

ЕЖЕГОДНИК ГАЗЕТЫ
«СОВЕТСКИЙ ФИЗИК»
2022 год



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. Ломоносова

**ЕЖЕГОДНИК ГАЗЕТЫ
«СОВЕТСКИЙ ФИЗИК»
2022 год**

Москва
Физический факультет МГУ
2023



Ежегодник газеты «Советский физик». 2022 год / Под ред. К.В. Показеева. — М.: Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2023. —380 с.

ISBN 978-5-8279-0271-3

Сборник составлен из номеров газеты «Советский физик» — печатного органа Ученого совета, деканата и общественных организаций физического факультета МГУ за 2022 год.

Издание предназначено для всех интересующихся жизнью и историей физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Рецензенты: профессор, доктор физ.-мат. наук заведующий отделением математики физического факультета МГУ А.Н. Боголюбов

профессор, доктор физ.-мат. наук заведующий кафедрой магнетизма физического факультета МГУ С.Н. Перов

Печатается по плану издательской деятельности, утвержденному решением Ученого совета физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

ISBN 978-5-8279-0271-3

© Физический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, 2023

*Посвящается 270-летию МГУ
и 90-летию физического факультета*

ДОРОГОЙ ЧИТАТЕЛЬ!

«Советский физик» — газета физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. С 1953 г. выпускается в настенном варианте, с 1998 г. в настенном, журнальном и электронном (<http://www.phys.msu.ru/rus/about/sovphys/>; <http://www.msu.ru/resources/msu-publ.html>) вариантах. По материалам газеты выпущен ряд сборников: «Советский физик», «Люди физфака», «Проблемы образования глазами «Советского физика», «Физфаковцы», «Физфаковцы и Великая Отечественная война», «Физфаковцы в комсомоле и ССО», «Советский сверхчеловек», “М.В. Ломоносов в «Советском физике”” и др.

Электронный архив газеты «Советский физик» за 1997–2018 гг. и тематические сборники размещены на (<https://www.phys.msu.ru/rus/about/sovphys>).

С 2016 начато издание Ежегодника «Советского физика», в который помещаются все материалы номеров газеты за год. При подготовке издания устраняются замеченные опечатки и ошибки.

Материалы газеты предоставляют читателю возможность ознакомиться с жизнью факультета.

Надеюсь, что издание «Ежегодник газеты “Советский физик“. 2022 год» будет полезно всем интересующимся жизнью и историей физического факультета МГУ.

*Главный редактор «Советского физика»
профессор К.В. Показеев*

СОВЕТСКИЙ ФИЗИК

1(153)/2022
(январь–февраль)



ОРГАН УЧЕНОГО СОВЕТА, ДЕКАНАТА
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ

2022



**ПОЗДРАВЛЕНИЕ ДЕКАНА ФИЗИЧЕСКОГО
ФАКУЛЬТЕТА МГУ ПРОФЕССОРА Н.Н. СЫСОЕВА
С ДНЕМ РОЖДЕНИЯ МОСКОВСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА И ДНЕМ РОССИЙСКОГО
СТУДЕНЧЕСТВА**

Дорогие профессора, преподаватели, сотрудники, студенты и аспиранты физического факультета!

Поздравляю вас с Днем российского студенчества, который также является днем рождения нашего любимого университета!

267 лет назад, 12 января 1755 года (25 января по новому стилю), императрица Елизавета Петровна одобрила прошение Ивана Ивановича Шувалова и подписала указ об открытии московского университета, ставшего вскоре центром российской науки, культуры и передовой общественной мысли.

Осталось всего три года до 270-го юбилея нашего университета!

Дорогие физфаковцы, встретим юбилей новыми достижениями в учебе и науке!

Дорогие студенты! Поздравляю вас с вашим первым профессиональным праздником, желаю вам успешной учебы, творческого энтузиазма и, конечно же, трудолюбия! Пусть учеба на физическом факультете оставит вам море прекрасных воспоминаний, а приобретенные здесь друзья останутся с вами на всю долгую жизнь! Пусть полученные за время учебы знания позволят вам стать настоящими профессионалами и посвятить жизнь любимой работе на благо Родины!

Татьянин день — праздник преемственности поколений, ведь все преподаватели были когда-то студентами. Желаю вам, дорогие коллеги, прилежных ответственных студентов, творческого вдохновения, терпения, здоровья, активного долголетия и неуклонного движения к профессиональным высотам! Желаю вам всегда оставаться молодыми в душе, сохранять студенческий оптимизм, юношеский энтузиазм, открытость новому!

Всем физфаковцам желаю как следует отдохнуть в каникулы и вернуться в новом семестре к учебе и работе с новыми силами и идеями!

С Татьяниним днем, родной университет!

*Декан физического факультета МГУ
профессор Н.Н. Сысоев*

МГУ ПРОДОЛЖАЕТ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО УЛУЧШАТЬ ПОЗИЦИИ В МИРОВЫХ РЕЙТИНГАХ ВУЗОВ

МГУ вошел в топ-40 лучших вузов мира по репутации



27 октября 2021 года опубликован очередной глобальный репутационный рейтинг университетов World Reputation Rankings от международного агентства Times Higher Education. Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова вошел в топ-40 лучших вузов мира, заняв 38-ю строчку рейтинга.

В основе методологии данного исследования лежит закрытый опрос специалистов с мировым признанием, крупнейших ученых, представителей глобального научно-образовательного сообщества. Опрос переведён на 15 языков мира, и в этом году в нём участвовало свыше 10 000 авторитетных учёных из 138 стран.

Комментируя результаты рейтинга, ректор МГУ имени М.В. Ломоносова академик В.А. Садовничий отметил, что высокие позиции Московского университета, его вхождение в топ-40 ведущих вузов мира является признанием его активной международной деятельности как на академическом, образовательном, так и межгосударственном уровне. «Университет активно развивает свое представительство за рубежом: отмечает 5-летие Совместный российско-китайский университет МГУ-ППИ в Шэньчжэне; развиваются филиалы в Казахстане, Азербайджане, Армении, Таджикистане, Узбекистане, Словении; работают центры МГУ в Иране, Китае, Ливане, Италии, на Кубе. Московский университет — один из активных участников международных научных проектов MegaScience, таких как коллаборации LIGO, CERN, ITER и другие.



Университет играет ведущую роль в области подготовки новых специалистов для космической отрасли, ведет обширную научную и образовательную программу в области медицинской деятельности, генетики, искусственного интеллекта, экологических задач, фотонных и квантовых технологий и т.д. В настоящее время МГУ перестраивает свою научно-образовательную политику, концентрируя беспрецедентные ресурсы на развитии недавно созданных междисциплинарных научно-образовательных школ, соответствующих приоритетам стратегии научно-технологического развития страны. В их работу уже сегодня включены десятки факультетов, сотни научных сотрудников, тысячи молодых ученых и студентов. Результаты каждой из НОШ будут напрямую влиять на успех университета в целом, в том числе на его значимость для авторов международных рейтингов. Московский университет, как лидер российского образования, в сотрудничестве с Российским Союзом ректоров является организатором глобального партнерства вузов России и зарубежных стран. Важным аспектом этого сотрудничества являются регулярные встречи ректоров российских университетов с их зарубежными партнерами. За последние 20 лет в таких встречах приняло участие более 4 000 руководителей университетов», – подчеркнул ректор.

<https://www.msu.ru/news/mgu-voshel-v-top-40-luchshikh-vuzov-mira-po-reputatsii.html>

МГУ ворвался в топ-50 рейтинга ТНЕ по гуманитарным наукам и искусству

3 ноября 2021 года опубликованы результаты предметного рейтинга Times Higher Education (ТНЕ) по гуманитарным наукам и искусству. Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова вновь

вошел в первую сотню вузов рейтинга: МГУ поднялся на 44-ю строчку с 72-й позиции годом ранее.



Оценивая опубликованные ТНЕ материалы, ректор МГУ академик В.А. Садовничий подчеркнул лидерство Московского университета среди российских вузов по гуманитарным наукам и искусству. По словам Виктора Антоновича, университет в настоящее время перестраивает свою научно-образовательную политику, концентрируя беспрецедентные ресурсы на развитии недавно созданных междисциплинарных научно-образовательных школах, соответствующих приоритетам стратегии научно-технологического развития страны. В их работу включены десятки факультетов, сотни научных сотрудников,

тысячи молодых ученых и студентов. Одна из важнейших школ – НОШ «Сохранение мирового культурно-исторического наследия». В работе Школы участвуют более 200 ведущих ученых и преподавателей, а также молодых исследователей Московского университета в области истории, философии, филологии, лингвистики, политологии, психологии, социологии, биологии, музееведения, антропологии, астрономии, журналистики. Нет никаких сомнений относительно влияния работы Школы на взрывной рост позиций МГУ в предметном рейтинге ТНЕ по гуманитарным наукам и искусству.

В этом году в рейтинге представлены 606 университетов из 60 стран мира, в их числе и восемь российских вузов. При составлении предметных рейтингов ТНЕ используются те же 13 индикаторов эффективности, что и в мировом институциональном рейтинге, которые группируются по пяти направлениям: преподавание (среда обучения); исследования (объем, доход и репутация); цитирования (влияние исследований); международное взаимодействие (сотрудники, студенты и исследования); доход от производственной деятельности (передача знаний). Данные индикаторы имеют другой вес с целью учета специфики конкретных научных областей.

<https://www.msu.ru/news/mgu-vorvalsya-v-top-50-reytinga-the-po-gumanitarnym-naukam-i-iskusstvu.html>



НАНОЧАСТИЦЫ ДИОКСИДА ТИТАНА И СТРУКТУРЫ НА ИХ ОСНОВЕ: НЕОБЫЧНОЕ В ОБЫЧНОМ

В настоящее время сотрудниками кафедры общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ в коллаборации с учеными химического факультета МГУ, НИТУ «МИСиС» и НИУ МИЭТ разрабатываются перспективные наноматериалы с уникальными свойствами на основе нанокристаллического диоксида титана (TiO_2) и проводится их изучение с использованием комплекса самых современных методов исследования: структурных, оптических, электрофизических, фотокаталитических и спектроскопии электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Выполняемые работы поддержаны Российским фондом фундаментальных исследований (грант РФФИ № 18-29-23051-мк), Российским научным фондом (грант РНФ № 21-19-00494) и публикуются в престижных высокорейтинговых журналах (*Nanotechnology*, *J. Phys. Chem. C*, *Symmetry* и т.п.).

Мир нанобъектов очень велик и разнообразен. Одним из уникальных свойств наноматериалов является разбитая поверхность (сотни квадратных метров на грамм вещества), открытая для воздействия молекул окружающей среды. Чем меньше размер наночастицы, тем большая часть атомов находится на поверхности по отношению к объему и тем выше реакционная способность такой частицы, обусловленная ее взаимодействием с окружающими молекулами. Это дает возможность осуществить управление физическими и химическими свойствами нанобъектов, варьируя их структуру и химический состав поверхности, что открывает перспективы их использования в нанoeлектронике, экологии и биомедицине.

В качестве объекта исследования мы выбрали наноструктурированный диоксид титана (TiO_2). Данный материал широко используются при производстве красителей, лекарственных и косметических препаратов, пищевых продуктов. Если у вас в руках продукт питания, бытовой предмет или лекарство белого цвета, прочитайте внимательно на этикетке состав — и вы обязательно найдете в нем диоксид титана. Таким образом, каждый из нас ежедневно потребляет содержащую TiO_2 продукцию. Благодаря огромной удельной поверхности и, как следствие, высокой адсорбционной чувствительности открываются широкие перспективы использования диоксида титана в газовых сенсорах, солнечных элементах, фотокаталитических фильтрах и т.п. Фотокаталитические фильтры на основе TiO_2 в отличие от других аналогичных устройств не накапливают разнообразные загрязнения, а разлагают органические вещества, запахи и вредные химические соединения до безвредных веществ (как правило, до воды и углекислого газа), и также уничтожают вирусы и бактерии в процессе окислительно-

восстановительных реакций под действием освещения. Это открывает огромные перспективы использования TiO_2 как для очистки окружающей среды (воздуха и воды), так и для обеззараживания поверхностей (в быту и медицинских учреждениях).

Главным недостатком существующих фотокаталитических фильтров на основе TiO_2 для очистки воздуха является необходимость использования для освещения ультрафиолетовых (УФ) ламп с ртутным наполнителем вследствие большой ширины запрещенной зоны диоксида титана (3.2 эВ). Поэтому свои усилия мы сосредоточили на разработке принципов создания и фундаментальных основ функционирования энергоэффективных стабильных каталитических систем на основе наноструктурированного TiO_2 в комбинации с другими нанокристаллическими оксидами металлов (оксиды молибдена, ванадия, вольфрама) с функцией накопления заряда, работающих при освещении в видимом диапазоне света. В предлагаемых системах устранены имеющиеся на сегодняшний день недостатки аналогичных фотокатализаторов, связанные с необходимостью непрерывного освещения либо в ультрафиолетовом диапазоне спектра, либо в видимом. Созданные нами системы представляют собой наногетероструктуры (то есть большое число дискретных наногетеропереходов типа оксид/оксид), что создает возможность для разделения и накопления фотовозбужденных носителей заряда. Действительно, после генерации под действием света электронов и дырок в TiO_2 электроны инжектируются в другие оксиды металлов (MoO_3 , V_2O_5 , WO_3), входящие в состав образцов, и захватываются в них дефектами — ионами молибдена, ванадия и вольфрама. Дырки, оставшиеся в TiO_2 , теперь не имеют пары для рекомбинации. Таким образом, происходит накопление фотоиндуцированного заряда в наногетероструктурах, который после выключения освещения постепенно расходуется на формирование кислородных и гидроксильных радикалов из адсорбированных на поверхности наноксидов молекул кислорода и воды. Образовавшиеся радикалы продолжают участвовать в окислительно-восстановительных реакциях на поверхности образцов, продлевая тем самым процесс деградации вредных адсорбированных веществ, т.е. каталитическое действие полученных структур. Созданные нами наноматериалы характеризуются стабильными каталитическими свойствами как при работе, так и при хранении.

Для синтеза наногетероструктур мы использовали модифицированный метод пиролиза аэрозолей (аэрозоль раствора с реагирующими веществами поступал в печь, в которой происходило его термическое разложение и формирование образцов требуемого состава) и метод контролируемого гидролиза (химические реакции в растворе). Согласно данным рентгеновской дифракции размер наночастиц во всех полученных наноматериалах варьировался в зависимости от типа структуры в диапазоне от нескольких единиц до 30 нанометров. Образцы характеризовались боль-

шой удельной площадью поверхности (около $100 \text{ м}^2/\text{г}$) и высокой концентрацией радикалов (порядка $10^{18} - 10^{19} \text{ г}^{-1}$).

Для определения фотокаталитической активности (окислительной способности) образцов обычно используется реакция фотодеградации (окисления) тестового вещества, как правило, красителя родамина 6Ж, который наносится на поверхность исследуемого объекта из водного раствора. За изменением поверхностной концентрации красителя следят по величине диффузного отражения R на длине волны 530 нм , что соответствует максимальному поглощению адсорбированного красителя. На рис. 1 для образцов, полученных методом пиролиза аэрозолей и имеющих форму микросфер, продемонстрирована окислительная способность и одновременно способность аккумулировать заряд (характерная только для гетероструктур).

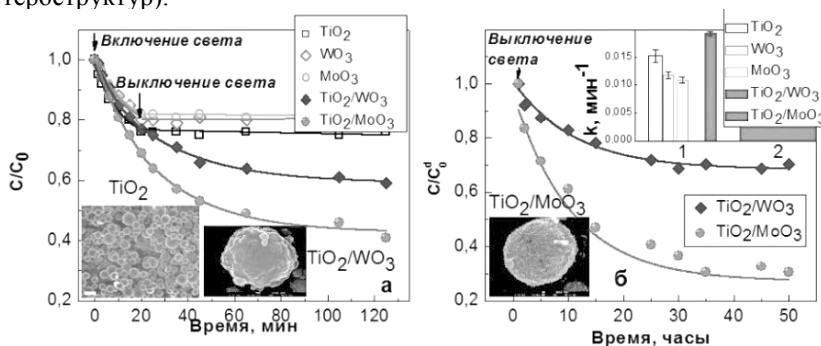


Рис. 1 (а) Кинетика разложения на коротких временах родамина 6Ж на поверхности нанооксидов и наногетероструктур в составе микросфер. C_0 соответствует концентрации красителя в момент времени $t=0$ (свет включен). (б) Долговременная кинетика деградации родамина 6Ж на поверхности наногетероструктур TiO_2/WO_3 и $\text{TiO}_2/\text{MoO}_3$ в темноте после 20 мин предварительного освещения в видимом диапазоне. C_0^d соответствует концентрации красителя в момент выключения света. Также показаны микрофотографии микросфер из нанооксидов титана, титана/молибдена, титана/вольфрама. На вставке приведены скорости катализа для исследуемых образцов

Как видно из рис. 1, синтезированные нами наногетероструктуры обладают высокой скоростью окисления органических веществ на поверхности (на примере родамина 6Ж), в том числе и после выключения освещения (благодаря аккумулированному заряду).

Аналогично на рис. 2 представлены микрофотографии образцов, синтезированных золь-гель методом, и продемонстрированы их бактерицидные свойства (рис. 3).

Нами были исследованы тип и особенности структурных дефектов (радикалов) методом ЭПР-спектроскопии и определены их концентрации

(N_s). Сравнительный анализ концентраций радикалов в образцах и их фотокаталитической активности показал, что с ростом величины N_s скорость фотокатализа увеличивается. Однако это происходит до тех пор, пока значение N_s не превышает некоторого порогового значения. Другими словами, существует некоторая, назовем ее оптимальной, концентрация дефектов, превышение которой вызывает усиление процессов рекомбинации носителей заряда, что отрицательно сказывается на окислительной способности исследуемых образцов.

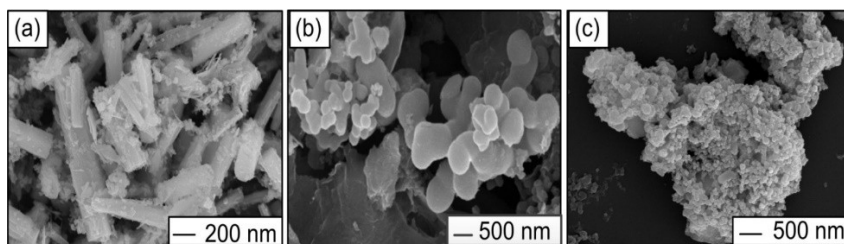


Рис. 2 Микрофотографии наногетероструктур TiO_2/MoO_3 (а), TiO_2/V_2O_5 (б), TiO_2 (с)

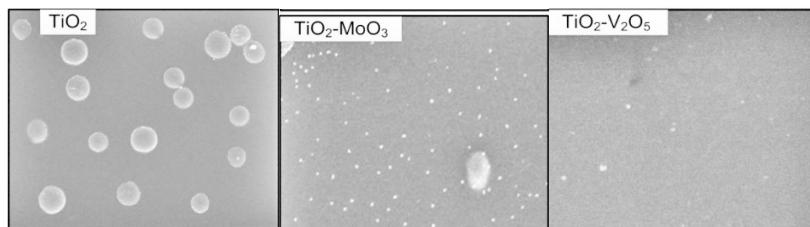


Рис. 3 Микрофотографии бактериальных колоний, сформировавшихся на фотокатализаторах TiO_2 , TiO_2/MoO_3 и TiO_2/V_2O_5 , подвергнутых освещению и оставленных в темноте на 4 часа

Наряду с наногетероструктурами нами были синтезированы фотокатализаторы на основе TiO_2 , предназначенные для преобразования углекислого газа (CO_2) в прекурсоры углеводородного топлива. Почему это важно? С учетом нынешних темпов потребления ископаемого топлива и без того огромные выбросы CO_2 удвоились за последние три десятилетия, поэтому происходит неизбежное повышение средней глобальной температуры с глубоким пагубным воздействием на окружающую среду, в том числе на мировой океан. Кроме того, быстрый рост крупномасштабной экономики и индустриализации за последнее столетие вызвали серьезную озабоченность в отношении загрязнения воздуха, воды и истощения природных ресурсов, что требует поиска новых альтернативных

источников энергии. Поэтому важнейшей задачей является разработка селективных и эффективных фотокатализаторов для преобразования CO_2 в энергоемкие углеводородные соединения. Путем электрохимического травления титановой фольги во фторсодержащих электролитах на основе этиленгликоля нами были получены массивы нанотрубок оксида титана, имеющие многостенную структуру (можно выделить внутренний и внешний слой — рис. 4). На поверхности внутреннего слоя после термической обработки сохраняются дефекты — оборванные связи углерода. Посредством химического травления в смеси серной кислоты и перекиси водорода возможно удаление внутреннего слоя нанотрубок и формирование одностенных массивов нанотрубок TiO_2 без углерода в составе.

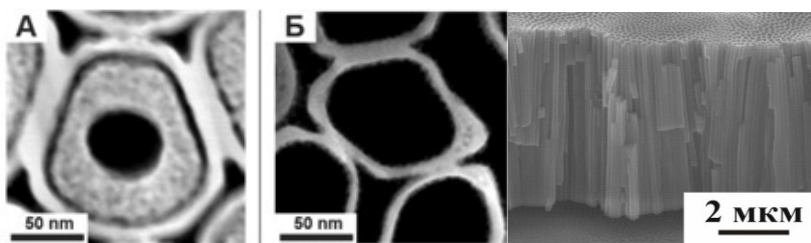
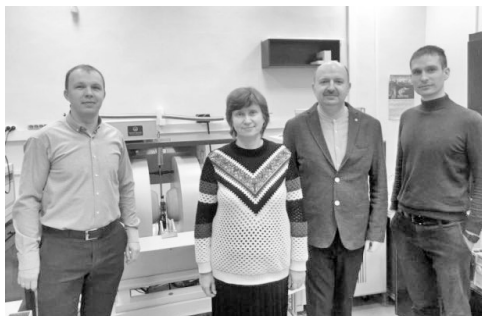


Рис. 4 Изображения поверхности многостенных (А) и одностенных (Б) массивов нанотрубок оксида титана, полученные с помощью сканирующей просвечивающей электронной микроскопии, и микрофотография бокового склона многостенных образцов (справа), полученная с помощью сканирующей электронной микроскопии

Мы провели сравнительное исследование фотокаталитической активности газофазной конверсии CO_2 в углеводородные продукты и дефектов в структуре многостенных и одностенных массивов нанотрубок TiO_2 . В процессе фотоконверсии CO_2 были обнаружены метанол и метан. Скорость фотокатализа для многостенных нанотрубок TiO_2 оказалась в несколько раз выше по сравнению с одностенными. Методом ЭПР показано, что дефекты типа Ti^{3+} /вакансии кислорода, в основном, расположены в объеме внешнего слоя нанотрубок, в то время как углеродные оборванные связи наблюдаются непосредственно на поверхности внутреннего слоя. Было установлено, что углеродные дефекты поглощают свет в видимом диапазоне спектра и являются центрами накопления фотоиндуцированных носителей заряда. На основе сравнительного анализа фотокатализа и данных ЭПР была предложена модель процесса конверсии CO_2 на двух типах структуры нанотрубок, согласно которой причиной большей фотокаталитической активности многостенных нанотрубок TiO_2 по сравнению с одностенными структурами является наличие оборванных угле-

родных связей на поверхности внутреннего слоя многосленных образцов. Данные дефекты выступают в качестве адсорбционных центров для молекул CO_2 и в то же время аккумулируют электронный заряд, что приводит к ускорению процесса конверсии CO_2 в прекурсоры углеводородного топлива (метан и метанол).

Результаты нашей работы вносят важный вклад в разработку энергоэффективных фотокаталитических устройств нового поколения на основе нанокристаллического диоксида титана, функционирующих в видимом диапазоне спектра и обладающих функцией накопления заряда.



*На фотографии (слева направо):
М.Н. Мартышов,
Е.А. Константинова,
А.В. Павликов,
А.С. Ильин*

*Е. А. Константинова,
доктор физико-математических наук,
профессор кафедры ОФиМЭ физфака МГУ,
заведующая лабораторией ЭПР
ЦКП физического факультета МГУ,
руководитель грантов РФФИ и РНФ*

НЕ БЕДА, ЧТО ХОЛОДА: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СВЕРХПРОВОДНИКОВОЙ ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Наноразмерные джозефсоновские контакты и безиндуктивные логические схемы открывают возможность для радикального (в разы и даже на порядки) уменьшения всех ключевых схем современной сверхпроводниковой цифровой электроники.

Вычислительные комплексы, элементная база которых использует макроскопические квантовые эффекты в сверхпроводниках, уже не первое десятилетие привлекают внимание научного сообщества. Характерное время переключения между устойчивыми состояниями джозефсоновского контакта — аналога полупроводникового диода и базы всех логических устройств — здесь составляет всего несколько пикосекунд (1 пс =



10^{-12} с); тепла же при этом выделяется всего порядка 1 аДж (10^{-18} Дж). Даже с учетом энергозатрат на охлаждение современные цифровые джозефсоновские сверхпроводниковые устройства на пару порядков «бережливее» своих полупроводниковых аналогов. Сверхпроводниковая цифровая электроника используется в специализированных вычислительных системах в ситуациях, когда её достоинства — высокие быстродействие и энергоэффективность — оказываются критически важны. К таким задачам относятся, например, обработка сигналов с массивов сверхчувствительных низкотемпературных датчиков на перспективных космических обсерваториях, где энергетический бюджет сводится с большим трудом, а избавляться от выделяющегося в электронике тепла весьма тяжело. С интересом поглядывают на прототипы сверхпроводниковых суперкомпьютеров и «фермеры XXI века», оборудование которых занято майнингом криптовалюты или любыми иными однообразными и энергозатратными операциям. Наконец, сверхпроводниковые процессоры для квантовой индустрии должны обеспечить связь между электроникой, работающей при комнатной температуре, и устройствами, функционирующими при субкельвиновых морозах.

Но долгие годы развитие этой технологии сдерживает низкая степень интеграции. Одна из самых сложных проблем в этой области — уменьшение размера джозефсоновского контакта, нелинейного элемента сверхпроводниковых цепей. С физической точки зрения эта гетероструктура — просто «слабая связь» между двумя сверхпроводниками; обычно её готовили в виде «сэндвича» из двух сверхпроводящих электродов и прослойки из слоя изолятора. И если мы желаем получить наноразмерные параметры такого «джозефсоновского диода», то нужно делать слой диэлектрика атомарной толщины, что отрицательно сказывается на воспроизводимости характеристик устройства.

Сотрудники НОШ «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина» предложили метод миниатюризации таких гетероструктур. Оказалось, что контакт типа «сверхпроводник – металл – сверхпроводник» в геометрии «мостик переменной толщины» допускает многообещающую миниатюризацию планарных размеров. Ученые теоретически рассчитали температурные зависимости критического тока и характерного напряжения для различных интерфейсов, исследовали механизмы ухода тепла из такого «мостика».

Но получить наноразмерный джозефсоновский аналог диода недостаточно для радикальной миниатюризации сверхпроводниковых цифровых устройств. Для хранения информации в таких схемах используют сверхпроводящие квантовые интерферометры (контура с джозефсоновскими контактами, аналоги уже не диодов, а транзисторов). И одна только индуктивность, используемая для хранения информации в виде кван-

тов магнитного потока, занимает в этом случае несколько квадратных микрометров на чипе.

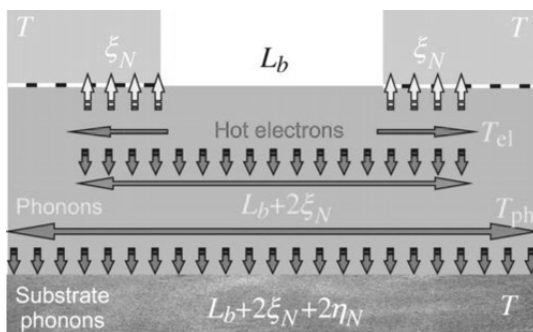


Рисунок 1. Предложенный джозефсоновский контакт «сверхпроводник – металл – сверхпроводник» в геометрии «мостик переменной толщины», позволяющий получать высокие значения критического тока и сопротивления в нормальном состоянии при высокой воспроизводимости основных характеристик

Сотрудники НОШ «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина» предложили использовать для хранения информации так называемую джозефсоновскую фазу (разность между фазами параметров порядка, описывающих сверхпроводящие коллективы по разные стороны от «слабой связи») отдельных контактов. Коллектив авторов при помощи имитационного численного моделирования на основе обобщенной резистивной модели джозефсоновских гетероструктур и метода баланса фаз для сверхпроводящих цепей предложил и исследовал разные варианты реализации ячейки памяти, а также 8-битного параллельного сумматора, способного функционировать без «индуктивностей для хранения информации».

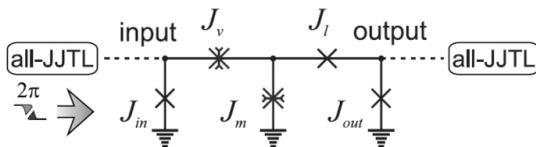


Рисунок 2. Пример предложенного безиндуктивного логического блока для сверхпроводниковой цифровой электроники. Крестами на схеме показаны джозефсоновские контакты

В комплексе наноразмерные джозефсоновские контакты и безиндуктивные логические схемы открывают возможность для радикального (в разы и даже на порядки) уменьшения всех ключевых схем современной сверхпроводниковой цифровой электроники.



Основные результаты проведенных исследований опубликованы в двух статьях в престижном журнале *Physical Review Applied*; представлена к защите диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук (В.И. Ружицкий; научный руководитель И.И. Соловьев).



*И.И. Соловьев,
В.И. Ружицкий,
С.В. Бакурский,
М.Ю. Куприянов,
Н.В. Кленов*

ФИЗИКИ МГУ ДОСТИГЛИ РЕКОРДА ДОБРОТНОСТИ ДЛЯ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ МАГНИТООПТИЧЕСКИХ РЕЗОНАТОРОВ В МИКРООПТИКЕ



Учёные кафедры физики колебаний физического факультета МГУ впервые изготовили оптический микрорезонатор с рекордной добротностью. Эта характеристика показывает число колебаний в колебательном контуре, которое совершает световая волна до затухания. В данном случае рекорд добротности относится к микрорезонаторам из материалов, обладающих сильным магнитооптическим взаимодействием. Такие микрорезонаторы могут помочь в создании более дешёвых модуляторов, ячеек памяти, магнитных сенсоров и стать новым поколением резонаторов в электронике. Исследование опубликовано в журнале *Optic Letters*.

Микрорезонатор сделан из кристалла и может поместиться на кончике пальца. Он изготовлен в форме диска диаметром в несколько миллиметров для того, чтобы получать резонанс в гигагерцовом диапазоне. Резонанс в таких диапазонах нужен для радиофотонных применений. Высокую добротность на данный момент можно получить только в кристаллических резонаторах, в промышленном масштабе такое пока что недоступно. Кристаллические резонаторы предназначены для единичных исследовательских установок, то есть пока это скорее узкоспециализированный продукт.

Исследователи сумели продемонстрировать рекордную добротность ($Q = 1.45 \times 10^8$) среди магнитооптических материалов. Высокая добротность означает, что свет внутри микрорезонатора практически не теряет свою энергию и может проходить в нём очень большое расстояние, отражаясь от стенок микрорезонатора. Такая конструкция может быть использована в различных электронных устройствах: от модуляторов до различного рода сенсоров.

В качестве кристалла для изготовления был выбран тербий галиевый гранат. У него большая постоянная Верде, которая отвечает за магнитооптические характеристики, и низкое оптическое поглощение. Получающийся из такого материала резонатор относится к резонаторам с модами шепчущей галереи. Это красивое название обозначает специальный тип колебаний, распространяющихся внутри резонатора, по аналогии с акустическими колебаниями в шепчущей галерее собора Св. Павла в Лондоне, которые исследовал и объяснил лорд Рэлей. Чем-то распространение «шепчущей волны» похоже на явление полного внутреннего отражения, потери энергии в таких резонаторах малы, поэтому в них может быть достигнута высокая добротность.



«Видов магнитных сенсоров существует множество, и микрорезонатор из тербий галиевого граната уступает многим другим устройствам в ряде характеристик. Тем не менее, наш микрорезонатор имеет свои преимущества: возможность обнаружения более высокочастотных полей и отсутствие насыщения при любых достижимых значениях напряженности магнитного поля», — объяснил руководитель научной группы, доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики колебаний физического факультета МГУ Игорь Биленко.



«Мы исследовали воздействие магнитного поля на оптический микрорезонатор, показали в нём наивысшую добротность среди других резонаторов с сильным магнитооптическим взаимодействием, построили численную модель взаимодействия», — рассказал первый автор статьи, магистрант кафедры физики колебаний физического факультета МГУ Андрей Данилин.

В дальнейшем планируется исследовать взаимодействия ортогонально-поляризованных семейств оптических мод через взаимодействие с высокочастотным магнитным полем, применения в качестве оптических изоляторов.

https://www.msu.ru/science/main_themes/fiziki-mgu-dostigli-rekorda-dobrotnosti-dlya-sleduyushchego-pokoleniya-magnitnoopticheskikh-rezonator.html

КОНКУРС ИМЕНИ АКАДЕМИКА Р.В. ХОХЛОВА НА ЛУЧШУЮ СТУДЕНЧЕСКУЮ НАУЧНУЮ РАБОТУ 2021 ГОДА

Одной из замечательных традиций физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова является проведение ежегодного конкурса лучших научных студенческих работ имени академика Р.В. Хохлова. Кафедры выдвигают на конкурс лучшие выпускные квалификационные работы своих студентов: магистерские диссертации, дипломные работы специалистов и ВКР бакалавров.

В 2021 году работа жюри конкурса проходила в дистанционном формате в соответствии с действовавшими ограничениями. На конкурс было подано 56 работ: 29 ВКР бакалавров и 27 диссертаций магистров и специалистов. В жюри конкурса под председательством профессора Вячеслава Михайловича Гордиенко вошли 36 сотрудников физического факультета. Состоялось два заседания жюри в дистанционном формате. На первом заседании, которое проходило 22 июня, были определены 10 выпускников магистратуры (специалитета) — финалисты конкурса и 10 выпускников бакалавриата, работы которых заняли 1, 2 и 3 места. На втором заседании конкурса, которое проходило 28 июня, финалисты, выпускники магистратуры и специалитета, представляли свои научные работы на открытом дистанционном заседании жюри конкурса. После заслушивания всех докладов и подсчета баллов были определены **победители конкурса, выпускники магистратуры и специалитета:**

Премия 1 степени

1.	Гришин Кирилл Алексеевич	кафедра астрофизики и звездной астрономии
2.	Крюкова Екатерина Андреевна	кафедра физики частиц и космологии

Премия 2 степени

3.	Воронов Андрей Алексеевич	кафедра фотоники и физики микро- волн
4.	Румянцев Борис Вадимович	кафедра общей физики и волновых процессов
5.	Уланов Павел Юрьевич	кафедра молекулярных процессов и экстремальных состояний вещества
6.	Щчепанович Данило	кафедра квантовой электроники

Премия 3 степени

7.	Швецов Борис Сергеевич	кафедра общей физики и молеку- лярной электроники
8.	Назмиев Альберт Иреко- вич	кафедра физики колебаний
9.	Николаева Ирина Алексеевна	кафедра общей физики и волно- вых процессов

Победители конкурса, выпускники бакалавриата:

Премия 1 степени

1.	Камалетдинов Сергей Раильевич	кафедра математики
2.	Ефимова Анна Юрьевна	кафедра физики атомного ядра и квантовой теории столкновений
3.	Ильясов Александр Игоревич	кафедра оптики, спектроскопии и физики наносистем

Премия 2 степени

4.	Гладченко Сергей Евгеньевич	кафедра теоретической физики
5.	Ломов Евгений Владими- рович	кафедра квантовой электроники



6.	Туманова (Топчу) Ксения Дмитриевна	кафедра акустики
----	------------------------------------	------------------

Премия 3 степени

7.	Бобылев Дмитрий Алексеевич	кафедра общей ядерной физики
8.	Багрова Ольга Евгеньевна	кафедра биофизики
9.	Сальников Дмитрий Владимирович	кафедра физики частиц и космологии
10.	Луценко Алексей Олегович	кафедра биофизики

Поздравляем победителей и их научных руководителей, а также выражаем огромную благодарность жюри конкурса!

Паршинцев А.

ПЕРВАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

К 270-летию МГУ

В Московском университете в 1872 году, 150 лет назад, была создана первая физическая лаборатория.

Вторая половина XIX в. была отмечена важным изменением в организации подготовки специалистов в области физики. В это время сначала в Европе, а затем и в Америке создаются физические лаборатории.

Когда в 1745 г. М.В. Ломоносов стал профессором химии, это позволило ему с новыми силами продолжить работу по созданию химической лаборатории, поскольку, как он писал, «химическая лаборатория при Академии Наук для исследования натуральных вещей весьма нужна и профессор химии без оной надлежащей пользы приносить не может, равно как профессор астрономии без обсерватории и надлежащих к тому инструментов».

По университетскому Уставу 1863 г. каждый российский университет должен был иметь наряду с физическим кабинетом и физическую лабораторию. Первую научную ла-



бораторию в России создает при Петербургском университете Ф.Ф. Петрушевский.

Весной 1871 г. профессор Н.Н. Любимов, заведовавший в то время кафедрой, и доцент А.Г. Столетов представили факультету и Совету университета мотивированное заявление, в котором кратко обосновали необходимость открытия лаборатории. Из-за отсутствия помещений решение данного вопроса затянулось. Проблема была решена лишь к осени 1872 г. Под лабораторию была отведена часть бельэтажа «ректорского дома», состоящая из нескольких комнат.

Время прихода Н.А. Любимова в Московский университет совпало с эпохой интенсивного развития университета. Во время заведования кафедрой Н.А. Любимов особое внимание уделяет оснащению физического кабинета. Он пишет многочисленные ходатайства о выделении средств, командировании за границу для приобретения там лучших образцов демонстрационных приборов. «Он сразу поднял преподавание физики в Московском университете своим талантливым изложением, популяризацией науки и стремлением довести преподавание до уровня, с которым он познакомился в своей заграничной поездке», — писал Н.А. Умов.

В 1860 г. Н.А. Любимов открывает первый публичный курс физики о явлениях света, электричества и магнетизма. Эти лекции имели большой успех. На них впервые в России было применено электрическое освещение. Электричеством был освещен университетский двор с прилегающей территорией.

В этом же году Н.А. Любимов изобретает демонстрационный снаряд для объяснения опыта Фуко. В 1872 г. он изобретает опрокидывающийся термометр для определения температуры в артезианских колодцах в Москве. Наблюдения производил Н.Н. Шиллер.



Много сил отдал Н.А. Любимов расширению университетской механической мастерской. В 1866 г. он пригласил на должность механика любителя – часовщика Т.Ф. Симонова. В 1870–1872 гг. по поручению Н.А. Любимова Т.Ф. Симонов изготовил гальваноскоп, который затем широко использовался для лекционных демонстраций в течении длительного времени. Он хранился в экспозиции постоянно действующей выставки на физическом факультете «Развитие физики в Московском университете». Эта выставка была открыта на физическом факультете МГУ в 1980 г. в связи с 225-летием со дня основания Московского универ-



ситета. Она работала до 1995 г. В дальнейшем на ее месте был открыт Музей физического факультета.

За целым рядом демонстрационных опытов по свободному падению прочно закрепилось название «опыты Любимова».

А.Г. Столетов стал главной движущей силой при создании лаборатории. Он переносит из физи-



ческого кабинета приборы, сделанные им совместно с Н.Н. Шиллером, устанавливает кронштейны на стенах, конструирует установки для физического практикума. В этом ему помогают добровольцы из числа студентов.

К концу 1872 г. лаборатория была готова для практических занятий студентов. Но для ее открытия необходимо было финансирование, которое не выделили. Тогда Н.А. Любимов уступает для этих целей 600 рублей из штатной суммы кафедр.

А.П. Соколов вспоминал: «Лаборатория обнаружила свою деятельность уже в первый год своего существования. Было установлено несколько инструментов, отчасти пожертвованных бывшим профессором К.А. Рачинским; явилось несколько студентов, которые заинтересовались делом, деятельно стали помогать Ал. Гр. в доставке приборов; из них П.А. Зилов, ныне проф. Варшавского университета, сделал в лаборатории свою первую работу – определение величины Ома в ртутных единицах. С течением времени лаборатория получила более устроенный вид: был проведен газ, установлены каменные постаменты на сводах для чувствительных к тряске приборов, устроена маленькая оптическая комната, мастерская и т.д. Постепенно были приобретены ценные измерительные приборы: квадрант-электрометр и гальванометр Томсона, катетометр, спектрометр и пр.»

В этой лаборатории А.Г. Столетов осуществил свои наиболее известные эксперименты. Позже здесь работал и П.Н. Лебедев.

Здание («ректорский домик»), в котором была открыта в 1872 году первая физическая лаборатория в Московском университете

профессор П.Н. Николаев

ПРОРЕКТОР МГУ ВАСИЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ ПОТЕМКИН. СТРАНИЦА ЖИЗНИ.

К 270-летию МГУ

Василий Васильевич Потемкин, выпускник Юрьевского университета и основатель Ярославского университета, был членом ВКП (б). Позднее он — начальник лечсанупра Кремля, директор Биохимического института Наркомздрава (1929–1935). Его жизнь была тесно связана с МГУ: в 1929–1939 он профессор химического факультета МГУ, в 1929–1930 — декан химического факультета МГУ, и в 1939–1941 — проректор МГУ по научной части. Его сын, профессор кафедры физики колебаний физического факультета МГУ, тоже Василий Васильевич, хорошо знаком сотрудникам старшего поколения.



*Проректор МГУ, профессор
Василий Васильевич Потемкин*

Потемкин-старший после революции был членом губернского комитета РКП(б) в Ярославле. В это время чекисты схватили знаменитого террориста Бориса Савинкова* после провала организованного им мятежа в Ярославле.

Власти решили воинственного эсера судить. Председатель ярославского губкома Иван Дмитриевич Кабаков хотел, чтобы суд проходил строго по закону и на процессе обязательно был бы не только судья, но и защитник. Он вызвал члена губернского комитета Василия Потемкина и сказал: «Надо обеспечить общественного защитника по делу Савинкова, и им предлагаю быть тебе». Потемкин начал было возражать: «Да я же врач, а не юрист, не хочу я браться за это дело!» Но Кабаков настоял на своем: «Нет, товарищ Василий, ты будешь защищать Савинкова. На суде надо соблюсти революционную законность, и только ты сможешь выполнить роль защитника, ибо среди всех членов губкома только ты образованная личность». Потемкину пришлось согласиться. Он обрядился в хороший костюм, надел галстук и отправился в тюремную камеру к арестанту. Сначала Савинков отказывался беседовать со своим защитником. «А что меня защищать, — заявил он, — я и так знаю, что меня расстреляют». Но потом, однако, Савинков передумал. Изменение своего решения он объяснил тем, что перед ним человек интеллигентный, и это ему, Савинкову, импонирует. «Вряд ли ты мне навредишь на суде», — сказал он. Они поговорили. При расстава-



нии Савинков сказал Потемкину: «Запомни, Василий, быть около меня — это значит быть рядом с историей!» — фразу, которую он любил повторять своим знакомым.

Состоявшийся суд вынес Савинкову, врагу советской власти, смертный приговор. Защищал же Потемкин Савенкова своеобразно, насколько тогдашний коммунист мог защищать своего классового врага. Однако Савинкову на этот раз и не нужна была защита. Смертный приговор террористу большевики привести в исполнение не смогли — Борис Савинков попросту бежал из ярославской тюрьмы.

Ведущий научный сотрудник Б.Н. Швилкин

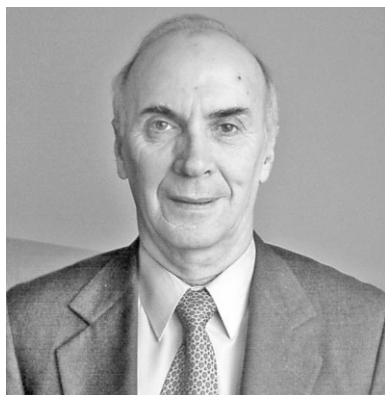
*** Примечание Главного редактора.** Борис Савинков — эсер, террорист, писатель, самый последовательный враг победившей революции: непримиримую борьбу он начал 25 октября (7 ноября по новому стилю) 1917 года.

ВЛАДИСЛАВ РУСТЕМОВИЧ ХАЛИЛОВ

Наши учителя

В 1976 году я закончил третий курс физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и для дальнейшего обучения был распределен на кафедру теоретической физики. В начале четвертого курса студентам было предложено определиться с научным руководителем. Для меня это была непростая задача, поскольку я еще плохо знал, кто и чем занимается на кафедре.

Мне тогда казалось, что наиболее интересными разделами физики являются теория элементарных частиц и теория гравитации. Я поделился этими соображениями со старшим товарищем Алексеем Гаиной, студентом той же кафедры, и он посоветовал мне обратиться с вопросом о научном руководстве либо к Владиславу Рустемовичу Халилову, либо к Дмитрию Владимировичу Гальцову. Эти молодые сотрудники кафедры работали как раз на стыке интересных для меня научных областей.



Так случайно получилось, что я обратился с просьбой стать моим научным руководителем именно к Владиславу Рустемовичу. Я подошел к нему в коридоре на четвертом этаже физфака после заседания кафедры, представился и изложил суть дела. Он меня внимательно выслушал, сказал, что можно попробовать, и предложил встретиться через пару дней. На следующей встрече я получил список свежих научных статей, с которыми должен был ознакомиться в кратчайшие сроки. Так началось мое приобщение к исследовательской работе.

Для меня Владислав Рустемович был очень хорошим учителем. Он всегда ставил задачи в обобщенной форме, предоставляя мне самому понять, что интересно и актуально в исследуемой области, самому сформулировать и решить уже конкретную задачу. Такой подход соответствовал моему складу ума и характеру, и Халилов это хорошо понимал.

Далее следовала первая, вторая, третья и т.д. серия критических разборов с указанием на недоработки и ошибки, часто глупые, как у каждого начинающего. Но все это происходило в корректной и необидной форме. Хотя и не без присущего Владиславу Рустемовичу тонкого юмора. Затем — выступление на научном семинаре Игоря Михайловича Тернова, где задавалось множество вездыхальных вопросов. И уже после этого, при условии успешного преодоления всех «критических барьеров», можно было писать статью в журнал.

Семинар И.М. Тернова проводился один, иногда два раза в неделю. Его посещение для учеников Халилова было обязательным. Это была очень хорошая научная школа. С обзорными докладами и оригинальными работами выступали ведущие ученые МГУ, других вузов, Академии наук. А вместе с ними студенты и аспиранты кафедры. Делать плохие сырые доклады в такой атмосфере было стыдно, и это способствовало повышению качества исследовательских работ.

После успешной защиты диплома Владислав Рустемович рекомендовал меня в очную аспирантуру. В результате еще три года мне посчастливилось проработать под его непосредственным руководством. Вместе с еще одним учеником Халилова и моим другом Владимиром Пересом-Фернандесом мы увлеченно занимались расчетами поведения электронов и бозонов в сильных электромагнитных полях в рамках модели Вайнберга – Салама. Так в те годы называлась часть стандартной модели, описывающая электромагнитные и слабые взаимодействия.

Эту тему предложил нам Владислав Рустемович. Работали мы с большим увлечением. Мне было очень приятно узнать об экспериментальном открытии W-бозонов практически накануне защиты кандидатской диссертации (июнь 1983 г.), больше половины которой было посвя-



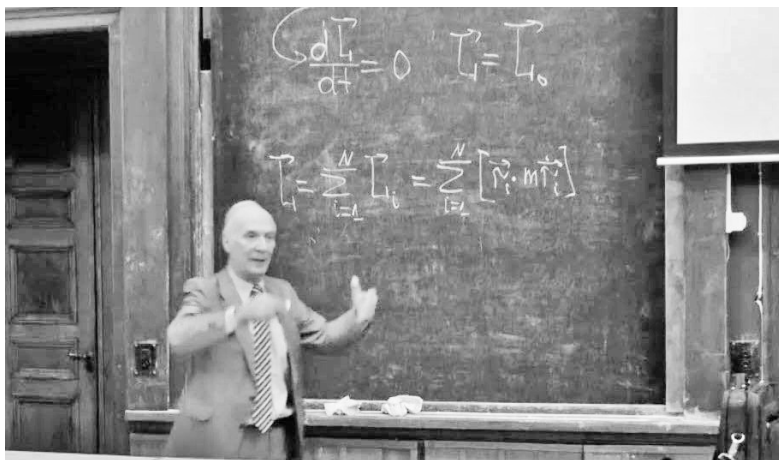
щено эффектам с участием этой частицы. Научная интуиция Халилова оказалась, как всегда, на высоте.

Владислав Рустемович умел делать добрые дела, поддерживать людей незаметно, не афишируя своего участия. Например, представил меня к аспирантской Ленинской стипендии, получение которой было для меня полной неожиданностью и большой радостью. Шутка ли, полноценные 125 рублей в месяц, зарплата инженера. Прошло много лет, а я помню об этом с благодарностью. И вспоминаю каждый раз, когда разговариваю с нынешними аспирантами, вынужденными зарабатывать на стороне, отвлекаясь от своего основного дела.

Начиная с 1984 г. моя работа была связана с микроэлектроникой и наноэлектроникой. Она была очень интересной и занимала практически все время. Тем не менее еще несколько лет, работая уже не на физфаке, я продолжал заниматься задачами, поставленными Владиславом Рустемовичем. Последние наши совместные работы были опубликованы в 1988 г.

Мы периодически встречались и в 90-е, и в 2000-е годы, и позже, когда по тем или иным причинам я заезжал на физфак. Халилов живо интересовался моими делами, работой, семьей. Когда у меня в 2005 г. вышла первая книга, я поспешил подарить ее Владиславу Рустемовичу. Мне было очень важно знать его мнение.

К сожалению, последние три года его жизни мы не виделись. Хотя иногда разговаривали по телефону и обменивались редкими электронными письмами. Хотели встретиться, но все откладывали из-за пандемии. Так и не привелось...



*Ученик В. Р. Халилова,
д. ф.-м. н., профессор МИРЭА И. А. Обухов*

О ЖЕНЩИНАХ - УЧЕНЫХ МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XX ВЕКА В ОБЛАСТИ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

К 270-летию МГУ

150 лет назад в 1872 году в Москве открылись первые в России Высшие женские курсы (ВЖК) с программой обучения близкой к университетской. Преподавателями курсов были лучшие ученые Московского университета, число слушательниц постоянно росло, в том числе и потому, что согласно циркуляру министерства народного просвещения 1863 года женщинам было запрещено посещать университетские занятия даже на правах вольнослушателей. Подобные курсы начали создаваться и в других крупных городах, где профессора местных университетов открывали чтение публичных лекций для женщин. Сначала в число изучаемых на МВЖК дисциплин, кроме гуманитарных, входили физика, математика и астрономия, но в 1879 году курс по естественным наукам был отменен, в 1886 набор студенток и вовсе был приостановлен по политическим мотивам. Выпускницы всех женских курсов этого периода имели право преподавать лишь в гимназиях. К началу XX века у российских женщин сформировалось стремление к получению высшего образования, но по законам Российской империи они не могли поступать в университеты и занимать должности научных сотрудников в государственных учреждениях. Талантливые девушки уезжали учиться в лучшие университеты Западной Европы, где порой составляли 2/3 всех студенток, хотя для этого им были необходимы не только средства, но и разрешения родителей или мужа. На рубеже XIX–XX веков Московский университет входил в число ведущих центров исследований в области математики, здесь же сформировалась первая российская научная школа по физике мирового уровня. В 1911 году в результате конфликта между Императорским Московским университетом и министерством народного просвещения, в знак протеста против нарушения университетской автономии его стены покинули более 130 демократически настроенных профессоров и преподавателей. Большинство начали преподавание на МВЖК, возобновивших прием в 1900 году. На курсах работали два отделения историко-филологическое и физико-математическое, обучение составляло 4 года. В 1915/1916 учебном году Московским высшим женским курсам было предоставлено право проведения выпускных экзаменов и выдачи дипломов о высшем образовании. Первая мировая война, революция 1917 года и последовавшая за ней Гражданская война были серьезным испытанием для всей страны, которые отразились на высшем образовании и развитии науки в целом. Какими путями приходили женщины в науку в то время?



Лидия Петровна Цераская (1855–1931) — пример вовлечения в науку через активную помощь своему мужу. Она окончила женские педагогические курсы, с 1898 г. под руководством В.К. Цераского (1849–1925), директора астрономической обсерватории Московского университета в 1890–1916 гг., приступила к выполнению работ по поиску новых переменных звёзд. С этого времени её имя тесно связано с историей нынешнего ГАИШ МГУ. В период 1916–1925 гг. она ухаживала за больным мужем и после его смерти вернулась в обсерваторию, где получала лишь персональную пенсию Наркомпроса. Не имея ни должности, ни образования, по известности во всем мире из российских женщин-астрономов Цераская занимала первое место. Она открыла 219 переменных звёзд, её работа была отмечена премией Русского астрономического общества. В честь Лидии Цераской назван кратер на Венере.



Александра Андреевна Глаголева-Аркадьева (1884–1945) была одной из первых российских женщин-ученых, получившей мировую известность в научном сообществе и право занимать преподавательские должности в Московском университете, и первой женщиной-физиком, получившей степень доктора наук (1935). В 1900 г. она окончила тульское епархиального училище и только с третьего раза была зачислена на физико-математическое отделение МВЖК, так как туда в первую очередь принимали выпускниц гимназий. После окончания курсов Глаголева была оставлена работать ассистентом на кафедре физики. Во время Первой мировой войны в военном госпитале при МВЖК ею была организована работа рентгеновского кабинета для тяжелораненых, сконструирован рентгеностереометр — прибор для измерения глубины нахождения пуль и осколков снарядов. В 1918 г. она начала работать преподавателем физико-математического факультета



МГУ, с 1920 — вести научную деятельность в лаборатории электромагнетизма, организованной ее мужем профессором В.К. Аркадьевым. В 1923 г. Александра Андреевна впервые получила радиоволны миллиметрового диапазона, ею был разработан новый метод генерации электромагнитных волн (массовый излучатель), построена единая шкала электромагнитных волн. С середины 20-х она участвует в создании кафедры рентгенструктурного анализа. В 1932 г. А.А. Глаголева-Аркадьева основала кафедру общей физики для естественных факультетов, и была заведующей новой кафедры в 1932–1939 гг.

В 1918 г. в два раза увеличился прием студентов в Московский университет. В период 1919–1936 гг. в университете существовал рабочий факультет для подготовки рабоче-крестьянской молодежи, был открыт свободный прием девушек. Одной из первых студенток физико-математического факультета МГУ после окончания московской гимназии стала **Нина Карловна Бари** (1901–1961). Она начала преподавать в МГУ уже в 20-летнем возрасте, в 1934 г. стала профессором, степень доктора физико-математических наук ей присудили в 1935 г., когда она была уже известным учёным, имевшим фундаментальные результаты в теории тригонометрических рядов и теории множеств.



Софья Александровна Яновская (1896–1966) в 1914 году поступила на естественное отделение Высших женских курсов при Новороссийском университете, в 1917 году прервала обучение и включилась в революционную борьбу. Участвовала в одесском большевистском подполье, вступила в ряды Красной Армии, в 1923 году была командирована в Московский институт красной профессуры, в 1925 возглавила семинар по методологии математики для студентов и аспирантов в МГУ, профессор с 1935 г. и заведующая кафедрой истории математических наук с 1944 по 1955 гг. Работы Яновской в области математической логики

подготовили открытие в 1959 г. кафедры математической логики на механико-математическом факультете МГУ.



На рубеже 20–30-х гг. в МГУ обучение проводилось по системе «уклонов», которые объединяли преподавателей и студентов и были основой подготовки специалистов, практика проходила в ведущих НИИ Москвы. В 1929 г. физико-математический факультет по специальности «радиорентгенология» окончила Валентина Иверонова, по специальности «радиоактивность» — Зинаида Ершова.

З.В. Ершова (1904–1995), доктор технических наук была в числе руководителей и исполнителей Атомного проекта, коллеги-специалисты атомной промышленности называли ее «наша русская мадам Кюри». В 1936 г. Ершова была направлена в Париж в Институт радия в лабораторию Марии Кюри, по возвращению в 1938 назначается начальником лаборатории радия в Государственном институте редких металлов, в начале войны эвакуируется в Казахстан. В 1943 г. Зинаиду Васильевну срочно вызывают в Москву для работы по специальности. За разработку технологии получения урана для ядерных реакторов, а также полония-210, используемого в качестве нейтронного запала для первой плутониевой бомбы, и технологии получения трития для первой советской водородной бомбы, Ершова была удостоена трех Сталинских премий (1947, 1951, 1954).



Вся жизнь **Валентины Ивановны Ивероновой** (1908–1983) связана с Московскими университетом, после окончания которого она стала преподавать на кафедре рентгеноструктурного анализа. Ее докторская диссертация была первой в СССР диссертацией по физике, защищенная женщиной. В период 1951–1969 гг. Иверонова заведовала кафедрой общей физики для физиков. После переезда в 1953 г. МГУ на Ленинские горы ее кафедра стала крупнейшей кафедрой Московского университета. По описанию задач об-



шего физического практикума, неоднократно изданному под редакцией профессора В.И. Ивероновой, обучались и продолжают обучаться поколения студентов. За большие заслуги в учебно-педагогической и научной деятельности, подготовке высококвалифицированных специалистов Ивернова была награждена орденами Ленина и «Знак Почета».

Знаменательное событие для Московского университета произошло в 1933 г. Было образовано пять факультетов: механико-математический, включающий отделение астрономии, физический, химический, биологический, почвенно-географический, в задачи которых входила подготовка не инженеров-производственников, а научных исследователей и преподавателей вузов и втузов по различным специальностям В 1934 г. был создан исторический факультет, в 1938 — два самостоятельных факультета: геолого-почвенный и географический. В предвоенные годы план приёма составлял на механико-математический и исторический факультеты по 240 студентов, на физический и химический — по 150 студентов, 330 студентов биологов, геологов, географов и почвоведов. В это время из всего профессорско-преподавательского состава МГУ женщины составляли четверть, среди аспирантов — треть, девушек-студенток было около 45 %.

