов у лиц, поступающих на физический факультет для обучения по очным программам, при приеме на которые проводятся дополнительное вступительное испытание профильной направленности, начался 20 июня и продолжился до 10 июля. Для абитуриентов, поступающих без экзаменов, прием продолжался до 25 июля 2022 г. За это время в МГУ было подано 41111 заявлений от абитуриентов, и было в результате зачислено 3931 студент. Общий конкурс по МГУ составил 10 человек на место.



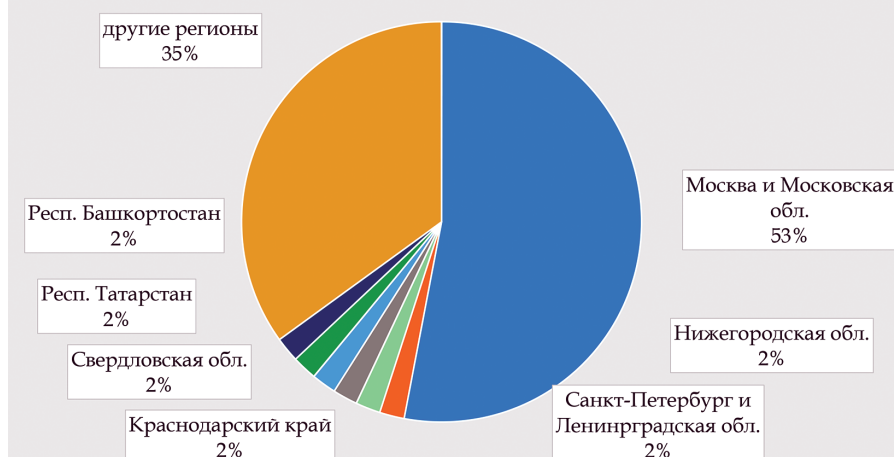
Результаты приемной кампании МГУ

Показатель	2020	2021	2022
План приема на бюджет (очная форма, бакалавриат и специалитет)	3756	3835 (+79 мест)	3931 (+96 мест)
Всего поступило заявлений	34123	35001	41111
Заявления физических лиц	15738	13567	14679
Конкурс по заявлениям	9,08	9,13	10,46

Традиционно абитуриенты МГУ проходят письменное дополнительное вступительное испытание, результаты которого суммируются с баллами по ЕГЭ и баллами за индивидуальные достижения. Итоговое значение составляет общий балл, на основании которого абитуриент участвует в конкурсе. В 2022 г. вступительные испытания в МГУ для абитуриентов бакалавриата проводились с использованием дистанционных технологий с обеспечением идентификации личности поступающего на портале МГУ имени М.В. Ломоносова exam.distant.msu.ru. Более 1500 экзаменаторов и технических специалистов принимает участие в работе по организации ДВИ в МГУ.

Информация о дате и времени вступительного испытания, а так-

Региональный состав зачисленных (бакалавриат, специалитет)



СУНЦ МГУ

Зачисление по факультетам



Количество выпускников – 115

Подали документы в МГУ – 48 (41,7%) / в 2021 году – 43,2%
Зачислены в МГУ – 29 человек (25,21%) из них без экзаменов 15

Университетская гимназия

Количество выпускников – 76

Подали документы в МГУ – 54 (71%) / в 2021 году – 70%

Зачислены в МГУ – 42 человека (60%) из них без экзаменов 10

Зачисление по факультетам



же ссылка на вступительное испытание направлялась поступающему не позднее чем за 2 дня до дня вступительного испытания на электронную почту, указанную поступающим при подаче документов через систему webanketa.msu.ru. Распределение поступающих по дням и потокам для сдачи дополнительного вступительного испытания осуществлялось Центральной приёмной комиссией МГУ с учётом даты приёма документов приёмной комиссией и часовых поясов поступающих. В этом году 903 абитуриента сдавали ДВИ по физике.

Зачисление на первый курс для обучения по программе бакалавриата и специалитета лиц, успешно прошедших вступительные испытания и предоставивших согласие на зачисление, осуществлялось на конкурсной основе в соответствии с количеством набранных баллов в пределах утвержденных контрольных цифр приема. В бакалавриат и специалитет зачислены в МГУ 4027 человек, в магистратуру — 2764 человек.

Новости науки:

Практически половина зачисленных в МГУ — из регионов. Это Нижегородская, Ленинградская, Свердловская области, республики Татарстан и Башкортостан, и др. Какие условия проживания предоставлены иногородним студентам?

А.И. Федосеев

Иногородним студентам бакалавриата (включая жителей Московской области и "большой" Москвы, проживающих в 6-й зоне МЖД и далее) на время обучения предоставляется общежитие. Большинство иногородних студентов бакалавриата, обучающихся за счет средств федерального бюджета, проживают в общежитии "Дом студента на Ломоносовском проспекте" (ДСЛ).

Новости науки:

Какой в этом году конкурс на физический факультет?

Н.Н. Сысоев

Конкурс на бюджетные места физического факультета составил около 4,7 человека на место. Эта цифра в течение последних 5 лет колеблется в районе 4,6, что свидетельствует о стабильности конкурса на физический факультет.

А.И. Федосеев

Также представляет интерес поступление в МГУ выпускников СУНЦа и Университетской гимназии. Факультет активно участвует в программе Московского университета «МГУ — школе», благодаря которой многие лекции читаются в Университетской гимназии



Профессор Николай Николаевич Сысоев

и СУНЦ. Количество выпускников СУНЦ — 115. Подали документы в МГУ — 48 (41,7%) / в 2021 г. — 43,2%. Зачислены в МГУ — 29 человек (25,21%) из них без экзаменов 15. Предпочтение выпускники СУНЦ отдают физическому факультету и ВМК. Количество выпускников гимназии — 76. Подали документы в МГУ — 54 (71%) / в 2021 г. — 70%. Зачислены в МГУ — 42 человека (60%) из них без экзаменов 10.

Новости науки:

Не могли бы Вы рассказать про поступление из зарубежных вузов?

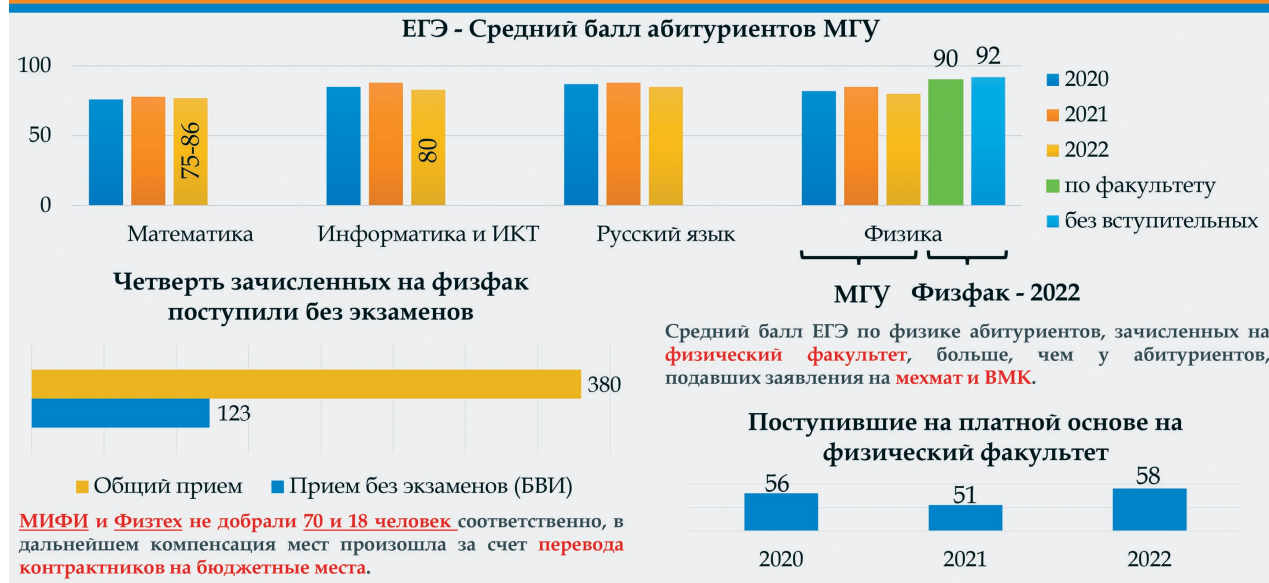
Н.Н. Сысоев

С конца февраля 2022 г. в Московский университет было подано 231 заявление о переводе из зарубежных вузов.

92 — из вузов Украины, ДНР, ЛНР
47 — из вузов Чешской Республики
19 — из вузов Великобритании
11 — из вузов Польши
10 — из вузов Германии
92 — из Франции, Испании, Италии, США, Канады, Японии, Швейцарии, Литвы, Латвии, Польши, Нидерландов и др.

В настоящий момент 56 человек (50 — на бюджетные места, 6 — на платной основе) зачислено в порядке перевода на 23 факультета.

Прием на физический факультет МГУ 2022



Новости науки:

Как известно, в прошлом году на физическом факультете была разработана и утверждена образовательная программа по направлению «Физика» для филиала МГУ в г. Сарове. Сколько абитуриентов поступило по этой программе обучения?

Н.Н. Сысоев

В этом году было зачислено 25 человек на обучение по направлению «Физика», 38 заявлений поступило от выпускников бакалавриата МГУ (зачислено 10 человек). Также студентами стали выпускники других вузов: Казанский национальный исследовательский технический университет (21), Нижегородский государствен-



ный университет (12), МИФИ (11), Новосибирский государственный технический университет (7), Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (5), Самарский национальный исследовательский университет (8), НИУ ВШЭ (2) и др.

Новости науки:

Как состоялся прием на физический факультет в 2022 г.?

Н.Н. Сысоев

В 2022 г. существенно (на 25%) уменьшилось количество школьников, сдававших ЕГЭ по физике по сравнению с двумя предыдущими годами. Еще сильнее (втрое) сократилось число школьников, получивших высокие оценки (80–100) и претендующих на поступление в вузы физического профиля по Москве. Такое падение не могло не отразиться на количестве подавших документы в МИФИ, Физтех и на Физфак, поскольку именно здесь обязательно нужно иметь высокую оценку ЕГЭ по физике и это не просто. К тому же многие другие вузы стали принимать в этом году либо ЕГЭ по физике, либо ЕГЭ по информатике (по выбору абитуриентов), а мы этой возможности лишены. У нас снижение конкурса произошло на 8,6%.

Более серьезные трудности в этом году испытали Физтех и МИФИ. Впервые в истории этих вузов появился недобор на бюджет (18 и 70 человек соответственно), который затем был ими компенсирован переводом на бюджет контрактников. Из-за недобора в МИФИ проходной балл снизился на 20–40 пунктов (на разных факультетах) по сравнению с прошлым годом.

Профессор Анатолий Иванович Федосеев

Прием в Филиал МГУ в Сарове

Направление подготовки	План приема на бюджет	Количество заявлений	Конкурс по заявлениям
Прикладная математика и информатика	15	57	3,8
Фундаментальная информатика и информационные технологии	10	55	5,5
Физика	25	67	2,68
Итого	50	179	3,8

- 38 заявлений от выпускников бакалавриата МГУ (зачислено 10 человек).
- Выпускники других вузов: Казанский национальный исследовательский технический университет (21), Нижегородский государственный университет (12), МИФИ (11), Новосибирский государственный технический университет (7), Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (5), Самарский национальный исследовательский университет (8), НИУ ВШЭ (2) и др.

А.И. Федосеев

Негативная особенность этого года — неожиданно возникшая сложность в процедуре приема документов. Она была связана с плохой работой информационных систем. Приемная комиссия получила десятки жалоб от абитуриентов, воспользовавшихся «Госуслугами», на то, что не получается подать документы быстрее, чем в течение нескольких дней, а устных жалоб на задержку обработки заявлений на несколько часов было более ста. Усилиями приемной комиссии факультета и ЦПК МГУ удалось наладить процедуру приема документов. Но эта особенность отразилась на снижении числа подавших заявление на физфак.

Снижение общего количества заявлений не могло не сказаться и на количестве поступивших без вступительных испытаний (это победители и призеры олимпиад — всего в этом году таковых 123). К тому же здесь опять возникла проблема работы информационных систем: накануне дополнительного вступительного испытания большинство тех абитуриентов, кто с полными правом рассчитывал на прием без вступительных испытаний, получили по электронной почте официальное сообщение о том, что для поступления они должны сдавать экзамен ДВИ. Вся приемная комиссия была брошена на нейтрализацию этой ошибки, но все же, по нашей оценке, несколько десятков абитуриентов ушли в другие вузы.

Следует отметить, что в ретроспективе количество поступивших БВИ всегда зависело от многих факторов, в том числе от олимпиад школьников и льгот за олимпиады, а правила от года к году меняются: 39 чел. в 2018 и 153 чел. в 2019 г.

Аналогичная ситуация с проходным баллом (в этом году 328). Трудно рассчитывать, что он должен ежегодно только расти (так в 2016 и 2017 гг. проходной балл был такой же, а в 2018 г. меньше — 321).

Подводя итоги приема в 2022 г. на физический факультет можно сказать, что мы набрали очень качественных ребят, так как более четверти от всего приема были зачислены по результатам олимпиад и средний балл ЕГЭ по физике среди поступивших остался достаточно высоким: 90 среди поступивших по конкурсу и 92 среди поступивших без вступительных испытаний. На факультетах математического профиля этот балл значительно ниже: на ВМК — 80, на Мехмате — от 76 до 86.

Другой качественный показатель, хотя и менее важный — число контрактников. В этом году их стало больше, чем в каждый из предыдущих двух лет.

Вывод: Негативные особенности этого года в значительной степени удалось преодолеть. Несмотря на некоторое снижение числа поданных заявлений, в этом году на физфак были приняты абитуриенты с объективными стартовыми показателями не хуже, чем в предыдущие годы. В то же время снижение популярности физики в школах РФ диктует необходимость совершенствования профориентационной работы со школьниками.

