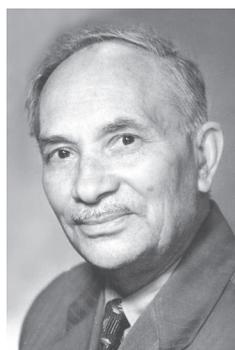




ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

В 1937 г. деканом физического факультета и директором связанного с факультетом Научно-исследовательского института физики (НИИФ) был назначен член-корр. АН СССР профессор Александр Саввич Предводителей.

Важно отметить, что в конце 1930-х гг. происходит фактическое слияние двух независимых ранее структур — самого НИИФ и физического факультета. Этому способствовало три основных фактора: совмещение практически всеми научными сотрудниками исследовательской и педагогической работы; то, что в институте (на факультете) работали недавние студенты того же факультета; и, наконец, то, что начиная с 1937 г., должности директора института и декана факультета выполнял один человек.



*Александр Саввич
Предводителей*

Физический факультет в то время размещался в двух зданиях: ул. Моховая, 11 (НИИФ и физический факультет) и ул. Моховая, 9 (частично физический факультет) и к 1941 г. имел в своем составе 13 кафедр: молекулярных и тепловых явлений (возглавлял член-корр. АН СССР профессор А. С. Предводителей), теоретической физики (и.о. зав. кафедрой доцент В. С. Фурсов), колебаний (и.о. зав. кафедрой профессор К. Ф. Теодорчик), магнетизма (профессор Н. С. Акулов), электронных и ионных процессов (профессор

СОДЕРЖАНИЕ

1.....	Новости науки
28.....	Премии / награды
34.....	Конференции
38.....	Диссертационные Советы

ISSN 2500–2384



Здание физфака на Моховой

Н. А. Капцов), теоретических основ электротехники (и.о. зав. кафедры член-корр. АН СССР профессор В. К. Аркадьев), математики (член-корр. АН СССР проф. А. Н. Тихонов), оптики (профессор, член-корр. АН СССР М. А. Лентонич), рентгеноструктурного анализа (профессор С. Т. Конобеевский), атомного ядра и радиоактивных излучений (член-корр. АН СССР, профессор Д. В. Скобельцын), общей физики (профессор С. Э. Хайкин), общей физики для естественных факультетов (профессор Е. И. Кондорский), общей физики для химиче-

ского факультета (профессор Б. В. Ильин); лабораторию опытных конструкций (инженер-конструктор М. В. Малинин) и экспериментальные мастерские (старший механик К. П. Крылов).

НИИФ, в свою очередь, состоял из 8 лабораторий: рентгеноструктурного анализа (профессор С. Т. Конобеевский), магнетизма (профессор Н. С. Акулов), электромагнетизма имени Максвелла (член-корр. АН профессор В. К. Аркадьев), оптики (член-корр. АН СССР профессор Г. С. Ландсберг), колебаний (профессор К. Ф. Теодорчик), ионных и электронных процессов (профессор Н. А. Капцов), молекулярных и тепловых явлений (член-корр. АН СССР профессор А. С. Предводителев), поверхностных явлений (профессор Б. В. Ильин); и теоретического отдела (член-корр. АН СССР профессор Г. С. Ландсберг).

В предвоенные годы на кафедре молекулярных и тепловых явлений проводились исследования по вынужденному воспламенению горючих газовых смесей, изучению свойств жидких металлов, кинетики химических превращений в электрическом разряде.



А. А. Власов



В. С. Фурсов

На кафедре теоретической физики А. А. Власовым и В. С. Фурсовым были проведены исследования по теории ширины спектральных линий в однородном газе. Тогда же А. А. Власов начал разрабатывать теорию электронной плазмы (за эти работы А. А. Власову была присуждена в 1944 г. Ломоносовская премия). Я. П. Терлецкий занимался теорией ускорителей и нашел условие устойчивости движения электронов в бетатроне, а также предложил безжелезный импульсный бетатрон (за эти работы Я. П. Терлецкому были присуждены в 1948 г. Ломоносовская и в 1951 г. Сталинская премии).



Я. П. Терлецкий

На кафедре магнетизма в предвоенные годы были созданы дефектоскопы, коэрцитометры и приборы для определения твердости и контроля качества термообработки.

Лабораторией колебаний НИИФ были проведены работы с ЦАГИ, позволившие ввести в нормальную эксплуатацию большие аэродинамические трубы с открытой рабочей частью.

В лаборатории опытных конструкций (ЛОК) была сконструирована и построена общефакультетская электростанция, которая снабжала все лаборатории и кафедры факультета и НИИФ постоянным током различных напряжений. Помимо этого, ЛОКом было сконструировано и изготовлено 12 видов приборов по заказам Наркомата военно-морского флота, Наркомата боеприпасов, Главного артиллерийского управления, Управления военно-воздушного флота.

В 1941 г. Г. С. Ландсберг и Н. С. Акулов были удостоены Сталинских премий.



Г. С. Ландсберг



Н. С. Акулов

Набор на 1-ый курс в 1937 г. составлял 120 человек, но уже в 1938 г. набор увеличился до 150 человек и оставался таковым до 1941 г.

6 апреля 1939 г. физический факультет провел первую в СССР олимпиаду школьников по физике. В состав жюри входили профессора С. Э. Хайкин (председатель), С. Т. Ко-

нобеевский, Канзов, доценты С. Г. Калашников, В. С. Фурсов, Ельников.

Участниками олимпиады могли быть все учащиеся девятого и десятого классов, а также лица, окончившие десятилетку, но не поступившие в ВУЗ. Олимпиада состояла из трех туров. К первому туру приступили 216 человек, во втором участвовали 106 человек, к третьему было допущено 28 человек. Победителем стал Я. Фридлянд.

В 1940–1941 учебном году физический факультет совместно с Физическим институтом АН СССР, научно-исследовательским институтом школ, Центральной детской технической станцией имени Н. М. Шверника организовал Первую Республиканскую олимпиаду юных физиков, задуманную как мероприятие, которое могло быть проведено в любой средней школе.

Будни университетского студенчества конца 30-х гг. были непростыми. Сказывались напряженность учебного процесса, недостаточная материальная обеспеченность студентов, тяжелые условия жизни в студенческих городках университета, необходимость для многих из них совмещать учебу с работой.

Мирный ход созидательной жизни был нарушен, когда 1 сентября 1939 г. фашистская Германия, нападая на Польшу, развязала Вторую мировую войну. Боевые действия развернулись в непосредственной близости от наших границ. В сентябре 1939 г. был принят Закон СССР о всеобщей воинской обязанности.

Московский университет всей своей деятельностью ответил на требования суровой реальности того времени. Под воздействием возрастающей внешней военной угрозы менялись содержание и направленность научных исследований. Уже при составлении плана работы МГУ на 1941 г. предпочтение отдавалось важнейшим народнохозяйственным и оборонным темам, по которым можно было получить реальные результаты в кратчайшие сроки.

Изменился и характер военной подготовки студентов. До 1937 г. военная



Музей физического факультета.

кафедра МГУ готовила летчиков-наблюдателей, командиров артиллерийских и пехотных взводов, а по окончании учебы студентам присваивали воинское звание «лейтенант запаса». С 1939 г. студентов стали обучать по программе допризывной военной подготовки, после чего их призывали на военную службу рядовыми бойцами.

Важное значение имели и практические мероприятия по выполнению задач, связанных с обороной на случай войны. В университете была сформирована система местной противовоздушной обороны (МПВО), работники обучались навыкам работы в условиях возможных бомбардировок. На каждом факультете были созданы группы самозащиты, состоящие из 4 звеньев (охраны, связи, противопожарное, медико-санитарное).

Еще в 1936 г. на историческом факультете была создана пулеметная школа, до июня 1941 г. подготовившая 90 инструкторов и 2000 пулеметчиков...

21 июня 1941 года... Время проведения государственных экзаменов на факультетах, летних отпусков преподавателей, приема на факультеты новых студентов...

22 июня 1941 г. Война... Профессора, преподаватели, аспиранты и студенты — все, кто был в городе или под Москвой, поспешили в университет.

У входа в МГУ патрулировали студенты. Комитет ВЛКСМ принял решение провести общее комсомольское собрание университета. Самая большая в университете Коммунистическая аудитория (до революции — Большая Богословская, сейчас — аудитория имени А. П. Чехова факультета журналистики) не могла вместить всех. Располагались в проходах, на лестницах, площадках. Все были полны решимости встать на защиту Родины, отдать все силы, а если понадобится, и жизнь во имя победы над врагом. Резолюция собрания гласила: «Комсомольская организация МГУ объявляет себя полностью мобилизованной для выполнения любого задания партии и правительства — на фронте, на заводах, на транспорте, на колхозных и совхозных полях. Мы клянемся оправдать доверие партии, оправдать высокое звание члена ленинского комсомола. Мы клянемся проявить организованность и дисциплину, выдержку и настойчивость, мужество и революционную бдительность».

В первую военную ночь студенты университета вышли патрулировать по городу для проверки светомаскировки.

3-го июля начала формироваться 8-я дивизия Народного ополчения Краснопресненского района г. Москвы. 11 июля дивизия уже выступила из Москвы. В ее состав вошло более тысячи сотрудников, аспирантов и студентов Университета, из них 158 физиков.

Но большинство студентов в первые месяцы войны были заняты на оборонных предприятиях: 1200 человек строили метрополитен, 1300 занимались уборочными работами, студенческие бригады помогали на заводах «Фрезер» и имени Фрунзе. Три тысячи студентов были мобилизованы на строительство оборонительных рубежей.

Летом 1941 г. профессора и преподаватели физического факультета Д. И. Блохинцев, А. А. Власов, С. Г. Калашников, Н. А. Капцов, Е. И. Кондорский, М. А. Леонтович, А. К. Тимирязев подали заявления с просьбой направить их в народное ополчение. Им в этом было отказано.

С первых дней войны партийное бюро факультета (секретарь М. Я. Васильева, заместитель секретаря Я. П. Терлецкий) вело большую работу по разъяснению, что нельзя всем без исключения идти в ополчение, что

Университет и физический факультет должны продолжать свою деятельность и вести работу, необходимую для фронта.

В тылу

В начале июля 1941 г. Всесоюзный комитет по делам высшей школы при Совете Народных Комиссаров СССР установил новые сроки и порядок выпуска специалистов в условиях военного времени. Во исполнение этого приказа были сокращены сроки обучения в МГУ. Студенты приема 1938 г. должны были завершить обучение 1 мая 1942 г.; студенты приема 1939 г. — 1 февраля 1943 г.; для студентов, принятых на обучение в 1940 и 1941 гг., а также для студентов будущих лет приема был введен трехлетний срок обучения.

1 августа 1941 г. было объявлено о начале занятий у студентов второго, третьего и пятого курсов физического факультета, однако фактически занятия тогда начаты не были. Не начались занятия и в сентябре 1941 г.

27 августа 1941 г. состоялось заседание Ученого совета физического факультета, на котором декан А. С. Предводителев ознакомил присутствовавших с новым трехлетним учебным планом, содержащим три цикла дисциплин:

1. основы электросвязи, оборонная акустика, радиоволны;
2. военное материаловедение;
3. техническая термодинамика, тепловые машины, горение и взрывы.

Осенью 1941 г. почти все студенты 3-го курса физического факультета были направлены на обучение в Военно-воздушную академию, часть студентов 4 и 5 курсов ушла в ополчение. 30 студенток физического факультета обучалось на краткосрочных курсах рентгенотехников. Активное участие в организации этих курсов принимала студентка 5-го курса Е. В. Колонцова. После окончания этих курсов Е. В. Колонцова в чине младшего лейтенанта работала в эвакуогоспитале № 2920.

С первых дней войны коллектив физического факультета и Научно-ис-

следовательского института физики начал перестраивать свою работу на военный лад.

Соответственно перестроили свою работу ЛОК и экспериментальные мастерские факультета. ЛОКу было поручено делать конструкторские разработки предложений сотрудников физфака и НИИФ, осуществлять наблюдение и контроль за изготовлением в мастерских опытных образцов приборов, испытывать эти приборы и разрабатывать чертежи для их серийного производства.

На кафедре молекулярных и тепловых явлений проводились исследования по сужению пределов воспламенения бензинов с целью подыскания методов борьбы с танками и автомашинами противника. На кафедре колебаний по заданию Народного Комиссариата Военно-воздушного флота был разработан прибор "Ночь-1" для тренировки летчиков, обучаемых слепой посадке самолетов. На кафедре теоретической физики изучались полимерные вещества, веланы, для создания тканей, пропускающих воздух, но не пропускающих воду. ЛОК и экспериментальные мастерские освоили производство 7 приборов военного назначения, включая "Ночь-1". Группа сотрудников Государственного астрономического института имени П. К. Штенберга (ГАИШ) составила для бойцов Советской Армии и партизан инструкцию "Как определить направление и время по Солнцу и звездам". В сентябре 1941 г. она вышла тиражом в 200 000 экземпляров, а в январе 1942 г. было осуществлено 2-ое издание этой инструкции тиражом в 50 000 экземпляров.



В середине октября 1941 г. завязались ожесточенные бои на подступах к Москве: по приказу Гитлера Москва должна была быть разрушена до основания и затоплена, а жители ее — все до единого! — уничтожены. Началась масштабная эвакуация городских учреждений и их работников.

В начале октября коллектив ГАИШ был эвакуирован в г. Свердловск (Екатеринбург). Небольшая группа сотрудников Службы времени все годы войны оставалась в Москве и не прекращала своей работы.

Ряд ученых физического факультета МГУ, работавших также в академических институтах, главным образом ФИАН, были эвакуированы в Казань.



ГАИШ в эвакуации (Свердловск)

В этот период были разработаны эталонные измерительные гидрофоны, а также проект звукоизолированной кабины для гидроакустиков-слухачей на военных кораблях (С. Н. Ржевкин), проводились работы по обнаружению



С. Н. Ржевкин



Д. И. Блохинцев



Б. В. Ильин



Л. И. Мандельштам

самолетов по создаваемому ими шуму (Д. И. Блохинцев), радиолокации (Л. И. Мандельштам, 1942 г. — Сталинская премия).

Местом же размещения МГУ был выбран Ашхабад, где университет должен был располагаться в зданиях Ашхабадского государственного педагогического института им. А. М. Горького. Эвакуация туда продолжалась до конца 1941 г. Часть работников и студентов вместе с некоторым количеством научного оборудования была перевезена, часть осталась в Москве.

Эвакуированным отделением физического факультета руководил декан А. С. Предводителев, а московское отделение возглавил исполнявший обязанности декана в Москве профессор Борис Владимирович Ильин.

В декабре 1941 г., после разгрома немецко-фашистских захватчиков под Москвой, Совет Народных Комиссаров СССР принял решение о начале занятий в высших учебных заведениях г. Москвы с 2 февраля 1942 г.

Перед группой оставшихся в Москве сотрудников физического факультета встала труднейшая задача: в короткий срок восстановить учебный процесс и развернуть научно-исследовательские работы в помощь фронту и оборонной промышленности страны.

Необходимо было в первую очередь привести в порядок здание физического факультета (на Моховой), пострадавшее от бомбардировок фашистской авиации и от морозов: окна были выбиты и закрыты фанерой, трубы парового отопления и бочки с водой, поставленные на каждом этаже на случай тушения пожаров, полопались от холода, полопались многие приборы, содержащие воду и ртуть.

Первые лекции и семинары проходили в холодных, плохо отапливаемых аудиториях. В тяжелых условиях первого военного года обеспечить нормальный учебный процесс было трудно, так как все студенты были постоянно заняты на заготовках дров и торфа.

Механические мастерские, находившиеся в подвальном помещении физического факультета, были усилены станками, полученными с других факультетов университета. Эти мастерские стали выполнять военные заказы на изготовление деталей мин, ручных гранат, снарядов.

Группа С. Э. Хайкина занималась разработкой методов радиолокации. В лаборатории Б. В. Ильина велись разработки методов несмачиваемости картонных дымозащитных фильтров в противогазах, был разработан портативный прибор для проверки индивидуальных противогазов на сопротивление вдыхаемому воздуху. В группе



С. Э. Хайкин



Ф. А. Королев

Холл 2 этажа физического факультета.



Ф. А. Королева были развернуты работы по разработке и производству аппаратуры экспрессного спектрального анализа чугуна, стали, алюминия и его сплавов, цветных металлов, необходимой для автомобильной, танковой, авиационной промышленности плазмы.

Летом 1942 г. начал свою деятельность Ученый совет московского отделения физического факультета МГУ. Председателем Совета был профессор Б. В. Ильин, членами Совета: С. Э. Хайкин, М. А. Леонтович, Н. П. Кастерин, Ф. А. Королев, В. К. Семенченко, М. И. Захарова, Е. В. Ступоченко, А. В. Киселев.

На своих заседаниях Ученый совет обсуждал различные вопросы, связанные с расширением научно-исследовательских работ оборонного характера, с улучшением учебного процесса на факультете.

Ученый совет стал также принимать к защите кандидатские и докторские диссертации. С. П. Стрелков, приехав из Казани, представил к защите докторскую диссертацию «Автоколебания в аэродинамических трубах» и успешно защитил ее в августе 1942 г.

С переездом МГУ из Москвы в Ашхабад одна из главных задач коллектива физического факультета, как и всего университета в целом, заключалась в том, чтобы в кратчайшие сроки организовать учебный процесс.

За несколько месяцев было подготовлено около 200 новых лекционных демонстраций (А. Б. Млодзевский), реформирован физический практикум (С. И. Грибкова, Р. В. Телеснин, В. И. Иверонова, Е. С. Четверикова, А. Г. Белянкин), и уже в декабре 1941 г. начались занятия в Ашхабаде.

В первые дни лекции, семинары и консультации проводились в неблагоустроенных помещениях недостроенного здания, в комнатах общежития, а порой и просто в какой-нибудь из беседок институтского сада. Потом учебные занятия были перенесены в аудитории педагогического института и проводились в часы, свободные от занятий института.

Учиться в условиях эвакуации было нелегко. Учебная база МГУ находилась за городом, а студенческое общежитие в самом городе на расстоянии 4 км. Под общежитие были отданы две школы, где студентам приходилось спать и в коридорах. Постелей не было, не хватало электроэнергии и воды. Городской транспорт работал нерегулярно. Студенты чаще всего пешком отправлялись в довольно отдаленные участки города, где они вели общественную и шефскую работу. Многие из них ежедневно дежурили в госпиталях, ухаживали за ранеными.

Наряду с учебными занятиями в Ашхабаде велась и научная работа.

Сотрудники кафедры молекулярных и тепловых явлений занимались исследованием электрического способа превращения сернистого газа в слабую серную кислоту, что имело большое практическое значение при использовании отходов производства ашхабадских стекольных заводов. Сотрудники кафедры магнетизма провели испытания стеклянных изоляторов для телеграфной и телефонной связи, а также разработали магнитный дефектоскоп для отбраковки ответственных деталей дизельных двигателей Ашхабадской гидроэлектростанции. Коллектив кафедры рентгеноструктурного анализа провел исследование туркменских фосфоритов и сконструировал рентгеновский прибор для нужд медицины. Сотрудники кафедры электронных и ионных процессов организовали первые в Ашхабаде стеклодувные мастерские. Стеклодувная мастерская стала производить по заданию Наркомата здравоохранения Туркменской ССР различные стеклянные приборы для нужд госпиталей. За короткое время было выпущено более 300 тысяч изделий, которые были использованы для лечения раненых бойцов.