В период с октября 1941 по июнь 1943 года МГУ находился в эвакуации, хотя занятия с оставшимися в столице студентами возобновились в феврале 1942 г. Вся научно-исследовательская работа получила оборонную направленность. На войне сражалось более пяти тысяч студентов, аспирантов, профессоров, преподавателей и сотрудников МГУ. По призыву комсомола в октябре 1941 г. были зачислены в авиагруппы штурманами 17 студенток МГУ, погибли двое — **Надежда Комогорцева** и **Евгения Руднева**. Пять студенток механико-математического факультета были удостоены звания Героя Советского Союза — **Р.С. Гашева**, **А.Л. Зубкова**, **Е.Б. Пасько**, **Е.М. Руднева**, **Е.В. Рябова**. Начальником штаба 46-го гвардейского легендарного женского полка ночных бомбардировщиков была студентка физфака **Ирина Вячеславовна Ракобольская**, в будущем Заслуженный профессор МГУ, декан факультета повышения квалификации преподавателей вузов по естественным наукам (1966–1990). В 1947 г. закончили мехмат с отличием **Ольга Олейник** и **Ольга Ладыженская**, руководителем у обеих был академик И.Г. Петровский (ректор МГУ 1951–1973 гг.). О.А. Ладыженская (1922–2004) в этом же году вернулась в Ленинград, с 1955 г. она профессор кафедры высшей математики и математической физики физического факультета ЛГУ, с 1962 — заведующая лабораторией математической физики ПОМИ РАН, академик АН СССР. Ладыженская входила в число семерых доверенных друзей Ахматовой, хранивших в памяти ее неопубликован-



ные стихи. О.А. Олейник (1925–2001) в 1973 г., после смерти Петровского, стала заведующей кафедрой дифференциальных уравнений мехмата МГУ. По ее инициативе был организован семинар имени И.Г. Петровского по дифференциальным уравнениям и математическим проблемам физики, труды которого регулярно издаются в МГУ. О.А. Олейник — академик РАН, лауреат Государственной премии СССР.

Они были первыми — студентками физико-математического факультета, преподавателями и профессорами Московского университета, докторами наук и академиками... и они сделали все, что могли, для Родины, науки, своих учеников и родных.

Елена Ермолаева, кафедра акустики

ОСОБЕННОСТИ ОБНОВЛЕНИЯ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПОДГОТОВКИ НАУЧНЫХ И НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ

Аспирантура не должна быть просто продолжением высшего образования. Это не ещё одна ступень высшего образования, а это подготовка молодого учёного.

В.В. Путин

Постановлением Правительства Российской Федерации от 30 ноября 2021 г. утверждено Положение о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре. Редакция обратилась к нашему постоянному автору профессору В.С. Сенашенко прокомментировать новый важный документ.

Главный редактор К. В. Показеев

Президент РФ В.В. Путин неоднократно обращался к проблемам подготовки кадров в аспирантуре. Так, например, на Госсовете по науке в 2020 г. В.В. Путин прямо говорил о низкой эффективности работы аспирантуры. Поэтому в последние годы идет интенсивное обновление нормативно-правового сопровождения подготовки научных и научно-педагогических кадров, которое к настоящему времени близится к завершению.

Приведем перечень разработанных в 2020–2021 гг. нормативно-правовых документов, регламентирующих подготовку научно-педагогических кадров:

1. Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон "Об образовании в Российской Федерации" и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

2. Постановление Правительства РФ «Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров, включая порядок организации и осуществления образовательной деятельности по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), особенности организации и осуществления образовательной деятельности по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), реализуемым в интересах обороны и безопасности государства, обеспечения законности и правопорядка, порядок осуществления контроля за подготовкой научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) и проведения итоговой аттестации по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), а также порядок сопровождения лиц, успешно прошедших итоговую аттестацию по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), при представлении ими диссертации на соискание ученой степени кандидата наук к защите» (далее Положение). Подготовлена серия приказов Минобрнауки РФ:

3. «Об утверждении Федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий обучающихся».

4. «О Порядке и сроке прикрепления лиц для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук без освоения программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)».

5. «Об установлении соответствия направлений подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) научным специальностям, предусмотренным номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утвержденной приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации».

Постановлением Правительства Российской Федерации от 30 ноября 2021 г. № 2122у утверждено новое Положение. Обсудим его основные моменты.

Освоение программ аспирантуры (адъюнктуры) осуществляется по научным специальностям, предусмотренным номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени. К освоению программ аспирантуры (адъюнктуры) допускаются лица, имеющие обра-



зование не ниже высшего образования (специалитет или магистратура)¹.

Тем самым фактически восстановлена основная целевая функция аспирантуры, направленная на подготовку молодых учёных и преподавателей высшей школы, которая в течение длительного периода нашей истории являлась главной для аспирантуры². В рамках освоения программ аспирантуры (адъюнктуры) аспирант (адъюнкт) под руководством научного руководителя осуществляет научную (научно-исследовательскую) деятельность с целью подготовки диссертации к защите. Подготовка диссертации к защите включает в себя выполнение индивидуального плана научной деятельности, написание, оформление и представление диссертации для прохождения итоговой аттестации.

Вместе с тем в результате приведения структуры отечественного высшего образования к «болонскому формату» на основе Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» (далее ФЗ-273) был изменён статус аспирантуры: вместо программы послевузовского профессионального образования научной направленности аспирантура стала программой высшего образования третьего уровня с образовательной компонентой, структура и содержание которой определялись на основе Федерального государственного образовательного стандарта (далее – ФГОС), что послужило началом формирования «гибридной аспирантуры». На первом этапе преобразований фактически произошло замещение традиционной отечественной аспирантуры «европейским аналогом» болонского формата. В итоге этих преобразований была потеряна связь между новой аспирантурой и наукоемкой традиционной средой её функционирования. В итоге аспирантура практически потеряла свое первоначальное назначение – подготовка научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации.

Новое Положение продолжает позиционировать аспирантуру как программу высшего образования. Только структура и содержание аспирантских программ определяется на основе Федеральных государствен-

¹Согласно ФЗ-273 образовательные программы бакалавриата являются программами высшего образования. Поэтому было бы правильным, не лишая выпускников бакалавриата возможности поступления в аспирантуру, создать пяти-шестилетние программы высшего образования, интегрирующие магистратуру и традиционную аспирантуру в единую программу подготовки кадров высшей квалификации.

²Приказом Министерства высшего образования СССР от 25.11.1950 г. «О введении в действие нового Положения об аспирантуре при высших учебных заведениях и научно-исследовательских учреждениях», окончившими аспирантуру считались «лица, выполнившие индивидуальный план и защитившие диссертацию на соискание учёной степени кандидата наук».

ных требований к структуре программ аспирантуры (адъюнктуры), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий обучающихся, устанавливаемыми Минобрнауки РФ (далее ФГТ-2021).

Что касается порядка организации и осуществления образовательной деятельности по программам аспирантуры (адъюнктуры), то освоение программ аспирантуры (адъюнктуры) осуществляется в очной форме¹, за исключением образовательных организаций высшего образования, организаций дополнительного профессионального образования, научных организаций (далее организаций) государственных органов, которые готовят научные и научно-педагогические кадры в аспирантуре (адъюнктуре) в интересах обороны и безопасности государства, обеспечения законности и правопорядка.

Программа аспирантуры (адъюнктуры) включает в себя научный компонент, образовательный компонент², а также итоговую аттестацию. Программа аспирантуры (адъюнктуры) включает в себя комплект документов, в которых определены требования к результатам ее освоения, содержащие план научной деятельности, учебный план, календарный учебный график, рабочие программы дисциплин (модулей) и практики. План научной деятельности аспиранта включает в себя примерный план выполнения научного исследования, план подготовки диссертации и публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации, а также перечень этапов освоения научного компонента программы аспирантуры (адъюнктуры), распределение указанных этапов и итоговой аттестации аспирантов (адъюнктов). Особо следует отметить, что индивидуальный учебный план работы аспиранта предусматривает освоение образовательного компонента программы аспирантуры (адъюнктуры) на основе индивидуализации его содержания с учетом особенностей и обра-

¹Отказ от установления форм обучения (очная, заочная) со ссылкой на интенсивное развитие цифровых образовательных технологий вряд ли может быть оправданным. Поскольку установления форм обучения (очная, заочная) определяется не применением образовательных технологий, а характером занятости аспиранта.

²Если цель обучения в аспирантуре — подготовка диссертации и сопутствующая ей сдача кандидатских экзаменов, то мне представляется, что образовательная составляющая аспирантской программы должна включать четыре раздела: программа кандидатского экзамена по специальности, программа кандидатского экзамена по одному из иностранных языков, программа кандидатского экзамена по истории и философии науки, педагогическая и научная практика.



зовательных потребностей конкретного аспиранта (адъюнкта)¹.

Порядок сдачи кандидатских экзаменов и их перечень утверждаются Минобрнауки РФ. Итоговая аттестация по программам аспирантуры (адъюнктуры) проводится в форме оценки диссертации на предмет ее соответствия критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом «О науке и государственной научно-технической политике».

Аспиранту (адъюнкту), успешно прошедшему итоговую аттестацию по программе аспирантуры (адъюнктуры) выдается заключение о соответствии диссертации критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом «О науке и государственной научно-технической политике» и свидетельство об окончании аспирантуры (адъюнктуры)².

Эти программы разрабатываются организациями в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ аспирантуры (адъюнктуры), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий обучающихся, устанавливаемыми Минобрнауки РФ (далее – ФГТ-2021) (за исключением организаций, имеющих в соответствии с ФЗ-273 право разрабатывать и утверждать требования к структуре программ аспирантуры (адъюнктуры), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий обучающихся самостоятельно).

Срок освоения программы аспирантуры (адъюнктуры) по научным специальностям определяется согласно приложению к ФГТ³.

В отличие от предыдущих редакций Положения, новое Положение впервые определяет порядок сопровождения лиц, успешно прошедших итоговую аттестацию по программам аспирантуры (адъюнктуры), при представлении ими диссертации к защите. Организация, в которой обучался аспирант, оказывает выпускнику сопровождение по формированию

¹Представляется избыточным включение в учебный план дисциплин по выбору аспиранта и факультативных дисциплин, притом, что последние не включаются в расчет трудоемкости программы аспирантуры.

²В Положении детально описаны права и обязанности аспиранта, а также обязанности научного руководителя, но, ни как не определены его права как субъекта образовательной деятельности. В частности, отсутствует порядок учета работы научного руководителя с аспирантами.

³В соответствии с новой номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, для большинства научных специальностей в области естественных наук срок освоения программ аспирантуры составляет четыре года в очной форме, пять лет в заочной форме

комплекта документов, предусмотренных перечнем, утвержденным Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, для представления диссертации в совет по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, в том числе к предварительному рассмотрению.

В соответствии с ФЗ-517 вместо ФГОС устанавливаются федеральные государственные требования к программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (далее ФГТ-2021), регламентирующие функционирование обновленной аспирантуры (адъюнктуры). Для их реализации не требуется государственной аккредитации, но сохраняются лицензирование образовательной деятельности по программам аспирантуры (адъюнктуры). Это весьма важный документ, который нуждается в детальном анализе. Следует, однако, подчеркнуть, что в ФГТ-2021 воспроизведены основные требования нового Положения к подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре).

Обращает на себя внимание то, что очередное реформирование аспирантуры (адъюнктуры) носит во многом организационно-структурный характер, не затрагивая содержание аспирантских программ. Попытки приблизиться к западным моделям аспирантур не являются существенными компонентами реформирования отечественной системы подготовки кадров высшей квалификации, так как они фактически не затрагивают её глубинные стороны.

В итоге система подготовки кадров высшей квалификации теряет соответствие складывающейся социально-экономической ситуации в стране и нуждается в глубоком содержательном реформировании. Она должна меняться в соответствии с социально-экономическими процессами, которые протекают в обществе. Без учета этого факта реализация любых проектов реформирования будет малоэффективной. Поэтому на первый план должно выдвигаться содержание аспирантских программ, а не поиск и механический перенос компонентов западных. Использование международного опыта при построении гибридных моделей подготовки научных и научно-педагогических кадров необходимо творчески и органически вписывать в конкретные условия нашей страны. В основу должны быть положены результаты научных исследований, в том числе пилотная проработка новых моделей подготовки кадров высшей квалификации на практике.

Предстоит уточнить конкретные задачи аспирантуры (адъюнктуры), обновить содержание аспирантских программ, развивая у аспирантов творческий, научный подход и инициативу в решении профессиональных задач. Реформа системы подготовки кадров высшей квалификации должна включать в себя развитие новых моделей аспирантуры, а не только её



организационно-структурных компонентов.

Способны ли обсуждаемые нормативно-правовые документы разрешить проблемы подготовки кадров высшей квалификации, о которых говорил президент, покажет время.

*Заслуженный работник
высшей школы,
Лауреат премии Правительства в области
образования,
профессор В.С. Сенашенко*



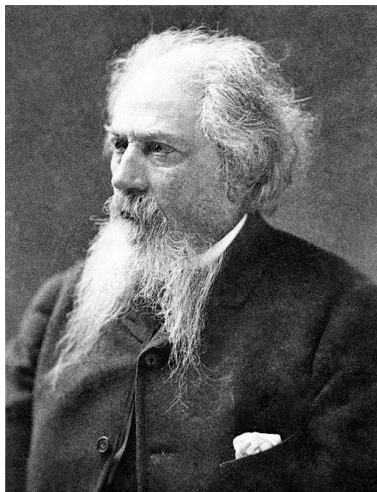
АЛЕКСЕЙ МИХАЙЛОВИЧ ЖЕМЧУЖНИКОВ

К 270-летию МГУ

В 2021 году исполнилось 200 лет со дня рождения замечательного поэта Алексея Михайловича Жемчужникова.

Алексей Михайлович Жемчужников родился 23 февраля 1821 г. в городе Почеп Черниговской губернии в старинной дворянской семье, скончался в 1908 г. Алексей Михайлович прожил долгую жизнь, хотя как поэт опубликовал свои произведения лишь в весьма почтенном возрасте — в 71 год. Длительное время он жил за пределами России, но сумел сохранить любовь к родине и озабоченность ее проблемами. Его поэзию можно считать тонкой, рафинированной, однако его стихи высоко ценили Тургенев, Толстой, Некрасов, Бунин.

Если как поэт Алексей Михайлович знаком немногим, то как «отец» Козьмы Пруtkова — писателя, выдуманного братьями Жемчужниковыми и Алексеем Константиновичем Толстым, он хорошо знаком практически всем. По мнению современников, именно Алексей Михайлович был душой коллектива, создавшего Козьму Пруtkова. Следует упомянуть, что до Козьмы Пруtkова Алексей Михайлович написал вместе со своим двою-



родным братом А. К. Толстым комедию «Фантазия», которая в 1851 г. была поставлена на сцене Александрийского театра в Петербурге, имела шумный успех, но была запрещена по велению императора Николая I к дальнейшим постановкам.

Алексей Михайлович Жемчужников на протяжении длительного времени был тесно связан с Московским университетом. В 1859 г. на заседании Общества любителей российской словесности при Московском университете под председательством А. С. Хомякова он был избран действительным членом Общества любителей российской словесности. На собраниях общества Алексей Михайлович неоднократно представлял свои сочинения, сочинения других авторов, в частности Д. П. Ознобишина, П. А. Вяземского. Можно отметить, что стихотворение «Конь Калигулы», написанное в 1892 г. (смею надеяться, что название произведения намекает читателям о его содержании), которое по цензурным соображениям не могло быть опубликовано длительное время, появилось в печати благодаря усилиям профессоров Московского университета — членов Общества любителей российской словесности при Московском университете в 1896 г.

18 мая 1899 г. А.М. Жемчужникову было присвоено звание почетного члена Общества любителей российской словесности.

В 1900 г. А.М. Жемчужников — одновременно с Л. Н. Толстым, А. П. Чеховым, В. Г. Короленко — избирается почетным академиком по разряду изящной словесности при Императорской Академии наук.

Не будем приводить «философские мысли» или «добрые советы» Козьмы Пруткова, поскольку лучшие из них хорошо знакомы читателям и часто употребляются и ныне.

А вот замечательное стихотворение «Осенние журавли», созданное Алексеем Михайловичем 150 лет назад (в 1871 г.), которое тоже широко известно и в прошлом веке часто служило основой для многочисленных подражаний, напомним.

Сквозь вечерний туман мне под небом стемневшим
Слышен крик журавлей всё ясней и ясней...
Сердце к ним понеслось, издалёка летевшим,
Из холодной страны, с обнаженных степей.
Вот уж близко летят и все громче рыдая,
Словно скорбную весть мне они принесли...
Из какого же вы неприветного края
Прилетели сюда на ночлег, журавли?..



Я ту знаю страну, где уж солнце без силы,
Где уж савана ждет, холодея, земля
И где в голых лесах воеет ветер унылый, —
То родимый мой край, то отчизна моя.
Сумрак, бедность, тоска, непогода и слякоть,
Вид угрюмый людей, вид печальный земли...
О, как больно душе, как мне хочется плакать!
Перестаньте рыдать надо мной, журавли!..

P.S. В 2021 г. исполнилось 200 лет и со дня рождения Николая Алексеевича Некрасова. Дата прошла незамеченной, что в наше время совсем не удивительно, хотя пока в РФ более 1300 улиц носит его имя, стоят десятки памятников. Некрасов не был связан с Московским университетом, но его влияние на студенчество, общественную жизнь, литературу, поэзию было огромным длительное время.

Показеев К.В.

ОДИН ПРОТИВ ПЯТИДЕСЯТИ ДВУХ

23 февраля — День защитника Отечества

15 августа 1944 г. капитан В.К. Сидоренков в одиночку вступил в бой с 52 (пятьюдесятью двумя) самолетами противника. Воздушный бой происходил над нашей территорией, наземные наблюдатели



фиксировали происходящее, поэтому это факт, а не рассказы типа хартмановских подвигов.

Подвиг капитана Василия Кузьмича Сидоренкова является образцом поведения защитника Отечества.

Василий Кузьмич Сидоренков родился в 1918 г. в городе Орёл в семье рабочего. Окончил промышленный техникум, затем работал в железнодорожном депо. В РККА с 1937 г., член ВКП(б) с

1939 г. В 1940 г. окончил Чугуевскую авиационную школу пилотов. По окончании школы Василий Кузьмич был оставлен лётчиком-инструктором в школе. После многочисленных просьб он прибыл на фронт в декабре 1942 г. С марта 1943 г. после переподготовки на новом самолёте Ла-5 в составе 254-го истребительного авиационного полка (14-я воздушная армия) принял участие в боевых действиях на Волховском фронте. За короткий срок Василий Кузьмич показал, что он умел не только учить, но и уничтожать врага: ему удалось уничтожить несколько асов противника.

15 августа 1944 г. капитан Сидоренков вместе с ведомым младшим лейтенантом Ведерниковым на самолётах Ла-5 вылетели в район города Валги Эстонской ССР на разведку. При возвращении на свой аэродром они обнаружили группу из 52 самолетов врага: 44 бомбардировщиков «Юнкерс» в сопровождении 8 истребителей «Фокке-Вульф». Сидоренков отправил на аэродром ведомого с результатами разведки и информацией об обнаруженной эскадре врага, а сам решил напасть на противника (Безумству храбрых поем мы песню!) с целью сорвать его налет на наши позиции. Капитан Сидоренков уничтожил 3 бомбардировщика и сбил один истребитель врага.

Однако и его самолет был подбит и загорелся, сам он был ранен в левую руку и ноги. Выпрыгнув из горящего самолёта, Сидоренков смог выполнить затылочный прыжок, поскольку немецкие «рыцари» только в современных фильмах не расстреливают выпрыгнувших с парашютами летчиков. После приземления он попал в расположение 52-й гвардейской дивизии, оттуда в госпиталь.

После излечения Василий Кузьмич вернулся в свой полк, но из-за ранения больше не летал.

Указом Президиума Верховного Совета СССР за мужество и воинскую доблесть, проявленные в боях с врагами, В. К. Сидоренков удостоен звания Героя Советского Союза.

Всего за время войны Василий Кузьмич Сидоренков произвёл 330 боевых вылетов, в воздушных боях сбил 23 самолёта противника, из них 20 лично и 3 в паре. Войну Василий Кузьмич Сидоренков закончил капитаном, командиром эскадрильи.

P.S. Во время Великой Отечественной войны подобные бои с врагом, значительно превосходящим по численности защитников советской Отчизны, отмечались неоднократно.



Например, последний воздушный бой дважды Героя Советского Союза командира Гвардейского Краснознаменного 78-го истребительного авиационного полка подполковника Б.Ф. Сафонова (на фото) по прикрытию конвоя PQ-16, когда три наших истребителя сражались с шестью десятками вражеских самолетов. Правда, отражать воздушную атаку врага помогали и зенитки судов и кораблей конвоя. Борис Феокистович Сафонов был первым дважды Героем Советского Союза в Великую Отечественную войну.

Показеев К.В.

СОВЕТСКИЙ ФИЗИК

2(154)/2022
(февраль–март)



ОРГАН УЧЕНОГО СОВЕТА, ДЕКАНАТА
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
2022



ПОЗДРАВЛЕНИЕ ДЕКАНА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА ПРОФЕССОРА Н. Н. СЫСОЕВА С 8 МАРТА

Дорогие, прекрасные, любимые!
Сотрудницы, студентки, аспирантки фи-
зического факультета!

От всей души поздравляю вас с пре-
красным весенним праздником — Меж-
дународным женским днем 8 Марта.

Сто лет прошло с тех пор, как обу-
чение в университете стало доступно не
только мужчинам, и теперь на физиче-
ском факультете много женщин — кра-
сивых, умных, разносторонних и талант-
ливых. Они занимаются наукой, готовят
высококвалифицированных специали-
стов и занимают административные по-
сты.

Милые женщины, мы знаем и ценим
ваши таланты, высокие деловые качест-
ва, профессиональные знания, умение
добиваться поставленных целей. Спасибо вам за прекрасную работу, за
то, что приносите в наши трудовые будни красоту, теплоту души, поло-
жительные эмоции.

От лица всех мужчин факультета желаю вам профессиональных ус-
пехов, творческого вдохновения и личного счастья, здоровья, хорошего
настроения, верных друзей, а семейным — послушных детей и ответст-
венных партнеров.

С праздником!



*Декан физического факультета МГУ
профессор Н. Н. СЫСОЕВ*

С ПРАЗДНИКОМ, ДОРОГИЕ ЖЕНЩИНЫ!

Фоторепортаж



Бухгалтерия

Что наша жизнь без денег?

А что она без красавиц, которые работают под руководством всемогущей царицы Натальи Григорьевны?





Расчетный отдел

Кудесницы этого подразделения ведут строжайший учет ваших заработков и выдают свидетельства о том, что вы являетесь послушным налогоплательщиком.



Научный отдел

Каждый сюда входящий испытывает неподдельный трепет и глубочайшее уважение. Еще бы! Здесь решается его судьба. Быть или не быть! А если и быть, — то как долго. Это решают феи-труженицы отдела. Здесь вас избирают и переизбирают. Именно тут идет строжайший учет всех ваших научных и учебных успехов (и неудач!). В этом отделе решается, как ваши достижения и неудачи подсчитывать.



И всем заправляет очаровательная и добрейшая Надежда Богдановна.





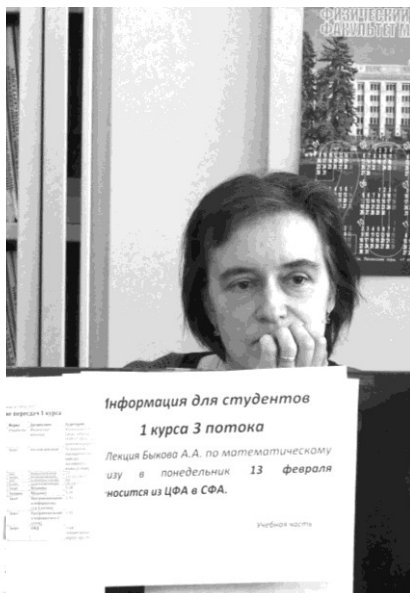
Отдел охраны информации

Без этой прекрасной и важной дамы не выйдет ни одна статья! На факультете она является хранительницей тайн и секретов нашего государства.



Учебная часть

Эти милые женщины выращивают самое ценное в любом государстве. О том, что это — молодежь, говорят еще мифы древних греков и римлян. (Например, вспомним: Рим, 4 век до н. э. и самое ценное в Риме — Марк Курций.) Именно под их чутким контролем и заботливым уходом из абитуриентов вырастают специалисты и ученые. И не только для РФ, но для всего мира. Статистика говорит, что за последние 20 лет пределы страны покинуло 4,5 млн специалистов!





Отдел нового приема

Фейсконтроль. Или по-русски: «По одежде встречают, по уму провожают». Встретить по одежде можно. А вот встретить по уму? Это важнейшее мероприятие доверено красавицам и умницам отдела нового приема.





Отдел кадров

Без приказа ты букашка. Это не проза жизни. Это ее поэзия! И превращают прозу жизни в поэзию эти очаровательные во всех отношениях женщины отдела кадров. Хотите быть всегда в хорошем настроении? Заходите чаще на поклон к великолепнейшей Лилии Константиновне!



Канцелярия

Все больше документов поступает в электронном виде. Говорят, что скоро совсем не будет бумаг. Ну, это вряд ли! Вспомним хотя бы д'Артаньяна, имевшего по распоряжению Людовика XIV для выполнения поручений все полномочия и потребовавшего от короля для ареста министра финансов Фуке письменный приказ. Пока же документы и в бумажном, и в электронном виде выходят из этого маленького, но такого важного отдела, возглавляемого всегда готовой помочь очаровательнейшей Надеждой Васильевной!



Секретариат деканата

Строгие и такие прекрасные стражи святых врат. И такие справедливые. Только они решают, когда вы сможете предстать перед очами наших начальников!



Пресс-секретарь декана

Макиавелли утверждал, что короля делает свита, Король Франции Генрих IV говорил: «Мое государство — это мои друзья, стоящие у моего трона воины». Время королей прошло, сейчас организации, государства делают пресс-секретари. А когда в пресс-секретарях такая волшебная красавица, то успех обеспечен.





Отдел аспирантуры

Почти все преподаватели и научные сотрудники факультета прошли через отдел аспирантуры. И все прошедшие с благодарностью и любовью вспоминают сотрудниц отдела аспирантуры и великолепнейшую Лилию Аршаковну.

Иностранный отдел

Многие из сотрудников факультета бывают в зарубежных командировках или принимают зарубежных гостей. И, положив руку на сердце, смогли бы вы это сделать без помощи тружениц иностранного отдела во главе с Наталией Николаевной?



Планово-финансовый отдел

Как правильно оформить договор, как его оформить, чтобы остались хоть какие-то деньги на то, что вам надо для работы? Добрые волшебницы отдела подскажут и помогут все это сделать. Тут же решается вопрос о величине вашей премии и быть ли ей вообще! Робко входящие сюда не возражают, не спорят, а только с внимательнейшим и почтительнейшим видом внимают указаниям сотрудниц и даже самой Лидии Георгиевны.





Отдел оперативной печати

Волшебницы! Они не только придат вашему опусу печатную форму, не только подскажут, как ему придать читабельный или товарный вид, но и всегда сделают это в срок и с великолепным качеством!



Издательский отдел

Вся печатная продукция физического факультета рождается в отделе, возглавляемом прекрасной Ольгой Владимировной. И невозможное в издательском отделе становится возможным: то, что только авторы смеют назвать макетом, волшебные руки сотрудниц превращают в то, что потом становится книгами и учебными пособиями.





Библиотека

Здесь работают музы, хранящие многое из того, чего никогда не найдешь в интернете. И не только хранящие сокровища научных знаний, но и всегда готовые подсказать, что именно вам надо и как найти это. А какие замечательные выставки регулярно проводятся в библиотеке! По этим выставкам можно изучать историю физики, историю факультета.



Отдел закупок

Множество преград возводится на пути организации закупок, проведении практик и т. п., горы хитроумных бумаг требуется создать.

Но для красавиц Отдела закупок и счастливых, которых они сопровождают, нет непреодолимых наград!

Отдел хозяйственно-технической эксплуатации

Очаровательнейшая хозяйка нашего большого дома создает неповторимую атмосферу факультета. Только благодаря ее ежедневным заботам наш любимый физфак блещет чистотой и притягивает неповторимым уютом.

**Профком физического факультета**

В трудную минуту мы бежим в профком. Тут нам окажут реальную — материальную — помощь. Но, кроме этого, всегда с любовью и вниманием выслушают и поймут.

Как это важно!

И сделает это внимательнейшая милейшая Александра Сергеевна.





Р. С. Каемся, у нас не то чтобы не хватило времени или слов (помним, что о Любви не говорят словами), чтобы рассказать обо всех красавицах физического факультета. По секрету — мы за свои бока опасаемся. Не досталось бы нам от мужчин физфака! Чтобы уберечься, сообщаем, что страницы газеты «Советский физик» всегда свободны для всех желающих поведать о лучших женщинах и девушках университета — женщинах и девушках физического факультета. И, если статей будет много, мы готовы в следующем марте выпустить двойной, тройной номер газеты!

*Фото и музыка С. А. Савкина
(Причем здесь музыка? А разве она не звучит в вас,
когда вы смотрите на женщин факультета?),
слова К. В. Показеева*

ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦИЯ РЕКТОРА МГУ В МИА «РОССИЯ СЕГОДНЯ»



18 января 2022 г. в Международном пресс-центре Международного информационного агентства «Россия сегодня» прошла онлайн-конференция ректора Московского университета, президента Российского союза ректоров академика В.А. Садовниченко. Темой встречи ректора с журналистами стало подведение итогов прошедшего года и подготовка к отмечаемому 25 января Дню основания Московского университета и Дню российского студенчества.

В начале встречи Виктор Антонович напомнил о том, что Татьянин день уже более двух столетий является главным университетским праздником, который отмечается в честь решения императрицы Елизаветы

Петровны, именно в этот день выпустившей высочайшее повеление об основании в Москве университета. С 2005 г. Указом Президента Российской Федерации В. В. Путина 25 января объявлен Днем Российского студенчества. В. А. Садовничий рассказал об основных итогах работы МГУ в рамках только что завершившегося Года науки и технологий в Российской Федерации и поделился планами на 2022 г.

По оценке ректора, 2021 г. был успешным для ведущего вуза страны. Лидирующие позиции Московского университета в системе отечественной высшей школы вновь подтвердили авторитетные международные исследования. Немаловажно, что эти результаты получены на фоне непростой эпидемиологической обстановки. Благодаря вовремя принятым решениям в МГУ на сегодня 84% процента вакцинированных, однако, работа в следующем семестре, скорее всего, будет также осуществляться в смешанном формате и будет зависеть от эпидемиологической обстановки и соответствующих рекомендаций Роспотребнадзора.

Виктор Антонович обратил внимание, что МГУ активно готовится к новому приему. «В прошедшее воскресенье у нас был традиционный День открытых дверей, на котором в дистанционном формате мы рассказали нашим абитуриентам о перспективах образования в Московском университете», — отметил В. А. Садовничий. К новому учебному году в МГУ будут открываться новые междисциплинарные магистерские программы в рамках научно-образовательных школ, сформированных в университете с вовлечением ученых разных факультетов и кафедр. Сегодня в таком инновационном формате работают уже более 1600 сотрудников из 46 подразделений вуза. Причем 45% из них — молодые ученые. В том числе благодаря таким новым формам организации учебного процесса конкурс в вуз продолжает расти и в прошлом году составил более 9 человек на место.

Прошедший год стал для Московского университета годом расширения филиальной сети. 1 сентября МГУ открыл в Сарове новый филиал, который будет доступен для российских и зарубежных студентов. Также организуется филиал в подмосковной Дубне на базе исследовательской площадки физического факультета, уже долгие годы тесно сотрудничающего с Объединенным институтом ядерных исследований.

Виктор Антонович информировал широкую общественность о реализуемых в университете новых крупных научных проектах МГУ в рамках федеральных научно-технических программ. Среди них — «Развитие синхротронных и нейтронных исследований для материалов энергетики нового поколения и безопасного захоронения радиоактивных отходов», «Новые системы и уровни редактирования генома», «Анализ микробиомов растений и беспозвоночных животных экстремальных мест обита-



ния». Новым словом в технологиях обещает стать карбоновый полигон МГУ в Солнечногорском районе Московской области. Территория площадью 605 га — это один из первых одобренных Миннауки полигонов, на котором будут обрабатываться технологии мониторинга поглощения углерода биомассой растительности и почвы. Важное значение для развития отечественной программы суперкомпьютерных вычислений имеет и Распоряжение Правительства Российской Федерации от 16.12.21 №3611-р о поддержке развития созданного и успешно работающего на базе Московского университета супервычислительного кластера.

В. А. Садовничий обратил внимание на то, что универсальный охват и фундаментальный характер проводимых учеными МГУ научных исследований, беспрецедентная концентрация интеллектуальных сил позволяет университету ежегодно обеспечивать около четверти научных статей, публикующихся в целом отечественными учеными. На развитие этого потенциала и использование его в интересах страны будет работать и запущенный при поддержке руководства государства проект создания научно-технологической долины Московского университета — Инновационного научно-технологического центра МГУ «Воробьевы горы». По словам В.А. Садовничего, долина должна стать интерфейсом между фундаментальными исследованиями и приложениями их результатов в конкретных технологиях. «Фактически это еще один кампус университета. Здания в нем будут наполнены проектами, которые молодые принесут в долину, — отметил ректор. — Строится город. Это непростая задача с сотнями, даже тысячами проектов. Это огромное будущее для технологий нашей страны». В.А. Садовничий анонсировал, что 25 января вместе с мэром Москвы С.С. Собяниным будут заложены еще два новых корпуса на территории ИНТЦ МГУ «Воробьевы горы». Успешно продвигается возведение уже строящихся объектов.

В. А. Садовничий также рассказал о расширении пространства международного научно-образовательного сотрудничества. Только за последний год на базе МГУ по инициативе Российского Союза ректоров были проведены крупные образовательные саммиты с представителями ректорского корпуса Тайланда, Беларуси, Узбекистана, Японии. Их цель — укрепление инструментов научной дипломатии, поддержание единого научно-образовательного пространства между учеными, преподавателями и студентами. Важным элементом такой работы являются и зарубежные филиалы МГУ, а также совместный университет МГУ-ППИ в г. Шэньчжэне (КНР).

Работает Московский университет и в направлении интеграции усилий регионов по развитию собственных образовательных ресурсов в едином научно-образовательном поле. Это является сверхзадачей запущен-

ного по инициативе Московского университета проекта создания научно-образовательных консорциумов «Вернадский», участие в котором принимает уже почти половина регионов страны. Традиционными форматами обращения МГУ к национальной системе образования являются и съезды учителей, и проект «Университетские субботы» для школьников, и «Университетские среды» для учителей, кружковое движение.

Виктор Антонович коротко рассказал о работе студенческих организаций МГУ в истекшем году. Именно студенты являются инициаторами или активным участниками разнообразных мероприятий культурной, спортивной, военно-патриотической и историко-мемориальной направленности. Так, в 2020 г. в д. Красновидово Можайского района Московской области, на территории базы отдыха МГУ был открыт памятник, посвященный совещанию Ставки Верховного главнокомандования, на котором 10 октября 1941 г. было принято стратегическое решение об обороне Москвы и разработан план защиты города. Его успешная реализация остановила отступление Красной Армии, послужила началом перелома в Великой Отечественной войне. Каждый год большая делегация



студентов и преподавателей МГУ посещает и места боев в Смоленской области, где летом 1941 г. героически погибли тысячи ополченцев — учащихся и сотрудников Московского университета.

Ректор также сообщил о мероприятиях в рамках реализации Указа Президента Российской Федерации о подготовке к 270-летию МГУ в 2025 г. В настоящее время сформирован организационный комитет, разработан план мероприятий, ведется работа по его наполнению конкретными делами и событиями.

Более подробно В. А. Садовничий остановился на программе предстоящего Татьянина дня. В его рамках пройдет целая серия как деловых, так и развлекательных мероприятий. Среди них, например, вручение Ломоносовских и Шуваловских премий, дипломов Заслуженным профессорам, преподавателям, научным сотрудникам, работникам и стипендиатам Московского университета, общественной награды «Звезда Московского



университета», традиционный студенческий огонек и церемония разлива ректором медухи.

По словам В. А. Садовниченко, изначально это была его идея — в день рождения университета готовить особое угощение для студентов. В этом году медуха, сырьем для которой послужила бочка башкирского меда, подаренная учениками ректора, уже почти готова. В ее основе — особый рецепт, составленный им лично как дань памяти о традициях аналогичного производства в г. Суздале Владимирской области. Не менее веселые традиции есть и в зарубежных университетах: так новоизбранный ректор Гумбольдтского университета профессор Кляйна угощал своих студентов немецким пивом, в США в день основания университета кое-где ректора «заставляют» искупаться в бассейне университетского кампуса.

Современные студенты и восприимчивы к новому, и одновременно поддерживают традиции, частью которых они сами являются. «Университет никогда не стареет потому, что ребята придумывают свои традиции. У нас на масленицу ректор печет блины, а потом угощает ими студентов. Награда “Звезда Московского университета” и традиционный студенческий огонек — это тоже придумала университетская молодежь, — подчеркнул ректор. — 25 января планирую встретиться с новыми лидерами студсовета, обсудим важные вопросы студенческой жизни».

Отвечая на вопрос о формате работы университета в ближайшее время, ректор отметил, что введение новых мер по противодействию пандемии коронавируса пока не предполагается. В университете рассчитывают как на уже реализуемые противоэпидемиологические форматы, так и на сформированный коллективный иммунитет.

Академик В. А. Садовниченко рассказал о созданном им с коллегами математическом прогнозе завершения острой фазы пандемии, согласно которому в начале 2023 г. можно ожидать постепенного сворачивания масштабов проблемы коронавируса. Оценивая его влияние на систему высшей школы, ректор отметил, что успеваемость в целом осталась на прежнем уровне, катастрофического разрыва в качестве обучения мы тоже не видим. «Однако прямого общения как важной грани нашей системы образования, конечно, не хватает. Надеюсь, личные встречи уже скоро вернутся в наши вузы», — добавил в заключение онлайн-конференции ректор МГУ.

<https://www.msu.ru/news/onlayn-konferentsiya-rektora-mgu-v-mia-rossiya-segodnya.html>

<https://www.msu.ru/album/2021-god/dekabr2021/otkrytie-mezhdunarodnogo-kongressa-psikhologiya-obrazovaniyu/>

ПОЗДРАВЛЯЕМ КОЛЛЕГ С ВЫСОКИМИ НАГРАДАМИ!

Профессор кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники физического факультета Евгений Павлович Велихов удостоен почётного звания «ГЕРОЙ ТРУДА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»



2 февраля на торжественной церемонии в Кремле президент Владимир Владимирович Путин вручил Евгению Павловичу государственную награду и поздравил его с днем рождения.

СЕРДЕЧНО ПОЗДРАВЛЯЕМ!

Поздравляем лауреатов премий имени М. В. Ломоносова!

Два сотрудника нашего факультета оказались в списках лауреатов премии имени М. В. Ломоносова за педагогическую деятельность. Эта премия была учреждена в 1992 г. и присуждается мастерам лекторского искусства, создателям принципиально новых общих и специальных курсов, практикумов, авторам учебников, учебных пособий и сборников задач, получивших широкое признание.



Хотим от души поздравить **Ольгу Николаевну Васильеву**, доцента кафедры общей физики,



и **Владимира Анатольевича Кульбачинского**, профессора кафедры физики низких температур, с этой наградой!

Желаем еще больше научных и педагогических достижений в будущем!

95 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА АНАТОЛИЯ АЛЕКСЕЕВИЧА ЛОГУНОВА

29 декабря 2021 года состоялось заседание ректората МГУ имени М.В. Ломоносова, посвященное 95-ой годовщине со дня рождения академика, ректора МГУ (1972–1992), вице-президента Академии наук СССР (1974–1991), директора Института физики высоких энергий (1963–1974, 1993–2003), лауреата Ленинской премии, двух Государственных премий СССР, члена ЦК КПСС (1986–1990), Героя Социалистического Труда Анатолия Алексеевича Логунова.

На заседании присутствовали дочь А. А. Логунова Вера Анатольевна и его внучка Анна.



В своем вступительном слове ректор МГУ Виктор Антонович Садовничий отметил достижения А. А. Логунова на посту ректора МГУ и поделился воспоминаниями о своей работе с ним в тот период времени.



Кратко попытаюсь изложить здесь основные моменты его выступления. Виктор Антонович ко времени назначения А. А. Логунова ректором МГУ был заместителем декана механико-математического факультета по научной работе. А. А. Логунов после нескольких встреч по текущим вопросам пригласил Виктора Антоновича перейти на работу в ректорат. Сначала В.А. Садовничий был первым заместителем первого проректора МГУ (1980–1982), затем проректором по учебно-научной работе естественных факультетов (1982–1984), а с 1984 г. первым проректором МГУ. Работу в ректорате, как сказал Виктор Антонович, в этот период времени он проводил в тесном контакте и во многом под руководством Анатолия Алексеевича Логунова. После своего ухода с поста ректора МГУ Анатолий Алексеевич Логунов выдвинул на пост ректора МГУ Виктора Антоновича Садовничего.

На первых в истории Московского университета демократических выборах ректора Советом Ученых советов МГУ 23 марта 1992 г. Виктор Антонович был избран ректором МГУ. Помимо административной работы, как вспоминал В. А. Садовничий, он, как математик, принимал участие и в научной работе с А. А. Логуновым по теории гравитации. В частности, им получены существенные результаты по математическому обоснованию некоторых подходов в теории относительности и гравитации. Проведено доказательство существования и единственности ре-

шения нелинейных уравнений для гравитационного поля в этой теории¹⁾. На основе разработанного Виктором Антоновичем метода А. А. Логуновым построена в явном виде группа движений равноускоренных систем отсчета²⁾, решена нелинейная задача о связи координат псевдоевклидова пространства – времени с координатами эффективного псевдориманова пространства – времени и решены некоторые другие математические проблемы.



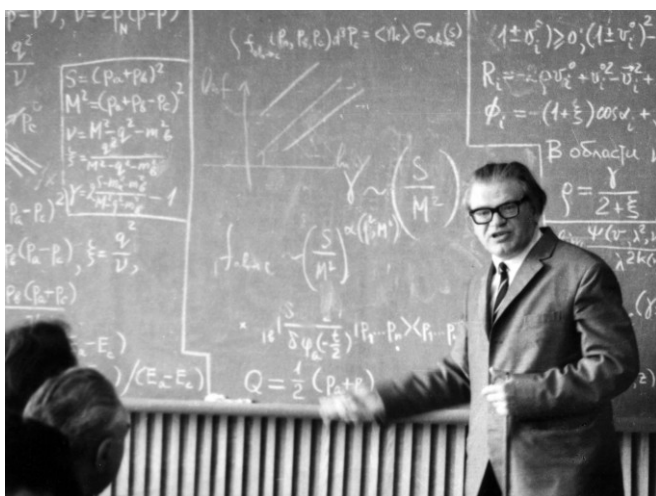
После этого Виктор Антонович рассказал о работах А. А. Логунова по строительству в Институте физики высоких энергий (ИФВЭ) ускорителя с энергией протонов 3 ТэВ. Однако начавшаяся перестройка и последовавший за ней распад СССР не позволили осуществить этот проект, хотя большая часть ускорителя и была построена. Если бы удалось его построить, то этот ускоритель некоторое время был бы самым мощным в мире ускорителем протонов.

Закончив свое выступление, Виктор Антонович предоставил слово мне для воспоминаний о научной работе под руководством А. А. Логунова. Я к началу знакомства с А. А. Логуновым заканчивал аспирантуру физического факультета МГУ, у меня было опубликовано без соавторов по теме диссертации 7 работ, причем одна из них в «Журнале экспериментальной и теоретической физики».



В 1976 году А. А. Логунов опубликовал в журнале «Теоретическая и математическая физика» три статьи, посвященные проблемам теории гравитации, которые мне понравились, о чем я сообщил своему научному руководителю по диссертации профессору Якову Петровичу Терлецкому. Он сказал мне, что лично знаком с А. А. Логуновым и, если я хочу, то он

меня представит ему; возможно А. А. Логунов возьмет меня в свою научную группу. Я, с благодарностью, ответил утвердительно.



Анатолий Алексеевич назначил мне первую встречу в ректорате МГУ 17 ноября 1977 года. При встрече он кратко поинтересовался темой моей диссертации и наиболее значимыми ее результатами. После этого спросил, читал ли я его последние статьи по гравитации и какое мнение у меня о них. Я ответил, что статьи читал и они мне понравились. Он сказал: «Тогда Вам такое задание: прочитайте статьи еще раз и продумайте замечания к ним. Чем существеннее будут замечания, тем больше у Вас будет шансов попасть в мою научную группу. Временем не ограничиваю.



Главное — серьезность замечаний». На этом мы расстались, и я в течение месяца готовил свои замечания. Как практически в каждой статье, сразу же нашел опечатки. Но такие замечания не могут считаться существенными. Пришлось начать решать уравнения и обнаружилось, что проекционные операторы из-за наличия производных высшего порядка (не только второго, но и четвертого) дают, мягко говоря, неудобную асимптотику. Эти утверждения я проиллюстрировал на примерах, взятых из статей. Все объяснения и расчеты я проводил очень подробно, в результате чего получилась рукопись объемом около 70 страниц на машинке.

Через месяц я ожидал А.А. Логунова на 9-м этаже Главного Здания у входа в его кабинет. Когда он появился, я начал объяснять, кто я такой и что, вообще, мне нужно.

Но он сказал: «Я Вас помню, пойдемте в кабинет». В кабинете он стал читать мою рукопись. Прочитав 10–15 страниц, он сказал: «Дома дочитаю. Если Вы хотите работать в моей научной группе, то я буду давать Вам задания, а Вы будете проводить вычисления и каждый день звонить мне утром, в обед и вечером и рассказывать, какие получаются результаты вычислений; будем кратко их обсуждать и формулировать задание на очередной этап вычислений. Я тоже, по возможности, буду проводить вычисления, но дел много, а времени мало. Поэтому основные вычисления будете проводить Вы, а я буду осмысливать их результаты и думать о направлении дальнейших расчетов. Согласны?»

«Согласен!»

«Вот Вам мой домашний телефон. Там моя супруга Анна Николаевна. Позвоните ей и попросите, чтобы она дала Вам мои прямые телефоны в ректорате МГУ, в президиуме Академии наук и в Институте физики высоких энергий в Протвино».

Так я начал работу под руководством Анатолия Алексеевича Логунова. Надо сказать, что в выходные и праздничные дни, а также во время болезней Анатолий Алексеевич и сам активно проводил расчеты и просил о моих результатах сообщать почаще.

После того, как расчеты заканчивались, Анатолий Алексеевич концептивно излагал основные моменты статьи, расширять которые предстояло мне. Когда текст и формулы были готовы в первом приближении, происходила читка и правка статьи у него дома.

Надо сказать, что А. А. Логунов искренне интересовался теорией гравитации и с нетерпением ожидал моих сообщений, поэтому я старался не нарушать принятый график звонков. Эта работа с Анатолием Алексеевичем многому меня научила.

После окончания моего выступления Виктор Антонович Садовничий любезно дополнил его словами, что мы с А. А. Логуновым опубли-

ковали много совместных статей и что после смерти Анатолия Алексеевича я возглавил его кафедру, проработал пять лет и был переизбран на очередной срок.

Далее Виктор Антонович предоставил слово профессору Виктору Ивановичу Саврину, заведующему отделом теоретической физики высоких энергий НИИЯФ МГУ и заведующему кафедрой физики атомного ядра и квантовой теории столкновений физического факультета. В. И. Саврин после окончания физического факультета МГУ поступил в аспирантуру ИФВЭ, директором которого был А. А. Логунов. Тематика исследований В.И. Саврина была связана с применением квазипотенциального подхода к описанию взаимодействий элементарных частиц при



высоких энергиях. Этот подход был основан на уравнении, предложенном А. А. Логуновым и А. Н. Тавхелидзе, которое в мировой научной литературе получило наименование квазипотенциального уравнения Логунова — Тавхелидзе. Вся научная работа В. И. Саврина происходила под контролем А. А. Логунова. Поэтому после успешной защиты кандидатской диссертации В. И. Саврин был принят на работу в теоретический отдел ИФВЭ. Во время последующей работы А. А. Логунов неоднократно интересовался результатами,

полученными В. И. Савриным, высоко их ценил, а когда его назначили ректором МГУ, то предложил ему перейти на работу в НИИЯФ МГУ.

После этого с краткими воспоминаниями о научной работе с А. А. Логуновым и Д. В. Ширковым выступил профессор Владимир Викторович Белокуров.

В заключение заседания ректората Виктор Антонович вручил дочери А. А. Логунова и его внучке по большому букету цветов и сфотографировался с ними на фоне портрета А. А. Логунова.

¹⁾ Работы Анатолия Алексеевича Логунова по теории гравитации встречали возражения со стороны некоторых ученых, и одним из наиболее серьезных воз-



ражений было указание на отсутствие доказательства теорем о существовании и единственности решений уравнений этой теории. Поэтому после помощи со стороны Виктора Антоновича эти возражения исчезли.

²⁾ А. А. Логунов обобщил принцип относительности на случай неинерциальных систем отсчета, согласно которому для каждой выбранной неинерциальной системы отсчета существует бесконечное множество других неинерциальных систем отсчета, движущихся относительно выбранной, таких, что вся эта совокупность систем отсчета эквивалентна с точки зрения всех физических явлений. Однако найти законы преобразований координат и времени в таких физических эквивалентных системах отсчета (неинерциальный аналог преобразований Лоренца) не удавалось из-за математических проблем. Указанный В.А. Садовничим метод решения этих задач позволил находить такие законы преобразований без особых затруднений, и решенная этим методом частная задача о группе движений равноускоренных систем отсчета вошла в учебник А. А. Логунова «Лекции по теории относительности и гравитации. Современный анализ проблемы», Москва, Наука, 1987.

*Заведующий кафедрой квантовой теории и физики высоких энергий
профессор В. И. Денисов*

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ И СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ КАФЕДРЫ МОЛЕКУЛЯРНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА

Кафедра молекулярной физики была основана в 1931 г. членом-корреспондентом АН СССР Александром Саввичевым Предводителевым. Александр Саввич заведовал кафедрой 41 год — с 1931 по 1972 г. (рис. 1).

В предвоенные и первые послевоенные годы кафедра занималась в основном двумя проблемами: изучением теплофизических свойств вещества и исследованиями в области физико-химических превращений в газах при электрическом разряде и горении.

За теоретические и экспериментальные исследования процессов горения углерода, изложенные в монографии «Горение углерода», А. С. Предводителеву и Л. Н. Хитрину была присуждена Государственная премия (1950 г.). В послевоенный период на кафедре стали развиваться два больших научных направления: физическая газодинамика и физика конденсированных сред. Новый этап в изучении физической газодинамики на кафедре начался в 50-е годы и связан с исследованиями релаксационных процессов в молекулярных газах за фронтом ударных волн, которые приобрели актуальность в связи с развитием ракетной техники.

*Рис. 1*

Кафедра одной из первых в стране приступила к созданию ударных труб, которые позволили изучить релаксационные процессы в диапазоне температур от тысячи до десятков тысяч градусов Кельвина. Результаты этих работ опубликованы в монографии Е. В. Ступоченко, С. А. Лосева и А. И. Осипова «Релаксационные процессы в ударных волнах» (М., Наука, 1965 г.). Расчеты термодинамических и кинетических свойств воздуха в широком диапазоне температур и давлений опубликованы в многотомном справочнике «Таблицы термодинамических свойств воздуха», являющемся настольной книгой для всех занимающихся расчетами параметров воздуха за ударной волной. Под руководством А. С. Предводителя были начаты детальные исследования процессов в ударных трубах; изучено распространение ударных волн в неоднородных средах (Ф. В. Шугаев, Л. С. Штеменко, Н. Н. Сысоев, А. И. Климов, И. А. Знаменская); По инициативе А. С. Предводителя в 60-е гг. совместно с Московским энергетическим институтом проводились работы по проблеме магнитогидродинамического преобразования тепловой энергии в электрическую (Г. П. Петрова и др.).

В 70-е годы стала развиваться релаксационная гидродинамика (А. И. Осипов, А. В. Уваров) и началось экспериментальное изучение неустойчивости ударных волн на ударных трубах кафедры с числами Маха ударных волн до 40 (А. П. Рязин, А. И. Соколов). Работы кафедры по физике жидкости проводились под руководством А. С. Предводителя, Е. Г. Швидковского, а затем Л. П. Филиппова и были направлены на получение и накопление надежных теплофизических данных для жидкостей различных типов. Был создан ряд уникальных прецизионных установок для исследования свойств жидкостей методами спектроскопии рассеян-



ного света, диэлектрической релаксации, флуоресценции, теплового периодического нагрева. Монография Л. П. Филиппова «Методы расчета и прогнозирования свойств веществ» (МГУ, 1988 г.) была удостоена премии Совета Министров СССР. Одним из направлений работы этой лаборатории было создание методов диагностики онкологических заболеваний (Г. П. Петрова, Ю. М. Петрусевич и др.). В связи с развитием твердотельной электроники резко возрос интерес к работам по дислокациям в твердых телах. В работе принимали участие А. А. Предводителев, Н. А. Тяпунина, Г. В. Бушуева, Г. М. Зиненкова и др.

С 1972 по 1982 г. заведующим был профессор Анатолий Александрович Предводителев. Четыре года, с 1982 по 1986, исполнял обязанности заведующего кафедрой профессор Шугаев Ф. В. Пять лет, с 1986 по 2001, возглавлял кафедру профессор Владимир Борисович Брагинский.

С 2001 г. кафедрой руководит профессор Николай Николаевич Сысоев (рис. 2).

Н. Н. Сысоев исследовал термодинамические и радиационные характеристики полей течения при взрывах, позволившие провести классификацию физико-химических процессов образования заряженных частиц и определить их роль в механизме генерации электромагнитного излучения. Кроме того, им исследовано распространение ударных волн через области неоднородности, созданные взрывами и плазменными образованиями. Полученные результаты отражены в монографиях (В. В. Селиванов, В. С. Соловьев, Н. Н. Сысоев «Ударные и детонационные волны. Методы исследования» МГУ, 1990) и др., учебном пособии Сысоев Н. Н., Селиванов В. В., Хахалин А. В. «Физика горения и взрыва». В 2014 г. Н. Н. Сысоев совместно с П. Н. Захаровым был награжден Премией правительства РФ в области науки и техники.

Разрабатываются мультифизические модели в областях физико-химической гидродинамики, многофазных течений, плазменной аэродинамики, межфазного энергообмена, экстремальных состояний вещества,

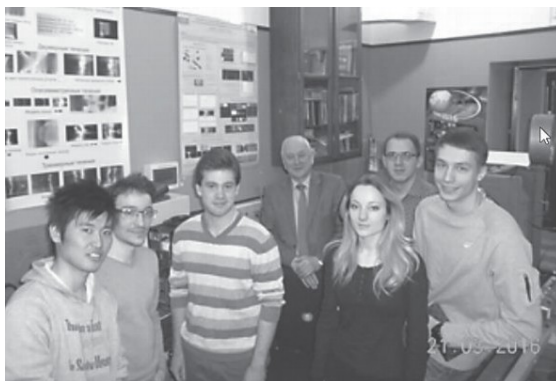


Рис. 2. Н. Н. Сысоев со студентами и аспирантами

в области микроэлектроники, фотоники и по другим направлениям. Основной объект исследования — физические эффекты на молекулярном и на макроуровне в жидких, твердых, газоплазменных средах.

Динамические процессы исследуются экспериментально и численно. Ведутся исследования в междисциплинарных областях — разрабатываются методы в биомедицинской диагностике.

В рамках школы «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина» получило развитие направление «Высокоскоростная фотоника в исследованиях быстропротекающих процессов».

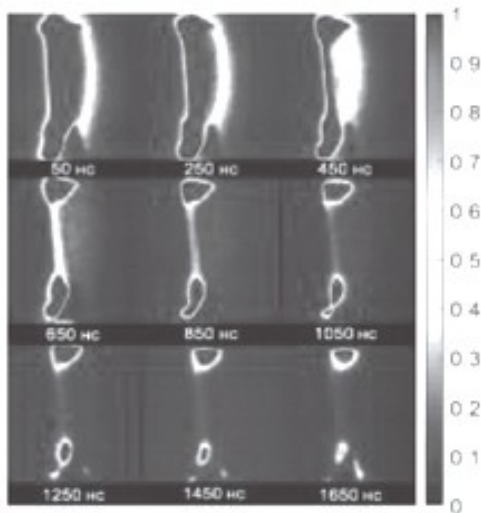


Рис. 3

клеточных и внутримолекулярных сил, а также производить качественный и количественный анализ различных соединений.

Результаты исследования процессов коллагенолиза могут быть использованы в медицине для разработки методики мониторинга биодegradации коллагена в режиме реального времени при различных патологических заболеваниях в организме, а также в разработке новых лекарственных препаратов, содержащих бактериальную коллагеназу.

Фотодинамическая терапия (рис. 4) является одним из активно развивающихся малоинвазивных и органосохраняющих методов лечения онкологических заболеваний полостных органов и кожи со сложной локализацией. При разработке «идеального» фотосенсибилизатора (ФС) особое внимание уделяется его свойству избирательно накапливаться в онкологических тканях.

В частности, с наносекундным разрешением исследовалась динамика короткоживущих плазменных образований в сверхзвуковых потоках в видимом и инфракрасном диапазонах (рис. 3).

Детальное изучение свойств рассеянного света позволяет получить сведения о структуре молекул и молекулярных систем, о природе межмолекулярных и внутримолекулярных сил, а также производить качественный и количественный анализ различных соединений.

Результаты исследования процессов коллагенолиза могут быть использованы в медицине для разработки методики мониторинга биодegradации коллагена в режиме реального времени при различных патологических заболеваниях в организме, а также в разработке новых лекарственных препаратов, содержащих бактериальную коллагеназу.

Фотодинамическая терапия (рис. 4) является одним из активно развивающихся малоинвазивных и органосохраняющих методов лечения онкологических заболеваний полостных органов и кожи со сложной локализацией. При разработке «идеального» фотосенсибилизатора (ФС) особое внимание уделяется его свойству избирательно накапливаться в онкологических тканях.