ЭФФЕКТЫ КВАЗИ-ФАЗОВОГО СОГЛАСОВАНИЯ В ГАЗАХ ПРИ ГЕНЕРАЦИИ ТЕРАГЕРЦЕВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ДВУХЧАСТОТНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ПОЛЯХ



Сотрудник кафедры оптики, спектроскопии и физики наносистем предложил новый метод управления частотно-угловым спектром генерируемого терагерцового излучения путем изменения пространственных размеров газовых струй, которые формируют среду, взаимодействующую с двухчастотными лазерными полями.

Доцент Сергей Юрьевич Стремухов

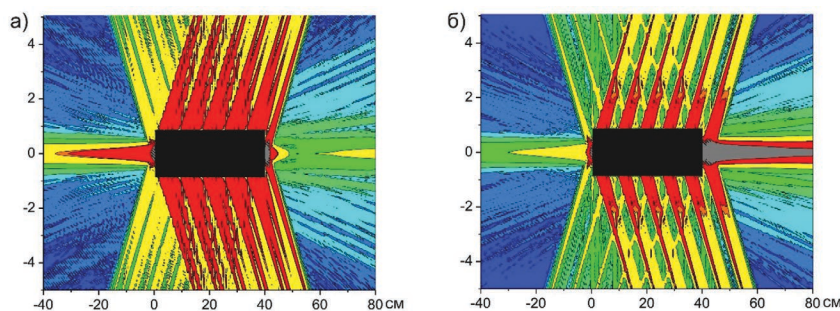
Терагерцовое (ТГц) излучение является очень привлекательным с точки зрения развития методик исследования объектов с его использованием, поскольку именно в этой области спектра все высокомолекулярные соединения, в частности, белки, из которых состоят наши тела, имеют уникальные линии поглощения. Чувствительность колебательных, вращательных, колебательно-вращательных, туннельных и других квантовых переходов к ТГц диапазону, а также малость энергии фотона по отношению к энергии ионизации атомов, что существенно снижает (практически исключает) ионизацию вещества при поглощении такого излучения, создает важные перспективы в развитии терагерцовой спектроскопии и ее применения в биомедицинских приложениях. Это стимулирует развитие как методов детектирования, так и методов генерации излучения в ТГц области частот. Среди разнообразия разработанных на сегодняшний день способов создания такого излучения выделяются нелинейно-оптические методы генерации ТГц излучения. Главными преимуществами источников на основе нелинейно-оптических методов является их компактность, а также возможность управления свойствами генерируемого излучения в широких пределах.

В настоящее время одним из актуальных направлений исследований в данной области является повышение эффективности генерации ТГц излучения. Настоящая работа посвящена описанию одного из методов управления параметрами генерируемого ТГц излучения (эффективностью, частотно-угловым спектром). Он основан на эффекте квази-фазового

согласования, который хорошо зарекомендовал себя для управления эффективностью генерации ТГц излучения в кристаллах, а также активно применяется для повышения эффективности генерации гармоник высокого порядка (ГГВП) в газовых и плазменных средах. Благодаря единой природе эффектов ГГВП и ТГц излучения, идея распространения данного метода на случай генерации ТГц излучения в газовых средах, взаимодействующих с многочастотными лазерными полями, была впервые успешно реализована в данной работе.

Переход от гомогенной среды, в которой при прохождении лазерного излучения индуцируется нелинейно-оптический отклик, к гетерогенной (в исследованном случае, гетерогенность реализуется в простейшем виде — среда разделяется вакуумными промежутками) нарушает трансляционную симметрию задачи взаимодействия, а также добавляет дополнительный набор управляющих параметров, которые неизбежно влияют на характеристики генерируемого излучения.

В работе представлены частотно-угловые спектры ТГц излучения, рассчитанные для набора аргоновых газовых струй, разделенных вакуумными промежутками,



Пространственное распределение излучения на частоте 11 ТГц, генерируемое 20-ю газовыми струями шириной 1 см каждая (а) и 5-ю газовыми струями шириной 4 см каждая (б)

взаимодействующих с двухчастотным лазерным полем, образованным первой и второй гармониками Ti:Sa лазера. Результаты расчетов показали, что ширина газовых струй является эффективным управляющим параметром, позволяющим существенно модифицировать частотно-угловой спектр генерируемого ТГц излучения.

Расчеты выполнены в рамках уникального непертурбативного теоретического подхода, позволяющего рассчитывать спектры генерируемого одиночными атомами излучения, а также интерференционной модели, которая

позволяет, используя параметры генерируемого одиночными атомами излучения, рассчитать характеристики отклика среды. Данный метод расчета свободен от феноменологических параметров, описывающих нелинейности среды.

С.Ю. Стремоухов, “Эффекты квази-фазового согласования в газах при генерации терагерцевого излучения в двухчастотных лазерных полях”. Известия РАН. Серия Физическая, **86**, № 6, с. 770–774 (2022).

МЕТОД ТОТАЛЬНОГО ОБЛУЧЕНИЯ ТЕЛА



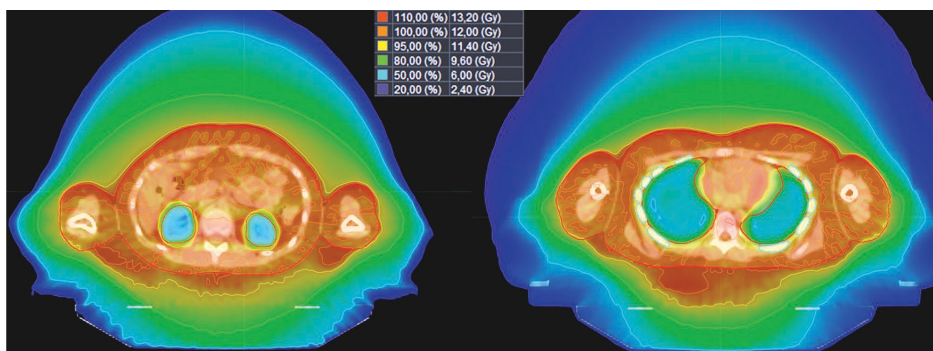
Сотрудники и аспиранты кафедры физики ускорителей и радиационной медицины совместно с медицинскими физиками из Национального медицинского исследовательского центра детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева разработали и внедрили в клиническую практику метод тотального облучения тела на двух медицинских линейных ускорителях.

Сотрудники отделения лучевой терапии

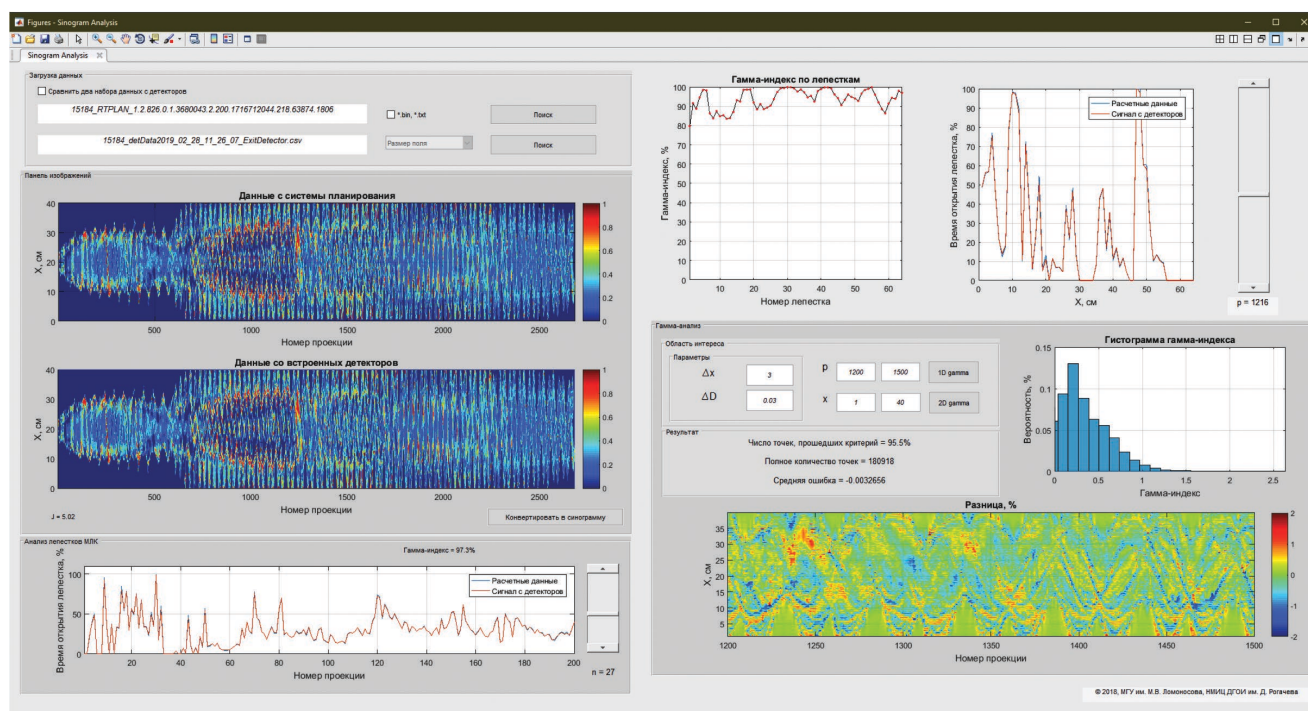
Применение стандартной методики тотального облучения тела показало эффективность и снижение случаев отторжения после трансплантации, однако такое облучение приводило к высокой токсичности и повышению смертности от лучевых осложнений.

Фотонная лучевая терапия в детском центре гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева проводится у пациентов детского возраста, у которых самым распространенным онкологическим заболеванием является лейкоз (злокачественное заболевание кроветворной системы). Для уменьшения иммунного ответа перед трансплантацией костного мозга пациентам с лейкозами проводится процедура тотального облучения тела.

В статье [1] была разработана уникальная методика тотального облучения тела, при которой стало возможно уменьшение дозы на выбранные органы риска, такие как легкие, почки, печень и хрусталики глаз за счет использования модуляции интенсивности фотонного излучения. Для созданной методики были исследованы области радиационных полей и получены оптимальные параметры для обеспечения однородности облучения.



Распределение дозы в аксиальных проекциях при тотальном облучении тела



Интерфейс разработанной программы

Разработанный метод реализован в клинической практике при лечении более, чем 400 пациентов детского возраста с острым лимфобластным лейкозом. Статистический анализ данных токсичности и смертности показал безопасность и эффективность применения методов тотального облучения: не было выявлено случаев смертности, связанных с лучевыми реакциями при поздней токсичности 3–4 степени в течение длительного периода наблюдения (в среднем — 2,3 года, максимальном — 7,5 лет).

Актуальность работы подтверждена международной рабочей группой SIOP, которая использовала результаты исследования при разработке международных рекомендаций по проведению тотального облучения тела у детей.

Методика тотального облучения тела не является стандартным методом лучевой терапии, из чего следует, что проверка оборудования и самого плана облучения также должна быть более тщательной и информативной. В работе [2] описывается новый информативный способ проверки работы медицинского ускорителя TomoTherapy с использованием встроенного в аппарат массива ксеноновых ионизационных камер. Детекторы стандартно используются для визуализации и реконструкции изображений пациента перед лечением. Однако, массив детекторов хранит в себе большое количество информации о флюенсе фотонного излучения, вышедшем из ускорителя, что использовалось в исследовании для улучшения точности лечения пациентов.

Для работы с данными детекторов был написан программный код и создан графический интерфейс в программной среде MatLab. Разработанная программа была использована как для проверки качества плана лучевой терапии при TOT, так и для проверки технических и физических характеристик ускорителя.

Разработанный метод также применялся непосредственно в процессе лечения пациентов, что позволило в реальном времени отслеживать отклонения дозы от запланированных значений, связанные с изменением анатомии пациента (вес, отек) при каждом сеансе лучевой терапии. Это позволило эффективнее и быстрее производить корректировку лечения при необходимости.

"Optimized conformal total body irradiation methods with helical tomotherapy and elekta vmat. implementation, imaging, planning and dose delivery for pediatric patients" / A. A. Loginova, D. A. Tovmasian, A. O. Lisovskaya et al. // Frontiers in oncology. 12. Article 785917. (2022).

Ссылка: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fonc.2022.785917/full>

Tovmasian D., Loginova A., Chernyaev A. "Po-1680 verification method for total body irradiation plans using tomotherapy exit detectors" // Radiotherapy and Oncology. 170. S1480. (2022).

Ссылка: [https://www.thegreenjournal.com/article/S0167-8140\(22\)03644-1/pdf#relatedArticles](https://www.thegreenjournal.com/article/S0167-8140(22)03644-1/pdf#relatedArticles)

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЭКОЛОГИИ

Сотрудники физического факультета МГУ в коллаборации с учеными химического факультета МГУ и НИУ МИЭТ разработали фотокатализаторы видимого диапазона на основе наноразмерного диоксида титана (TiO_2) для деструкции токсичных примесей в атмосфере и конверсии углекислого газа в прекурсоры углеводородного топлива. Исследования поддержаны грантами РФФИ и РНФ и вносят важный вклад в решение экологических проблем.