Впоследствии (в связи с переездом МГУ в г. Свердловск) эти стеклодувные мастерские по просьбе ряда организаций Туркмении были разделены на три части, одна из которых была передана филиалу АН Туркменской ССР, другая — Центральному институту микробиологии и эпидемиологии, третья — Ашхабадскому педагогическому институту.

В конце июня 1942 г. было принято решение о переводе университета из Ашхабада в Свердловск. Здесь ученые физического факультета смогли развернуть работы оборонного значения совместно с промышленными предприятиями.

Коллектив кафедры молекулярных и тепловых явлений совместно с лабораторией Института металлургии Уральского филиала АН СССР провели исследования температурной зависимости удельной теплоемкости металлов с учетом фазовых переходов и вязкости расплавленных чугунов и сталей. Сотрудники кафедры рентгеноструктурного анализа исследовали свойства специальных сплавов. Сотрудники кафедры магнетизма по заказу Свердловского подшипникового завода разработали магнитный дефектоскоп для обнаружения дефектов в массивных шарикоподшипниковых кольцах, а по заказу Уральского машиностроительного завода — магнитный анализатор для массового контроля. Коллектив кафедры электронных и ионных процессов организовал на Уральском машиностроительном заводе цех регенерации электрических ламп накаливания.

В апреле–мае 1943 г. МГУ был реэвакуирован из Свердловска в Москву.

Летом 1943 г. началась подготовка к началу очередного учебного года. В тот момент на факультете фактически обучалось 125 человек. При этом существовало рассогласование в освоении программ у студентов, обучавшихся в Москве и Свердловске. Также обучавшиеся в Свердловске студенты не выполняли физический практикум, и этот пробел необходимо было устранить в кратчайшие сроки. Ситуация усугублялась тем, что аппаратура практикума была вывезена в Ашхабад. Тем не менее к сентябрю практикум был доведен почти до того состояния, в котором он был до войны.

В 1944 г. программа общего курса физики, разработанного на физическом факультете в 1943–1944 гг., была одобрена Всесоюзным комитетом по делам высшей школы при Совете Народных Комиссаров СССР для использования физико-математическими факультетами государственных

университетов и педагогических институтов СССР. С того же года кафедра общей физики для физического факультета начала выполнять функции всесоюзного методического центра, координирующего преподавание курса общей физики во всех университетах СССР.

Научно-исследовательская работа также была осложнена тем, что большая часть оборудования мастерских физического факультета была вывезена на заводы.

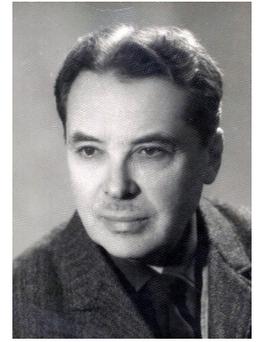
Тем не менее, работа кипела. На кафедре оптики был разработан метод, позволивший выяснить физическую природу явления кумуляции, связанного с переходом кинетической энергии части продуктов взрыва в энергию направленного движения струй (за эти работы Ф. А. Королев и Н. Л. Карасев были удостоены в 1945 г. Сталинской премии), возобновлены работы по люминесценции и созданию экономичных люминесцентных источников света (за эти работы С. И. Вавилов и В. Л. Левшин были удостоены в 1951 г. Сталинской премии). Сотрудниками кафедры молекулярных и тепловых явлений исследовалось воспламенение керосинов в смеси с азотной кислотой и горение бензинов в воздухе, проводились работы по горению двухфазных горючих смесей в полужамкнутых сосудах, был разработан акустический пульсатор выхлопных газов самолетов, проводились расчеты конструкций безаварийных двигателей. Сотрудники кафедры общей физики для естественных факультетов разработали средства размагничивания кораблей и их защиты от магнитного минно-торпедного оружия. Сотрудники кафедры магнетизма разработали и внедрили в производство термоэлектрический прибор для сортировки стали, предназначенной для изготов-



А. А. Соколов,



И. Я. Померанчук



Д. Д. Иваненко

ления корпусов бронебойных снарядов, разработали прибор для экспрессного испытания головок бронебойных снарядов. Сотрудниками кафедры колебаний велись исследования по теории автоколебательных систем, была создана нелинейная теория ДС-генераторов. Сотрудниками кафедры общей физики для физического факультета был сконструирован озонатор, предназначенный для очистки воздуха в подводных лодках. Сотрудниками кафедры рентгеноструктурного анализа проводились исследования старения различных сплавов, в том числе дюралюминия. Сотрудниками кафедры теоретической физики продолжались разработки теории электронной плазмы, релятивистской теории индукционного ускорителя — бетатрона, фундаментальных вопросов статистической физики и квантовой теории поля, теории синхротронного излучения (за эту работу Д. Д. Иваненко, А. А. Соколов и И. Я. Померанчук были удостоены в 1950 г. Сталинской премии). На кафедре математики были проведены многочисленные исследования задач геофизики, которые послужили основой нового направления — развития теории и методики использования электромагнитных полей для изучения внутреннего строения земной коры. На кафедре атомного ядра и радиоактивных излучений после эвакуации

университета образовалась первая лаборатория, где проводились исследования космических лучей на высотах 8–10 км и ионизационного действия гамма-излучений.

В 1943 г. на физическом факультете была образована кафедра физики моря. Первым ее заведующим был назначен член-корр. АН СССР В. В. Шулейкин.

В 1944 г. на физическом факультете была образована кафедра акустики под руководством профессора С. Н. Ржевкина. На кафедре были проведены работы по исследованию шума самолетов и поиску методов его заглушения.

В 1943 г. по заказам оборонных организаций мастерскими факультета и ЛОКом было изготовлено 25 видов приборов в количестве около 600 штук.

Начиная с 1944 г. стали постепенно отзываться из Советской Армии преподаватели, аспиранты и студенты физического факультета (В. С. Фурсов, М. Д. Карасев, В. Л. Бонч-Бруевич, А. А. Самарский и др.).

На фронте

158 физфаковцев сражались в составе 8-й Краснопресненской дивизии Народного ополчения. Секретарь партбюро физфака Т. К. Глазунов был комиссаром отдельного артиллерийского дивизиона, где служили также А. С. Аникеев и В. Г. Зубов, в роту связи 23-го полка были зачислены Г. А. Бендриков, С. К. Моралей, А. А. Самарский.



В. Л. Левшин



С. И. Вавилов



В. В. Шулейкин



В. Г. Зубов.



А. А. Самарский



Ф. А. Тяпунин

2 октября 1941 г. 8-я стрелковая дивизия была переброшена в район г. Ельни (с. Уварово), где была прорвана линия фронта. В первый день боя было ранено более 1200 ополченцев, погибли командир и комиссар дивизии. Оказавшись в окружении, теряя людей и технику, дивизия отходила вдоль реки Угра, продолжая сражаться и прорываться на соединение с частями Советской армии. Несколько отрядов, сражаясь, вышло из окружения. Командование одним из таких отрядов принял на себя инструктор политотдела 8-й стрелковой дивизии аспирант физического факультета МГУ В. Г. Зубов.

Благодаря упорству и стойкости наших войск, в том числе 8-ой дивизии, сражавшихся с превосходящими силами противника в окружении в районе г. Вязьмы, главные немецко-фашистские силы были задержаны в самые критические для Москвы дни.

Один из организаторов народного ополчения на физическом факультете Т. К. Глазунов прошел боевой путь длиной во всю Великую Отечественную войну. После участия в октябрьских боях под Ельней он воевал под Москвой, на Западном фронте, под Орлом. Был ранен. Вернувшись из госпиталя, в составе воздушно-десантных войск он участвовал в освобождении Румынии, Венгрии, Австрии и Чехословакии. Боевые заслуги гвардии подполковника Т. К. Глазунова были отмечены двумя орденами Красного Знамени, орденами Отечественной войны I степени, Красной Звезды и многими медалями.

Другой организатор народного ополчения на физфаке В. Г. Зубов, выживший после тяжелого ранения, полученного в сражениях под Ельней, вернулся снова на Закавказский фронт, участвовал в боях по обороне и освобождению Кавказа. В 1946 г. он демобилизовался из армии в звании майора и вернулся на физический факультет.

В тяжелых боях под Ельней был ранен командир роты Г. А. Бендриков. После возвращения из госпиталя он воевал под Ржевом, на Курской дуге, в Львовско-Сандомирской и Висло-Одерской операциях, в боях за рейхстаг. Г. А. Бендриков был награжден орденами Отечественной войны II степени, Красной Звезды, медалями “За боевые заслуги” и другими.

Студент физфака А. А. Самарский ушел добровольцем в Народное ополчение, участвовал в боях в районе Ельни, был тяжело ранен в декабрьском сражении под Москвой. Из госпиталя он вернулся на физический факультет МГУ, где продолжил прерванную войной учебу.

Сотрудник физического факультета Ф. А. Тяпунин, летчик-штурман, совершил более 170 боевых вылетов, был награжден орденами Красного Знамени и Красной Звезды, героически погиб в битве за Сталинград. В Сталинграде погиб заместитель декана физфака В. Ф. Печенников. Рота, которой он командовал, обороняла Сталинградский тракторный завод. На различных фронтах Великой Отечественной войны сражались и погибли офицеры Советской Ар-

мии: доценты физического факультета П. Е. Прозоров (в боях под Нарвой), М. А. Дивильковский, С. К. Моралев; ассистент А. Н. Гавриленко, заместители декана В. А. Константинов и М. И. Филиппов.

121 физфаковец отдал свою жизнь в боях Великой Отечественной войны. В 1970-х годах благодаря титаническому труду Г. А. Бендрикова, А. Нечитаевой, Н. А. Сухачевой, Ф. Б. Конева и О. Д. Ахматова их имена были установлены и высечены на гранитной плите памятника, воздвигнутого возле здания физического факультета МГУ.

Профессор А. П. Орешко

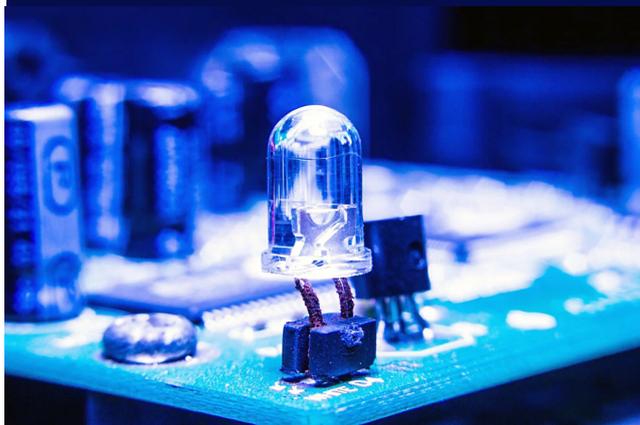


ВЕЧНАЯ СЛАВА ВОИНАМ ГЕРОЯМ!			
АНАНИЕВ П.Т. АСПИРАНТ	ЗАЩАНСКИЙ В.А. СТУДЕНТ 4 КУРСА	ОСТРОВСКИЙ Е.П. НАУЧНЫЙ СОТРУДНИК	
АНДРИУШИН В.А. АСПИРАНТ	ЗАПОЛЗНИК Ю.Я. СТУДЕНТ 4 КУРСА	ОХОТКИН П.К. АСПИРАНТ	
АХМЕДОВ С.Э. АСПИРАНТ	ЗАТЕЙЩИКОВ Г.О. ВЫПУСКНИК 1941г.	ПАВЛОВ Н.М. СТУДЕНТ 4 КУРСА	
БАТЬ А.И. ВЫПУСКНИК 1941г.	ЗОБАРЕВСКИЙ Е.С. ВЫПУСКНИК 1941г.	ПАВЛОВ И.П. АСПИРАНТ	
БАУЭР С.К. СТУДЕНТ 4 КУРСА	ЗОРИН В.Ф. СТУДЕНТ 2 КУРСА	ПОПКОВ Б.А. СТУДЕНТ 3 КУРСА	
БЕБЕК Н.И. ВЫПУСКНИК 1938г.	ИВАНОВА Е.И. СТУДЕНТА 2 КУРСА	ПЕЧЕННИКОВ В.Ф. ЗАМ. ДЕКАНА	
БЕЛЫЙ Ю.Н. СТУДЕНТ 2 КУРСА	ИЛЬЧЕНКО Г.М. СТУДЕНТ 4 КУРСА	ПИРОН А.П. СТУДЕНТ 3 КУРСА	
БЕЛЫКОВ БОДИН И.Б. ВЫПУСКНИК 1941г.	КАПЕЛЬМАН М.Я. СТУДЕНТ 3 КУРСА	ПОВОЛОЦКИЙ В.А. СТУДЕНТ 3 КУРСА	
БЕНИН Э.Я. СТУДЕНТ 2 КУРСА	КОЛЫЧЕВ В.И. СТУДЕНТ 3 КУРСА	ПРОЗОРОВ П.Е. ВЫПУСКНИК 1941г.	
БЕРНИКОВ Л.В. ВЫПУСКНИК 1941г.	КОМИССАРОВ В.А. ЗАМ. ДЕКАНА	ПРОТОНОВ А.И. Герой Советского Союза	
БИРГЕР С.А. АСПИРАНТ	КОНСТАНТИНОВ В.А. СТУДЕНТ 2 КУРСА	РУДЕНКО Е.М. СТУДЕНТКА 4 КУРСА	
БИРУЛИН А.А. АСПИРАНТ	КОТОВ Г.Ф. МЕХАНИК	РЫБИЧКОВ А.Н. ВЫПУСКНИК 1941г.	
ВАНШЕРГ М.М. СТУДЕНТ 2 КУРСА	КОШЕВЕРОВ А.А. СТУДЕНТ 2 КУРСА	САМОХВАЛОВ С.Н. СТУДЕНТ 4 КУРСА	
ВАСИЛЬЕВ-ДОРОЖНИК П.Н. СТУДЕНТ 4 КУРСА	ЛАВРЕНТЬЕВ П.А. СТУДЕНТКА 4 КУРСА	СЕМАШКО А.Б. СТУДЕНТ 1 КУРСА	
ВЕЛИКОВСКАЯ Е.Д. СТУДЕНТКА 3 КУРСА		СИМОНОВ Ю.В. СТУДЕНТ 1 КУРСА	
ВИГДЕРГАУЗ Л.Д. СТУДЕНТ 2 КУРСА		СКВОРЦОВ Л.А. ВЫПУСКНИК 1941г.	
ВИТАЛЬ И.А. НАУЧНЫЙ СОТРУДНИК		СЛАДКОВ В.И. СТУДЕНТ 3 КУРСА	
ВЛАСОВ Г.Е. СТУДЕНТ 3 КУРСА		СМИРНОВ М.В. ВЫПУСКНИК 1941г.	
ВОЛЫНИЦ Л.А. АСПИРАНТ		СОКОЛОВ В.П. СТУДЕНТ 4 КУРСА	
ВОЛГАРОВИЧ И.М. СТУДЕНТ 1 КУРСА		СОКОЛОВ Л.П. ВЫПУСКНИК 1941г.	
ВОЛЫНЦЕВ А.А. ВЫПУСКНИК 1941г.		СРЕДНЯКОВ Н.И. АСПИРАНТ	
ВОЛЫЖИРСКИЙ А.Н. ВЫПУСКНИК 1941г.		СУББОТИН В.А. СТУДЕНТ 4 КУРСА	
ГАЛАДИН И.Д. АСПИРАНТ		ТАХМИРОВ И.С. ВЫПУСКНИК 1941г.	
ГОРСКИЙ В.С. СТУДЕНТ 2 КУРСА		ТУМАКОВ В.И. ВЫПУСКНИК 1941г.	
ГОРЮНКОВ Г.П. ВЫПУСКНИК 1941г.		ТЯХУНИН Ф.А. СТУДЕНТ 3 КУРСА	
ГОСРЕМ Э.В. СТУДЕНТ 4 КУРСА		УСЛЕНСКИЙ Г.Б. СТУДЕНТ 2 КУРСА	
ГРАБОВСКИЙ А.Д. СТУДЕНТ 1 КУРСА		ФАЛКОВИЧ И.И. СТУДЕНТ 4 КУРСА	
ГУСЬ В.И. СТУДЕНТ 1 КУРСА		ФЕДОРОВ В.Е. ВЫПУСКНИК 1941г.	
ДАВИДЬКОВСКИЙ М.А. ДОЦЕНТ		ФЕЛОСЕЕВ Г.Н. ВЫПУСКНИК 1941г.	
ДОБРОВОЛЬСКИЙ И.В. СТУДЕНТ 4 КУРСА		ФРОЛОВ В.Ф. АСПИРАНТ	
ДОБРОСЛОВ М.Ф. ВЫПУСКНИК 1941г.		ФИЛИППОВ М.И. ВЫПУСКНИК 1941г.	
ДУБИНИЧ Г.М. СТУДЕНТ 2 КУРСА		ХИМОВ В.Ф. АСПИРАНТ	
ДУМЕР И.И. ВЫПУСКНИК 1941г.		ХМЕЛЕВ В.В. АСПИРАНТ	
ЕГОРШИН О.В. СТУДЕНТ 4 КУРСА		ХОМОВ В.Ф. АСПИРАНТ	
ЕЛАНСКИЙ Е.И. СТУДЕНТ 4 КУРСА		ЦЕРТЕТЕЛИИ В.М. АСПИРАНТ	
ЕЛЕНЦКИХ В.И. МЕХАНИК		ШАПОВАЛЕНКО С.В. СТУДЕНТ 3 КУРСА	
ЕМЕЛЬЯНОВ О.А. ВЫПУСКНИК 1941г.		ШЕВЦОВ И.С. СТУДЕНТ 3 КУРСА	
ЕМОЛАНОВ А.А. СТУДЕНТ 2 КУРСА		ШКИТ П.П. СТУДЕНТ 4 КУРСА	
ЖЕБРОВСКИЙ Л.Г. ВЫПУСКНИК 1941г.		ШУБИН В.Ф. СТУДЕНТ 4 КУРСА	
ЖУКОВСКИЙ П.П. ВЫПУСКНИК 1941г.		ЮРОВСКИЙ Г.Л. СТУДЕНТ 4 КУРСА	
		ЯХОНТОВ Ю.А. СТУДЕНТ 2 КУРСА	



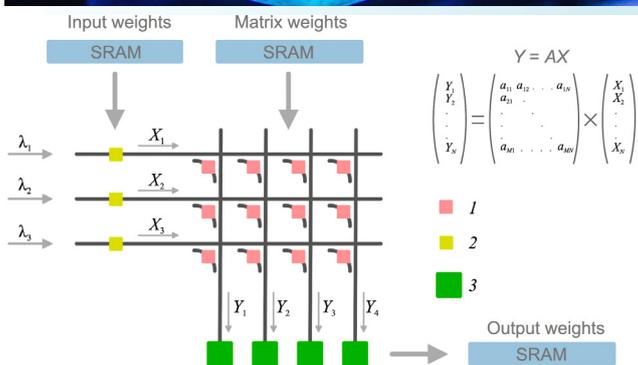
Мемориальный комплекс создан на средства сотрудников и выпускников Физического факультета.