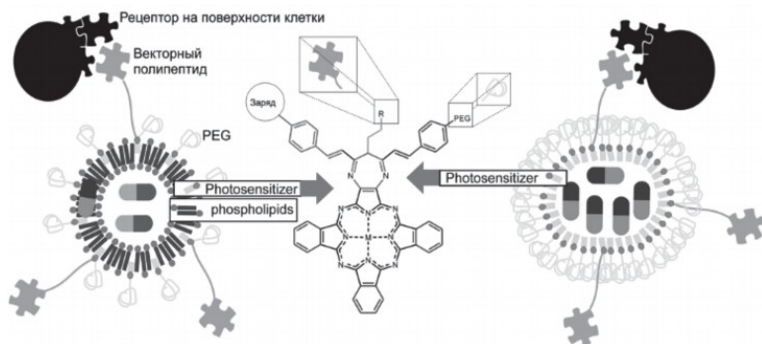


Рис. 4

Данная работа продолжает ранее начатое исследование и представляет собой составную часть комплексного научного исследования, проводимого на физическом факультете в сотрудничестве с ОФАВ РАН и посвященного разработке новых фотосенсибилизаторов третьего поколения и созданию лекарственных форм на их основе.

Экспериментально и численно исследуются задачи управления сверхзвуковыми течениями газа в каналах на основе импульсного плазменного воздействия на уникальной плазмодинамической установке кафедры. Обнаружен ряд новых физических эффектов в области плазменной аэродинамики (рис. 5), связанных с локализацией сильноточных наносекундных разрядов в участки пограничного слоя, зоны отрыва в профилированных каналах, с явлениями распада разрыва.

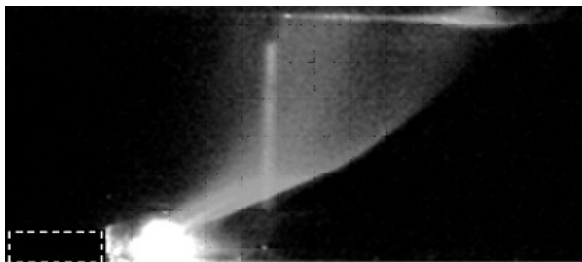


Рис. 5

В научных исследованиях огромную роль играют разработка методов измерения исследуемых процессов: их обработки и анализ полученных результатов. На кафедре разработаны и используются ряд новых экспериментальных методов: метод определения рельефа поверхности жидкости (рис. 6), методы высокоскоростной термографии пограничных слоев жидкости и газа, метод «термография на просвет», метод визуализации

зации сверхзвуковых течений импульсным объемным разрядом и др. Результаты измерений необходимы при проектировании двигательных установок, различного типа реакторов и других высокоэнергетических систем.

Цифровые технологии многократно увеличили объем визуальной информации при регистрации быстропотекающих процессов. В данной работе реализован подход к анализу больших массивов данных цифровой высокоскоростной визуализации течений с использованием программ машинного зрения и обучения. Создано программное обеспечение для автоматического отслеживания координат и размеров структур течений в автоматическом режиме. Предложен и реализован подход к анализу больших массивов данных цифровой высокоскоростной визуализации течений на основе искусственного интеллекта; используются программы машинного зрения и обучения, сверточные нейронные сети CNN. Создано программное обеспечение для автоматического отслеживания координат и размеров структур течений в автоматическом режиме с помощью алгоритмов выделения границ (краев), что позволило обрабатывать большие массивы цифровых данных (полученных оптическими методами) без участия человека, а следовательно, получить дополнительно новую научную информацию. Скорость распознавания объектов на изображениях (ударных волн, частиц-трассеров в потоке) нейронной сетью составила 15 к/с. При помощи машинного зрения и обучения было разработан ряд программ обработки теневых и шпирен изображений (рис. 7).

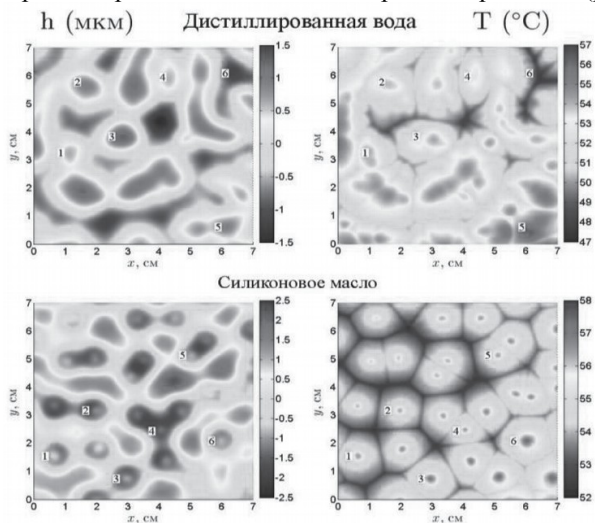


Рис. 6

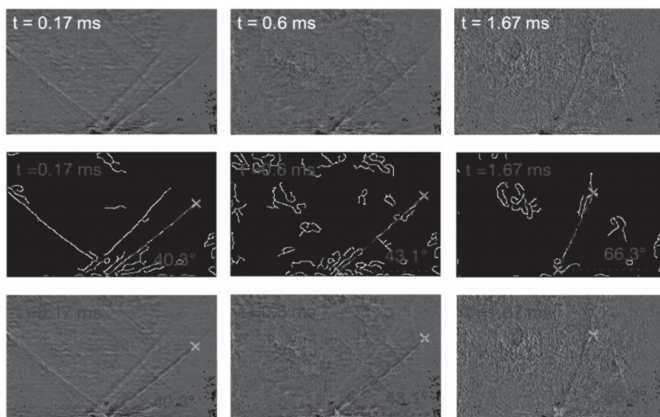


Рис. 7

Разработаны методы создания радиотехнических моделей местности с применением геопространственных технологий, методы моделирования распространения радиоволн в сложных средах. Созданы программно-аппаратные комплексы радиомониторинга.

2 года назад впервые в России была создана и размещена на сайте кафедры общедоступная цифровая интернет-галерея уникальных научных изображений и видео потоков газа, плазмы, жидкости, полученных в разное время сотрудниками кафедры. Пока там около 200 изображений и анимаций – экспериментальных и расчетных.

Галерея регулярно пополняется, на сегодняшний день зафиксировано более 1700 посещений. На рис. 8 — скриншот с сайта molphys.phys.msu.ru/gallery/index.php/photoimages.

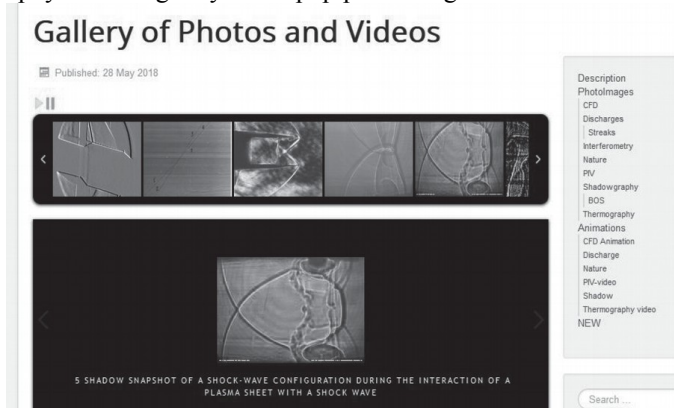


Рис. 8

Сейчас в составе кафедры 26 сотрудников (рис. 9). Кафедра ведёт магистерскую программу «Физика молекулярных процессов и экстремального состояний вещества». Всего читается 25 спецкурсов. В специальном практикуме кафедры молекулярных процессов и экстремальных состояний вещества 18 задач. За пять лет поставлены три новые задачи. В настоящее время на кафедре обучается 24 студента в бакалавриате и магистратуре и 6 в аспирантуре.



Рис. 9



Рис. 10

24 ноября 2021 г. на кафедре молекулярной физики ректором В.А. Садовничим была открыта уникальная лаборатория электронно-зондовых исследований по функциональному анализу и редактированию микросхем топологической нормы до 40 нм с использованием методик лазерно-сканирующей, фотоэмиссионной, ионной и ИК-микроскопии с системой CAD

навигации. (рис. 10). В лаборатории применяется современное диагностическое оборудование. Разработаны алгоритмы контроля для проверки стойкости микросхем к внешним атакам.

Профессор И. А. Знаменская



ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСОВ ДНК-Dps

При наступлении неблагоприятных условий, например, таких как окислительный стресс, высокая концентрация токсичных катионов, воздействие ультрафиолетового излучения или высоких температур, многие бактерии способны «прятать» свой геном за счет сокристаллизации ДНК с белком Dps [1–3]. Название этого белка является англоязычной аббревиатурой от словосочетания «ДНК-связывающие белки голодающих клеток», так как этот белок впервые был обнаружен в большом количестве в комплексе с ДНК у бактерий, которые недополучали питательные вещества. Позднее выяснилось, что данный белок является родственным ферритину, белку, ответственному за метаболизм железа у людей и животных. Молекула Dps *Escherichia coli* состоит из 12 идентичных субъединиц, состоящих из 167 аминокислотных остатков молекулярной массой 18,7 кДа [3].

Сокристаллы ДНК-Dps были охарактеризованы с помощью просвечивающей электронной микроскопии, флуоресцентной микроскопии, рентгеновской кристаллографии и малоуглового рентгеновского рассеяния [4–8]. Эти исследования выявили неспецифический характер связывания ДНК с Dps, который опосредован электростатическим взаимодействием между отрицательно заряженными фосфатными группами ДНК и положительно заряженными лизинами на N-конце субъединиц Dps.

Существует несколько предполагаемых моделей пространственной организации ДНК в сокристаллах ДНК-Dps. В одной из них предполагается, что молекулы ДНК пронизывают гексагональную решетку Dps, пересекая поочередно разные упакованные листы Dps. Другая модель предполагает накручивание нити ДНК вокруг молекул Dps подобно взаимодействию ДНК с гистонными белками. Некоторые исследователи считают, что ДНК выстраивается вдоль рядов молекул Dps, образующих один двумерный упорядоченный лист. Наконец, существуют также модели, допускающие комбинацию некоторых вышеупомянутых структур.

Разнообразие интерпретаций структурных особенностей сокристаллов ДНК-Dps создает необходимость их дальнейшего подтверждения или уточнения. Уникальную информацию о структурных особенностях взаимодействия ДНК с Dps может предоставить атомно-силовая микроскопия (АСМ). АСМ успешно зарекомендовала себя при изучении структурных особенностей нуклеиновых кислот, белков и их комплексов на уровне отдельных молекул и с высоким, субнанометровым пространственным разрешением. В частности, АСМ уже успешно применялась для исследования морфологии и размеров богатого Dps нуклеоида лизированных бактериальных клеток, а также изучения способности белков Dps связы-

ваться с ДНК и конденсировать её при различных значениях pH. Проведение многостороннего АСМ-анализа отдельных комплексов ДНК-Dps и сокристаллов ДНК-Dps способно значительно продвинуть наше понимание об устройстве нуклеоида бактерий и механизмах защиты бактериального генома от неблагоприятных воздействий окружающей среды.

Ведущий научный сотрудник кафедры физики полимеров и кристаллов Е.В. Дубровин совместно с коллегами из Института физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина РАН, Института кристаллографии имени А.В. Шубникова РАН, ФНКЦ физико-химической медицины ФМБА и Университета Тюбингена сформировали и визуализировали с высоким пространственным разрешением отдельные комплексы ДНК-Dps, а также охарактеризовали их морфологию и структурные особенности [9]. Комплексы ДНК-Dps формировали на основе линейаризованной плазмидной ДНК известной длины (4500 пар нуклеотидов), а затем наносили на поверхность высокоориентированного пиролитического графита (ВОПГ), модифицированную N,N' -(декан-1,10-дил)бис(тетраглицинамидом) (GM). Такая поверхность является положительно заряженной и поэтому способна «захватывать» отрицательно заряженные молекулы ДНК за счет электростатического притяжения.

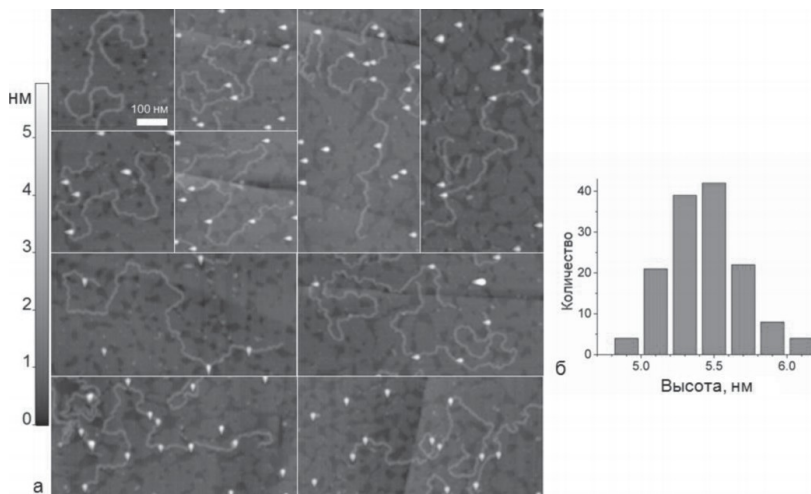


Рис. 1. (а) Подборка АСМ-изображений (слева сверху) линейаризованной молекулы ДНК и (остальные изображения) отдельных комплексов линейаризованной ДНК-Dps, адсорбированных на поверхность GM-ВОПГ. АСМ-изображения были получены на воздухе. Размеры АСМ-изображений составляют $400 \times 400 \text{ нм}^2$, $400 \times 800 \text{ нм}^2$ и $800 \times 400 \text{ нм}^2$. (б) Распределение по высотам молекул Dps в комплексах. Перепечатано из [9], Копирайт (2021), с разрешения Эльзевир

На АСМ-изображениях комплексы ДНК-Dps выглядят в виде отдельных нитей ДНК с «нанизанными» на них глобулами, молекулами Dps (рис. 1). Количество таких глобул при используемом весовом соотношении ДНК к белку (1:5) варьировало от 1 до 7. Средняя контурная длина таких комплексов лежала в диапазоне от 1500 до 1550 нм и не выявила зависимости от количества связавшихся молекул белка (рис. 2а). Данный результат свидетельствует о том, что при образовании комплекса ДНК не наматывается вокруг молекул Dps, что отличает эту систему от комплексов ДНК с гистонными белками. В то же время полученные данные не исключают того, что ДНК может огибать небольшую область поверхности молекулы Dps.

Для оценки степени возможного изгиба молекулы ДНК при её связывании с молекулой белка Dps был проведен анализ угла θ между двумя касательными к контуру ДНК в точках входа в белковую глобулу (рис. 2б). Гистограмма распределения угла θ для комплексов ДНК-Dps, а также его гауссова аппроксимация показаны на рис. 2б голубым цветом. Максимум при 0° свидетельствует о том, что молекула Dps не способствует изгибу ДНК при связывании с ней. При этом длина не визуализируемого фрагмента ДНК между двумя точками ее входа в белковую глобулу может быть оценена как кажущийся (то есть уширенный зондом атомно-силового микроскопа) на АСМ-изображениях диаметр молекулы Dps в составе комплекса, который составляет 22 ± 1 нм. Гистограмма распределения угла θ для свободных, то есть не образующих комплекс с Dps молекул ДНК, для контурной длины 22 нм, а также соответствующая гауссова аппроксимация представлены для сравнения на рис. 2б красным цветом. Наблюдаемая разница в распределении углов может быть связана с «заморозкой» флуктуации контура молекул ДНК на некоторой длине l_{fix} . Длину такого «замороженного» сегмента можно считать длиной участка ДНК, непосредственно взаимодействующего с одной молекулой Dps. Для того чтобы оценить l_{fix} , зависимость $\langle \cos(\theta) \rangle$ от контурной длины для свободной ДНК сравнивалась со значением $\langle \cos(\theta) \rangle$ для комплексов ДНК-Dps ($0,662 \pm 0,022$ рад) (рисунок 2в). Согласно проведенному анализу, длина флуктуирующего фрагмента ДНК внутри уширенного АСМ-изображения молекулы Dps составила 16 ± 2 нм, что дает значение $6,0 \pm 2,2$ нм для l_{fix} . Это позволяет заключить, что при связывании с ДНК одна молекула Dps непосредственно контактирует с участком ДНК длиной около 6 нм.

Анализ расстояний от связанных с ДНК молекул Dps до ближайшего конца подтвердил отсутствие специфичности связывания Dps с ДНК (рис. 2г). Наличие небольших упорядоченных агрегатов Dps, ассоциированных с молекулами ДНК (рис. 3а), позволило определить возможную

упаковку ДНК в таких агрегатах. Оказалось, что суммарная длина видимой части молекулы ДНК (то есть выходящей за пределы белкового агрегата) значительно меньше средней контурной длины молекулы ДНК. Разница между длиной ДНК и видимой частью ДНК в таких комплексах, вероятно, сосредоточена внутри агрегатов Dps. Эта «недостающая» длина всегда была значительно больше латеральных размеров агрегатов Dps, которые, как правило, лежали в диапазоне 50–70 нм. Поэтому ДНК внутри таких агрегатов проходит не напрямую от одной точки входа к другой. Поскольку, как показано выше, накручивание ДНК вокруг молекул Dps не происходит, рационально предположить, что внутри агрегатов Dps ДНК изменяет свое направление несколько раз, то есть проходит «змейкой».

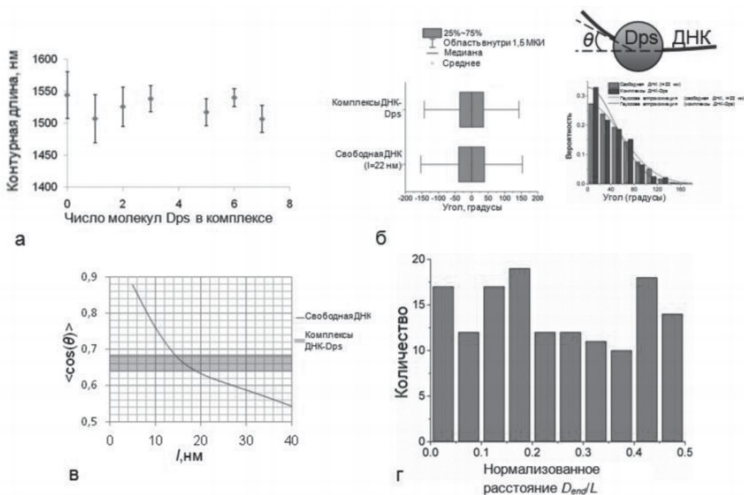
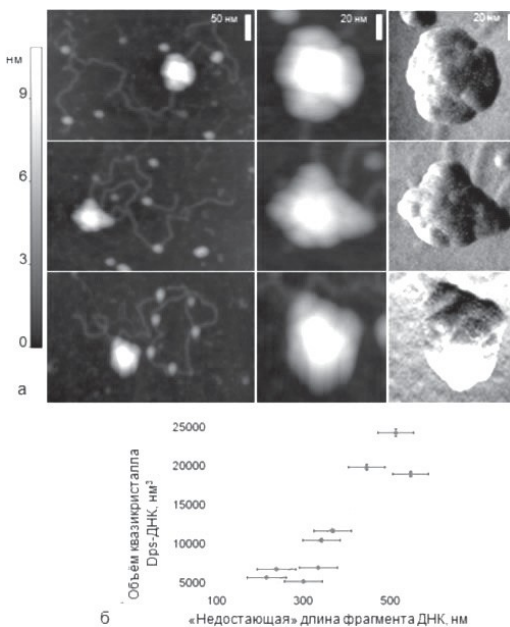


Рис. 2. (а) Зависимость средней длины комплекса ДНК-Dps от количества связанных молекул. (б) (слева) Блочная диаграмма распределений видимого угла изгиба ДНК θ в комплексах ДНК-Dps и у свободной ДНК для контурной длины $l=22$ нм, отраженная относительно нулевого значения; (справа снизу) соответствующие распределения (сплошными линиями показаны гауссовы аппроксимации для обоих распределений); (справа сверху) схема, иллюстрирующая определение угла изгиба θ . (в) Зависимость $\langle \cos(\theta) \rangle$ от контурной длины сегмента свободной молекулы ДНК (тонкая красная кривая) и значение $\langle \cos(\theta) \rangle$ для комплексов ДНК-Dps (серая кривая, толщина учитывает стандартное отклонение среднего). (г) Распределение нормализованной контурной длины D_{end}/L между молекулой Dps в комплексе ДНК-Dps и его ближайшим концом. Перепечатано из [9], Копирайт (2021), с разрешения Эльзевир

Объём квазикристаллов ДНК-Dps увеличивается с увеличением «недостающей» длины ДНК ($\langle L \rangle - L_{\text{vis}}$, где $\langle L \rangle -$

средняя контурная длина молекулы ДНК, а L_{vis} – длина видимой ее части на АСМ-изображении в составе комплекса с агрегатом Dps) (рисунок 3б). Из линейной аппроксимации этой зависимости следует, что коэффициент пропорциональности между объемом и длиной составляет $56 \pm 9 \text{ нм}^2$. Учитывая объем одной молекулы Dps, можно оценить длину ДНК, приходящуюся на одну молекулу Dps в квазикристалле, в $7,5 \pm 1,4 \text{ нм}$. Это значение соответствует в пределах погрешности расстоянию между гексагонально уложенными рядами молекул Dps, которое составляет $\sim 7,8 \text{ нм}$. Полученные результаты соответствуют модели расположения ДНК, в которой предполагается, что молекула ДНК проходит вдоль рядов упорядоченных молекул Dps в гексагонально упакованном слое.

Рис. 3. Пространственная организация ДНК в кристаллах ДНК-Dps. (а) (левая колонка) Подборка АСМ-изображений, демонстрирующих отдельные комплексы плазмидной ДНК с небольшими скоплениями Dps (квазикристаллами). Увеличенные области скоплениями Dps показаны по каналам «высота» (средняя колонка) и «фаза» (правая колонка). АСМ-изображения получены на воздухе. Размер АСМ-изображений составляет $250 \times 400 \text{ нм}^2$ (увеличенные области $100 \times 100 \text{ нм}^2$). (б) Зависимость объема квазикристаллов Dps-ДНК от «недостающей» контурной длины фрагмента ДНК ($\langle L \rangle - L_{vis}$). Линия демонстрирует линейную аппроксимацию. Перепечатано из [9], Копирайт (2021), с разрешения Эльзевир



Полученные результаты позволяют по-новому взглянуть на взаимодействие ДНК с Dps, в частности на организацию их комплексов и сокристаллов, а также на механизмы выживания бактерий в неблагоприятных условиях.

Список использованной литературы

1. A. Martinez, R. Kolter, Protection of DNA during oxidative stress by the nonspecific DNA-binding protein Dps., *Journal of Bacteriology*. 179 (1997) 5188–5194. <https://doi.org/10.1128/jb.179.16.5188-5194.1997>.
2. S. Nair, S.E. Finkel, Dps Protects Cells against Multiple Stresses during Stationary Phase, *Journal of Bacteriology*. 186 (2004) 4192–4198. <https://doi.org/10.1128/JB.186.13.4192-4198.2004>.
3. M. Almirón, A.J. Link, D. Furlong, R. Kolter, A novel DNA-binding protein with regulatory and protective roles in starved *Escherichia coli*., *Genes Dev.* 6 (1992) 2646–2654. <https://doi.org/10.1101/gad.6.12b.2646>.
4. A. Moiseenko, N. Loiko, K. Tereshkina, Y. Danilova, V. Kovalenko, O. Chertkov, A.V. Feofanov, Y.F. Krupyanskiy, O.S. Sokolova, Projection structures reveal the position of the DNA within DNA-Dps Co-crystals, *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 517 (2019) 463–469. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2019.07.103>.
5. Y.T. Sato, S. Watanabe, T. Kenmotsu, M. Ichikawa, Y. Yoshikawa, J. Teramoto, T. Imanaka, A. Ishihama, K. Yoshikawa, Structural Change of DNA Induced by Nucleoid Proteins: Growth Phase-Specific Fis and Stationary Phase-Specific Dps, *Biophysical Journal*. 105 (2013) 1037–1044. <https://doi.org/10.1016/j.bpj.2013.07.025>.
6. P. Ceci, L. Mangiarotti, C. Rivetti, E. Chiancone, The neutrophil-activating Dps protein of *Helicobacter pylori*, HP-NAP, adopts a mechanism different from *Escherichia coli* Dps to bind and condense DNA, *Nucleic Acids Res.* 35 (2007) 2247–2256. <https://doi.org/10.1093/nar/gkm077>.
7. R. Kamyshinsky, Y. Chesnokov, L. Dadinova, A. Mozhaev, I. Orlov, M. Petoukhov, A. Orekhov, E. Shtykova, A. Vasiliev, Polymorphic Protective Dps–DNA Co-crystals by Cryo Electron Tomography and Small Angle X-Ray Scattering, *Biomolecules*. 10 (2020) 39. <https://doi.org/10.3390/biom10010039>.
8. L.A. Dadinova, Y.M. Chesnokov, R.A. Kamyshinsky, I.A. Orlov, M.V. Petoukhov, A.A. Mozhaev, E.Y. Soshinskaya, V.N. Lazarev, V.A. Manuvera, A.S. Orekhov, A.L. Vasiliev, E.V. Shtykova, Protective Dps–DNA co-crystallization in stressed cells: an in vitro structural study by small-angle X-ray scattering and cryo-electron tomography, *FEBS Letters*. 593 (2019) 1360–1371. <https://doi.org/10.1002/1873-3468.13439>.
9. E.V. Dubrovin, L.A. Dadinova, M.V. Petoukhov, E.Yu. Soshinskaya, A.A. Mozhaev, D.V. Klinov, T.E. Schäffer, E.V. Shtykova, O.V. Batishchev, Spatial organization of Dps and DNA–Dps complexes, *Journal of Molecular Biology*. 433 (2021) 166930. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2021.166930>.



Ведущий научный сотрудник кафедры физики полимеров и кристаллов Е. В. Дубровин



ФИЗИКИ МГУ СМОДЕЛИРОВАЛИ ЛАЗЕРНЫЙ НАГРЕВ ОПУХОЛИ С ВНЕДРЕННЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ КРЕМНИЯ

Сотрудники кафедры общей физики и молекулярной электроники и их коллеги из Нижнего Новгорода исследовали возможность использования кремниевых наночастиц для терапии раковых опухолей на примере узелковой базальноклеточной карциномы — часто встречающегося заболевания кожи человека. Учёные моделировали процесс локальной гипертермии: это прицельный нагрев тканей до таких температур, при которых новообразование погибает. С помощью математических расчётов было показано, что кремниевые наночастицы могут усиливать нагрев опухоли, а значит приводить к ее адресному уничтожению. Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда. Результаты работы опубликованы — «Numerical Simulation of Enhancement of Superficial Tumor Laser Hyperthermia with Silicon Nanoparticles».

Известно, что при нагреве выше определённой температуры клетки организма повреждаются или разрушаются. Если удастся осуществить локальную гипертермию (то есть нагревать только лишь злокачественные ткани без ущерба здоровым), то нежелательные клетки будут «точно выжигаться» под воздействием лазера. «Чтобы лазерное излучение по-разному влияло на больные и на здоровые ткани, нужно изменить их оптические характеристики. Ведь если просто светить лазером на опухоль, находящуюся в объеме здоровой ткани, то они обе будут повреждаться из-за близки значений характеристик рассеяния и поглощения света. Один из способов повлиять на это — ввести кремниевые наночастицы в опухоль. Тогда наночастицы изменят оптические свойства опухолевой ткани, она будет сильнее поглощать лазерное излучение, а значит сильнее нагреваться. Благодаря хорошей биосовместимости кремниевых наночастиц их можно использовать для этих целей», — рассказывает доцент кафедры общей физики и молекулярной электроники, к. ф.-м. н. Станислав Васильевич Заботнов.

Для того, чтобы подобрать оптимальные параметры лазерного воздействия, учёные использовали компьютерное моделирование. В данной работе оно производилось в три этапа. Сперва моделировались оптические характеристики наночастиц и тканей, рассчитывались их коэффициенты рассеяния и поглощения — это первый, подготовительный этап. Второй этап — это расчёт поглощения излучения, то есть рассматривалось, как распределяется энергия падающего лазерного луча в объеме опухоли и здоровой ткани. На третьем этапе по данным о распределении поглощенной энергии переходили к расчёту нагрева в каждой конкрет-

ной точке модельного объекта. В итоге получилась трёхмерная картина, на которой видна температура каждого участка ткани после воздействия лазерного излучения.

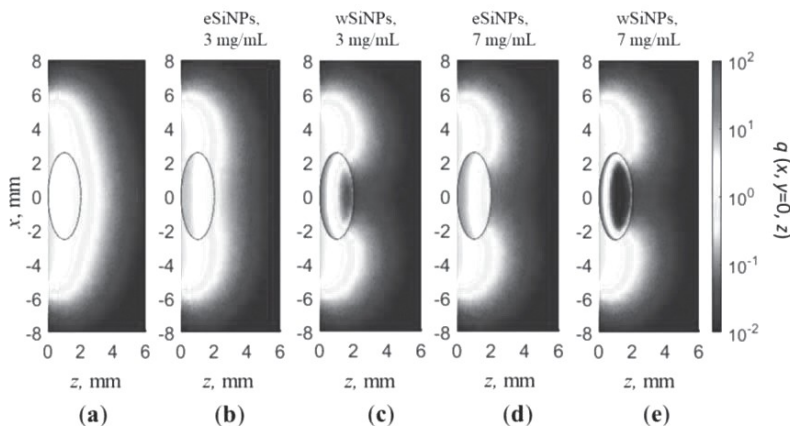


Рис. 1. Карты поглощения энергии падающего энергии лазерного излучения в модельном объекте для (a) опухоли без наночастиц, (b-e) опухоли с наночастицами

Задачей исследования было не просто смоделировать весь процесс, но и подобрать оптимальные параметры лазера, которым облучают опухоль. Например, учёные выяснили, что оптимальный размер лазерного пучка должен быть примерно равен диаметру облучаемой опухоли. Важно отметить, что глубина проникновения анализируемого лазерного излучения красного цвета в ткани организма не более 1 см — это значит, что опухоль должна располагаться близко к поверхности, непосредственно под верхними слоями кожи. В качестве модельного объекта была выбрана базальноклеточная карцинома, удовлетворяющая этому условию. По результатам моделирования был показан достаточный температурный контраст (до 5°C) между клетками опухоли и окружающими клетками здоровой ткани. Это делает возможным уничтожение карциномы при превышении температуры 42°C в результате нагрева лазерным лучом, в то время как здоровые ткани останутся практически целыми при меньших температурах.

Моделирование производилось для двух типов кремниевых наночастиц: одни были изготовлены в воде, а другие в этаноле. Метод изготовления кремниевых наночастиц называется лазерной абляцией — это процесс удаления вещества с поверхности облучаемой мишени. В качестве мишени использовались предварительно изготовленные кремниевые нанонити. В таких нанонитях атомы кремния слабо связаны друг с другом,

а значит лазеру проще «выбивать» кремний с их поверхности. Вдобавок у таких нитей невысокая теплопроводность: всё это позволяет получать нужное количество наночастиц быстрее и в больших объемах, чем если бы абляции подвергался кристаллический кремний.

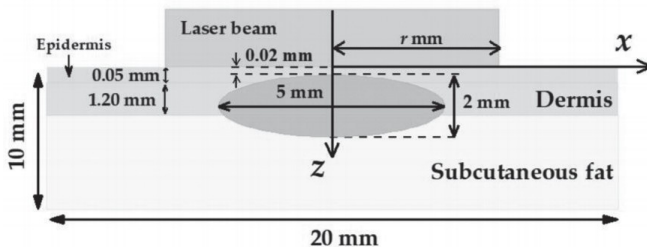


Рис. 2. Схема многослойной модели кожи человека с опухолью, использованная в моделировании

«Ранее нами были экспериментально получены так называемые водные и этанольные суспензии наночастиц, данные об их размерах и оптических свойствах были использованы для компьютерного моделирования. У этих двух типов наночастиц разные оптические характеристики: водные суспензии наночастиц и поглощают лучше, и рассеивают лучше, а этанольные напротив: хуже поглощают и хуже рассеивают. В результате моделирования оказалось, что для нашей задачи больше подходят этанольные суспензии наночастиц, потому что они позволяют излучению глубже проникнуть в ткань из-за меньшего рассеяния, и в итоге опухоль сильнее нагревается», — рассказала выпускница аспирантуры физического факультета МГУ, первый автор статьи Ольга Игоревна Соколовская.

Сотрудники и аспиранты группы нанофотоники (слева направо): С.В. Заботнов, А.И. Ефимова, А.М. Шарафутдинова, Л.А. Головань, А.В. Колчин, Д.В. Шулейко, О.И. Соколовская



Полученные результаты являются необходимым шагом перед проведением реальных экспериментов как на тканевых фантомах, так и на живых организмах. В ближайшем будущем планируются экспериментальные работы с использованием агаровых фантомов биотканей — они позволят смоделировать ткани организма и их нагрев в зависимости от введения кремниевых наночастиц.

*Физический факультет МГУ, кафедра общей физики
и молекулярной электроники*

*Подготовлено Медиацентром физического факультета МГУ.
https://phys.msu.ru/rus/news/archive_news/28709/*

РЕВЕРСИЯ КОНВЕКЦИИ В ГОРЯЧЕМ ТОННЕЛЕ НАД ОЧАГОМ ВУЛКАНА ЭЛЬБРУС

Ученые Института общей физики РАН под руководством главного научного сотрудника института доктора физико-математических наук Сергея Першина обнаружили новое явление: циркуляция воздуха в тоннеле над очагом вулкана Эльбрус обратна общепринятой и противоречит закону Архимеда. Объясняется такая реверсия циркуляции поступлением в тоннель-тупик горячих и тяжелых вулканических газов из очага вулкана Эльбрус.

Горячие газы из очага вулкана поступают в тоннель по трещинам, нагревают его основание примерно до 40° Цельсия и запускают циркуляцию воздуха. Однако не обычную, тривиальную циркуляцию, которая, согласно закону Архимеда, сформируется в обитаемом помещении, осо-



бенно зимой, с включенными элементами обогрева под окнами: теплый воздух поднимается вверх, перемещается у потолка и опускается у двери. В нашем случае,



несмотря на горячее основание тоннеля, циркуляция воздуха запускается в обратном направлении (реверс): «холодный» (примерно 30° Цельсия) воздух из штольни, в которую выходит тоннель, втягивается в тоннель под его сводом, опускается у глухой стены к основанию и стекает вниз к выходу из тоннеля.

Инверсия температуры, когда холодный воздух выше горячих газов у основания тоннеля, указывала на еще одну аномалию с нарушением закона Архимеда. Обнаруженная учеными ИОФ РАН реверсивная циркуляция перемешивает аэрозоли, выносимые газами из очага вулкана, что маскирует вулканическую активность и затрудняет поиск предвестников извержения и, возможно, землетрясения лазерным радаром-лидаром.

Физика открытого явления обсуждается ниже и обосновывает наблюдаемые аномалии.

В Институте общей физики им. А.М. Прохорова установлен монитор, который в режиме реального времени отображает сигналы, измеряемые оборудованием в «горячем» тоннеле Баксанской нейтринной обсерватории, сверху вниз: сигналы аэрозольного рассеяния (красная, черная и зеленая линии), влажность воздуха (синяя линия), концентрации метана и углекислого газа в воздухе (темно-синяя и серая линии), температура воздуха (толстые красная и оранжевая линии), атмосферное давление (тонкая оранжевая линия).

Физика явления такова

Тоннель с глухой стеной находится над очагом вулкана Эльбрус, под горой Андырчи, в 20 км от кратера вулкана Эльбрус, в конце штольни Баксанской нейтринной обсерватории, на удалении примерно 4 тыс. м от входа в штольню [Pershin S.M., et al., *Laser Phys. Lett.* **17** (11), 115607 (7 pp), (2020)]. Горячие газы вулкана поступают по трещинам в тоннель и нагревают его основание примерно до 40°. Легкие и летучие вулканические газы (водород, гелий, метан) перемешиваются с воздухом и охлаждаются до средней температуры.

Напротив, тяжелые магматические газы (радон, углекислый газ, оксид серы, сероводород) тонут в воздухе и формируют у основания тоннеля слой горячих и тяжелых газов. Например, радон (^{222}Rn) тяжелее воздуха в 7,6 раза и тонет в воздухе, как «железка» в воде. Из-за малой вязкости и большой плотности эти газы стекают вниз по наклонному основанию от глухой стены к выходу тоннеля в штольню Баксанской нейтринной обсерватории. Сток тяжелых газов создает у глухой стены разрежение, которое втягивает «холодный» (примерно 30°) воздух из штольни под сводом тоннеля. Этот поток достигает глухой стены, опускается к основанию тоннеля, увлекается тяжелыми газами, стекает вниз и замыкает реверсивную циркуляцию в обратном направлении. Формируется ано-

мальный градиент температуры с холодным воздухом сверху, то есть наблюдается инверсия температуры по вертикали.



Физически ясно, что такая ситуация с инверсией температуры создает условия для формирования неустойчивости Релея – Тейлора, нарушение которой будет активно перемешивать аэрозоли в тоннеле. Например, при сокращении выхода тяжёлых газов у основания и снижения их объёма слой холодного и более плотного воздуха будет выше теплого воздуха меньшей плотности.



*«Горячий» тоннель
Геофизической
лаборатории №2
ИФЗ РАН в
Баксанской
нейтринной
обсерватории.
Зелёный пучок —
визуализатор
траксы лидарного
зондирования
аэрозолей*



Ранее авторами [Першин С. М. и др., Письма в ЖЭТФ, 94(2), 125 (2011)] была обнаружена реверсия конвекции, индуцированная неустойчивостью Релея — Тейлора, в ограниченном объеме воды. Так при изменении знака вертикального градиента плотности при пассивном (от охлаждающего воздуха) нагреве или охлаждении воды в окрестности температуры максимальной плотности (~ 4 °C) наблюдалась остановка конвекции и запуск циркуляции в обратную сторону.

Открытая ИОФ РАН реверсия циркуляции в тоннеле поддерживает тепло вулкана и потому неостановима в условиях поступления тяжелых горячих газов. Существенно то, что она разрушает стабильные условия в тоннеле, которые необходимы для мониторинга активности вулкана с целью поиска предвестников извержения или землетрясения лазерным радаром по вариации выносимых газами аэрозолей. Было установлено, что основным фактором флуктуации аэрозолей является туман на границе контакта теплого и холодного слоя воздуха.

Мы предложили и протестировали оригинальный способ экранировки трассы зондирования от циркуляции «чужих» аэрозолей и их образования для повышения чувствительности мониторинга. Мы «погрузили» пучок лидара в слой тяжелых газов параллельно основанию тоннеля и отметили значительное снижение флуктуаций сигнала лидара.

Оптический приемопередающий блок уникального компактного аэрозольного лидара, прототип которого был первым лидаром (лидаром РАН), доставленным на поверхность Марса миссией НАСА (США)



[https://mars.nasa.gov/internal_resources/818/page_52]. Справа налево: объектив приемника (однофотонного лавинного фотодиода), объектив передатчика (импульсного диодного лазера), вспомогательный лазер-целеуказатель

Исследования поддержаны грантом Российского научного фонда №19–19–00712.

Главный научный сотрудник ИОФ РАН, выпускник физфака МГУ 1972 г. д.ф.м.н. Першин С.М.



ПОБЕДА НА КОНКУРСЕ — «СТУДЕНЧЕСКИЙ ПРОФСОЮЗНЫЙ ЛИДЕР МГУ»

В ноябре 2022 года в Московском университете проходил конкурс «Студенческий профсоюзный лидер МГУ», организованный Объединенным профсоюзным комитетом университета.

Команда студенческого профкома физфака (капитан — Серафима Самченко, Арсений Шуров, Марк Арзангулян и Сергей Клушин) сражалась с командами шести факультетов. Соревнование состояло из двух этапов, в течение которых студенты поучаствовали в восьми конкурсах. «Автопортрет» — представление команды и рассказ о проектах Профкома. Правовые конкурсы «Блиц» и «2 к 1», где участникам задавались вопросы на знание правовых документов в сфере образования. Конкурсы «Профтест» и «Правовое ориентирование» были направлены на разрешение сложных правовых ситуаций, с которыми студенты обращаются в Профком. Кроме того, команда участвовала в конкурсе на информационное освещение и готовила информационный плакат на профсоюзную тематику.

Самым зрелищным оказался конкурс «Управленческие поединки», где студенты соревновались в аргументации на заданные ситуации.

По результатам конкурсов Профком студентов физфака занял 1 место в командном зачёте, а капитан команды Серафима Самченко одержала победу в личном зачёте!

Поздравляем наших ребят с победой и желаем им дальнейших успехов!





Весной команда Профкома студентов физического факультета будет представлять Московский университет имени М. В. Ломоносова в конкурсе на звание лучшего профбюро Москвы.

Пожелаем нашей команде победы в конкурсе!

Ерохина Мария, 4 курс

АТОМНАЯ БОМБА ЮАР

Лидеры пяти ядерных держав (Китайская Народная Республика, Российская Федерация, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии, Соединенные Штаты Америки и Французская Республика) выпустили совместное заявление о предотвращении ядерной войны и недопущении гонки вооружений.

Текст документа 03.01.2022 г. опубликован на сайте Кремля — <http://www.kremlin.ru/events/president/news/67551>. В МИД РФ уточнили, что инициатором создания документа выступила Российская Федерация. Эта деятельность РФ не является напрасной и бесперспективной.

Ниже рассказывается о положительном примере международной деятельности по ограничению распространения ядерного оружия.

Главный редактор

ЮАР (до 1961 г. Южно-Африканский союз) — страна, богатейшая ресурсами. Добычу урана здесь начали в 1952 г., а уже к концу 50-х на 26 рудниках добывалось 5900 т урановой руды в год (15–17 % мирового рынка), причем уран шел как побочный продукт добычи золота и, в небольшой степени, меди [1, стр. 67]. Только в США ЮАР продала около 40 тысяч тонн оксида урана, выручив за это 450 миллионов долларов.

В 1957 г., аналогично Израилю, Пакистану или Ирану, ЮАР воспользовалась американской программой «Атом для мира», заключив договор на покупку легководного исследовательского ядерного реактора SAFARI-1 (что расшифровывается как «South African Fundamental Atomic Research Installation») и 104 кг 93% урана-235. В США также было обучено 88 сотрудников для обслуживания реактора. В 1959 г. для размещения реактора решили построить ядерный центр в Пелиндабе, в 40 км юго-западнее столицы Претории.

18 марта 1965 г. здесь состоялся пуск SAFARI-1, а к 1968 г. его мощность была увеличена с 7 до 20 МВт путем введения охлаждения

жидким натрием и за счёт других модернизаций. В 1967 г. ЮАР построила тяжеловодный реактор SAFARI-2, могущий работать на природном уране, однако через два года закрыла этот проект, так как он требовал слишком много ресурсов. Необходимость обогащать уран до 45% для SAFARI-1 заставила южноафриканцев задуматься над строительством соответствующего завода. Вскоре (1974 г.) в Валинбаде, в 35 км от Претории, был пущен Y-Plant (завод «Y») по обогащению урана. На этом заводе атомщики ЮАР применили уникальный метод аэродинамического разделения изотопов урана (вихревое «сопло Беккера»). Кстати, именно этим обстоятельством Претория потом объясняла, почему она противилась допускать на тот завод инспекторов МАГАТЭ.



Ядерный центр в Пелиндабе. <https://zvezdaweb.ru/news/20206301332-qE2Yj.html>

Между тем в соседних Анголе (с 1961 г.) и в Мозамбике (с 1964 г.), выбравших социалистическую ориентацию, шли боевые действия, в которых участвовали в том числе и кубинские части, а также советские военные советники. В оккупированной ЮАР-овцами Намибии, где добывался уран, совершали диверсии партизаны, подготовленные на территории Анголы. Претория была убеждена, что находится в кольце врагов, а Советский Союз руками своих спутников готовится захватить их страну, богатую алмазами, золотом, ураном.

Уже в 1969 г. тогдашний глава кабинета министров Карл де Вет дал добро на предварительное изучение вопросов, связанных с производством ядерного оружия, и открыто объявил о начале программы «мирных ядерных испытаний». По всей вероятности, осуществление чисто военных программ началось в ЮАР в 1974 г., когда новый премьер-министр Форстер распорядился строго засекретить все ядерные работы, проводя их под прикрытием различных «мирных» программ, вроде строительства рудников. Кстати, факт подготовки к испытанию ядерного оружия в Калахари, накопления оружейного урана и разработки руды в Намибии был установлен советским разведчиком Алексеем Михайловичем Козловым*,



работавшим в ЮАР под именем гражданина ФРГ Отто Шмидта — торговца оборудованием для химчисток. В соседней с ЮАР Малави, в г. Блантайр, в клубе для белых в конце 1970-х гг. Козлов познакомился с пожилой немкой, работавшей секретаршей генерального директора центра в Палиндабе и находившейся уже на пенсии. Она выболтала разведчику, как в декабре 1976 г. в Палиндабе обмывали шампанским изготовление первой ядерной бомбы. Позже эту информацию подтвердил командор Дитер Герхардт, командир военно-морской базы Саймонстаун на западе Капской области и по совместительству резидент ГРУ, разоблаченный в 1983 г. После освобождения из тюрьмы Герхардт поселился в Швейцарии. В феврале 1994 г. он сообщил Десмонду Блоу из газеты Johannesburg City Press, что в ходе совместной израильско-южноафриканской операции под кодовым названием «Феникс» было осуществлено испытание ядерного оружия.



А.М. Козлов (фото 1970-х). <https://zvezdaweekly.ru/news/20206301332-qE2Yj.html>

Ещё в 1977 г. многие СМИ писали, что Израиль и ЮАР заключили соглашение, по которому первый поставлял в Южную Африку ряд военных технологий и материалов. В 1977 г. Израиль продал в Южную Африку 30 граммов трития в обмен на 50 тонн урана, а позже оказывал большую помощь в сборке баллистических ракет RSA-3 и RSA-4 на базе израильских ракет «Шавит» и «Иерихон».

Для испытания ядерного оружия в пустыне Калахари, где обитали только бушмены, в течение 1975–1976 гг. появился один из самых маленьких в мире (всего 700 км²) ядерный полигон. В окрестностях авиационной базы Вастреп были пробурены две шахты глубиной 385 и 216 метров и диаметром около метра. Проведение испытания было назначено на

1977 г. Ранее, в 1974 г., аналогичное испытание провела Индия, и в ЮАР думали, что большого шума из-за этого не будет, но жёстко просчитались.

В конце июля 1977 г. советский спутник «Космос-922» (фоторазведчик «Зенит-2М») заметил приготовления к испытанию. Москва уже 6 августа информировала об этом Вашингтон. Разразился международный скандал. Хотя Претория всё отрицала, ей всё же пришлось под давлением СССР, США и Франции отказаться от своих намерений.

4 ноября того же года Совет Безопасности ООН принял резолюцию 418, которая вводила эмбарго на поставку оружия в Южную Африку и призывала все государства воздержаться от сотрудничества с ЮАР в сфере производства и развития ядерного оружия. Франция пригрозила разорвать контракт с ЮАР на поставку ядерных реакторов для АЭС Koeberg. Срыв испытания привёл, по мнению американского подполковника Роя Хортон, автора книги о ядерном оружии ЮАР «Out of South Africa: Pretoria's Nuclear Weapons Experience», к переориентации ядерной программы ЮАР с изучения ядерной взрывчатки на разработку сил сдерживания. Руководство программой было передано ARMSCOR — Южноафриканской оружейной компании. Специалисты ARMSCOR собрали первую ядерную бомбу для «холодного» испытания на объекте Circle, недалеко от Претории, только через 2 года. Из-за строжайшего режима секретности и малого количества привлечённых специалистов (всего 35 человек из 100 трудившихся на объекте Circle) скорость работ сильно тормозилась. В конце 1979 г. в Пелиндабе было создано второе взрывное устройство, импlosionного типа. Проблема, однако, состояла в том, что бомбу можно было взрывать только на месте, она была не транспортабельна на легких самолетах и небольших ракетах, имевшихся в ЮАР, из-за своего большого веса (3 т).

Испытание первого в истории ЮАР ядерного взрывного устройства произошло в 1979 г. и вошло в историю как «инцидент Вела» [2].

На стыке Индийского и Атлантического океанов, примерно на полпути между южной оконечностью Африки и Антарктидой в 2500 км от побережья Южной Африки, затерялся крошечный остров Буве. 22 сентября 1979 г., около 00:53 по Гринвичу, траектория американского спутника Vela 6911, предназначенного для обнаружения советских ядерных испытаний, пролегла над этим островом. Vela 6911 был одним из серии спутников Advanced Vela, запущенный 23 мая 1969 г. (перигей 77081 км, апогей 145637 км, наклон 61,6°), и, таким образом, он находился на орбите более десяти лет. Установленные на спутнике два кремниевых фотодиодных датчика, «бангметра», зарегистрировали двойную яркую вспышку (выдав сигнал Alert 747). Такие вспышки характерны для ядер-



ных взрывов: первая длится 1 миллисекунду, а вторая от сотен миллисекунд до нескольких секунд, в зависимости от мощности взрыва. Это явление возникает из-за того, что поверхность огненного шара накрывается расширяющейся ударной волной, которая, действуя как затвор фотоаппарата, прячет горячий огненный шар за своим непрозрачным ионизированным фронтом. Судя по силе вспышек, это мог быть ядерный взрыв мощностью 2–3 килотонны. «Бангметры» не были остронаправленными датчиками и не могли точно определять местоположение. Поскольку спутник отработал свой срок службы, его датчик электромагнитных импульсов (ЭМИ) уже не работал, и никакого излучения не было обнаружено. И первоначально даже предполагали, что в спутник попал микрометеорит. Но Лабораторией военно-морских исследований США были обнаружены акустические волны в океане от островов Принца Эдуарда и отраженные от хребта Скотия в Антарктике и антарктического шельфового ледника. Их интенсивность соответствовала небольшому ядерному взрыву на поверхности океана или на небольшой глубине. Радиотелескоп в Аресибо, Пуэрто-Рико, обнаружил ионосферное возмущение утром 22 сентября 1979 г., чего исследователи никогда раньше не наблюдали. Мощные взрывы могут создать ионосферные возмущения в результате распространяющейся вверх ударной волны.

Администрации США держала инцидент в секрете до 25 октября 1979 г., пока репортер телеканала ABC Джон Скали не пересказал эту историю после того, как был проинформирован представителями Пентагона. В репортаже прямо говорилось об испытаниях ядерного оружия, хотя в районе острова Буве не было зафиксировано ни повышения радиоактивного фона, ни сейсмической активности, которая обычно сопровождает ядерный взрыв. Мир понял, что клуб стран — обладателей ядерного оружия может пополниться 8-м членом — Южно-Африканской Республикой. Потомки буров долго делали вид, что не понимают, о чём идёт речь, следуя примеру своих израильских партнёров по ядерному бизнесу, не признающих, но и не отрицающих наличия у них ядерного оружия. Только в 1997 г. в статье от 20 апреля, опубликованной в израильской ежедневной газете *Ha'aretz*, заместитель главы МИД ЮАР Азиз Пахад признал, что это был ядерный взрыв. В статье говорилось, что Израиль помог Южной Африке в разработке конструкции бомбы в обмен на 550 тонн необогащенного урана и другую помощь.

В 1982 г. корпорация ARMSCOR завершила разработку первой технологичной модели атомной бомбы «пушечного» типа, уменьшив её вес в 5 раз. Она получила название «Sabot». В год ЮАР могла производить по 1–2 заряда для таких бомб. Вес бомбы составлял 600 кг, длина — 1,8 м, диаметр — 0,65 м, а мощность — 10–18 кТ. Для безопасности бом-

ба разделялась на 4 части: две ядерных, из высокообогащенного урана и две неядерных, составлявших аэродинамическую оболочку. В мае 1981 г. в ЮАР состоялось открытие объекта Advena, расположенного в 20 км западнее Претории. Здесь в двух неприметных зданиях в глубине комплекса ARMSCOR планировалась сборка ядерных зарядов, включая импловивные, мощностью до 100 кТ, предназначенных в т. ч. для ракетных носителей. Окончательно Advena вошла в строй только в 1989 г. В тех случаях, когда покупка нужного оборудования за рубежом оказывалась невозможной, ЮАР-овские бомбоделы находили оригинальные технические решения или модифицировали те изделия, которые не попадали под экспорт-контроль.

По разным данным, ЮАР на свою военную программу потратила от 680 млн до 7 млрд рандов (\$500 млн–\$5,1 млрд). Считается, что к 1990 г. ЮАР обладала 8 бомбами, собранными на объекте Advena. Также было построено хранилище на 17 «спецзарядов» [3]. Этот арсенал ЮАР пыталась продемонстрировать один только раз, в марте 1988 г, когда в ходе битвы при городе Квито-Кванавале ЮАР-овские войска стали терпеть жестокое поражение от ангольцев и кубинцев. Одна из шахт на базе Ва-страп (**Примечание Главного редактора.** На марке, посвященной разведчику-нелегалу А. М. Козлову помещен указатель этой базы) была демонстративно подготовлена для ядерного испытания, а на аэродром прибыли бомбардировщики Canbetta переоборудованные под «спецбоеприпасы».

Однако к власти в ЮАР в сентябре 1989 г. пришел президент Фредерик де Клерк, затеявший демонтаж апартеида и решивший отказаться от ядерного оружия. Этому способствовало окончание войны на юге Африки и отвод 50-тысячной группировки кубинских войск от границ ЮАР. Кроме того, он хотел избавить страну от санкций и покончить с 15-летней международной изоляцией.

В июне 1990 г. началась разборка восьми «спецбоеприпасов» под присмотром наблюдателей МАГАТЭ, была уничтожена и техническая документация, которая помогла бы восстановить производство этого адского оружия. К сентябрю следующего года весь высокообогащённый уран был извлечён из боеприпасов и перевезён в Пелиндабу, где его довели до 3,25% концентрации для использования в виде топлива АЭС Koeberg, построенной в 1984 г.

В июле 1991 г. ЮАР подписала Договор о нераспространении ядерного оружия, а в марте 1993 г. президент де Клерк публично объявил, что ЮАР полностью уничтожила свой ядерный потенциал.

Это был первый и пока единственный случай, когда государство, сумевшее обрести атомную бомбу, от нее отказалось.



Литература

1. Атомный эксперт, 2017 № 5(56).
2. С. Херш. «The Samson option». Random House. 1991.
3. А. Дж. Венгер. «How South Africa built six atom bombs». Ashanti. 2008.

Лукашик В.

*Примечание Главного редактора.



Алексей Михайлович Козлов (1934–2015) — Герой России, полковник Службы внешней разведки. Его жизнь — пример жизни Защитника Отечества. Его участие в некоторых операциях рассекречено, описание можно найти в сети — лучшие любого детектива. Интервью с ним:
<https://zvezdaweekly.ru/news/20206301332-qE2Yj.html>

ЗАЩИЩАЯ ОТЕЧЕСТВО

23 февраля — День защитника Отечества

К празднику — несколько рассказов о поступках настоящих защитников Отечества. Эта заметка о том, какие нелегкие задачи стоят порой перед защитниками.

Спас 300 сослуживцев и эсминцев

В конце 2021 г. в Японском море проходили совместные учения ВМФ России и ВМС Китая. Читателям рекомендую познакомиться с тем, как эти учения освещались в японской прессе, например, в газете «Асахи». Видимо, среди японцев многие разделяют взгляды 200 тысяч своих предков, оккупировавших Дальний Восток России и покинувших захваченную территорию в 1924 г.

Но не об этом речь, среди российских кораблей в учениях принимал участие корвет «Герой Российской Федерации Алдар Цыденжапов».

Кто же такой Алдар Цыденжапов?



24 сентября 2010 г. в машинном отделении эсминца Тихоокеанского флота «Быстрый» произошел разлив топлива и его воспламенение. Алдар и его сослуживцы отключили энергоустановку корабля, перекрыли утечку топлива. Алдар девять секунд находился в центре пожара.

Этого было достаточно, чтобы предотвратить взрыв эсминца и гибель экипажа — около 300 человек. При тушении пожара пострадали пять моряков, которые были госпитализированы. От полученных ожогов скончался Алдар Цыденжапов.



Звание Героя Российской Федерации посмертно Алдару Баторовичу Цыденжапову было присвоено Указом Президента РФ 16 ноября 2010 г.

В 2015 г. на Амурском судостроительном заводе был заложен корвет «Герой Российской Федерации Алдар Цыденжапов».



Отец, сын и воинский долг

В июне 1942 г. катастрофическая ситуация сложилась в Севастополе. После того как один за другим погибли транспорты «Сванетия», «Абхазия», «Грузия», «Белосток», все снабжение окруженного Севастополя осуществляли боевые корабли, как более быстроходные и лучше вооруженные. В этот критический момент лидер «Ташкент» и эсминец «Безупречный» получили приказ немедленно, не дожидаясь темноты, доставить в Севастополь продовольствие, боеприпасы и пополнение.

Первым из Новороссийска в Севастополь вышел «Безупречный» — 26 июня 1942 г. На борту эсминца разместились 320 бойцов, шестнадцать медицинских сестер, 20 тонн боеприпасов и 15 тонн продовольствия. Около 18 часов 30 минут, когда «Безупречный» находился в 40 милях к югу от мыса Аю-Даг, на него налетела группа из двадцати бомбардировщиков «Ю-87» и «Ю-88». Маневрирование не помогло, и со второго захода две 250-килограммовые авиабомбы попали в эсминец, «Безупречный» потерял ход. С третьего захода еще три авиабомбы поразили неподвижный корабль. Корабль тонул, командир «Безупречного» Петр Максимович Буряк отдал приказ покинуть корабль. Летчики из пулеметов расстреливали людей. Тонущие с «Безупречного» отказались от помощи подошедшего лидера «Ташкент»: под бомбами погиб бы и лидер. (Представьте себе картину. Вы на борту лидера. А за бортом на волнах среди обломков корабля, пятен топлива сотни людей. Под пулеметным огнем. Из воды выныривает ваш друг с «Безупречного» и орет: «...! В Севастополь!» Бред, скажет читатель. При желании можно найти в сети ФИО тех, кто так кричал...) Да и приказ был «Ташкенту» — не останавливаться и следовать в Севастополь. Лидер «Ташкент» выполнил приказ — доставил боеприпасы, продовольствие, пополнение в погибающий Севастополь и вернулся в Новороссийск. Но об этом подвиге будет отдельный рассказ.

На следующий день подводные лодки М-112 и М-118 подобрали трех уцелевших моряков с «Безупречного». Погибло триста двадцать солдат, шестнадцать медицинских сестер, двести тридцать шесть моряков эсминца.

В числе погибших был сын командира корабля Володя, который служил на «Безупречном» юнгой, он погиб на глазах отца у зенитного автомата.

Перед походом жена П. М. Буряка просила оставить сына на берегу, просили сослуживцы и товарищи, но капитан третьего ранга командир «Безупречного» Петр Максимович Буряк отказался это сделать, так как считал, что отстранение сына перед опасным походом может негативно

отразиться на боеспособности экипажа и помешает успешному выполнению приказа.

Показеев К.В.