На фотографии (слева направо): доцент М.Н. Мартышов, профессор Е.А. Константинова, доцент А.В. Павликов, старший преподаватель А.С. Ильин



В настоящее время важнейшей задачей является разработка фотокатализаторов видимого диапазона для деструкции токсичных веществ в воздухе и конверсии углекислого газа в прекурсоры углеводородного топлива. Актуальность проводимых исследований обусловлена высокой степенью загрязнения воздуха, воды и истощения природных ресурсов. В нашей работе формирование фотокатализаторов на основе диоксида титана осуществлялось как с помощью золь-гель метода (I тип образцов), так и путем электрохимического травления титановой фольги во фторсодержащих электролитах на основе этиленгликоля (II тип). Фотокатализаторы I типа, легированные одновременно двумя примесями (азотом и ниобием), очень светочувствительны и характеризуются высокой скоростью фотокатализа в реакции фотоокисления красителя Родамина 6Ж (рис. 1). Разработана теоретическая модель, основанная на системе кинетических уравнений, описывающих процессы генерации и аннигиляции дефектов в исследуемых структурах. Предлагаемая модель описывает изменения концентрации дефектов в широком временном масштабе — за пределами возможностей самого современного оборудования.

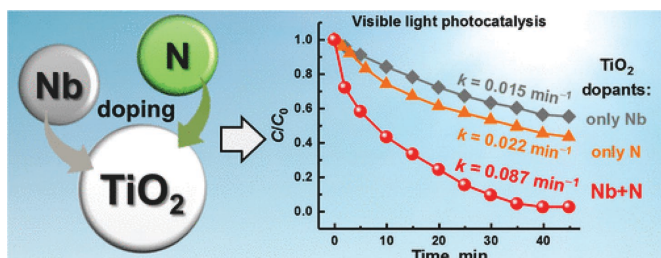


Рис. 1. Кинетики фото-катализа для образцов, легированных одной и двумя примесями. C_0 — концентрация красителя в момент времени $t=0$ (свет включен)

Фотокатализаторы II типа на основе нанотрубок диоксида титана (рис. 2) эффективно преобразуют углекислый газ в метан и метанол (прекурсоры углеводородного топлива). Показано, что дефекты аккумулируют фотоин-

дуцированные носители заряда. Обсуждается механизм образования метана и метанола. Полученные результаты свидетельствуют о высокой перспективности полученных энергоэффективных фотокатализаторов и вносят важный вклад в решение экологических проблем.

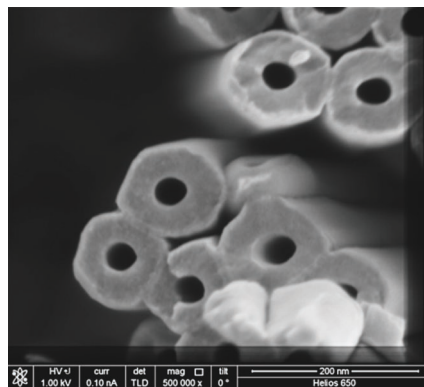


Рис. 2. Микрофотография нанотрубок диоксида титана

Результаты работы опубликованы в статьях:

Minnekhanov A., Kytina E., Konstantinova E., Kytin V., Marikutsa A., Elizarov P. "Photoinduced Dynamics of Radicals in N- and Nb-Codoped Titania Nanocrystals with Enhanced Photocatalysis: Experiment and Modeling". *Crystal Growth and Design*, **22**, № 7, 4288–4297 (2022).

Savchuk T. P., Kytina E. V., Konstantinova E. A., Kytin V. G., Pinchuk O., Tarhanov A. K., Zaitsev V. B., Maniecki T. "Photocatalytic CO_2 Conversion Using Anodic TiO_2 Nanotube- Cu_2O Composites". *Catalysts*, **12**, № 9, 1011 (2022).

E. Konstantinova, T. Savchuk, O. Pinchuk, E. Kytina, E. Ivanova, L. Volkova, V. Zaitsev, A. Pavlikov, E. Elizanova. "Photoelectron Properties and Organic Molecules Photodegradation Activity of Titania Nanotubes with Cu_2O Nanoparticles Heat Treated in Air and Argon". *Molecules* **27**(22), 8080 (2022).

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОРБИТАЛЬНОЙ И СПИНОВОЙ ЧАСТЕЙ МОМЕНТА ИМПУЛЬСА СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ В ОБЪЕМЕ И НА ПОВЕРХНОСТИ НЕЛИНЕЙНОЙ СРЕДЫ



Профессор Владимир Анатольевич Макаров

Интегральное соотношение, выражающее закон сохранения момента импульса (углового момента в англоязычной литературе) в классической электродинамике, традиционно получается тождественными преобразованиями уравнений Максвелла и уравнений движения заряженных частиц

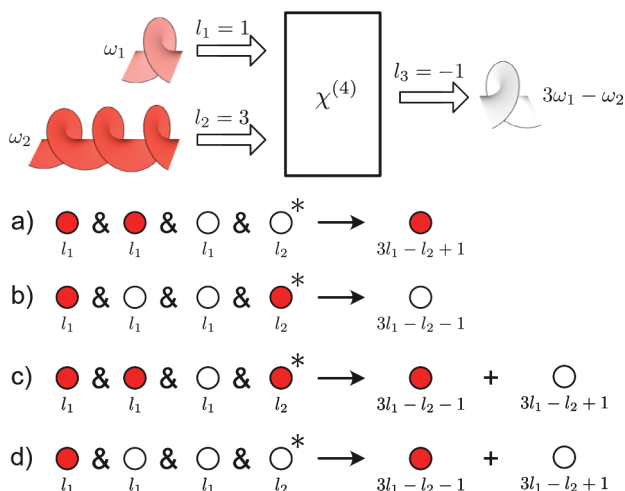
в фиксированном объеме пространства, характерный размер которого позволяет проводить макроскопическое описание электромагнитного поля. Из него непосредственно следует выражение для вектора плотности момента импульса электромагнитного поля. В случае распространения описываемой в параксиальном приближении электромагнитной волны, этот вектор традиционно представляется в виде суммы двух слагаемых (спиновой и орбитальной). Физический смысл этих двух слагаемых и их соотношение с аналогичными слагаемыми при квантово-механическом рассмотрении распространения света трактуются неоднозначно и вот уже более сорока лет являются предметом далеких от завершения многочисленных обсуждений. Последние поддерживаются выполненными в последнее время многочисленными работами, в которых анализируются способы получения лазерных пучков с различными моментами импульса и исследуются преобразования их орбитальных и спиновых частей в процессе распространения света и его взаимодействия с различными объектами. Пучки с различными моментами импульса, несомненно, перспективны. Они широко применяются для изменения ориентации и вращения захваченных светом микрочастиц (оптические «пинцеты»), в оптических вычислениях, при передаче информации и т.д. Однако при численном и аналитическом решении большинства задач нелинейной оптики практически всегда контролируется выполнение закона сохранения энергии, реже — закона сохранения импульса и практически никогда — закона сохранения момента импульса. Существует весьма ограниченное число работ, в которых вообще упоминается момент импульса волн, взаимодействующих в нелинейной среде.

Научной группой в составе профессора В.А. Макарова, научного сотрудника К.С. Григорьева и аспиранта В.А. Дюкова проведено рассмотрение ряда задач нелинейной поляризационной оптики с точки зрения механизма реализации закона сохранения момента импульса электромагнитного поля. В частности, в геометрии нормального падения исследовано взаимодействия между спиновыми и орбитальными компонентами моментов импульса электромагнитных волн в процессе генерации суммарной частоты при прохождении и отражении от поверхности нелинейной изотропной хиральной среды лазерных пучков основного излучения, обладающих многомодовой поперечной структурой. Исследование преобразования спиновых и орбитальных компонент угловых моментов взаимодействующих волн проведено с учетом как объемного (локального и нелокального), так и приповерхностного нелинейно-оптического отклика среды. Для описания распространения падающих волн основного излучения использовалось параксиальное приближение. Учет влияния неоднородности приповерхностного слоя и пространственной дисперсии среды на характер нелинейного взаимодействия волн на ее поверхности проводился при помощи модификации традиционных граничных условий. Последние позволили использовать модель резкой границы между средами, но учесть в рамках первого приближения по параметру пространственной дисперсии наличие тонкого переходного приповерхностного слоя, средняя толщина которого может быть сравнима с длинами волн распространяющегося излучения. Аналитические выражения для напряженности электрического поля прошедшего и отраженного пучков на суммарной частоте, сгенерированных в нелинейной среде двумя соосно распространяющимися пучками основного излучения, можно интерпретировать как суперпозицию попарных взаимодействий поперечных мод пучков на основных частотах, являющихся собственными функциями предложенного оператора спинового и орбитального углового моментов. При этом ни сумма спиновых, ни сумма орбитальных компонент углового момента фотонов основного излучения не равна соответствующей компоненте углового момента образующегося фотона. Однако его полный угловой момент (сумма спиновой и орбитальной компонент) во всех случаях равен сумме полных угловых моментов пары взаимодействующих фотонов пучков основного излучения.

В приближении неизменности волны основного излучения исследовано преобразование спиновой и орбитальной составляющих момента импульса эллиптически поляризованного лаггер-гауссова пучка основного излучения в спиновую и орбитальную составляющие момента импульса пучка третьей гармоники, генерируемой в изотропной среде с кубической нелинейностью. Продemonстрировано сохранение суммарных проекций как спиновой, так и орбитальной составляющих углового момента взаимодействующих волн в процессе четырехволнового смешения.

Проанализировано преобразование спиновых и орбитальных составляющих угловых моментов падающих эллиптически поляризованных световых пучков с частотами ω_1 и ω_2 , вихревыми фазовыми профилями и произвольными радиальными распределениями интенсивностей в угловой момент сигнального пучка на частоте $2\omega_1 - \omega_2$, возникающего в результате четырехволнового смешения в изотропной гиротропной среде с пространственной дисперсией кубической нелинейности. Продemonстрировано сохранение суммарных проекций как спиновой, так и орбитальной составляющих углового момента взаимодействующих волн.

Исследовано преобразование орбитального углового момента и спинового углового момента падающих волн основного излучения с частотами ω_1 и ω_2 в процессе пятиволнового смешения в волну с частотой $\omega_c = 3\omega_1 - \omega_2$ в изотропных нерацемических смесях хиральных молекул с нелинейной оптической восприимчивостью четвертого порядка. Эта предложенная Н.И. Коротеевым спектроскопическая схема получила название БиоКАРС. Показано, что по отдельности не сохраняются ни проекции спинового углового момента, ни проекции орбитального углового момента на направление распространения коллинеарно взаимодействующих волн. Различия между орбитальными и спиновыми угловыми моментами фундаментального и сигнального пучков компенсируют друг друга, обеспечивая сохранение проекции полного углового момента взаимодействующих волн. Получены правила, по которым происходит смешение фотонов фундаментальных пучков в рассматриваемом процессе.



По сравнению с сигналом КАРС, генерация которого идет без взаимопревращения спинового углового момента и орбитального углового момента, законы преобразования между орбитальным угловым моментом и спиновым угловым моментом взаимодействующих пучков при генерации сигнала биоКАРС являются значительно более сложными. На рис представлено схематическое изображение четырех правил отбора для процесса БиоКАРС. Закрашенные (не закрашенные) кружки символизируют фотоны основных пучков (слева) и сигнального пучка (справа) с положительными (отрицательными) проекциями спинового углового момента на направление коллинеарного распространения волн основного излучения. Частота первых трех фотонов — ω_1 , частота четвертого — ω_2 . Звездочка обозначает комплексное сопряжение, т.е. инверсию проекций орбитального углового момента и спинового углового момента фотона. Соответствующие значения орбитального углового момента (l_1 и l_2) подписаны под каждым кружком. Схема вверху иллюстрирует правило отбора b в случае $l_1 = 1$ и $l_2 = 3$.

Исследование преобразований «орбитальной» и «спиновой» частей моментов импульсов лазерных пучков, в том числе и имеющих сингулярности поляризации, в процессе их взаимодействия в нелинейных средах в рамках классической электродинамики вносит вклад не только в развитие нелинейной оптики, но и способствует более глубокому пониманию одного из фундаментальных законов природы.

Grigoriev K.S., Perezhogin I.A., Makarov V.A. "Interconversion between the orbital and spin angular momentum of light beams in three-wave mixing processes in the bulk of an isotropic chiral medium", *Opt. Lett.*, **43**, 5182 (2018).

Grigoriev K.S., Diukov V.A., Makarov V.A. "Interconversion of orbital and spin angular momenta of light beams in the sum-frequency generation process from the surface of the isotropic chiral medium", *Opt. Lett.*, **45**, 276 (2020).

Grigoriev K.S., Diukov V.A., Makarov V.A. "Transformation of spin and orbital angular momentum in second-harmonic generation process at oblique incidence of light from the surface of an isotropic medium with spatial dispersion of quadratic nonlinearity", *Opt. Lett.*, **46**, 1245 (2021).

Grigoriev K.S., Diukov V.A., Makarov V.A. "Conversion of spin and orbital angular momentum in the third harmonic generation process in the bulk of an isotropic medium", *Laser Physics Letters*, **18**, 055401 (2021).

Grigoriev K.S., Diukov V.A., Vasil'ev A.B., Makarov V.A. "Interconversion of orbital and spin angular momenta of light beams in the CARS generation process in isotropic gyrotropic medium", *Laser Physics Letters*, **18**, 075402 (2021).

Diukov V.A., Grigoriev K.S., Makarov V.A. "Interconversion between OAM and SAM in five-wave mixing process in medium with the fourth-order optical susceptibility", *Opt. Lett.*, **47**, 1307 (2022).

Статьи в журналах Q1, опубликованные сотрудниками, соискателями и аспирантами кафедры физики ускорителей и радиационной медицины

"Optimized conformal total body irradiation methods with helical tomotherapy and Elekta VMAT: implementation, imaging, planning and dose delivery for pediatric patients". A. Loginova, D. Tovmasian, A. Lisovskaya, D. Kobzyeva, M. Maschan, A. Chernyaev, O. Egorov, A. Nechesnyuk. *Frontiers in oncology*. 2022. **12**. P. 785917. (Импакт-фактор: SJR = 4,848. Scopus, WOS, Q1).