Оценка потенциала фотонных вычислений



До исследования группы ученых лаборатории нейроморфной фотоники физического факультета МГУ никто не проводил полного численного анализа потенциала фотонного процессора.

Производилось лишь обобщение данных, экспериментально полученных на вычислителях с малым количеством элементов, на крупномасштабные системы. Предложенный подход позволил не только значительно уточнить потенциальную производительность, но и оценить работоспособность системы в целом. Исследование выполнено при поддержке фонда «Интеллект».



Искусственные нейронные сети прочно вошли в нашу повседневную жизнь. Они используются для ряда вычислительных задач, таких как анализ и обработка изображений, генерация текста и видео и т.д. Но обучение и использование нейросетей требует крайне большого количества вычислений, для которых применяются профессиональные видеокарты и суперкомпьютеры. Эксплуатация данных устройств приводит к потреблению большого количества энергии и активному тепловыделению.

Для решения данной проблемы ранее в научном сообществе был предложен концепт фотонного процессора, который потребляет на порядок меньше энергии, чем его электронные аналоги сопоставимой мощности. Это становится возможным из-за отсутствия тепловыделения при распространении света по процессору. Данный подход позволяет проводить обработку данных в высоко параллельном режиме, чтократно повышает скорость вычислений.

(т.н. халькогенидных стекол) для представления чисел в процессоре, что позволяет отойти от традиционной архитектуры фон Неймана и хранить данные для вычислений напрямую в процессоре. Для численного исследования потенциала масштабирования процессора каждый его элемент был представлен в виде матрицы электрического и оптического отклика, перемножение которых в правильном порядке давало суммарный отклик всей системы на используемое излучение входных лазеров», — рассказал один из авторов исследования, инженер лаборатории нейроморфной фотоники физического факультета МГУ Григорий Колосов.

Сопоставляя мощность шума и сигнала на выходе из системы, авторы исследования смогли определить, что максимально возможный размер одного ядра фотонного процессора, при котором еще возможны точные и незашумленные вычисления, составляет 15x15 элементов оптической памяти. Данный

результат позволяет сделать вывод о ранее завышенных оценках потенциала оптических вычислений.

Тем не менее, фотонный процессор способен потенциально предоставить производительность в 4 ТОПС (тераопераций в секунду) на ядро при энергопотреблении менее 1 Ватта, что позволит существенно энергетически удешевить обучение и использование нейронных сетей.

Целью работы лаборатории нейроморфной фотоники, поддерживаемой фондом «Интеллект», является исследование и разработка новых принципов оптических вычислений, а также аналоговых подходов для создания искусственных интеллектуальных систем. В перспективе на основе данных разработок планируется создание прототипов новых вычислительных устройств и их элементной базы.

G. A. Kolosov, A. S. Shorokhov & A. A. Fedyanin. "Numerical Simulation of a Photonic Tensor Core for the Hardware Acceleration of the Optical Matrix-Vector Multiplication". JETP Letters Aims and scope Submit manuscript. 2025. 120, p. 932–938, (2024).

Новое ограничение на аксионоподобную сверхлегкую темную материю по результатам наблюдений протопланетного диска HL Тельца

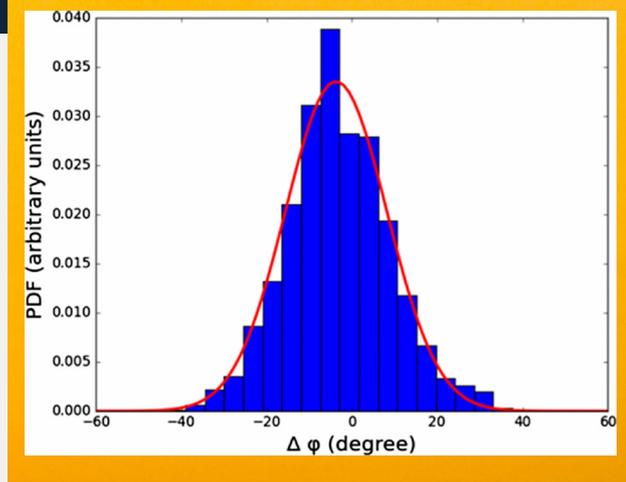
На кафедре физики частиц и космологии физического факультета МГУ были получены новые ограничения на константу связи между аксионоподобной сверхлегкой темной материи и фотоном. Данные ограничения были получены из сравнения двух карт поляризации света в протопланетном диске HL Тельца, взятых в разное время. Было показано, что изменение поляризации света в протопланетном диске HL Тельца может быть связано с наличием осцилляций аксионного конденсата. Полученное в ходе работы ограничение на константу связи будет включен в Particle Data Group. Работа поддержана грантом РФФИ.

На сегодняшний день имеется множество экспериментальных указаний на существование темной материи, однако её природа до сих пор неизвестна. Одной из возможных моделей темной материи является сверхлегкая темная материя (ULDM). В данном исследовании предполагается, что сверхлегкая темная материя состоит из аксионоподобных частиц (ALP). Такое предположение достаточно популярно, поскольку в таком сценарии небольшая масса псевдоголдстоуновского бозона появляется из непертурбативного взаимодействия, а все поправки к массе по теории возмущений тождественно равны нулю. Благодаря такому механизму можно «защитить» сверхлегкую массу частиц темной материи от радиационных поправок. С другой стороны, известно, что аксионоподобные частицы способны взаимодействовать с фотонами, открывая таким образом новые возможности для их поиска.

Данная ULDM модель, предполагающая наличие аксионоподобных частиц, приводит к существованию интересного эффекта: заполняющая всю Вселенную аксионоподобная темная материя будет влиять на линейную поляризацию фотонов при их прохождении сквозь нее.

С другой стороны, теоретически обосновано наличие осцилляций конденсата такой темной материи, причем с периодом осцилляций порядка нескольких лет. Это свойство приводит к повороту плоскости поляризации излучения источника со временем. Фаза поляризации в таком случае будет определяться фазой аксионного поля у источника и у Земли, пропорциональной косинусу. Если поворот плоскости поляризации не наблюдается, значит, можно исключить определенную область параметров аксионоподобной сверхлегкой темной материи.

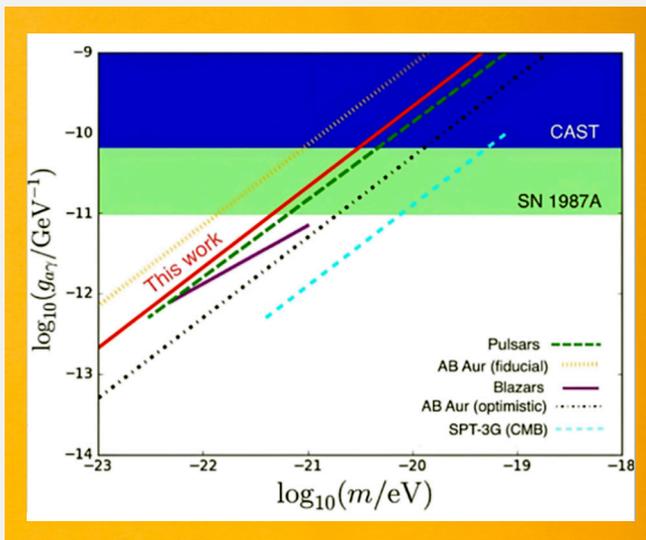
Существует множество подходов к поиску данного эффекта. В некоторых работах использовалось множество блазаров с длинными временными рядами поляриметрических наблюдений. В других работах изучалось одномоментное наблюдение поляризации излучения протопланетного диска, однако такой подход имеет определенные проблемы: так, например, отсутствие осцилляций, которое наблюдали авторы, может



Распределение разностей углов поляризации между наблюдениями 2021 и 2016 годов (синяя гистограмма) и фит гауссовым распределением (красная линия).

быть связано с тем, что в момент наблюдения у косинуса случайным образом оказалась правильная фаза. Наиболее надежное ограничение на константу связи аксионоподобной темной материи и фотонов можно получить, если измерять один источник на протяжении длительного времени.

В данной работе в качестве источника был выбран протопланетный диск HL Тельца. Этот астрофизический объект хорошо подходит для поиска ограничений на константу связи аксионоподобной темной материи и фотонов, поскольку наблюдается на протяжении длительного вре-



Сравнение ограничений для аксион-фотонной константы взаимодействия $g_{a\gamma}$. Красная линия — ограничение из этой работы.

мени и на одной частоте телескопами Atacama Large Millimeter Array (ALMA). Для оценки данной константы связи были взяты данные о поляризации света протопланетного диска HL Тельца за 2016 и 2021 года. Такой выбор данных крайне удобен, так как временной промежуток по порядку соответствует периоду осцилляций конденсата аксионоподобной сверхлегкой темной материи. Используя эти данные, можно найти распределение изменений углов поляризации за данный промежуток времени. В работе было показано, что распределение изменения углов поляризации с хорошей точностью является распределением Гаусса. Таким образом, среднее изменение угла плоскости поляризации света от протопланетного диска HL Тельца за выбранное время наблюдений ограничено на уровне достоверности 95% следующим образом:

$$\Delta\varphi < 0.0642 \pm 0.0669 \text{ rad, } 95\% \text{ C.L.} \quad (1)$$

Это изменение может быть связано с наличием осциллирующего конденсата аксионоподобной сверхлегкой темной материи и, следовательно, с константой связи между аксионоподобной темной материи и фотонами. Таким образом, используя этот результат, можно найти ограничение на константу связи:

$$g_{a\gamma} \lesssim 2.111 \times 10^{-12} \text{ GeV}^{-1} (m/10^{-22} \text{ eV}), \quad 95\% \text{ C.L.}, \quad (2)$$

где m — масса аксионоподобной частицы. Этот результат является одним из лучших ограничений, полученных из астрофизических соображений, на сегодняшний день, и будет включен в Particle Data Group.



Либанов Александр Максимович и Давыдов Даниил Дмитриевич на Баксанской Нейтринной обсерватории, Приэльбрусье, 9 апреля 2025 год.

Davydov D., Libanov A. «Constraints on axionlike ultralight dark matter from observations of the HL Tauri protoplanetary disk». *Physical Review D*, 2024. **110**, 10, 103022.

На пути к созданию сенсорных материалов с длительным временем устойчивой работы

Ученые физического и химического факультетов МГУ показали, что стабильность полупроводниковых газовых сенсоров можно увеличить за счет замены собственных дефектов в кристаллической структуре оксидов металлов на примесные. Данная концепция расширяет возможности создания сенсорных материалов с длительным временем устойчивой работы. Работа поддержана грантом РНФ № 22-19-00703.

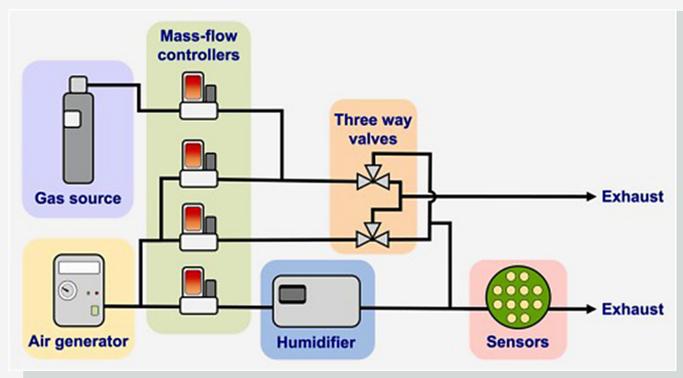


Схема измерений газового датчика

Полупроводниковые газовые сенсоры — миниатюрные, недорогие и высокочувствительные устройства, которые могут быть использованы для детектирования газов в различных практических задачах: от медицинской диагностики до мониторинга атмосферного воздуха. Стабильный отклик сенсоров при длительной работе — ключевое требование для их применения в системах машинного обоняния, также известных как «электронный нос».

«Чувствительные материалы (в нашем случае — оксиды металлов) в газовых сенсорах обычно находятся в наноразмерном состоянии, — рассказал руководитель работы, старший научный сотрудник кафедры неорганической химии химического факультета МГУ Валерий Кривецкий. — Это делает их высокочувствительными к протекающим на поверхности процессам, к которым относится взаимодействие с компонентами воздуха. Подобные системы неустойчивы при высоких температурах — кристаллиты могут агломерировать и сливаться воедино, что до последнего времени считалось основной причиной изменения сенсорных свойств со временем».

Для исследования причин, приводящих к постепенному снижению газочувствительных свойств, ученые непрерывно тестировали сенсоры более месяца, а также искусственно состарили порошки сенсорных материалов

в условиях, имитирующих сенсорный эксперимент. Применение высокочувствительного метода анализа — электронного парамагнитного резонанса — позволило обнаружить изменения в состаренных материалах.

«Мы увидели, что существенный вклад в медленный дрейф сенсорных свойств вносит процесс, ранее практически не обсуждавшийся в этом ключе — «исправление» дефектов кристаллической структуры, — пояснил Валерий Кривецкий. — В основном это вакансии кислорода — пустые позиции в кристаллической решетке, которые в нормальном состоянии занимают атомы кислорода. Такие вакансии образуются самопроизвольно в ходе синтеза материала и во многом определяют концентрацию свободных электронов — носителей заряда, отвечающих за полупроводниковые свойства. В ходе работы материала при высоких температурах происходит постепенное заполнение кислородных вакансий за счет кислорода воздуха».

Вызванный уменьшением кислородных вакансий дрейф сенсорных свойств может продолжаться более месяца, что существенно ограничивает возможности по калибровке сенсора или применению более сложных моделей машинного обучения. Из-за изменения свойства материала снижается качество анализа при определении типов или концентраций газов и их смесей.

«Для компенсации обнаруженного эффекта мы внедрили в структуру оксида искусственно созданные кислородные вакансии за счет добавления примеси, захватывающей электроны, — объяснила аспирантка кафедры неорганической химии Алина Сагитова. — Чтобы такая замена не привела к утрате свободных носителей заряда и, соответственно, полупроводниковых свойств, мы дополнительно ввели в систему необходимое количество примеси с избытком электронов (по отношению к решетке). Суммарно этот подход можно представить как замену собственных носителей заряда на генерируемые примесью».

Модифицированные сенсоры вдвое медленнее теряли сенсорный отклик в длительных измерениях по сравнению с немодифицированным полупроводником. Поэтому рекомендованный авторами подход можно использовать для создания газочувствительных материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

(С сайта МГУ)

A. Sagitova, M. Markelova, A. Nikolaeva, S. Polomoshnov, S. Generalov, N. Khmelevskiy, Yu. Grigoriev, E. Konstantinova, V. Krivetskiy. "Restraining SnO₂ gas sensor response degradation through heterovalent doping". *Sensors and Actuators B: Chemical*. **429**, 137345, 2025.

Ультразвук для бесконтактной нейрохирургии

В качестве альтернативы стандартным методам нейрохирургии ученые физического факультета совместно с врачами Медицинского научно-образовательного института (МНОИ) МГУ, НИИ морфологии человека и НИИ пульмонологии впервые продемонстрировали возможность бесконтактного разрушения ткани головного мозга человека ex vivo (т.е. вне организма) методом гистотрипсии с кипением. Предложенный метод позволяет механически разрушать заранее намеченные локализованные участки биологической ткани в организме человека с помощью фокусировки мощных ультразвуковых импульсов миллисекундной длительности под УЗИ-контролем. Исследователи успешно показали возможность таким способом разрушать, превращая в жидкость, ткани различных участков головного мозга человека: серого и белого вещества, а также таламуса и бледного шара. На основе проведенных пилотных экспериментов планируется дальнейшее развитие метода гистотрипсии с кипением для лечения опухолей, двигательных расстройств и других заболеваний головного мозга.

Исследования проводились в рамках НОШ МГУ «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина».

В настоящее время стандартным методом радикального лечения заболеваний головного мозга является хирургическое вмешательство для удаления определенных участков мозга (например, опухолей), в процессе которого выполняются трепанация черепа (вскрытие черепной коробки) и дальнейший разрез здоровых тканей на пути к целевому участку. Такое вмешательство связано с риском кровотечений, инфекционных и иных послеоперационных осложнений, а исход операции в значительной степени зависит от размера целевого участка и его расположения в мозге. Известные в нейрохирургии минимально инвазивные вмешательства, такие как эндоскопическая нейрохирургия, криоабляция и радиочастотная абляция, позволяют уменьшить размер трепанации и сократить период послеоперационного восстановления, однако по-прежнему требуют доступа через отверстие в черепной коробке и могут сопровождаться повреждением здоровой ткани головного мозга для достижения целевого участка. Лучевая терапия также не является неинвазивной процедурой, поскольку использует ионизирующее излучение, оказывающее разрушающее воздействие, в том числе, и на здоровые ткани мозга.



Активно развиваемые в последнее время методы неинвазивной хирургии с помощью высокоинтенсивного фокусированного ультразвука (HIFU — high-intensity focused ultrasound) обеспечивают возможность бесконтактного разрушения задаваемых участков головного мозга путем ультразвукового нагрева ткани до температур теплового некроза под контролем магнитно-резонансной (МР) термографии. Технология теплового HIFU используется в клиниках России и других стран для лечения двигательных расстройств (эссенциального тремора, тремора при болезни Паркинсона, дистонии и др.) путем создания локализованных тепловых разрушений внутри головного мозга. Однако на сегодняшний день достижимая область мозга для тепловой HIFU-хирургии ограничена центральными отделами головного мозга — таламусом и бледным шаром — из-за опасности перегрева эффективно поглощающих ультразвук костей черепа при неглубокой фокусировке. Также ограничивающими факторами являются диффузия тепла и кровотока, снижающие точность воздействия, и необходимость использования дорогостоящих аппаратов МР-томографии для контроля температуры во время операции.

«Развиваемый в нашей лаборатории метод гистотрипсии с кипением использует последовательность мощных коротких импульсов фокусированного ультразвука с ударными фронтами, вызывающих образование в фокусе паровых полостей и кавитационных микропузырьков. Их взаимодействие с ударными фронтами ультразвуковой волны приводит к

механическому разрушению (ликвификации) ткани до субклеточных фрагментов, — рассказала сотрудница лаборатории медицинского и промышленного ультразвука МГУ (LIMU) Екатерина Пономарчук. — Нетепловой механизм такого воздействия может минимизировать ограничения существующих методов теплового HIFU и расширить область клинических показаний для лечения с помощью фокусированного ультразвука. Так, метод позволяет контролировать процесс воздействия с помощью обычного диагностического ультразвука (УЗИ): паро-газовые включения в ткани в процессе разрушения предстают яркими на УЗИ, а разжиженная биоткань — темной».