КРАСНОЕ ЗНАМЯ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РОССИИ

Знамя занимает особое место в военном церемониале. Боевое знамя воинского формирования — символ его воинской чести, достоинства и славы. Боевое знамя является знаком, объединяющим воинскую часть и указывающим на ее принадлежность к вооруженным силам государства.

Самую значимую часть XX века Россия прожила под красным флагом. Ответ на вопрос, почему он такого цвета, многим казался однозначным. Когда советских детей принимали в пионеры, им разъясняли: пионерский галстук — это частица Красного знамени, цвет которого символизирует кровь, пролитую в борьбе против угнетения, за свободу и счастье трудового народа.

Сейчас очень мало кто вспоминает, но именно чиновники, которые готовили реформу 1861 г., первыми получили прозвище красных. Задолго до того, как Красное знамя подняли в Сормове на первомайской демонстрации в 1902 г. Первым, кто назвал их «красными», был Александр Второй. Так он писал о Милютине Дмитрие Алексеевиче, военном министре в 1861–1881 гг., который возглавлял теоретическую реформаторскую группу: «Милютин давно имеет репутацию красного и вредного человека, за ним нужно понаблюдать» (*Шестопалов А. П.*, 2004). Написал так Александр II потому, что Милютину разработку реформы он поручил, но сам удивился от того, что граф Милютин там делает. Красного цвета было знамя Спартака, знамя восставших рабов, то есть самая бунтующая чернь поднимала красное знамя. Так как августейшие особы были все классически образованы, достаточно знали античность, то августейшие особы помнили, что знамя бунтующих рабов было красным. Помимо того, крестьяне в средние века регулярно поднимали красное знамя. Пираты прибрежные во Франции и Англии, которые в годы Столетней войны от разорения спасались, тоже поднимали красное полотнище (*Жуков К. А.*, 2017), а не принятый в общественном сознании, с легкой руки английского писателя Роберта Льюиса Стивенсона, черный флаг с известными атрибутами. Само его название «Веселый Роджер» происходит от французского *Joueux Rouge* (ярко-красный). И было это задолго до Французской революции. Опять же, для классического образования августейших особ это было вполне очевидно, и поэтому называли реформистскую группу — красные.



Символ власти

С древних времен красный цвет был символом власти и могущества. Когда же Юлий Цезарь первым надел пурпурную тогу, то она стала обязательным для римских императоров облачением. И не случайно: красные красители были исключительно дорогими. То же было и во «Втором Риме» — в Византии. Так, сыновья императора, рожденные в период его правления, имели приставку к имени Багрянородный, в отличие от его же сыновей, родившихся до вступления самого кесаря на престол. Византийский император Константин VII Багрянородный стал крестным отцом княгини Ольги во время ее крещения в Константинополе в 955 г. Сохранялась эта традиция и позже, на протяжении веков красный цвет по-прежнему являлся прерогативой монархов и высшей знати. На парадных портретах августейших особ предстают если не в красном облачении, то обязательно на красном фоне. Красный сургуч всегда использовался только для монарших печатей, употребление подобной печати частными лицами было строжайше запрещено. На Руси красный цвет также считался цветом царской власти, государева печать ставилась только на красном сургуче. Соборное уложение 1649 г. царя Алексея Михайловича впервые вводило понятие «государственное преступление». И один из первых его видов — использование кем-либо, помимо царя и его приказных, красного оттиска. За это полагался только один вид казни — четвертование.

Французское наследие

Переворот во всех прежних порядках и обычаях принесла Великая Французская революция конца XVIII в. С первых ее дней, когда толпы городского рабочего люда собирались на бурные сходки у королевского дворца, кто-то придумал размахивать куском красной материи над головой. Дерзкий жест был с удовольствием подхвачен: это был знак бунта, неподчинения королю. Митингующие говорили ему: «Ну вот твой красный цвет... И что ты с нами можешь сделать?» Кроме того, у простолюдинов появилась мода на красные — «фригийские» — колпаки, подобные тем, что в Древнем Риме носили отпущенные на волю рабы. Так люди хотели показать: теперь мы свободны.

Самая радикальная группировка, якобинцы, во главе с Робеспьером, сделала красный флаг своим «фирменным знаком». Они собирали под ним обитателей парижских трущоб, натравливая их на своих политических противников. Однако, когда якобинцы сами захватили власть, они отказались от отдельного «ультрареволюционного» флага и приняли уже существовавший сине-бело-красный триколор.

Именно со времен Французской революции красный флаг стал символом недозволенного властями действия, борьбы против существующих порядков.

Так или иначе, сами французы вспомнили о «бунташном» кумаче только через полвека, в 1848 г., когда в стране вспыхнула очередная революция. К власти пришла промышленная буржуазия, но парижская «улица», прежде всего вооруженные рабочие, настойчиво пыталась диктовать свои требования — обеспечить право на труд, ликвидировать безработицу и т. д. И еще одно: изменить национальный флаг: вместо трехцветного — красный. Практически все было выполнено, но, когда дело дошло до, казалось бы, самого незначительного — флага, власти уперлись. И только после бурных дебатов, под мощным давлением восставших удалось договориться: старое знамя оставалось, но на синюю полосу пришивался красный кружок — розетка. Рабочие считали это своей большой победой, буржуазия же — знаком опасности, эмблемой социализма, смириться с которой она не могла. Революция вскоре была подавлена, а розетка ликвидирована. Но с этого времени красный цвет стал не просто символом бунта, а социальной революции. Именно поэтому в марте 1871 г. Парижская Коммуна уже безоговорочно сделала красное знамя своим официальным символом на 72 дня.

Под знаменем революции

Однако подлинное признание алое полотнище обрело в России, хотя принято оно было довольно поздно — российские бунтари никогда не использовали красных флагов. Ведь ни одно народное выступление не было формально направлено против царя — массы людей никогда не поднялись бы против «помазанника Божьего». Поэтому каждый вожак объявлял себя либо «чудом спасшимся» царем или царевичем, либо «большим воеводой», которого послал сам государь, чтобы покарать притеснителей народа. И лишь в начале XX в., после дискредитации царской власти в результате Кровавого воскресенья 9 января 1905 г., в стране начались «красные бунты».

Красный флаг подняли матросы, восставшие в июне 1905 г. на броненосце «Князь Потемкин-Таврический» (за это монархическая пресса сразу же окрестила их «пиратами»).

Красными стягами и транспарантами оказались расцвечены многочисленные митинги, колонны демонстрантов во время начавшейся первой русской революции. В этом был заложен двойной смысл: они символизировали кровь невинных жертв, пролитую царскими карателями 9 января, и — вызов официальной власти со стороны тех, кто поднялся на борьбу за социальную справедливость.



Во время декабрьского вооруженного восстания в Москве, которое считается высшей точкой этой революции, практически на всех баррикадах развевались красные стяги. И Пресню стали называть Красной — еще до кровавого разгрома рабочих дружин правительственными войсками.

С первых дней Февральской революции 1917 г. Петроград стал «красным» — транспаранты, банты, повязки, флаги. Понять события февраля 1917 г. можно только в том случае, если учитывать, что внутри этого периода было три процесса. Первая попытка тихой буржуазной революции крупного капитала, очень похожей на государственный переворот, которая предпринималась группой либеральных политиков (*Яковлев Е. Н.*, 2016) во главе с Гучковым, Милюковым и близких к ним промышленников (к этому заговору отчасти примыкал армейский генералитет и союзники по Антанте). Вторая революция — предпринималась социал-демократами, во главе с А. Ф. Керенским, которая пыталась создать в России буржуазную республику и контролировать массы, но при сохранении тактического союза с буржуазными партиями, с кадетами и октябристами. И третья революция, без которой нельзя понять принимаемые представителями власти решения — это очень близкое к анархическому движение солдатских и рабочих масс в Петрограде, которые не подчинялись, или в большей степени не подчинялись, представителям ни из одного, ни из другого политического лагеря (*Яковлев Е. Н.*, 2016). Что же привело к данному анархическому движению? История Февраля не может быть понята вне финансового кризиса, в котором находилась в тот момент Российская империя. К февралю 1917 г. военные расходы России составили порядка 30 миллиардов рублей. Из этих 30 миллиардов, порядка 6,3 миллиарда были заняты у союзников. Главным кредитором Российской империи была Великобритания (*Яковлев Е. Н.*, 2016), которая давала кредиты неохотно и не на самых дружеских условиях. Самый крупный кредит, сделанный в сентябре 1915 г., имел ставку на один процент выше, чем у других заемщиков Англии. Кроме того, по этому кредиту Англия выторговала себе право контролировать все военные заказы, которые будут оплачены этими деньгами. В результате этих действий Россия утратила часть своего суверенитета. Это имело серьезные последствия, поскольку англичане передавали эти заказы США, не допуская русских представителей к финансовой отчетности, что осложнило отношения с англичанами. Помимо внешнего долга, занятого во время войны, у России был еще внешний долг, занятый до первой мировой войны. Тогда главным кредитором России была Франция (*Яковлев Е. Н.*, 2016). Совокупный долг к 1917 г. составил более 11 миллиардов рублей, был самым крупным внешним долгом среди держав Антанты. Царскому правительству удалось привлечь для покрытия военных нужд внутренний займ

от населения, он составил 7,5 миллиардов рублей, что было очень мало, всего 25% от военных расходов. Это свидетельствует о бедности населения, а также о его нежелании давать государству в долг. Остальные средства государству пришлось добирать, включив печатный станок, и печатать ничем не обеспеченные деньги. Это привело к увеличению денежной массы и галопирующей инфляции (Яковлев Е. Н., 2016), т. е. цены повышались быстро, недовольство городского и сельского населения становилось критическим. Акцентировать внимание стоит на том факте, что никаких большевиков ещё нет на широкой политической арене в феврале 1917 г. Точнее некоторые большевики есть, есть Шляпников, есть Вячеслав Молотов, которые тоже принимают участие в данных событиях, но отнюдь не на первых ролях. Процессами они не руководят, они их подталкивают (Яковлев Е. Н., 2016). Но красные полотнища уже есть в среде, близкой к анархическому движению солдатских и рабочих масс в Петрограде.

Уже в первые дни Февральской революции стало понятно, что бывшие депутаты Государственной Думы либерального толка абсолютно не могут найти общего языка с массами, никак ими не управляют. Второй группировке — социал-демократической — во главе с Керенским и Чхеидзе, это более или менее удавалось, их хотя бы слушали, но даже они подчинялись власти анархического движения массы солдат и рабочих, а не наоборот. Когда Василий Витальевич Шульгин вернулся из Пскова в Петроград, он пожелал на митинге объявить восставшим рабочим о том, что Николай II отрёкся в пользу великого князя Михаила. Его не стали слушать, потому что рабочие не хотели нового царя. То же самое произошло и с профессором истории Павлом Николаевичем Милюковым, который хорошим русским языком, в высокопарных выражениях начал рассказывать рабочим и солдатам о том, что теперь в стране будет другой царь, а война будет продолжаться до победного конца. Милюкова тоже очень быстро заставили умолкнуть (Яковлев Е. Н., 2016). И это свидетельствовало о том, что что-то пошло не так. Важное примечание: основная масса народа в Петрограде в этот момент не хотела ни нового царя, ни продолжения войны, которая длилась уже три года и оттянула на себя все ресурсы для покрытия военных нужд, Россия стала державой - должником перед США и Англией, отчего потребности собственного населения государство перестало учитывать вовсе. И свидетельством этого являются такие, например, факты: даже верный гвардейский экипаж, на который упал Николай II, расположившись в Александровском дворце, где жила императрица и царская семья, и вокруг самого дворца, получив приказы защищать этот оплот монархии до последнего, через некоторое время перешёл на сторону революции (Яковлев Е. Н., 2016). Даже фрон-



дерствующий великий князь Кирилл Владимирович демонстративно явился в Государственную думу с красной розеткой в петлице (*Сагомонян А.*, 2016).

Произошло это так: солдаты вызвали офицеров и сказали, что они хотят сняться с обороны дворца. К гвардейскому экипажу вышел его шеф — великий князь Кирилл Владимирович, и возглавив этот экипаж, отправился к Таврическому дворцу, ещё и нацепив на себя красный бант. Явившись к Таврическому дворцу, где заседал Временный комитет Государственной Думы, (в другом крыле уже сидел Петроградский совет), он начал раздавать интервью журналистам, говоря о том, как он приветствует свободу, радуется, что Россия сбросила узы самодержавия и он, великий князь Кирилл Владимирович, будет со своим народом. Впоследствии великому князю очень часто это вспоминали. Правомонархические круги воспринимали это как предательство (*Яковлев Е. Н.*, 2016).

Но не только великий князь Кирилл Владимирович отличился в тот период, например, боялся за свою жизнь и тот, кому Николай II передал престол, а именно, его брат Михаил. Он укрылся у своих друзей на квартире на Миллионной улице, куда к нему на следующий день явились депутаты Государственной Думы, обсуждать создавшееся положение. Бунт, который поднялся в столице, был страшный, этого точно никто не предполагал. И поэтому Михаил задал депутатам прямой вопрос, смогут ли они обеспечить его безопасность? Что на это могли ответить депутаты Государственной Думы... Они не могли обеспечить Михаилу никакой безопасности... Они свою не могли обеспечить. Народ восстал. Для того чтобы людей утихомирить нужны войска (*Яковлев Е. Н.*, 2016), которые будут выступать на стороне думцев и князя Михаила, то есть подавить это можно было только силой. Поскольку войск таких верных, которые могли бы силой подавить восстание или бунт, не было в Петрограде, было решено предпринять другие меры. Одной из попыток с их стороны по смягчению уровня социального напряжения — был выпущен значок с государственным гербом, на котором двуглавый орел держал в лапах красные флажки (*Сагомонян А.*, 2016).

В Петрограде была настоящая анархичная демократия. Ничего было не помянуть.

Из участников Февральской революции 1917 г. — Милюков, Гучков, Родзянко — лишь Керенский наиболее успешно общался с массами. Он был трудовиком довольно известным в рабоче-солдатской массе, умел с ними разговаривать на их языке и даже несмотря на катастрофический развал армии, он ездил по фронтам и уговаривал эти разложившиеся войска идти в бой. Поэтому Керенский, который хоть как-то умел успокаивать восставший народ, был хозяином положения. Либералы

больше всего боялись масс, но и боялись Керенского, потому что он был влиятелен в массах и мог направить массы на них.

Керенский убеждает Михаила Александровича не принимать трон и тогда рождается отречение Михаила, а если быть точнее, Михаил соглашается принять трон в том случае, если его изберёт Учредительное собрание. Оценка этого поступка Михаила дана уже отречшимся Николаем II, который говорил, что «это очень недальновидный шаг, не знаю, кто надоумил Мишу сделать это» (Дневник Николая II).

Кроме того, в Петрограде очень серьёзно ухудшалось положение из-за противоборства рабочих и фабрикантов. И если, скажем, интеллигенция боролась за политические права, рабочие — в первую очередь за экономические: их интересовали такие вещи, как восьмичасовой рабочий день, повышение заработной платы и также сильно их волновала земельная реформа, потому что большинство из них было вчерашними крестьянами.

Неожиданно обнаружилось, что существует Временное правительство и всё идёт к республике, но рабочий день укорачивать никто не хочет, зарплату повышать тоже никто не хочет, о земельной реформе обещают поговорить как-нибудь попозже, когда закончится война.

Массам было искренне непонятно, в чём тогда революция? Поэтому началось очень серьёзное противоборство, продолжились забастовки, более того, рабочие начали вести себя таким же образом, каким повели себя солдаты — они стремились брать предприятия под рабочий контроль. И начались случаи, когда, например, администрация завода не могла покинуть его, потому что она не предоставляла по требованию рабочих финансовую отчётность по их зарплатам. Но главное противоречие, которое разделило в Петрограде либеральную сторону и рабочие и солдатские массы — это отношение к войне. Риторика о взятии Константинополя, аннексии Босфора и Дарданелл, выполнении союзнического долга и о прочих вещах рабочих и солдат Петрограда крайне раздражали (*Яковлев Е. Н.*, 2016).

В Петрограде массы подчинялись только Петроградскому совету рабочих и солдатских депутатов. Очередное заявление о продолжении войны спровоцировало первый, апрельский кризис Временного правительства. Солдаты, матросы и рабочие вновь вышли на улицы под красными стягами. Вот именно тогда генерал Корнилов первый раз попытался подавить эти выступления, у него ничего не получилось, и он ушёл в отставку. Но в отставку ушёл не только он, собственно, этим кризисом закончилась карьера Гучкова, как военного министра, и Милокова, как министра иностранных дел — 11 апреля со своего поста ушёл Гучков,



16 апреля — Миллюков. Больше никогда в своей жизни они не занимали никаких государственных постов.

Но в апреле в Петрограде уже присутствовал Ленин, у которого было своё видение ситуации. И подготовленные апрельские тезисы, которые он озвучил.

В напряженной ситуации Временное правительство не отвечало требованиям революционных масс, кризис усугублялся. Керенский выбрал не совсем верное направление, скажем так, вступая в соглашения с Англией, Францией о продолжении участия России в войне. Поведение англичан все это время было достаточно двусмысленным, потому как немцы развивали свой успех, они взяли Ригу, решили нанести удар еще и на Балтийском море, захватив острова Моонзундского архипелага. Им это удалось, поэтому вопрос о взятии Петрограда встал на повестку дня. Многих современников поразило в самом неприятном смысле поведение англичан во время Моонзундской операции. Англия — это морская держава, и не без оснований русские политики во главе с Керенским надеялись, что Англия своим флотом поддержит оборону Моонзунда, но ничего подобного не произошло. Даже кадетская газета «Речь», которая в целом отстаивает идею продолжения войны до победного конца, публикует информацию, что происходят переговоры между странами Антанты, на которых имеется в виду расчленив Россию, отторгнув от нее громадную территорию. Но державы Антанты переходят и к более практичным решениям, чем просто переговоры, по поводу России. В первую очередь это происходит на встрече в США, куда в апреле 1917 г. приехали министры иностранных дел Британии — Бальфур и Франции — Вивиани. На этом совещании 14 мая 1917 г. принято решение разделить Россию на сферы взаимопомощи между Англией и США: Англия берет себе русский север — Мурманск, Архангельск, а США контроль над Транссибирской магистралью и Владивостоком. Последствием этих переговоров становится прибытие ряда миссий в Россию, замаскированных под миссии Красного Креста. В Петроград приезжает Сомерсет Моэм — бывший резидент британской разведки в Швейцарии и известный писатель в одном лице. Ему была поставлена задача дать реальную картину происходящего и разработать программу недопущения большевиков к власти. Потому что главная проблема для англичан — это, конечно, намерения большевиков объявить демократический мир, что ставило англичан в неприятное положение — воевать против Германии своими британскими солдатами, без русских солдат. Сомерсет Моэм проникает на прием к Керенскому, знакомится с ним и выносит крайне негативное впечатление от этого общения. По оценке Моэма, Керенский абсолютно деморализован, не имеет никакой реальной власти и не имеет энергии, чтобы ее сохра-

нить. Единственное, о чем говорит Керенский — что он долго держаться не сможет, что ему нужна помощь Великобритании. Представители из Великобритании ответили, что ничем не могут помочь.

Но для того, чтобы выбрать верное направление для восстановления государственного организма, нужно было быть В. И. Лениным. Поэтому вскоре вышли на широкую политическую арену большевики. Декрет о мире, Декрет о земле, Декрет о власти, Декрет о 8-часовом рабочем дне, принятые сразу же при взятии власти, отвечали запросам населения. В зале Смольного института выступление по самому жгучему и больному вопросу о будущем мире было встречено ликованием и громкими аплодисментами (РГАСПИ. Стенограмма, 1917). Большевики сразу же стали создавать вооруженные отряды Красной гвардии — в основном из рабочих, а также солдат и матросов для установления городского порядка. Их бойцы имели красную нарукавную повязку с надписью «красная гвардия» и красную ленту на головных уборах. Именно красногвардейцы и составили основную ударную силу Октябрьского вооруженного восстания. Еще одной мощной силой, которая приняла активное участие, были революционные матросы. Они считали себя наследниками «потемкинцев» и выступали под красными знаменами. В январе 1918 г. СНК принял Декрет о создании Рабоче-крестьянской Красной Армии (РККА) на добровольных началах и Декрет о создании Рабоче-крестьянского Красного Флота (РККФ). В связи с нарушением заключенного с Германией перемирия и переходом ее войск в наступление 22 февраля 1918 г. правительство обратилось к народу с декретом воззванием «Социалистическое отечество в опасности!». На следующий день началась массовая запись добровольцев в Красную армию и формирование многих ее частей. Добровольно вступают не только солдаты, не только рабочие, бывшие красногвардейцы, но и офицеры. Один из них — это Иракий Пехлеванов (этнический болгарин), полковник Генштаба, который очень хорошо себя показал в боях под Псковом. Вторым человеком, который сыграл значительную роль в обороне Петрограда 1918 г. от немцев, был генерал Дмитрий Павлович Парский. Подробная статья доктора исторических наук Андрея Ганина, насыщенная архивными материалами о нем. Именно с Парским связался Бонч-Бруевич, пытаясь найти человека для обороны Нарвского оборонительного участка. Парский занял пост руководителя Нарвского рубежа, где встретился с П. Е. Дыбенко, который с отрядом примерно 1000 революционных матросов и 800 петроградских красногвардейцев выехал на место боевых действий. Дыбенко получил приказ, очевидно, мало выполнимый — овладеть Ревелем (ныне Таллинн), который был уже взят немцами. Общая группировка немцев, находившихся там, составляла 9000 солдат (Яковлев Е. Н., 2017). Революционная армия



могла им противопоставить — только отвагу, только физическую силу. Собственно, армия это и противопоставила немцам. Первые несколько дней матросы ведут уверенные бои, в том числе и рукопашные, заставляя немцев понять, что здесь присутствует армия. Параллельно Парский в городе Ямбург пытается организовать системную оборону Ямбура и Нарвы, рассчитывая на матросов Дыбенко, русских рабочих, латышские части и эстонские отряды. Самыми боеспособными были латышские, потому что они, во-первых, сохраняли выучку, это ветераны первой мировой войны, имеют большой боевой опыт, во-вторых, дисциплина (Яковлев Е. Н., 2017). Превосходящие силы немцев теснят матросов, попытка матросов контратаковать не получилась, они несут высокие потери, Дыбенко принимает решение оставить Нарву. Парский, узнав, что Нарва сдана, начал планировать контрудар. В это время заключается Брестский мир. Тем не менее, надо сказать, что Парскому удалось организовать оборону, насколько это было возможно, показать немцам, что их наступление не будет легкой прогулкой, что им здесь будет оказано ожесточенное сопротивление, армия на самом деле у Советской России существует (Яковлев Е. Н., 2017). В результате оказанного красноармейскими отрядами решительного сопротивления германским войскам под Псковом и Нарвой в феврале 1918 г., в честь этих событий 23 февраля ежегодно стал отмечаться праздник — День Красной (Советской) Армии и Военно-Морского Флота, позднее День защитника Отечества.

Для пришедших к власти большевиков во главе с Лениным не было никаких сомнений по поводу цвета нового знамени Советской России: только красный — символ Революции. Отсюда Красная Армия, красная звезда, орден Красного Знамени.

Согласно декрету ВЦИК от 8 апреля 1918 г., красный флаг Советской республики утверждался как государственный и как боевое знамя ее Вооруженных сил. Однако по размерам, форме, лозунгам на полотнищах он не имел единого образца. Надписи брались в основном из призывов большевистской партии: «За власть Советов!», «Мир хижинам — война дворянам!» и др.

Конституция СССР 1924 г. утвердила государственный флаг страны, который представлял собой красное полотнище с изображением серпа и молота и пятиконечной звезды «как символ нерушимого союза рабочих и крестьян в борьбе за построение коммунистического общества». Красным было Знамя Победы, водруженное советскими воинами над рейхстагом в 1945 г.

Красное знамя в Великую Отечественную войну

В 1936–1938 гг. были учреждены новые образцы Почетного революционного Красного знамени и Почетного революционного Военно-морского флага, которыми награждались части, доказавшие выдающуюся храбрость в боях с врагами социалистического отечества или показавшие высокие успехи в боевой подготовке в мирное время (ГАРФ. Ф. 3316. Оп. 13. Д. 4. ЛЛ. 24–27.; Д.6 ЛЛ. 150–151; Оп.25. Д. 13. Л.208). Награждение Почетными знаменами оказывают большое влияние на состояние воинской дисциплины, сплоченность и организованность воинских коллективов, их мобилизацию на выполнение боевых и учебных задач, способствуют формированию лучших морально-боевых качеств, стимулируют самоотверженное выполнение воинского долга.

Вторая мировая война стала самой страшной в глобальной истории человечества. Основную роль в разгроме фашизма сыграл Советский Союз: для советского народа эта война стала Великой Отечественной. В 1941 г. появился мощный стимул для совершенствования боевого мастерства, сплочения воинов, их мобилизации на самоотверженную борьбу с врагом — гвардейское звание для отличившихся воинских частей. Первые гвардейские части появились летом 1941 г. На красном полотнище Гвардейского знамени с лицевой стороны был портрет В. И. Ленина и лозунг «За нашу Советскую Родину». С обратной стороны, в верхнем левом углу — пятиконечная звезда. Посередине — название той части, которой принадлежало знамя. При формировании Гвардейское наименование присваивали частям реактивной артиллерии, чтобы подчеркнуть большое значение нового для того времени средства поражения. Но датой рождения советской гвардии принято считать день, когда это наименование было впервые присвоено за боевые заслуги. 18 сентября 1941 г. 100, 127, 153 и 161-я стрелковые дивизии были переименованы приказом наркома обороны СССР №308 в 1, 2, 3 и 4-ю гвардейские соответственно. Второй пункт приказа предписывал вручить указанным дивизиям особые Гвардейские знамена (РГВА. Ф.4. Оп. 12. Д. 99. ЛЛ. 110–112). Заслужить Гвардейское знамя было невероятно трудно; для этого следовало показать мужество, дисциплину и организованность в бою. Например, 2-й кавалерийский корпус генерала П. А. Белова был преобразован в 1-й Гвардейский корпус в боях под Каширой в период Битвы за Москву 26 ноября 1941 г. (ЦАМО. Ф. 3465. Оп. 0000001. Д. 0871. Л. 321; *Белов П. А.* «За нами Москва»). Торжественное вручение знамени запечатлено на кадрах кинохроники в фильме «Разгром немецких войск под Москвой» — это был первый советский фильм, получивший в 1943 г. американскую премию «Оскар» в категории «Лучший документальный фильм» (в этом году в отечественный кинопрокат выходит художественный фильм, посвя-



щенный событиям, связанным с историей создания данного документального фильма).

К гвардейским соединениям предъявлялись высокие требования, что можно проследить на примере 62-й армии, 16 апреля 1943 г. преобразованной в 8-ю гвардейскую армию за мужество и героизм, проявленные в ходе оборонительных действий в Сталинграде. В период с июля 1942 г. по январь 1943 г. части дивизии непрерывно находились в боях. Только за несколько дней октября 1942 г. было отбито 80 атак пехоты и танков фашистов. Подбит 41 танк, подавлен огонь 13 минометных батарей, разбито 17 пулеметов (*Ступов А.Д., Кокунов В.Л.* 62-я армия в боях за Сталинград. С. 67. Изд. М.: 169 с.) Командующий армией В. И. Чуйков вспоминал: «В мае все дивизии, входившие в состав армии, получили правительственные награды: гвардейские знамена и ордена». (*Чуйков В. И.* «Гвардейцы Сталинграда идут на запад». М.: Сов. Россия, 1972. 256 с.)

За событиями на восточном фронте внимательно следили во всей Европе. После победы в Сталинградской битве появилась надежда на освобождение Европы от фашизма, а несколько отрядов Сопротивления во Франции даже взяли имя Сталинград. Знамя одного из таких отрядов хранится в Музее современной истории России. Оно принадлежит 2-му батальону макизар гг. Спезе и Пенарпон. Также примером того, как оценивалась победа под Сталинградом, может служить флаг с государственной символикой СССР, который англичанка Эдит Паркер вывесила из окна своего дома после победы советских войск под Сталинградом, в знак того, что Красной Армии и союзникам удастся побороть нацизм (*Корягин В.*, 2015).

В декабре 1942 г. был утвержден новый образец боевого знамени для воинских частей Красной Армии. На его лицевой стороне изображались серп и молот и был помещен лозунг: «За нашу Советскую Родину». На обратной стороне, по центру, располагалась пятиконечная звезда и название соответствующей части. Боевое знамя — символ чести, многие солдаты и офицеры проявляли мужество и героизм при спасении знамени. История войны сохранила уникальные случаи спасения знамен и сплочения частей вокруг них. Летом 1941 г. части 24 стрелковой дивизии оказались в окружении, пробиваясь с боями к линии фронта, Почетное революционное Красное знамя дивизии выносил старший политрук А. В. Барбашев, который погиб в бою. После боя колхозник Д. Н. Тяпин разыскал убитых, спрятал знамя и после освобождения от немцев Белоруссии передал его командованию Красной армии. Знамя было возвращено соединению, а Д. Н. Тяпин навечно зачислен в списки одного из полков дивизии (РГВА. Ф. 4. Оп. 11. Д. 77. Л. 210). Примеров таких поступков было много в годы войны. 19 сентября 1941 г. киевлянин Костя

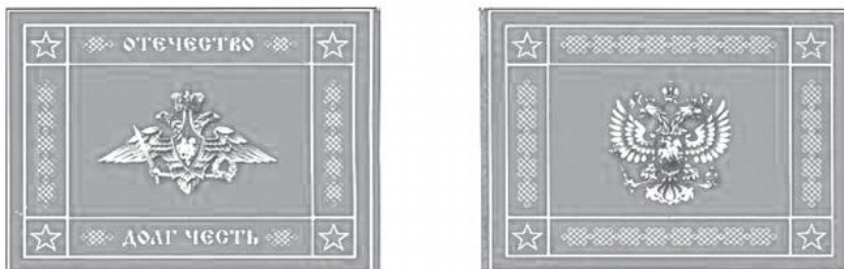
Кравчук, которому было 10 лет, принял от раненых красноармейцев знамена 968 и 970 стрелковых полков, сохранил их в период фашистской оккупации и после освобождения передал командованию Красной Армии. Указом Президиума Верховного Совета СССР Костя Кравцов был награжден орденом Красного знамени (РГВА. Ф. 4. Оп. 11. Д. 78. Л. 477–478).

5 февраля 1944 г. Гвардейские и Красные знамена войсковых частей и соединений Военно-морского флота были учреждены указом Президиума Верховного Совета СССР. Знамена ВМФ отличались от знамен РККА тем, что на полотнище красную звезду заменяло изображение Военно-морского флага (Гвардейского Военно-морского флага для Гвардейского Красного знамени).

Учреждение новых знамен происходило в комплексе с общими усилиями руководства страны и командования по совершенствованию наградной системы. Знамена РККА и ВМФ учреждались и совершенствовались параллельно, но имели целый ряд общих черт — красный цвет полотнища, изображения портрета В. И. Ленина на главной стороне, общие лозунги.

Эта символика оставалась вплоть до распада СССР в 1991 г. В преддверии распада Советского Союза, когда в прессе начался вал разоблачений всего и вся, стали все чаще повторяться и призывы отказаться от красного флага. 22 августа 1991 г. чрезвычайная сессия Верховного Совета РСФСР постановила считать официальным флагом Российской Федерации бело-сине-красный. Постановление было утверждено 1 ноября V съездом народных депутатов. Отменялись красные знамена и в Вооруженных силах, они изымались у всех частей и заменялись на трехцветные. Однако далеко не все в стране приняли такие перемены, особенно в армии. Не собирались отказываться от красных флагов левые политические силы.

29 декабря 2000 г. президент РФ утвердил закон о знамени Вооруженных сил Российской Федерации (в СССР такого, единого, знамени не было). Главное военное знамя России несло символический — объединяющий — смысл, включая геральдические элементы из разных эпох российской истории: красный цвет, пятиконечные звезды и двуглавого орла.



*Две стороны законодательно утвержденного знамени Вооруженных сил РФ.
Рисунок с официального сайта Министерства обороны РФ*

Тогда же воинским частям были возвращены их овеянные славой Красные знамена.

Литература

1. Государственный архив Российской Федерации. Постановления Совета народных комиссаров. ГАРФ. Ф. 3316.
2. Российский государственный военный архив. Приказы народного комиссара обороны. Ф. 4. — Российский государственный архив социально-политической истории. Стенограммы заседаний 1917–1918 гг.
3. Центральный архив Министерства Обороны РФ. Директивы и указания № 330. 26.11.1941.
4. Жуков К. А. Рождение буржуазной революции // 2017. Электронный ресурс — [<https://oper.ru/video/view.php?t=2361>] — доступ свободный (14.01.2022)
5. Корягин В. За каждым знаменем — судьбы тысяч людей. С какими знаменами Красная армия прошла Великую Отечественную войну // Электронный ресурс — [https://www.gazeta.ru/science/2015/05/09_a_6670169.shtml] — доступ свободный (14.01.2022)
6. Сагомонян А. Более века под красным знаменем // Военное обозрение. 2016.
7. Шестопалов А. П. Николай Алексеевич Милютин // Вопросы истории. 2004. № 12. С. 57-68
8. Яковлев Е. Н. Про последствия Февральской революции // 2016. Электронный ресурс — [<https://oper.ru/video/view.php?t=1723>] — доступ свободный (14.01.2022)
9. Яковлев Е. Н. Про «бегство» Павла Дыбенко // 2017. Электронный ресурс — [<https://oper.ru/video/view.php?t=2417>] — доступ свободный (23.01.2022)

*Титова М. А., мнс, Институт земного магнетизма,
ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова,
выпускница физического факультета 2012 г.*

СОВЕТСКИЙ ФИЗИК

3(155)/2022
(апрель–май)



ОРГАН УЧЕНОГО СОВЕТА, ДЕКАНАТА
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ

2022



ПОЗДРАВЛЕНИЕ ПРОФЕССОРА Н.Н. СЫСОЕВА, ДЕКАНА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ, С ДНЕМ ПОБЕДЫ

*Дорогие ветераны, труженики тыла, преподаватели, сотрудники,
студенты и аспиранты!*

От всей души поздравляю вас с величайшим для нашей Родины праздником — Днем Победы!

77 лет назад, 9 мая 1945 года, в предместье Берлина был подписан акт о полной капитуляции фашистской Германии.

Проходят годы, сменяются поколения, все дальше и дальше мы от того памятного дня, но тем яснее мы осознаем его историческое значение. Советские люди не только освободили Европу от фашизма, восстановили разоренную страну, превратив ее в великую державу, но своим подвигом они каждый день учат нас любить свою Отчизну, гордиться ей, не отступать перед трудностями.

Желаю молодежи бережно относиться ко всему, что связано с Великой Отечественной войной, помнить, какой ценой далась эта Победа, сохранять правду о мужестве и самоотверженности советских людей, не позволять переписывать страницы истории и стремиться быть достойными наших ветеранов!

Сегодня мы чтим память 27 миллионов, погибших в чудовищной войне на уничтожение, мы возложим цветы у мемориалов и обелисков, встанем в ряды «Бессмертного полка» и обязательно передадим эту традицию детям и внукам, ведь пока жива священная память, наша Родина останется великой и непобедимой!

Всем желаю счастья, здоровья, благополучия и добра!
С праздником!



*Декан физического факультета МГУ
профессор Н.Н. СЫСОЕВ*

К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ГЕРОЯ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ ПРОФЕССОРА АЛЕКСЕЯ НИКОЛАЕВИЧА МАТВЕЕВА



*А. Н. Матвеев
перед призывом в ряды
РККА*

Алексей Николаевич Матвеев родился 22 марта 1922 г. в Москве в рабочей семье. В 1940 г. он с отличием окончил московскую среднюю школу № 325. Как и многие молодые люди того времени, старшеклассник Алексей Матвеев мечтал о небе. Поэтому в 1939 г., начав обучение в выпускном 10-м классе, он подал заявление на зачисление в Подольский аэроклуб и за год прошел там первичную авиационную подготовку. В августе 1940 г. был призван в ряды РККА. Его направили в Олсуфьевскую высшую авиашколу, там он продолжил совершенствовать свои летные навыки. Через несколько месяцев Олсуфьевская авиашкола была слита с Балашовской военной авиационной школой пилотов, которую А. Н. Матвеев окончил летом 1941 г. Его сразу же направили для дальнейшей подготовки в Красно-

дарское авиаучилище — из-за начала войны оно было эвакуировано в город Агdam в Закавказье. Во второй половине 1942 г. лейтенант А. Н. Матвеев был направлен в качестве летчика в 818-й ночной дальнебомбардировочный авиаполк. Вскоре пилотов его эскадрильи переучили для полетов на пикирующих бомбардировщиках и перевели в состав 804-го бомбардировочного авиационного полка, который действовал в составе 293-й бомбардировочной авиационной дивизии. Свой боевой путь Алексей Николаевич начал на Закавказском фронте, затем воевал на Воронежском, Степном, 2-ом и 1-ом Украинских фронтах, участвовал в освобождении от немецко-фашистских захватчиков Советской Украины и Польши.

А. Н. Матвеев бил врага на пикирующем бомбардировщике Пе-2, который мог нести боевую нагрузку до 1000 кг (10 бомб по 100 кг, 4 бомбы по 250 кг или 2 бомбы по 500 кг). Свои первые боевые подвиги он совершил в августе 1943 года во время Курской битвы. В наградном листе, подписанном 27.08.1943 г. командиром полка Даниловым, говорится, что молодой командир звена лейтенант Матвеев проявил доблесть и мужество. Цитируем этот документ.



Пикирующий бомбардировщик Пе-2 в бою

«Участвуя в боях с немецкими захватчиками на Белгородском и Харьковском направлениях Степного фронта, тов. Матвеев совершил 25 успешных боевых вылетов. В период напряженных боев наших наземных войск за овладение гор. Белгород и Харьков совершал по 3 боевых вылета в день. За отличное бомбометание и содействие наземным войскам в продвижении в районе Терновка 3.8.43 г. экипажу объявлена благодарность командующего фронтом. 4.8.43 года за отличное бомбометание в районе Шонино объявлена благодарность генерал-лейтенантом Шумиловым за меткое бомбометание по отходящим войскам противника западнее Харькова. 20.8.43 года объявлена благодарность авиационного командования. Молодые летчики звена тов. Матвеева без единой потери за короткий срок боевой работы на Степном фронте совершили 70 успешных боевых вылетов». За мужество, проявленное в боях с германскими захватчиками, за содействие наземным войскам в освобождении городов Белгород и Харьков командир авиационного звена лейтенант А. Н. Матвеев 30 августа 1943 г. приказом командующего 5-й воздушной армией был награжден орденом Красного Знамени.

К январю 1944 г. А. Н. Матвеев совершил уже 71 боевой вылет и был представлен к очередной награде за участие в боях за Советскую Украину в составе 2-го Украинского фронта. В наградном листе, подписанном 20 января 1944 г. командиром полка А. М. Семеновым, указано следующее: *«Героическая работа товарища Матвеева на Черкасском направлении отмечена Командующим 52 Армией и Зам. Командующего 5 Воздушной Армией. 4.12.43 г. в свободном полете "охотника", в слож-*

ных метеоусловиях обнаружил бронепоезд и разрушил железнодорожное полотно впереди его. 5.12.43 г. в сложных метеоусловиях при сильно низкой облачности отыскал бронепоезд, сделал на него до 6-ти заходов и двумя прямыми попаданиями поразил вражеский бронепоезд. 13.12.43 г. при полете парой взорвал склад боеприпасов на станции Белозерье. Пожар в результате взрывов продолжался свыше 5-ти часов». За самоотверженную боевую работу, за совершение 45 успешных боевых вылетов после получения первой Правительственной награды, проявленные при этом доблесть, мужество и отвагу командиру предлагал наградить А. Н. Матвеева орденом Ленина. Однако вышестоящее командование сочло, что заместитель командира эскадрильи лейтенант Алексей Николаевич Матвеев достоин награждения вторым орденом Красного Знамени — приказ о награждении был подписан 6 марта 1944 г.

5 февраля 1944 г. за организованность и хорошую боевую работу, за доблесть и мужество, проявленные воинами в борьбе с немецкими захватчиками, 804-й бомбардировочный авиационный Черкасский полк, в котором продолжал служить А. Н. Матвеев, был переименован в 161-й гвардейский бомбардировочный авиационный полк. Алексей Николаевич продолжал героически громить врага. Ему было присвоено очередное воинское звание гвардии старшего лейтенанта, и он был назначен на должность заместителя командира авиаэскадрильи. К концу февраля 1945 г. он совершил уже 102 боевых вылета и был представлен к очередной награде за участие в боях за освобождение Подкарпатского и Малопольского воеводств Польши и Силезии. 25.02.1945 г. командир полка подписал очередную наградную лист.

«Отважный летчик, отлично овладев самолетом Пе-2, выполняет самые ответственные задания командования на разведку и “охоту” в любых метеоусловиях, используя в каждом боевом вылете всю мощь стрелково-бомбардировочного вооружения самолета Пе-2. При вводе самолета в пикирование, до сбрасывания бомб, мощной лавиной огня своих пулеметов подавляет огневые точки и расстреливает живую силу врага, одновременно сбрасывает бомбы точно в цель. 14.9.1944 года, выполняя боевое задание ведущим звена в составе девятки, нанести бомбардировочный удар по скоплению танков и автомашин противника в населенном пункте Ивля — задание выполнил отлично, при этом было уничтожено: 10 танков, 15 автомашин, взорвано 2 склада... 18.1.45 года, выполняя боевое задание, заместителем ведущего девятки, нанести бомбардировочный удар по дороге на станцию Скавина — задание выполнил отлично. По данным фотоконтроля было уничтожено 2 ж.д. эшелона с живой силой и техникой и взорван склад боеприпасов. 30.1.45 года, выполняя боевое задание, в полете одиночного “охотника”



без прикрытия своих истребителей, обнаружил на станции Бреслау [ныне — польский город Вроцлав] 12 железнодорожных эшелонов, из них 6 под парами. Отважный летчик сделал три захода на цель, будучи два раза атакован двумя истребителями противника ФВ-190. Сброшенными бомбами было подожжено и уничтожено 2 эшелона и вызван крупный очаг пожара». За эти подвиги А. Н. Матвеев 1 апреля 1945 г. был награжден Орденом Отечественной Войны I степени.

Отважному летчику улыбалась военная удача — за два с половиной года активного участия в боевых действиях он ни разу не был ранен. Весной 1945 г. война уже приближалась к концу, однако враг, которого теснили к Берлину, оказывал всё более ожесточенное сопротивление. Советские войска, продвигаясь вперед, вели тяжелые кровопролитные бои, в которых принимал участие и А. Н. Матвеев. 12 марта 1945 г. во время своего 107-го боевого вылета при выполнении задания по бомбардировке гарнизона противника, окруженного войсками Красной Армии в городе Бреслау, он уничтожил батарею зенитной артиллерии противника, но после этого его самолет был подбит зенитным огнем на высоте 100–150 м. Однополчане считали Алексея Николаевича погибшим. Его имя официально внесли в список безвозвратных потерь офицерского состава дивизии. Однако, поскольку факт гибели летчика никто не мог достоверно подтвердить, чуть позже командование решило считать его пропавшим без вести.

Позже выяснилось, что, как это иногда бывало на войне, произошло чудо. После прямого попадания в бомбардировщик нескольких вражеских зенитных снарядов, А. Н. Матвеев смог покинуть падающий горящий самолет, выбросившись из него «методом срыва» на предельно малой высоте 80 м. При таком способе парашютирования летчик открывает фонарь кабины, привстает с сиденья, укрываясь от воздушного потока за козырьком фонаря, и выставляет ранец парашюта в поток, за борт кабины. Затем летчик выдергивает вытяжное кольцо парашюта, после чего наполнившийся воздухом купол вытаскивает летчика из кабины. Согласно инструкции, применять такой метод покидания самолета можно только при отсутствии его вращения и когда на борту нет пожара. Прыгать из охваченного огнем бомбардировщика было очень опасно, но у Матвеева не было иного выхода.

В те дни бои между советскими солдатами и фашистами шли уже в городской черте Бреслау. Линия соприкосновения воюющих сторон проходила по улицам города и непрерывно менялась. Различить с высоты, где свои, а где чужие, было невозможно. Покидая самолет, Алексей Николаевич рассчитывал, что находится над своими войсками. Однако приземлился он на территорию, которую контролировал враг. При покида-

нии самолета он получил сильные ожоги лица и рук, временно лишился зрения, а в момент приземления на несколько часов потерял сознание. Его вместе с другими тяжело ранеными советскими бойцами подобрали немецкие солдаты и доставили в свой военный госпиталь. Зрение к Алексею Николаевичу вернулось лишь через 13 суток, а всего в госпитале он пробыл 55 дней — до 7 мая, когда гарнизон Бреслау сдался.

Подвиг А. Н. Матвеева был высоко оценен командованием. 12 мая 1945 г., через три дня после безоговорочной капитуляции фашистской Германии, командир 161-го авиационного полка майор Фирсунин подписал наградной лист, предлагая вышестоящему командованию наградить гвардии старшего лейтенанта А. Н. Матвеева орденом Александра Невского. В документе было отмечено, что летчик достоин этой высокой полководческой награды *«за отличное выполнение боевых заданий командования, проявленные при этом отвагу, мужество, боевое мастерство воздушного воина, за отличное вождение группы и отдельного звена и точное бомбометание по цели, за лично совершенные 107 успешных боевых вылетов»*. Приказ о награждении был подписан 15 мая 1945 г. командующим 2-й Воздушной Армией генерал-полковником авиации С. А. Кротовским.



«за отличное выполнение боевых заданий командования, проявленные при этом отвагу, мужество, боевое мастерство воздушного воина, за отличное вождение группы и отдельного звена и точное бомбометание по цели, за лично совершенные 107 успешных боевых вылетов». Приказ о награждении был подписан 15 мая 1945 г. командующим 2-й Воздушной Армией генерал-полковником авиации С. А. Кротовским.

А. Н. Матвеев после Великой Отечественной войны. На его груди два ордена Красного Знамени, орден Отечественной Войны I степени, орден Александра Невского и знак «Гвардия»

Интересно отметить, что через два месяца после награждения этим орденом А. Н. Матвеев был исключен из списков Красной Армии как погибший в боях против немецко-фашистских войск — соответствующий приказ Главного управления кадров НКО СССР был подписан 19 июля 1945 г. На самом деле Алексей Николаевич возвратился в свою часть и



после долечивания продолжил службу в составе Центральной группы Советских оккупационных войск в Австрии. После окончания войны А. Н. Матвеев, как и все ее участники, был награжден медалью «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.». Кроме того, он был удостоен польской медали Победы и Свободы (Medal Zwycięstwa i Wolności). Военную службу А. Н. Матвеев завершил в должности командира авиационной эскадрильи.

В ноябре 1946 г. А. Н. Матвеев был демобилизован из Красной Армии, вернулся в Москву и поступил на курсы по подготовке к поступлению в вуз. В сентябре 1947 г. он поступил на физический факультет МГУ, с которым и связал всю свою дальнейшую жизнь. Хотя Алексей Николаевич не занимался физикой и математикой в течение семи лет, с момента окончания школы, благодаря своему упорству, таланту и огромному желанию учиться, он стал одним из лучших студентов своего курса. Уже в 1951 г. он опубликовал в «Вестнике Московского университета» свою первую научную работу «Излучение линейного осциллятора в релятивистском случае», а в 1952 г. с отличием окончил кафедру теоретической физики — в его дипломе были только «пятерки». После защиты дипломной работы «Излучение светящегося электрона» А. Н. Матвееву была присвоена квалификация «научный работник в области физических наук, преподаватель вуза» и звание учителя средней школы. Как один из наиболее способных выпускников А. Н. Матвеев был рекомендован в аспирантуру по кафедре статистической физики и механики, поступил в нее и, проявив себя как талантливый исследователь, в конце декабря 1954 г. досрочно защитил кандидатскую диссертацию на тему «К вопросу об излучении элементарных частиц, движущихся с релятивистскими скоростями». Сразу после защиты диссертации он продолжил исследовательскую работу на факультете в качестве младшего, затем старшего научного сотрудника, читал студентам специальный курс по теории ускорителей. Тогда же он начал свою педагогическую деятельность — по совместительству преподавал в Московском государственном педагогическом институте им. Н. К. Крупской, занимая должность ассистента и читая различные разделы курса теоретической физики. Удачно складывалась и семейная жизнь Алексея Николаевича — он женился, в семье родились две дочери.

Научно-исследовательская работа А. Н. Матвеева продвигалась очень успешно — всего через пять лет после досрочного окончания аспирантуры, в январе 1960 г., он защитил докторскую диссертацию «Исследования по теории электронных синхротронов и бетатронов». В июне того же года Алексей Николаевич был избран на должность профессора кафедры атомной физики и электронных явлений физического факульте-

та МГУ, а в марте 1961 г. Высшая аттестационная комиссия СССР утвердила его в ученном звании профессора по этой кафедре. А. Н. Матвеев проработал на этой кафедре почти 10 лет, однако значительную часть своего времени в тот период он был вынужден отдавать не преподаванию и научной работе, а научно-организационной деятельности.

В 1960–1962 гг. А. Н. Матвеев руководил Главным управлением университетов, экономических и юридических вузов Министерства высшего и среднего специального образования РСФСР, входил в состав коллегии Минвуза РСФСР, заведовал сектором в аппарате ЦК КПСС, а затем был направлен в две длительные научные командировки. В 1962–1963 гг. он работал в качестве эксперта ЮНЕСКО в Египте – в Национальном центре научных исследований и в Институте атомной энергии этой страны. С 1964 г. по 1969 г. являлся заместителем Генерального директора ЮНЕСКО по сектору естественных наук, работая в штаб-квартире ЮНЕСКО в Париже. За это время А. Н. Матвеев посетил с дипломатическими миссиями более ста стран мира, входящих в ООН. Алексей Николаевич в совершенстве владел английским, немецким и французским языками, что позволяло ему прекрасно выполнять свои нелегкие обязанности, укрепляя международный авторитет нашей страны. За работу в этот период А. Н. Матвеев был награжден Медалью национального банка Египта «За преобразование реки Нил» (1964 г.), Медалью Израильской комиссии по делам ЮНЕСКО (1966 г.) и Бронзовой медалью ЮНЕСКО (1968 г.).

В марте 1969 г. профессор А. Н. Матвеев был назначен исполняющим обязанности заведующего кафедрой общей физики для физического факультета МГУ, а в октябре был избран на эту должность на конкурсной основе. Это была не только самая большая кафедра факультета, но и самая большая кафедра общей физики в СССР — на ней работали более 70 преподавателей и научных сотрудников и еще более 80 человек научно-технического и учебно-вспомогательного персонала. Кафедра обеспечивала чтение лекций по всем разделам курса общей физики на физическом факультете, а также по истории и методологии физики на физическом и по физике на философском факультетах. Преподаватели кафедры вели семинары в 38 учебных группах, занятия в практикумах (общем физическом, по введению в технику эксперимента, по основам технического черчения) для 1000 студентов в неделю, обеспечивали проведение занятий на подготовительном отделении, на инженерном потоке, на факультете повышения квалификации, в школе-интернате № 18 при МГУ, а также проводили ряд дополнительных занятий для разных категорий студентов (семинары повышенной трудности, по дополнительной проработке материала для отстающих, для иностранных студентов). Объем учеб-



ной работы постоянно увеличивался, и поэтому количество сотрудников и без того большой кафедры также ежегодно росло — в 80-х гг. на кафедре работало уже около 185 человек.

А. Н. Матвеев возглавлял кафедру до 1991 г. и за более чем 20 лет своей неутомимой деятельности провел огромную работу, направленную на улучшение преподавания общей физики как в Московском университете, так и во всех вузах нашей страны. Алексей Николаевич сам являлся прекрасным педагогом и замечательным лектором. Он вел семинары, уделял большое внимание кабинету физических демонстраций и общему физическому практикуму, читал все разделы общей физики, руководил научной работой дипломников и аспирантов. Большая аудитория факультета на его лекциях всегда была заполнена студентами. Курс общей физики в исполнении А. Н. Матвеева отличался глубиной и новизной изложения, яркостью и высокой ясностью подачи учебного материала.

Читая лекции, общаясь с коллегами-педагогами из других вузов, обсуждая с ними опыт преподавания курса общей физики, А. Н. Матвеев пришел к выводу о необходимости существенной модернизации этого курса. Дело в том, что к концу 60-х гг. XX в. не существовало базового учебника по общей физике, написанного с единых методических позиций и адекватно отражающего современное состояние физической науки. На кафедре общей физики физического факультета МГУ еще во второй половине 30-х гг. задумывались о создании такого учебника, но в итоге разработать его не удалось. Учебники по отдельным разделам курса создавались в течение длительного интервала времени (в 30-е–60-е гг.) разными авторами (С. Э. Хайкиным, С. П. Стрелковым, братьями И. К. Кикоиным и А. К. Кикоиным, С. Г. Калашниковым и Г. С. Ландсбергом). Поэтому потребность в современном учебнике общей физики, написанном в едином стиле и в единой методической манере, была весьма велика.

Важнейшим шагом на пути к созданию такого учебника должна была стать новая программа курса общей физики. Алексей Николаевич выступил как общесоюзный координатор подготовки такой программы, которая включала в себя разделы «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество», «Оптика», «Атомная физика» и «Ядерная физика». В ходе создания этой программы он подробно разработал первые четыре ее раздела. Программу подробно и широко обсуждали сначала на физическом факультете МГУ, а затем — на I-ом Всесоюзном совещании ведущих кафедр общей физики университетов СССР и в ведущих университетах страны. Одновременно с работой над программой курса А. Н. Матвеев приступил к написанию пятитомного учебника по курсу общей физики для студентов физических специальностей вузов. Творче-

ская задача, которую поставил перед собой Алексей Николаевич, была грандиозной. Этот педагогический труд стал одним из главных дел его жизни. Работа над учебником заняла более 15 лет, его тома последовательно выпускались в свет издательством «Высшая школа» в 1976 г., 1981 г., 1983 г., 1985 г. и в 1989 г. Новый учебник сразу приобрел популярность у студентов и получил высокую оценку научно-педагогической общественности Московского университета и всей страны. За первый том



своего учебника «Механика и теория относительности» А. Н. Матвеев в 1987 г. был удостоен Ломоносовской премии МГУ за научную работу, а за второй том «Молекулярная физика» — Государственной премии СССР в 1989 г.

*Первый том «Механика»
знаменитого учебника
А. Н. Матвеева
(1976 г., 1-е издание)*

А. Н. Матвеев был сторонником системного подхода к преподаванию курса общей физики. Поэтому, работая над новым учебником по общей физике, он уделял большое внимание созданию учебных пособий, которые должны были помочь студентам научиться решать задачи по основным разделам курса. В 1980–1982 гг. им в соавторстве с наиболее опытными педагогами физического факультета были разработаны и выпущены в свет в издательстве МГУ книги, посвященные методике решения задач по механике, молекулярной физике, электричеству и оптике. В 1985 г. им в соавторстве с коллегами по кафедре была выпущена книга «Задачи повышенной сложности в курсе общей физики». Всего же Алексей Николаевич лично и в соавторстве написал 18 книг, и все они до сих пор служат прекрасным подспорьем в изучении и повторении общей физики не только студентам, но и преподавателям, и научным работникам.



В течение всей своей деятельности в качестве заведующего кафедрой А. Н. Матвеев внимательно следил за состоянием и деятельностью кабинета физических демонстраций физического факультета МГУ. В момент начала заведования кафедрой А. Н. Матвеевым в кабинете находилось почти 1400 лекционных демонстраций; с их помощью сотрудники каждую неделю обеспечивали демонстрационную поддержку 34 лекций, которые читались для студентов шести факультетов МГУ (позже количество факультетов увеличилось до девяти). По инициативе Алексея Николаевича все демонстрации были распределены между несколькими тематическими отделами, были назначены руководители этих отделов, а для общей координации деятельности физкабинета была создана методическая комиссия. Только за первое пятилетие работы А. Н. Матвеева на посту заведующего 230 демонстраций были отремонтированы, около 50 усовершенствованы, и было создано более 30 новых демонстраций. Был значительно обновлен станочный парк мастерской, началась систематическая работа по подготовке лекционных демонстраторов из числа молодых сотрудников кафедры. В следующие годы продолжалось совершенствование приборной базы физического кабинета, и разрабатывались новые лекционные демонстрации, в том числе для показа на лекциях опытов, демонстрирующих нелинейные оптические эффекты.

Под руководством А. Н. Матвеева было значительно улучшено методическое и техническое обеспечение общего физического практикума для студентов-физиков. В начале его деятельности практикум состоял из 25 лабораторий, в которых функционировали 173 учебные задачи. Общее число действующих экспериментальных установок приближалось к 350. В начале 70-х гг. по решению А. Н. Матвеева для обеспечения работы четырех основных разделов практикума из числа преподавателей были сформированы методические комиссии, члены которых проделали все задачи практикума, сформулировали по ним свои рекомендации и обсудили их на 54 заседаниях. Решения методических комиссий немедленно воплощались в жизнь. В итоге к 1975 г. были отремонтированы 97 задач (220 установок), модернизирована 51 задача (97 установок), созданы 27 новых задач (50 установок), подготовлены 32 новых методических разработки к задачам. Совершенствование практикума продолжалось и далее: к концу 70-х гг. были реорганизованы 11 лабораторий, созданы 4 новые лаборатории (в том числе твердотельной электроники и лазерная), в практикуме была обновлена примерно половина всех действующих задач. К 1985 г. были заменены или существенно модернизированы 30 % установок молекулярного раздела практикума.

Также были предприняты энергичные меры по совершенствованию работы практикума «Введение в технику эксперимента». Были обновле-

ны контрольные задания, составлены методические указания и написано новое учебное пособие по курсу «Основы технического черчения», поставлены три отдельные лабораторные работы по технике монтажа радиосхем, изготовлены новые инструменты и приспособления для обучения студентов обработке материалов резанием. В конце 70-х гг. данный практикум интенсивно модернизировался, а в 1980–1984 гг. был радикально обновлен – для него разработали новую программу и создали 25 современных задач, которые разместили в двух лабораториях и в механических мастерских. Новый по существу практикум получил название «Техника физического эксперимента», в его рамках по обновленной программе продолжила работать лаборатория инженерной графики.