Статья описывает основные физические аспекты и клинические результаты применения методики оптимизированного конформного тотального облучения тела. В исследовании была показана возможность применения методики на двух линейных медицинских ускорителях: Tomotherapy и Elekta. Оценка реальной доставленной дозы выявило большее изменение в дозе при лечении на ускорителе Elekta в сравнении с Tomotherapy, при этом анализ острой токсичности лечения не показал значимых различий между двумя методиками.

Суть статьи: разработан уникальный метод: в томотерапии для тотального облучения тела и крупных опухолей развит способ наложения стыков полей. Он уже используется во многих странах мира (в РФ он дал прекрасный результат при лечении около 220 детей в течение 7 лет).

"Po-1680 verification method for total body irradiation plans using tomotherapy exit detectors". Tovmasian D., Loginova A., Chernyaev A. *Radiotherapy and Oncology*. **170**. P. S1480 (2022).

Статья описывает метод верификации планов тотального облучения тела на аппарате Tomotherapy с помощью массива встроенных ксеноновых детекторов. Был разработан метод, сравнивающий теоретические данные из системы планирования с экспериментальными данными флюенса с детекторов для оценки точности работы аппарата. Был написан программный код и создан графический интерфейс программы, работающей над обработкой двух массивов данных. Было показано, что предложенный метод может эффективно использоваться как дополнительный источник гарантии качества планов тотального облучения тела на аппарате Tomotherapy.

Суть статьи: предложен метод использования с детекторов установки томотерапии массивов данных (не использовавшихся ранее) для повышения точности облучения больших опухолей (повышения гарантии качества).

"Development of the low intensity beam extraction mode for proton imaging at Protom synchrotron". A. Pryanichnikov, P. Zhogolev, A. Shemyakov, M. Belikhin, A. Chernyaev. *Physica Medica*, **94**, S113 (2022). DOI: 10.1016/S1120-1797(22)01700-8.

Суть статьи: Разработан режим работы специализированного медицинского синхротрона для протонной томографии или радиографии. Это важный этап для развития медицинской визуализации протонными пучками, которая впервые осуществлена в нашей стране.

"Experimental dosimetric estimation of volume rescanning for spot scanning proton therapy". M. Belikhin, A. Pryanichnikov, A. Shemyakov, A. Chernyaev. *Physica Medica*, **94**, S86–S87 (2022).

Статья в рамках цикла работ по исследованию протонного облучения движущихся мишеней. Облучение внутрифракционно движущихся органов является одним из главных вызовов в клинической протонной терапии. В статье приводятся результаты дозиметрических исследований методики повторного сканирования на динамическом фантоме, показывающие улучшение однородности дозового распределения в случае облучения движущихся мишеней.

Суть статьи: Впервые для протонных пучков из синхротронов, используемых в клинической протонной терапии, разработан метод учета функции дыхания.

"Application of a 2D scintillation detector for proton pencil beam dosimetry at Protom synchrotron". A. Shemyakov, A. Shestopalov, M. Belikhin, and A. Pryanichnikov. *Physica Medica*, **94**, S119 (2022).

Суть статьи: Разработка детектора для проведения регулярных процедур контроля качества протонного пучка в медицинских центрах. Представленный в рамках данной работы скинтилляционный детектор является простым и недорогим в производстве устройстве ежедневного контроля параметров пучка, а мгновенный отклик детектора позволяют работать в режиме реального времени в частности над задачами оптимизации параметров протонного пучка.

"Effect of electron and x-ray irradiation on microbiological and chemical parameters of chilled turkey". / U. Bliznyuk, A. Chernyaev, F. Studenikin, V. Ipatova et al. // Scientific reports. 12, no. 1. P. 750. SJR: 1.24 (2022) (Q1).

В связи с возрастающей потребностью пищевой промышленности в технологиях, увеличивающих сроки хранения продуктов питания и обеспечивающих микробиологическую безопасность продукции, группа учеными физического и химического факультетов занимается изучением физико-химических аспектов радиационной обработки пищевой продукции.

Было проведено исследование изменений микробиологических и химических показателей мясной продукции после проведения радиационной обработки ускоренными электронами и рентгеновским излучением с

целью предсказания сроков хранения продукции после проведения ее радиационной обработки различными типами ионизирующего излучения. Получено, что диапазоны доз излучения, необходимые для подавления микробиологической обсемененности продукции и при этом обеспечивающие сохранение ее химических свойств, отличаются для двух типов излучений. Так, эффективность обработки ускоренными электронами достигается в диапазоне доз от 250 Гр до 1000 Гр, в то время как для рентгеновского излучения рабочий интервал обработки варьируется от 500 Гр до 750 Гр.

Суть статьи: актуальные в настоящее время исследования диапазонов доз (в настоящей работе двух типов ионизирующего излучения — рентгеновского и пучков электронов), позволяющие сохранить химические свойства облучаемых продуктов.

В РОССИИ ВПЕРВЫЕ СЕРТИФИЦИРОВАЛИ СИСТЕМУ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КВАНТОВЫХ КЛЮЧЕЙ

Система распределения квантовых ключей, созданная Центром компетенций Национальной технологической инициативы (НТИ) «Квантовые технологии» при МГУ и компанией «Инфотекс», стала первой в России сертифицированной разработкой в этой области. Авторы готовятся к внедрению системы на базе промышленных партнеров.

Научный руководитель Центра компетенций НТИ «Квантовые технологии» при МГУ Сергей Кулик отметил, что система позволит организациям повысить защиту обмена данными, так как такой квантовый канал «невозможно взломать для перехвата информации».

«Квантовая система выработки и распределения ключей ViPNet QSS прошла сертификацию в ФСБ России. У нас амбициозные планы по внедрению оборудования. Уже есть несколько пилотных проектов, и теперь мы можем начать переговоры с промышленными партнерами по внедрению этого оборудования», — сказал Сергей Кулик.

Получившая сертификат разработка ученых Московского университета представляет собой набор связанных между собой модулей, которые распределяют и шифруют квантовые ключи, а также управляют трафиком.

«Сейчас квантовая часть комплекса может быть размещена в конструктиве обычного сервера стойного



или настольного исполнения, в рабочей станции. Пока еще мы не можем разместить квантовую часть в небольших устройствах конечных пользователей, поэтому им достается роль <...> потребителей квантово-распределенных ключей. Источниками этих ключей как раз и выступают квантовые части комплекса», — пояснил в комментариях ТАСС заместитель генерального директора компании «Инфотекс» Дмитрий Гусев.

Напомним, что работы по созданию квантово-защищенного сегмента в МГУ начались в декабре 2020 г. Первый этап проекта завершился в августе 2021 г. Он включал в себя подключение всех объектов и проверку корректности работы оборудования при обмене информацией по защищенному каналу связи. Следу-

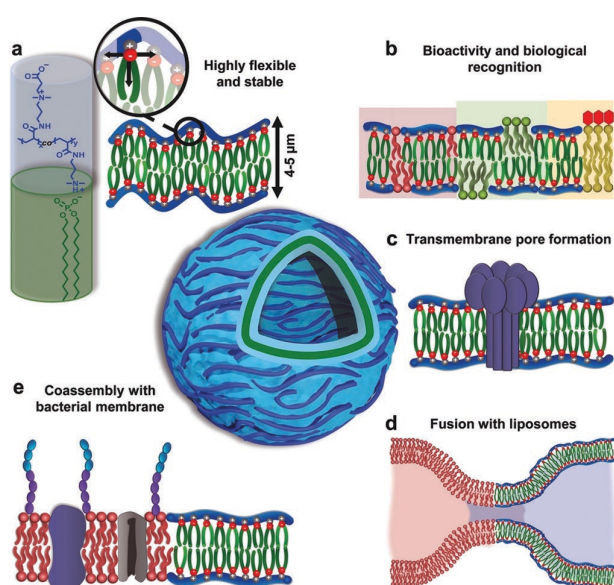
ющим этапом стала настройка квантового оборудования и интеграция университетского сегмента сети с сетью компании «ИнфоТеКС». В конце сентября 2021 г. квантово-защищенная сеть была введена в опытную эксплуатацию для проведения всех необходимых испытаний. 16 декабря 2021 г. состоялся торжественный запуск Университетской квантовой сети (УКС) — уникального проекта построения квантовой защищенной системы связи.

УКС — это первая в России сеть связи, построенная на основе квантовой криптографической системы выработки и распределения ключей ViPNet QSS, — совместной разработки Центра квантовых технологий физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова и компании «ИнфоТеКС». Сеть соединила пять квантовых устройств, распределяющих квантовые ключи на двадцать абонентских терминалов. При этом максимальная длина канала квантово-защищенной связи в рамках проекта достигла 40 км.

ViPNet QSS — квантовая криптографическая система, выполняющая протокол квантового распределения ключей (КРК) и работающая в топологии «звезда» и предназначенная для выработки и распределения квантовых ключей в средства криптографической защиты информации (СКЗИ).

В июне 2022 г. Центр компетенций НТИ «Квантовые технологии» выступил с предложением создать Национальную квантовую (исследовательскую) сеть. Проект был представлен в рамках Петербургского международного экономического форума. Данная сеть объединит российские университеты и научные центры, ведущие работы в области квантовых технологий. Она призвана обеспечить проведение научных исследований и опытно-конструкторских работ по созданию и испытанию новых устройств для квантовой связи — репитеров, доверенных и недоверенных узлов, систем хранения и распределения ключей. На базе этой сети будет осуществляться обучение студентов и подготовка кадров для компаний, реализующих проекты в области квантовых технологий.

НА КАФЕДРЕ ФИЗИКИ ПОЛИМЕРОВ И КРИСТАЛЛОВ СКОНСТРУИРОВАЛИ ИСКУССТВЕННУЮ МЕМБРАНУ КЛЕТКИ НОВЫМ СПОСОБОМ



Ученые физического факультета МГУ совместно с коллегами из университета Ахена (DWI, RWTH) сконструировали аналог мембраны клетки из особого гребнеобразного полимера и описали его свойства с помощью компьютерного моделирования. Полученная мембрана обладала гибкостью и адаптивностью, имела толщину, близкую к биологической клеточной мембране, а также смогла образовать гибридную протоклетку путем слияния с мембранами липосомы и бактерии. Полученный результат открывает новые перспективы в создании искусственной клетки и поможет улучшить метод адресной доставки лекарств.

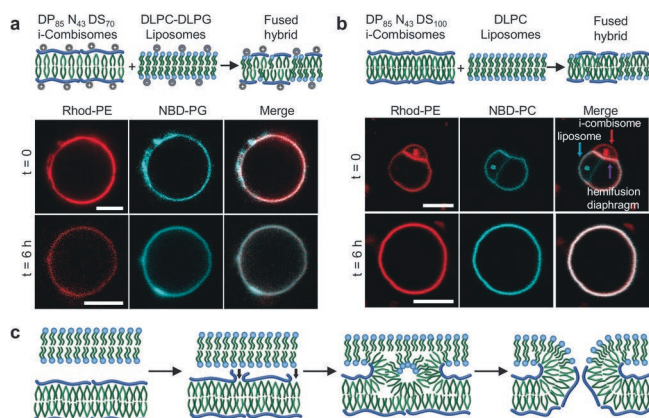
Уже длительное время ученые стараются искусственно воссоздать клеточную мембрану. Можно говорить об успехе, если такая конструкция устойчива к внешним воздействиям, гибка, близка по толщине к биологическим мембранам, а также в нее можно встроить особые белки, обеспечивающие избирательное пропускание.

Одной из самых простых подобных структур является липосома — замкнутый в сферу бислой (везикула) из

липидов, образующийся в растворе благодаря наличию у липидов гидрофильных и гидрофобных частей. Липосомы часто тонкие и обладают хорошим пропусканием, но при этом недостаточно устойчивы к термическому и механическому воздействию. Тем не менее, до сих пор их исследуют в качестве, например, наноконтейнеров для лекарств.

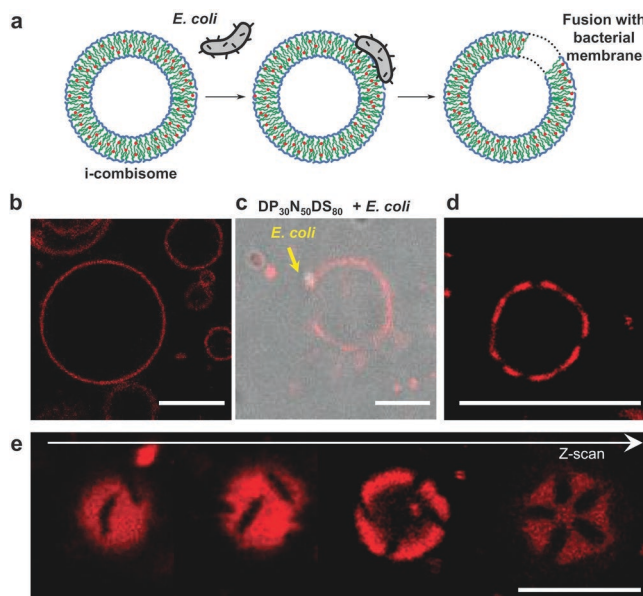
Еще один способ создать везикулу — использовать диблоксополимеры, состоящие из гидрофильных и гидрофобных блоков. При взаимодействии с раствором они образуют везикулы, которые получили название «полимерсомы». Они устойчивые и прочные, однако стенки мембраны получались слишком толстыми и непроницаемыми. Следующим этапом стало создание везикул из янусоподных дендримеров — коротких и ветвистых полимеров.

Ученые из университета Ахена выбрали такой дендример, чтобы полученные везикулы обладали свойствами, наиболее близкими к требуемым. Везикулы назвали «дендримерсомами», они были перспективными для дальнейшего изучения, однако процесс синтеза янусоподных дендримеров был слишком сложен. Теперь же физики МГУ придумали новый подход с использованием гребнеобразного полимера, собирающегося в везикулу в растворе и с более простым способом получения.