Проведенные ранее сотрудниками LIMU численные эксперименты уже показали возможность реализации условий и безопасного использования гистотрипсии с кипением при транскраниальной фокусировке ультразвука в ткани мозга, в том числе и близко к черепу. Была показана также принципиальная возможность УЗИ-контроля облучения за счет регистрации акустических сигналов из фокуса при схлопывании кавитационных пузырьков. Однако сама способность механически разрушать ткань человеческого мозга с использованием данного метода еще не была исследована экспериментально. В связи с этим, целью недавних исследований ученых LIMU с МНОИ МГУ, НИИ пульмонологии и НИИ морфологии человека являлось продемонстрировать экспериментально такую возможность на образцах головного мозга человека, для начала, *ex vivo* (т.е. вне организма) и в отсутствие черепа. Ультразвуковое облучение различных тканей головного мозга человека проводилось под УЗИ-контролем с варьируемыми параметрами воздействия. Полученные разрушения анализировались на макроуровне (путем разрезания и фотографирования), микроуровне (гистологически), а также на ультраструктурном уровне (методами просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии).

«Все эксперименты сопровождались предварительными измерениями жесткости биологических тканей, поскольку их восприимчивость к гистотрипсии в основном определяется их упругими свойствами, — отметил заведующий отделением ультразвуковой диагностики МНОИ МГУ Алексей Кадрев. — Именно поэтому диагностические методы эластографии (т.е. измерения упругости тканей с помощью ультразвука) активно помогают в развитии метода гистотрипсии с кипением».

В результате ученые показали, что ткани головного мозга человека *ex vivo* можно бесконтактно разрушить до субклеточных фрагментов с помощью миллисекундных ударно-волновых ультразвуковых импульсов в режиме гистотрипсии с кипением. При этом процесс разрушения удалось ускорить при использовании более коротких импульсов с большей амплитудой. Было установлено, что более жесткое белое вещество мозга, состоящее в основном из нервных волокон, разрушить сложнее, чем более мягкое серое вещество, состоящее из тел нервных клеток. Также удалось получить механические разрушения в таламусе и бледном шаре — тех отделах мозга, которые в современной клинической практике подвергаются тепловому HIFU-разрушению для лечения двигательных расстройств под контролем МРТ.

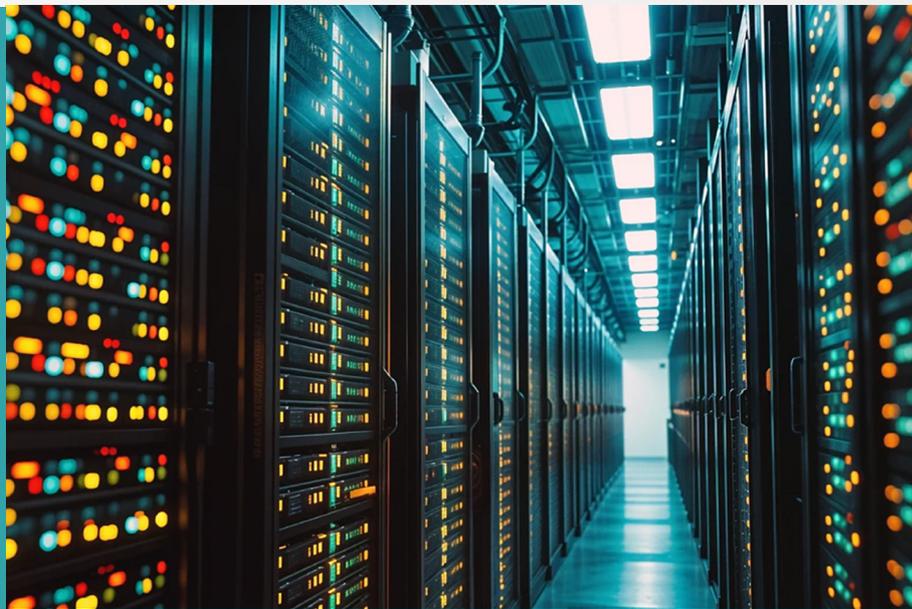
«Полученные результаты подтверждают потенциальную возможность расширения круга заболеваний, поддающихся лечению с помощью HIFU. Дальнейшие исследования лаборатории будут направлены на экспериментальное подтверждение реализуемости метода при наличии костной ткани на пути ультразвукового пучка для приближения лабораторного эксперимента к клиническим условиям, — рассказала врач-патологоанатом отдела клинической патологии МНОИ МГУ Наталья Данилова. — Надеемся на быстрый переход к предклиническим и клиническим испытаниям. При успешном внедрении метода в клиническую практику он позволит сократить количество открытых операций на головной мозг и снизить стоимость таких вмешательств за счет возможности бесконтактного разрушения целевых участков мозга под обычным УЗИ-контролем».

(С сайта МГУ)

E. Ponomarchuk, S. Tsysar, A. Kadrev, A. Kvasnennikova, D. Chupova, P. Pestova, L. Papikyan, M. Karzova, N. Danilova, P. Malkov, A. Chernyaev, S. Buravkov, O. Sapozhnikov, V. Khokhlova. "Boiling Histotripsy in Ex Vivo Human Brain: Proof-of-concept". *Ultrasound in Medicine & Biology*. 51, Is. 2, P. 312–320, 2025.

Предложен способ ускорить хранение и передачу информации

Ученые кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ продемонстрировали метод управления симметрией кристалла сульфида кадмия (CdS) с помощью терагерцового излучения, который может быть использован для создания быстрой и энергоэффективной памяти на основе магнитных материалов. Результаты работы, поддержанной грантом РНФ 20-19-00148



Электроника имеет свои ограничения и недостатки, а потому ученые ищут альтернативные способы хранения и передачи информации, которые позволяют превзойти эти ограничения. Один из вариантов — магнитная стрейнотроника. В основе технологии лежит использование двух материалов, находящихся в механическом контакте: пьезоэлектрика и магнитного материала. При подаче электрического импульса за счет обратного пьезоэффекта в пьезоэлектрике возникает деформация. Эта деформация за счет механического контакта передается магнитному материалу, и в результате магнитоупругого эффекта происходит переполяризация (переориентировка) доменов. Если выбрать два выделенных угла вектора намагниченности доменов и обозначить их за логический «0» и логическую «1», то появляется возможность записи и считывания информации. Преимущество такой технологии — рекордно низкие затраты на записывание информации (1 аДж, то есть 10^{-18} Дж), устойчивость к шумам (их недостаточно, чтобы переполяризовать домен) и возможность быстрого переключения.

Ограничивающим фактором магнитной стрейнотроники является механический контакт между пьезоэлектриком и магнитным материалом. Контакт ограничивает скорость передачи на уровне ГГц, что соответствует возможностям современной электроники. Для преодоления этого барьера авторы исследования предложили отказаться от пьезоэлектрика для управления переполяризацией доменов и вместо этого использовать терагерцовое излучение.

Магнитные кристаллы обладают рядом особых свойств, в том числе некоей инерцией. Для реализации быстрого переключения — порядка пикосекунд — необходимо подобрать излучение с особыми параметрами. Особенность терагерцового диапазона заключается в том, что в него попадают резонансы молекулярных и атомных колебаний вещества. Терагерцовое излучение может нарушать симметрию кристалла, а значит и управлять анизотропией магнитного кристалла. Для того, чтобы сдвиг атомов и молекул был существенным, необходимы напряженности электрического поля, превышающие порог пробоя при посто-

янном поле. Чтобы материал остался цел, используют не постоянное поле, а короткий импульс, сфокусированный в область с размерами порядка дифракционного предела.

В статье исследовался кристалл сульфида кадмия (CdS). Он был выбран в качестве модельного объекта для демонстрации применимости выбранной технологии.

Чтобы наблюдать за изменением симметрии решетки, ученые выбрали оптический метод, сочетающий в себе метод «накачки-зондирования» и генерацию гармоник высокого порядка. Кристалл сульфида кадмия обладает центральной симметрией, а потому генерация гармоник четного порядка (второй, четвертой и так далее) в нем запрещена. Однако при нарушении симметрии кристаллической решетки генерация становится разрешена, и информация о структурной динамике среды становится «закодированной» в сигнале четных гармоник.

Сначала на кристалл направлялся интенсивный терагерцовый импульс, который вызывал нарушение симметрии. Спустя некоторое время на вещество попадал оптический импульс, который вызывал процесс генерации гармоник. За кристаллом стоял спектрометр, который регистрировал спектр получившегося излучения. Регулируя задержку между терагерцовым и оптическим импульсами, возможно исследовать временную динамику изменения симметрии — ее можно восстановить, регистрируя множество спектров с разными задержками. Такой метод называется спектхронографией.

Этот подход для кристалла сульфида кадмия был впервые применен в данной работе. Эффективности генерации гармоник оказались на порядок выше, чем в предыдущих исследованиях. Интересно также то, что длина волны второй гармоники попадала в область прозрачности CdS, а длина волны четвертой — в область поглощения. Возникает фундаментальное отличие механизмов

взаимодействия излучения с веществом — в случае четвертой гармоники генерация идет в приповерхностном слое. Такая одновременная генерация в разных областях была получена впервые.

«У нас получилось междисциплинарное исследование — здесь и атомная физика, и физика конденсированного состояния, и лазерная физика. Глобально мы думаем о том, чтобы создать оптимальное воздействие на материалы, интересные для применений новой магнитной памяти. Это исследование — успешная проба пера, которая говорит о том, что направление выбрано правильное, и такое мультиспектральное воздействие на вещество (терагерцовое и инфракрасное излучение) перспективно именно с точки зрения оптимизации режима воздействия. Комбинируя поля в коротковолновом и длинноволновом диапазонах, можно совершенно по-разному управлять структурной динамикой. Опосредованно через электронную подсистему, используя фундамен-

тально различный характер взаимодействия излучения с веществом: под действием коротковолнового поля электроны осциллируют, а под действием длинноволнового — дрейфуют. Напрямую через фононную подсистему, обеспечивая резонансное возбуждение коллективных колебаний атомов. Это и позволяет искать оптимальные параметры воздействия, которые в конечном счете обеспечат максимальное быстрое действие новой магнитной памяти», — рассказал профессор кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ Фёдор Потёмкин.

(С сайта МГУ)

E. A. Migal, A. V. Pushkin, and F. V. Potemkin. "Even harmonic generation in semiconductors below and above the band gap assisted by an intense terahertz field". *Phys. Rev.* **110**, 245201, 2024.

Решение «мюонной загадки» в физике высоких энергий



Физики МГУ с коллегами предложили объяснение тому, что экспериментальные данные по количеству мюонов — неустойчивых элементарных частиц — в атмосфере не соответствуют расчетам. Эти частицы формируются в результате взаимодействия высокоэнергетических космических лучей с атмосферой Земли. Ученые предположили, что причиной ошибок в теоретических расчетах может быть недооценка энергии таких лучей. Эта энергия обычно рассчитывалась по правилам и формулам общепризнанной Стандартной модели, описывающей взаимодействие всех элементарных частиц. Оказалось, что эффекты новой физики при высоких энергиях делают оценку энергии космических лучей существенно смещенной, что приводит к неправильному

ожидаемому числу мюонов. Результаты исследования, поддержанного грантом Российского научного фонда (РНФ)



На Землю из космоса постоянно прилетают элементарные частицы с огромной энергией, называемые космическими лучами. Попадая в атмосферу, они сталкиваются с веществом воздуха, порождая большое количество вторичных частиц (протонов, нейтронов, пионов и других). Те, в свою очередь, продолжают взаимодействовать или распадаться, давая начало новым поколениям частиц. В результате развивается так называемый широкий атмосферный ливень — лавина частиц, которые можно зарегистрировать на поверхности Земли с помощью детекторов.

При этом продукты широкого атмосферного ливня — частицы, достигшие поверхности Земли, — несут информацию обо всех реакциях, которые происходили до момента их образования в верхних слоях атмосферы. Поэтому с их помощью можно изучать свойства и особенности распространения космических лучей, а также законы физики элементарных частиц при высоких энергиях. Однако исследователи столкнулись с так называемой «мюонной загадкой» — ситуацией, когда земные детекторы фиксируют в атмосфере намного больше одних из продуктов широких атмосферных ливней — мюонов, — чем предсказывают компьютерные симуляции.

Ученые МГУ и Института ядерных исследований РАН заметили, что энергию первичных частиц в составе космических лучей экспериментаторы рассчитывают по числу электронов на Земле. Авторы предположили, что такой подход может привести к неправильным оценкам. Так, если энергия первичной частицы оказывается недооцененной (когда расчетные значения ниже настоящих), следует ожидать, что в реальности и число порождаемых ею мюонов в атмосфере будет больше. Вероятно, как раз это и видят современные установки на практике.

«Энергия первичной частицы может оказаться недооцененной потому, что физика на масштабах самых высокоэнергетичных космических лучей отклоняется от предсказаний Специальной теории относительности. То есть стандартные методы расчетов с общепринятыми соотношениями между энергией и импульсом частиц восстанавливают энергию неправильно. Поэтому мы предположили, что нужно скорректировать это соотношение в случае высокоэнергетических потоков частиц», — поясняет участник проекта, поддержанного грантом РФФИ, Андрей Шарофеев, аспирант МГУ, стажер-исследователь ИЯИ РАН.

Чтобы проверить эту гипотезу, физики математически смоделировали развитие широких атмосферных ливней с учетом нового, модифицированного для высоких энергий, соотношения между энергией и импульсом. Оказалось, что в этом случае удастся практически разрешить «мюонную загадку»: смоделированная величина эффекта от недооценки энергии сходится с той, что измерена в экспериментах по изучению широких атмосферных ливней.

«Несмотря на то, что речь идет о физике на совершенно невероятных по меркам лабораторного эксперимента масштабах энергии, сценарий, который мы предлагаем, можно явно проверить. Если измерить на установке спектр мюонов и сверить его с моделированием, в котором учитывается большая энергия первичной частицы, мы должны получить точное сходство. А вот если сходства не обнаружится — то, увы, наше изящное объяснение окажется все-таки неправильным», — рассказывает участник проекта, поддержанного грантом РФФИ, Николай Мартыненко, аспирант МГУ, стажер-исследователь ИЯИ РАН.

(С сайта МГУ)

N. S. Martynenko, G. I. Rubtsov, P. S. Satunin, A. K. Sharofeev, and S. V. Troitsky. "Hypothetical Lorentz invariance violation and the muon content of extensive air showers". *Phys. Rev.* **111**, 063010 – Published 3 March, 2025.

Новые признаки сейфертовских галактик



Астрономы Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга (ГАИШ) МГУ благодаря рентгеновским данным обнаружили фундаментальное рентгеновское различие между сейфертовскими галактиками I и II типа, а также галактиками с резкой сменой типа. Авторы показали, что ключевой параметр, по которому отличаются два типа — отношение рентгеновской светимости к эддингтоновской светимости. Установлено, что такое отношение является высоким для галактик I типа и низким для галактик II типа, а для галактик со сменой типа (например NGC 1566) лежит на границе между значениями для галактик I и II типа.

Известно, что некоторые объекты в мире выглядят иначе, если посмотреть на них под другим углом — на этом принципе устроена «унифицированная» классификация активных ядер галактик (АЯГ). Сейфертовские галактики относятся к данному классу и делятся на два типа по ширине эмиссионных спектральных линий в их оптических спектрах. Так, у галактик I типа разрешенные спектральные линии имеют ширину, соответствующую доплеровским скоростям в несколько тыс. км/с, тогда как у запрещенные линии, их ширина соответствует скоростям источников в несколько сотен км/с. Сейфертовские же галактики II типа имеют как разрешенные, так и запрещенные линии одинаковой ширины, отвечающие скоростям движения до тысячи км/с. Согласно «унифицированной» классификации сейфертовские галактики I и II типа — это одни и те же галактики, но расположенные под разными углами к земному наблюдателю: тип I виден нам сверху (с «полюса»), а тип II — сбоку (с «ребра») галактического диска.

В последнее время были обнаружены объекты, которые заставляют сомневаться в такой классификации АЯГ — например, галактика NGC 1566, которая показала несколько эпизодов смены типа. На сегодняшний день известно примерно сто АЯГ со сменой типа. Такие смены происходят за время порядка нескольких месяцев, что невозможно объяснить резким изменением наклона галактического диска к лучу зрения земного наблюдателя, которое бы соответствовало «унифицированной» классификации типов АЯГ.

«Рентгеновский взгляд» на эту ситуацию показал, что принадлежность к типу I или типу II, а также смена типа сейфертовской галактики зависит от рентгеновской светимости, нормированной на критическую (эддингтоновскую) светимость этой галактики. У типа I величина нормированной светимости высокая, у типа II — низкая,

а у АЯГ «переменного» типа она лежит на границе значений между типом I и II. В примере с NGC 1566 переход от типа I к типу II вызван резким снижением рентгеновской светимости из-за снижения темпа аккреции вещества и уменьшением доли комптонизации рентгеновского излучения.

Авторы также оценили массу черной дыры в NGC 1566 методом скалирования рентгеновских характеристик. Оказалось, что «рентгеновская» масса ядра NGC 1566 в сто раз меньше ее «оптической» оценки, что указывает на возможную двойственность ядра NGC 1566. Тогда смена ее светимости может быть вызвана именно второй, менее массивной черной дырой с массой 2×10^5 масс Солнца.

«Наши результаты убедительно свидетельствуют о том, что разнообразие типов сейфертовских галактик можно объяснить различием лишь одного параметра — отношения рентгеновской светимости АЯГ к его эддингтоновской светимости, без какой-либо необходимости в дополнительных различиях в параметрах АЯГ, как, например, ориентация в пространстве. Тем самым разъясняется различие между АЯГ типа I и II, а также галактиками со сменой типа», — пояснила Елена Сейфина, ведущий научный сотрудник ГАИШ МГУ.

Это исследование открывает новые области приложения рентгеновской астрономии. Благодаря большей проникающей способности рентгеновских квантов возможно лучше понять механизмы излучения массивных объектов во Вселенной.

L. Titarchuk, E. Seifina and E. Mishin "An X-ray study of changing-look active galactic nuclei". *Astronomy and Astrophysics*, Issue A&A, 693, A126, p. 23. (2025).

Метод повышения точности радиационной обработки пучками электронов

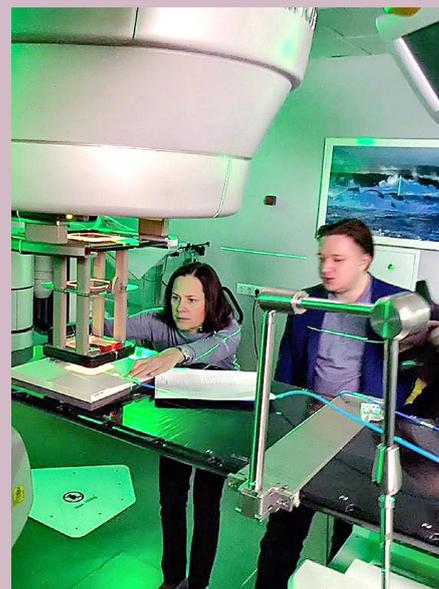
Сотрудники физического факультета и НИИЯФ МГУ предложили новый метод повышения точности радиационной обработки электронными пучками.