Большой заслугой А. Н. Матвеева является внедрение в учебный процесс на кафедре электронно-вычислительных машин. К середине 70-х гг. каждый студент факультета обрабатывал на ЭВМ «Мир» результаты более чем 20% выполненных им задач общего физического практикума. Через пять лет был осуществлен переход на использование новых ЭВМ ЕС–10–10, а еще через пять лет была предпринята попытка внедрить в практикуме вычислительно-управляющие комплексы «Мера–60». К 1985 г. в практикуме была создана лаборатория «Физики базовых элементов автоматизации и ЭВМ». В 80-х гг., благодаря всё более значительному распространению электронно-вычислительной техники, в том числе и персональных компьютеров, ЭВМ начали использовать и в физическом кабинете для показа некоторых лекционных демонстраций — сначала модельных, а затем и натуральных.

А. Н. Матвеев в течение многих лет выступал не только в качестве автора замечательной учебной литературы по физике, он еще вел и большую редакционную работу — с конца 1971 г. заведовал редакцией физики издательства «Мир», которое специализировалось на выпуске переводной научно-технической и научно-популярной литературы и было в СССР монополистом в этой области. Кроме того, А. Н. Матвеев в 1986–1994 гг. являлся ответственным редактором журнала «Новые книги зарубежом», серия А (математика, механика, астрономия, физика, геофизика, химия, геология). Занимая эти посты и свободно владея тремя европейскими языками, он имел возможность оперативно знакомиться с лучшими новинками зарубежной научной и учебной физической литературы. Он инициировал перевод на русский язык многих прекрасных книг по физике, написанных иностранными авторами и сам перевел некоторые из них. Это дало возможность широкому кругу советских читателей познакомиться с лучшими образцами зарубежной научной и научно-популярной литературы. Заслуги Алексея Николаевича в данной области трудно переоценить. Свидетельством высочайшего авторитета



А. Н. Матвеева среди иностранных коллег как педагога, автора и редактора научной и учебной литературы может служить тот факт, что с 1970 г. по 1976 г. он являлся членом международной комиссии по образованию Международного совета по чистой и прикладной физике.

А. Н. Матвеев был не только выдающимся педагогом, но и замечательным организатором науки и творчески работающим физиком-теоретиком. Несмотря на многочисленные обязанности, которые лежали на нем как на лекторе, авторе книг, редакторе и заведующем самой большой на факультете кафедрой, он неустанно занимался организацией научных исследований в лабораториях кафедры. Достаточно сказать, что за первые пять лет его руководства кафедрой общий объем финансирования проводимых на ней хозяйственно-договорных работ возрос в 2 раза (до 110 тыс. руб. в год), а к 1985 г. эта сумма увеличилась до 350 тыс. руб. в год.

Алексей Николаевич и сам непрерывно вел активную научно-исследовательскую деятельность. Его основные научные работы относятся к исследованиям ряда вопросов теоретической и математической физики, взаимодействия излучения с веществом, теории циклических ускорителей, квантовой теории поля, теории излучения и движения заряженных частиц в электромагнитных полях. Им были получены следующие новые научные результаты: создание релятивистской теории излучения ондулятора, разработка нелинейной теории фазовых колебаний электронов в синхротронах с жесткой фокусировкой, создание теории захвата электронов в режиме ускорения в бетатронах, разработка методов расчета потерь электронов в циклических ускорителях из-за рассеяния на остаточном газе, изучение ряда спиновых эффектов при ультрарелятивистских энергиях. Всего А. Н. Матвеевым было опубликовано более 200 научных работ. Под его руководством были подготовлены и защищены более 15 кандидатских диссертаций, он являлся научным консультантом авторов пяти докторских диссертаций. В 1978–1994 гг. А. Н. Матвеев руководил специализированным докторским Советом по



А. Н. Матвеев в 1980 г.

теоретической и математической физике, автоматизации и технике физического эксперимента, работавшим при МГУ. Ряд научно-технических разработок Алексея Николаевича нашли практическое применение – он являлся соавтором шести патентов.

В те годы, когда А. Н. Матвеев учился и работал на физическом факультете МГУ, важную роль в жизни многих людей играла общественная работа. Алексей Николаевич всегда занимал активную жизненную позицию. Вступив в августе 1943 г. на фронте в ряды ВКП(б), он в течение всей своей жизни вел партийную работу — в студенческие годы его избирали парторгом курса, затем — заместителем секретаря партбюро физического факультета, в разные годы он был членом бюро парткома МГУ, в конце 50-х гг. являлся кандидатом в члены районного комитета КПСС.

Научная, педагогическая и организационная деятельность профессора А. Н. Матвеева была высоко оценена правительством нашей страны: он был дважды награжден орденами Трудового Красного Знамени (в 1961 г. и в 1980 г.) и орденом «Знак Почета» (в 1969 г.). Его научные заслуги были отмечены 11 иностранными наградами, среди которых почетные медали университетов Венесуэлы, Италии, Китая и Японии. В 1993 г. Алексей Николаевич был удостоен почетного звания «Заслуженный профессор Московского университета». Кроме того, уже в мирное время он был награжден вторым орденом Отечественной войны I степени.

В 1992 г. А. Н. Матвееву пришлось оставить пост заведующего кафедрой общей физики и перейти на должность профессора. Он продолжал заниматься научной работой и как всегда блестяще, с полной самоотдачей, читать лекции студентам младших курсов. В марте 1992 г. в Центральной физической аудитории физического факультета МГУ состоялось торжественное собрание, посвященное его 70-летию юбилею. Цветы замечательному ученому и педагогу дарили не только коллеги, но и студенты, причем делали они это не по поручению, а сами, от души. Это было лучшим доказательством огромного авторитета и уважения, которыми Алексей Николаевич пользовался на факультете и в университете.

10 декабря 1994 г. профессора Алексея Николаевича Матвеева не стало. В последние годы жизни он неоднократно говорил, что лучшей памятью о нем будут его книги. В этом Алексей Николаевич оказался прав. Всё новые и новые поколения студентов изучают общую физику по его учебникам, выполняют в практикуме задачи, поставленные в соответствии с его рекомендациями, удивляются эффективным лекционным де-



монстрациям, хранящимся в физическом кабинете, которому Алексей Николаевич уделял так много внимания.



А. Н. Матвеев читает лекцию

Дело А. Н. Матвеева продолжает жить в его многочисленных учениках, которыми могут считаться все выпускники физического факультета МГУ, знакомившиеся с общей физикой по его книгам.

А. А. Якута, доцент кафедры общей физики

ДОКЛАД РИМСКОМУ КЛУБУ ПРЕДСТАВЛЕН В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

«Мы тоже пришли к выводу, что человечество в настоящее время оказалось на переломе своей истории. Но в отличие от западных коллег мы считаем, что возникшие глобальные проблемы — это не пределы роста, а вызовы, которые можно и нужно постараться преодолеть», — отмечает Виктор Антонович Садовничий.

Отечественный подход к анализу проблем отличается, прежде всего, «дальностью восприятия». Если зарубежные коллеги из Римского

клуба рассматривали изучаемые вопросы в диапазоне нескольких десятилетий, то нынешние авторы подошли к изучению вопроса в рамках широкого макроисторического контекста, охватывающего сотни и тысячи лет:

«В отличие от авторов Римского клуба, которые сосредоточились



в основном на физических и биологических пределах планеты (исчерпаемых природных ресурсах, граничащих со способностью земли поглощать промышленные и сельхоз загрязнения), мы в нашем исследовании стараемся рассматривать современные процессы в более широком макроэкономическом контексте с учетом особенностей долговременного технологического развития».

23 марта в Интеллектуальном центре — Фундаментальной библиотеке МГУ под руководством ректора Московского университета В. А. Садовниченко прошло заседание спецсеминара «Время, хаос и математические проблемы». В его рамках состоялось представление препринта доклада Римскому клубу «Преодолевая пределы», подготовленного группой ученых МГУ.

Представляя результаты работы большого коллектива исследователей Института сложных математических систем и факультета глобальных процессов Московского университета, В.А. Садовничий отметил, что доклад представляет собой многолетний научный труд, в рамках которого опубликовано более 40 работ по прогнозированию динамики роста численности населения, пандемийных процессов, причем многие модели и сделанные в их рамках прогнозы показали свою жизнеспособность и подтвердились на практике. В частности, получены оправдавшиеся предсказания хода распространения коронавирусной инфекции. Также подготовлено и опубликовано 8 книг. Сам доклад «Преодолевая пределы» — это не только реакция на известный доклад Римского клуба «Пределы роста», но и осмысление не имеющего аналогов в истории роста числен-



ности населения Земли (в 4 раза) и ВВП (в 20 раз), превратившим человека в движущую силу геологической эволюции.

Ректор МГУ обратил внимание, что первым факт перехода от голоцена к антропоцену осознал в 1927 г. В.И. Вернадский, а на новом этапе этот принципиальный подход получил свое развитие в концепции Й. Рёкстрема, предложившего 9 взаимосвязанных планетарных границ (изменение климата, скорость утраты биоразнообразия, изменение землепользования, аэрозольного загрязнения и др.), представляющих собой маркеры воздействия цивилизации на экосистемы. В.А. Садовничий отметил, что существующие модели экономического развития говорят о невозможности капитализма стабилизировать ситуацию, о необходимости серьезных социальных изменений.

Он подчеркнул, что в МГУ с 2009 г. идут посвященные этой проблеме исследования, в ходе которых ученые пришли к выводу, что сложности, связанные с естественными ограничениями прогресса цивилизации — это не пределы, а вызовы, которые нужно и можно преодолеть. Для этого нужно направить 6-й технологический уклад не на рост потребления, а на решение глобальных задач, превратить 6-й цикл Кондратьева (2018–2050 гг.) в переход к ноосферному мышлению и практике, интегративному гуманистическому обществу.

Более подробно, с описанием математических моделей функционирования человеческого общества на разных этапах истории, динамики потребления важнейших ресурсов и их вклада в загрязнение окружающей среды, прогнозом роста температуры окружающей среды на период до 2100 г. выступил главный научный сотрудник Института математических исследований сложных систем МГУ иностранный член РАН А.А. Акаев. Он отметил, что научные заделы представленного при разработке доклада подхода имеются в трудах отечественных ученых В. И. Вернадского, П. И. Преображенского, Н. Д. Кондратьева, П. А. Сорокина, И. Р. Пригожина, Н. Н. Моисеева.

По словам А.А. Акаева, в настоящее время мировая социально-экономическая система характеризуется нестабильностью, разбалансированностью, неопределенностью, ярко проявляется кризис глобального управления. Торговые войны мешают подъему мировой экономики, затрудняют решение общепланетарных задач, вытекающих из простого факта сопоставления порога устойчивости биосферы — 1–2 ТВт энергопотребления и ее актуальным значением — 15 ТВт. Это предопределяет дестабилизацию биосферы, утрачивание ей функции стабилизации окружающей среды и климата. Выходом из ситуации может быть переход к солидарному обществу, совместные усилия и кооперативные действия

всех стран мира, а лидерами перехода человечества к более справедливому обществу могут стать Китай и Россия.

А. А. Акаев дал подробный анализ возможности реализации Целей устойчивого развития ООН до 2030/2050 г. и Парижского климатического соглашения 2015 г., которые стали поворотным моментом в истории человечества, когда впервые принята дорожная карта решения глобальной задачи изменения климата. Ученый отметил, что авторами доклада предложена уникальная модель перехода к 2060 г. к низкоуглеродной экономике, позволяющей стабилизировать повышение общепланетарной средней температуры на отметке $1,7^\circ$. По словам Аскара Акаева, эта модель отражает единственную в мире реалистичную программу действий, позволяющих без революционных потрясений для энергетики и экономики в целом добиться существенного снижения выброса углерода в атмосферу до приемлемых с точки зрения современной науки значений.

А. А. Акаев обратил внимание участников спецсеминара, что доклад Римскому клубу «Преодолевая пределы» будет представлен осенью, а заинтересованность в продолжении работы над ним буквально на днях подтверждена руководством этой авторитетной международной организации.

<https://www.msu.ru/news/doklad-rimskomu-klubu-predstavlen-v-moskovskom-universitete.html>

<https://scientificrussia.ru/articles/otvecaem-na-vyzovy-preodolevaa-predely-v-mgu-prosla-prezentacia-preprinta-doklada-rimskomu-klubu>

<https://expert.msu.ru/haos22-1?>

НАУЧНАЯ ШКОЛА НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИКИ В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

*К 60-летию научной школы нелинейной оптики
в Московском университете*

В 2022 г. лазерная физика отмечает два юбилея в своей истории — 60-летие создания Р.В. Хохловым и С.А. Ахмановым всемирно известной научной школы нелинейной оптики в Московском университете и 55-летие одного из наиболее значимых достижений этой школы — открытия спонтанного параметрического рассеяния света (СПР). Профессор физического факультета МГУ, академик Р.В. Хохлов и американский физик Н. Бломберген по праву считаются основателями нелинейной оптики. В 1981 г. за вклад в лазерную спектроскопию, включающий создание нелинейной оптики, Н. Бломберген получил Нобелевскую премию, возможно,



получил бы и Р.В. Хохлов, если бы трагические события при восхождении на пик Коммунизма не оборвали его жизнь в августе 1977 г.

Считается, что нелинейная оптика ведёт свою историю с 1961 г., когда был обнаружен эффект удвоения частоты излучения рубинового лазера [Franken P. A., Hill A. E., Peters C. W., Weinreich G. // *Phys. Rev. Lett.* 1961. 7. P. 118.]. Однако значительно раньше (в 1950 г.) была зафиксирована нелинейность поглощения (отклонение от закона Бугера) мощного излучения конденсированной искры при его распространении через урановое стекло. Эффект описан в книге С.И. Вавилова «Микроструктура света» и там же введён термин «нелинейная оптика».

Научная школа нелинейной оптики в Московском университете берёт своё начало в 1962 г., когда профессором кафедры теории колебаний Р.В. Хохловым и доцентом кафедры физики СВЧ С.А. Ахмановым была сформирована на физическом факультете группа из сотрудников, аспирантов и студентов этих кафедр, перед которой была поставлена задача исследования нелинейных явлений в оптике, ставших возможными с изобретением лазеров. Особое место в ряду этих эффектов Хохлов и Ахманов отводили параметрической генерации света — созданию устройства (параметрического генератора света, ПГС), обеспечивающего плавную широкодиапазонную перестройку длины волны лазерного излучения. Идея ПГС с перестройкой длины волны излучения была выдвинута ими в 1962 г. в работе [Ахманов С.А., Хохлов Р.В. // *ЖЭТФ.* 1962. 43. С. 351] и тогда же Н. Кроллом [Kroll N. // *Phys. Rev.* 1962. 127. P. 1207] (вопросы параметрического усиления и параметрической генерации света обсуждались также в работе Р. Кингстона [Kingston R. // *Proc. IRE.* 1962. B50. P. 472.], но без указания на возможность создания источника когерентного оптического излучения с перестраиваемой длиной волны). Как неоднократно подчёркивал Р.В. Хохлов, параметрическая генерация была единственным способом перестройки длины волны, без чего было бы невозможным применение лазеров в науке и технике (в дальнейшем были изобретены и другие способы перестройки длины волны лазерного излучения, но тогда, в начале 60-х годов прошлого века, это было так). Задача реализации идеи ПГС решалась одновременно с исследованиями и других нелинейных эффектов в оптике — генерации гармоник, вынужденно-комбинационного рассеяния, самофокусировки, а несколько позже — когерентной антистоксовой рамановской спектроскопии (КАРС), нелинейной лазерной флуориметрии и др., что сформировало новое научное направление — нелинейную оптику. Команда Хохлова – Ахманова успешно работала практически на всех участках этого фронта, тем самым создавая школу нелинейной оптики в Московском университете. Уже в 1964 г. (всего через два года после создания группы!) была опубликована

монография «Проблемы нелинейной оптики» (Ахманов. С.А., Хохлов Р.В., 1964), в основном по результатам собственных исследований группы Хохлова – Ахманова. Монография «Нелинейная оптика» будущего нобелевского лауреата Н. Бломбергена, с которым у Р.В. Хохлова установились тёплые дружеские отношения, была опубликована позже. В 1965 г. Р.В. Хохлов и С.А. Ахманов организовали первый симпозиум по нелинейной оптике, который прошёл в Белоруссии, на озере Нарочь. Эти симпозиумы, бессменным председателем которых был Р.В. Хохлов, стали проводиться ежегодно — в столицах союзных республик, Ленинграде и Новосибирске, тем самым расширяя и укрепляя научную школу нелинейной оптики, возглавляемую Р.В. Хохловым.

В том же 1965 г. Р.В. Хохлов и С.А. Ахманов оформляют свою группу как новую кафедру — получившую мировую известность кафедру волновых процессов как базу формируемой ими учебно-научной школы нелинейной оптики в Московском университете. В 1973 г. С.А. Ахманов занимает позицию заведующего кафедрой общей физики для мехмата, после ухода из жизни её основателя и руководителя Сергея Павловича Стрелкова. Вместе с С.А. Ахмановым перешли на эту кафедру несколько ведущих сотрудников кафедры волновых процессов. С их помощью Сергей Александрович очень быстро реформатировал тематику кафедры общей физики для мехмата на нелинейную оптику. Таким образом, школа нелинейной оптики продолжала своё развитие на двух кафедрах. В августе 1977 г. произошла трагедия: в результате драматических событий, разыгравшихся при восхождении группы Р.В. Хохлова на пик Коммунизма, ушёл из жизни Рем Викторович Хохлов, ему только что исполнился 51 год. Через несколько месяцев после этого последовала реорганизация двух кафедр, основной тематикой которых была нелинейная оптика, на их базе возникли кафедра квантовой радиофизики (переименованная позже в кафедру квантовой электроники) во главе с академиком Л.В. Келдышем и кафедра общей физики и волновых процессов (ОФиВП) во главе с С.А. Ахмановым. Эти кафедры продолжают успешно, в дружбе и согласии, работать и поныне, постоянно расширяя научную тематику, продолжая развивать школу нелинейной оптики. Её воспитанники работают как на этих кафедрах, так и в других ведущих университетах мира.

Ученые физического факультета внесли огромный вклад в развитие нелинейной оптики, который был отмечен государственными наградами нашей страны. Ленинской премии (высшей награды СССР за научную деятельность) были удостоены С.А. Ахманов, Р.В. Хохлов, А.П. Сухорук, Государственных премий СССР и РФ — О.А. Акципетров, Э.С. Воронин, Ю.А. Ильинский, П.К. Кашкаров, Д.Н. Клышко, А.И. Ковригин,



В.И. Панов, А.Н. Пенин, В.С. Соломатин, А.П. Сухоруков, В.В. Фадеев. Ломоносовские премии за работы в области нелинейной оптики в разное время присуждались В.А. Алешкевичу, С.А. Ахманову, В.И. Емельянову, В.П. Кандидову, А.В. Козарю, Н.И. Коротееву, В.А. Макарову, А.П. Сухорукову, Р.В. Хохлову, А.С. Чиркину. За эти годы в МГУ было подготовлено большое число специалистов, активно работающих в области нелинейной оптики и лазерной физики в нашей стране и за рубежом. Среди них – лауреат Ленинской премии Н.Ф. Пилипецкий, лауреаты Государственной премии СССР В.Г. Дмитриев, Б.Я. Зельдович, И.Г. Зубарев, А.С. Пискаркас, Т. Усманов. Успехи в воспитании научных кадров отмечены в 2003 г. премией Президента РФ в области образования. Она присуждена Л.В. Келдышу, В.А. Макарову, В.В. Михайлину.



Пионеры Нелинейной оптики. Визит нобелевского лауреата Ч. Таунса в МГУ. В первом ряду (сидят): Л.С. Корниенко, Р.В. Хохлов, Ч. Таунс, С.А. Ахманов. Стоят: ученики Р.В. Хохлова и С.А. Ахманова, сформировавшие стартовый состав их команды. Правый крайний во втором ряду — один из ближайших сподвижников Р.В. Хохлова Э.С. Воронин

В блоке, посвящённом юбилею школы нелинейной оптики в Московском университете, представлено несколько заметок, иллюстрирую-

щих (но далеко не исчерпывающих) научные направления, развиваемые этой школой, и уровень её главной «продукции» — воспитанников школы. Среди этих заметок — рассказ об истории открытия спонтанного параметрического рассеяния света — открытия, в котором ключевую роль сыграл профессор кафедры волновых процессов, а затем кафедры квантовой радиофизики/квантовой электроники Давид Николаевич Клышко. Р.В. Хохлов, С.А. Ахманов, Л.В. Келдыш, Д.Н. Клышко — выдающиеся учёные, работы которых определили мировой уровень школы нелинейной оптики в Московском университете.

*Заведующий кафедрой общей физики и волновых процессов
профессор В.А. Макаров,
профессор кафедры квантовой электроники,
ветеран кафедры волновых процессов В.В. Фадеев*

СВЕТОВЫЕ ПУЛИ НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИКИ

*К 60-летию научной школы нелинейной оптики
в Московском университете*

Световые пули, представляющие собой сгустки световой энергии размером порядка длины волны и длительностью около одного периода светового поля, принадлежат к одному из самых ярких явлений нелинейной оптики. Они возникают при прохождении фемтосекундного лазерного импульса через прозрачный диэлектрик, амплитуда поля в котором возрастает до величин, соответствующих интенсивности 10^{13} – 10^{14} Вт/см² в чрезвычайно малом пространственно-временном объеме. Образование световых пуль связано с хорошо известным явлением самофокусировки, которое предсказано в 1962 г. научным сотрудником ФИАНа Гургеном Аскарьяном и впервые зарегистрировано экспериментально на физическом факультете МГУ в 1964 г. Самофокусировка пучка возникает в среде с кубичной нелинейностью вследствие увеличения показателя преломления в сильном световом поле пучка, которое приводит к формированию фокусирующего волнового фронта. В результате световой пучок сжимается и пиковая интенсивность увеличивается. При этом оптическая сила нелинейной фокусирующей линзы стремительно возрастает с ростом интенсивности на оси, что вызывает коллапсирующее сжатие пучка. В исследовании этого явления наряду с работами С.Н. Townes, Н.С. Келли за рубежом большой вклад внесли российские ученые В.И. Таланов, В.Е. Захаров, в том числе ученые физического факультета С.А. Ахманов,

А.П. Сухоруков, Р.В. Хохлов, которые развили аналитическую теорию самофокусировки пучков.

Световые пули образуются в процессах самофокусировки фемтосекундного излучения и самокомпрессии его во времени, которые в условиях аномальной дисперсии групповой скорости развиваются согласованно при нелинейно-оптическом взаимодействии. В среде с кубичной нелинейностью спектр импульса уширяется вследствие фазовой самомодуляции, приводящей к увеличению длины волны на его переднем фронте и сокращению на заднем. В условиях аномальной дисперсии групповой скорости, при которой с увеличением длины волны групповая скорость уменьшается, импульс с уширенным спектром сжимается. В результате образуется световая пуля, которая является экстремально сжатым волновым пакетом с высокой пространственно-временной локализацией светового поля. Для большинства широкозонных прозрачных диэлектриков, таких как SiO_2 , CaF_2 , BaF_2 , LiF , YAG, Sapphire, область аномальной дисперсии групповой скорости лежит в среднем ИК-диапазоне. Коллективом сотрудников физического факультета и ИСАН проведены теоретические и экспериментальные исследования, результаты которых позволили установить основные закономерности формирования и распространения световых пуль в прозрачных диэлектриках.

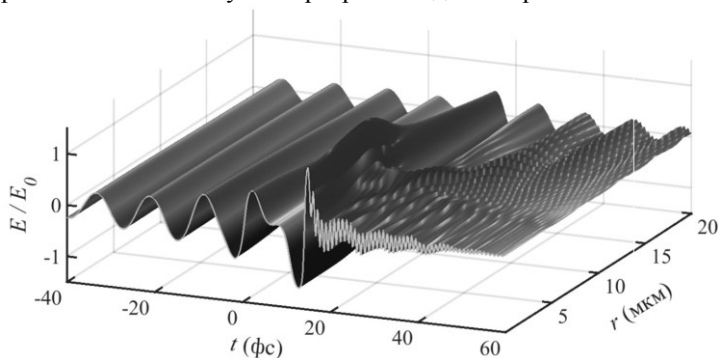


Рис. 1. Изображение мгновенного распределения во времени и по радиусу напряженности электрического поля в световой пуле, сформировавшейся в LiF при распространении импульса на длине волны 3.5 мкм

Напряженность электрического поля при пространственно-временной компрессии волнового пакета возрастает, приводя к фотоионизации среды, последующему резкому спаду напряженности на его заднем фронте и дефокусировке излучения в наведенной лазерной плазме (рис. 1). Совокупность нескольких осцилляций светового поля, локализованного вблизи оси, является световой пулей. При этом амплитуда ос-

цилляции медленно нарастает на переднем фронте световой пули и резко уменьшается на хвосте, где возникают высшие гармоники. Сильное изменение этой амплитуды на масштабах периода осцилляций светового поля во времени и длины волны в плоскости поперечного сечения (рис. 1) вызывает трудности в определении ее длительности и радиуса.

Понятие интенсивности для световой пули из нескольких осциллиций оптического поля с сильно меняющейся амплитудой противоречит классическому определению. Характеристикой локализации излучения может являться квадрат модуля напряженности электрического поля $|E(r,t,z)|^2$. На основе анализа пространственно-временного распределения напряженности электрического поля нами предложен обобщенный подход к определению параметров ядра световой пули, который позволяет устранить неоднозначность и противоречивость в оценке его параметров. Согласно этому подходу, ядро является трехмерной областью локализации светового поля, в которой квадрат напряженности электрического поля не ниже уровня, задаваемого, например, следующим неравенством: $|E(r,t,z)|^2 = e^{-1} \max_t |E(0,t,z)|^2$. Для волнового пакета с гауссовым распределением интенсивности $I(r,t,z=0) = I_0 \exp\left(-\frac{r^2}{r_0^2} - \frac{t^2}{t_0^2}\right)$ определенное

таким образом ядро имеет эллипсоидальный вид, а для световой пули — «медузообразный» (рис. 2). Образование кольцевой структуры на хвосте ядра пули вызвано дефокусировкой в плазме, наведенной световым полем.

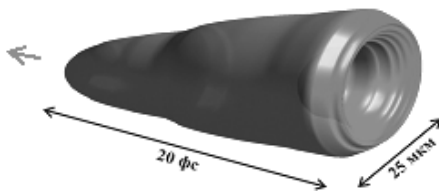


Рис. 2. Ядро локализации светового поля в световой пуле на длине волны 3.5 мкм

Протяженность ядра во времени является его локальной длительностью t_0 , максимальный размер в плоскости поперечного сечения — локальным диаметром $2r_0$. Наряду с локальными параметрами возможно введение эффективных параметров, которые учитывают пространственно-временное распределение напряженности электрического поля в ядре. Для гауссова волнового пакета параметры ядра, локальные и эффективные, совпадают с соответствующими параметрами, определяемыми по уровню e^{-1} для распределения его интенсивности. Таким образом, введенные параметры являются обобщением общепринятых характеристик гауссова волнового пакета на световую пулю с ядром качественно отличной формы. В летящей световой пуле, например, на длине волны 3.5 мкм,

диаметр ядра составляет 25 мкм, его длительность 20 фс, что соответствует протяженности сгустка световой энергии в направлении распространения — 4 мкм.

Численное моделирование показало, что при распространении световой пули ее ядро периодически сжимается и расширяется в пространстве и времени. При этом синхронно осциллируют все его параметры: радиус, длительность, пиковая напряженность электрического поля и локализованная в нем энергия. Осцилляции параметров происходят за счет изменения сдвига фазы между несущей и огибающей волнового пакета (carrier – envelope phase (CEP)) при распространении световой пули, содержащей несколько циклов оптического поля. Эффект CEP возникает вследствие различия между групповой и фазовой скоростью световой волны. При осцилляциях, вызванных CEP, периодически «cos-мода», при которой максимум напряженности электрического поля совпадает с максимумом огибающей, сменяется «sin-модой», при которой в максимуме огибающей напряженность поля обращается в ноль (рис. 3). Период осцилляций параметров Δz составляет несколько десятков микрометров и уменьшается с ростом несущей длины волны λ_0 , что подтверждено экспериментом.

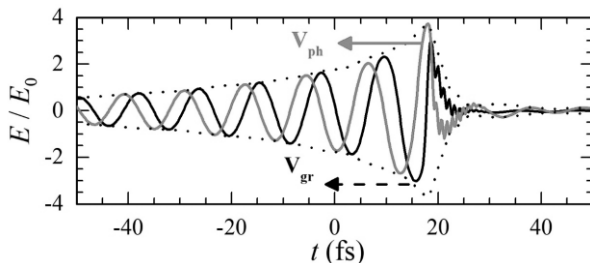


Рис. 3. Смена «cos-моды» (красная кривая) на «sin-моду» (черная кривая) в световой пуле на длине волны 3.35 мкм при распространении в LiF на половину периода осцилляций $\Delta z/2$

Экспериментальные исследования параметров и динамики световых пуль сопряжены с трудностями, вызванными малым пространственным размером и сверхкороткой длительностью. Измеряемая длительность световой пули зависит от диаметра апертуры, выделяющей ее ядро, поэтому результаты, полученные различными методами, различаются в разы. Так, в плавленом кварце на длине волны 1.8 мкм измеренная длительность световой пули лежит в интервале от 13.5 до 46 фс. Кроме того, используемое в большинстве проводимых экспериментов накопление данных от большого количества лазерных вспышек приводит к значительным ошибкам из-за неизбежного разброса параметров лазерных импульсов от выстрела к выстрелу. Эксперименты, проведенные в ИСАН,

позволили избежать этой проблемы, используя данные, полученные с одной лазерной вспышки. Динамика изменения параметров световых пучков при их распространении в диэлектрике исследовалась по изменению концентрации электронов в плазменных каналах или по изменению плотности центров окраски (метод лазерной колорации), наведенных в одноимпульсном режиме при нелинейно-оптическом воздействии световой пули на диэлектрик.

Проведенные эксперименты четко зарегистрировали периодическое изменение эффективности нелинейно-оптического взаимодействия световой пули с диэлектриком из-за осцилляции ее параметров, вызванных СЕР. При этом глубина модуляции параметров тем больше, чем меньше число осцилляций светового поля в ядре световой пули. Изменение максимальной амплитуды напряженности электрического поля в световой пуле при многократной смене «cos» и «sin-мод» приводит к периодическому изменению плотности наведенных ею центров окраски и электронов в лазерной плазме. Распределение интенсивности люминесценции долгоживущих микроструктур из центров окраски вдоль трека световой пули может быть легко зарегистрировано и затем исследовано при последующей подсветке в полосе их поглощения слабым излучением уже после записи (аналогично процессам экспонирования и проявления в классической, ныне уже забываемой, фотографии). К примеру, на рис. 4 приведены изображения треков, записанных в LiF для двух различных длин волн, которые наглядно демонстрируют зависимость периода осцилляций от длины волны воздействующей световой пули. Осцилляции плотности наведенной модификации среды в зарегистрированных треках является надежным индикатором образования световой пули длительностью, близкой к одному периоду оптических колебаний.

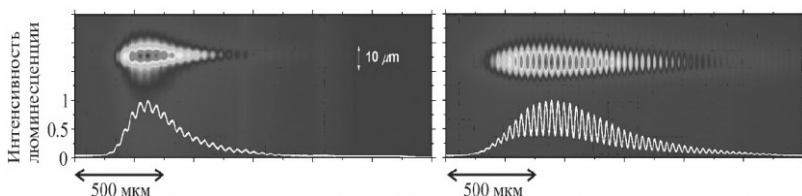
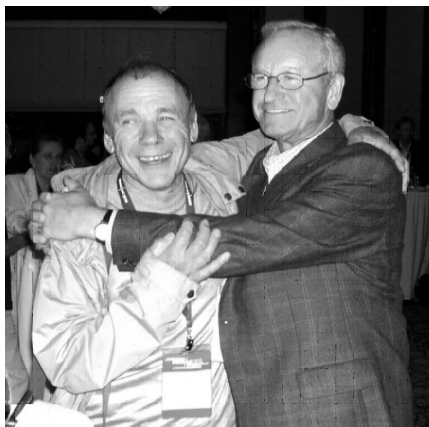


Рис. 4. Пространственное распределение плотности центров окраски в LiF, наведенных световыми пучками на длине волны 2.79 мкм (а), 4 мкм (б) при одноимпульсной экспозиции. Профили плотности на оси изображены белыми линиями

Световые пули, которые характеризуются экстремальной локализацией светового поля и широким спектром, являются новым инструментом в развитии нелинейно-оптических методов исследования с высоким



пространственным и временным разрешением, дистанционных методов широкополосного зондирования, флуоресцентной и эмиссионной нелинейной спектроскопии окружающей среды, в транспортировке энергии высокой мощности на большие расстояния. В настоящее время световые пули исследуются во многих ведущих лабораториях Франции, Германии, США. Значительный успех в изучении световых пуль достигнут в лазерном центре Вильнюсского университета, в создании которого определяющую роль сыграл Альгис Пискаркас, выпускник физического факультета МГУ 1965 г., защитивший в 1969 г. кандидатскую диссертацию под руководством профессора С.А. Ахманова, лауреат Государственной премии СССР 1984 г.



*С.В. Чекалин и А. Пискаркас,
конференция ICONO-2010,*

Литература

1. «Световые пули в прозрачных диэлектриках» Квантовая электроника, **52** (3), 233 (2022)

Профессор В.П. Кандидов, аспирантка Е.Д. Залозная, физический факультет, профессор С.В. Чекалин, Институт спектроскопии РАН

Е.А. ШИРШИН — ЛАУРЕАТ ПРЕМИИ ПРАВИТЕЛЬСТВА МОСКВЫ МОЛОДЫМ УЧЁНЫМ ЗА 2021 ГОД

*К 60-летию научной школы
нелинейной оптики в Московском университете*

Премия старшему научному сотруднику Е.А. Ширшину присуждена за работу «Молекулярный имиджинг с эндогенным контрастом: новые возможности оптики в биомедицинской диагностике».

Евгений Ширшин — воспитанник кафедры квантовой электроники физического факультета МГУ и тем самым школы нелинейной оптики и лазерной физики. На его долю выпало участвовать в



прорыве фотоники сложных органических соединений в медицину. Экспансию оптики в биологию и медицину стимулировал основатель школы Р.В. Хохлов, всемерно поддерживая исследования нашей лаборатории в области фотоники сложных органических соединений. Сначала это были органические красители как активные среды лазеров, затем природные органические соединения и комплексы — фотосинтезирующие организмы, природное органическое вещество, флуоресцентные белки. Затем — транспортные белки плазмы крови альбумины. И, наконец, живые системы. С приходом студента (а затем аспиранта и научного сотрудника) Е. Ширшина в лабораторию процесс внедрения оптических (особенно нелинейно-оптических) методов в медицинскую биофотонику резко активизировался. Сейчас Е. Ширшин — преемник автора заметки на позиции руководителя лаборатории, получившей в последние годы название лаборатории лазерной биофотоники. Им сформирован коллектив молодых талантливых исследователей — студентов, аспирантов и выпускников, который добился впечатляющих успехов в разработке нового междисциплинарного направления — медицинской биофотоники. Присуждение Евгению Ширшину Премии Правительства Москвы — высокая оценка актуальности и результатов этой работы. Ниже — краткая информация о содержании работы, удостоенной премии (на базе заявки, поданной в комиссию по Премиям Правительства Москвы).

Обладая рядом принципиальных преимуществ, оптические методы нашли широкое распространение в исследовании живых систем. Имеют место два ограничения, затрудняющие использование оптической диагностики в клинической практике. Во-первых, глубина зондирования биотканей световым излучением относительно мала. Во-вторых, использование внешних (экзогенных) меток для повышения чувствительности и специфичности детектирования патологических участков тканей затруднено при измерениях на пациентах *in vivo* — при том, что именно создание новых типов меток привело к прорыву в исследовании живых систем с помощью оптики. Таким образом, для дальнейшего внедрения биомедицинской фотоники в клиническую практику было необходимо решить две фундаментальные задачи: (1) выявить новые классы эндогенных (то есть исходно присутствующих в организме) молекул, которые могут служить в качестве контраста при визуализации и диагностике и (2) разработать новые методы и подходы для селективного детектирования сигнала от этих эндогенных молекул.

Несмотря на то, что оптика биотканей и клеток исследуется очень активно, обращает на себя внимание парадокс: в литературе в качестве эндогенных молекул, ответственных за поглощение (хромофоры) и флуоресценцию (флуорофоры) в организме человека, рассматривается список из

всего лишь примерно десяти молекул. Данный факт был обсужден Е. Ширшиным и соавторами в обзоре в журнале «Успехи биохимии» и в ряде приглашенных докладов на центральных конференциях по биофотонике, в частности, в серии лекций Оптического общества Америки (OSA) в 2020 г. При этом для каждой «классической» молекулы-флуорофора или хромофора есть своя ниша применений в биомедицине. Очевидные примеры таких применений — использование сигнала от гемоглобина в носимых устройствах (фитнес-трекеры, пульс-оксиметры, оптическое измерение артериального давления), в диагностике онкологических заболеваний, нейроимиджинге. Аналогично на использовании сигнала флуоресценции молекулы НАД(Ф)Н построен оптический метаболический имиджинг, применяемый в персонализированной онкологии для подбора химиотерапии. Выявление новых классов эндогенных молекул-флуорофоров в организме и исследование их фотофизических свойств является центральной задачей биомедицинской фотоники. Второй задачей является создание новых методов спектроскопии и микроскопии, позволяющих реализовывать молекулярный имиджинг, то есть детектировать сигнал от определенных молекул в клетках.

Изначально объектом исследований в нашей лаборатории были белковые макромолекулы. В 2015 г. фокус исследований сместился на биомедицинскую диагностику, в частности анализ биожидкостей — так, первой работой в этом направлении было выявление дескрипторов диабета в флуоресценции плазмы крови. Далее стало понятно, что традиционных подходов недостаточно для анализа сложных систем и смесей (той же крови), в связи с чем был выполнен поиск оптических флуоресцентных индикаторов конформационных изменений белков. Был предложен новый способ, основанный на выде-



Е. Ширшин за тестированием установки для навигации при литотрипсии в МНОЦ МГУ

лении сигнала от тирозиновых остатков в белках, что позволило диагностировать изменения структуры белков в сложных системах с большей чувствительностью, чем подход, основанный на триптофановой флуоресценции. В 2019 г. данные наработки были применены для создания метода анализа пептид-белковых взаимодействий без меток и применены на системе, исследуемой в ИБХ РАН — комплексах токсинов змей с рецепторами. Также в результате работ 2015–2016 гг., выполненных по заказу компании LG Electronics, был предложен метод анализа белковой компоненты в бытовой пыли с целью создания датчика экспресс-оценки аллергологической опасности в помещении. Было обращено внимание на «неклассическую» синюю флуоресценцию белков, относительно природы которой в литературе имеется несколько гипотез. Такая флуоресценция наблюдается, например, у структурных белков кожи (кератина, коллагена и эластина), а также возникает при агрегации белков в амилоидные фибриллы, которые связаны с патогенезом нейродегенеративных заболеваний. В процессе исследования природы этой флуоресценции были



Члены группы лазерной биофотоники после проведения экспериментов по УЗ и оптическому исследованию кожи в МНОЦ МГУ

получены принципиально новые сведения о флуоресценции биотканей.

Исследование фотофизики синей флуоресценции, возникающей в результате образования амилоидных фибрилл, позволило впервые высказать гипотезу об образовании гетерогенной системы хромофоров в результате окислительных процессов. Методика детектирования фибриллярных структур в клетках с использованием сигнала синей флуоресценции была опубликована в журнале *Angewandte Chemie* совместно с группой из университета



Тель-Авива. Дальнейшие исследования были направлены на выявление механизмов, приводящих к единообразию оптических свойств гетерогенных систем флуорофоров.

Известно, что системы природного органического вещества имеют поразительно похожие спектральные характеристики, несмотря на радикально отличающийся молекулярный состав. Было показано, что аналогичные оптические свойства наблюдаются и в живых системах, в частности в клетках при окислительном стрессе и тканях. На исследование фотофизических механизмов, ответственных за единообразие оптических свойств гетерогенных систем флуорофоров, Е. Ширшиным в 2018 г. был получен грант международного сообщества International Humic Substances Society. Была выполнена серия работ, позволившая установить взаимосвязь молекулярного состава гетерогенных систем флуорофоров и их оптических свойств. Центральной стала статья 2021 г., в которой сообщается об открытии эффекта сверхбыстрого переноса энергии в гетерогенных системах флуорофоров, который эффективно «перемешивает» оптические свойства десятков тысяч разных молекул, входящих в состав системы, и приводит к единообразию их спектральных свойств. Показано, что один и тот же эффект определяет оптику и природного органического вещества, и биофлуорофоров — меланина, окисленных белков, ДНК и липидов. Принципиально важным является факт наличия у гетерогенных систем флуорофоров хвоста поглощения в красной и инфракрасной (ИК) спектральных областях, что отвечает на вопрос о механизме ИК-флуоресценции в тканях.

В 2016 г. в рамках программы МГУ-DAAD «Владимир Вернадский» состоялась стажировка Е. Ширшина в клинике «Шарите» (Германия), специализирующейся на клинической диагностике с использованием биомедицинской фотоники. Сотрудничество с клиникой «Шарите» стало в дальнейшем стратегическим: так, было опубликовано 10 совместных статей в журналах Q1 и разработано несколько новых методов диагностики кожи. Изначально внимание было сфокусировано на методе многофотонной томографии (МФТ), который позволяет проводить 3D анализ ткани *in vivo* с субклеточным пространственным разрешением.

Впервые было показано, как с помощью МФТ проводить диагностику микрососудов и локализовать структурные белки разного типа в ткани, а также описан механизм формирования флуоресценции крови при двухфотонном возбуждении. Далее метод МФТ был использован для анализа отека синдрома на уровне клеток, что легло в основу метода диагностики пациентов с сердечной недостаточностью. Также впервые с помощью МФТ было показано, как можно детектировать и анализировать состояние единичных иммунных клеток у пациентов *in vivo*. Метод

МФТ совместно с методом микроспектроскопии комбинационного рассеяния был также использован для исследования природы ИК-флуоресценции тканей и локализации в них различных молекулярных компонент.



Руководитель направления интраоперационной диагностики группы лазерной биофотоники Г.С. Будылин за измерением гликирования белков кожи на выставке Робоармия-2021

Центральной областью применения полученных результатов является интраоперационная диагностика. По заказу компании IPG Photonics и НТО «ИРЭ Полус» проведены исследования возможности применения оптической диагностики для определения границы опухоли мочевого пузыря в процессе операции *in vivo*. Исследования, выполненные на базе МНОЦ МГУ, показали работоспособность предложенной технологии, что стимулировало создание прототипа прибора для интраоперационной диагностики и запуск клинических исследований. В основе методики лежит, в том числе, эффект ИК-флуоресценции гетерогенных систем флуорофоров. Также ведутся работы по интраоперационной диагностике в ортопедии на базе Сеченовского университета.

Большой пласт работ связан с ГБУЗ г. Москвы «ГКБ № 67 им. Л.А. Ворохобова ДЗМ», где решаются задачи лабораторной диагностики, микробиологии и интраоперационной диагностики. По результатам исследований ведется внедрение технологий совместно с АНО «Московский центр инновационных технологий в здравоохранении». Реализован



также целый спектр технологий для «прикроватной» диагностики, в частности система для анализа мочи с помощью смартфона, приборы для неинвазивного определения содержания воды в тканях и гемоглобина в крови.

В.В. Фадеев, профессор кафедры квантовой электроники

СТУДЕНЧЕСКАЯ ЖИЗНЬ В ВЕСЕННЕМ СЕМЕСТРЕ

Новый семестр — новые студенческие достижения!

Эта весна для Профкома студентов началась конкурсом на лучшее Профбюро города Москвы. В течение 2 дней 9 команд из разных вузов города рассказывали о работе своего профбюро, представляли инфографики, отвечали на правовые вопросы и соревновались в различных конкурсах. Выступлению предшествовала серьезная и продолжительная подготовка, все конкурсанты сильно углубили свои знания в законодательстве, относящемся к сфере образования.

Команда Профкома студентов физического факультета заняла на Московском этапе второе место, показав отличный результат и составив серьезную конкуренцию командам других вузов.

Не забывали и о традиционных мероприятиях на физфаке. 1 апреля в Центральной физической аудитории прошла XII Псевдонаучная конференция. В течение последних двух лет в связи с эпидемиологическими ограничениями мероприятие не проводилось на физическом факультете, но в этом году оно все-таки вернулось на историческую площадку – в ЦФА. Конференция пользовалась большой популярностью: было подано 40 заявок на участие и отобрано 6 лучших докладчиков, которые выступили на мероприятии. Послушать серьезные доклады на юмористические темы собрались более 150 гостей конференции.

Победителем Псевдонаучной конференции стал студент 1 курса физического факультета Артём Братяшин, который представил свой доклад «Влияние солнечной активности на распространение напитков в мире». Победителями в номинациях стали представительницы СПбГУВМ Анна Соловьева и Елизавета Малышничева и преподаватель механико-математического факультета МГУ Александр Шкляев.

Весенний семестр не обошелся и без традиционных выездных мероприятий. Уже совсем скоро, с 15 по 17 апреля, пройдет школа актива «Профсоюзная учеба». Больше двух дней первокурсники-участники будут слушать лекции, посещать мастер-классы и интенсивы.



Программа включает в себя 4 направления на выбор: Управление проектами, Коммуникативные навыки, Медиа и Техника. На них участники смогут получить навыки для запуска своих проектов и умение брать на себя роль лидера в любой жизненной ситуации. Они научатся работать в команде, вести переговоры и управлять своим временем, а также от-



кроют для себя основы медиа-работы и работы с техникой. Помимо насыщенной образовательной программы, ребята ждут увлекательные квесты, общение с администрацией факультета, знакомство с самыми активными однокурсниками и множество положительных эмоций.

Это только несколько самых крупных событий этой весны. Мы не останавливаемся на достигнутом и стараемся делать жизнь на факультете интереснее и насыщеннее, себя компетентнее и профессиональнее, а качество нашей помощи студентам выше!

Студентка 4 курса Ерохина Мария

«АРХИМЕДУ» 60 ЛЕТ

*Навстречу 270-летию МГУ
Навстречу 90-летию физического факультета*

Время помнить, время вспоминать. Вспомнить лучшие годы, светлые, радостные, лучезарные... Именно таким жизнерадостным настроением были пропитаны дружеские встречи моих ровесников весной и осенью прошлого года, так или иначе причастных к праздничным событиям тех дальних лет на физфаке.

Организатором встреч была Светлана Ковалева, руководитель и режиссер легендарной оперы «Архимед». Первым режиссером этой оперы был славный Степан Солуян, потом коллектив архимедовцев после выдворения с факультета (было в нашей истории и такое) принял на свое попечение в Курчатовском институте Юрий Гапонов, в прошлом секретарь Комитета ВЛКСМ факультета и начальник штаба 2-го праздника «День рождения Архимеда» в 1961 г. Светлана Ковалева исполняла в опере искрометные балетные номера, увлекавшие зрителей, друзей-исполнителей и поэтов, с одним из которых, Геной Ивановым, она связала свою жизнь. Гена писал прекрасные стихи, обеспечивал семью профессиональными трудами физика и летними подработками, как тогда водилось, в Сибири, на Сахалине, Курилах, на Камчатке и прочих Северах. Светлана Ковалева окончила физический факультет и успешно трудилась по своей специальности, стала кандидатом физ.-мат наук, ведущим научным сотрудником Курчатовского института. Но одновременно она проявила незаурядный литературный талант, в художественном изложении написала немало книг, в том числе о своих друзьях-физиках и физическом факультете, была избрана членом Союза писателей России.



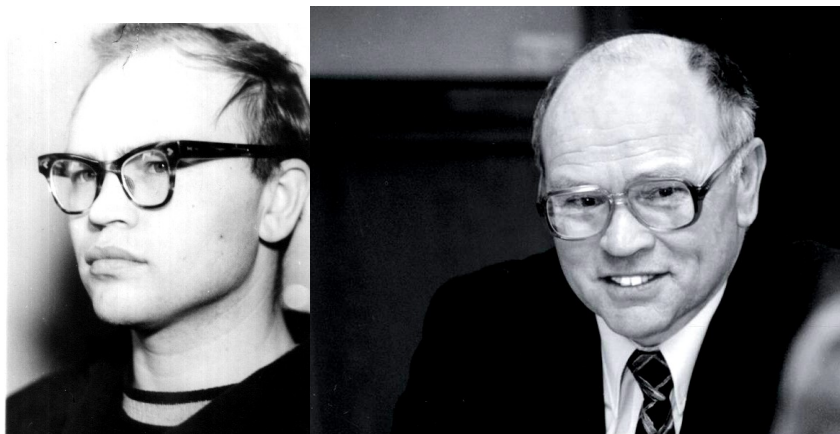
Светлана Ковалева (1980 г. и 2021 г.)

Вот и эти товарищеские юбилейные встречи были организованы Светланой Ковалевой по случаю выхода в свет ее книг под названием «„Архимеду“ — 60 лет» (имелось в виду — 60 лет опере «Архимед») и «Толя», посвященной Анатолию Прохорову, напарнику Светланы по балетным номерам в опере «Архимед».



«Архимедовские» книги Светланы Ковалевой

Собственно, эти произведения были составлены не только из собственных повествований Светланы, но также из рассказов ветеранов архимедовского движения, литературно обработанных ею как автором-составителем. Было приятно, что написать первый в книге «Архимеду — 60 лет» вводный рассказ Светлана поручила мне как руководителю подготовки и проведения в 1962 г. ставшего тогда ежегодным 3-го празднования дня рождения Архимеда (должность моя называлась «начальник штаба праздника „День рождения Архимеда“»).



Юрий Пирогов (1962 г. и 2020 г.)

Известно, что первый День Архимеда отмечался в 1960 г. по инициативе первопроходцев физиков-строителей (первый студенческий строительный отряд — ССО — отправился на целину в 1959 г.). Начальником штаба первого архимедовского праздника был замсекретаря Комитета ВЛКСМ физфака мой сокурсник Анатолий Широков, который включил в программу праздника написанную известными нашими поэтами Канером и Миляевым и поставленную Степаном Солюяном оперу «Архимед». Тогда же была сформирована ставшая традиционной структура праздника — представление на ступеньках физфака с отчетами Архимеду студентов различных курсов, торжественное шествие колонны участников во главе с Архимедом вокруг здания физического факультета, спортивные соревнования, аудиторные беседы и вечернее представление оперы «Архимед» в ДК МГУ.

Наши прошлогодние встречи были устроены в Центральном доме литераторов (ЦДЛ), где когда-то после очередного («моего») архимедовского праздника в мае 1962 г. состоялось по приглашению Константина Симонина знаменитое представление оперы «Архимед». В том году я как секретарь комитета комсомола физфака и начальник штаба по проведению праздника отвечал за организацию этого представления и в ЦДЛ. На первой из теперешних встреч мне снова довелось рассказать об этом легендарном представлении оперы, о неоднозначной реакции собравшихся там литераторов, которые вначале никак не могли включиться в понимание физических каламбуров, слушали первое действие в гробовой тишине, но затем, увлеченные самозабвенным исполнением наших артистов, стали

бурно аплодировать, откликаясь на лихие и столь необычные для литературно-музыкальной классики развороты оперных событий. Мастерство исполнения и оригинальное содержание сцен поистине завораживало зрителей — по окончании представления артистов провожали нескончаемыми овациями, не желая расставаться с таким необычным исполнительским коллективом. Затем состоялась неформальная дружеская беседа с литераторами в кулуарах. Константин Симонов попросил принести из буфета ЦДЛ ящик коньяка, были музыка, песни и танцы. Светлану Ковалеву, приму балетной группы, пригласил сам Симонов и исполнил с нею незабываемо вдохновенный танец. Потом он оказался рядом со мной на диване, где мне представилась возможность поговорить с ним тет-а-тет о впечатлениях от увиденного на архимедовской сцене. Я попросил Симонова написать об этом в моей оказавшейся под рукой записной комсомольской книжке. Он с удовольствием согласился и живо изобразил (см. факсимиле этой записи):



Да, АРХИМЕД - я!!!

*23 января 2010 г., театр «Экспромт»,
«Да, Архимед я!»*

Андрей Широков в роли Архимеда

«Что такое опера я не знаю, являясь человеком малограмотным в музыкальном отношении (в остальном это не вполне выяснено). Опера «Архимед» моя любимая опера, может быть еще и потому, что других я не смотрел (или не слушал — так, кажется?).

Всё, с товарищеским приветом, Ваш К. Симонов»

К сожалению, на смену оттепели 60-х гг. пришли более строгие времена 70-х с запретом на несколько лет празднования Дня рождения Архимеда. Праздник все же возродился несколько позднее как День физика

и стал, как и прежде, отмечаться ежегодно в середине мая. Последний перед ковидной пандемией День физика состоялся в 2019 г. с представлением на ступенях физфака обновленной версии оперы «Архимед» под руководством теперешнего юного режиссера Виктории Радовской.

Завершая рассказ о прошлогодних юбилейных сходках в ЦДЛ, отметим, что Светлана Ковалева пригласила туда тех бывших исполнителей главных ролей в опере «Архимед», которые имели возможность в эти дни повидаться. Конечно, собрать удалось не всех — «иных уж нет, а те дале-че!» Но пришли и исполнили прекрасно сохранивши-мися голосами свои коронные арии Андрей Широков (Архимед), Сергей Чекалин (Бахус), Владимир Гребняк (тоже в прошлом Архимед), Ирина Сокольская (Венера), Сергей Пулинец (бывший Аполлоном и Марсом). Затаив дыхание, мы слушали фортепьянные дивертисменты талантливого пианиста и композитора Димы Гальцова, к тому же всемирно известного ученого-физика. Особенно трогательны были слова, произнесенные в честь недавно ушедшего от нас Анатолия Прохорова — выпускника физфака, ярчайшего балетного артиста, автора выразительных поэтиче-ских строк, выдающегося телевизионного режиссера, создавшего на оте-чественном голубом экране «Смешарики», удостоенные Государственной премии России. Потому и книжку Светланы Ковалевой о нем «Голя» можно увлеченно читать, не отрываясь и многократно восхищаясь вы-вертам ума его уникальной на выдумку творческой натуры. Вспомнили и ушедших в мир иной наших товарищей — Геннадия Иванова, Валериев Канера и Миляева, Анатолия Широкова, Юрия Гапонова, Александра

Это такое опера
я не знаю, являясь
человеком малогра-
мотным в музыкаль-
ном отношении и вер-
няка (воспалитель-
но не в том смысле)

Опера «Архимед»
моя любимая опера
Фонсет будет
еще и кому-то
что дружи я не
смотрел (или
не слушал - так
кажется?)

Все -
с твоим приветом
Ваня К. Симо

Кессениха и других «архимедовских» корифеев, во славу которых пусть исполнится наша осанна...



*Новые Архимед (М.Г. Гапочка), Марс (Максим Щербаков)
и Бахус (Александр Макуренков). 2019 г.*

Профессор Ю.А. Пирогов



СЕМЕН ЭММАНУИЛОВИЧ ХАЙКИН

08.08.1901 – 30.07.1968

*Навстречу 270-летию МГУ.
Навстречу 90-летию физического факультета*

Радиофизик. Окончил физико-математический факультет МГУ (1928). Участник Гражданской войны. В 1919 г. С. Э. Хайкин



добровольно вступил в Красную Армию и служил в учреждениях и войсках связи, где занимал различные командные и технические должности. В Красной Армии С. Э. Хайкин прослужил до мая 1924 г. В 1920 г. был на западном фронте и участвовал в войне с белополяками в качестве начальника полевой радиостанции и помощника начальника связи дивизии по радио.

Доктор физико-математических наук (1935), ученая степень присуждена по совокупности работ без защиты диссертации. Профессор (1935–1946), заведующий кафедрой физики колебаний (1935–1938), заведующий кафедрой общей физики (1938–1946), декан (1935–1937) физического факультета. В Московском университете читал лекции по фундаментальным проблемам радиофизики.

Председатель Комиссии по радиоастрономии Астрономического Совета АН СССР. Член бюро Совета по комплексной проблеме «Радиоастрономия» АН СССР. Член редколлегии журналов «Радиотехника», «Астрономический журнал» и др.

Награжден орденом Трудового Красного Знамени (1953), золотой медалью им. А.С. Попова (АН СССР, 1965).

Область научных интересов: теория колебаний и теоретическая радиотехника. Основоположник отечественной экспериментальной радиоастрономии. Большое внимание уделял теории нелинейных колебаний. Рассмотрел процессы перехода от гармонических колебаний к релаксационным, установил влияние паразитных параметров на устойчивость стационарных динамических систем, осуществил теоретическое и экспериментальное изучение явления «захватывания» частоты в акустике, разработал метод «затягивания» частоты для измерения поля излучения радиостанций. Значительный этап его жизни связан с разработкой радиоастрономической аппаратуры и методов радиоастрономических наблюдений.

В 1947 г. возглавил научную экспедицию в Бразилию, где впервые были произведены радионаблюдения затмения Солнца.

Под его руководством в Крыму была создана первая радиоастрономическая обсерватория ФИАН.

В 1953 г. создал в Пулковской обсерватории отдел радиоастрономии, которым заведовал до конца жизни. Инициатор проведения радиоастрономических исследований в сантиметровом и миллиметровом диапазонах волн. Руководил разработкой гигантского радиотелескопа РАТАН–600, диаметр которого составлял 600 м. Работая в Пулковской обсерватории, стремился связать радиоастрономию с астрономией оптической.

В 1970 г. Комитет по делам изобретений и открытий СССР зарегистрировал с приоритетом 28 октября 1947 г. открытие, сделанное Папа-

лекси, Хайкиным и Чихачевым об экспериментальном открытии радиоизлучения солнечной короны.



Стенд в библиотеке физического факультета, посвященный 120-летию со дня рождения С.Э. Хайкина

Последняя научная статья «Рефлектор радиотелескопа с разрешающей способностью 15 секунд дуги» была опубликована в 1969 г. уже после смерти С.Э. Хайкина.

С.Э. Хайкин умер 30 июня 1968 г. и похоронен на мемориальном кладбище Пулковской обсерватории, которое находится на ее территории.

Основные труды: «Что такое силы инерции (физическое введение в механику)» (Гостехиздат, 1940, 120 с.); «Теория колебаний» (совм. с А.А. Андроновым и А.А. Виттом, М.: Наука, 1981, 568 с.); «Физические основы механики» (М.: Наука, 1971, 751 с.); «Электромагнитные колебания и волны» (М.–Л.: Госэнергоиздат, 1959, 256 с.).

*По материалам
«Энциклопедии Московского университета. Физический факультет»
зав. библиотекой физического факультета МГУ Зуева В.М.*



ВЕРНЕР ГАЙЗЕНБЕРГ

5.12.1901 — 1.02.1976

29 июля 1925 года — день появления на свет квантовой теории. В этот день в редакцию журнала *Zeitschrift für Physik* поступила статья В. Гайзенберга с изложением основных положений «матричной механики». Так что в июле этого года нас ждёт круглая дата — 97 лет со дня открытия квантового мира. (97 — наибольшее простое число, не превышающее сотню.)