Сначала в раствор заряженного полимера (полиэлектrolит) добавляли противоположно заряженные фосфолипиды (основные компоненты природных клеточных мембран), и в результате получался гребнеобразный полимер. Его отличительной особенностью являлось то, что связи между звеньями являются не химическими, как обычно, а физическими (за счет электростатических взаимодействий) — менее сильными, но все равно достаточно прочными. В дальнейшем это позволило полученной везикуле быть более гибкой.

При добавлении полученного полимера в воду образовались везикулы, названные комбисомами (от англ. «comb» — гребень). Такие структуры обладали устойчивостью, гибкостью и толщиной, близкой к биологиче-



ской клеточной мемbrane. Кроме этого, комбисомы оказались способны образовывать гибридную протоклетку путем слияния с мембранами липосомы и бактерии. Для исследования микроскопических свойств и внутренней структуры везикул в воде ученые провели компьютерное моделирование.

«Мы изучали участок мембраны, так как вычисления являются затратными, ведь рассчитывается поведение огромного числа частиц. В результате моделирования на суперкомпьютере «Ломоносов-2» мы выяснили, что полиэлектролиты образуют нематический порядок, то есть вытягиваются вдоль поверхности мембраны в прямые стержни. Еще мы выяснили, что упорядоченность липидов во внутренней части мембраны зависит от плотности заряда в полиэлектролите. Это связано с тем, что в последнем она ниже, чем в липидах, и чем меньше окажется разница, тем меньше флуктуаций будет в полученной структуре. Моделирование помогло нам лучше понять физику происходящих процессов», — прокомментировал сотрудник лаборатории теории полимерных систем и «мягких» сред физического факультета МГУ, к.ф.-м.н. Владислав Петровский.

Ученые надеются, что достижение комбисомами свойств мембраны реальной клетки приблизит создание полностью искусственной клетки.

"Ionic Combisomes: A New Class of Biomimetic Vesicles to Fuse with Life". Anna M. Wagner, Jonas Quandt, Dominik Söder, Manuela Garay-Sarmiento, Anton Joseph, Vladislav S. Petrovskii, Lena Witzdam, Thomas Hammoor, Philipp Steitz, Tamás Haraszti, Igor I. Potemkin, Nina Yu. Kostina, Andreas Herrmann, Cesar Rodriguez-Emmenegger. *Advanced Science* 9, Issue 17. 2200617 (2022).

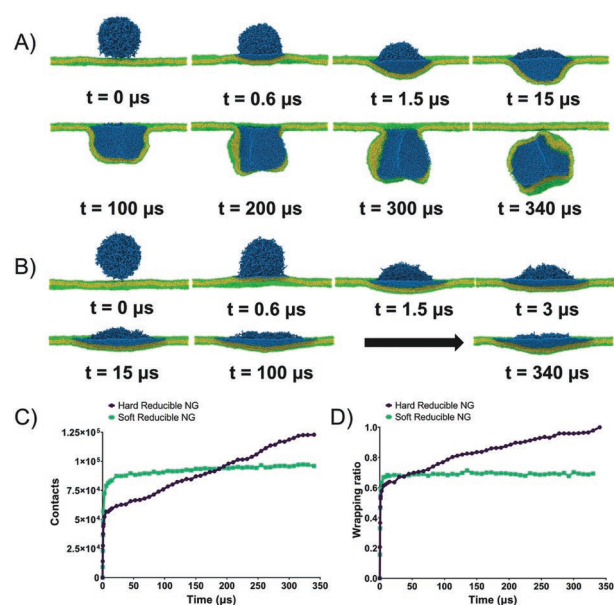
ПОВЫШЕНА ЭФФЕКТИВНОСТЬ АДРЕСНОЙ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВ С ПОМОЩЬЮ МЯГКИХ НАНОГЕЛЕЙ



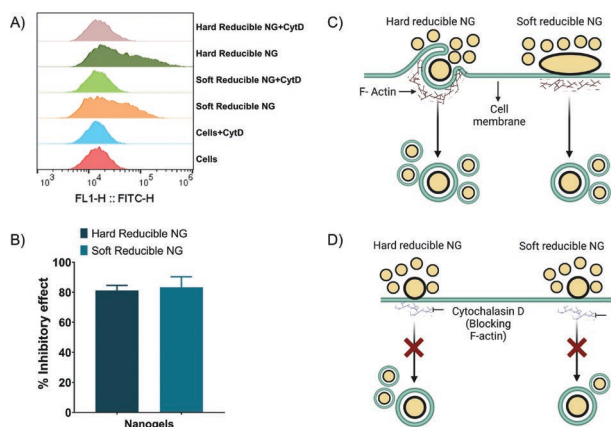
Ученые физического факультета МГУ совместно с немецкими учеными из института интерактивных материалов из Ассоциации Лейбница (г. Ахен) обнаружили связь между упругостью наногелей и временем их циркуляции в кровотоке. Подобные полимерные частицы являются перспективными контейнерами для адресной доставки лекарств, и проведенное исследование может помочь повысить их эффективность.

Успешное лечение раковых заболеваний заключается в уничтожении клеток опухолей в организме. В случае классической химиотерапии противоопухолевыми препаратами, обладающими высокой токсичностью, неизбежно происходит повреждение и здоровых клеток органов и тканей. Для минимизации вредного воздействия на организм широко используется и исследуется метод адресной доставки препаратов. Простыми словами механизм можно описать следующим образом: действующее вещество помещается в контейнер микро- или наномасштаба, который вводится в кровоток и осажается только в клетках определенного состава за счет физико-химического распознавания среды самим контейнером. Одним из препятствий, значительно снижающих эффективность такого метода лечения, является реакция иммунной системы — ее клетки-макрофаги способны активно поглощать молекулярные контейнеры. В то же время одним из количественных показателей эффективности доставки является время циркуляции лекарства в кровотоке. Чем оно больше, тем больше вероятность доставки вещества к нужной клетке с течением времени.

В качестве контейнера часто используются микро- и наногели. Они представляют собой трехмерные по-

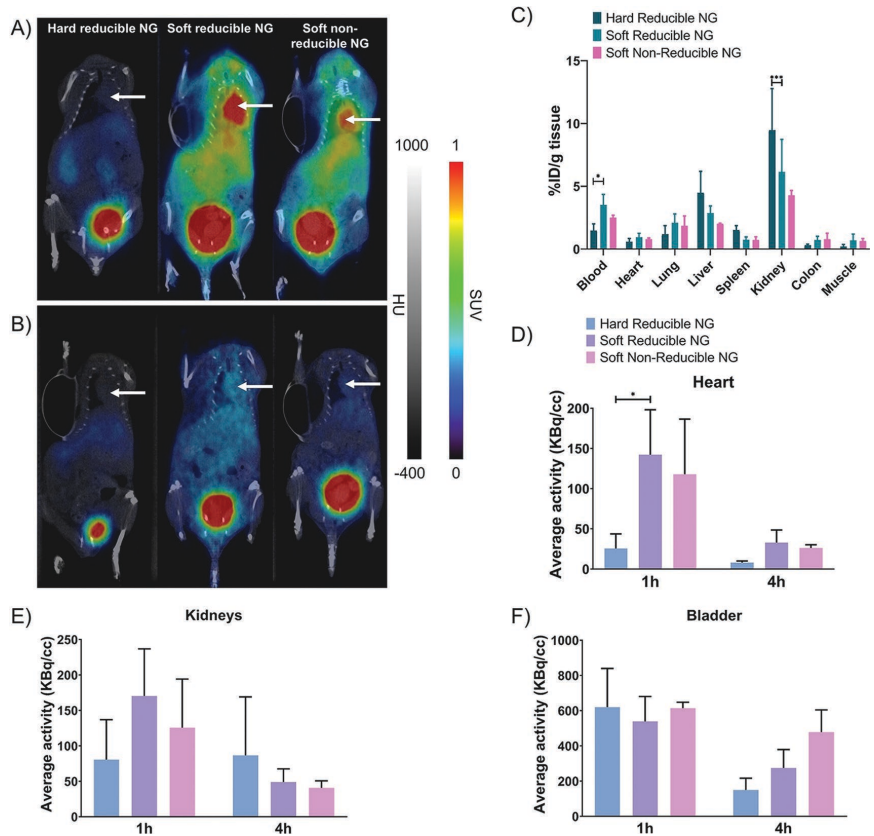


лимерные сетки — макромолекулы с характерными размерами от десятков нанометров до нескольких микрометров. Эти материалы интересны тем, что они проницаемы, и, следовательно, могут удерживать препарат внутри себя и впоследствии высвобождать при изменении внешних условий. Например, известно, что уровень pH среды раковых клеток отличается от уровня здоровых клеток, и, следовательно, можно создать сетку на основе полимера, способного реагировать на изменение такого параметра среды. При этом важной характеристикой наногелей является их упругость, зависящая от доли сшивающих агентов в сетке (ее размера ячейки). Коллегами из Германии было экспериментально обнаружено, что уменьшение упругости наногеля приводит к увеличению времени циркуляции препарата в крови лабораторных мышей. Была выдвинута гипотеза о том, что при контакте с мембраной клеток-макрофагов происходит деформация полимерных частиц, что затрудняет процесс их поглощения. Для подтверждения данной гипотезы сотрудники кафедры физики полимеров и



кристаллов физического факультета провели компьютерное моделирование взаимодействия частиц наногеля с различной упругостью с модельной мембраной клетки. Моделирование проводилось на суперкомпьютере «Ломоносов-2». Результаты подтвердили выдвинутое ранее предположение — при контакте с мембраной «мягкие» (менее сшитые) наногели претерпевали уплощение, в то время как более «жесткие» частицы практически не деформировались и поглощались мембранами за аналогичный промежуток времени.

«Мы надеемся, что это исследование в дальнейшем позволит увеличить эффективность метода адресной доставки препаратов. Помимо ценности в области медицины, данная работа позволила нам лучше понять некоторые аспекты физики наногелей, которые могут найти применение и в других областях» — говорит научный сотрудник Рустам Анрикович Гумеров.



"Tuning the Elasticity of Nanogels Improves Their Circulation Time by Evading Immune Cells". Prachi Desai, Rahul Rimal, Dr. Alexandru Florea, Dr. Rustam A. Gumerov, Marta Santi, Anastasia S. Sorokina, Sabri E. M. Sahnoun,

Thorsten Fischer, Prof. Felix M. Mottaghy, Dr. Agnieszka Morgenroth, Dr. Ahmed Mourran, Prof. Igor I. Potemkin, Prof. Martin Möller, Dr. Smriti Singh. **61**, Issue 20, e202116653 (2022).

ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ПОИСКУ СТЕРИЛЬНЫХ НЕЙТРИНО НА БАЗЕ БАКСАНСКОГО ГАЛЛИЙ-ГЕРМАНИЕВОВОГО НЕЙТРИННОГО ТЕЛЕСКОПА (BEST) ОБНАРУЖИЛ СИЛЬНЫЙ ДЕФИЦИТ ЭЛЕКТРОННЫХ НЕЙТРИНО, ЧТО МОЖЕТ УКАЗЫВАТЬ НА НАЛИЧИЕ НЕЙТРИНО ЧЕТВЁРТОГО ТИПА

Сотрудники кафедры физики частиц и космологии в составе международной коллаборации BEST обнаружили сильный дефицит электронных нейтрино на уровне, существенно превышающем 4 стандартных отклонения, который был зарегистрирован в ходе эксперимента с радиоактивным источником нейтрино в Баксанской нейтринной обсерватории Института ядерных исследований РАН. Данный результат может указывать на наличие новой физики, в частности нестандартных свойств нейтрино.

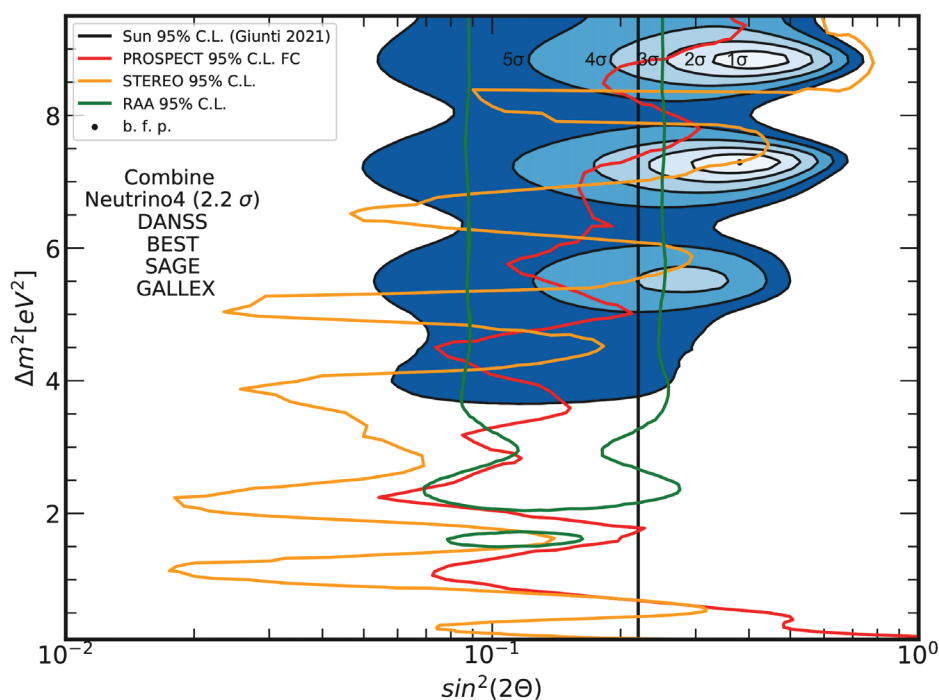


Рис. 1. На данном рисунке представлены разрешённые параметры стерильных нейтрино из совместного анализа различных экспериментов. Области в оттенках синего отражают совместный анализ галлиевых экспериментов SAGE, GALLEX, BEST и экспериментов DANSS и NEUTRINO-4 для 1 — 5 стандартных отклонений. Красным и жёлтым выделены области, исключённые (справа от линии) на уровне 95% из стерильных нейтринных поисков в реакторных антинейтринных экспериментах STEREO, PROSPECT. Области, обведённые зелёной линией, отражают разрешённую область параметров стерильных нейтрино на уровне 95% в рамках реакторной антинейтринной аномалии (РАА). Область справа от чёрной вертикальной линии исключается на уровне 95% по наблюдениям солнечных нейтрино

Нейтринные осцилляции (переход нейтрино одного типа в нейтрино другого типа) дают нам единственное прямое свидетельство неполноты Стандартной модели физики элементарных частиц, которая не может их объяснить. В то время как фундаментальная физика, ответственная за осцилляции, все ещё неизвестна, результаты большинства экспериментов с нейтрино могут быть феноменологически описаны путём введения массовой матрицы нейтрино. Совместный анализ экспериментальных данных об осцилляциях определяет такие параметры как три угла смешивания между массовыми и ароматными состояниями нейтрино, и две разности квадратов масс. Однако результаты ряда экспериментов, по-видимому, не могут быть описаны таким образом и в рамках осцилляционной модели возникает вопрос о наличии дополнительных состояний нейтрино к имеющимся трём состояниям в Стандартной модели физики частиц. Эти результаты широко известны как нейтринные аномалии, а новые состояния известны как стерильные нейтрино, так как они смешиваются с нейтрино Стандартной модели (или активными нейтрино), но не участвуют в калибровочных взаимодействиях Стандартной модели. В этой связи возникает необходимость тщательного исследования всех нейтринных аномалий, обнаруженных в экспериментах. Так как возможное присутствие стерильных нейтрино в природе будет первым примером физики вне рамок Стандартной модели физики элементарных частиц, поиск которой ведётся десятилетиями.