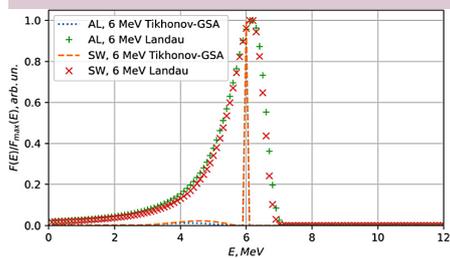
Черняев Александр Петрович, д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой физики ускорителей и радиационной медицины физического факультета МГУ, заведующий отделом ОЯФММП НИИЯФ МГУ.

Промышленная обработка электронными пучками — одна из ключевых радиационных технологий, широко применяемая во всем мире. «В России и за рубежом она исполь-

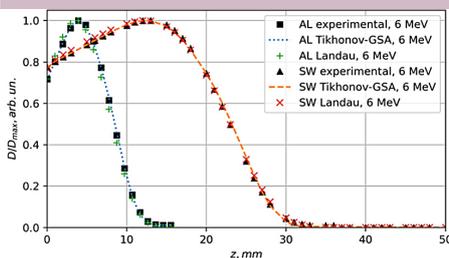
зуется в медицине для стерилизации медизделий: шприцов, катетеров, перчаток и т.д.; в пищевой промышленности — для обеззараживания продуктов, модификации полимеров, производстве электроники и других высокотехнологичных отраслях» — рассказал Черняев Александр Петрович, д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой физики ускорителей и радиационной медицины физического факультета МГУ и заведующий отделом ядерно-физических методов в медицине и промышленности НИИЯФ МГУ. Метод основан на действии ускоренных электронов на биообъекты и материалы, что позволяет эффективно уничтожать патогены и улучшать свойства композитов. «Однако для эффективной обработки критически важно знать энергетический спектр электронного пучка — распределение частиц по энергиям. Именно он определяет, как глубоко проникнет излучение в материал и как будет распределена в нем погло-



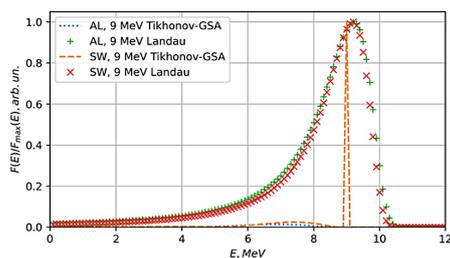
Ульяна Александровна Близняук, д.ф.-м.н., зав. лабораторией НИИЯФ МГУ и старший преподаватель физического факультета МГУ, Золотов Сергей Александрович, младший научный сотрудник физического факультета МГУ.



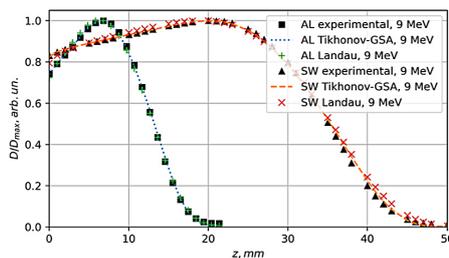
a



b

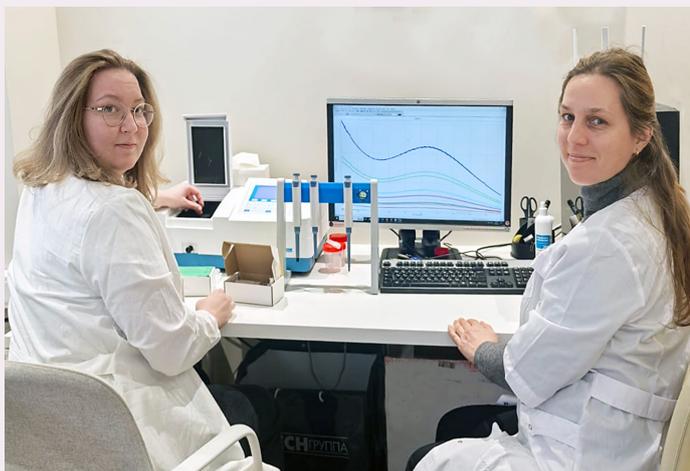


c



d

Рис. 1. Спектры, восстановленные в алюминии (зеленые плюсы) и твердой воде (красные крестики) с использованием предложенного алгоритма, и спектры, восстановленные в алюминии (синие пунктирные линии) и твердой воде (оранжевые пунктирные линии), полученные с использованием метода GSA для режимов работы ускорителя (а) 6 МэВ и (б) 9 МэВ. Распределения глубинных доз для (с) 6 МэВ и (д) 9 МэВ, рассчитанные с использованием восстановленных спектров, показанные с использованием идентичных маркеров. Экспериментальные распределения глубинных доз показаны в виде черных квадратов и черных треугольников для алюминия и твердой воды соответственно.



Ипатова Виктория Сергеевна, младший научный сотрудник лаборатории радиационной медицинской физики ОЯФММП НИИЯФ МГУ и Полина Юрьевна Борщеговская, к.ф.-м.н., доцент физического факультета МГУ.

шенная доза», — пояснила Ульяна Александровна Близняк, д.ф.-м.н., зав. лаборатории радиационной обработки биообъектов и материалов ОЯФММП НИИЯФ МГУ и старший преподаватель физического факультета МГУ. Во многих промышленных центрах спектр ускорителей оценивается косвенно или считается «идеальным», что может приводить к облучению продукции в дозе, меньше предписанной (тогда эффект обработки не будет достигнут) или выше разрешенной (тогда продукт будет необратимо поврежден).

Сотрудники физического факультета и НИИЯФ МГУ предложили новый алгоритм, который устраняет эту проблему путем решения обратной задачи. «Метод позволяет восстановить энергетический спектр электронного пучка по дозовым распределениям, измеренным в простых объектах (например, в водном или алюминиевом кубе), что уменьшает ошибку оценки однородности облучения в три раза», — прокомментировал Студеникин Феликс Рикардович, к.ф.-м.н., зав. лаборатории радиационной медицинской физики ОЯФММП НИИЯФ МГУ и ассистент физического факультета МГУ.

Как работает алгоритм?

В основе метода лежит математическая модель, представляющая спектр как свертку распределения Ландау (описывающего потери энергии электронами в веществе) и распределения Гаусса (характеризующего исходный пучок). «Алгоритм использует опорные дозовые распределения, рассчитанные с помощью компьютерного моделирования методом Монте-Карло, и экспериментально измеренные, по которым восстанавливает энергетический спектр электронного пучка», — пояснил Золотов Сергей Александрович, младший научный сотрудник физического факультета МГУ.

«Основные преимущества алгоритма — это его устойчивость (даже при значительных ошибках в исходных данных метод дает надежные результаты) и универсальность (алгоритм применим для разных материалов и типов ускорителей)», — прокомментировала Ипатова Виктория Сергеевна, младший научный сотрудник лаборатории радиационной медицинской физики ОЯФММП НИИЯФ МГУ.

«Наша разработка особенно важна при оценке распределения дозы в объектах со сложной геометрией, где точное знание спектра позволяет

избежать как «недобора» дозы, так и переоблучения отдельных областей продукции», — отметила Полина Юрьевна Борщеговская, к.ф.-м.н., доцент физического факультета МГУ. — Это напрямую влияет на качество обработки, будь то стерилизация медицинских изделий или модификация полимеров».

Алгоритм был протестирован на медицинском ускорителе Varian TrueBeam в НМИЦ нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко с использованием систем клинической дозиметрии, обеспечивающих высокую точность измерений.

Перспективы:

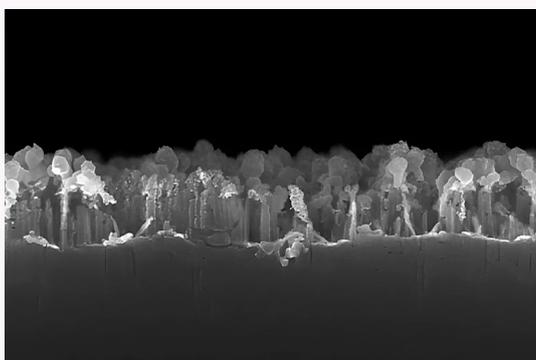
Ученые планируют адаптировать алгоритм для тормозного излучения, что расширит его применение в промышленных радиационных технологиях.

Исследование поддержано грантом Российского научного фонда (№ 22-63-00075).

S. A. Zolotov, U. A. Bliznyuk, N. A. Antipina, P. Yu. Borshchegovskaya, A. P. Chernyaev, V. S. Ipatova, A. D. Nikitchenko, M. I. Toropygina, A. A. Nikolaeva, F. R. Studenikin. "Landau distribution-based regularized algorithm for reconstruction of electron beam energy spectrum using depth dose distributions in targeted materials". *Physica Scripta*. (2025) **100**, № 4.

Сенсоры для выявления наркотиков и взрывчатых веществ

Медицинские физики МГУ представили две инновационные разработки, направленные на повышение безопасности в общественных местах. Запатентованные в 2024 и 2025 годах технологии позволяют оперативно обнаруживать следы наркотических и взрывчатых веществ по отпечаткам пальцев, что открывает новые горизонты в борьбе с преступностью.



Первая технология, описанная в патенте №2833312, представляет собой сенсорный элемент, способный идентифицировать наркотические вещества в отпечатках пальцев. Сенсор состоит из кремниевой подложки с наноструктурированным слоем, содержащим кремниевые нанонити, декорированные наночастицами золота и серебра. Для анализа достаточно приложить указательный палец к поверхности сенсора на одну-две секунды. Датчик определяет наличие наркотиков по характерным пикам в спектре, полученном методом комбинационного (Рамановского) рассеяния света. Преимуществами данного устройства являются его компактность и мобильность: вес сенсора в два раза меньше аналогичных устройств, а его размер минимум в 10–30 раз меньше приборов, используемых в настоящее время на таможенных пунктах.

Вторая разработка, запатентованная под номером №2821710, ориентирована на экспресс-обнаружение взрывчатых веществ. Сенсорная платформа, аналогичная первой, позволяет фиксировать даже минимальные concentra-

ции взрывчатых материалов, оставленные на пальцах человека. Устройство демонстрирует высокую чувствительность и может быть использовано в реальном времени на контрольно-пропускных пунктах, в аэропортах и других местах массового скопления людей.

Руководитель лаборатории, автор патентов Любовь Осминкина подчеркнула: «Наши сенсоры не только обеспечивают высокую точность и быстроту анализа, но и просты в использовании, что особенно важно для оперативных служб и правоохранительных органов».

В ходе испытаний ученые смоделировали реальную ситуацию: доброволец наносил на палец порошок серотонина — моделирующего наркотика, или 2,4-динитротолуол (DNT) — моделирующее взрывчатое вещество, после чего последовательно прикасался к нескольким сенсорным платформам. Сенсору удалось обнаружить следы взрывчатого вещества вплоть до второго-четвёртого по очереди отпечатка, что подтверждает высокую чувствительность разработанного сенсора.

Разработки представляют собой значительный шаг вперед в области технологий обнаружения запрещенных веществ и могут существенно повысить эффективность мер по борьбе с незаконным оборотом наркотиков и предотвращению террористических угроз.



Карташова Анна Дмитриевна



Осминкина Любовь Андреевна

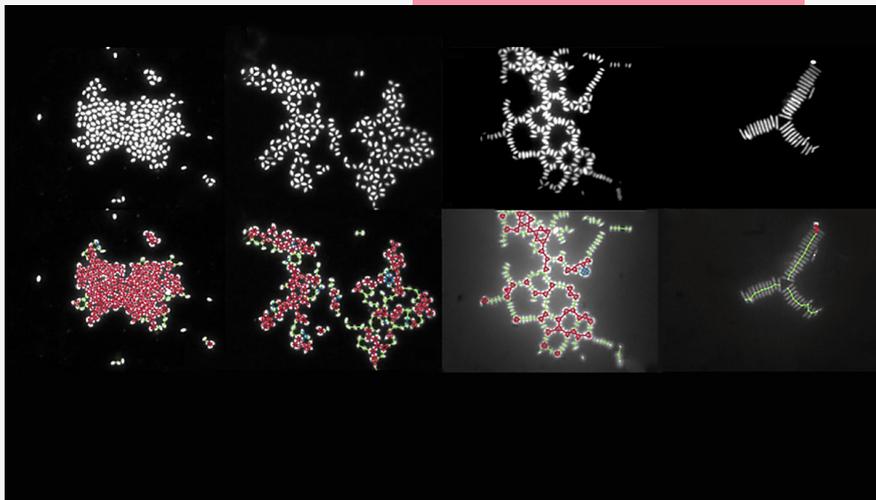
- Авторы: Карташова А.Д., Гончар К.А., Осминкина Л.А. "Способ обнаружения наркотических веществ в отпечатках пальцев человека методом комбинационного (рамановского) рассеяния света". Патент № 2833312, 17 января 2025.
- Авторы: Карташова А.Д., Гончар К.А., Осминкина Л.А. "Применение гибридных подложек кремниевых нанонитей, декорированных наночастицами серебра и/или золота для экспресс-обнаружения взрывчатых веществ". Патент № 2821710, 26 июня 2024.



Гончар Кирилл Александрович

Различное поведение микрогелей на водной поверхности

Физики МГУ с немецкими коллегами определили, что частицы полимерных микрогелей по-разному взаимодействуют друг с другом на водной поверхности в зависимости от их формы. Так, сферические частицы, попадая на поверхность воды, сплющивались, становясь похожими на двояковыпуклые линзы, и не собирались в упорядоченные структуры. Сильно вытянутые (эллипсоидные) частицы также сплющивались на поверхности, но могли укладываться в замысловатые структуры. Знания о том, как самоорганизуются частицы микрогелей, будут полезны при разработке поверхностно-активных веществ и систем доставки лекарств на их основе. Результаты исследования поддержаны грантом Российского научного фонда.



Полимерные микрогели — это набухшие в растворе сетчатые объекты, сочетающие в себе свойства макромолекул, нано- или микрочастиц (в зависимости от размера сетки) и поверхностно-активных веществ. Они способны самопроизвольно собираться в сложные структуры как в растворе, так и на поверхности жидкости. Микрогели могут быть термочувствительными в водных средах, благодаря чему, меняя температуру, можно контролировать как размер отдельных частиц микрогелей, так и форму образуемых ими комплексов. Это свойство может быть полезно при создании двумерных материалов, систем доставки лекарств и «микрочастиц» для проведения химических реакций. Однако, чтобы микрогели можно было использовать на практике, важно знать, как и по каким «правилам» они взаимодействуют друг с другом и собираются в растворе и на его поверхности.

Исследователи из МГУ с немецкими коллегами из Рейнска-Вестфальского технического университета Аахена и Юлихского исследовательского центра изучили поведение микрогелей, состоящих из полистирольного ядра, заключенного в оболочку из поли(N-изопропилметакриламида).

«Поли(N-изопропилметакриламид) — распространенный термочувствительный полимер, который используют для получения микрогелей. При комнатной температуре он хорошо растворим в воде, а при нагревании его растворимость пропадает. Полистирол в качестве ядра нужен, чтобы получить частицы разной формы. При комнатной температуре полистирол по механическим свойствам аналогичен твердому телу, а при нагревании он становится пластичным, и его можно деформировать, например, вытянуть. Если потом температуру снова понизить до комнатной, то вытянутая форма сохранится», — рассказал руководитель проекта Игорь Потемкин, профессор РАН, профессор кафедры физики полимеров и кристаллов физического факультета МГУ.

Исследователи синтезировали микрогели со структурой «ядро – оболочка» разной формы — от сферических до сильно вытянутых, у которых длина ядра в восемь раз превышает его толщину. Чтобы проследить за самосборкой таких частиц, их нанесли на поверхность воды. Помимо эксперимента, авторы провели компьютерное моделирование, которое позволило детально изучить форму и внутреннюю структуру таких объектов на границе раздела жидкости и воздуха.

Эксперимент и моделирование показали, что сферические микрогели не формируют сложных упорядоченных «узоров» на поверхности жидкости. Вытянутые же частицы, в зависимости от степени вытяжки, укладывались в треугольники или создавали ветвящиеся структуры, в которых отдельные частицы лежали бок о бок, соприкасаясь по своим длинным сторонам. Такие различия связаны с тем, что в случае длинных частиц сильнее проявляется капиллярный эффект — изменение поверхностного натяжения на границе воды в местах ее контакта с микрогелем.

«Полученные данные будут полезны при проектировании двумерных материалов, а также нанореакторов на основе полимерных микрогелей для проведения химических реакций. В дальнейшем мы планируем детально исследовать влияние химического состава и размера микрогелей на их внутреннюю структуру и самоорганизацию на границе раздела двух несмешивающихся жидкостей», — добавил Игорь Потемкин. (С сайта МГУ)

N. Hazra, A. A. Rudov, J. Midya, A. Babenyshev, S. Bochenek, M. Frenken, W. Richtering, G. Gompper, T. Auth, I. I. Potemkin, J. J. Crassous. "Capillary-driven self-assembly of soft ellipsoidal microgels at the air–water interface". Proceedings of the National Academy of Sciences, **121** (52) e2403690121 (2024).

Физики и геологи МГУ разработали квантовый алгоритм для сейсморазведки

Ученые физического и геологического факультетов МГУ разработали алгоритм решения задачи анализа сейсмических данных с помощью специальных квантовых вычислителей («отжигателей»). Новый алгоритм позволяет решать задачу построения 3D-модели среды на основании инверсии сейсмических данных в сложном с точки зрения вычислений случае, требующем при его решении на классических компьютерах значительных временных затрат. В перспективе это позволит существенно уменьшить время и получить большую точность при решении задач геологоразведки нефтяных месторождений. Исследования проводились в рамках Междисциплинарной научно-образовательной школы МГУ «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина».

Одной из важных задач геологоразведки нефтяных месторождений является инверсия сейсмических данных — определение структуры и состава геологических пород по данным измерений отраженных сейсмических волн. Практическое решение этих задач требует значительных вычислительных ресурсов, но даже при использовании мощных суперкомпьютеров решение занимает много времени. Это обуславливает перспективность применения для их решения в будущем универсальных квантовых компьютеров.

Магистральным направлением развития квантовых вычислений является разработка квантовых компьютеров вентиляного типа. Именно они претендуют в будущем на роль универсального полномасштабного помехоустойчивого квантового вычислителя. Однако перспективы их создания и, соответственно, практического применения оцениваются научным сообществом на горизонте 20+ лет. Уже существующие в настоящее время гибридные (квантово-классические) и квантово-инспирированные вычислители (классические вычислители, эмулирующие действие квантовых), так называемые отжигатели, уже достигли вычислительных мощностей, позволяющих использовать их при решении практических задач оптимизации среднего масштаба. Наиболее мощные современные отжигатели, такие как D-Wave, Toshiba, Fujitsu, Hitachi, NTT, уже позволяют работать с сотнями тысяч и даже миллионами бинарных переменных.