Когда знакомишься с самыми выдающимися открытиями в теоретической физике, то невольно делишь их на те, которые кажутся неизбежными, подготовленными всем предыдущим развитием данной области физики, и на те, которые взялись как бы «ниоткуда». Это деление основано не на важности полученного результата (все они очень важные), а на ширине пропасти, которую пришлось перепрыгнуть автору открытия. Разумеется, при таком прыжке автор откуда-то прыгал, то есть на что-то опирался. Но если у вас достаточно воображения, и вы понимаете тот историко-физический контекст, в котором все это происходило, то в некоторых случаях вас с неизбежностью охватывает оторопь и восхищение.

Примером прыжка через не очень широкую пропасть является специальная теория относительности. Сам Эйнштейн говорил, что появление специальной теории относительности было неизбежным, эти идеи назрели и носились в воздухе. И если бы Эйнштейн не написал свою знаменитую работу, то кто-нибудь другой с неизбежностью пришел бы к тем же самым выводам, что и Эйнштейн, и сформулировал бы основные положения специальной теории относительности. Это могло случиться на пару лет позже, но не на пару десятилетий позже.



А вот общая теория относительности, напротив, взялась «ниоткуда». Понадобилось взаимодействие физика Эйнштейна и математика Гильберта, чтобы родилась эта теория гравитационного взаимодействия. Сейчас она кажется «естественной», подтверждена экспериментально с весьма высокой точностью, но если взглянуть на неё, исходя из представлений начала прошлого века — то это прыжок немислимой дальности и точности.

И уравнение Дирака — тоже пример теории, родившейся на пустом месте, это был прыжок на пару десятилетий вперед. Ведь сначала даже сам Дирак полагал, что позитрон — это вовсе не позитрон, а протон. И что масса у этого якобы протона отличается от массы электрона «за счет какого-то взаимодействия». И только открытие позитрона поставило всё на свои места.

Еще одним примером прыжка через **чрезвычайно широкую пропасть** является матричная механика Гайзенберга.

В своей работе Гайзенберг исходил из комбинационного принципа Ритца: частоты излучения атома нумеруются двумя целыми числами, причем действует закон композиции:

$$\omega_{kn} = \omega_{km} + \omega_{mn}$$

Понятно, отчего получается такой закон — частота каждого перехода есть разность энергий начального и конечного состояний, делённая на постоянную Планка:

$$\omega_{kn} = (E_k - E_n) / \hbar$$

Каждая линия обладает определенной интенсивностью. Если считать, что излучение атома как-то связано с движением электрона, то получается, что движение электрона в атоме тоже должно характеризоваться величиной, которая нумеруется двумя индексами — величиной x_{kn} , и эта величина должна колебаться с частотой ω_{kn} . И именно величина x_{kn} определяет интенсивность данной линии I_{kn} . При этом закон композиции частот будет выполнен, если перемножение величин x_{kn} будет идти по законам матричного умножения:

$$(x^2)_{kn} = \sum_m x_{km} x_{mn}$$

Умножение получается некоммутативное, так что описание движение электрона в атоме идет вовсе не с помощью числа $x(t)$, зависящего от времени. Более того, Гайзенберг показал, что если бы такое число $x(t)$ существовало, то нарушался бы закон композиции частот, а его нарушать нельзя: комбинационный принцип Ритца — это твёрдо установленный



экспериментальный факт. Так что главным и абсолютно фундаментальным выводом, сделанным в статье, являлось утверждение, что у электрона в атоме траектории нет, то есть, нет числа $x(t)$, описывающей движение электрона. Зато есть **матрица** (оператор) x_{km} , описывающая движение электрона в атоме.

Смелость этой гипотезы поражает воображение. Любому грамотному физику в те времена было известно, что электроны в камере Вильсона следы оставляют. То есть траектории у электронов вроде бы есть. Это соображение было известно самому Гайзенбергу в момент написания статьи. И это было первое возражение, которое приходило в голову любому оппоненту. Эйнштейн, беседуя с Гайзенбергом, первым делом спросил его именно об этом — отчего же Гайзенберг отрицает существование траекторий в атоме, когда эти траектории хорошо видны в камере Вильсона. Всё, что мог тогда ответить Гайзенберг — это что траекторий электронов вот именно в атоме никто пока не видел, зато частоты линий излучения и интенсивности этих линий — это наблюдаемые на эксперименте вещи.

В работе Гайзенберга было получено каноническое коммутационное соотношение между матрицами (операторами) координаты и импульса и проквантован осциллятор. Дирак в том же 1925 г. указал на аналогию между гамильтоновыми уравнениями движения (которые формулируются в терминах скобок Пуассона) и уравнениями Гайзенберга для матриц (которые формулируются в терминах коммутаторов). Паули в 1926 г. нашел спектр кулоновской задачи, исходя исключительно из матричной механики, без всякого уравнения Шрёдингера.

Надо сказать, что после выхода работы Гайзенберга появление уравнения Шрёдингера было вопросом времени. Гильберт, знакомясь с идеями матричной механики, заметил, что матрицы обыкновенно появляются в краевых задачах для дифференциальных операторов. Замечательно, что идеи, использованные Шрёдингером при написании цикла его работ (1926 г.), впоследствии оказались совершенно неправильными. В особенности оказалась неправильной его интерпретация волновой функции. Но это совершенно не отменяет важности его фундаментального открытия — оказывается, матрицы (операторы) матричной механики можно реализовывать как операторы умножения (координата) и дифференцирования (импульс). Сейчас-то мы понимаем, что это не только можно, но и нужно делать — иначе большинство практически важных задач квантовой механики решить не получится.

Сам Шрёдингер сначала полагал, что он открыл новый способ описания квантовых явлений, и даже появился термин «волновая механика». Однако уже в третьей из работ цикла Шрёдингером было показано, что матричная механика в точности эквивалентна «волновой механике». Появление уравнения Шрёдингера было огромным достижением. А вот ин-

терпретация волновой функции, входящей в это уравнение, поначалу была совершенно неправильной. Ведь был чрезвычайно большой соблазн рассматривать волновую функцию как некоторое материальное поле, надобие максвелловского электромагнитного поля. Тогда непривычная картина нового квантового мира хотя бы до некоторой степени входила в рамки относительно привычных, почти классических представлений. Ну вот, есть еще одно **материальное** поле, вроде электромагнитного, которое удовлетворяет некоторым уравнениям движения. Замечательно, что эхо этих классических представлений живет до сих пор. Это проявляется как абберация в восприятии смысла волновой функции. Если взять, скажем, основное состояние для атома водорода, то так и кажется, что электрон — это облачко, которое «размазано» вокруг ядра, причем плотность облачка равна

$$|\Psi|^2 = N \exp(-2r/a_0),$$

где a_0 — Боровский радиус. А это совсем неправильная картина. Если бы это было так, то «кусочки» электрона, расположенные слева от ядра, электростатически взаимодействовали бы с «кусочками» электрона, расположенными справа. А такого взаимодействия не наблюдается. Электрон — это **точка**, которая находится **неизвестно где**, и $|\Psi|^2$ — это все-навсего плотность вероятности найти эту точку в данном месте.

Понимание того, что волновая функция Ψ — это вовсе не материальное поле, а «амплитуда вероятности», пришло благодаря работе М. Борна, вышедшей в 1926 году. В самой работе использовались другие термины — «призрачное поле» (это понятие ввел Эйнштейн, чтобы как-то связать поведение квантов света с электромагнитным полем) и «ведущее поле» — то есть нечто, не обладающее «материальностью» (в том смысле, что оно не несет ни энергии, ни импульса), но зато это нечто удовлетворяет уравнению движения (уравнению Шрёдингера), и это нечто определяет поведение квантовой частицы. Борн прекрасно понимал парадоксальность своей идеи — в то время как движение частицы описывается вероятностным распределением, то есть является «случайным» (координата частицы не имеет определенного значения), в эволюции самой амплитуды вероятности торжествует детерминизм — она меняется во времени согласно уравнению Шрёдингера. В статье было выписано выражение для среднего значения некоторой физической величины, которая описывается оператором A :

$$\langle A \rangle = \int dx \Psi^*(x) A \Psi(x)$$

Эта формула как раз и позволяет правильным образом интерпретировать роль волновой функции в квантовой теории. В общем-то, работа



Борна до некоторой степени завершила тот прыжок из классического мира в квантовый, который начал Гайзенберг. Довольно странно, что Нобелевскую премию за вероятностную интерпретацию волновой функции Борну дали с задержкой на 28 лет — в 1954, а не в 1932 г., когда Нобелевскую премию получили Гайзенберг и Шрёдингер.

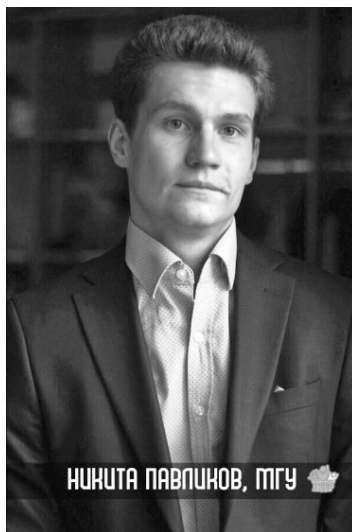
Разумеется, работа 1925 г. — это совсем не единственная работа Гайзенберга. Он внес очень большой вклад и в физику ядра, и в квантовую теорию поля, и в физику твердого тела. Но всё-таки самой фундаментальной, самой поражающей воображение и самой важной для последующего развития теоретической физики, является именно работа W. Heisenberg, *Zeits. f. Physik*, (1925), **33**, 879.

Профессор Силаев П.К.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СЛУЖБА ФАКУЛЬТЕТА «МЕДИАЦЕНТР»

Чуть более года назад на факультете появился Медиациентр — информационная служба, которая занимается сбором и распространением информации о физфаке. Освещение событий и новостей идёт через официальные ресурсы: социальные сети и сайт физического факультета. Это важно для того, чтобы студенты и сотрудники вовремя получали информацию и имели возможность наблюдать за жизнью физфака в режиме онлайн. Сейчас в Медиациентре работает молодая команда из трёх сотрудников.

Аккаунты в социальных сетях у физического факультета появились несколько лет назад, но за время существования Медиациентра они сильно изменились: были введены рубрики, появилось современное визуальное оформление, а новости стали публиковаться чаще. Общая аудитория социальных сетей физфака выросла до 11 000 подписчиков: среди них абитуриенты, студенты, сотрудники и выпускники факультета. Группа «ВКонтакте» и «Телеграм»-канал позволяют всегда быть на связи с аудиторией — любой читатель может написать в сообщения группы или оставить комментарий. Это позволяет сотрудникам Медиациентра



центра быстро отвечать на вопросы студентов и абитуриентов, а значит делать физфак более открытым.

«Для любой организации очень важно оставаться на связи со своей аудиторией. Самый эффективный и популярный способ это сделать — присутствие в соцсетях. Именно поэтому у факультета возникла потребность активно продвигать физфак на разных онлайн-площадках», — рассказывает руководитель Медиациентра Никита Владимирович Павликов.

В аккаунтах факультета активно выкладываются не только новости о формате обучения, но и объёмные статьи о лабораториях, научных исследованиях. Здесь студенты узнают о запланированных встречах с кафедрами, о научных конференциях и других событиях факультета. А ещё Медиациентр ведёт исторические рубрики и пишет о людях университета.

Помимо сбора и размещения информации о факультете, Медиациентр занимается созданием фирменного стиля. Например, теперь у факультета есть официальный брендбук — там собраны варианты фирменных шрифтов, эмблем и символики, разработанные в сотрудничестве с профессиональными дизайнерами. Если вам нужны графические элементы для оформления материалов в корпоративном стиле или готовые шаблоны презентаций, вы можете найти и скачать их на сайте факультета. Постепенно обновляются и эмблемы кафедр. Теперь существует единый шаблон, который отражает как специфику каждой кафедры, так и их принадлежность к физическому факультету. Медиациентр также занимается съемкой фото- и видеоматериалов как для публикаций в соцсетях и пресс-релизов, так и для нужд кафедр и других подразделений.

Чем Медиациентр может вам помочь? Сотрудники могут разместить ваш материал на факультетских ресурсах (социальные сети, сайт факультета) а также подготовить информацию о вашем исследовании для пресс-

службы факультета и дальнейшего распространения в СМИ. Вы можете присылать новости о конференциях и мероприятиях на факультете, о встречах на кафедре, о темах курсовых работ, о наборе на кафедру, о научном исследовании, научной группе или лаборатории, об учебе на факультете и читаемых курсах.

Всю информацию присылайте на почту Медиациентра:
mediacenter@physics.msu.ru



СОВЕТСКИЙ ФИЗИК

4(156)/2022

(май–июнь)



ОРГАН УЧЕНОГО СОВЕТА, ДЕКАНАТА
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
2022

**ПОЗДРАВЛЕНИЕ ВЫПУСКНИКОВ
ДЕКАНОМ ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
ПРОФЕССОРОМ Н.Н. СЫСОЕВЫМ**

Дорогие выпускники физического факультета!



Поздравляю вас с величайшим событием в вашей жизни — с окончанием Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова!

Здесь вы получили глубокие знания, развили творческие способности, научились отстаивать свои взгляды и убеждения. Я уверен, что все выпускники найдут достойное применение своих талантов.

С честью носите звание выпускника Московского университета! Мы ждем от вас многого, надеемся на вас — на то, что вы приумножите достижения предыдущих поколений выпускников, что внесете достойный вклад в развитие мировой науки, на

ваш будущий труд на благо нашей Родины, на то, что благодаря вам мир станет хотя бы чуточку добрее, осмысленнее, прекраснее.

У нашего факультета есть много замечательных традиций, одна из них — встречи выпускников, поэтому не прощаемся, ждем вас снова, будем рады!

Желаю вам найти свое место в жизни, посвятить себя любимому делу, счастья вам, любви, веры в свои силы!

Храните ту дружбу, которая родилась в стенах университета! Счастливого пути, дорогие наши выпускники!

*Декан физического факультета МГУ
профессор Н. Н. СЫСОЕВ*

**МГУ ВОШЕЛ В ТОП ЛУЧШИХ ВУЗОВ МИРА**

Опубликован новый RUR World University Ranking, оценивающий работу высших учебных заведений по всему миру. По сравнению с прошлым годом МГУ имени М.В. Ломоносова значительно укрепил свои позиции, поднявшись сразу на 21 пункт и заняв 70 место в общем зачете и 29 место по качеству образования. Московский университет по-прежнему остается лидером национального университетского сообщества, а также, по мнению составителей рейтинга, обеспечил себе место в мировой Бриллиантовой университетской лиге.

«Рост МГУ в ведущих международных рейтингах является важным ориентиром для всех университетов страны, демонстрирует устойчивость и динамику развитию российского высшего образования в целом, — подчеркнул ректор Московского университета академик В.А. Садовничий, комментируя итоги рейтинга. — Особенно важно, что мы вошли в тридцатку лучших вузов мира по качеству подготовки. Надеюсь, это оценят наши абитуриенты и те из выпускников, кто еще только думает, куда поступать в этом году для продолжения образования. Сегодня университет успешно реализует программу развития, строит современную инновационную экосистему в нашем научно-технологическом центре — Долине МГУ. Наши междисциплинарные научно-образовательные школы по перспективным исследованиям в сфере генетики, Арктики и Антарктики, искусственному интеллекту, программному обеспечению, исследованиям климата стали эффективными механизмами повышения синергии образования и науки. Вместе с промышленными партнерами Московский университет продолжает разворачивать проекты, связанные с импортозамещением критически важных технологий, отдельных элементов независимости нашей страны в научно-технической сфере».

За 13 лет в рейтинге Round University Ranking приняли участие 1300 ведущих университетов из 85 стран. Каждое учебное заведение оценивается по 20 тщательно отобранным показателям, представляющим четыре основные миссии: преподавание, исследования, интернационализация, финансовая устойчивость. Рейтинг ориентирован на предоставление актуальной информации о мировом высшем образовании для принятия взвешенных решений абитуриентами и студентами, исследователями и представителями академического сообщества, органами власти, промышленности и бизнеса, ректорского корпуса.

<https://www.msu.ru/news/mgu-voshel-v-top-luchshikh-vuzov-mira.html>

ПОЗДРАВЛЯЕМ ПАВЛА КОНСТАНТИНОВИЧА КАШКАРОВА!

5 июня 2022 г. исполнилось 75 лет заслуженному профессору МГУ заведующему кафедрой общей физики и молекулярной электроники Павлу Константиновичу Кашкарову



П.К. Кашкаров родился в семье научных работников. После окончания с отличием физического факультета МГУ он с 1971 г. работает на кафедре общей физики и молекулярной электроники, с 1991 г. в долж-



ности профессора, с 1992 г. по настоящее время — в должности заведующего этой кафедрой. Кандидатскую диссертацию Павел Константинович защитил в 1975 г., докторскую — в 1990 г. С 1997 по 2007 гг. профессор Кашкаров являлся заместителем декана физического факультета МГУ по научной работе. В 2007 г. он был приглашен на должность заместителя директора в Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», с 2016 г. он — помощник Президента указанного центра.

Павел Константинович Кашкаров более 30 лет возглавляет кафедру общей физики и молекулярной электроники, на которую помимо научно-педагогической деятельности в рамках физического факультета возложено преподавание общей и теоретической физики студентам химического факультета. Им совместно с коллегами разработана Программа по физике для студентов химических факультетов университетов, которая принята как основная в РФ, а также магистерская программа «Физика наносистем», в рамках которой ведется подготовка студентов и аспирантов на кафедре. По общим и специальным курсам физики им написаны 23 учебных пособия, в том числе «Механика и электромагнетизм», «Задачи по курсу общей физики с решениями», «Оптика твердого тела и систем пониженной размерности» и др. Павел Константинович постоянно ведет работу по совершенствованию преподавания физических дисциплин.

П.К. Кашкаров — блестящий лектор. Он с успехом более 20 лет читал общий курс физики для студентов химического факультета. Павел Константинович создал и читает два спецкурса, проводит семинарские занятия. Студенты неизменно высоко оценивают его педагогическое мастерство. Под его руководством защищены 23 кандидатские диссертации, выполнены десятки дипломных работ. Шестеро его учеников защитили докторские диссертации. *В 2006 г. профессору П.К. Кашкарову была присуждена премия имени М.В. Ломоносова за педагогическую деятельность.*

В 2009 г. при активном участии профессора Кашкарова в МФТИ был создан новый факультет — нано-, био-, информационных и когнитивных технологий, которым он руководил около 10 лет. *Эта деятельность в 2012 г. была отмечена Премией Правительства Российской Федерации в области образования.*

Много сил профессор Кашкаров отдает работе со школьниками. При его непосредственном участии в городе Москве в 2011 г. был запущен «Курчатовский проект», предполагающий существенное переоснащение школьных лабораторий, придание образованию междисципли-

нарного характера. *Правительство города Москвы высоко оценило эту работу присуждением ему Премии города Москвы в области образования в 2019 г.*

П.К. Кашкаров — крупный специалист в области физики твердотельных систем пониженной размерности, включая оптику таких систем. Он создал научную школу, хорошо известную в России и за рубежом. Среди наиболее важных результатов его исследований можно отметить следующие.

Подробно исследованы процессы взаимодействия импульсного лазерного излучения с поверхностями как монокристаллов, так и бинарных полупроводников. Показано, что модификация свойств поверхности обусловлена тепловым, электронным и деформационными факторами лазерного воздействия, предложена физическая модель таких процессов и построена теория, предсказывающая возможность явления самоорганизации лазерно-индуцированных дефектов в периодические структуры. Экспериментально обнаружены предсказанные эффекты. Результаты этого цикла имеют принципиальное значение для разработки лазерных технологий в микро- и наноэлектронике.

За указанный цикл исследований в 1998 г. П.К. Кашкаров с соавторами удостоен премии имени М.В. Ломоносова за научную работу первой степени.

Изучены электронные и оптические явления в кремниевых квантовых системах. Показано, что наличие диэлектрического ограничения в таких объектах обуславливает исключительно высокие значения энергии связи экситонов по сравнению со случаем массивного образца. Обнаружено, что указанными энергиями можно управлять, заполняя пространство между нитями диэлектрическими жидкостями.

При помещении полупроводниковых квантовых нитей в среду, содержащую донорные или акцепторные молекулы, можно в широких пределах изменять концентрацию свободных носителей заряда, т.е. производить поверхностное легирование нитей. Предложены прототипы сенсоров на различные молекулы. *Этот цикл работ, выполненных под руководством П.К. Кашкарова, отмечен в 2002 г. Государственной премией РФ в области науки и техники.*

Также в группе профессора Кашкарова выполнены исследования процессов переноса энергии от кремниевых нанокристаллов к ионам (Er^{+3}) и молекулам (O_2). Показано, что системы, содержащие в диэлектрической матрице кремниевые наночастицы и ионы Er^{+3} , могут быть использованы как оптические усилители с токовой накачкой. Обнаруженный процесс фотосенсибилизации перехода молекулы кислорода из неак-



тивного (триплетного) состояния в активное (синглетное) может быть использован для терапии онкологических заболеваний. Первые эксперименты на клетках полностью подтвердили эту возможность.



Сотрудники кафедры общей физики и молекулярной электроники

Все работы, проводимые в группе П.К. Кашкарова, поддерживаются как российскими (РФФИ, РНФ Минобрнауки РФ), так и международными грантами и проектами. По результатам исследований им с соавторами опубликовано более 470 статей в отечественных и международных научных журналах, сделаны доклады, в том числе и приглашенные, на десятках ведущих конференций.

Профессор Павел Константинович Кашкаров является членом Ученого совета физического факультета, а также заместителем председателя Советов по защите докторских и кандидатских диссертаций в МГУ и в Курчатовском институте. Он заместитель главного редактора журналов «Кристаллография» и «Российские нанотехнологии».

За плодотворную деятельность в области образования и науки Павел Константинович Кашкаров удостоен Почетного звания «Заслуженный профессор Московского университета» (2004) и награжден медалью «В память 850-летия Москвы» (1997), медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени (2005), орденом Александра Невского (2019).

Сотрудники кафедры общей физики и молекулярной электроники, сотрудники физического факультета, друзья и коллеги от всей души поздравляют Павла Константиновича с юбилеем, желают здоровья, счастья в личной жизни, успехов в научной, организационной и педагогической деятельности.

АЛЕКСАНДРУ МИХАЙЛОВИЧУ САЛЕЦКОМУ — 70!!!



В апреле исполнилось 70 лет заведующему кафедрой общей физики физического факультета заслуженному профессору МГУ Александру Михайловичу Салецкому.

Вся его трудовая жизнь — студенческая, аспирантская, профессорская — проходила на глазах авторов этой заметки. Александр Михайлович родился в Краснодарском крае, в станице Новолабинской в семье потомственных кубанских казаков.

Отец его, участник Великой Отечественной войны, ушел добровольцем в 1944 г. Воевал на Западном, затем на Восточном фронте с Японией. Был демобилизован в 1951 г. Имел боевые награды. Мать всю свою жизнь воспитывала детей и занималась крестьянским трудом. Надо сказать, что казачьи корни, казачий характер и дух всегда чувствуется в работе А.М. Салецкого. Он не теряет связь со своей малой Родиной, и для него слова «страна» и «Отечество» — не пустой звук.



Александр Михайлович окончил среднюю школу в 1969 г. В 1970 г. был призван в ряды Советской Армии. Служил в ракетных войсках. После демобилизации в 1972 г. поступил в МГУ на рабфак, а в 1973 г. — на физический факультет МГУ. На втором курсе Александр Михайлович начал заниматься научной работой в лаборатории молекулярной люминесценции на кафедре оптики и спектроскопии. Один из авторов этой заметки был научным руководителем Александра Михайловича, и его всегда восхищали необычайная трудоспособность и трудолюбие этого студента. Он прекрасно разбирался в радиотехнике, о таких, как Александр Михайлович, говорят — рукастый. Любую работу он всегда делал самостоятельно, проявляя инициативу. Окончил физический факультет в 1979 г. По результатам дипломной работы, защищенной на «отлично», были опубликованы две научные статьи. Кафедрой Александр Михайлович был рекомендован в аспирантуру физического факультета. Кандидатская диссертация «Спектроскопическое исследование процессов переноса энергии электронного возбуждения в растворах красителей» была защищена досрочно в 1982 г., и Александр Михайлович был рекомендован для работы на физическом факультете на кафедре общей физики. Во время учебы на факультете и в аспирантуре принимал участие в общественной работе: избирался в состав Комитета комсомола университета, неоднократно участвовал в работе студенческих строительных отрядов, в том числе как руководитель.

Надо отметить, что Александра Михайловича высоко ценил декан физического факультета, профессор Василий Степанович Фурсов. Василий Степанович просил Александра Михайловича включиться в работу, например, при организации выездных сельскохозяйственных работ, при проведении фестиваля молодёжи и студентов.

С 1981 г. Александр Михайлович начинает вести занятия по всем разделам курса общей физики. Продолжает научную работу по фотофизическому исследованию процессов в гетерогенных молекулярных системах, которые имеют большое значение, но разработаны недостаточно. Много внимания Салецкий уделяет модернизации общего физического практикума. Будучи его руководителем, много делает собственными руками. Совершенствует методическую работу практикума с участием доцента Митина И.В.

В 1998 г. решением ученого совета МГУ Александру Михайловичу присваивается звание лауреата Ломоносовской премии за педагогическую деятельность. В этом же году Александр Михайлович становится доктором физико-математических наук, а через год ему присваивается звание профессора. В 2002 г. коллектив избирает Александра Михайловича заведующим кафедрой общей физики физического факультета.

Александр Михайлович читает лекции по курсу общей физики, по молекулярной оптике, по спектроскопии и люминесценции, является автором ряда учебных пособий и книг («Люминесценция и ее измерения», «Лазеры на основе органических соединений», «Оптические методы исследования молекулярных систем» и других). Занимается изучением путей и механизмов трансформации поглощенной веществом световой энергии, а также эффективности этих процессов в зависимости от организованности и гетерогенности молекулярных систем. Был получен ряд новых результатов по внутри- и межмолекулярной трансформации энергий электронного возбуждения молекулярных структур. За эти работы Александру Михайловичу в 2004 г. присвоена Ломоносовская премия первой степени.

С 2001 по 2008 гг. Александр Михайлович работал проректором МГУ, был заместителем председателя Совета УМО по классическому университетскому образованию, заместителем председателя научно-методического совета по физике Министерства науки и образования Российской Федерации.



Александр Михайлович Салецкий с сотрудниками кафедры

Александр Михайлович руководил многими дипломными работами, он подготовил 21 кандидата наук и 2 докторов наук. Им опубликовано более 700 научных работ. Много внимания он уделяет работе с



филиалами МГУ в Севастополе и Азербайджане. Является куратором физического факультета филиала МГУ в городе Баку. Член ученых советов МГУ и физического факультета, председатель Совета по защите кандидатских и докторских работ по трем направлениям: оптика, радиофизика, акустика.

Александр Михайлович награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» 2 степени, медалью «В память 850-летия Москвы», нагрудным знаком «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации».

Александр Михайлович — надежный человек, верный товарищ, большой труженик, примерный, любящий семьянин, заботливый руководитель коллектива кафедры, который всегда придет на помощь, но и спросит за нерадивость.

Мы желаем ему и его близким доброго здоровья, счастья, успехов в работе на благо Московского университета и физического факультета.

*Н.Е. Сырьев, В.И. Южаков
Друзья, коллеги, редакция газеты «Советский физик»
присоединяются к поздравлениям авторов*

ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ СПОНТАННОГО ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА

*К 60-летию научной школы нелинейной оптики
в Московском университете
и 55-летию открытия спонтанного
параметрического рассеяния света*

В этой заметке сообщается о некоторых эпизодах истории открытия одного из значимых явлений нелинейной оптики — спонтанного параметрического рассеяния света (СПР), 55-летие которого мы отмечаем в 2022 г.

История открытия СПР полна драматическими коллизиями и проявлениями «человеческого фактора», о чём, к сожалению, не принято писать в «серьёзных» статьях, монографиях и учебниках, хотя практически каждое значительное событие в науке (и уж открытие — тем более) насыщено этими коллизиями и на первый взгляд необъяснимыми поступками участников.

Автору заметки посчастливилось оказаться в стартовом составе команды Р.В. Хохлова, сформированной им, совместно с С.А. Ахмановым, для развития нелинейной оптики на физическом факультете, поступив в 1962 г. в аспирантуру под его руководство, и работать с Ремом Викторовичем вплоть до его ухода из жизни в августе 1977 г. в результате трагических событий, разыгравшихся при восхождении группы Хохлова на пик Коммунизма. Некоторые фрагменты заметки носят характер воспоминаний и излагаются от первого лица.

Открытие принципиально нового вида рассеяния света — спонтанного параметрического рассеяния света, в процессе исследований параметрических усилителей и генераторов света, имело фундаментальное значение для нелинейной, когерентной оптики. Это подтвердилось и при разработке нового научного направления — квантовой оптики, одним из создателей которого является профессор физического факультета МГУ Давид Николаевич Клышко, а затем и квантовой информатики.

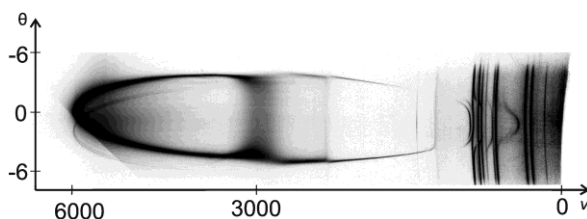
Спонтанное параметрическое рассеяние света основано на трех- или четырехфотонном параметрическом взаимодействии световых волн, в результате которого один или два фотона падающего света спонтанно распадаются на пару фотонов с выполнением условий сохранения энергии и импульса.

СПР — спонтанный аналог вынужденного процесса, генерации комбинационных частот, в частности разностной частоты, за счёт квадратичной (трёхфотонное СПР) или кубичной (четырёхфотонное СПР) поляризуемостей. При типичных для лазерной спектроскопии значениях интенсивности лазерного излучения кубичный член разложения поляризации по степеням напряжённости электрического поля световой волны на много порядков меньше квадратичного. Поэтому неудивительно, что в спектроскопии и квантовой оптике оказалось востребованным только трёхфотонное СПР, и когда в литературе используется термин «спонтанное параметрическое рассеяние света», то подразумевается только трёхфотонное СПР.

Важное отличие СПР от генерации разностной частоты — большая свобода вариации частот рассеянного излучения, диапазоны изменения которых определяются только выполнением условия синхронизма и областью прозрачности материала (кристалла), поскольку зафиксирована только одна частота — частота падающего света, в то время как при генерации разностной частоты таких частот две.

При фиксированных значениях частоты падающего света («накачки») и угла между волновым вектором волны накачки и оптической осью кристалла каждой паре частот рассеянного излучения соответствует пара

волновых векторов рассеянного излучения, т.е. пара углов рассеяния. Весь континуум пар частот образует континуум углов рассеяния. Таким образом рассеянное излучение имеет строго определённую (условиями синхронизма) частотно-угловую структуру. При этом частоты рассеянного излучения могут меняться в очень широком интервале. Это основное свойство явления, которое вместе с коррелированным образованием пар фотонов («бифотонов») позволяет выделить его в особый вид рассеяния света — СПР.



*Частотно-угловой спектр СПР в кристалле йодноватой кислоты.
По горизонтали: волновое число холостой волны ν , см⁻¹, по вертикали: угол
рассеяния в градусах. Рисунок из статьи «Спонтанное параметрическое
рассеяние света» (Г.Х.Китаева, А.Н. Пенин,
Письма в ЖЭТФ 2005, т.82, с.388–394)*

Причина спонтанного распада фотона на пару фотонов в среде с нелинейной поляризуемостью — вакуумные флуктуации, которые можно охарактеризовать «плотностью энергии», если описывать процесс на языке классической нелинейной оптики. Поэтому можно рассчитать яркость рассеянного излучения. Это и было сделано в 1966 г. сотрудником нашей кафедры (кафедры волновых процессов, созданной Р.В. Хохловым в 1965 г.) Давидом Николаевичем Клышко. В самом начале 1967 г. явление было обнаружено нашей группой и в марте 1967 г. доложено Ремом Викторовичем Хохловым (в рамках сводного доклада о параметрической генерации света) на симпозиуме по современной оптике в США, на котором выступили также две американские группы с сообщениями о наблюдении этого явления, получившего поначалу название «параметрическая люминесценция», а позже — более правильное «параметрическое рассеяние света». (Отметим, что в англоязычной литературе укоренился термин «Spontaneous Parametric Down Conversion».) В том же 1967 г. все три группы опубликовали статьи об обнаруженном явлении в ведущих российских и американских журналах. На самом деле за этой сухой информацией кроется цепочка драматических событий, наглядно демонстрирующих, что такое «человеческий фактор» в научной деятельности.



Авторы открытия СПР (справа налево) Д.Н. Клышко и В.В. Фадеев (крайний слева – студент А. Демидов) у лаборатории лазерного зондирования на борту НИС «Дмитрий Менделеев». Экспедиция в Тихий океан, 1977 г.

Подарок природы — свойство СПР «генерировать» фотоны парами со строгой взаимосвязанностью (коррелированностью) фотонов в паре (рождаться бифотонами). Если мы определили характеристики потока одного из компонентов бифотона, то мы получаем информацию и о характеристиках потока второго. Это открывает уникальные возможности в спектроскопии. Например, можно изучать характеристики вещества в ИК-диапазоне, регистрируя излучение в видимом. Но что ещё более важно, СПР создало экспериментальную базу для развития новых разделов науки — квантовой оптики, одним из отцов которой безусловно является Давид Николаевич Клышко, и квантовой информатики.

Спонтанное параметрическое рассеяние света (СПР) было предсказано Давидом Николаевичем Клышко в конце 1966 г. [*Клышко Д.Н. // Письма в ЖЭТФ 1967. 6, С. 490*] и экспериментально обнаружено на на-
180



шей же кафедре в начале 1967 г. (О.Н. Чунаев и автор этой статьи), о чём доложено на симпозиуме по современной оптике в США в марте 1967 г. Там же о наблюдениях СПР доложили ещё две группы, обе из США. В 1967 г. все три группы опубликовали статьи о наблюдениях СПР в ведущих журналах [Ахманов С.А., Фадеев В.В., Хохлов Р.В., Чунаев О.Н. // Письма в ЖЭТФ. 1967. 6. С.575; Harris S.E., Oshman M.K., Byer R.L. // Phys. Rev. Lett. 1967. 18, P. 732; Magde D., Mahr H. // Phys. Rev. Lett. 1967. 18. P. 905]. Таким образом, можно считать, что СПР было одновременно и независимо открыто тремя группами.

Итак, конец 1966 г. Сотрудник кафедры волновых процессов физфака МГУ Давид Николаевич Клышко выступает с докладом на тему «Когерентный распад фотонов в нелинейной среде» сначала на всесоюзном совещании по оптическим свойствам веществ в институте физики твёрдого тела (ИФТТ, Черноголовка), а затем на семинаре кафедры волновых процессов физического факультета МГУ. Доклад Давида Клышко (у нас с Давидом Николаевичем сложились приятельские отношения, и в общении мы обходились без отчеств) был встречен довольно равнодушно, даже теми, кто занимался исследованиями параметрического усиления и параметрической генерации света — группой Александра Ивановича Ковригина (мы с ним были однокурсниками) и моей группой. Какой бы странной не выглядела сейчас реакция на доклад Давида Клышко на том семинаре, она имеет простое объяснение с позиций поведения человека, а не робота: эмоции, психологический настрой играют большую роль в нашем поведении, в том числе и в научной работе. А настрой в тот момент был однозначный: к докладу Р.В. Хохлова на приближающемся симпозиуме по современной оптике в США должны быть получены новые, впечатляющие результаты в исследовании и разработке параметрических генераторов света (ПГС), чтобы взять реванш за хотя и небольшое, но всё-таки случившееся отставание от американцев в соревновании за первенство в получении параметрической генерации света. Этот накал спортивных страстей был запредельным и зашоривал наш взгляд, жертвой чего и стала реакция на сообщение Давида. В гонке за новыми результатами по ПГС А. Ковригин стремился получить параметрическую генерацию при накачке второй гармоникой неодимового лазера (её длина волны 530 нм, это был ещё лазер на стекле с неодимом, а не на иттрий-алюминиевом гранате, когда длина волны второй гармоники равна 532 нм), а мы с Олегом Чунаевым стремились получить перестраиваемую по частоте генерацию в видимом диапазоне, для чего надо было использовать более коротковолновую чем 530 нм накачку. Мы использовали третью гармонику (353 нм) и невырожденный режим параметрической генерации: длина волны одного из фотонов параметрического бифотона

должна была перестраиваться в районе 530 нм, а длина волны второго фотона — в районе 1060 нм. Ни в той, ни в другой задаче долгое время не удавалось получить нужных результатов. Мы нервничали и не воспринимали ничего иного, кроме параметрической генерации с вожделенными характеристиками. Только этим можно объяснить, что мы не удосужились потратить какую-то пару часов, чтобы проверить предсказание Давида.



Сотрудники лаборатории СПР кафедры квантовой электроники (1990-е годы). Руководитель лаборатории профессор А.Н. Пенин (второй слева). Ученица А.Н. Пенина, его преемница на позиции руководителя лаборатории ныне профессор Г.Х. Китаева (первая слева)

К марту 1967 г. Александру Ковригину с сотоварищи удалось-таки получить рекордно большую импульсную мощность параметрической генерации в ближнем ИК-диапазоне, а вот нам с Олегом Чунаевым получить параметрическую генерацию в видимом диапазоне не удавалось, хотя однажды мы были уверены, что получили её и даже отпраздновали это событие, но хватило одного дня, чтобы убедиться в ошибочности такого заключения. Вместо этого оказалось, что в структуре излучения на выходе параметрического генератора света присутствует излучение, обусловленное спонтанным параметрическим рассеянием. Сейчас трудно поверить, что этот итог нашего штурма разочаровал, причём не только нас с Олегом, но и Рема Викторовича. Компоную сводный доклад на симпози-



ум в США, он не скрывал досады: получение параметрической генерации с перестройкой длины волны в видимом диапазоне было бы сильным козырем в соревновании с американцами. Отношение к параметрическому рассеянию кардинально изменилось, когда, приехав в Нью-Йорк на симпозиум по современной оптике, Рем Викторович обнаружил, что наблюдению параметрического рассеяния света посвящено ещё два доклада, оба американских авторов. Публикация информации о наблюдении СПР стала для нас приоритетной, и в 1967–1968 гг. вышло несколько статей с нашей кафедры, сделан доклад на очередном симпозиуме по нелинейной оптике в Ереване, где свой доклад сделал и Мар (H. Mahr) — автор одного из упомянутых докладов на мартовском симпозиуме в Нью-Йорке. Были защищены кандидатская диссертация, одна из глав которой была посвящена СПР, и первая дипломная работа на эту тему. Позже, в 1970 г., была опубликована популярная статья о нелинейной оптике [Хохлов Р.В., Фадеев В.В. Нелинейная оптика. В сб. Международный ежегодник «Наука и человечество». М., 1970. С. 170.], в которой нашлось место и СПР. В 1974 г. явление СПР было зарегистрировано в качестве открытия, определяемого формулой: «Установлено неизвестное ранее явление спонтанного распада в твёрдом теле одного или двух фотонов падающего света на пару фотонов с другими частотами», № 150 в Госреестре открытий СССР, 1974. Последнее требует пояснений. В Советском Союзе регистрировались не только изобретения, но и открытия (был Комитет по делам изобретений и открытий), причём получить диплом на открытие было не менее престижно, чем получить Государственную премию. В 1973 г. Р.В. Хохлов стал ректором МГУ, и в качестве одной из первых его инициатив был импульс к регистрации наиболее значимых научных достижений сотрудников университета в качестве открытий. Естественно, под эту задачу попали и мы с Давидом Клышко (Олега Чунаева к тому времени уже не было в живых, он был первым в череде потерь, преследовавших команду Хохлова). В Комитет поступило две заявки на регистрацию открытия спонтанного параметрического рассеяния света — наша на регистрацию открытия трёхфотонного СПР и группы из пяти авторов из Ленинградского физико-технического института — четырёхфотонного СПР. Решение, принятое Комитетом, было вполне разумным — объединить наши заявки в одну и зарегистрировать две разновидности СПР как единое открытие.

Итог первых 15 лет исследований СПР и его применений был подведён присуждением Государственной премии СССР [Клышко Д.Н., Пенин А.Н., Фадеев В.В. Диплом о присуждении Государственной премии СССР «За открытие и исследование явления параметрического рассеяния

света и его применение в спектроскопии и метрологии, опубликованных в 1966–1981 гг.». 1981].

Наконец дошла очередь до самого события обнаружения СПР при попытках получить параметрическую генерацию с перестройкой длины волны в видимом диапазоне. Мы с Олегом Чунаевым стремились получить такую генерацию с накачкой 3-ей гармоникой излучения лазера на стекле с неодимом, который работал в режиме генерации одиночных импульсов с интервалом между ними в несколько минут, необходимым для охлаждения активного элемента (замена стекла на кристалл иттрий-алюминиевого граната позволила в дальнейшем использовать режимы с высокой частотой повторения импульсов и даже непрерывной генерации). В качестве признака параметрической генерации ожидалось появление яркого пятна в фокальной плоскости линзы. В эту плоскость помещалась фотоплёнка в фотоаппарате со снятым объективом. Раз за разом, что-то меняя в условиях эксперимента, мы «стреляли» третьей гармоникой в резонатор с кристаллом, ожидая увидеть на проявленной плёнке маленькое пятно параметрической генерации. И вот однажды мы его увидели! Мы так долго и упорно этого ждали, что сначала проигнорировали слабый диффузный фон, окружающий яркое пятнышко, которое, в нашем понимании, оставил на плёнке луч параметрической генерации (см. фото в цитированной выше статье *Ахманов С.А., Фадеев В.В., Хохлов Р.В., Чунаев О.Н.*, 1967). Не помню, что подвигло в конце концов прицепиться именно к этому диффузному пятну. По-видимому, в какой-то момент из подсознания выплыл доклад Давида Клышко. А дальше всё было делом техники. В первую очередь был ликвидирован резонатор Фабри – Перо — убраны зеркала. Если бы центральное маленькое пятно было параметрической генерацией, то оно должно было исчезнуть. Но оно увеличило свою яркость, как и диффузное пятно, и стало ясно, что маленькое пятно не параметрическая генерация, а артефакт, результат неидеальной фильтрации лазерного излучения, используемого для приготовления накачки, а диффузное пятно — параметрическая «люминесценция» (СПР). Чтобы это окончательно подтвердить, была снята частотно-угловая структура — двумя способами: путём пропускания излучения через узкополосный интерференционный фильтр при разных углах падения луча накачки на кристалл параметрического усилителя и на спектрографе (см. ещё одно фото в той же статье).

В.В. Фадеев, профессор кафедры квантовой электроники



ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР «АКУСТИКА» НА ФИЗФАКЕ

Давным-давно, придя в отдел физики ВИНТИ, я увидел, что значительная часть информации, приходящей в отдел в виде статей из множества научных журналов, теряется. Не в прямом смысле пропадает из отдела по причине чьих-либо козней, а по причине недостатка сотрудников для ее обработки. Информация о статьях не отражается в тематических выпусках Реферативного журнала «Физика» ВИНТИ. Просто ксероксы статей из стопки «Новые поступления» шли прямым ходом в стопку «Макулатура». Ежедневно они скапливались в куче у рабочего лифта и вечером, увязанные в пачки, спускались вниз в мусорные контейнеры.

Положение не устраивало ни меня, ни других молодых (в то время) сотрудников. Старые — те давно смирились. Сначала мы старались «достучаться» до руководства ВИНТИ, потом до научной общественности, пользующейся информационными продуктами ВИНТИ. Была даже статья в уважаемом мною «Советском физике».

Чтобы обосновать свое беспокойство, мы с одним дипломником кафедры акустики создали математическую модель прохождения документального потока через отделы научной информации ВИНТИ, так называемые отраслевые отделы. Было показано, что штатная численность отдела «Физика» составляет только 20% процентов от необходимой. Расчет же руководства ВИНТИ строился на использовании (привлечении) нештатных сотрудников, т.е. нас с вами. И может это и могло быть выходом, но, в отличие от ВИНТИ СССР, достойно платить за их работу ВИНТИ РАН не собирался.

Это только одна сторона сложившейся еще в 1990-х годах ситуации с информационным обеспечением в нашей науке — отсутствие необходимого количества специалистов. Другая заключалась в том, что вместо оперативной обработки информации в реальном времени, как сейчас принято говорить, информация попадала к читателю через Реферативный журнал с опозданием на год и более. Причиной тому была устаревшая технология обработки литературы. К сожалению, такая ситуация мало кого в руководстве ВИНТИ беспокоила.

Тогда мы в отделении ВИНТИ по физике и астрономии решили изменить концепцию подготовки вторичной информации для реферативных журналов. Концепция заключалась в занесении полученной литературы в базу данных, необходимой корректуры записей и снятия с базы данных информационных продуктов: оригинал-макетов печатных

выпусков Реферативного журнала, подборок литературы по запросам пользователей, составления печатных указателей. По самой же базе данных было необходимо создать поисковую систему. Ранее подготовка базы данных и формирование печатного Реферативного журнала были независимы друг от друга. Корректурa, вносимая в печатное издание, в базу данных ВИНТИ не вносилась. Отсюда и «сырое» наполнение базы данных, которое продолжалось до середины 90-х годов. Не входя в подробности, отмечу, что мы остановились на подготовке единой технологической базы данных и снятии с нее выпусков Реферативного журнала по физике и астрономии и других информационных продуктов, объединенных одним рубрикатом. Рубрикат служит стержнем, позволяющим проводить навигацию по всему массиву информации. Он лежит в основе всей поисковой системы получаемых информационных продуктов. Был бы полезен также поиск и по другим полям — названиям и номерам журналов, названиям статей, авторам, ключевым словам, подрубрикам рубрикатора.

В ВИНТИ нам удалось организовать только выпуск печатной версии Реферативного журнала с авторским и предметным указателями и указателем источников.

Полноценно концепция была воплощена только после нашего перехода из ВИНТИ на кафедру акустики физического факультета МГУ, где наша группа получила организационную и финансовую помощь со стороны РФФИ и редколлегии «Акустического журнала». Поэтому естественно, что сначала было принято решение создать полнотекстовый интернет-архив «Акустического журнала». В дальнейшем, согласно нашей концепции, последовательно был реализован проект создания «Сигнальной информации» по акустической тематике и разработана информационно-поисковая система «Акустика». Все три составляющие, объединенные одним рубрикатом, единой технологической базой данных и дизайном, вошли в состав портала «Акустика. Русскоязычные источники». Таким образом, на кафедре акустики физического факультета МГУ был создан уникальный информационный продукт — портал «Акустика» (<http://akdata.ru>).

В настоящее время портал поддерживается «Акустическим информационным центром», осуществляющим сбор и предоставление в открытом доступе информации по русскоязычным работам в области акустики.



Российский фонд
фундаментальных
исследований

Информационная система «АКУСТИКА»

РУССКОЯЗЫЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ

Физический факультет
МГУ им. М.В. Ломоносова

Поисковый запрос

Книг: 2433
Журналов: 930
Статей: 63980
Авторов: 57713

Источник:

Начните вводить слово из названия журнала или книги, затем выберите из предложенных вариантов

Год (годы): Том: Номер выпуска:

Пример: 2022 или 2005-2022

Авторы:

Пример: Иванов И.И., Петров П.П.

Ключевые слова:

Пример: Нелинейные акустические волны или: Нелинейные, акустические, волны

Рубрика:

Подрубрика:

© Акустика. Информационная система. 2014-2022

53

57

56

Акустический журнал

Акустика. Сигнальная информация

На рисунке мы приводим вид портала «Акустика». Справа внизу вход на полнотекстовый архив «Акустического журнала» (<http://akzh.ru>) и «Сигнальную информацию» (<http://akinfo.ru>). Входящий в его состав полнотекстовый архив «Акустического журнала» объединяет номера журнала за все 67 лет его существования. Одним из факторов, подтверждающих эффективность этого ресурса, является повышение импакт-фактора «Акустического журнала». По данным «Российского индекса научного цитирования» (РИНЦ), он заметно вырос с 1,13 в 2012 г., т.е. в первый год появления Akzh.ru и до 2,14 в 2020 году.

Почему мы останавливаемся на русскоязычных источниках:

- русскоязычные работы не представлены в зарубежных базах данных, малая их часть отражена там как материал из переводных журналов, например, «Успехи физических наук», «Акустический журнал» или «Научно-техническая информация»;
- в нашей стране периодические русскоязычные информационные ресурсы или разбросаны по большому количеству сайтов или представлены с большими пропусками в политематических базах данных как, например, в АБНД ВИНТИ или с неглубокой ретроспективой как, например, в eLIBRARY.RU или «КИБЕРЛЕНИНКА»;
- по причине недоступности печатной продукции вследствие мизерных (штучных) тиражей книг и журналов, а также разрозненного их представления в Интернете.

187

На наш взгляд, на первый план сегодня должна выйти концепция сохранения русскоязычных источников (журналы, книги, труды конференций, патенты, диссертации) и оперативного информационного сопровождения по ним. Эта концепция предполагает поддержание существующих и создание новых электронных ресурсов, а также решение проблемы навигации по русскоязычным источникам, которые неглубоко представлены в зарубежных базах данных.

В заключение скажу, что в группе разработчиков участвовали на разных этапах сотрудники и студенты кафедры акустики, редколлегия «Акустического журнала», коллеги из Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга МГУ, Института общей физики им. А.М. Прохорова РАН и Акустического института им. Н.Н. Андреева. Были привлечены выпускники физического факультета МГУ, уже опытные программисты и исследователи: А.Б. Горшков, А.В. Жаров, В.А. Батулин, О.А. Батурина, О.Б. Старцева, Л.Г. Гущина, И.К. Розгачева, Д.Л. Расторгуев, Н.В. Шамаев, а также выпускница ВМК К.О. Малинина.

Дальше масштабирование надо бы делать на другие тематики. В дальнейших планах мы хотели бы видеть наш физический факультет центром информационного обеспечения по физике, подобно Математическому ин-ту им. В.А. Стеклова, ставшего таким центром по математике.



Огромный объем научной информации, накопленной за последние годы, требует создания специализированных баз данных и удобных поисковых систем. Иначе нужную информацию не удастся отыскать и эффективно использовать. В печати появляются статьи с повторами хорошо известных результатов, о существовании которых авторы даже не подозревали. Недобросовестные коллеги не утруждают себя правильным цитированием. Растет уровень «информационного шума», свидетельствующий о невежестве части наших коллег. С этим хаосом необходимо бороться, чтобы не тормозить прогресс.



Мы работаем с молодежью, поэтому нужно учить ее правильной работе с информацией уже на уровне курсовых и дипломных работ, а тем более в аспирантуре, при подготовке кандидатских диссертаций.

В.Г. Шамаев, кафедра акустики

О КОНФЕРЕНЦИИ «ЛОМОНОСОВ-2022»

В 2022 г. международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» прошла в Московском университете в 29-й раз. С учетом карантинных неопределенностей она проходила в смешанном формате с 11 по 22 апреля. В этом году количество участников секции «Физика» уменьшилось по сравнению с предыдущим годом. Всего было подано 625 заявок на участие, включая авторов (551), соавторов (30) и слушателей (44). Очно или в смешанном формате прошли заседания следующих подсекций «Математика и информатика», «Атомная и ядерная физика», «Геофизика», «Твердотельная наноэлектроника», «Физика магнитных явлений» и «Физика космоса». Остальные подсекции проводили заседания в дистанционном формате. Нововведением последних нескольких лет является добавление трех подсекций в рамках научно-образовательной школы МГУ «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина»: по «фотонным технологиям», «квантовым технологиям» и «цифровой медицине». В жюри подсекций вошли ведущие сотрудники физического факультета, а также молодые ученые, добившиеся значительных успехов в науке.

Всего было проведено 50 заседаний в рамках секции «Физика». По итогам заседаний жюри выбрало лучшие доклады.

Лучшие доклады секции «Физика»

ФИО	Подсекция	Название доклада
Аверкиев Игорь Кронидович	Физика твердого тела	Электронная и локальная атомная структура соединений TiH_2 и Ti_2AlC
Аллахвердиев Рамин Рафигоглу	Физика космоса	Вывод основных моделей динамотеории с помощью векторного потенциала
Андрюнин Александр Игоревич	Оптика	Виртуальная лабораторная установка для изучения эффекта квантового ластика

Астафьев Павел Андреевич	Физика твердого тела	Радиопоглощающие свойства много- компонентных твердых растворов на основе ВFO-PFN в СВЧ-диапазоне
Белькова Алек- сандра Владими- ровна	Физика магнит- ных явлений	Возбуждение стоячих спиновых волн в магнитной пленке фемтосекундны- ми лазерными импульсами
Гайер Алексей Вячеславович	Школа МГУ «Фо- тонные и кванто- вые технологии. Цифровая меди- цина». Подсекция «Цифровая меди- цина»	Флуоресцентная спектроскопия бел- ков крови: исследование конформа- ционного состояния и применение в диагностике заболеваний
Гейнц Илья Юрьевич	Нелинейная опти- ка	Зондирование динамической транс- формации оптических свойств ди- электрика при распространении све- товых пучков среднего инфракрасного диапазона
Герасимов Иван Сергеевич	Астрофизика	Кинематика ионизованного газа и его связь со звездами в низкометаллич- ной галактике Sextans A
Гервиц Наталья Евгеньевна	Физика магнит- ных явлений	Магнитная структура соединений се- рии $B_{1-x}Tb_xFeO_3$
Гореславец Егор Александрович	Радиофизика	Аппроксимация поведения сложной электродинамической системы мето- дами машинного обучения
Горячкин Павел Алексеевич	Радиофизика	Удаление токсичных отходов живот- новодства при помощи коронного разряда
Гусев Ярослав Сергеевич	Математическое моделирование	Использование метода Монте-Карло для расчета ряда изомеров некоторых квантовых систем
Дойко Роман Константинович	Оптика	Таммовский плазмон-поляритон на границе металлической пленки и ани- зотропного нанокompозита, сопря- женного с фотонным кристаллом
Дрягина Анаста- сия Евгеньевна	Физика магнит- ных явлений	Синтез и магнитные свойства нано- проводов на основе Co, Ni и сплавов CoFe, NiFe и композитов на их осно- ве
Дюков Влади- слав Алексеевич	Нелинейная опти- ка	Преобразование орбитального и спи- нового углового момента световых пучков в процессе пятиволнового смешения в среде с оптической нели- нейностью четвертого порядка



Закиров Марат Нафисович	Математическое моделирование	Морфологические методы обнаружения инфразвуковых сигналов от импульсных источников
Заруцкий Семён Юрьевич	Школа МГУ «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина». Подсекция «Квантовые технологии»	Разработка методов томографии детекторов, различающих число фотонов, и их апробация на простейших моделях
Ибрагимов Алишер Ахмад Угли	Школа МГУ «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина». Подсекция «Фотонные технологии»	Электрониндуцированная модуляция света полупроводниковыми метаповерхностями
Иванов Максим Александрович	Медицинская физика	Исследование влияния астигматизма на детализацию изображений глазного дна на примере модельных и наблюдаемых искажений
Ильин Алексей Сергеевич	Теоретическая физика	Нелокальное расширение релятивистской причинной термодинамики
Ильясов Александр Игоревич	Твердотельная наноэлектроника	Массивы кроссбар-мемристоров на основе нанослоёв LiNbO_3 и композита $(\text{Co}_4\text{OFe}_4\text{OB}_{20})_x(\text{LiNbO}_3)_{100-x}$ для применения в формальных нейроморфных сетях
Карташова Анна Дмитриевна	Школа МГУ «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина». Подсекция «Фотонные технологии»	ГКР-активные подложки кремниевые наноструктуры/золото для безметочного обнаружения клинически значимых маркеров
Конюх Дмитрий Александрович	Теоретическая физика	Квазилокальные колебания в неупорядоченных системах с точки зрения теории случайных матриц
Крюкова Екатерина Андреевна	Теоретическая физика	Гравитационные волны от электро-слабого фазового перехода первого рода в модели с легкими сголдстино
Лагутина Алена Алексеевна	Математика и информатика	Исследование чувствительности стратегии монохроматического контроля напыления к выбору длины волны

Ларина Наталья Анатольевна	Оптика	Структура и спектрально-люминесцентные свойства керамик $ZrO_2\text{-}Y_2O_3\text{-}Eu_2O_3$, полученных методами одноосного прессования и шликерного литья
Луценко Алексей Олегович	Биофизика	Метод оценки хиральности нерегулярных вторичных структур белков
Макарьин Родион Алексеевич	Физика магнитных явлений	Оценка влияния внешних воздействий на фазовый переход в сплаве $La(Fe,Si)_{13}$
Максимова Дарья Едилевна	Медицинская физика	Оптические методы мониторинга доставки лекарства сунитиниба в раковые клетки наноконтейнерами на основе пористого кремния
Медведева Екатерина Атеревна	Школа МГУ «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина». Подсекция «Цифровая медицина»	Контроль качества фармацевтических белков с использованием методов оптической спектроскопии
Мочалова Мария Александровна	Медицинская физика	Исследование возможности использования ^{132}Cs для целей брахитерапии
Невский Дмитрий Владимирович	Физика космоса	Автоматический поиск пересечений головной ударной волны и магнитопаузы по данным магнитометра КА MESSENGER
Петров Петр Евгеньевич	Школа МГУ «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина». Подсекция «Квантовые технологии»	Оптическое исследование динамики намагниченности в тонкой монокристаллической овальной ЖИГ пленке
Пожилова Анна Викторовна	Физика магнитных явлений	Ferromagnetic soft robots for minimally invasive thrombus extraction
Приточкин Егор Михайлович	Оптика	Кристаллизация пленок теллурида германия в многослойных оптических структурах
Проничева Софья Алексеевна	Физика космоса	Морфология остатка сверхновой Vela Jr и поток ультрафиолетового излучения от остатка в оценке возраста объекта и расстояния до него



Пропой Максим Игоревич	Математика и информатика	Задача оптимизации параметров зеркального коллиматора со скругленными краями
Пятаков Максим Андреевич	Теоретическая физика	Взаимодействие неоднородного магнитного поля со сплошной средой с нелинейной магнитной восприимчивостью
Рубцова Елизавета Дмитриевна	Оптика	Влияние плотности возбуждения на люминесцентные свойства гибридных органо-неорганических перовскитов
Рябко Андрей Андреевич	Твердотельная наноэлектроника	Оптическая активация газочувствительности наностержней ZnO для снижения рабочей температуры сенсоров
Савченко Елена Михайловна	Теоретическая физика	Спектроскопия четырехжды тяжелых тетракварков в релятивистской кварковой модели
Самородова Екатерина Борисовна	Астрофизика	Автоматический поиск гигантских галактик низкой поверхностной яркости
Самсоненко Аркадий Антонович	Физика магнитных явлений	Кристаллизация парамагнитных соединений в градиентном магнитном поле сверхпроводящего магнита.
Сандомирский Андрей Всеволодович	Атомная и ядерная физика	Первые результаты измерения профилей температуры и плотности электронов в плазме ГДЛ томсоновским рассеянием
Семенова Екатерина Владимировна	Биофизика	Поиск хиральных соответствий лекарственных препаратов и биомолекул-мишеней
Сергеев Алексей Александрович	Математическое моделирование	Управление терминальными маневрами БПЛА самолетного типа методом «гибких» траекторий
Сергеева Мария Сергеевна	Акустика	Метод численного расчета генерации ультразвуковых волн разностной частоты в условиях формирования ударного фронта
Сердюков Михаил Геннадьевич	Математическое моделирование	Изучение магнитных полей галактик с перемежаемостью в модели галактического динамо со случайными коэффициентами и потоками спиральности
Сисина Виктория Вадимовна	Нелинейная оптика	Фототепловая спектроскопия органических тонких пленок

Скурлов Иван Дмитриевич	Оптика	Перенос заряда в двумерных слоистых наноструктурах коллоидных нанопластин PbSe-MoS ₂
Смирнов Александр Александрович	Атомная и ядерная физика	Измерение кумулятивного выхода радиоизотопа ¹⁰³ Ru на мишени из диоксида тория
Соломонов Антон Викторович	Физика твердого тела	Исследование термической стабильности и окислительных процессов в многослойных рентгеновских зеркалах на основе Mo/Be
Степанова Анна Вячеславовна	Атомная и ядерная физика	Разработка облоочки для расчёта чувствительности ускорительных экспериментов в GNA на основе эксперимента DUNE
Стрижак Александр Олегович	Атомная и ядерная физика	Исследование рассеяния декогерентных аннигиляционных фотонов
Суханова Екатерина Владимировна	Физика твердого тела	MSr-функционализированный графен для каталитических применений
Сушина Мария Романовна	Геофизика	Особенности акустических шумов в добывающих скважинах при наличии зон притока
Татаринов Данила Алексеевич	Оптика	Исследование оптических свойств неорганических нанокристаллов перовскитов CsPbCl _x Br _{1-x} , допированных ионами иттербия
Урсов Эдуард Дмитриевич	Физика космоса	Методы машинного обучения для поиска частиц вне Стандартной Модели в экспериментах SHiP (Search for Hidden Particles) и SND@LHC (Scattering and Neutrino Detector at the LHC)
Федотова Елена Юрьевна	Теоретическая физика	О точности расчетов массы легкого CP-четного бозона Хиггса в нестандартных сценариях MCM
Федюнин Федор Дмитриевич	Оптика	Температурные зависимости люминесцентных свойств в кристаллах молибдатов, активированных ионами Nd ³⁺
Химуля Валерий Владимирович	Геофизика	Экспериментальное изучение процессов деформирования и фильтрации в трудноизвлекаемых породах-коллекторах ачимовских отложений при реализации метода направленной разгрузки пласта



Черепанов Андрей Вячеславович	Молекулярная физика	Изучение химии образования положительных ионов в пламени этилена: эксперимент и численное моделирование
Шабалина Екатерина Максимовна	Оптика	Люминесцентные свойства фосфатов $\text{Na}_{3.6}\text{Y}_{1.8}(\text{PO}_4)_3\cdot\text{RE}3+(\text{Eu}3+, \text{Tb}3+)$
Шавшин Артём Владимирович	Радиофизика	Новая конструкция системы усиления оптического сигнала в квантовом стандарте частоты на атомах рубидия-87
Эндерова Татьяна Николаевна	Сверхпроводящие и электронные свойства твердых тел	Исследование процессов рассеяния носителей тока в топологическом изоляторе $\text{Bi}_{1.08}\text{Sn}_{0.02}\text{Sb}_{0.9}\text{Te}_2\text{S}$ с помощью измерения сопротивления и нерезонансного МВП
Яковлев Алексей Николаевич	Биофизика	Измерение динамики концентраций основных нейромедиаторов головного мозга и кривой BOLD ответа на короткий зрительный стимул при помощи протонной МРС

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

Авторы наиболее интересных докладов получили рекомендацию опубликовать результаты исследований в журнале «Ученые записки физического факультета Московского университета». Со списком рекомендованных можно ознакомиться по ссылке из QR-кода:



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

Сборник тезисов секции с 2019 г. публикуется только в электронном виде. Также центральный оргкомитет перестал готовить диск с тезисами всех докладов конференции (несколько тысяч штук) начиная с этого года. Любой желающий может скачать сборник тезисов секции «Физика» по ссылке из QR-кода:

Огромная благодарность издательскому отделу, который в очень сжатый срок подготовил электронный макет сборника тезисов, причем эта работа велась одновременно для нескольких факультетских конференций.