Аспирант 4 г.о. кафедры физики частиц и космологии, Владислав Баринов

В этой связи, одним из наиболее ярких экспериментов является Баксанский эксперимент по поиску стерильных переходов электронных нейтрино в стерильные состояния (BEST). В данном эксперименте недавно были представлены результаты, подтверждающие галлиевую аномалию — дефицит зарегистрированных электронных нейтрино в серии измерений экспериментов SAGE и GALLEX с искусственными

источниками нейтрино — при статистической значимости, превышающей 5 стандартных отклонений.

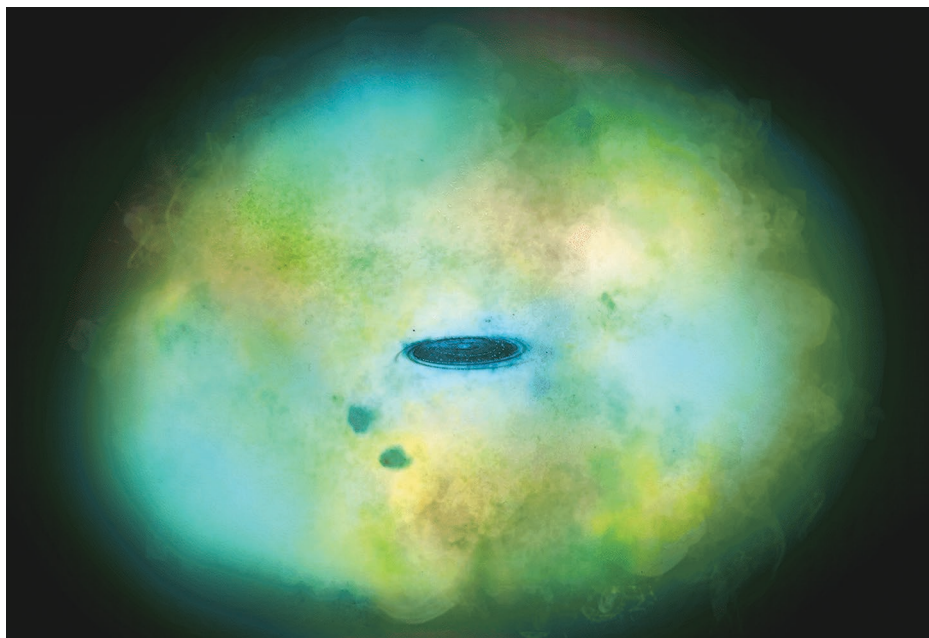
Данный результат согласуется с объяснением галлиевой аномалии в рамках модели осцилляций электронных нейтрино в стерильные состояния, т.е. в четвёртый тип нейтрино, которое не взаимодействует с частицами Стандартной модели. В рамках этого объяснения эксперимент BEST даёт самое убедительное свидетельство стерильного нейтрино среди всех предыдущих аномальных результатов в нейтринном секторе.

Полученный результат оказался крайней неожиданной поскольку объяснение результатов BEST в рамках модели стерильных нейтрино предполагает не только расширение Стандартной модели физики элементарных частиц, но также предполагает либо серьёзные модификации Стандартной космологической модели и Солнечной модели, либо специфическую модификацию стерильного сектора, необходимую для подавления производства стерильных нейтрино в ранней Вселенной и в Солнце.

«BEST impact on sterile neutrino hypothesis». Vladislav Barinov, Dmitry Gorbunov. Phys.Rev. D 105, 5, L051703 (2022).

«Results from the Baksan Experiment on Sterile Transitions (BEST)». V.V. Barinov, et. al. Phys. Rev. Lett. 128, 23, 232501 (2022).

ОЦЕНКА ПЛОТНОСТИ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ГОРЯЧЕГО ГАЗА В ГАЛО МЛЕЧНОГО ПУТИ



На кафедре физики частиц и космологии физического факультета МГУ получены ограничения на радиальный профиль плотности и химический состав горячего газа, который заполняет окрестности нашей Галактики: оказалось, что плотность спадает с расстоянием заметно более полого, чем считалось ранее. Проведен совместный анализ астрофизических наблюдений разного типа, что позволило устранить значительное различие в результатах, имевшее место при раздельной обработке данных. При этом впервые предложена физически мотивированная параметризация профиля металличности газа. Работа поддержана грантом Министерства науки и высшего образования РФ.

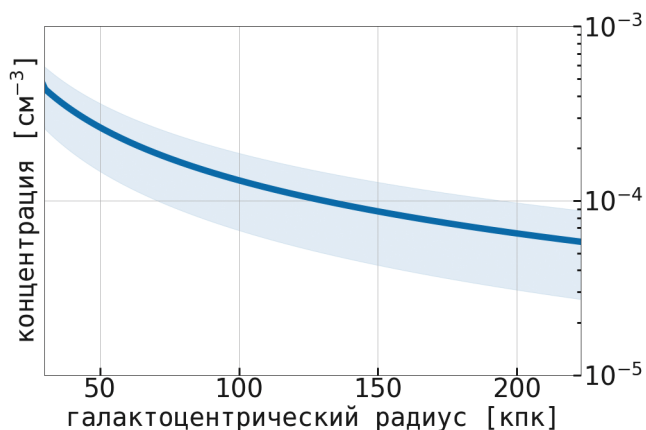
Область гравитационного влияния нашей Галактики простирается в десятки раз дальше от ее центра, чем граница непосредственно диска Млечного Пути. Пространство за пределами диска, но в границах этой области принято называть окологалактической средой. Сегодня ясно, во-первых, в этой среде находятся карликовые галактики-спутники Млечного Пути и другие объекты (такие как высокоскоростные газовые облака), а во-вторых, она заполнена фоновым разреженным газом (с плотностью порядка 10^{-5} – 10^{-4} частиц в кубическом сантиметре).

Несмотря на наблюдательные проявления этого газа, оценить его плотность с хорошей точностью довольно сложно. Вместе с тем это важная задача: например, чем плотнее газ, тем чаще с ним взаимодействуют космические лучи, и в силу большого объема окологалактической среды это потенциально может порождать большие потоки вторичных частиц (фотонов, нейтрино), которые объясняли бы ту или иную долю наблюдаемых на Земле диффузных потоков этих же частиц неустановленного происхождения.

Известны два общепринятых подхода, которые позволяют оценить плотность окологалактического газа. Первый основан на наблюдениях спутниковых галактик. При движении по орбите сквозь фоновый разреженный газ



*Студент кафедры физики частиц и космологии ФФ МГУ
Николай Мартыненко*



они испытывают давление внешней среды, пропорциональное ее плотности, и с них «сдувает» собственное вещество. Понимая, сколько собственного вещества в них было бы в отсутствие такого давления (по наблюдениям далеких от центра Галактики спутников, которые почти теряют вещество), сколько его осталось в действительности, и зная орбиту спутника, можно смоделировать его движение и, решая обратную задачу, восстановить искомую плотность внешней среды. Проблема в том, что это достаточно трудоемкая задача, которая к тому же требует знаний о геометрии спутника и его орбите. В литературе известно совсем немного таких ограничений. С другой стороны, они хороши тем, что не закладывается никаких дополнительных предположений о самом окологалактическом газе — все систематические неопределенности связаны только с параметрами спутников.

Второй подход связан со спектральными наблюдениями. В спектре далекого внегалактического источника можно обнаружить рентгеновские линии поглощения с нулевым красным смещением, связанные с окологалактическим газом, который находится между источником и телескопом. С другой стороны, если наблюдать за областью неба, в которой нет разрешенных источников, то можно найти уже линии излучения того же газа. Таких данных довольно много. Но возникает другая проблема: в рамках этого подхода по ширинам линий поглощения и интенсивности излучения мы узнаем количество ионов определенного типа вдоль луча зрения. Чтобы перейти

к полной плотности газа, нужно сделать предположение об их относительной доле, что нельзя установить независимо — это порождает неопределенность в результатах.

Ранее уже имел место анализ данных отдельно первого и отдельно второго подхода, однако результаты не согласовались друг с другом: профиль плотности газа в первом случае получался гораздо более пологим, чем во втором, причем предпочтение отдавалось спектральным данным. В текущей работе было решено отказаться от принятого ранее допущения о том, что химический состав постоянный. Вместо этого была введена параметризация радиального профиля металличности (относительной концентрации элементов тяжелее водорода и гелия) на основе распределения Больцмана в гравитационном потенциале темной материи (что стало первой физической мотивацией профиля металличности, предъявленной в литературе).

За счет этого удалось построить совместный анализ обоих типов данных и получить профиль плотности окологалактического газа, который одновременно согласуется и с наблюдениями спутниковых галактик, и со спектральными данными рентгеновского диапазона. Он оказался более пологим, чем принятый ранее: оказалось, что плотность газа в гало спадает с расстоянием до центра галактики r приблизительно как $1/r$. Одновременно с этим удалось ограничить металличность окологалактического газа — выяснилось, что она лежит в диапазоне от 0.1 до 0.7 в единицах солнечной металличности.

Результаты исследования легли в основу готовящейся к публикации работы совместно с О.Е. Калашевым (ИЯИ РАН, МФТИ) и С.В. Троицким (ИЯИ РАН), которая посвящена рождению нейтрино во взаимодействиях покидающих Галактику космических лучей с окологалактическим газом.

«Constraining density and metallicity of the Milky Way's hot gas halo from O VII spectra and ram-pressure stripping». N. Martynenko. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **511**, № 1, 843–858 (2022).

ОПРЕДЕЛЁН МЕХАНИЗМ НЕПРЕРЫВНОГО РАЗРУШЕНИЯ И СБОРКИ ВНУТРЕННЕГО БЕЛКОВОГО СКЕЛЕТА ЖИВЫХ КЛЕТОК

Коллективом ученых, сотрудниками НОШ «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина», целиком состоящим из сотрудников и выпускников физического факультета МГУ, была сформулирована теория и выполнены прецизионные эксперименты, позволяющие лучше понять механизмы необычного поведения жизненно важных белковых трубок, составляющих основу клеточного скелета.

Каждая живая клетка грибов, растений и животных имеет внутренний скелет, который организует внутриклеточное пространство, придает клетке форму, необходимую жесткость, помогает ей двигаться и транспортировать вещества и органеллы. Одним из основных компонентов клеточного скелета являются белковые трубки, диаметром 25 нм и длиной от сотен нм до десятков, а иногда и сотен микрометров. Эти полимеры, называемые **микротрубочками**, важны для выполнения транспортных и механических функций клеточного скелета. Но они обладают еще и замечательным свойством непрерывно удлиняться или укорачиваться, спонтанно переключаясь между этими состояниями, что позволяет клетке постоянно обновлять свой внутренний скелет, изменять форму, реагировать на внешние воздействия и даже перемещать хромосомы во время клеточного деления. Необычное поведение микротрубочек известно науке уже более 30 лет, и в учебники давно вошла теория, которая объясняет способность этих полимеров переключаться от сборки к разборке и обратно потерей или приобретением специальной структуры — стабилизирующей шапки из тубулинов, связанных с молекулами гуанозинтрифосфата (ГТФ). Однако в последние годы стало понятно, что эта теория по крайней мере не полна. Например, она не объясняет «старение» микротрубочек, то есть их склонность со временем все чаще переключаться от сборки к разборке, а также не позволяет понять, почему микротрубочка может многократно переключаться к сборке на одной и той же длине.

Биофизики МГУ — сотрудники НОШ «Фотоника» при поддержке РФФИ построили новую компьютерную модель, которая объединила идею стабилизирующей шапки на конце собирающейся микротрубочки с идеей о том, что на динамическое поведение микротрубочки влияет структура ее конца. Для этого ученые учли, что микротрубочка состоит из 13 цепочек продольно связанных тубулинов — так называемых **протофиламентов**. При этом каждый протофиламент в равновесии имеет изогнутую форму, но в теле микротрубочки протофиламенты выпрямлены за счет боковых связей друг с другом, так что лишь их небольшие участки, между которыми нет связей, остаются изогнутыми на самом конце микротрубочки. Именно эта зона на конце микротрубочки, согласно предсказаниям построенной модели, имеет первостепенное значение для управления поведением всего полимера. Разработанная модель хорошо согласуется с новейшими структурными данными и позволяет предположить универсальный механизм связывания хромосом как с растущими, так с укорачивающимися микротрубочками во время клеточного деления.