«Для разработки алгоритма нами была выбрана 3D-задача инверсии сейсмических данных в 1D приближении в случае наличия информации об оцениваемых параметрах, задаваемой функциями произвольного вида. 1D-задача сейсмической инверсии может быть сформулирована как задача оптимизации функционала невязки между наблюдаемыми и модельными данными измерений. В соответствии с байесовским подходом задача оптимизации с учетом априорной информации формулируется как максимизация апостериорной вероятности модели. Условие задания априорной информации функциями произвольного вида значительно усложняет вычислительную сложность этой задачи, т.к. превращает ее в задачу оптимизации существенно нелинейной многомерной функции со сложным ландшафтом. Поэтому представляется органичным попытаться использовать для ее решения квантовый отжиг, который лучше, чем классические алгоритмы оптимизации, работает с функциями, имеющими сложный ландшафт», — поясняет Николай Малетин, сотрудник кафедры сейсмологии и геоакустики геологического факультета МГУ.

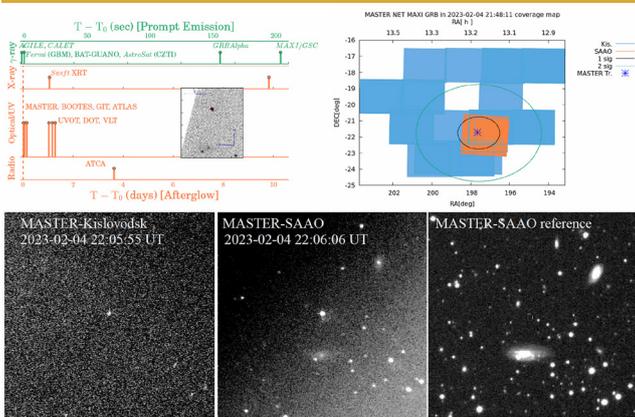
Отжигатели предназначены для решения лишь одного типа задач — задач QUBO (Quadratic Unconstrained Binary Optimization – квадратичная бинарная оптимизация без ограничений). Ученым МГУ удалось разработать эффективный метод, позволяющий экономно, с точки зрения количества необходимых бинарных

переменных, свести вышеописанную задачу оптимизации к задаче QUBO. Произведенные оценки показывают, что разработанный метод позволяет решить на наиболее мощных современных отжигателях за одну итерацию близкую к практике задачу с 50–100 слоями геологических пород с относительной погрешностью всего 3–5%.

«Наиболее перспективным направлением “квантования” алгоритмов сейсмической инверсии нам представляются методы геостатистической инверсии, такие, как, например, байесовская линейризованная AVO-инверсия. В отличие от методов детерминированной инверсии, в результате геостатистической инверсии генерируется множество реализаций моделей свойств горных пород, удовлетворяющих априорным данным о строении среды и наблюдаемому волновому полю. Квантовый отжиг в силу его стохастической природы органично подходит для решения именно таких задач, имеющих множество возможных решений. Именно в этом направлении продолжит работу наша междисциплинарная команда», — говорит ведущий научный сотрудник, заместитель декана геологического факультета МГУ Михаил Токарев.

N. V. Maletin*, A. M. Eremenko and D. V. Minaev. "An algorithm for solving a 1D seismic data inversion problem on quantum or digital annealers in the presence of a priori information on layer parameters specified by arbitrary functions". *Laser Physics Letters*, 22, N1. 015201 (2025).

Система МАСТЕР МГУ помогла найти гигантскую магнитарную вспышку



Вверху слева: времена наблюдений вспышки и послесвечения GRB 230204B, пунктирная вертикальная линия указывает время триггера Ферми-GBM. Вертикальные зеленые и оранжевые линии с точками соответствуют моментам начала наблюдений. На вставке показана диаграмма поиска BOOTES, основанная на оптическом обнаружении всплеска. Вверху справа: карта покрытия сети MASTER для GRB 230204B, обнаруженного MAXI. Наблюдаемые регионы: МАСТЕР-Кисловодск (синие квадраты) и МАСТЕР-САО (оранжевый квадрат), наложенные на них 1-сигма (черный эллипс) и 2-сигма (зеленый эллипс) позиционные неопределенности местоположения гамма-всплеска. Синяя звезда указывает на центр области ошибки 1 сигма. Внизу слева: оптическая диаграмма GRB 230204B по наблюдениям МАСТЕР-Кисловодск, МАСТЕР-САО (внизу посередине) и эталонному изображению МАСТЕР-САО (внизу справа). Положение послесвечения отмечено перекрестием на каждом изображении.

Астрономы МГУ при помощи системы роботов-телескопов МАСТЕР МГУ определили происхождение вспышки GRB 180128A. При помощи тщательного анализа кривых блеска удалось установить, что это была магнитарная вспышка, а не гамма-всплеск.

Магнитары — это нейтронные звёзды, магнитное поле которых достигает 10^{16} Гс (соответствует 10^{12} Тл). Магнитары могут порождать гигантские вспышки, но за всю историю наблюдений их было обнаружено всего семь: три в Млечном Пути и Магеллановых облаках, остальные дальше от Земли. Однако моделирование показывает, что часть таких процессов может ошибочно приниматься за гамма-всплески.

В статье рассматривались гамма-всплески, произошедшие на неизвестном расстоянии. Дело в том, что на одинаковом удалении гамма-всплески гораздо ярче магнитарных вспышек, но расстояние до источника известно не всегда. Поэтому возможна ситуация, когда близкая магнитарная вспышка принимается за далёкий гамма-всплеск. Предполагается, что именно так случилось как минимум с одним объектом — вспышкой GRB 180128A, но таких случаев может быть и больше. Ос-

нованием для предположений о том, что магнитарная вспышка была принята за гамма-всплеск, является ряд строгих критериев, один из которых — отсутствие оптического аналога.

Авторы статьи использовали данные двух телескопов, наблюдавших область локализации этого «гамма-всплеска»: ZTF (Zwicky Transient Facility) и МАСТЕРa (мобильной астрономической системы телескопов-роботов). Данные ZTF не содержат ни одного изображения этой области с декабря 2017 года до июля 2018, всплеск произошел 28 января 2018 г. МАСТЕР же получил значения от 17 до 19 звёздной величины через 8 дней после всплеска. Эти данные практически исключают вероятность того, что GRB 180128A сопровождался сверхновой, и позволяют говорить о том, что это была магнитарная вспышка.

«Исследование магнитаров — очень важная и бурно развивающаяся область. Это связано с тем, что магнитары, по-видимому, ответственны по крайней мере за часть быстрых радиовсплесков, и, кроме того, это объекты с самым большим магнитным полем во всей Вселенной. Поиск гигантских магнитарных вспышек помогает понять процессы, которые невозможно воспроизвести

в земных условиях», — прокомментировал Владимир Михайлович Липунов, д.ф.-м.н, профессор кафедры астрофизики и звёздной астрономии ГАИШ МГУ.

Rahul Gupta, Racusin Judith, Lipunov Vladimir, Hu Y.D., Gulati Ashna, Castro-Tirado Alberto J., Murphy Tara, Serino Motoko, Zhirkov Kirill, Shilling S., Oates Samantha R., Leung James K., Parsotan T., Ror Amit K., Pandey Shashi B., Iyyani S., Sharma V., Aryan A., Bai Jin-Ming, Balanutsa Pavel, Buckley David, Caballero-García María D., Carrasco-García I.M., Castellón A., Castillo Sebastián, Cui Chen-Zhou, Fan Yu-Feng, Fernández-García Emilio, García-Segura Guillermo, Gritsevich Maria, Guziy Sergiy, Hiriart David, Lee William H., Jeong Soomin, Pérez del Pulgar Carlos Jesus, Olivares Ignacio, Park I.H., Pérez-García Ignacio, Razzaque S., Sánchez-Ramírez Rubén, Tyurina Nataly, Topolev Vladislav, Wang Chuan-Jun, Wu Si-Yu, Xin Yu-Xin, Xiong Ding-Rong, Zhao Xiao-Hong, Mao Jirong, Bao-Li Lun, Kai Ye. "Extremely luminous optical afterglow of a distant and energetic gamma-ray burst GRB 230204B". ArXiv e-prints. 12. № 2412. A: 18152 (2024).

Новый взгляд на эволюцию нанообъектов из амфифильных молекул поверхностно-активных веществ позволил определить условия получения нанопористых наноконтейнеров для направленной доставки веществ



Хао Ву

Сотрудники кафедры физики полимеров и кристаллов аспирант Хао Уи, доцент Молчанов Вячеслав Сергеевич и профессор Филиппова Ольга Евгеньевна в сотрудничестве с коллегами из Курчатовского Института и из Объединенного Института Ядерных Исследований впервые обнаружили и изучили серию структурных превращений, приводящих к трансформации цилиндрических мицелл поверхностно-активных веществ (ПАВ) в перфорированные везикулы. На основе полученных результатов сформулированы новые подходы к объяснению перехода между двумя базовыми структурами мицеллярных агрегатов: цилиндрической и бислойной. Полученные перфорированные везикулы представляют собой уникальные нанопористые самопроизвольно формирующиеся наноконтейнеры, перспективные для направленной доставки веществ.

Амфифильные молекулы, состоящие из гидрофильных и гидрофобных частей, в водной среде самопроизвольно образуют нанообъекты (агрегаты) различной формы. Наиболее хорошо изучены три основные формы агрегатов: сферические мицеллы, цилиндрические мицеллы и везикулы – сферические оболочки, сформированные двухслойными мембранами.

Агрегаты ПАВ широко используются в повседневной жизни, так как они составляют основу различных

моющих средств (шампуней, гелей для душа, средств для стирки и др.). С одной стороны, ПАВ нужны для того, чтобы отмыть нерастворимые в воде вещества вроде масла и жира, так как последние проникают внутрь агрегатов ПАВ и, благодаря этому, «растворяются». С другой стороны, образование длинных цилиндрических мицелл ПАВ толщиной 5 нм и длиной в несколько тысяч нанометров, которые переплетаются друг с другом, повышает вязкость моющих средств и делает их более удобными для использования. Цилиндрические

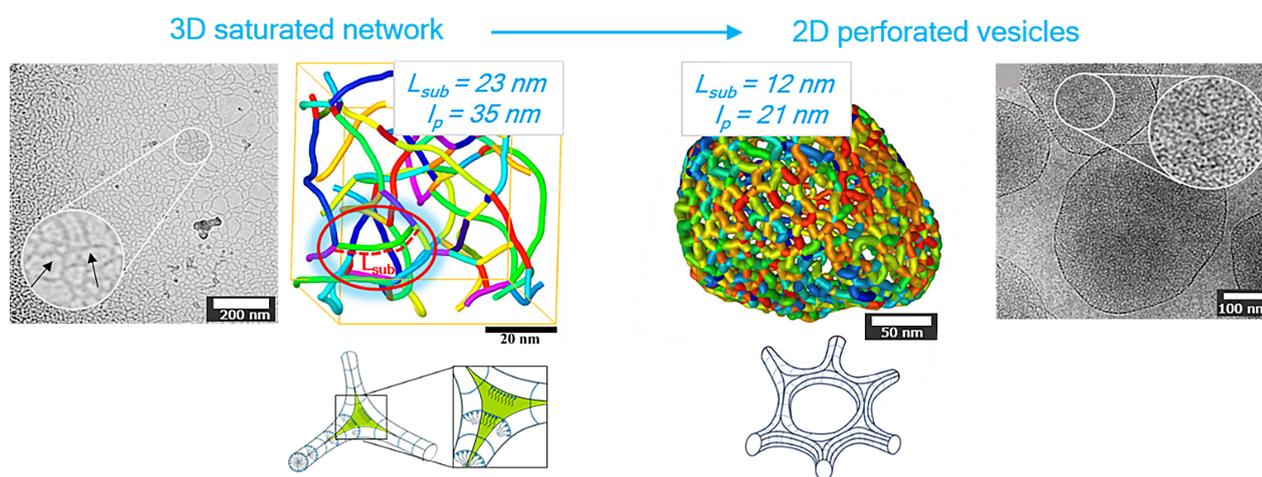


О. Е. Филиппова

мицеллы ПАВ широко используются как загустители не только в моющих средствах, но и в промышленности, например, в технологии гидроразрыва пласта в нефтедобыче. Эффект от цилиндрических мицелл похож на эффект загущения воды при приготовлении киселя, где переплетенные полимерные цепи придают вязкость водному раствору. Но, если в полимерах звенья ковалентно сшиты, то в цилиндрических мицеллах молекулы ПАВ связаны более слабыми нековалентными взаимодействиями, что позволяет легко менять их размер и



В. С. Молчанов



Изображения, полученные криогенной электронной микроскопией и криогенной электронной томографией, показывающие переход от трехмерной насыщенной сетки из мицелл ПАВ к двумерным перфорированным везикулам при уменьшении длины цилиндрических субцепей за счет увеличения доли точек ветвления, центральная часть которых содержит участок двухслойной мембраны.

форму, а значит, и вязкость раствора при небольшом изменении внешних условий.

Помимо наиболее распространенных форм агрегатов ПАВ (сферы, цилиндры, бислои), существуют и редкие формы агрегатов: насыщенные сетки и перфорированные везикулы. Первые построены из сшитых между собой цилиндрических мицелл. Вторые представляют собой двухслойную «дырявую» мембрану, формирующую сферическую оболочку (везикулу). Теоретически было предсказано, что такие редкие формы агрегатов могут наблюдаться при переходе от цилиндрических мицелл к везикулам. Но экспериментально такие структурные превращения до настоящего времени обнаружены не были.

Для изучения эволюции цилиндрических мицелл в везикулы и обнаружения редких промежуточных форм агрегатов в нашей работе впервые было предложено использовать смесь двух ПАВ – цвиттерионного и неионогенного с очень близкой структурой. Постепенное замещение молекул цвиттерионного ПАВ на молекулы неионогенного ПАВ в смеси позволило постепенно уменьшать отталкивание между гидрофильными группами на поверхности мицелл за счет внедрения незаряженных групп между диполями, что делало более выгодной плотную бислойную упаковку ПАВ по сравнению с цилиндрической.

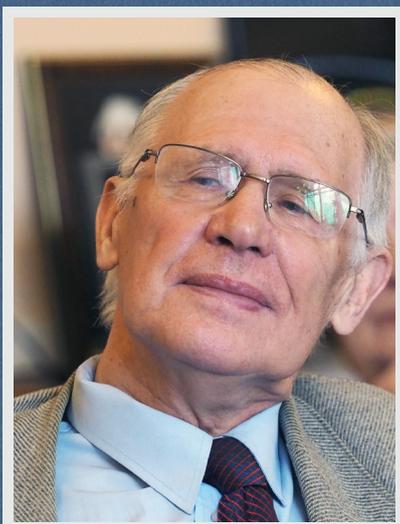
Для исследования структурных преобразований были использованы современные методы исследования самособирающихся структур в водной среде: криогенная электронная микроскопия, криогенная электронная томография и малоугловое рассеяние нейтронов в комбинации с реологией. Криогенная электронная микроскопия и томография образцов были выполнены в сотрудничестве с коллегами из Курчатовского Института, а малоугловое рассеяние нейтронов с коллегами из Объединенного Института Ядерных Исследований (г. Дубна).

Было обнаружено, что по мере уменьшения отталкивания на поверхности цилиндрических мицелл формируются точки ветвления, в которых три цилиндра соединяются в одной плоскости в форме трехлучевой звезды, в центре которой находится участок двухслойной мембраны. Так образуется насыщенная сетка из мицелл, в которой все цилиндрические мицеллы «сшиты» точками ветвления. Дальнейшее уменьшение отталкивания на поверхности мицелл приводит к увеличению количества тройных точек ветвления за счет уменьшения количества линейных цилиндрических участков. Когда длина участков мицелл между точками ветвления становится меньше, чем персистентная длина мицелл, становится более выгодной плоская структура, и насыщенная сетка трансформируется в перфорированные везикулы. Поверхность везикул имеет пористую структуру (как

и исходная насыщенная сетка). Размер пор составляет 5 – 20 нм. Каждая пора окружена точками ветвления с центральной двухслойной частью и короткими цилиндрами между ними. Такой подход к описанию структуры перфорированных везикул впервые предложен в нашей работе.

Результаты работы в первую очередь важны как вклад в понимание фундаментальных закономерностей создания редких форм агрегатов ПАВ и контроля их структуры. С практической точки зрения, полученные в нашей работе гидрогели из мицелл ПАВ могут использоваться для очистки воды от тяжелых металлов, а перфорированные везикулы с нанопорами могут использоваться как уникальные наноконтейнеры для направленной доставки веществ. Результаты работы опубликованы в ведущем журнале в области самоорганизующихся систем и коллоидной химии.

W. Hao, Y. M. Chesnokov, V. S. Molchanov, P. R. Podlesniy, A. I. Kuklin, V. V. Skoi, and O. E. Philippova. "Cryo-electron tomography study of the evolution of wormlike micelles to saturated networks and perforated vesicles." *Journal of Colloid and Interface Science*, **672**, pp. 431–445, 2024.



Распоряжением Президента Российской Федерации от 13 февраля 2025 года № 40-рп за «заслуги в подготовке высококвалифицированных специалистов, научно-педагогической деятельности и многолетнюю добросовестную работу» Почетной грамотой Президента Российской Федерации награжден профессор кафедры общей физики и физики конденсированного состояния:

НИКИТИН
Сергей Александрович

Объявлены лауреаты премии Правительства Москвы молодым ученым за 2024 год

в номинации «Физика и астрономия»:

ПОТЁМКИН
Фёдор Викторович

за работу «Новое поколение сверхширокодиапазонных источников когерентного излучения ультракороткой длительности и их применение в задачах современной фотоники»



КАРЗОВА
Мария Михайловна

за работу «Нелинейные акустические волны с ударными фронтами в медицинских и аэроакустических приложениях: новые возможности применения, измерения и численного моделирования»

КЛЕЩ
Виктор Иванович

за работу «Исследование одноэлектронных эффектов при полевой эмиссии из углеродных наноструктур»



МГУ поддерживает внедрение ИИ в образовательные процессы

7 молодых ученых и преподавателей МГУ — авторов образовательных курсов по искусственному интеллекту — получили в весеннем семестре гранты от Московского университета при поддержке фонда «Интеллект». Об этом стало известно после подведения итогов конкурса на получение грантов для авторов курсов и факультативов.

Курсы направлены на машинное обучение в естественных науках, развитие практических навыков, а также на совершенствование компетенций XXI века.

Одним из победителей конкурса стал Дмитрий Чубанов, старший научный сотрудник кафедры математики с курсом «Статистическая регуляризация и перспективные методы машинного обучения».

Задача курса — дать широкое представление о современных моделях и методах, которые активно используются при решении практических задач, и помочь освоить базовый теоретический аппарат статистического вывода, который лежит в большинстве существующих моделей.

Традиционно делается акцент на охватывающие все области машинного обучения темы, такие как регуляризация, выбор гиперпараметров, тесно связанные с вопросом выбора подпространства латентных переменных или вопросом перехода к подпространству меньшей размерности, описывающему интересующие исследователя свойства решаемой задачи.

«На курсе можно узнать про базовые подходы, на которых основывается современное машинное обучение и математический аппарат»

Уже третий год подряд с 2023 г. Дмитрий Чубанов читает спецкурс по выбору «Статистическая регуляризация и перспективные методы машинного обучения». Обновленный имеющийся курс молодой ученый прочтет в весеннем семестре.