Также большое спасибо студенческому профкому и следующим студентам нашего факультета, которые помогали модерировать дистанционные заседания и настраивать оборудование на очных и смешанных заседаниях: Кобзев Виталий Андреевич, *председатель профкома студентов*; Сопетик Александр Витальевич, *координатор студентов*; Балаганская Елизавета Андреевна; Ванин Сергей Андреевич; Веселовский Александр Владимирович, Гафаров Батыр Ринатович, Горшкова Александра Андреевна, Жихарева Екатерина Николаевна, Запорожская Ксения Васильевна, Зубченко Даниил Валерьевич, Исмагилов Азамат Васильевич, Климентьева Анастасия Викторовна, Коваленко Бронислав Вадимович, Королев Илья Владиславович, Кочетов Егор Дмитриевич, Назаров Даниил Александрович, Неделько Анастасия Сергеевна, Трусов Андрей Александрович, Федотова Анастасия Евгеньевна.



Белькова Александра Владимировна



Суханова Екатерина Владимировна

Завершает конференцию традиционное мероприятие, которое проводится в Зелёном зале Интеллектуального центра — Фундаментальной библиотеки МГУ. Там ректор вручает дипломы за лучший доклад некоторым победителям секций. От каждой секции с учетом их большого количества допускается участие одного (для малых секций) или двух призеров (для крупных секций).



От секции «Физика» в этом году на торжественном закрытии присутствовали **Белькова Александра Владимировна и Суханова Екатерина Владимировна**. Почетным гостем мероприятия этого года стал Валерий Николаевич Фальков — министр науки и высшего образования Российской Федерации, который вместе с нашим ректором Виктором Антоновичем Садовничим поздравил победительниц.

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 Паришнцев
и весь коллектив научного отдела*

АНДРЕ-МАРИ АМПЕР: НАВСТРЕЧУ 250-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ОСНОВОПОЛОЖНИКА ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

20 января этого года исполнилось 247 лет со дня рождения всемирно известного французского ученого [1,2]. Его жизнь и научная деятельность имеют много важных сторон, на которые имеет смысл обратить внимание. Важно об этом вспомнить не только ради юбилейной даты. Глубина научного мышления Ампера настолько велика, что, несмотря на свою хрестоматийность, он скорее мыслитель настоящего времени, нежели наши многие современники. Современная наука сегодня сталкивается с опасностью превращения языка науки в механизм, освобождающий ученого от обязанности мыслить. Более прельстительным для новых жрецов науки представляется возможность материальных приобретений в процессе научных занятий. Поэтому для тех, кто сегодня только начинает свой путь в науке, особенно интересна будет мыслительная сторона произведений Ампера.

Дух прошлого в его трудах предоставляет обильную жатву нетривиальных мыслей. Для современной науки, утрачивающей свои ценности, это обстоятельство имеет принципиальное и крайне необходимое значение. Ампер и его наука раскрывает новые возможности для самобытного мышления и освещает предстоящие научные поиски ярким светом истинного познания. Вот от такого вступления переходим непосредственно к Амперу.



Портрет Андре-Мари Ампера кисти неизвестного художника, начало XIX века

Его жизнь была трудной, наполненной большим числом страданий и огорчений. Полемье, местечко, где он родился, находилось вблизи французского города Лион. Семья Ампера относилась к категории среднего сословия. Отец занимался вначале коммерцией, а затем судебной деятельностью. Кроме Андре в семье было еще две дочери. Жизнь так распорядилась, что в годы юности Амперу пришлось пережить два трагических события. Первое — смерть в возрасте 20 лет старшей сестры. Второе — гильотинирование отца за сочувствие жирондистам. Юноше в то время исполнилось 18 лет. Казнь отца потрясла его. Он писал позднее, что из душевного крика удалось выйти благодаря общению с природой. Во время душевного кризиса его часто видели гуляющим в окрестностях Полемье. По воспоминаниям современников это был неуклюжий, близорукий юноша. Внешне он производил впечатление человека отрешенного от жизни и полного каких-то неведомых другим знаний. Он носил громадный картуз, а на ногах у него были тяжелые крестьянские сапоги. Увлеченный собой, он, не замечая окружающих, читал стихи, задавал себе вопросы и сам на них отвечал. В это время юноша много времени уделял книгам. Он не посещал никаких учебных заведений. У него не было домашних учителей. К знаниям Ампер приобщался самостоятельно, без по-



сторонней помощи. Единственными учителями будущего ученого были книги из богатой домашней библиотеки. Необычный внешний вид и странные манеры поведения особенно сильно затрудняли его контакты с особами противоположного пола. Поэтому вначале неудачно складывались отношения Ампера с понравившейся ему дочерью лионского коммерсанта Жюли Каррон. Он был к тому же на полтора года моложе Жюли. Она относилась с равнодушием к его ухаживаниям. Но постепенно настойчивость и глубина чувств Ампера увлекла девушку. Она приняла предложение вступить с ним в законный брак. Родители невесты не хотели этого брака. Они считали Андре не только внешне не подходящим для их дочери. Финансовая несостоятельность жениха также внушала им опасение за будущее материальное благополучие. Тем не менее, Андре и Жюли преодолели все препоны на пути их объединения в семью и в 1799 году обвенчались. После бракосочетания молодые супруги переезжают в Лион. Ампер становится домашним учителем. Но материальное положение при таком роде занятий оказывается очень неустойчивым. Из Бурга, куда он подал заявку на конкурс в центральную школу, приходит приглашение. Ампер переезжает в этот городок, оставляя Жюли и родившегося сына на попечение родителей жены. Жалование Андре и в Бурге было мизерным, и ему приходилось подрабатывать уроками и занятиями в частных пансионах. Серьезно отягощала подавленное моральное состояние Ампера внезапная и прогрессирующая болезнь жены. Однако несмотря на трудности, Ампер много и плодотворно работал в Бургский период своей жизни. О широте формировавшихся в это время научных интересов Ампера можно судить по его лекции, которую он прочел при вступлении в должность учителя центральной школы. Цель такой лекции сводилась к программным заявлениям педагога, его философским взглядам и жизненным интересам. Приходится сожалеть, что в наше время не практикуются подобные мероприятия для начинающих учителей и педагогов.

«Физика на современном этапе наших знаний, — говорилось во введении к вступительной лекции Ампера, — дает нам, вероятно, наиболее разнообразные сведения и факты интересных и полезных применений. Широкий круг ее интересов и недостаточная согласованность между различными частями создают для изучающих многочисленные трудности, которые нужно преодолеть и оставляют неточности в изложении системы, которые нужно либо принять, либо опровергнуть. Необходимо привести в порядок эту огромную бесформенную массу изящных изобретений, еще не объединенных временем. Предстоит прилежная и непрерывная работа в этой области...» Можно лишь восхищаться тем, насколько современно и точно сказано о физическом знании и о подходах к его изу-

чению. Педагогическая деятельность бургского периода стимулировала Ампера к активным занятиям наукой. Первые его научные исследования были связаны с математикой. Среди математических работ — «Соображения о математической теории игр», «Об интегрировании дифференциальных уравнений, к которым приводят задачи, решаемые вариационным методом», «О применении общих формул вариационного исчисления к задачам механики». Работы Ампера, направленные им в Парижскую академию наук, получили там высокую оценку. В частности, на вариационные исследования Ампера обратил внимание Лаплас. Благоприятное впечатление расчеты Ампера произвели на Даламбера. От него Амперу было направлено приглашение посетить Париж. Личные контакты с Даламбером завершились его рекомендацией занять место преподавателя математики в Лионском лицее. Работать в этом престижном учебном заведении Ампер давно мечтал. Теперь его мечты принимали реальный оборот. К сожалению, удачи по службе в этот период осложнились печальными событиями в семейной жизни. После непродолжительной болезни умирает его жена. Он остается с маленьким сыном, воспитанием которого приходится заниматься матери Ампера. Несмотря на несчастье, Ампер приступает к выполнению новых обязанностей. Увлеченность работой несколько снижает остроту свалившегося на его плечи горя. Работая преподавателем, Ампер начинает принимать участие в деятельности лионского отделения Академии наук. Лионский период творческой работы Ампера был непродолжительным. Неожиданно для себя он получает приглашение в Париж на работу в Политехническую школу. Политехническая школа занимала особое положение среди других учебных и научных институтов. В ней работали многие выдающиеся ученые. Она обеспечивала хорошо продуманную систему преподавания. И со стороны правительства этому учебному и научному центру оказывалась всяческая поддержка. Все это вселяло надежду на большие возможности для творческой научной работы, к которой у Ампера сформировался устойчивый интерес. Взвзвись с большим энтузиазмом за работу, Ампер быстро показывает свои незаурядные педагогические дарования. После выхода на пенсию профессора Боссю ему предлагают занять должность профессора. В это время Ампер сближается с работавшими в школе известными учеными — Монжем, Коши, Гей-Люссаком, Лакруа.

Начальные годы жизни в Париже в творческой деятельности были отмечены довольно сильным разнообразием интересов. Наряду с математикой он сочиняет трагедии, изучает психологию, составляет зоологические карты обитателей животного мира. В многих своих занятиях он не достигал завершения, хотя нередко и получал интересные выводы. Научная разбросанность и неопределенность творческих устремлений



отражала общее угнетенное состояние духа ученого, который никак не мог смириться с безвременной кончиной жены. Друзья Ампера пытаются восстановить душевное равновесие Андре. Они содействуют новым знакомствам с различными светскими людьми. Встреча Андре с зажиточным семейством графа Пото послужила причиной романтической связи с его дочерью Женни. Ампер делает предложение Женни, и она его принимает. Однако выбор Ампера оказался неудачным. Он и Женни оказались слишком разными и несовместимыми. В семье Пото всегда правил расчет, царил торгашеский дух, невежество и лицемерие. Сама Женни представляла собой особу недалекого ума, но весьма капризную, с большими запросами, невероятно бездушную и эгоистичную. Ампер же с его впечатлительностью, мягким, застенчивым и деликатным характером не вписывался в жизненный круг такого рода светской публики. Кончилось дело тем, что брачный договор был составлен не в пользу Ампера. А после свадьбы, когда Ампер переехал в дом жены, все ее отвратительные качества стали проявляться в усиленной мере. Недаром Луи де Бройль в докладе к столетию со дня кончины Ампера писал: «Вторая жена Ампера оказалась мегерой...» С такой резкой оценкой нельзя не согласиться. Ведь за неделю до родов второй жены Ампера попросту выгоняют из дома. Он по-холостяцки устроился в общежитии. Родившуюся девочку назвали Альбиной. Когда малютку отняли от груди, ее переправили к отцу. Амперу пришлось вызвать в Париж свою мать с сыном и сестру Жозефину. Разумеется, жизненные невзгоды вновь отражаются на творческой деятельности ученого. Для решения материальных проблем ему приходится работать в нескольких местах. К уже имеющимся огорчениям добавилось новое — смерть матери. С этого времени тяжесть воспитания девятилетнего сына и двухлетней дочери пала на сестру Ампера — Жозефину. Бреден писал в одном из писем к своему другу Амперу: «Мой бедный друг, не иссякнут ли когда-нибудь силы твоей души для горестей? Восемь лет я имею счастье знать тебя близко. С этого времени я всегда был уверен, что ты находишься на вершине страданий. Мне всегда казалось, что несчастья, выпавшие тебе на долю, отходят к концу. Но у тебя всегда находятся обстоятельства ухудшать твоё состояние...»

За печальное для себя десятилетие с 1804 по 1814 год Ампер представил научной общественности всего лишь одну работу под названием «Доказательство принципа виртуальных скоростей, полностью основанного на применении бесконечно малых». Однако начиная с 1814 года начинается самый активный в творческом отношении период жизни Ампера. В этом году опубликовано самое большое число его научных работ. Его научные заслуги высоко оцениваются академиками, и он избирается в члены Парижской академии наук по секции «геометрия». Математиче-

ские исследования Ампера занимают особое место в его творчестве. П. Аппель писал: «Математические труды Ампера, даже без его бессмертных работ по электродинамике, позволяют сами по себе поместить Ампера в первый ряд математиков, создавших современное математическое знание и сравнить его с блестящими учеными в этой области — Лапласом, Лагранжем, Монжем, Эрмитом, Пуанкаре и другими» [3].

Математикам хорошо известно дифференциальное уравнение, которое широко применяется в различных областях естествознания и известно под именем уравнения Монжа — Ампера:

$$A \frac{\partial^2 U}{\partial X^2} + 2B \frac{\partial^2 U}{\partial X \partial Y} + C \frac{\partial^2 U}{\partial Y^2} + D \left[\frac{\partial^2 U}{\partial X^2} \frac{\partial^2 U}{\partial Y^2} - \left(\frac{\partial^2 U}{\partial X \partial Y} \right)^2 \right] + E = 0$$

Здесь $U(XY)$ — неизвестная функция, а A, B, C, D, E — заданные коэффициенты.

Фундаментальный интерес для понимания значимости предложенного Ампером метода решения дифференциальных уравнений в частных производных представляют две его работы: «О частных дифференциалах» и «О некоторых преобразованиях и интегрировании уравнений с частными производными». В этих исследованиях развивается оригинальный метод интегрирования уравнений с частными производными первого и второго порядка, который теперь вошел во все учебники. Рассматривается подход к нахождению частных интегралов, удовлетворяющих заданным граничным условиям. Известно, что решение уравнений в частных производных может рассматриваться в виде некой поверхности. Система граничных условий выражает правило в виде соотношения для касательных плоскостей вдоль заданной кривой, при котором через эту кривую должна пройти искомая поверхность. Ампер подметил, что систему граничных условий и связанных с ними решений можно понимать и по-другому. А именно, что задается замкнутая кривая, через которую должна проходить поверхность с таким допущением, что поверхность образует большую непрерывную оболочку, ограниченную этой кривой. Обычно такой подход к рассмотрению интегралов уравнений в частных производных с помощью характеристических многообразий связывают с именем Монжа. Метод Ампера носит более общий характер и его можно применять к уравнениям, которые не поддаются интегрированием методом Монжа. В упомянутых выше работах Ампер развивает также метод так называемых контактных преобразований, причем делает это раньше Софуса Ли, которого в исторической литературе причисляют к основоположникам теории контактных преобразований.



Талант и научную продуктивность Ампера по достоинству оценили знаменитые к тому времени академики Парижской академии наук — Лаплас и Лагранж. По их представлению, Ампер занимает почетное место академика, и у него появляется возможность целиком посвятить себя научным исследованиям. Атмосфера, царившая в Парижской академии наук, способствовала плодотворному научному творчеству. Ампер предлагает вниманию коллег по Академии несколько научных сообщений. Среди них доклад, посвященный определению пропорций составных частей различных сред, соединяемых в одно целое. Он установил, что составляющие сложных сред зависят от числа и относительного расположения в них молекул. Другая работа, представленная на суд академиков, была связана с теоретическим обоснованием закона Мариотта. Диапазон научных интересов иллюстрирует еще один доклад, в котором им был установлен закон преломления обыкновенного и необыкновенного лучей. Интенсивная научная работа сопровождается преподавательской деятельностью. В дополнение к занятием по физике и философии он читает лекции по логике в Высшей нормальной школе Сорбонны. Большие нагрузки не замедлили сказаться на его здоровье. У него появляются нарушения в деятельности сердечно-сосудистой системы. Болезнь побуждает Ампера ограничить свою педагогическую работу. И он оставляет за собой только место профессора физики в Колледж де Франс, где работает начиная с 1824 года до последних дней жизни.

Главный труд Ампера — электродинамические исследования. Электродинамике он посвящает 10 лет своей жизни с 1820 по 1830 г. О его научных достижениях в этой области следует говорить особо. Ограничимся простым перечислением, потому что для подробного изучения электродинамической части научного творчества Ампера аналитических работ достаточно много. В первую очередь упомянем правило Ампера для определения направления действия тока на магнитную стрелку. Далее — закон взаимодействия электрических токов. Большой цикл работ выполнен Ампером по разработке теории магнетизма. Прежде всего, им представлен механизм магнитных взаимодействий через систему круговых токов (теорема Ампера). Ряд работ носит прикладной характер в их числе исследования соленоида (катушки с током), разработка большого числа электромагнитных приборов (коммутатор, электромагнитный телеграф и т.д.). Особо следует обратить внимание на исследования, связанные с законом элементарного действия токов и переходом к расчетам взаимодействия конечных токов. Ампер стремится действие элементарных токов свести к виду, аналогичному взаимодействию зарядов в законе Кулона. Электродинамическая концепция Ампера напрямую увязывается с представлениями Ньютона в механике. По мысли Ампера, объяснение

электродинамических взаимодействий следует искать не в вихревых движениях электрической материи, а в дальнедействующих центральных силах. Параллельно альтернативные воззрения на характер взаимодействия токов развивался коллегой Ампера, не менее известным ученым Био. Он считал, что обоснование опытов Эрстеда, обнаружившего и зафиксировавшего действие электрических токов, нужно искать исходя из идеи нецентральности электродинамических сил. Нецентральный характер сил — это близкодействующее или вихревое пространство вокруг токов. И характер электрических сил в связи с этим должен определяться в рамках полевых представлений. Между Био и Ампером развернулась полемика по поводу элементарных законов электродинамического взаимодействия. Эта дискуссия продолжается до настоящего времени. Определенное решение в пользу той или иной точки зрения затруднено из-за отсутствия возможности поставить эксперименты по оценке истинного характера взаимодействия элементарных токов.

Последние годы жизни Ампера были заняты обобщением выполненных исследований и составлением фундаментального труда «Опыт философии наук». Следует отметить, что стремление к обобщениям, размышлениям и идеологическому осмыслению того, что было создано им в науке, является основной чертой научного творчества этого завершающего периода жизни Ампера. О работах, выполненных Ампером в это время, обычно мало говорится. Однако они, пожалуй, являются исключительно богатыми как по осуществленным идеям, так и по нереализованным замыслам. Среди работ этого периода выделим расчеты криволинейной поверхности фронта световых волн в среде, упругость которой различна по трем главным направлениям. Сюда следует также отнести обсуждение возможных путей обоснования принципа всемирного тяготения, размышление об общих принципах, лежащих в основе тепловых и световых движений.

В моральном отношении это время оказалось ничуть не легче, чем предыдущие годы. Сам он писал: «Я никогда не был таким несчастливым, как теперь, так удрученным невзгодами и настолько перегруженным работой. У меня нет ни в чем утешения и глядя без удовольствия на мой сад, где я проложил новые тропинки, я не представляю себе, что будет далее со мной!» В начале лета 1836 года Ампер отправляется в инспекционную поездку в Марсель. Во время этого путешествия он неожиданно умирает от приступа сердечной болезни. Ему было 62 года. Смерть великого ученого прошла незамеченной. Его похоронили в Марселе. После 1869 года останки Ампера были перевезены на Монмартское кладбище и захоронены в склепе с сыном, умершем в 1864 году. На могильном камне высечено: «Он был также добр и также прост, как велик».

*Литература*

1. Самохин В.П., Мещеринова К.В., Тихомирова Е.А. Андре-Мари Ампер (к 240-летию со дня рождения) // Машиностроение и компьютерные технологии. Некоммерческое партнерство «Национальный Электронно-Информационный Консорциум», 2015. № 1.
2. Белькинд Л.Д. Андре-Мари Ампер. Наука, 1968.
3. Боброва М.И., Кононенко И.Н. «Музыка разума»: исследование книг выдающихся математиков в фонде ЦНБ Каразинского университета. Харьков, 2020.

А. А. Соловьев, доктор физ.-мат.н., профессор МГУ им. М.В. Ломоносова, Д. А. Соловьев, к.ф.-м.н. Объединенный институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН), выпускник физического факультета 2004 г.

НОВОСТИ БИБЛИОТЕКИ ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА

С ноября 2021 г. в библиотеке физфака произошли существенные изменения. После соответствующей подготовки стала действовать система электронного заказа литературы.

Раньше, чтобы взять литературу на абонементе или в читальном зале, надо было прийти в библиотеку, подойти к бумажному каталогу и заполнить читательское требование на литературу, затем подойти к библиотекаря и отдать его. В течение 1 часа ваш заказ выполнялся. Если литература была в подсобном фонде читального зала, то читательское требование не заполнялось и литература выдавалась сразу.

Теперь всю литературу заказывают через систему электронного заказа. Для этого необходимо зарегистрироваться на сайте Научной библиотеки МГУ (НБ МГУ) — <http://nbmgu.ru>. На главной странице сайта есть раздел «Регистрация». Входите в этот раздел и заполняете форму регистрации. При регистрации необходимо указать свои фамилию, имя и отчество, номер студенческого или аспирантского билета, для сотрудников — номер служебного удостоверения, место работы или учебы, номер телефона, адрес электронной почты. Также вводится пароль. Необходимо также загрузить со своего устройства вашу фотографию. Также необходимо получить активацию, зайдя в читальный зал или на абонемент.

После регистрации читатель может заказать литературу. Для этого он заходит на сайт НБ МГУ и в разделе каталоги в поле поиска вводит

данные о книге или журнале. После этого читатель вводит номер своего читательского билета и пароль. Появляются результаты поиска. Показываются те отделы библиотеки, где находится искомая литература. Надо выбрать тот отдел, в который вы заказываете литературу. Далее надо выбрать в читальный зал или абонемент заказывается литература. После этого появляется сообщение, что заказ принят.

В личном кабинете на сайте НБ МГУ находится вся информация о ваших заказах и их состоянии. Поэтому проверяйте статус Вашего заказа в личном кабинете. Далее вы приходите в соответствующий отдел за заказанной литературой.

Пока действуют обычные читательские билеты. Для новых читателей — сотрудников будут выдаваться новые пластиковые читательские билеты. Для этого надо зарегистрироваться на сайте НБ МГУ (при этом не требуется номер читательского билета) и прийти в нашу библиотеку на абонемент. Сотрудник абонемента проверит ваши данные и затем будет напечатан ваш пластиковый билет.

С 1 сентября 2022 г. планируется выдавать новые пластиковые читательские билеты студентам 1 курса. Для этого они должны заблаговременно зарегистрироваться на сайте НБ МГУ, при этом не требуется номер студенческого билета. Затем в определенный день будут напечатаны ваши читательские билеты, по которым будут выдаваться комплекты учебников для 1 курса в библиотеке учебных пособий.

Что еще интересного в работе библиотеки? В личном кабинете читатель может видеть ссылки на различные электронные ресурсы книги, журналы и реферативные базы данных.

К этим ресурсам можно обращаться не только из локальной сети интернет МГУ, но и через прокси-сервер из любого удобного места. Электронные ресурсы представляют собой электронные библиотеки книг и журналов на русском и иностранных языках, а также электронные реферативные базы данных. Полный список электронных ресурсов доступен на сайте НБ МГУ.

Хотелось бы отметить большую работу сотрудников НБ МГУ для перехода на электронный заказ. В нашу библиотеку физфака было поставлено новое оборудование для электронного заказа (компьютеры, принтеры, сканеры). Сотрудники библиотеки физфака прошли специальное обучение. Проведена была очень большая работа по обклейке штрих-кодами книг в подсобном фонде читального зала и книг из основного хранения. Все штрих-коды добавлялись в электронный каталог.

Также сотрудникам пришлось осваивать новую технологию обработки заказов, выдачи и приема книг.



Можно констатировать, что все сотрудники библиотеки справляются с новыми задачами и обеспечивают более современное обслуживание читателей.

Заведующий библиотекой физического факультета Зуев В.М.

ВОЙНА ДЛЯ НАШЕГО ПОКОЛЕНИЯ

*22 июня 1941 года началась
Великая Отечественная война*

Дети войны — это понятие широко используется в наше время. Воспоминания детей, детство которых пришлось на время Великой Отечественной войны, неоднократно приводились в нашей газете. Они написаны сотрудниками факультета старшего поколения, выпускниками факультета. Часть из них помещена в сборнике «Физфаковцы и Великая Отечественная война», 2015 г., 2020 г. Очень трогательные, берущие за душу. И замечательно написанные, свидетельствующие, что физфаковцы являются не только специалистами в своих разделах физики, но умеют хорошо писать.

Долго присматривал подходящую фотографию: есть из чего выбрать. Есть множество фотографий детей-героев, детей-сирот, детей у сгоревших домов. Есть невероятно страшные фотографии...

Выбрал фотографию 1943 г. — учениц ленинградской балетной школы. Дети эвакуированы в деревню под Пермь. Местные жители сделали специальный настил для занятий. Эти уроки юных балерин для жителей окрестных деревень были небывалыми представлениями. Это юные жительницы Ленинграда. Родители таких детей не могли не победить.

Главный редактор газеты «Советский физик»

Мы уже последнее поколение, которого коснулась Великая Отечественная война, и нас называют «дети войны». И, может быть, поэтому наши воспоминания и рассказы о судьбах наших родителей могут стать дополнительными штрихами к её истории.



Мы уже последнее поколение, которого коснулась Великая Отечественная война, и нас называют «дети войны». И, может быть, поэтому наши воспоминания и рассказы о судьбах наших родителей могут стать дополнительными штрихами к её истории.

Я родился за полгода до начала войны в городе Белосток. Сейчас этот город (впрочем, как и до 1939 г.) находится в Польше. А тогда, в конце ноября 1940 г., он входил в состав СССР в результате ввода наших и немецких войск в Польшу в соответствии с пактом Молотова–Риббентропа. Отец был офицером и участвовал в этом походе, который тогда назывался «Освобождением западной Белоруссии и западной Украины». Это в значительной мере так и было на самом деле, потому что



на этих землях проживали этнические белорусы и украинцы, которые оказались в Польше в результате неудачного наступления Красной армии под началом Тухачевского на Варшаву и последовавшего за этим захвата поляками этих земель в 1920 г.

Кстати, из-за этого у меня уже в наши времена были проблемы с загранпаспортом. При заполнении документов надо было указать город и страну места рождения. Пишу: Белосток, СССР. Но при этом объясняю, что сейчас Белосток в Польше. В ответ долгое задумчивое молчание и резюме: «Зайдите через две недели». Через две недели получаю паспорт — Белосток, Польша. При получении следующего паспорта всё повторяется точно так же. Так что я до сих пор так и не понимаю, в какой же стране я родился. По факту — в СССР, по паспорту — в Польше.

Война началась 22 июня 1941 г. в 4 часа утра. Так по радио объявил В.М. Молотов. Для моих родителей всё началось раньше. Как они рассказывали, около часа ночи 22 июня за отцом приехал вестовой с приказом явиться в часть. Отец уехал. И больше мама его не видела и ничего о нём не знала до окончания войны.

В воспоминаниях Г.К. Жукова я нашел записи событий 21 июня 1941 г. Он пишет, что поздно вечером этого дня на совещании у И.В. Сталина было принято решение послать в приграничные округа директиву о приведении войск в боевую готовность в связи с возможным внезапным нападением немцев. Передача этой директивы была закончена в 00.30 минут 22 июня 1941 г. (Маршал Г.К. Жуков. Воспоминания и размышления. М.: Новости, 1990. Том 1. Стр. 371). Так что этот вызов, по-видимому, был связан с данным приказом. Киев бомбили в четыре часа, но приграничные части бомбить начали раньше. Отец потом рассказывал, что первый бой они приняли примерно в половине четвёртого утра, отбивая налёт авиации, а потом и пехоты.

Белосток находился в нескольких десятках километров от границы, и немцы не сразу захватили город. Утром отец прислал машину, нас с мамой отвезли на вокзал на последний поезд, отходивший на восток. На вокзале была паника. Люди штурмовали поезд. У вагонов была давка, невозможно было в них протиснуться, тем более с ребёнком на руках. Кто-то из открытого окошка крикнул, чтобы она отдала ребёнка в вагон через окно, а сама попыталась пробиться через дверь. Она так и сделала. Но все попытки попасть в вагон были безуспешными. Она в слезах моталась от одной двери до другой, боясь, что поезд вот-вот отойдёт, пока те же люди не втянули её в вагон так же, как и меня — через окно.

Дорога была очень тяжёлая. От всех этих волнений у неё пропало молоко. Она кормила меня тем, что было под рукой. В результате у меня возникло расстройство живота. Пелёнки надо было где-то стирать, су-

шить. Как она со всем этим справлялась? А ведь ей тогда было всего 22 года. Поезд в дороге неоднократно бомбили, и во время бомбёжки она накрывала меня своим телом. Сейчас всё это даже представить себе трудно.

Эвакуировали нас на Урал, в город Троицк Челябинской области, и мы прожили там до 1942 г., когда было получено разрешение на въезд в Моноино Московской области, где жили родители отца.

А отец уже воевал. На второй день боёв ему удалось сбить фашистский бомбардировщик из спаренной зенитной установки во время массированного налёта авиации. С остатками своей части они некоторое время воевали в районе Брестской крепости (в одном из её северных отсеков), которая была недалеко от Белостока, а затем с боями отступали на восток. По пути движения было много столкновений с боевыми частями немцев и отрядами диверсантов.

Осенью, когда они пробивались из окружения, отец был контужен и попал в плен. Концлагерь, в котором он находился, был на западе Германии, недалеко от границы с Голландией. В плену он был с октября 1941 г. до окончания войны. В мае 1945 г. их освободили американцы. Всех, кто не захотел остаться в американской зоне оккупации, передали в Советскую зону, и они оказались в фильтрационном лагере. Здесь решалась их дальнейшая судьба. Как рассказывал отец, проверка проводилась по нескольким направлениям — как и при каких обстоятельствах попал в плен, сотрудничал ли с немцами, как вёл себя в плену. Я спросил его, многим ли удавалось пройти проверку? Конечно, он не знал этих данных, но, по его предположениям, таких было много, около 75–80 процентов. Проверку не проходили, в основном, власовцы или служившие полицаями. Их отправляли уже в наши лагеря. Остальных отпускали. Отец вернулся домой в конце года. Мне тогда было 5 лет, и в памяти осталось не очень много воспоминаний о том времени. Но я хорошо помню, что, когда мы встретились, я бросился ему на шею, хотя по сути осознанно видел его впервые, если не считать первые месяцы моей жизни.

Те первые послевоенные годы были тяжёлыми. У отца не было никакой гражданской специальности и непросто было трудоустроиться. Пришлось заново учиться. Да и в обществе отношение к людям, побывавшим в плену, было непростым и неоднозначным. Война только что закончилась, и у многих погибли близкие люди, свежими были воспоминания. В анкетах тогда надо было обязательно указывать, был ли сам или твои близкие родственники в плену. Конечно, это давило морально. Не



помню, когда отменили этот пункт в анкетах, но в 80-годы, когда я начал выезжать в заграничные командировки, он ещё оставался.

Но годы шли, люди постепенно оттаивали. Более подробно изучались документы военного времени. Начались процессы над военными преступниками, которые, несмотря на послевоенные проверки, смогли тогда скрыться и приспособиться. Но при этом шли также и реабилитационные процессы. Весной 1957 г. отца приняли в КПСС. А как-то осенью того же 1957 г. мы всем классом (я тогда учился уже в 10-м классе) после учебной поездки в планетарий возвращались на электричке из Москвы в Мононо. На остановке в Щёлкове в вагон вошёл отец. Я спросил его, что он делал там. Оказалось, что он по вызову ездил в военкомат. Я спросил: «Зачем?» Он вытащил из кармана коробочку и показал орден «Красная звезда». Оказалось, что ещё в 1941 г. он был представлен к этой награде (а тогда награждали нечасто), и это представление сохранилось. А сразу после войны то ли было не до этого, то ли повлиял факт пребывания в плену, но награду он получил только в 1957 г.

Этой перемене в отношении к тем, кто был в плену, способствовали появившиеся на эту тему фильмы, такие как «Чистое небо» Г. Чухрая, «Судьба человека» С. Бондарчука и книги о первых годах войны, например, «Живые и мёртвые» К. Симонова и др.

Отец редко рассказывал о военных годах. Многим фронтовикам тяжело было вспоминать эти трудные годы, а на него, конечно, ещё давил груз лет, проведённых в плену, он как будто чувствовал себя виноватым. И какие-то детали я узнал уже после его смерти из его учётной карточки члена партии. Там было указано, что он был принят в кандидаты партии в декабре 1939 г., а в члены КПСС в апреле 1957 г. Также уточнялось, что он находился в концлагерях для военнопленных с октября 1941 г. по май 1945 г. в г. Гладбек (округ г. Мюнстер), а с мая 1945 г. по декабрь 1945 г. проходил Государственную проверку в г. Новель Великолукской области. Я вспомнил, что в середине 80-х годов в течение месяца был в научной командировке в ФРГ и, в том числе, посетил университет в г. Мюнстер. Небольшой уютный университетский город оставил самые приятные впечатления. Тем более, мы там встретились с нашим однокурсником Франсом Беккером, который приезжал ко мне из Амстердама на выходные дни, и хорошо провели время. И когда после смерти отца в 2000 г. я узнал о том, что там были концлагеря, в которых он находился, мне стало очень неприятно. И больше не было никакой симпатии к этому городку.

Родители мои уже давно умерли. Вспоминая их, я пересматриваю старые фотографии и документы. Вот и сейчас передо мной лежат учётная карточка члена партии и награжденные документы отца, в том числе и

орденская книжка, где сказано, что указом Президиума Верховного Совета СССР от 9 августа 1957 г. он награждён орденом «Красная звезда» и стоит подпись Секретаря Президиума Верховного Совета М. Георгадзе от 27 сентября 1957 г. У него были и другие награды, в основном по случаю юбилейных дат, в том числе и орден Отечественной войны, но этот первый орден был ему наиболее дорог.



И часто представляю мечущуюся перед поездом, всю в слезах, молодую женщину. Мою маму.

Вот здесь две фотографии. На одной мои родители Антонина Ивановна и Михаил Степанович Шараповы (1939 г.), а на другой — мы с отцом в мае 1947 г.

Шарапов Валерий Михайлович, выпускник физфака МГУ 1964г., д.ф.-м.н., внс Ин-та физхимии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН



КОНКУРС ГАЗЕТЫ «СОВЕТСКИЙ ФИЗИК» 2022 ГОДА

Редакция газеты «Советский физик» объявляет конкурс!

80 лет назад одна из центральных газет СССР на первой странице опубликовала статью «Стойко защищать каждую улицу...»

Статья сопровождается тремя фотографиями.

На первой из них трио руководителей воинского подразделения (командир, политрук, начальник штаба). Подпись под фотографией — «Героические защитники...», далее следуют должности, звания, фамилии героев.

Один из героических защитников — выпускник физического факультета МГУ!

Вопросы участникам конкурса.

1. Название газеты.
2. О каком городе идет речь?
3. Назовите фамилию, имя, отчество выпускника физического факультета, какова его дальнейшая судьба (кратко).

Ждём ваших ответов!

Победитель получит годовую подписку на газету «Советский физик» — журнальный вариант на 2022 г. и «Ежегодник газеты "Советский физик" 2021 г.».

Ответы направлять с пометкой — **конкурс 2022** — по адресу:

sea@phys.msu.ru

Главный редактор Показеев К.В.

СОВЕТСКИЙ ФИЗИК

5(157)/2022
(сентябрь–октябрь)



ОРГАН УЧЕНОГО СОВЕТА, ДЕКАНАТА
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
2022



**ПОЗДРАВЛЕНИЕ ДЕКАНА
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
ПРОФЕССОРА Н.Н. СЫСОЕВА
С НОВЫМ УЧЕБНЫМ ГОДОМ**

От всей души поздравляю студентов, аспирантов, профессоров и преподавателей, всех сотрудников факультета со знаменательным событием — Днем знаний и началом нового учебного года!

2023 год — год 90-летия нашего факультета. Желаю в этом юбилейном году нам всех новых успехов и достижений! Пусть учебный год 2022/2023 будет для каждого из нас успешным, ярким, полным интересных событий, важных достижений и запомнится нам только хорошим.

Дорогие первокурсники! Поздравляю вас с поступлением на наш факультет, с первым и очень важным в жизни выбором, с началом взрослой жизни! Желаю всем студентам и аспирантам настойчивости, неиссякаемой энергии, трудолюбия, уверенности в своих силах, больших достижений в учебе и насыщенной интересными событиями студенческой жизни! С новым учебным годом, с новыми открытиями, с новыми знаниями!

Уважаемые профессора и преподаватели!

В новом учебном году хочу пожелать вам больших научных и творческих достижений, искренних друзей и коллег, отличных студентов и, конечно же, крепкого здоровья, счастья и благополучия! Ваш высочайший профессионализм — залог высокого качества образования и результатов научной деятельности, значительный вклад в развитие образования, в формирование нового поколения высокопрофессиональных специалистов, а ведь образование и наука — тот надежный фундамент, на котором строится благополучие нашей страны. Я счастлив работать вместе с вами!

С праздником!

*Декан физического факультета МГУ
профессор Н.Н. СЫСОЕВ*



ЗАВЕРШИЛИСЬ МОНОЛИТНЫЕ РАБОТЫ НА КЛАСТЕРЕ «ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ (УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ)» ДОЛИНЫ МГУ



12 июля 2022 г. завершились монолитные работы на кластере «Образовательный (Управленческий)» Долины МГУ, сдача которого запланирована на ноябрь этого года. В мероприятии, приуроченном к окончанию этого важного этапа строительства, приняли участие ректор Московского университета В.А. Садовничий, проректор МГУ В.А. Вайпан и руководитель строительства В.А. Адикаев.

Идея Долины была выдвинута ректором Московского университета в 2015 г. и поддержана Попечительским советом МГУ и Президентом Российской Федерации.

В декабре 2020 г. на заседании Попечительского совета МГУ Президентом России даны поручения Московскому университету совместно с Правительством Москвы принять меры для запуска первых объектов Инновационного научно-технологического центра (ИНТЦ) в течение двух лет и обеспечить к 2025 г. введение в эксплуатацию и функционирование всех объектов научно-исследовательской и образовательной инфраструктуры Центра. Ректор МГУ академик В.А. Садовничий: «Долина МГУ — это проект национальный по своему значению, флагманский для всей научно-образовательной сферы. Здесь мы тестируем универсальный механизм преобразования фундаментальных знаний в практические техноло-



гии, сервисы, рыночные продукты. На самом деле строится город – здесь будет семь кластеров, пять уже строятся. Это кластеры, которые объединяют усилия многих компаний — порядка 300 ведущих компаний нашей страны тем или иным способом вошли в долину и представили проекты, всего на рассмотрении 500 проектов».

Ровно год назад, 12 июля 2021 г., состоялось мероприятие, посвященное началу строительства кластеров «Междисциплинарный» и «Образовательный», а сегодня завершен важный этап в строительстве последнего: закончено возведение коробки здания и начато его остекление, уже готовы к приемке монолитные работы. Теперь стартуют внутренние работы по прокладке коммуникаций, в ближайшее время начнется отделка помещений. В строительстве принимают участие ребята из Молодежно-студенческих отрядов МГУ. На строительной площадке кластера «Образовательный» ректор МГУ отметил, что в этом здании, которое строится по самым современным стандартам создания инновационной среды, молодые люди, студенты и аспиранты МГУ, научные сотрудники Московского университета и различных компаний будут работать над новыми технологиями. Здесь будет представлен широчайший спектр инновационных проектов — от спутников и систем космического наблюдения до лекарств и новых материалов. В здании расположатся учебные и исследовательские лаборатории для реализации образовательных проектов (в том числе программ дополнительного образования) на базе факультетов и научно-образовательных школ МГУ, а также формирования инновационной среды для развития научно-технологических стартапов. Согласно графику строительства, ввод в эксплуатацию Образовательного кластера запланирован на ноябрь 2022 г.

На сегодняшний день кластер «Образовательный» полностью заполнен резидентами. Статус участника проекта со всеми налоговыми льготами предоставлен 40 компаниям, каждая из которых имеет сильную научную базу, а также готовый бизнес-проект, который направлен на долгосрочную коммерциализацию результатов. ИНТЦ МГУ «Воробьевы горы» возводится за Фундаментальной библиотекой. Долина создается для научно-технологических компаний, которые будут обеспечивать трансфер фундаментальных знаний в технологии. В ИНТЦ поступили предварительные заявки от 370 компаний, изъявивших желание осуществлять деятельность на территории Центра. Подготовлено около 470 научно-технологических проектов для Долины, в том числе около 150 проектов, связанных с МГУ. В состав Центра войдут девять научных и административных кластеров:



- «Биомед» (кластер биомедицинских технологий);
- «Геотех» (кластер наук о Земле, экологии, создания новых технологий изыскания и промышленного использования нефтегазового сырья);
- «Инжиниринг» (кластер робототехники, технологий специального назначения и машинного инжиниринга, технологий энергосбережения и эффективного хранения энергии);
- «Инфотех» (кластер информационных технологий, математического моделирования и высокопроизводительных вычислений);
- «Космос» (кластер космических исследований);
- «Междисциплинарный» (кластер междисциплинарных гуманитарных исследований, когнитивных наук);
- «Нанотех» (кластер нанотехнологий и новых материалов);
- «Ломоносов» (кластер высокотехнологичных компаний с лабораториями, центрами сертификации и испытаний);
- «Образовательный (Управленческий)» (кластер научно-технологических стартапов, образовательных проектов и общих сервисов).

<https://www.msu.ru/news/zavershilis-monolitnye-raboty-na-klaster-obrazovatelnyy-upravlencheskiy-doliny-mgu.html>

ПОЗДРАВЛЯЕМ СОТРУДНИКОВ ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА, ИЗБРАННЫХ АКАДЕМИКАМИ И ЧЛЕНАМИ-КОРРЕСПОНДЕНТАМИ РАН

1 июня 2022 года в ходе общего собрания Российской академии наук состоялись выборы новых членов РАН. Результаты тайного голосования были оглашены на заседании 2 июня.

Академиками Российской академии наук стали:

- ЧЕРЕПЕНИН Владимир Алексеевич, профессор кафедры фотоники и физики микроволн физического факультета
- АТАУЛЛАХАНОВ Фазоил Иноятович, профессор кафедры биофизики физического факультета



Членами-корреспондентами выбраны:

- ТИХОДЕЕВ Сергей Григорьевич, профессор кафедры общей физики и физики конденсированного состояния физического факультета
- ПОСТНОВ Константин Александрович, директор Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга

Сердечно поздравляем!

https://phys.msu.ru/rus/news/archive_news/28804/

О РАЗВИТИИ КВАНТОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МОСКОВСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕР- СИТЕТЕ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

*К 60-летию научной школы нелинейной оптики
в Московском университете*

*К 55-летию открытия спонтанного
параметрического рассеяния света*

В этой заметке сообщается о некоторых аспектах квантовых технологий на физическом факультете МГУ — от базовых экспериментов квантовой оптики до устройств квантовой защищенной связи и квантовых компьютеров/симуляторов. На фоне противоречивых, а порой и фантастических прогнозов развития этой высокотехнологичной отрасли, дан краткий реалистичный обзор состояния дел в тесной привязке к фундаментальным и прикладным разработкам ведущимся на физфаке.

Статья состоит из трех частей. В первой рассказывается о структуре Центра квантовых технологий физического факультета, Консорциуме Центра, а также об основных направлениях его деятельности. Во второй собраны материалы по подготовке кадров по квантовым технологиям на физфаке. В третьей — об основных научных проектах Центра.

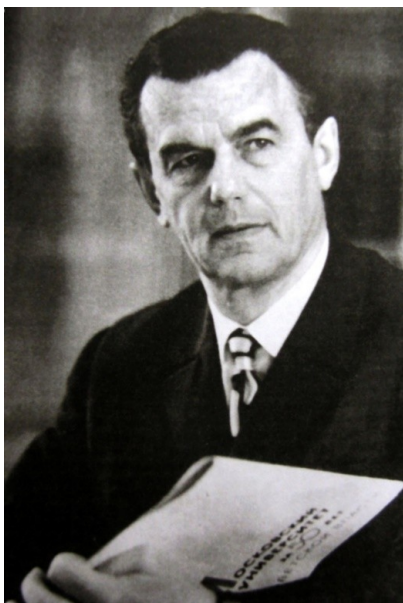


Центр квантовых технологий физического факультета, консорциум центра, основные направления его деятельности

Московский университет является лидером в области квантовых технологий в России. Все три направления, составляющие квантовые технологии, — квантовые вычисления, квантовая связь и квантовые сенсоры — активно развиваются в МГУ. Квантовые технологии являются специфическими в общем ряду сквозных технологий, развиваемых в России. Это связано с сильным доминированием фундаментальных и поисковых исследований, проводимых под их эгидой.

Определяющий задел МГУ по квантовым технологиям базируется на всемирно известных научных Школах физического факультета МГУ:

- Школа нелинейной оптики Р.В. Хохлова (нелинейные процессы в оптике, включая параметрические преобразования. См. статьи в двух предыдущих номерах «Советского физика», посвящённые юбилеям школы нелинейной оптики в Московском университете и



*Рем Викторович Хохлов
(1926–1977)*

открытия спонтанного параметрического рассеяния света),

- Школа квантовой оптики Д.Н. Клышко (технологии генерации, преобразования и измерения N-фотонного света, абсолютная квантовая фотометрия, квантовая интерферометрия и спектроскопия),
- Школа квантовых измерений В.В. Брагинского (принципы прецизионных квантовых измерений, квантово-невозмущающие измерения, разработка ключевых элементов для детекторов гравитационных волн),
- Школа взаимодействия излучения с веществом Л.В. Келдыша (неупругая туннельная спектроскопия, взаимодействие мощного лазерного излу-



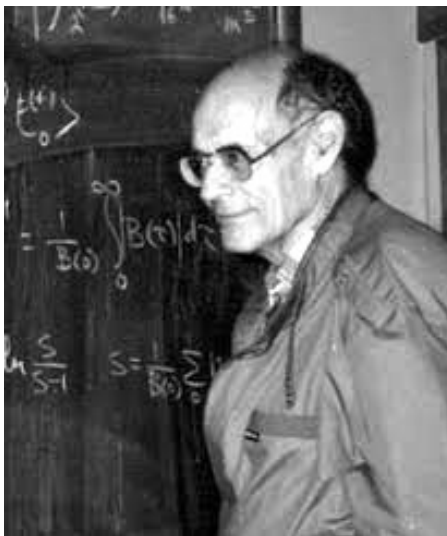
чения с атомами, молекулами и твёрдыми телами, кинетика сильно неравновесных квантовых систем),

- Школа квантовой одноэлектроники К.К. Лихарева (одноэлектронные устройства и системы, элементы памяти и логические элементы вычислительных систем).

Коллективами этих Школ было получено большое количество научных результатов, определяющих мировой уровень в этой области знаний.

Отмечая задел физического факультета в области квантовой оптики, нельзя не упомянуть о деятельности лаборатории спонтанного параметрического рассеяния света на кафедре квантовой радиофизики (с 2001 г. — кафедры квантовой электроники) под руководством Александра Николаевича Пенина.

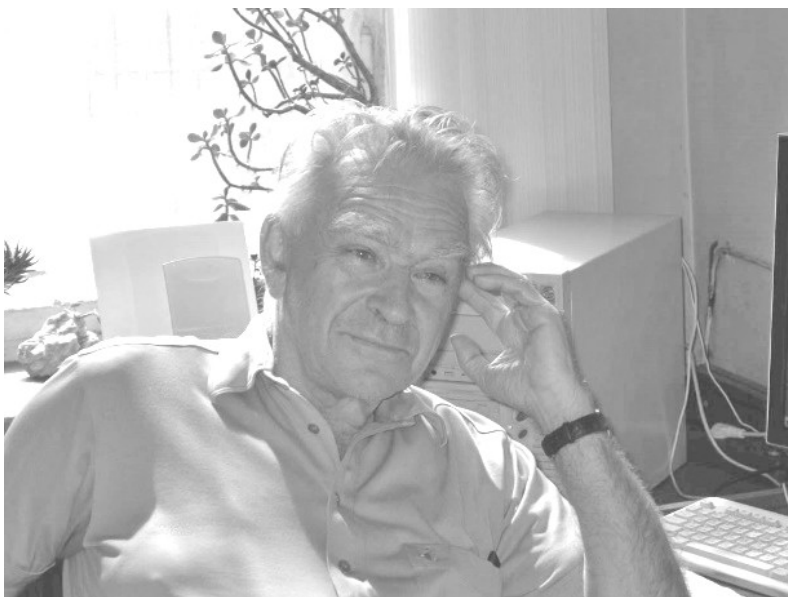
Почти сразу после открытия Д.Н. Клышко, В.В. Фадеевым и О.Н. Чунаевым эффекта спонтанного параметрического рассеяния (СПР) света (об истории открытия см. статью в предыдущем номере «Советского физика») стало ясно, что уникальные статистические свойства пар фотонов можно использовать в новом направлении, которое активно зарождалось в то время — в квантовой оптике. И действительно, практически сразу появилось несколько идей, которые очень быстро были реализованы в экспериментах, о том, как использовать бифотоны в метрологии — при разработке принципиально новых фотометрических эталонов спектральной яркости излучения, для абсолютной безэталонной калибровке фотодетекторов, а также в качестве генераторов одиночных фотонов [Д.Н. Клышко, А.Н. Пенин. Перспективы квантовой фотометрии. УФН, 152, 653–665 (1987)].



*Давид Николаевич Клышко
(1929–2001)*



*Владимир Борисович Брагинский
(1931–2016)*



Леонид Вениаминович Келдыш (1931–2016)



Константин Константинович Лихарев



Александр Николаевич Пенин (1940–2016)

Чуть позже — в конце 80-х годов XX в. — начался поток статей (теоретических и экспериментальных) — в которых пары коррелированных фотонов использовались для проверки неравенств Белла и демонстрации парадокса Эйнштейна – Подольского – Розена [Y.H. Shih, C.O. Alley, New Type of Einstein – Podolsky – Rosen — Bohm Experiment Using Pairs of Light Quanta Produced by Optical Parametric Down Conversion. Phys. Rev. Lett., 61, 2921–2924 (1982)]. Фактически, с этого момента пары перепутанных фотонов стали «рабочей лошадкой» не только квантовой оптики, но и зарождающейся области — квантовой обработки информации [YanhuaShih, An Introduction to Quantum Optics: Photon and Biphoton Physics. ISBN 9781138601253. Published December 14, 2020 by CRC Press. 448 Pages 140 B/W Illustrations].

Сейчас трудно представить себе раздел квантовых технологий, в котором бы не использовались пары перепутанных фотонов: квантовые коммуникации, квантовые вычисления и квантовая сенсорика — все эти субтехнологии во многом базируются на статистических свойствах бифотонов. И по сей день процесс СПР является одним из наиболее эффективных источников таких состояний света. С момента открытия СПР появились новые нелинейные материалы, существенно изменилась аппаратная база оптических экспериментов. Это дало возможность поднять эффективность генерации бифотонов в тысячи раз, создать компактные источники и приемники таких состояний и работать с ними не как с объектами изучения, а как с надежными инструментами в проведении фундаментальных и прикладных работ в области квантовой обработки информации и спектроскопии [D.A. Kalashnikov, A.V. Paterova, S.P. Kulik, L. Krivitsky, Infrared Spectroscopy with Visible Light. Nature Photonics, 10, 98–101 (2016)].



Центр квантовых технологий

<https://quantum.msu.ru/>

Решением правительства РФ в 2019 г. три направления — квантовые вычисления, квантовая связь и квантовые сенсоры — были закреплены за тремя крупнейшими профильными компаниями — Росатомом, РЖД и Ростехом соответственно — для того, чтобы обеспечить выполнение разработанных Дорожных карт под практически персональную ответственность.

Годом ранее, в 2018 г., приказом ректора МГУ им. М.В. Ломоносова академика В.А. Садовниченко на физическом факультете в рамках Национальной технологической инициативы был создан Центр компетенций по



направлению «квантовые технологии». Директором Центра был назначен декан физфака Н.Н. Сысоев, научным руководителем — С.П. Кулик.

Продолжая лучшие традиции Московского университета в целом и физического факультета в частности, Центр квантовых технологий (ЦКТ) ведет активную работу **по четырем стратегическим направлениям квантовых технологий:**

- реализация ключевых комплексных научно-исследовательских и опытно-конструкторских проектов в области квантовых вычислений, квантовых коммуникаций и квантовых сенсоров;
- обеспечение правовой охраны, управления правами и защиты как полученных Центром РИД, так и РИД, переданных ему в управление;
- разработка и реализация основных образовательных программ высшего образования, направленных на формирование компетенций в области квантовых технологий;
- развитие инфраструктуры научной, научно-технической, инновационной и интеллектуальной деятельности.

Деятельность Центра тесно связана с Консорциумом — кооперации научно-образовательных и коммерческих организаций, реализующих Программу. География консорциума обширна — в него входят организации из Санкт-Петербурга, Новосибирска, Казани, Пензы, Саратова, Черноголовки, Томска, Челябинска и Троицка. В состав Консорциума, кроме лидера — МГУ, входят 23 организации, в том числе:

семь ведущих вузов России:

- Санкт-Петербургский государственный университет;
- МГТУ имени Н.Э.Баумана;
- Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ;
- Национальный исследовательский университет МИЭТ;
- Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР);
- Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского;
- Южно-Уральский государственный университет.

Пять институтов РАН:

- Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр РАН»;

- Институт физики полупроводников имени А.В. Ржанова СО РАН;
- Институт физики твердого тела РАН;
- Физико-технологический институт РАН;
- Институт общей физики имени А.М. Прохорова РАН.

Шесть коммерческих компаний — индустриальные партнеры Центра:

- ОАО «ИнфоТеКС» и Учебный центр ИнфоТеКС;
- НТП «Криптософт»;
- НПК «Авеста-Проект»;
- Издательский дом «Электроника».
- ЗАО «ЮЛ-ком Медиа».

Некоммерческие организации:

- Иннопрактика;
- «Кванториум» г. Саратов.