Кроме того, авторы работы также обнаружили, что на процесс переключения микротрубочек от разборки к сборке сильно влияют повреждения решетки микротрубочек при контакте с другими объектами. Для этого с помощью метода фотолитографии были созданы микропьедесталы на поверхности покровного стекла, и авторы статьи впервые с помощью оптической микроскопии наблюдали сборку и разборку микротрубочек изолированных от поверхности покровного стекла в очищенной системе (см. рис).

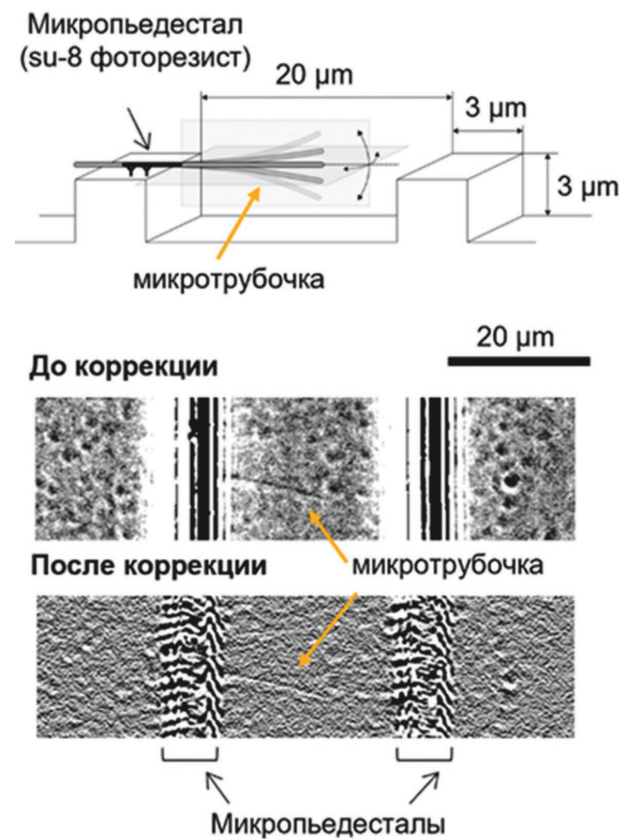


Схема опыта по наблюдению микротрубочек на микропьедесталах. Ниже: фотографии микротрубочки, закрепленной одним концом на микропьедестале. Изображения получены с помощью оптической микроскопии дифференциально-интерференционного контраста

«Этот эксперимент показал, что изолированные микротрубочки практически не способны самостоятельно спонтанно переключаться от разборки к сборке. Иными словами «случайное приобретение» стабилизирующей шапки, постулируемое ранее широко принятой моделью, оказывается крайне маловероятно. По всей видимости, в живых клетках переключение микротрубочек от разборки к сборки вызывают в основном внешние факторы, такие как вспомогательные белки или механические воздействия на микротрубочки» — поясняет руководитель проекта, ст.н.с, д.ф.-м.н. Никита Борисович Гудимчук.

Опубликованные в статье результаты устраняют накопленные противоречия между теорией и экспериментальными данными о структуре и динамике микротрубочек и дают более полное понимание механизмов поведения клеточного скелета — одной из наиболее древних и многофункциональных клеточных систем.

"Theory of tip structure-dependent microtubule catastrophes and damage-induced microtubule rescues". V.V. Alexandrova, M.N. Anisimov, A.V. Zaitsev, and N.B. Gudimchuk. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*. **119** (46) e2208294119 (2022).

Фестиваль НАУКА 0+ 2022 года на физическом факультете МГУ

ВСЕРОССИЙСКИЙ ФЕСТИВАЛЬ НАУКА 0+ 8 ОКТЯБРЯ

ЛЕКЦИИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ АУДИТОРИИ

12:30 - 13:00
ВЛАДИМИР СУРДИН
ЕСТЬ ЛИ ЖИЗНЬ НА ВЕНЕРЕ?

13:00 - 13:30
ЕЛИЗАВЕТА КОНСТАНТИНОВА
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ

13:30 - 14:00
АЛЕКСАНДР ПЯТАКОВ
КИТАЙСКАЯ ГРАМОТА ДЛЯ ФИЗИКОВ

14:30 - 15:15
СЕРГЕЙ РЫЖИКОВ
ФЕРРИТЕР ФИЗИЧЕСКИХ ДЕМОНСТРАЦИЙ

ДРУГИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА

15:30
ЭКСПУРСИИ ПО КАФЕДРАМ И ЛАБОРАТОРИЯМ ФАКУЛЬТЕТА
КАФЕДРА МОЛЕКУЛЯРНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА
КАФЕДРА МАГНЕТИЗМА

15:30
ФИЗИКА МУЗЫКИ. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ КОНЦЕРТ
МУЗЕЙ ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА

РЕГИСТРАЦИЯ ПО ССЫЛКЕ (ОБЯЗАТЕЛЬНА ДЛЯ ВНЕШНИХ УЧАСТНИКОВ)

С 7 по 9 октября в Москве прошёл 17-й фестиваль НАУКА 0+. Торжественная церемония открытия состоялась в актовом зале Фундаментальной библиотеки МГУ. По традиции Фестиваль открывает лекция ректора Московского университета, академика Виктора Антоновича Садовниченко. Каждый год выбирается новая тема Фестиваля НАУКИ. В 2022-м году тема Фестиваля — «Создавая будущее».

Долина МГУ включает в себя 9 кластеров, общей площадью около 500 тыс. кв. метров, представляющих приоритетные научные направления, такие как «Биомед», «Нанотех», «Инжиниринг», «Инфотех» и др. Об этом и многом другом рассказал в своей лекции Виктор Антонович. Прослушать лекцию-открытие и записи других интересных мероприятий можно по ссылке:

<https://vk.com/video/@festivalnauki>



В рамках Фестиваля НАУКИ в Москве различные мероприятия проводились на таких ключевых центральных площадках как Шуваловский корпус МГУ, Президиум РАН, Фундаментальная библиотека МГУ, Парк «Зарядье» и ЦВК «Экспоцентр», а также на физическом факультете МГУ.

Мероприятия Фестиваля НАУКИ на физическом факультете МГУ проходили в субботу 8 октября. В Центральной физической аудитории имени Р.В. Хохлова состоялся Лекторий, были представлены следующие лекции: «Есть ли жизнь на Венере?», Сурдин Влади-



М.н.с. Илья Иваненко
на дистанционной экскурсии



Рыжиков Сергей Борисович,
доцент кафедры общей физики

мир Георгиевич, доцент кафедры экспериментальной астрономии; «Многofункциональные наноматериалы», Константинова Елизавета Александровна, профессор кафедры общей физики и молекулярной электроники; «Китайская грамота для физиков», Пятаков Александр Павлович, профессор кафедры физики колебаний; «Фейерверк физических демонстраций», Рыжиков Сергей Борисович, доцент кафедры общей физики.

В перерыве между лекциями в холле напротив ЦФА студенты физического факультета провели научное шоу с наглядными опытами «Артфизика». А после окончания лекционной программы можно было пойти на экскурсию по лабораториям кафедры магнетизма, подключиться к экскурсии в лаборатории электронной микроскопии кафедры молекулярных процессов и экстремальных состояний вещества, которая проводилась онлайн. Или пойти на концерт «Физика музыки», в Музее физического факультета. Также в дни проведения Фестиваля студенты представляли физический факультет в Шуваловском корпусе МГУ со следующими научными демонстрациями: Наглядная демонстрация технологии МРТ, Магнитный Монорельс, Квантовый Симулятор, Интерферометр LIGO в миниатюре, и проводили научное шоу у входа в Шуваловский корпус МГУ. Видеозаписи мероприятий, проходивших на физическом факультете доступны в официальной группе физического факультета Вконтакте по ссылке:

https://vk.com/ff_mgu



Всего на мероприятия Фестиваля НАУКИ на физическом факультете зарегистрировались 628 участников. Благодарю всех студентов, аспирантов и сотрудников физического факультета, которые участвовали в подготовке и проведении этого масштабного события, а также представителей группы «Открытый физфак».

Вед. инж. научного отдела Александр Паршинцев.



Музей физфака. "Физика музыки". Экспериментальный концерт



"Китайская грамота для физиков". Пятаков Александр Павлович,
профессор кафедры физики колебаний



Доцент кафедры акустики
Ольга Дмитриевна Румянцева

23 июня 2022 года на Диссертационном совете МГУ.01.08 физического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова состоялась защита на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.06 — Акустика доцента кафедры акустики Ольги Дмитриевны Румянцевой

на тему:

«МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ МНОГОМЕРНЫХ ЗАДАЧ АКУСТИЧЕСКОГО РАССЕЯНИЯ И ИХ ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ»

Диссертация выполнена на кафедре акустики в научной группе, созданной и долгие годы возглавляемой заслуженным профессором МГУ, лауреатом Государственной премии СССР Валентином Андреевичем Бузовым.

Под обратными задачами подразумеваются задачи, в результате решения которых удастся определить те или иные характеристики исследуемого объекта. В диссертации предлагаются разные методы решения обратных задач томографического типа, которые объединены общей целью — воспроизвести внутреннюю структуру исследуемого объекта на основе измерения значений акустических полей, прошедших через объект. При этом внутренняя структура отображается путем восстановления акустических характеристик объекта не только в виде итогового изображения-«картинки», но и в виде количественных значений скорости звука, плотности среды, коэффициента поглощения и его частотной зависимости в каждой точке области томографирования. В возможности получения количественных характеристик заключается принципиальное отличие методов акустической томографии от широко распространенных в настоящее время методов УЗИ. Тем самым, акустическая томография открывает принципиально новые диагностические возможности, однако для этого необходимо, во-первых, иметь многоракурсную информацию об исследуемом объекте и, во-вторых, привлекать высокоточные методы обработки экспериментальных данных.

Возможности и преимущества томографических методов проиллюстрированы в диссертации как численным моделированием, так и посредством обработки экспериментальных данных, полученных с помощью опытного образца ультразвукового томографа, который разрабатывается на кафедре акустики. Антенная решетка томографа содержит реально 26 преемоизлучающих преобразователей; однако за счет дополнительного вращения антенной решетки итоговый объем получаемой экспериментальной информации эквивалентен объему от 256-ти преобразователей при неподвижной антенне. В дополнение, антенна может перемещаться по вертикали для перехода от одного томографируемого слоя к другому. Показано, что возможно получение томограмм с высокой разрешающей способностью — не хуже половины длины волны, т.е. около 0.5 мм при работе в мегагерцовом диапазоне частот.

Предложенный способ наклона излучающих и приемных преобразователей антенной решетки при томографировании каждого фиксированного слоя трехмерного объекта очень удобен для практического применения: улучшить разрешающую способность в направлении, перпендикулярном слою, можно простым техническим приемом и соответствующей процедурой обработки данных, без увеличения количества преобразователей.

Предложенные корреляционные алгоритмы, оперирующие с рассеянными сигналами от движущихся кластеров крови, позволяют получать векторную карту

кровотока по тем же данным, которые регистрируются в ультразвуковом томографе для получения пространственных распределений скорости звука и коэффициента поглощения. Более того, эта методика была модифицирована для внедрения ее в томографические системы, использующие эффекты нелинейного взаимодействия волн с образованием комбинационных частот.

Разработанный и апробированный на модельных данных алгоритм, который учитывает статистические аспекты задачи восстановления характеристик акустического рассеивателя и зашумленность экспериментальных данных, представляет собой хорошую теоретическую базу для последующего использования в прикладных томографических задачах.

Выполненный анализ ограничений, которые возникают при практической реализации процесса томографирования в конкретном устройстве в силу технических причин или в силу анатомических особенностей исследуемого органа, позволил предложить методику учета этих ограничений на этапе обработки эксперименталь-

ных данных. В свою очередь, это позволило скомпенсировать влияние упомянутых ограничений на точность восстановления искомых количественных характеристик исследуемого объекта.

Отдельная большая часть диссертации посвящена высокоточным функциональным методам и соответствующему им новому классу двумерных и трехмерных алгоритмов, которые берут свое начало в квантовомеханических обратных задачах. Оказалось, что функциональные алгоритмы обработки данных хорошо адаптируются и доводятся до программной реализации с целью использования в акустических прикладных обратных задачах как в области медицины, так и океанологии. Итоговое решение, которое по-прежнему отображает внутреннюю структуру объекта с высокой разрешающей способностью, имеет высокую точность и хорошую помехоустойчивость. Тем самым, функциональные алгоритмы в настоящее время подготовлены к внедрению в акустоскопические системы, снабженные многоэлементной приемоизлучающей антенной и высокопроизводительными вычислительными мощностями.



Нынешней осенью в жизни физического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова произошли сразу три ярких события.

Кафедра биофизики
была награждена
МЕДАЛЬЮ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
за работы в области биофизики и в образовании,



и отмечена
НАГРАДОЙ УЧЕНОГО СОВЕТА МГУ,
а заведующий кафедры биофизики, профессор



Всеволод
Александрович
Твердислов

*Указом Президента Российской
Федерации Владимира Путина
был награжден*

ОРДЕНОМ ДРУЖБЫ



Сердечно поздравляем!

Декан физического факультета профессор

Николай Николаевич Сысоев



был награжден почетной грамотой Президента Российской Федерации «За заслуги в научно-педагогической деятельности, подготовке квалифицированных специалистов и многолетнюю добросовестную работу».



Поздравляем Николая Николаевича с этой заслуженной наградой и желаем не останавливаться в своей работе во благо факультета и развитии науки в целом!

ДИССЕРТАЦИОННЫЕ СОВЕТЫ МГУ С ЗАЩИТАМИ В 2022 г.