Фонд «Интеллект» выплачивает индивидуальный грант победителям конкурса в размере 330 тысяч рублей на обновление и апробацию ранее разработанного семестрового курса.

Мы пообщались с Дмитрием о его курсе, любимых книгах и мечтах.

— О чем ваш курс «Статистическая регуляризация и перспективные методы машинного обучения»?

— В курсе можно узнать про базовые подходы, на которых основывается современное машинное обучение, и математический аппарат, необходимый для понимания данных подходов, также рассматриваются базовые понятия теории регуляризации обратных задач и их связь с машинным обучением.

— Что на ваш взгляд самое важное в нем?

— Курс подчеркивает взаимосвязь двух областей: теории регуляризации машинного обучения, подходы одной из данных областей могут быть полезными в другой, взаимосвязь данных областей становится все более заметной и с каждым годом будет только усиливаться.

— Как вы стали ученым? Почему стали заниматься наукой?

— Много передалось от родителей, они закончили МГУ. Возможность открывать что-то новое и искать нестандартные решения всегда привлекала.

— Что вы исследуете? Ваша первая серьезная задача?

Занимался обратными задачами спектроскопии для атмосферных спектрометров. В нашей группе были проведены непростые, в чем-то уникальные эксперименты и расчеты по восстановлению профиля ветра по спектральным данным.

— Чем бы вы занимались, если бы не стали ученым?

— Чем-то в технических областях.

— Ваше любимое место в Москве?



— Парк Сокольники.

— Что читаете, что любите смотреть?

— Из литературы: Достоевского, Тургенева, Чехова, Пришвина, путешественников: Владимира Арсеньева, Тура Хейердала, Федора Конюхова.

— Дайте совет начинающему ученому.

— Расширять кругозор и также важно поднимать общий культурный уровень, стоит отметить, что интуицию для различных открытий можно получить на стыке различных дисциплин.

— О чем мечтаете?

— Чтобы было больше взаимопомощи.

Материалы взяты с сайтов Фонд «Интеллект» и МГУ

"Нелинейные акустические волны с ударными фронтами в медицинских и аэроакустических приложениях: новые возможности применения, измерения и численного моделирования"



Премия
Правительства Москвы
Молодым ученым

Старший научный сотрудник кафедры общей физики и физики конденсированного состояния Карзова М.М. уже 15 лет успешно занимается научными исследованиями в Лаборатории медицинского и промышленного ультразвука МГУ (<http://limu.msu.ru/>), признанной одной из лидирующих научных групп в России и за рубежом в области исследования нелинейных эффектов при распространении ультразвуковых волн в жидкости и воздухе, а также их воздействия на биологические ткани.

Работа Карзовой М.М. посвящена исследованию фундаментальных нелинейно-дифракционных явлений, связанных с распространением в неоднородных средах, отражением от границ и фокусировкой высокоамплитудных акустических волн. Данная тематика актуальна как для атмосферной акустики при исследовании проблемы распространения волны звукового удара в случайно-неоднородной атмосфере, так и для медицинской акустики, где активно развивается направление неинвазивной хирургии с помощью фокусированных ультразвуковых пучков для теплового и механического разрушения мягких биологических тканей.



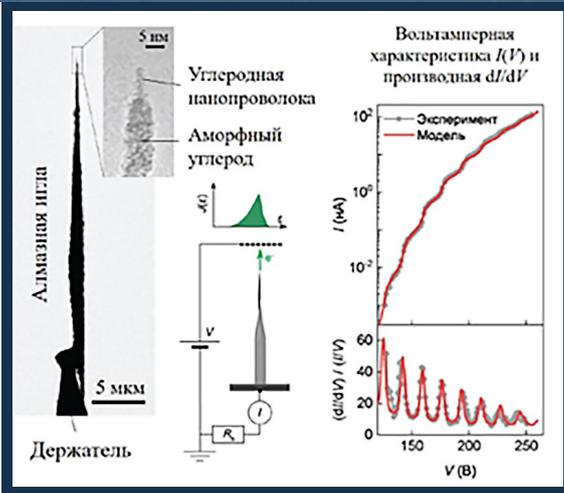
В области атмосферной акустики в работе исследовались нелинейные волновые явления, проявляющиеся при распространении слабых ударных импульсов в атмосфере, при их отражении от границ и прохождении через турбулентные слои. Данные исследования связаны с проблемой звукового удара, которая привлекает к себе большое внимание в связи с современным этапом развития гражданской сверхзвуковой авиации. Лауреатом премии были созданы экспериментальные установки и выполнены оригинальные эксперименты по исследованию пространственных структур ударных фронтов акустических сигналов при отражении нелинейных волн от жестких поверхностей. В проведенных лабораторных экспериментах впервые было исследовано нерегулярное отражение от плоской поверхности сферически расходящейся N-волны со значениями акустического числа Маха порядка 0.001, создаваемой искровым источником в воздухе. Модельный физический

эксперимент, проведенный в работе, имитирует задачу отражения волны звукового удара, распространяющейся в однородной атмосфере. С помощью оптического шлирен-метода и метода интерферометрии по схеме Маха-Цендера в работе были визуализированы и измерены структуры фронтов при отражении N-волны и показано, что волна отражается нерегулярным образом с образованием вблизи поверхности пространственной структуры типа "ножки" Маха.

В области медицинского ультразвука в работе Карзовой М.М. был внесен вклад в развитие новых медицинских технологий, основанных на использовании нелинейных ультразвуковых волн с ударными фронтами. При ее участии был разработан новый комплексный подход, основанный на использовании физического и численного экспериментов, позволяющий с высокой точностью количественно описывать пространственно-времен-

ную структуру трехмерных нелинейных ударно-волновых полей, создаваемых современными излучателями диагностического и терапевтического ультразвука. Карзова М.М. является одним из разработчиков запатентованного программного комплекса открытого доступа «HIFU beam» (<https://limu.msu.ru/product/3546/home>), позволяющего моделировать фокусировку мощного ультразвука в мягкие биологические ткани с учетом возможности образования ударных фронтов. Комплекс «HIFU beam» успешно используется учеными исследовательских центров в России и за рубежом при разработке компьютерных моделей излучателей для различных медицинских приложений, а также для расчетов нелинейных ультразвуковых полей, создаваемых существующими излучателями медицинского назначения, и разработки оптимальных протоколов облучения.

"Исследование одноэлектронных эффектов при полевой эмиссии из углеродных наноструктур"



Различные проявления одноэлектронного туннелирования, обусловленного дискретностью заряда, были подробно исследованы начиная с 1980-х годов в твердотельных полупроводниковых структурах и устройствах микрометрового масштаба, содержащих наноразмерные кластеры. Однако в макроскопически больших электронных устройствах, к которым относятся вакуумные электронные системы, с наноразмерными кластерами, выполняющими роль полевого эмиттера электронов, до недавнего времени такие эффекты практически не изучались. За последние несколько лет в лаборатории углеродных материалов на кафедре физики полимеров и кристаллов под руководством ведущего научного сотрудника Клеца В.И. был проведен цикл работ по разработке таких одноэлектронных полевых эмиттеров и исследованию их свойств.

Одноэлектронный полевой эмиттер представляет собой наноразмерный объект (наноэмиттер), сформированный на проводящем острие и отделенный от него тонким изолирующим слоем, сквозь который электроны могут проходить за счет туннельного эффекта. При определенных условиях в такой системе может возникать эффект кулоновской блокады аналогично тому, как это наблюдается в твердотельных одноэлектронных устройствах. Непрерывное изменение прикладываемого напряжения, вызывает дискретное изменение заряда наноэмиттера, которое приводит к дискретному изменению электрического поля и эмиссионного тока. В результате вольтамперная характеристика такого эмиттера имеет «ступенчатый» вид, который аналогичен случаю «кулоновской лестницы», наблюдаемой для твердотельных систем.

Характерные особенности полевой эмиссии в режиме кулоновской блокады были обнаружены экспериментально для полевых эмиттеров на основе алмазных микроигл и углеродных нанотрубок. Возникновение данных особенностей объясняется структурной модификацией поверхности эмиттеров, происходящей при определенных условиях в процессе эмиссии электронов. Для случая эмиттера на основе алмазной микроиглы установлено, что на его острие формируется слой аморфного углерода, оканчивающийся протяженным наноразмерным выступом – нанопроволокой. Такая нанопроволока играет роль наноэмиттера, отделенного от тела иглы туннельным барьером, аналогичного барьеру Шоттки, возникающему за счет различной степени графитизации нанопроволоки и слоя аморфного углерода. Расчет емкостных характеристик эмиттера с такой нанопроволокой показывает количественное соответствие со значениями, полученными в результате расчетов с помощью разработанной модели зарядового транспорта, основанной на традиционных подходах к описанию одноэлектронных эффектов в твердотельных структурах.

Премия
Правительства Москвы
Молодым ученым



Исследованные «одноэлектронные» полевые эмиттеры представляют не только научный, но и высокий практический интерес. Малая эмитирующая площадь таких эмиттеров и скоррелированность актов эмиссии (электроны в режиме кулоновской блокады эмитируются поочередно, «один за одним») позволяют формировать электронные пучки с более высокой пространственной и временной когерентностью по сравнению с традиционными точечными эмиттерами в виде металлического острия. Это может использоваться при разработке и создании когерентных точечных источников электронов для применения в электронно-лучевых устройствах, электронной микроскопии с временным разрешением, для проведения экспериментов по квантовой оптике на свободных электронах и низкоэнергетической электронной голографии.



Премия
Правительства Москвы
Молодым ученым

Профессор кафедры общей физики и волновых процессов Федор Викторович Потёмкин получил Премию правительства Москвы в номинации «Физика и астрономия» за работу:

"Новое поколение сверхширокодиапазонных источников когерентного излучения ультракороткой длительности и их применение в задачах современной фотоники"

Создание фемтосекундных источников ближнего и среднего ИК диапазонов с высокой пиковой и средней мощностью важно для развития междисциплинарных научных направлений на стыке лазерной физики, нелинейной оптики, физики конденсированного состояния, физической химии и физики высоких энергий. Для решения этих задач становится важным поиск новых лазерных материалов, обеспечивающих генерацию и усиление в широкой полосе частот, в том числе в перспективном среднем ИК диапазоне, а также развитие подходов по нелинейно-оптическому расширению спектра для обеспечения синхронного мультиспектрального когерентного воздействия на вещество. Последнее крайне важно для создания и применения широкополосных источников когерентного излучения от ЭУФ (экстремального ультрафиолетового) до ТГц диапазона в разработке новых подходов к модификации поверхности полупроводниковых сред в режиме тандемного широкодиапазонного лазерного воздействия, которые основаны на фундаменталь-

ных процессах взаимодействия лазерного излучения с веществом. Развитие таких подходов в Московском регионе способствует созданию уникальной инфраструктуры для современной фотоники (от ЭУФ/ВУФ до ИК/ТГц, см. рис. 1), расширяет диагностические возможности и обеспечивает инновационный потенциал и технологический суверенитет Российской Федерации.

В лаборатории нелинейной оптики и сверхсильных световых полей Потёмкиным Ф.В. была разработана концепция расширения диапазона фемтосекундной лазерной генерации на длины волн более 1 мкм за счёт использования лазерных кристаллов на основе ионов хрома в матрице форстерита, то есть Cr⁴⁺:Forsterite (центральная длина волны 1,24 мкм) (ранее на кафедре общей физики и волновых процессов существовала фемтосекундная эксимерная XeCl лазерная система). Это обеспечило в процессе эволюционного развития исследований получение уникальных для такого класса активных сред выходных параметров лазерного излуче-

ния, а именно субтерраваттный уровень пиковой мощности при поддержании средней мощности на уровне ватта (см. рис. 2).

На следующем этапе созданные лазерные источники стали основой для разработки Потёмкиным Ф.В. подходов к расширению спектра мощной лазерной генерации на ближний (1–2 мкм), средний (2–8 мкм) и дальний (10 мкм) ИК диапазоны. Найденные аномалии в перестроенных кривых процесса оптического параметрического усиления в неоксидных нелинейных кристаллах тиогаллата серебра (AgGaS₂), тиогаллата лития (LiGaS₂) и тиогаллата ртути (HgGaS₂) обеспечили достижение рекордной эффективности преобразования в ближний и средний ИК диапазоны (до 18 % в две волны) и порядка 100 мкДж энергии в импульсе при сохранении сверхкороткой длительности, близкой к двум-трём оптическим периодам поля (см. рис. 1). Разработка в России новых нелинейных полупроводниковых кристаллов барьерной группы (BaGa₂GeS₆) позволило научной группе увеличить эффективность преобразования излучения в инфракрасный диапазон до 40%, что является мировым рекордом в области создания источников когерентного излучения фемтосекундной длительности на основе процесса параметрического усиления. Выход на

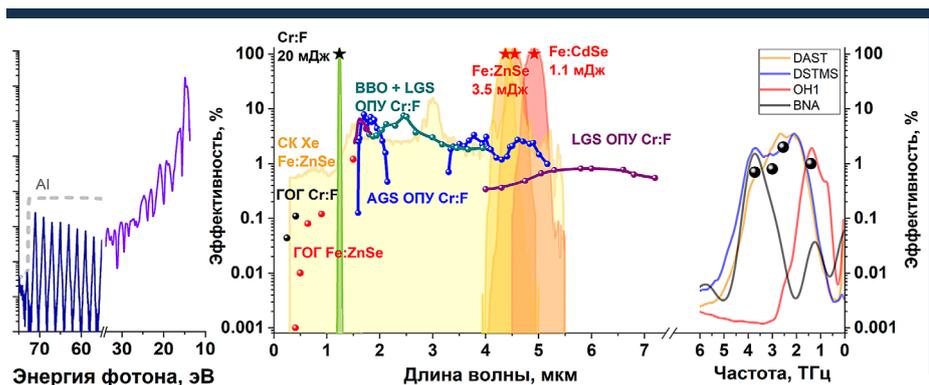


Рис. 1. Энергетические и спектральные характеристики разработанного в МГУ сверхширокодиапазонного источника когерентного излучения ультракороткой длительности.

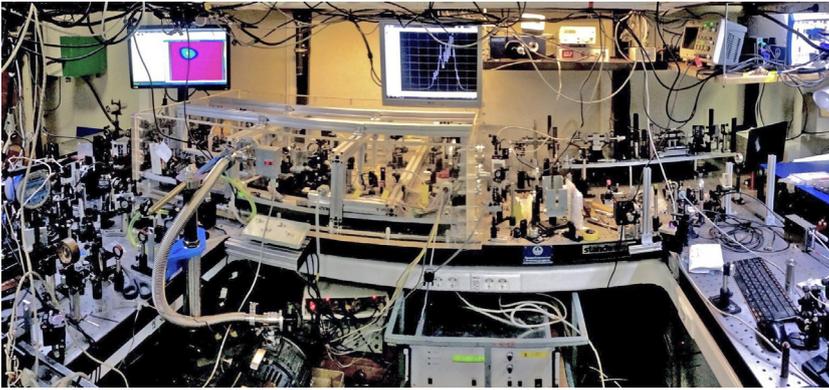


Рис. 2. Мультиспектральный лазерный комплекс в лаборатории нелинейной оптики и сверхсильных световых полей в МГУ.

мультигигаваттный уровень пиковой мощности широкополосного излучения в перспективном среднем ИК диапазоне было реализовано в новой, не имеющей мировых аналогов схеме лазерного усиления в халькогенидных активных кристаллах A_2B_6 группы, легированных ионами железа Fe^{2+} с оптической накачкой мощными 3-мкм наносекундными лазерными источниками. Достигнутые в научной группе характеристики перестраиваемых в среднем ИК-диапазоне (2667–2851 нм) наносекундных лазерных источников с активной модуляцией добротности высокой пиковой (порядка 6 МВт) и средней (порядка 1,6 Вт) мощности расширили применение их в процессах взаимодействия 3 мкм излучения с веществом в интересах создания экстремальных состояний в жидкостях и твердотельных средах при реализации новых подходов в микрообработке материалов. Экстремальное (более $10^4 \cdot \text{см}^{-1}$) поглощение в области 3 мкм в воде позволяет использовать разработанные лазерные источники при микрообработке поверхности материалов методом лазерно-индуцированного жидкостного травления.

Новым шагом в развитии этого направления стали разработанные Потёмкиным Ф.В. методы нелинейного расширения спектра мощного двухдиапазонного фемтосекундного ИК лазерного источника. Эффективное преобразование излучения ближнего ИК диапазона в терагерцевый диапазон в молекулярных кристаллах и тонкое управление дисперсией вблизи молекулярных полос поглощения при распространении мощного излучения среднего ИК диапазона позволило впервые создать сверхширокодиапазонный (от ЭУФ до ТГц) источник излучения сверхкороткой длительности и вместе

с разработанными эффективными (от 0.001% в ЭУФ до 1% в ТГц и 10% в среднем ИК диапазонах) схемами преобразования ИК излучения открыть доступ к мультиспектральному сверхбыстрому воздействию на вещество. Разработанные лазерные источники созданы на отечественной компонентной базе, что обуславливает устойчивое развитие данного направления и даёт возможности для дальнейшей реализации самых смелых и критических экспериментов в физике сверхсильного светового поля и аттосекундной физике, что до сих пор не реализовано ни в одной научной группе в России.



Рис. 3. Экспериментальный комплекс генерации когерентного излучения экстремального ультрафиолетового и мягкого рентгеновского диапазонов.

С физикой сверхсильного светового поля неразрывно связана задача получения экстремального состояния вещества. Острая фокусировка фемтосекундного лазерного излучения в объём конденсированной среды позволяет создавать такие состояния в лабораторных условиях. Особый интерес с фундаментальной точки зрения представляет эволюция лазерно-индуцированного экстремального состояния

вещества, которая может включать быстрые фазовые переходы, недостижимые в стационарных условиях (см. рис. 4). В лаборатории Ф. В. Потёмкиным развиты лазерные методы создания и диагностики экстремального состояния вещества, работающие в широком временном окне (от фемтосекунд до микросекунд) и применимые для широкого класса сред (диэлектрики, полупроводники). Были предложены и реализованы новые подходы к управлению энерговкладом (вплоть до 10 кДж/см²) при воздействии острого фокусированного фемтосекундного лазерного излучения с интенсивностью более 1 ТВт/см² на объём диэлектрических и полупроводниковых сред в области их прозрачности, что в сочетании с разработанными методами диагностики плазмы и эволюции лазерно-индуцированного экстремального состояния вещества с использованием нелинейно-оптического метода микроскопии на основе процесса генерации третьей гармоники позволяет создавать и регистрировать динамические и стационарные лазерно-индуцированные фазовые переходы. С использованием разработанного метода фемтосекундного двухцветного лазерного воздействия на твердотельную среду становится возможным увеличение объёмной плотности поглощённой энергии при меньшей, по сравнению с однопольным воздействием, энергии лазерного излучения, что обеспечивает условия ударно-волнового возмущения с давлением порядка нескольких гигапаскалей и важно для развития фемтосекундных микротехнологий. Созданный новый класс фемтосекундных лазерных источников среднего ИК диапазона ($\lambda > 4$ мкм) при использовании режима острой фокусировки ($NA=0,86$) к трёхмерной объёмной микрообработке узкозонных полупроводников и знаменует собой начало нового подхода к трёхмерной лазерной функционализации полупроводниковых материалов

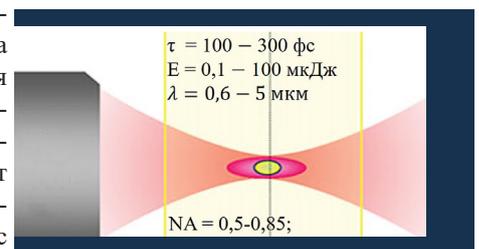


Рис. 4. Лазерно-индуцированные экстремальные состояния вещества.