МГУ.01.01

Председатель – Хохлов Алексей Ремович, д.ф.-м.н., проф., акад. РАН
Зам. председателя – Орешко Алексей Павлович, д.ф.-м.н., проф.
Уваров Александр Викторович, д.ф.-м.н., проф.
Уч. секретарь – Малышкина Инна Александровна, к.ф.-м.н., доц.

13.10.2022

БУГЛАКОВ Александр Игоревич «Компьютерное моделирование самосборки супрамолекулярных структур амфифильных гомополимеров» 02.00.06 – Высокомолекулярные соединения. Кандидатская диссертация.

8.12.2022

АГАФИЛУШКИНА Светлана Николаевна «Функциональные наноструктуры на основе пористого кремния и частиц золота и серебра для спектроскопии гигантского комбинационного рассеяния малых молекул» 1.3.8 – Физика конденсированного состояния. Кандидатская диссертация.

ЛАЗАРЕВ Илья Дмитриевич «Многочастичная запутанность в многоквантовой спектроскопии ЯМР в твердом теле» 1.3.8 – Физика конденсированного состояния. Кандидатская диссертация.

МГУ.011.1 (МГУ.01.04)

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

25.10.2022

АХМЕТОВА Ассель Иосифовна «Обнаружение, визуализация и анализ вирусов, бактерий и клеток методами бионаноскопии» 03.01.08 – Биотехнология. Кандидатская диссертация.

НИКИШИН Игорь Игоревич «Развитие методов микроскопии высокого разрешения для исследования внеклеточных везикул» 03.01.08 – Биотехнология. Кандидатская диссертация.

23.12.2022

ПЕНЬКОВ Никита Викторович «Молекулярная организация водных растворов биомолекул» 1.5.2 – Биофизика, 1.1.10 – Биомеханика и биотехнология. Докторская диссертация.

СИДОРОВА Алла Эдуардовна «Модели самоорганизации в эволюции биологических систем микро- и макроуровней» 1.5.2 – Биофизика. Докторская диссертация.

МГУ.011.2 (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.

17.11.2022

ШИРОКОВ Илья Евгеньевич «Автоматизация вычислений квантовых поправок в суперсимметричных теориях» 1.3.3 – Теоретическая физика. Кандидатская диссертация.

ШЕВЦОВ Владислав Сергеевич «Развитие теории коллективной самоорганизации и взаимодействий в системах многих магнитных диполей и ее приложение к элементам спинтроники» 1.3.3 – Теоретическая физика. Кандидатская диссертация.

СТАНКЕВИЧ Константин Леонидович «Осцилляции и квантовая декогеренция нейтрино» 1.3.3 – Теоретическая физика. Кандидатская диссертация.

22.12.2022

МЕЩЕРЯКОВ Николай Павлович «Теоремы о неперенормировке в $N = 1$ суперсимметричных теориях Янга–Миллса» 1.3.3 – Теоретическая физика. Кандидатская диссертация.

БОГУШ Игорь Андреевич «Ультратонкие объекты в скалярно-тензорных теориях гравитации, мотивированных теорией струн» 1.3.3 – Теоретическая физика. Кандидатская диссертация.

МГУ.013.6 (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., доц.

10.11.2022

СОПКО Иван Миклошович «Акустооптическое взаимодействие инфракрасного излучения в металл-диэлектрических структурах» 1.3.4 – Радиофизика. Кандидатская диссертация.

ВУ Кирилл Тхе Чуенович «Преобразование терагерцового излучения в электрический ток» 1.3.4 – Радиофизика. Кандидатская диссертация.

24.11.2022

ДРОБЫШЕВСКАЯ Оксана Игоревна «Исследование спектрально-флуоресцентных характеристик флуороновых красителей в анионных обратных мицеллах» 1.3.6 – Оптика. Кандидатская диссертация.

МАТВЕЕВА Карина Игоревна «Плазмонно-контролируемые фотопроцессы в системах наноразмерных частиц благородных металлов, люминофоров и биомолекул» 1.3.6 – Оптика. Кандидатская диссертация.

28.12.2022

КОЛМЫЧЕК Ирина Алексеевна «Линейные и нелинейные оптические эффекты в наноструктурах и тонких магнитных плёнках» 1.3.6 – Оптика. Докторская диссертация.

КРОХМАЛЬ Алиса Александровна «Позиционирование объектов с помощью акустической радиационной силы в задачах биофакции» 1.3.7 - Акустика. Кандидатская диссертация.

МГУ.013.7 (МГУ.01.12)

*Председатель – Федянин Андрей Анатольевич, д.ф.-м.н., проф., проф. РАН
Зам. председателя – Вятчанин Сергей Петрович, д.ф.-м.н., доц.*

Кузнецов Михаил Викторович, д.ф.-м.н., проф.

Рахимов Александр Турсунович, д.ф.-м.н., проф.

Черныш Владимир Савельевич, д.ф.-м.н., проф.

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

10.11.2022

КОНОНИНА Анастасия Владимировна «Модификация свойств пористого кремния при помощи ионных пучков» для ИК-фотоники» 01.04.04 – Физическая электроника. Кандидатская диссертация.

15.12.2022

ШВЫДКИЙ Георгий Вячеславович «Характеристики высоко-частотного емкостного разряда в квазирадальном магнитном поле» 01.04.08 – Физика плазмы. Кандидатская диссертация.

ОЗЕРОВА Ксения Евгеньевна «Особенности зарядки сегнето-электриков LiTaO₃ и LiNbO₃ при электронном и ионном облучении» 1.3.5 – Физическая электроника. Кандидатская диссертация.

МГУ.01.134 (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.

17.11.2022

ДЬЯКОНОВ Иван Викторович «Интегральные оптические структуры для задач линейно-оптических квантовых вычислений» 1.3.19 – Лазерная физика. Кандидатская диссертация.

22.12.2022

БЕКИН Алексей Николаевич «КАРС-диагностика двуокиси углерода при адсорбции в мезопорах: спектроскопическая идентификация и описание поведения сосуществующих фаз» 1.3.19 – Лазерная физика. Кандидатская диссертация.

ПОПКОВА Анна Андреевна «Оптические эффекты генерации второй и третьей гармоник и сверхбыстрого переключения в наноструктурах на основе двумерных материалов» 1.3.19 – Лазерная физика. Кандидатская диссертация.

29.12.2022

ПУШКИН Андрей Владимирович «Генерация и усиление лазерных импульсов в среднем ИК диапазоне в эрбиевых кристаллах и халькогенидах, легированных ионами железа» 1.3.19 – Лазерная физика. Кандидатская диссертация.

МГУ.016.3 (МГУ.01.15)

*Председатель – Носов Михаил Александрович, д.ф.-м.н., доц., 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.

1.12.2022

БАГАТИНСКИЙ Владислав Андреевич «Океанические механизмы мультидекадной изменчивости климата в атлантическом секторе Мирового океана» 1.6.17 – Океанология. Кандидатская диссертация.

МГУ.013.5 (МГУ. 01.18)

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

Зам. председателя – Васильев Александр Николаевич, д.ф.-м.н., проф.

Кашкаров Павел Константинович, д.ф.-м.н., проф.

Уч. секретарь – Шапаева Татьяна Борисовна, к.ф.-м.н.

20.10.2022

САВИН Константин Антонович «Электрические и фотоэлектрические свойства композита поли(3-гексилтиофена) с наночастицами кремния» 01.04.10 – Физика полупроводников. Кандидатская диссертация.

17.11.2022

СМИРНОВ Александр Михайлович «Резонансные нелинейно-оптические явления в коллоидных растворах нанокристаллов» 01.04.10 – Физика полупроводников. Докторская диссертация.

15.12.2022

АЛЕХИНА Юлия Александровна «Магнитная томография аморфных магнитных микропроводов» 1.3.12 – Физика магнитных явлений. Кандидатская диссертация.

ВАСИЛЬЧИКОВА Татьяна Михайловна «Основное состояние низкоразмерных магнитных систем с большими моментами» 1.3.10 – Физика низких температур. Кандидатская диссертация.



Георгий Григорьевич Хунджуа

Георгий Григорьевич Хунджуа родился в 1922 г. в Тбилиси. Окончив в 1940 г. с отличием грузинскую школу, он осенью был призван на срочную службу и оказался в Батумском погранотряде на границе с Турцией в Верхней Аджарии. 22 июня 1941 г. он находился в наряде непосредственно на границе, и не попал в ту половину личного состава, которая была немедленно отправлена на фронт. Г.Г. Хунджуа продолжал служить в Батумском погранотряде до 1950 г., когда его демобилизовали в звании ст. лейтенанта и должности следователя СМЕРШа (погранвойска находились в ведении НКВД, МГБ, КГБ).



1946 г.



1941 г.

Поскольку Г.Г. Хунджуа окончил 10-летнюю школу, владел русским и грузинским языками, он быстро продвигался по службе: окончил школу сержантов, прошел кавалеристскую и снайперскую подготовку, вступил в ВКП(б) в 1942 г. Надо сказать, что в ведении Батумского погранотряда находилась огромная территория, включающая все черноморское побережье Грузии, в том числе и «дача Сталина».

Г.Г. Хунджуа поступил на физический факультет МГУ в 1950 г., в возрасте 28 лет. Удивительно, что он смог не просто учиться после 10-летнего перерыва, а с 3-го курса был отличником, закончил физический факультет по кафедре физики колебаний в 1956 г. и был оставлен в аспирантуре на кафедре физике моря и вод суши. Его научным руководителем был зав. кафедрой, выдающийся ученый и прекрасный человек Аркадий Георгиевич Колесников — будущий первый директор гидрофизического института АН УССР (Севастополь), академик АН УССР.

В аспирантский период Г.Г. Хунджуа создал уникальный измерительный комплекс для измерения пульсаций электропроводимости, по которым можно было определять флуктуации солёности морской воды. В 1959 г. этот прибор демонстрировался на I Международном океанографическом конгрессе в Нью-Йорке и привлек внимание научной общественности. В 1957–1958 гг. Г.Г. Хунджуа участвовал в III антарктической экспедиции АН СССР (11-месячный кругосветный рейс с заходами: Генуя, Кейптаун, Антарктида — Мирный, Аделаида, Веллингтон, о. Пасхи, Сантьяго де Чили, Монтевидео, Буэнос-Айрес) на д/э «Обь» (советский дизель-электроход, транспортное судно ледового класса). По полученным материалам в 1961 г. Г.Г. Хунджуа защитил кандидатскую диссертацию.

По окончании аспирантуры в 1959 г. Г.Г. Хунджуа работал на физическом факультете на должностях ст. лаборанта, инженера, м.н.с, с.н.с, ст. преподавателя, доцента кафедры физики моря и вод суши. В последующие годы под его руководством был создан еще один уникальный комплекс аппаратуры, позволяющий измерять непрерывный профиль температуры в тонких пограничных слоях воды и воздуха. Эти разработки легли в основу нового метода относительно простого определения тепловых потоков из океана в атмосферу, что кроме чисто научного интереса представляло и большую практическую значимость. Со своей аппаратурой Г.Г. Хунджуа участвовал во многих внутренних и зарубежных морских экспедициях на кораблях АН и МГУ. По результатам измерений в этих экспедициях он в 1977 г. защитил докторскую диссертацию на тему «Термическая структура холодной пленки и теплообмен между океаном и атмосферой» и в 1980 г. стал профессором кафедры физики атмосферы. В 1998 г. Г.Г. Хунджуа было присвоено почетное звание "Заслуженный профессор Московского университета".

За многие годы работы в МГУ Г.Г. Хунджуа вел большую административно-организационную работу: он стоял у истоков подготовительного отделения МГУ и был его первым заведующим; работал заместителем декана физического факультета по НИЧ, а затем по научной работе. На всех этапах этой деятельности проявились его недюжинные организаторские способности и удивительная работоспособность.

Г.Г. Хунджуа был одним из ведущих лекторов отделения геофизики. Им была создана серия новых оригинальных спецкурсов: «Взаимодействие между океаном и атмосферой», «Оптика океана и атмосферы», «Физические основы глобальной экологии», «Физика приводного слоя атмосферы», «Статистические методы обработки данных наблюдений в задачах физики атмосферы». Он был одним из разработчиков и первых лекторов цикла



1997 г., 75-летие Г.Г. Хунджуа

лекций для студентов второго курса физфака «Общая геофизика и экология». Эти лекции вошли в учебное пособие «Общая геофизика», выпущенное под редакцией академика В.А. Магницкого. В указанных курсах проф. Г.Г. Хунджуа широко пользовался результатами как своих исследований, так и новыми материалами по проблемам процессов взаимодействия в системе океан–атмосфера (вопросы потепления климата, феномен Эль-Ниньо и др.). Под его руководством выполнены и защищены 12 кандидатских диссертаций и более 20 дипломных работ.

Г.Г. Хунджуа являлся известным ученым в области экспериментальных исследований процессов тепломассообмена между океаном и атмосферой. Им было создано новое научное направление "Процессы формирования диссипативных структур у неравновесной границы контакта океан–атмосфера, выполняющих роль элементов обратных связей в механизме тепломассообмена между океаном и атмосферой". Г.Г. Хунджуа — автор около 150 научных работ.

Все, кому доводилось работать вместе с Георгием Григорьевичем или под его руководством, кто, учился у него, с удивительным единодушием отмечали, какой он интеллигентный, чуткий и благородный человек, высоко эрудированный учёный, горячий патриот России и Московского университета.

По материалам газеты «Советский физик».



Бюллетень «НОВОСТИ НАУКИ».
© 2022 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.
di.pchelina@physics.msu.ru

Подписано в печать 28.11.2022. Формат 60×90/8.
Усл.-печ. л. 2.0 Бумага мелованная.
Тираж 150 экз.
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова,
119991, Москва ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 2

ISSN 2500–2384