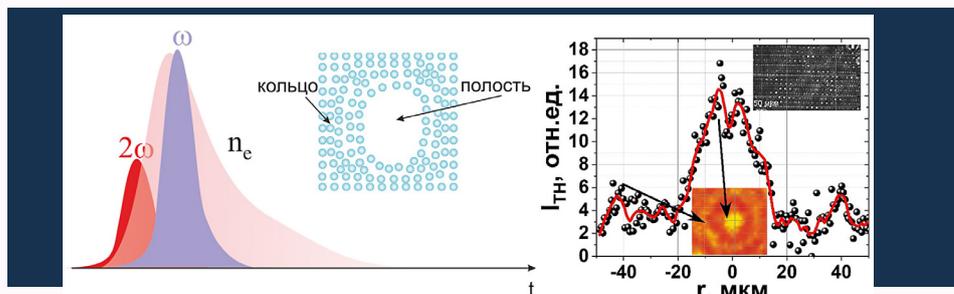


Рис. 5. Принцип двухцветного воздействия на вещество (слева) и одноимпульсная модификация объёма высокоомного кремния при воздействии острогофокусированного фемтосекундного лазерного излучения среднего ИК диапазона (справа).

(см. Рис. 5). В перспективе это может привести к разработке новых подходов в ИК фотонике для прототипирования

фотонных интегральных схем, интегрированных в один чип миниатюрных лазерных источников, оптоэлек-

тронных устройств, оптоэлектронных переходов и высокоскоростных оптических каналов передачи данных. Исследованные эффекты экстремального воздействия лазерного излучения на объём прозрачной конденсированной среды могут лечь в основу создания лазерно-индуцированных фаз вещества и методов объёмного микроstructuring диэлектрических и полупроводниковых материалов, что важно для развития элементной базы современной ИК фотоники.

ЛОМОНОСОВ – 2025. О конференции



В январе 2025 года Московский Университет торжественно отметил 270-летие. И международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» была проведена 32-й раз. Конференция проходила с 11 по 25 апреля. Всего на секцию «Физика» подано 842 заявки на участие, из них авторов — 749, соавторов — 29 и слушателей — 64.

Традиционно заседания секции «Физика» проводятся за один день, и все студенты, кто не выполняет в это время задачи практикума, освобождаются от занятий после второй пары. В 2025-м году таким днём был выбран вторник, 15 апреля. Открытие работы секции «Физика» состоялось в южной физической аудитории, с вступительным словом выступил и.о. декана, профессор Владимир Викторович Белокуров. Затем последовала лекция лауреата Премии Правительства Москвы для молодых ученых 2025 г., старшего научного сотрудника кафедры общей физики и физики конденсированного состояния Карзовой Марии Михайловны «Нелинейные акустические волны с ударными фронтами в задачах аэроакустики и медицинских приложениях: новые

подходы к измерениям и численному моделированию».

Далее начались заседания подсекций секции «Физика», параллельные заседания проходили одновременно в 51 аудитории физического факультета и 2-х аудиториях ЦКП очно, 3 заседания проходили в смешанном (очно + дистанционно) формате.

Всего было проведено 56 заседаний в рамках секции «Физика». По итогам заседаний жюри совместно с экспертами, участвовавшими в заседаниях, выбрало лучшие доклады. Авторы наиболее интересных докладов получили рекомендацию опубликовать результаты исследований в журнале «Ученые записки физического факультета Московского Университета». Со списком лучших докладов секции «Физика» и другими материалами секции Физика, можно ознакомиться по ссылке из QR-кода и на странице секции.



Жюри секции «Физика»

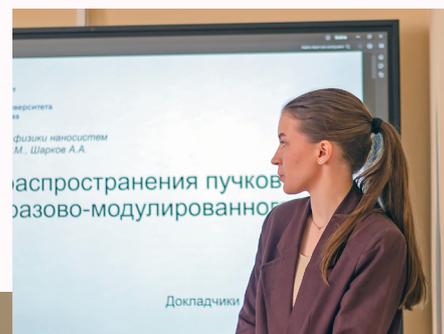
В жюри подсекций вошли ведущие сотрудники физического факультета, а также молодые ученые, добившиеся значительных успехов в науке.

1	проф. Чуличков А.И.	29	в.н.с. Плохотников К.Э.
2	проф. Черняев А.П.	30	доц. Широков Е.В.
3	проф. Борисов А.В.	31	доц. Приезжев А.В.
4	проф. Бушуев В.А.	32	доц. Берловская Е.Е.
5	проф. Савельев-Трофимов А.Б.	33	доц. Вохник О.М.
6	проф. Голубцов П.В.	34	доц. Захаров В.И.
7	проф. Гордиенко В.М.	35	доц. Казаков К.А.
8	проф. Грановский А.Б.	36	доц. Лукьяненко Д.В.
9	проф. Засов А.В.	37	доц. Карташов И.Н.
10	проф. Короленко П.В.	38	доц. Князев Г.А.
11	проф. Кульбачинский В.А.	39	доц. Кузнецов А.А.
12	проф. Лобышев В.И.	40	доц. Макуренков А.М.
13	проф. Максимочкин В.И.	41	доц. Мартышов М.Н.
14	проф. Манцевич В.Н.	42	доц. Одина Н.И.
15	проф. Митрофанов В.П.	43	доц. Ормонт М.А.
16	проф. Наний О.Е.	44	доц. Павликов А.В.
17	проф. Орешко А.П.	45	доц. Потанин С.А.
18	проф. Перов Н.С.	46	доц. Степаньянц К.В.
19	проф. Пирогов Ю.А.	47	доц. Трифонов А.С.
20	проф. Еременко Д.О.	48	с.н.с. Майдыковский А.И.
21	проф. Поляков П.А.	49	с.н.с. Исупов Е.Л.
22	проф. Попов А.М.	50	с.н.с. Преснов Д.Е.
23	проф. Свертилов С.И.	51	с.н.с. Якимов Б.П.
24	проф. Твердислов В.А.	52	с.н.с. Карпенков Д.Ю.
25	проф. Уваров А.В.	53	н.с. Дьяконов И.В.
26	проф. Филимонов Н.Б.	54	н.с. Фролов А.Ю.
27	проф. Галкин В.И.	55	м.н.с. Стручалин Г.И.
28	в.н.с. Доленко Т.А.		

От души поздравляем лучших докладчиков! Спасибо всем участникам за интересные доклады.

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

Огромная благодарность издательскому отделу, который всегда нас выручает с подготовкой электронного макета сборника тезисов.

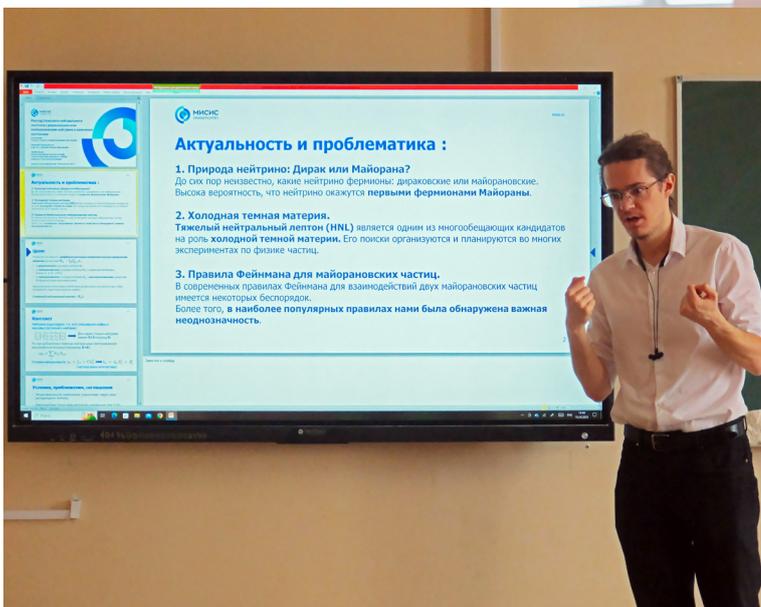
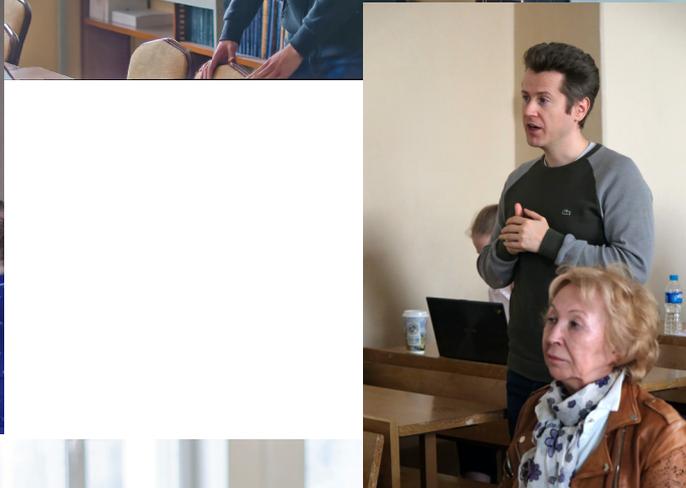
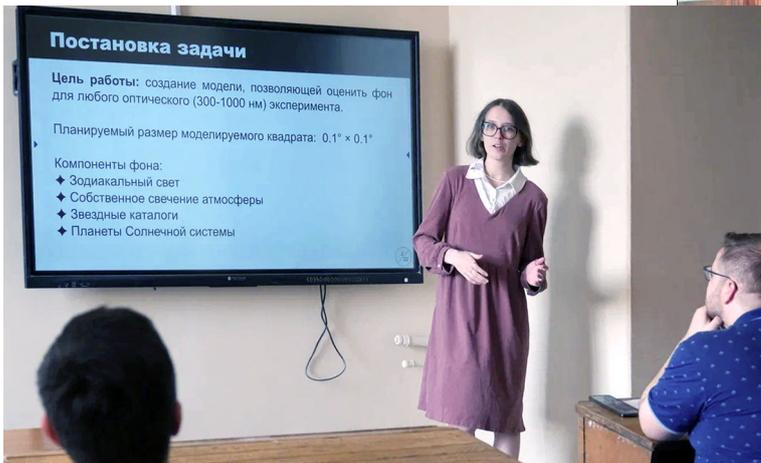
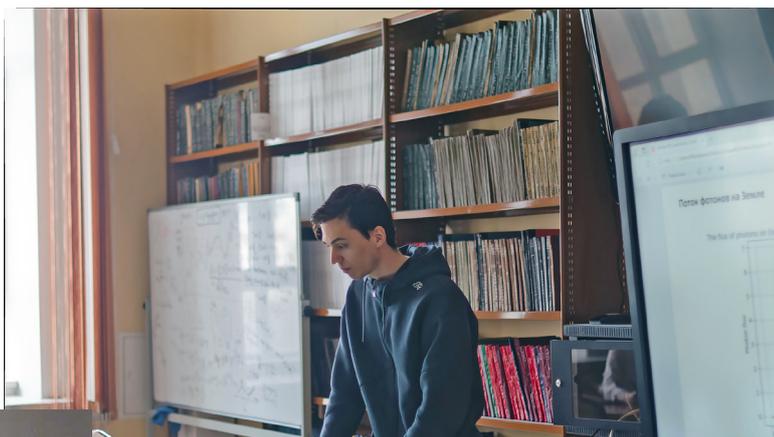


Также большое спасибо студенческому профкому и следующим студентам нашего факультета, которые помогли с организацией и проведением конференции:

№	ФИО	Группа
1	Самченко Серафима Викторовна	219м
2	Сопетик Александр Витальевич	519
3	Пушистова Анна Сергеевна	441
4	Баранова Дарья Алексеевна	242м
5	Ерохина Анна Александровна	240м
6	Шарков Алексей Александрович	541
7	Самсонова Виктория Сергеевна	540
8	Попова Софья Алексеевна	441
9	Базалевская Татьяна Валерьевна	413
10	Галиуллин Карим Радикович	411
11	Оруджева Вероника Эльдаровна	342
12	Лихачёв Дмитрий Сергеевич	337
13	Ракова Ольга Алексеевна	317
14	Рославцев Станислав Васильевич	314
15	Баля Александр Сергеевич	302
16	Матряшина Ева Александровна	206



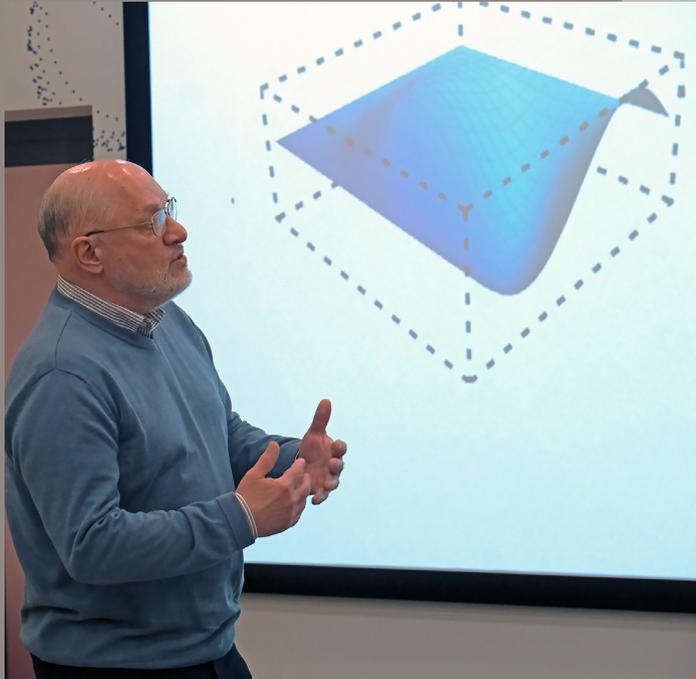
Каждый год мы стараемся сделать конференцию лучше и интересней. Желаем всем участникам и их научным руководителям больших научных успехов, удачи и крепкого здоровья. Ждем ваши доклады в следующем году.



Ответственный секретарь секции «Физика» Александр Паришинцев
м.н.с. кафедры магнетизма Андрей Макаров
и весь коллектив научного отдела.



ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2025. СЕКЦИЯ ФИЗИКА



Ежегодная общеуниверситетская научная конференция «ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ» проходила в МГУ с 24 марта по 4 апреля 2025 г. на физическом факультете.

В составе секции «ФИЗИКА» были организованы заседания 13 подсекций по различным направлениям исследований современной физики. В программу конференции вошло 100 докладов, авторами которых явились около 300 ученых – представители физического, химического, биологического факультетов, МНОИ МГУ, а также сотрудники различных ВУЗов, институтов и организаций РАН, ведущих на протяжении многих лет совместные исследования с физическим факультетом.

В этом году как никогда активно проявили себя практически все сопредседатели подсекций, оперативно и творчески подошедшие к отбору и включению заявок в программы своих подсекций и организации слушаний докладов. В итоге большинство докладов отличалось высоким уровнем содержания, в том числе глубиной научной проработки и новизной полученных результатов.

Аудитория, привлеченная организаторами заседаний подсекций, была достаточно многочисленной за счет использования не только очной, но и дистанционной формы проведения. В результате ученые многих регионов России смогли принять участие в слушании и обсуждении научных проблем, поднятых на этой конференции в секции «ФИЗИКА».

Особо нужно отметить, что заседания двух подсекций прошли в новой аудитории Н-16.

Просторная, светлая, оснащенная современной техникой и мультимедийным оборудованием, с удобно расположенной мебелью она является достойным примером того, что всё на физическом факультете должно быть качественно и на высоком профессиональном уровне. Присутствовавшие на заседаниях сотрудники остались очень довольны.

В настоящее время готовится к выпуску электронный Сборник тезисов докладов конференции «Ломоносовские чтения. Секция ФИЗИКА». Отдельный выпуск Ученых записок физического факультета будет посвящен конференции. Кроме того, предполагается издание Вестника Московского Университета по итогам конференции.



Т. А. Версан

ДИССЕРТАЦИОННЫЕ СОВЕТЫ МГУ С ЗАЩИТАМИ В 2025 Г.

МГУ.013.3 (МГУ.01.01)

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

17.04.2025

1. **ЭНХТОР Лхамсүрэн** «Ближний порядок и статические смещения в бинарных твердых растворах замещения с различными кристаллическими структурами». 1.3.8 – Физика конденсированного состояния. Докторская диссертация.

МГУ.013.4 (МГУ.01.13)

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

26.02.2025

2. **ЗУБЮК Варвара Владимировна** «Эффекты оптического переключения и насыщения поглощения в метаповерхностях на основе арсенида галлия и германия». 1.3.19 - Лазерная физика. Кандидатская диссертация.

3. **НИКОЛАЕВА Ирина Алексеевна** «Частотно-угловое распределение терагерцового излучения при филаментации фемтосекундного лазерного импульса в газах». 1.3.19 - Лазерная 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.
Уч. секретарь – Васильев Андрей Николаевич, д.ф.-м.н.
Косарева Ольга Григорьевна, д.ф.-м.н., доц.

25.02.2025

4. **КУБАНОВ Рустам Татарханович** «Фурье-оптика фрактальных структур». 1.3.6 - Оптика. Кандидатская диссертация.

18.03.2025

5. **ГРЫЗЛОВА Елена Владимировна** «Векторные корреляции в нелинейных процессах ионизации атомов высокочастотным излучением». 1.3.6 – Оптика. Докторская 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., проф.
Кузелев 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.

16.03.2025

6. **БАТУКАЕВ Тимур Саидэмиевич** «Физико-химические характеристики микроволнового разряда в жидких диэлектриках». 1.3.9 - Физика плазмы. Кандидатская диссертация.

7. **ЛУКЪЯНЦЕВ Денис Сергеевич** «Метод контролируемого формирования наноструктурированных металл-оксидных пленок». 1.3.5 - Физическая электроника. Кандидатская диссертация.



270 лет

**Московскому
государственному
университету
им. М.В. Ломоносова**

Главный редактор: В. В. Белокуров

Редакторы:

П. А. Форш, В. Н. Задков, Н. Б. Баранова

Начальник отдела оперативной печати: Салецкая О. В.

Дизайн и верстка: И. А. Силантьева

Фотограф: С. А. Савкин

Пресс-секретарь:

А. С. Трипалина press,ff@org.msu.ru

Подписано в печать 22.04.2025.

Физический факультет МГУ

имени М.В. Ломоносова,

119991, Москва ГСП-1,

Ленинские горы, д. 1, стр. 2

ISSN 2500-2384



Бюллетень «НОВОСТИ НАУКИ»

© 2025 Физический факультет МГУ