Представители двух Государственных корпораций:

- ВНИИА имени Н.Л. Духова (Росатом);
- концерн «Автоматика» (Ростех).

Общественная организация

- Ассоциация защиты информации.

Активное и постоянное взаимодействие позволяет всем организациям, входящим в консорциум, вести совместные образовательные и исследовательские проекты, делиться лучшими практиками и актуальными достижениями, способствовать формированию научного сообщества, а также чутко реагировать на запросы рынка. Консорциумная форма объединения дает возможность в полной мере и, зачастую, неформально использовать компетенции организаций как дополняющие для продвижения по четырем стратегическим направлениям, перечисленным выше.

Подготовка кадров по квантовым технологиям на физфаке МГУ

В качестве иллюстрации деятельности Центра квантовых технологий рассмотрим два направления — образовательное и научное.



Одной из ключевых задач, которую ставит перед собой Центр квантовых технологий, является подготовка высококвалифицированных кадров. В первую очередь, речь идет о магистерских программах.

Центр подготовил и реализует три магистерских программы:

- **«Квантовая криптография и квантовая связь».** Цель данной программы — подготовка специалистов по вопросам квантового распределения ключей и квантовой связи. В рамках программы рассматриваются как вопросы классической теории информации и методов передачи данных, так и изучение в требуемом объеме квантовой теории. В рамках первой части программы изучают вопросы кодирования информации и исправления ошибок, классической криптографии, основ цифровых систем связи, некоторые аспекты современных методов разработки цифровых электронных устройств. Вторая часть посвящена основам квантовой оптики, квантовым технологиям в целом, физическим основам квантовой криптографии и изучению известных протоколов квантового распределения ключей. Также подробно рассматриваются такие смежные вопросы, как генерация случайных чисел, «постквантовая криптография» и др.
- **«Квантовые вычисления».** Эта программа готовит специалистов нового типа – «квантовых инженеров», специалистов по разработке элементной базы и программного обеспечения для квантовых компьютеров. Междисциплинарная программа подготовки включает в себя как углублённое изучение теории квантовой обработки информации, теории квантовых вычислений и квантовых алгоритмов, так и необходимые разделы физики, лежащие в основе физических моделей квантовых вычислений. В частности, сюда относятся квантовая оптика, физика холодных атомов, физика конденсированного состояния и взаимодействия излучения с веществом. Данная программа содержит курсы для подготовки специалистов в области экспериментальной физики, связанной с созданием квантовых вычислительных систем.
- **«Квантовые и оптические технологии».** В рамках этой программы ведется подготовка специалистов, обладающих навыками и компетенциями, необходимыми для разработки квантовых вычислительных устройств на основе одноатомных центров в твердотельных структурах, а также устройств нанофотоники, интегральной оптики, и использования современных оптических методов диагностики в области квантовых технологий.



Решение проблемы подготовки кадров по квантовым технологиям видится не только в разработке и чтении соответствующих курсов. С 2018 г. ЦКТ регулярно проводит **Школу по квантовым технологиям** (<http://qutes.org/>), с привлечением ведущих российских и зарубежных ученых. В разные годы с лекциями выступили Artur Ekert, Anton Zeilinger, Filipe Grangier, Andrew Forbes, Mark Saffman, Marco Genovese, Marco Bellini, Сергей Вятчанин, Фарид Халили, Валерий Рязанов, Алексей Устинов, Сергей Молотков, Николай Колачевский и многие другие ученые, составляющие цвет науки о квантовой обработке информации.

Здесь нужно сказать о еще одной учебной разработке, уникальной для России. В 2019–2020 гг. в Центре квантовых технологий был разработан и внедрен **учебно-научный комплекс для практических работ по квантовой оптике и квантовой информатике**. Этот комплекс позволяет экспериментально исследовать базовые законы квантовой физики (принцип суперпозиции, соотношение неопределенностей, явление перепутанности, нарушение неравенств Белла и др.) на примере задач квантовой информатики (квантовое распределение ключа, квантовый генератор случайных чисел, томография квантовых состояний и процессов), реализованных на самой простой и наглядной физической платформе — платформе квантовой оптики.

Дело в том, что квантовая физика, несмотря на свою востребованность в современном мире, представляет определенную сложность для понимания, так как ее базовые принципы полностью противоречат нашему повседневному опыту. Возможно, именно с этим связан поток противоречивой информации, нередко появляющейся в СМИ в интерпретации невежественных или, как минимум, неподготовленных «интерпретаторов» науки — и про системы защищенной связи и про невиданные по возможностям вычислительные устройства¹. Преодолеть этот разрыв и дать полное понимание законов квантовой физики может только практический опыт работы с квантовыми системами. Поэтому практикум, разработанный в ЦКТ, является чрезвычайно полезным инструментом для обучения и отработки практических навыков. Использование установок практикума на занятиях со студентами подтверждают этот тезис.

Учебный комплекс включает в себя две части — классическую и квантовую. Классическая часть посвящена исследованию поляризации классического света — пожалуй, единственной характеристики классического излучения, описание которой изоморфно описанию свойств двухуровневых систем в квантовой механике. Поляризация — это наглядный

¹ К сожалению, в погоне за финансированием, этим злоупотребляют и некоторые ученые.



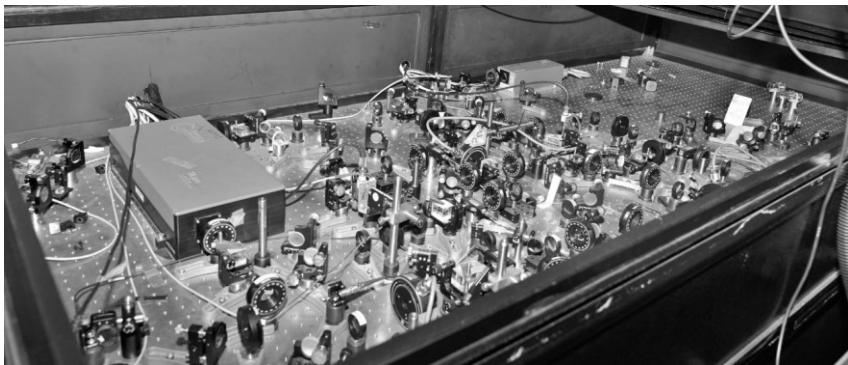
мостик между классическим и квантовым описанием явлений. На ее основе можно реализовать процедуры приготовления и измерения одиночных кубитов, практически, не выходя за пределы классической оптики, используя аппарат векторов Джонса. Квантовая часть комплекса, состоящая из пяти модулей, позволяет генерировать перепутанные поляризованные состояния пар фотонов/бифотонов и с их помощью демонстрировать нарушение неравенств Белла, реализовывать различные протоколы квантовой томографии и криптографии, наблюдать интерференцию Хонга-Оу-Манделя, исследовать статистику фотонов различных квантовых состояний света и на основе этих исследований создавать квантовые генераторы случайных чисел.



*Во время работы 3-й Школы по квантовым технологиям
(Сочи, 1–7 марта 2020 г.)*



Работа с практикумом реализована таким образом, что студенты могут выполнять задания как очно, так и удаленно, через интернет. Это оказалось особенно важным во время перехода на дистанционный формат обучения, который негативно сказался на многих других практических занятиях.



Один из стендов в практикуме по квантовым технологиям

Надо отметить, что дистанционное образование, предлагаемое Центром квантовых технологий, не ограничивается доступом к практикуму. Сотрудниками центра записано несколько онлайн-курсов, все они доступны на портале «Открытое образование» (<https://openedu.ru>). Благодаря этому пройти курс и получить сертификат могут и сотрудники технологических компаний, и студенты, имеющие достаточную подготовку и соответствующие базовым требованиям, предъявляемым к слушателям.

Как видим, образовательные курсы и используемые решения позволяют подготовить специалистов по каждой из субтехнологий. Причем, возвращаясь к магистерским программам, отметим, что все учебные планы составлены таким образом, чтобы обучающиеся могли не только получать фундаментальные и актуальные знания по выбранной программе, но также активно участвовали в реальных разработках, которые ведутся в Центре, взаимодействовали с промышленными партнерами. Это позволяет добиться того, что к окончанию магистерской программы выпускник может одинаково успешно как продолжить заниматься научной деятельностью, так и применить полученные знания на практике, занявшись разработкой новых технологий или устройств. В ситуации с такой стремительно развивающейся отраслью, как квантовые технологии, такая возможность кажется особенно актуальной, потому что на данный момент отрасль испытывает катастрофическую нехватку профессионалов высокого уровня. Причем при реализации прикладных задач эта нехватка



ощущается ничуть не менее остро, нежели в научной и исследовательской работе.

Важно, что учебные заведения, входящие в Консорциум Центра квантовых технологий, активно взаимодействуют с Центром в области подготовки кадров и пользуются разработанными в центре методиками и курсами.

Ярким примером плодотворного сотрудничества организаций в рамках Консорциума является деятельность Санкт-Петербургского государственного университета. Здесь в 2020–2021 гг. в рамках сотрудничества с ЦКТ и передачи образовательных компетенций между партнерами Консорциума запущен первый в Санкт-Петербурге лабораторный образовательный практикум по квантовой оптике и информатике, где студенты на высокотехнологичном оборудовании осваивают навыки владения квантовыми технологиями. Практикум предполагает работу студентов на оборудовании, позволяющем манипулировать одиночными квантовыми объектами, что требует не только особых навыков проведения эксперимента, но заставляет изменить подход к исследованию физических объектов. Для внедрения основ такого мышления практикум сопровождается теоретическими занятиями, семинарами и практическими аудиторными занятиями. Для более легкого погружения в технику эксперимента в СПбГУ создана виртуальная среда, в которой знакомство с экспериментом организовано в виде научной компьютерной игры.

Огромный опыт научной работы в области квантовой оптики СПбГУ позволил в 2019–2021 гг. создать — при поддержке со стороны ЦКТ — новые онлайн-курсы, доступные на платформах «Открытое образование» и Coursera (англоязычный ресурс). Содержание этих курсов оказалось также широко востребованным в текущей эпидемиологической ситуации, утвердившей особую роль дистанционного образования в общем образовательном процессе. Курсы посвящены знакомству с физическими основами квантовых вычислений. Уникальность созданного образовательного контента заключается в последовательном сквозном представлении материала — от основ квантовой механики к современным приложениям, которые сейчас у всех на слуху. Создание англоязычного контента и привлечение англоязычной аудитории — это заявка на позиции ЦКТ в данной области. В настоящий момент подготовлена онлайн-специализация по квантовым вычислениям на платформе Coursera.

В 2020 г. в СПбГУ создана и запущена программа дополнительного образования «Физические основы квантовых вычислений». Необходимость создания такой программы продиктована прежде всего тем, что физики и специалисты других направлений незнакомы даже на базовом уровне с принципами и новыми подходами квантовых технологий. Это



направление появилось совсем недавно и только сейчас внедряется в образовательный процесс.

Другим примером сотрудничества организаций Консорциума в рамках подготовки кадров является инициатива руководства кафедры криминологии и кибербезопасности НИЯУ МИФИ. Сотрудники ЦКТ читают магистрантам кафедры курсы «Физические основы квантовой криптографии» и «Основы квантовой криптографии». Эти курсы призваны познакомить будущих специалистов по информационной безопасности как с перспективами угроз, которые представляют квантовые вычисления для классических криптографических систем, так и с методами использования принципов квантовой физики для передачи секретной информации. На основе очных курсов подготовлены также и онлайн-курсы на платформах edX и «Открытое образование».

Окончание в следующем номере «Советского физика».

С.П. Кулик, профессор кафедры квантовой электроники, научный руководитель Центра квантовых технологий физического факультета МГУ

СВЕРХСИЛЬНЫЕ СВЕТОВЫЕ ПОЛЯ — НЕЛИНЕЙНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СО СТРУКТУРНО-НЕОДНОРОДНЫМИ МИШЕНЯМИ И АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНЫМИ КЛАСТЕРАМИ ИЗ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ, ГЕНЕРАЦИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ВЫСОКОЭНЕР- ГЕТИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ

Развитие техники генерации сверхинтенсивных (более 10^{16} Вт/см²) фемтосекундных (порядка 10^{-13} сек и менее) лазерных импульсов открыло совершенно новые возможности в области нелинейной оптики и лазерной физики. Стало доступным при взаимодействии лазерного излучения с веществом достижение режимов сверхвысоких давлений и температур, реализации экстремально высоких значений ускоряющего поля, появились возможности создания в лабораторных условиях источников яркого рентгеновского излучения сверхкороткой длительности и высокоэнергетических частиц. При интенсивностях более 10^{18} Вт/см² взаимодействие лазерного излучения с веществом становится сильно зависимым от релятивистского характера электрона. В настоящее время появились условия



для проведения исследований экстремальных состояний вещества, возникающих под действием ультрарелятивистских лазерных полей. Интерес к ним связан моделированием астрофизических и ранних космологических явлений в лабораторных условиях. Таким образом, научное сообщество стало свидетелем появления нового направления, которое можно определить как экстремальная нелинейная оптика и лазерная физика.

В 1983 г. профессором С.А. Ахмановым была поставлена задача разработки и создания на кафедре общей физики и волновых процессов технически сложной, мощной фемтосекундной ХеСl-экимерной лазерной системы. Результаты этой пионерской работы, в которой участвовала группа аспирантов и сотрудников кафедры (Ахманов С.А., Гордиенко В.М., Джиджоев М.С., Краюшкин С.В., Кудинов И.А., Магницкий С.А., Платоненко В.Т., Попов В.К.), были опубликованы в журнале «Квантовая электроника» (1986 г.) практически одновременно с первой публикацией группы ученых из ИВМ (США). Развитие этих исследований привело к тому, что на кафедре ОФиВП было создано новое поколение лазерных систем, работающих в УФ, видимом и среднем (десятимикронном) диапазонах и генерирующих импульсы сверхкороткой длительности. Этому способствовали, конечно, и достижения других сотрудников кафедры в области нелинейной оптики и лазерной физики (рост кристаллов для нелинейно-оптических преобразователей частоты — Дьяков В.А., Ковригин А.И., Прялкин В.И., генерация сверхкоротких лазерных импульсов — Першин С.М., Подшивалов А.А.). Все это позволило в последующее десятилетие усилиями ученых кафедры ОФиВП внести существенный вклад в разработку такого развивающегося направления в лазерной физике, как вещество в сверхсильных световых полях. В этот период в лаборатории сверхсильных световых полей были достигнуты такие ключевые и оригинальные результаты, как спектрально согласованная генерация мягкого РИ (48 А) длительностью около 5×10^{-12} с. Была достигнута интенсивность 5 ГВт/см^2 с использованием в качестве управляющих элементов резонансных многослойных рентгеновских зеркал (разработаны в группе ныне академика С.В. Гапонова, ИПФ РАН). Получена эффективная генерация рентгеновского излучения с использованием наноструктурированного пористого кремния (разработан группой профессора Кашкарова П.К.). В этих экспериментах использовалось фемтосекундное лазерное излучение с интенсивностью $1\text{--}10 \text{ ПВт/см}^2$, что позволяло инициировать нелинейный процесс возникновения приповерхностной высокотемпературной плазмы, являющейся источником рентгеновского излучения сверхкороткой ($\sim 10^{-12}$ с) длительности. Результаты упомянутых исследований отражены в публикациях журнала УФН (Гордиенко В.М., Коротеев Н.И., Платоненко В.Т. — 1993 г., Гордиенко В.М., Савельев А.Б. — 1999 г.). Несколько позже были



предложены и выполнены первые эксперименты по фемтосекундному лазерному возбуждению низколежащего ядерного уровня Та и генерации моноэнергетических нейтронов в приповерхностной плазме твердотельных мишеней. Эти пионерские результаты были опубликованы в обзорной статье журнала «Квантовая электроника» (Андреев А.В., Гордиенко В.М., Савельев А.Б. — 2001 г.). Существенно, что за период времени с начала работ по проекту «Сверхсильные световые поля» результаты проведенных на кафедре ОФиВП оригинальных исследований были представлены во многих отечественных и зарубежных изданиях, доложены на многочисленных международных конференциях. Они легли в основу ряда кандидатских и двух докторских диссертаций (Годиенко В.М., «Нелинейные взаимодействия интенсивного пико- и фемтосекундного лазерного излучения с веществом в сильно неравновесном состоянии» — 1998 г.; Савельев А.Б., «Управление свойствами плотной плазмы фемтосекундного лазерного импульса и инициирование низкоэнергетических ядерных процессов» — 2004 г.). Нарботанный опыт в сложные 90-е гг. прошлого века и имеющиеся идеи позволили успешно развиваться лаборатории и далее.

В настоящее время на кафедре ОФиВП на базе фемтосекундной титан-сапфировой лазерной системы успешно функционирует лаборатория релятивистской лазерной плазмы (руководитель — профессор Савельев А.Б.). Выполняются исследования, в основе которых лежит использование лазерных пучков релятивистской интенсивности (6×10^{18} Вт/см²), ее инфраструктура отвечает современным достижениям в области нелинейной оптики, лазерной физики, сотрудниками используются современные методы диагностики состояния вещества.

Отвечая вызовам времени, научные исследования на кафедре ОФиВП по проблеме сверхсильных световых полей ориентированы на использование релятивистских лазерных пучков с целью поиска возможностей создания новых методов и технологий генерации в импульсно-периодическом режиме спектрально яркого рентгеновского излучения, а также ускоренных до МэВ-ного уровня электронных пучков, потоков моноэнергетических и иных нейтронных пучков. Это важно не только в плане решения фундаментальных задач, но и для создания критически важных технологий. Подходы опираются на применение нового класса лазерно-плазменных объектов, таких как структурно-неоднородные мишени субкритической плотности и атомно-молекулярные кластеры, формируемые из сверхкритических состояний. В качестве иллюстрации сказанного приведем несколько пионерских результатов, полученных в последнее время.



На фото выше: Ж. Муру (Университет Мичиган, ныне нобелевский лауреат по физике за метод усиления chirпированных импульсов, 2018 г.) — 3-й ряд, четвертый справа; А.М. Сергеев (ИПФ РАН, ныне Президент РАН) — 4-й ряд, второй справа; М. Лонгано (Институт физики плазмы, Италия) — 1-й ряд, в центре; Ф. Пегораро (Университет г. Пиза, Италия) — 2-й ряд, третий справа; Х. Такума (Центр передовых фотонных технологий, Япония) — 2-й ряд в центре, С.В. Буланов (ИОФ РАН) — 5-й ряд, первый справа; Т. Дитмайер (Империял Колледж, Великобритания) — 6-ой ряд, третий слева; И.В. Погорельский (Брукхейвенская нац. лаб., США) — 6-й ряд, третий справа; В.М. Гордиенко (МГУ) — 6-й ряд, второй справа; Д. фон-дер Линде (университет Эссен, ФРГ) — последний ряд, первый справа

Экспериментально обнаружено, что нелинейный показатель преломления CO_2 и Хе достигает максимального значения при сверхкритическом состоянии в области Видома, которой соответствуют максимальные флуктуациям плотности и связан с развитием процесса кластерооб-



разования. Последнее существенно для формирования сверхзвуковых кластерных струй в интересах генерации лазерно-плазменной высокоэнергетических ионов и нейтронов (опубликовано в журнале *Optics Express* в 2018 г.). Впервые зарегистрирован рентгеновский спектр наноплазмы в диапазоне энергий 5–100 кэВ и достигнута максимальная энергия ускоренных электронов 2 МэВ в пучке с расходимостью 130 ± 50 мрад при облучении крупных кластеров криптона лазерным пучком релятивистской интенсивности (опубликовано в журналах «Квантовая электроника» в 2021 г. и *Laser Phys. Letters* в 2019 г.). Обнаружено, что облучение релятивистскими лазерными пучками наноструктурированной мишени со столбиками субволнового размера (~ 100 нм в диаметре) обеспечивает значительный (до 250 кэВ) прирост температуры горячих электронов плазмы и их числа по сравнению с получаемыми в случае плоской мишени (опубликовано в журнале «Квантовая электроника» в 2020 г.). Обнаружен рост выхода быстрых нейтронов при возбуждении ядерной DD-реакции в процессе взаимодействия релятивистски интенсивного (свыше 10^{18} Вт/см²) сверхкороткого лазерного импульса с дейтерированной объемно-структурированной на масштабе длины волны мишенью с пониженной средней плотностью с эффективностью 7×10^4 нейтрон/Дж вложенной энергии (опубликовано в журнале «Квантовая электроника» в 2021 г.). Впервые продемонстрирована генерация нейтронов в DD-реакции с эффективностью $\sim 6 \times 10^4$ нейтрон/Дж при воздействии релятивистских фемтосекундных лазерных импульсов на субмикронные агрегаты, созданными из однофазной сверхкритической смеси $\text{CO}_2 + \text{CD}_3\text{OD}$ (направлена в журнал *Laser Phys. Letters* в 2022 г.).

В заключение отметим, что перманентное развитие работ лазерного инициирования экстремальных состояний вещества в значительной степени обязано благоприятной атмосфере традиционно существующей на кафедре, а также участием молодых ученых, прежде всего аспирантов и студентов. Всему этому способствовали не только публикации в ведущих мировых изданиях, но и плодотворные обсуждения на многих международных конференциях, одним из инициаторов которых был ныне нобелевский лауреат по физике профессор Ж. Муру. Первая конференция (и ряд последующих) по сверхсильным полям в плазме состоялась в Варенне (17.08–02.09, 1997, Италия), участниками которой были хорошо известные в настоящее время ученые в этой области знаний (см. фото), в том числе и я, в качестве приглашенного докладчика, представляющего физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова.

*Заведующий лабораторией нелинейной оптики имени Р.В. Хохлова
профессор В.М. Гордиенко*



ВЫПУСК 2022 ГОДА В ЦИФРАХ (МАГИСТРЫ)

Вот на физическом факультете и закончился еще один учебный год. А раз так, значит, состоялся выпуск. В магистратуре 238 (81 девушка и 157 юношей) и специалитете (астрономы) 10 (4 девушки и 6 юношей) студентов успешно выдержали государственную итоговую аттестацию и получили дипломы об окончании магистратуры. Кто вы, выпускники 2022 года?

В сентябре 2020 г. свой путь к знаниям начали 295 человек (103 девушки и 192 юноши) из 52 регионов России от Хабаровского края до Калининградской области, граждане Беларуси, Казахстана, Китая, Кореи. 109 человек — представители Москвы и Московской области, 272 человека закончили бакалавриат в МГУ имени М.В. Ломоносова. Путь приходилось держать в условиях пандемии ковида-19, дистанционного обучения, в непростых условиях. И лишь последний семестр был относительно благополучным с точки зрения эпидемиологической обстановки. Может быть, поэтому 57 человек прервали обучение.

И вот все радости и невзгоды студенческой жизни остались позади. Пришла пора выпуска.

Свое обучение многие выпускники планируют продолжить в аспирантуре физического факультета или других учебных и научных учреждений. Кто-то планирует трудиться в научных и образовательных учреждениях, на производстве, в бизнесе. У каждого свой, уникальный путь. Думаю, что все выпускники с благодарностью будут вспоминать годы обучения в магистратуре, преподавателей и друзей-однокурсников, физический факультет, который по-настоящему стал школой жизни.

А.С. Нифанов

ПОЗДРАВЛЯЕМ АЛЕКСАНДРА ИВАНОВИЧА СТУДЕНИКИНА!

Профессору кафедры теоретической физики физического факультета МГУ Александру Ивановичу Студеникину исполнилось 65 лет. От всей души поздравляем его и желаем всяческих успехов!

Александр Студеникин родился в Стокгольме в семье военного дипломата. В 1974 г. после окончания московской английской спецшколы поступил на физический факультет МГУ. В 1977 г., обучаясь на третьем



курсе, начал подготовку дипломной работы в научной группе и под руководством профессора Игоря Михайловича Тернова, который в то время заведовал кафедрой электродинамики. Первые научные исследования, которые были связаны с развитием теории бета-распада нейтрона в магнитном поле, Александр Студеникин проводил в тесном сотрудничестве с членом научной группы И.М. Тернова Василием Николаевичем Родионовым. Сразу же после защиты дипломной работы на тему «Слабые распады нейтрона и мюона во внешнем нестационарном электромагнитном поле» в 1980 г. поступил в аспирантуру на кафедру теоретической физики, которой в то время начал заведовать И.М. Тернов. В 1982 г. досрочно представил к защите кандидатскую диссертацию на тему «Слабые взаимодействия во внешних электромагнитных полях», после защиты, которой в 1983 г. в качестве младшего научного сотрудника был оставлен на работу на кафедре теоретической физики, где продолжил научные исследования по проблеме квантовой теории взаимодействия элементарных частиц в электромагнитных полях.

Александра Студеникина всегда отличала активная жизненная позиция. Во время обучения в аспирантуре и несколько лет после он был секретарем комсомольской организации ОЭТФ и членом комитета комсомола факультета. В годы борьбы за трезвость (вторая половина 80-х гг. прошлого века) был одним из руководителей общества трезвости факультета и собственным примером активно пропагандировал здоровый образ жизни.

В 1992 г. он защитил докторскую диссертацию на тему «Внешние электромагнитные поля в единых квантовопольевых теориях взаимодействия элементарных частиц». К тому времени Александр Студеникин был автором порядка 50 работ в ведущих отечественных (ЖЭТФ, «Ядерная физика» и ЭЧАЯ) и иностранных (Physics Letters B и Nuclear Physics) журналах. Одним из главных результатов его докторской диссертации явилось развитие теории квантовых полевых эффектов, в частности, им были рассчитаны вклады в массовый оператор заряженных лептонов во внешних полях в рамках различных калибровочных теорий взаимодействия частиц. На этой основе им были впервые получены однопетлевые вклады в аномальные магнитные моменты электрона и мюона в различных теоретических моделях с точным учетом масс всех участвующих во взаимодействиях частиц, проведено сравнение теоретических результатов с данными экспериментов по измерению аномальных магнитных моментов электрона и мюона и получены новые ограничения на параметры теоретических моделей и массы новых гипотетических частиц. По итогам проведенных исследований им были опубликованы обзорные статьи на



тему «Аномальные магнитные моменты заряженных лептонов и проблемы физики элементарных частиц» в журналах ЭЧАЯ и Nuclear Physics A.

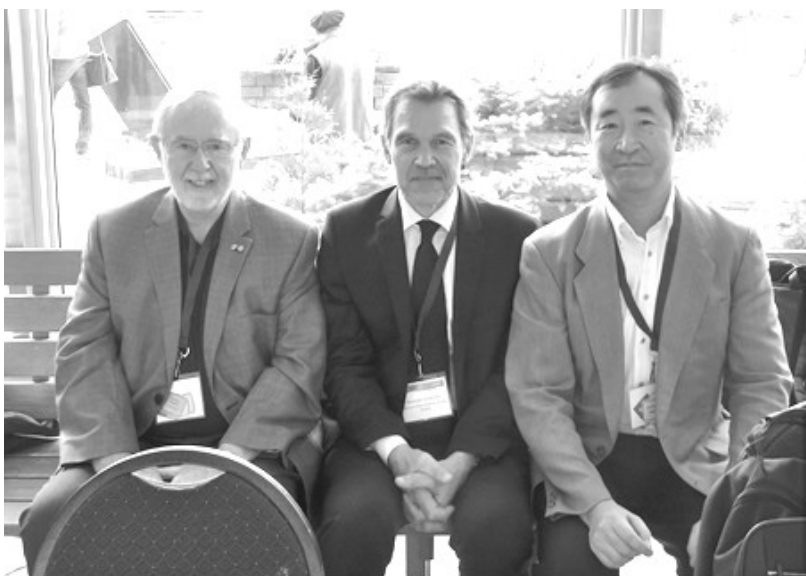
После защиты докторской диссертации основным в научных исследованиях А.И. Студеникина стала физика нейтрино. По данной проблеме им опубликовано более 300 работ в ведущих отечественных и международных журналах (Rev. Mod. Phys., Adv. High Energy Phys., Ann. Phys., Phys. Rev. D, Phys. Lett. B, Europhys. Lett., Eur. Phys. J. C, J. Cosmol. Astropart. Phys., Astrophys. J., JHEP, ЖЭТФ, ЯФидр.). Среди научных результатов по физике нейтрино, полученных Александром Студеникиным, выделяются следующие:

- проведено комплексное исследование электромагнитных свойств нейтрино и впервые получены замкнутые выражения для всех электромагнитных форм-факторов частицы,
- предсказано новое явление (и построена его теория) — «спиновый свет нейтрино», которое представляет собой новый механизм электромагнитного излучения при движении нейтрино в плотных средах,
- построена теория движения нейтрино во вращающейся среде и показано, что спектр энергий частицы представляет собой набор квантовых дискретных уровней, которые при квазиклассическом подходе соответствуют движению частицы по круговым орбитам разных радиусов (данное явление напоминает квантовые уровни Ландау для электрона в магнитном поле),
- предсказан эффект переворота спина нейтрино (что приводит к возникновению спиновых и спин-флейворных осцилляций нейтрино) в поперечнодвижущейся (относительно направления распространения нейтрино) среде.

Цикл исследований А.И. Студеникина последних лет содержит новые полученные им ограничения на электромагнитные характеристики нейтрино. Его результат по ограничению величины миллизаряда нейтрино (статья в Europhysics Letters, 2014) в качестве одной из основных характеристик нейтрино начиная с 2016 года включается в «Обзоры по физике элементарных частиц» [The Review of Particle Physics 2020, Prog. Theor. Exp. Phys. 2020 (2020) 083C01 and 2021 update], которые публикуются международной группой «Международная коллаборация по свойствам элементарных частиц» (Particle Data Group).

Еще одна статья, опубликованная в том же журнале Physical Review D в 2018 г., посвящена исследованию зарядового радиуса нейтрино, и в ней получено новое лучшее в мире ограничение на эту величину

из анализа данных американского эксперимента по когерентному рассеянию нейтрино COHERENT. Решением редколлегии Physical Review D (Editors Suggestion) данный результат отмечен как наиболее важное достижение 2018 г. и размещен в специальном разделе «Highlights 2018» на веб-странице <https://journals.aps.org/prd/> журнала Physical Review D. С 2018 г. полученное ограничение на зарядовый радиус нейтрино также включается в таблицу основных свойств нейтрино, которые публикует Particle Data Group.



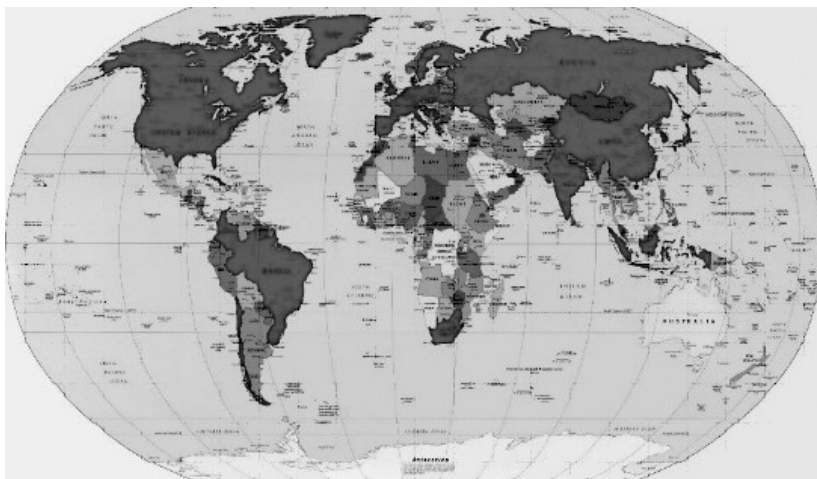
На конференции Topics in Astroparticle and Underground Physics (Sudbery, Canada, July 2017) в компании лауреатов Нобелевской премии по физике 2015 года за открытие осцилляций нейтрино Артуром Макдональдом (Канада) и Тааки Каджитой (Япония)

Среди статей А.И. Студеникина — фундаментальное исследование по электромагнитным свойствам нейтрино «Neutrino electromagnetic interactions: A window to new physics», опубликованное в одном из самых высокорейтинговых журналов Reviews of Modern Physics (Impact Factor: 47). Указанная статья является шестой по счету публикацией сотрудника физического факультета МГУ в данном престижном журнале. К настоящему моменту данная статья процитирована более 350 раз другими авторами.



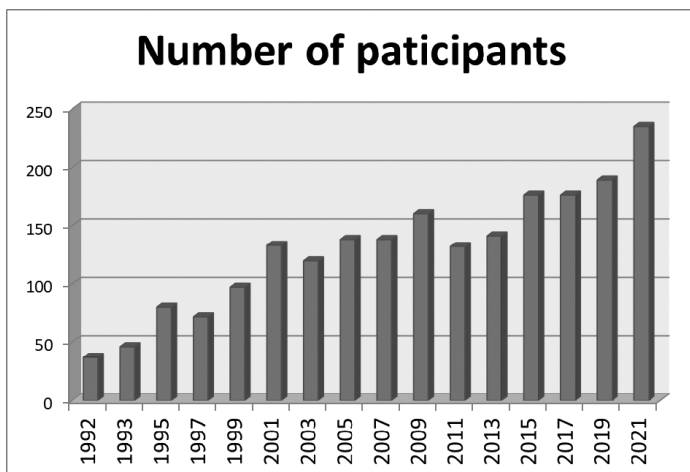
Научные исследования и полученные А.И. Студеникиным результаты находят отклик в международном научном сообществе, и он постоянно получает приглашения на ведущие международные конференции по физике высоких энергий и физике нейтрино.

Большое внимание А.И. Студеникин всегда уделял и уделяет учебному процессу. Он автор нескольких специальных курсов по теории взаимодействия частиц во внешних полях и физике нейтрино. В настоящее время читает для студентов физического факультета два авторских спецкурса: «Взаимодействия элементарных частиц в электромагнитных полях» и «Физика нейтрино» (читается на английском языке). Этот курс стал первым на физическом факультете курсом, который читается на иностранном языке. А.И. Студеникин также читает межфакультетский курс «Удивительное нейтрино». По инициативе и под руководством А.И. Студеникина на физическом факультете создана магистерская программа «Физика нейтрино», по которой проходят обучение студенты магистратуры, среди выпускников есть студенты из стран Западной Европы и Азии. А.И. Студеникин также является создателем и руководителем магистерской программы на английском языке «Physics of Neutrinos and Fundamental Interactions of Elementary Particles».



Важным достижением научной и преподавательской деятельности А.И. Студеникина последнего времени является его активная работа по осуществлению программы недавно созданного Национального центра физики и математики в Сарове. В 2021/22 учебном году он подготовил и читал два курса лекций в рамках магистерской программы по теоретиче-

ской физике в филиале МГУ Саров. В программу научных исследований НЦФМ включен проект «Изучение когерентного рассеяния нейтрино на атомах и ядрах и электромагнитных свойств нейтрино с использованием интенсивного тритиевого источника (анти)нейтрино». В основу проекта положены результаты статьи А.И. Студеникина и соавторов «Potentialities of a low-energy detector based on ^4He evaporation to observe atomic effects in coherent neutrino scattering and physics perspectives», опубликованной в журнале *Physical Review D* в 2019 г. Главной целью проекта является получение новых мировых рекордных ограничений на магнитный момент нейтрино (или обнаружение магнитного момента нейтрино), которые будут почти на два порядка по величине превосходить существующие в настоящее время.



На рисунках красным цветом отмечены страны, представленные докладчиками на Ломоносовской конференции 2021 г., и показана динамика увеличения числа докладчиков конференции

А.И. Студеникин основал и более 30 лет руководит на физическом факультете группой по физике нейтрино. За прошедшие годы членами его научной группы и под его руководством было подготовлено и защищено множество дипломных работ, 10 кандидатских и 6 докторских диссертаций. Научные исследования группы проводятся при поддержке грантов РФФИ, РНФ и Министерства науки и высшего образования РФ. Под руководством А.И. Студеникина на физическом факультете ежегодно проводятся Международные школы по физике нейтрино и астрофизи-



ке. Для координации научных исследований и учебного процесса по физике нейтрино с 2009 г. по инициативе А.И. Студеникина работает Научно-образовательный центр «Лаборатория по физике нейтрино и астрофизике имени Бруно Понтекорво», бессменным директором которой он является.

Уже тридцать лет на физическом факультете МГУ по инициативе Александра Студеникина проводится серия международных Ломоносовских конференций по физике элементарных частиц. В 1992 г. при подготовке конференции по физике элементарных частиц он как председатель оргкомитета предложил назвать ее «Ломоносовская конференция по физике элементарных частиц» и проводить в МГУ регулярно по нечетным годам. За прошедшие годы данная конференция (в августе 2021 г. прошла 20-я Ломносовская конференция) превратилась в крупнейшее международное мероприятие, регулярно проходящее в России (в МГУ) и неизменно привлекающее ведущих мировых ученых, включая лауреатов Нобелевской премии.

Коллеги и друзья от всей души поздравляют Александра Ивановича Студеникина и желают всяческих успехов!

ВЕСТИ ПРОФКОМА

Профком физического факультета продолжает организацию традиционных экскурсий для сотрудников факультета — членов профсоюза. Вот краткая информация о наиболее ярких поездках.

23–24 апреля экскурсанты посетили Быково, Гжель, Бронницы, Луховицы, Зарайск. Они могли полюбоваться прекрасными образцами русской архитектуры и собранием музеев. При посещении Гжельского фарфорового завода поучаствовали в мастер-классе по росписи полуфабриката с последующим обжигом.

*Зарайск**Нижний Новгород*

18–19 июня состоялась автобусно-пешеходная экскурсия по Нижнему Новгороду — «Город над Волгой и Окой». Участники прогулялись по Кремлю, Большой Покровской Улице — главной пешеходной улице города.

Посетили музеи, прокатились на канатной дороге, которая обладает самым большим в Европе безопорным пролетом над водной поверхностью, и полюбовались видом набережной с борта теплохода.

Узнаем новое, получаем удовольствие.



Обращайтесь в профком!

Александра Родимкина

ВЫПУСКНИК ФИЗФАКА НА ПАРАДЕ ПОБЕДЫ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ 9 МАЯ 2022 г.

Девятого мая состоялся парад Победы в Санкт-Петербурге. В этом году впервые механизированную часть парада возглавила историческая бронетехника Военно-технического общества, легендарный танк Т-34, принимавший участие в войне, и шесть бронемашин послевоенного периода прошли по Дворцовой площади. Командиром одной из бронемашин БРДМ-2 стал выпускник кафедры общей физики и волновых процессов 1986 г. Владимир Попов.

Что могло привести выпускника физфака на парад Победы? Ответ простой: любовь и уважение к инженерным решениям советских конструкторов прошлых лет. БРДМ-2 — бронированная разведывательно-дозорная машина — серийно производилась с 1963 по 1982 год. Это почти танк, плавающая амфибия весом в 7 тонн, с уникальной колесной формулой от 2×4 до 8×8 . Она довольно часто использовалась как машина радиационной и химической разведки. В 2020 г. Владимир на ней



участвовал в бронепробеге «Дорога мужества» по маршруту Москва – Белгород.



Две недели напряженных тренировок в действующей воинской части вместе с современной военной техникой пролетели быстро. День Победы 9 мая — это главный праздник России, поэтому члены экипажей

отнеслись к подготовке с особой серьезностью, отрабатывали синхронность движений в колонне с точностью до сантиметра. Дважды колонна в полном составе проводила репетиции на Дворцовой площади.



Военный парад прошел слаженно, на огромном эмоциональном подъеме. Впервые в параде Победы в Санкт-Петербурге принимала участие историческая военная техника, которую восстановили на средства ВТО. На улицах города во время проезда военной техники участников Парада приветствовали тысячи людей, все хотели сфотографироваться, прикоснуться к подлинным историческим



машинам нашей армии. Члены экипажей исторических бронемашин были награждены медалью «За участие в параде».

Все участники парада на время забыли свои будни, чтобы достойно пройти на бронемашинах в составе военного парада, внести свой, пусть небольшой, вклад в создание праздника, посвященного Дню Победы.

В.В. Попов, участник парада Победы, выпускник аспирантуры 1989 г., кандидат физико-математических наук, организатор и руководитель туристической компании «Содис»

БРИГАНТИНА

23 сентября 1942 года на сопке Сахарная Голова под Новороссийском разведгруппа, возглавляемая лейтенантом Коганом П.Д., попала в перестрелку, в ходе которой Павел Давидович был убит. Поэт Павел Коган — автор хорошо известной песни «Бригантина».





Надоело говорить и спорить,
И любить усталые глаза...
В флибустьерском дальнем море
Бригантина подымает паруса...

Капитан, обветренный, как скалы,
Вышел в море, не дождавшись нас...
На прощанье подымай бокалы
Золотого терпкого вина.

Пьем за яростных, за непохожих,
За презревших грошевой уют.
Вьется по ветру веселый Роджер,
Люди Флинта песенку поют.

Так прощаемся мы с серебристою,
Самою заветною мечтой,
Флибустьеры и авантюристы
По крови, упругой и густой.

И в беде, и в радости, и в горе
Только чуточку прищурь глаза.
В флибустьерском дальнем море
Бригантина подымает паруса.

Вьется по ветру веселый Роджер,
Люди Флинта песенку поют,
И, звеня бокалами, мы тоже
Запеваем песенку свою.

Надоело говорить и спорить,
И любить усталые глаза...
В флибустьерском дальнем море
Бригантина подымает паруса...

1937

Родился Павел в 1918 г. в Киеве в семье Давида Борисовича (Боруховича) Когана и Фани Моисеевны Коган. В 1922 г. вместе с родителями переехал в Москву. С детства вращался в среде московской интеллигенции. Учился в ИФЛИ, в Литературном институте имени Горького. При



жизни не публиковался, хотя его стихи были популярны в кругу московской литературной молодёжи. Он — один из основоположников бардовской песни.

Как свойственно хорошим поэтам, он чувствовал время — его стихи пронизаны революционной романтикой. Сейчас некоторые упрекают его в этом — дескать, нельзя экспортировать Революцию. Контрреволюцию, войну, геноцид народов — пожалуйста, а Революцию — нельзя! Как характерно для творчества выдающихся поэтов, он предчувствовал будущее: войну и гибель своего поколения в борьбе с фашизмом.

В семнадцать лет Павел Коган писал:

Я с детства не любил овал!
Я с детства угол рисовал!

Когда началась Великая Отечественная война, он подтвердил свою любовь к Родине: по состоянию здоровья он был освобождён от призыва, но, закончив Военный институт иностранных языков Красной Армии, «устроился» в действующую армию. Стал офицером, военным переводчиком полкового разведотряда. А мог бы читать стихи у эшелонов, уходящих на фронт, работать в заводской многотиражке в Перми, Новосибирске или Ташкенте, вдохновляя рабочих на ударный труд во второй и третьей смене. Не ерничаю: это тоже было очень и очень нужно — вспомните «Жди меня» Симонова!

Стихи поэта начали издаваться только с 1960 г., были популярны не только в СССР, но и за рубежом.

Показеев К.В.

ВАЛЕНТИН ФЁДОРОВИЧ БУТУЗОВ

Эта статья посвящена светлой памяти Валентина Фёдоровича Бутузова (23.11.1939–01.06.2021) — выдающегося ученого, талантливого педагога и замечательного человека.

В.Ф. Бутузов поступил учиться на физический факультет МГУ в 1957 г. после окончания с золотой медалью сельской школы, и с тех пор вся его жизнь была связана с Московским университетом, где он прошёл все ступени от студента до профессора, заведующего кафедрой.

Научные интересы В.Ф. Бутузова, сформировавшиеся ещё в студенческие годы, были связаны с теорией сингулярных возмущений, основы которой были заложены в известных трудах А.Н. Тихонова. В 1963 г. В.Ф. Бутузов защитил дипломную работу, а в 1966 г. — кандидатскую



диссертацию под руководством профессора А.Б. Васильевой. В диссертации были исследованы обнаруженные им особые асимптотические свойства решений сингулярно возмущённых интегро-дифференциальных уравнений, качественно отличные от свойств решений дифференциальных уравнений.



Затем, в семидесятых годах, В.Ф. Бутузовым был сделан важный шаг в развитии методов построения асимптотических разложений погранслоиных решений. Он разработал метод угловых пограничных функций, позволяющий строить асимптотические разложения решений сингулярно возмущённых краевых задач для основных типов уравнений математической физики в тех случаях, когда граница области содержит угловые точки. Этот метод и его применения составили основное содержание докторской диссертации В.Ф. Бутузова, защищённой им в 1979 г.

В последующие годы В.Ф. Бутузовым были получены новые важные результаты в теории сингулярных возмущений и её приложениях. Совместно с коллегами и учениками было разработано новое направление — асимптотическая теория контрастных структур, т.е. решений нелинейных сингулярно возмущённых уравнений с внутренними переходными слоями. За работы по созданию и развитию этого направления В.Ф. Бутузов и его коллеги А.Б. Васильева и Н.Н. Нефёдов удостоены в 2003 г. высшей научной награды Московского университета — Ломоносовской премии 1-й степени. В последнее десятилетие В.Ф. Бутузовым был получен ряд фундаментальных результатов по исследованию сингулярно возмущённых задач с кратными корнями вырожденного уравнения, а также сингулярно возмущённых задач для частично диссипативных систем уравнений



В.Ф. Бутузов вместе с А.Б. Васильевой является создателем всемирно признанной научной школы по теории сингулярных возмущений. Под их руководством многие годы работает семинар по асимптотическим методам на кафедре математики физического факультета МГУ. В.Ф. Бутузов является автором более 250 научных статей и пяти монографий по асимптотическим методам в сингулярно возмущённых задачах. Три монографии написаны совместно с А.Б. Васильевой, ещё одна — совместно с А.Б. Васильевой и Л.В. Калачёвым. Две из этих монографий переведены в США и Китае. Последняя монография В.Ф. Бутузова, изданная в 2014 г., содержит результаты последнего десятилетия.

Под руководством В.Ф. Бутузова защищены 15 кандидатских диссертаций, а четверо его учеников стали докторами наук.

Валентин Фёдорович обладал замечательным талантом педагога и лектора, пользующегося неизменной любовью студентов и уважением коллег. Неоднократно по результатам опросов студентов он был назван преподавателем года физического факультета, последний раз — в 2019 г., а в 2010 г. — преподавателем года МГУ (это очень почётное звание ежегодно присуждается студентами только одному преподавателю из огромного многотысячного коллектива преподавателей университета). На протяжении 20 лет (с 1993 г. по 2014 г.) В.Ф. Бутузов заведовал кафедрой математики физического факультета, являясь прямым преемником А.Н. Тихонова и А.Г. Свешникова. Учебные пособия «Математический анализ в вопросах и задачах» и «Линейная алгебра в вопросах и задачах», написанные В.Ф. Бутузовым вместе с коллегами по кафедре и выдержавшие несколько изданий, активно используются и на физическом факультете, и на других факультетах Московского университета, и в других вузах. На основе 50-летнего опыта чтения лекций по математическому анализу В.Ф. Бутузов подготовил эти лекции к изданию. Первая, вторая и третья части «Лекций по математическому анализу» вышли в 2012 г., 2014 г. и 2015 г.

Начиная с 1979 г. В.Ф. Бутузов принимал активное участие в работе над школьными учебниками по геометрии. Созданные при его участии и под руководством А.Н. Тихонова, эти учебники были признаны лучшими на всесоюзном конкурсе в 1988 г. В настоящее время они являются основными учебниками геометрии в большинстве школ Российской Федерации. По ним учились и учатся десятки миллионов школьников России и бывших союзных республик. В последние 7–8 лет В.Ф. Бутузовым вместе с коллегами С.Б. Кадомцевым и В.В. Прасоловым создан новый учебно-методический комплект по геометрии для общеобразовательных школ. В комплект входят учебники для 7–9 и 10–11 классов, написанные под редакцией академика В.А. Садовниченко, методические пособия для



учителей, рабочие тетради и тематические тесты для школьников. Новые учебники получили положительные отзывы комиссий РАН и РАО, они уже используются в ряде школ России, в том числе в школах г. Севастополя.

В.Ф. Бутузов был одним из трех научных руководителей «Специализированного учебно-научного центра» (СУНЦ) МГУ — школы-интерната им. А.Н. Колмогорова. На протяжении 12 лет (со 2 сентября 2002 г. по 31 августа 2014 г.) он вел курс геометрии в двухгодичном физико-математическом потоке СУНЦ МГУ, читал лекции, проводил семинарские занятия. Его ученики отмечали блестящую манеру подачи материала: очень четкую и прозрачную. Все его лекции были отлично подготовлены, а задачи на семинарах образовывали единую логическую конструкцию, охватывающую со всех сторон предмет обсуждения. Валентин Федорович был очень отзывчивым, никогда не отказывался отвечать на вопросы, и поэтому нередко после лекции его окружали ученики с вопросами и не отпускали даже после окончания перерыва.

В.Ф. Бутузов вел разнообразную научно-общественную работу. Он являлся членом двух диссертационных советов при МГУ, членом научно-методического совета по математике при Министерстве науки и образования РФ, на физическом факультете с 1995 г. по 2011 г. был заместителем декана факультета.

С «Журналом вычислительной математики и математической физики» Валентин Фёдорович сотрудничал долгие годы. Здесь он опубликовал многие важные результаты, неоднократно был рецензентом (доброжелательным и строгим) статей других авторов, а с 2006 г. являлся членом редколлегии ЖВМиМФ.

Валентин Фёдорович был весьма разносторонним человеком, обладал незаурядным чувством юмора и редким поэтическим даром. Сочетание этих качеств воплощалось в его блестящих «экспромтах» (как он их сам называл) — коротких остроумных стихотворениях, хорошо известных его друзьям, коллегам и родственникам. Придумывал он их буквально на ходу и за дружеским столом, где он всегда был душой компании, мог сочинить их с десяток за вечер. Но «экспромтами» его поэтическое творчество не ограничивалось. На протяжении всей своей жизни он написал немало самых разных стихотворений — длинных и коротких, шуточных и серьезных, лирических и философских... Предназначались эти стихи исключительно для членов его семьи и для самых близких друзей, на публике он их почти никогда не читал. При желании Валентин Фёдорович без труда мог бы опубликовать их в виде сборника — но такого желания у него не было. Это, а также его трепетное и вместе с тем требова-



тельное отношение к собственному поэтическому творчеству нашло отражение в его строках:

... Рифму каждую лелею,
Строчкой каждую ликую,
Но читателя жалею –
Ничего не публикую.

Важное место в жизни Валентина Фёдоровича занимал футбол. Еще в детстве, в родной деревне он любил погонять мяч со своими товарищами в свободное от учебы время. Позже, поступив на физический факультет МГУ, он занялся футболом на более серьезном уровне и вскоре вошел в состав первой сборной МГУ в качестве левого полузащитника. Тренеры, товарищи по команде и соперники отмечали его уникальный мягкий пас, которому невозможно научить — это был его природный дар. Судья международной категории, известный тренер и футболист Виктор Иванович Жарков высоко ценил прекрасную тактическую и спортивную подготовку первой сборной МГУ, а про Валентина Фёдоровича и еще одного игрока однажды сказал: «Ну а эти двое — игроки для сборной страны! Надо только посадить их на режим и кормить как следует». Валентин Фёдорович играл в составе сборных команд МГУ около тридцати лет, и на протяжении длительного времени был капитаном команды.

Вспоминая о Валентине Фёдоровиче, невозможно не сказать о его самом близком человеке — его супруге, Марии Алексеевне Пивоваровой, с которой он прожил без малого 60 лет. Именно ей он посвятил большую часть своих стихотворений, она подарила ему трех дочерей и на протяжении всей их совместной жизни обеспечивала мир, порядок и благополучие в семье. Вряд ли будет большим преувеличением сказать, что именно благодаря постоянной поддержке такой замечательной женщины, как Мария Алексеевна, Валентину Фёдоровичу удалось реализовать свои уникальные таланты в науке, образовании и других областях.

При подготовке статьи использован материал статьи в «Советском физике» № 6 (140)/2019.

Друзья, коллеги

СОВЕТСКИЙ ФИЗИК

6(158)/2022
(октябрь–ноябрь)



ОРГАН УЧЕНОГО СОВЕТА, ДЕКАНАТА
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
2022



**ПОЗДРАВЛЕНИЕ ДЕКАНА
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
ПРОФЕССОРА Н.Н. СЫСОЕВА
С ДНЕМ НАРОДНОГО ЕДИНСТВА**

Дорогие преподаватели, аспиранты, студенты и все работники физического факультета!

Поздравляю вас с Днем народного единства!

Этот день появился в перечне государственных праздников недавно, в 2005 году. Однако он отражает многовековой опыт существования нашей Родины и, таким образом, символизирует важнейшие моменты истории наших предков, благодаря которым процветает сейчас могучая и независимая Россия.

Сотрудники, студенты и аспиранты нашего университета всегда отличались гражданской инициативой, ответственностью, трудолюбием и неустанной работой по выполнению наиважнейшей миссии — просвещения.

В этот знаменательный день от всей души желаю вам крепкого здоровья, стабильности, благополучия, уверенности в своих силах и в завтрашнем дне, мира и взаимопонимания в семье и в коллективе!

Успехов нам всем в труде на благо нашего университета, а значит, и на благо нашей любимой Родины! Желаю каждый день проживать с пользой для великой России! Пусть патриотизм не будет для нас пустым словом!

В свете сегодняшних событий этот замечательный праздник приобретает еще более актуальное значение, напоминая, что в единстве наша сила!

Единство нашего народа позволит сберечь и преумножить духовные и культурные ценности, величайшее научно-образовательное наследие, оставленные нам предками, и передать их следующим поколениям, обеспечит нашу Победу!

*Декан физического факультета МГУ
профессор Н.Н. Сысоев*



НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПРЕОДОЛЕНИЮ «ПРЕДЕЛОВ РОСТА»



В МГУ имени М.В. Ломоносова представлен доклад Римскому клубу «Преодолевая пределы» [1], подготовленный группой ученых под руководством академиков, ректора МГУ В.А. Садовниченко и А.А. Акаева. Доклад приурочен к 50-летию опубликования работы «Пределы роста» [2] и обобщает многолетний научный труд коллектива по исследованию динамики мировой системы. Работа авторов доклада «Преодолевая пределы» отличается новизной математического подхода к моделированию глобальных проблем, связывает в единый комплекс климатические, энергетические, экономические, экологические, демографические, социальные и другие процессы.

Новизна подхода к решению глобальных проблем человечества, важность полученных результатов делают необходимым ознакомление с докладом широкой общественности.

Два подхода: «Пределы роста» и «Преодолевая пределы»

Цель доклада «Преодолевая пределы» [1,3] — сформулировать новые пути решения основных глобальных проблем, стоящих перед человечеством в настоящее время и грозящих катастрофой всему человечеству. При этом уже в названии «Преодолевая пределы» подчеркивается



нереальность решения этих проблем на основе предложений по решению глобальных проблем человечества, разработанных ранее зарубежными исследователями, прежде всего Римским клубом. В названии доклада подчеркивается отличие результатов и выводов представленной работы от выводов предшественников — первого доклада клуба «Пределы роста». Эти выводы, прежде всего, оптимистичны: пределы можно преодолеть, катастрофы можно избежать, но для этого требуется совместная слаженная работа всего человечества. Само название работы указывает и на возможность выхода из катастрофической ситуации, грозящей человечеству.

Следует отметить, что работа, выполненная в МГУ, значительно отличается от работ и выводов Римского клуба по целому ряду параметров: по широте рассмотренных проблем; по комплексности подхода; по методике исследований, которая значительно более сложна, более обоснована математически, а анализ глобальных изменений основан на выявлении закономерностей мировой динамики на протяжении исторического периода в несколько тысяч лет; по объему тестирования модельных расчетов; по временным интервалам, на которых рассматривается и прогнозируется состояние планеты Земля и человечества. То есть моделирование динамики человечества выполнено более обстоятельно и на более высоком уровне. Как следствие всего этого, работа авторов «Преодолевая пределы» отличается от работ предшественников, в том числе Римского клуба, по прогнозам и предлагаемым подходам к решению глобальных проблем.

Катастрофичность положения, возникшего в современном мире, следует из невозможности мировой капиталистической системы стабилизировать глобальную экономическую, экологическую ситуации, поскольку необходимые меры стабилизации возможны только с использованием значительных социальных изменений. Следует отметить, что на невозможность решения глобальных проблем, угрожающих существованию человечества, на основе капиталистической системы указывалось неоднократно, например, в докладе Римскому клубу «Come on» [2]. О необходимости смены парадигмы развития человечества, ставшего на путь неограниченного роста потребления материальных благ в ущерб развитию духовному, также указывалось неоднократно. Можно напомнить известную работу Льюиса Мамфорда (Lewis Mumford): [4].

Следует упомянуть и дискуссии с участием Президента РФ и главного редактора журнала «Россия в глобальной политике» Фёдора Лукьянова на заседании клуба «Валдай» в 2020 году, в которых сделаны выводы об ограниченности возможностей капиталистической системы и



необходимости солидарного решения глобальных проблем человечества [5].

Результаты авторов доклада «Преодолевая пределы» можно трактовать как конкретизацию, развитие идеи перехода человечества к ноосферному этапу эволюции человечества, основанному на последних исследованиях в целом ряде областей науки, прежде всего кибернетики, биологии, геофизики. Именно такая модель эволюции человечества позволяет дать конкретные решения глобальных проблем человечества, что авторы и делают. Выводы доклада и предложения, на них основанные, по сравнению с выводами работ Римского клуба, отличаются оптимизмом, подспудно в предлагаемых решениях глобальных проблем планеты ощущается вера в торжество человеческого разума.

Авторы доклада пришли к выводу, что человечество в настоящее время оказалось на переломе своей истории. Но в отличие от идей авторов Римского клуба в докладе отмечено, что возникшие глобальные проблемы – это не пределы роста, а вызовы, которые можно и нужно постараться преодолеть. Если авторы Римского клуба сосредоточились в основном на физических и биологических пределах планеты (исчерпаемых природных ресурсах, граничащих со способностью земли поглощать промышленные и сельскохозяйственные загрязнения), то в исследовании ученых МГУ основной акцент делается на рассмотрении современных процессов в более широком макроэкономическом контексте с учетом особенностей долговременного технологического развития. В МГУ успешно проводятся работы по моделированию динамики мирового развития, которые указывают на возможность преодоления негативных тенденций в мировой экономике.

Какая разница между вызовом и пределом? На вызов можно и нужно ответить, а вот преодолев предел, можно прийти к гибели системы (биосферы, человечества) из-за потери ее устойчивости и последующего разрушения. Поэтому и ищутся пути эволюции системы, которые не приведут к достижениям того или иного разрушительного предела, а приведут к развитию системы, позволяющему избежать достижения предела. Поэтому уже упомянутый Льюис Мамфорд говорил о необходимости новой мировой культуры, в основе которой лежит гуманизация, сотрудничество, симбиоз. По мнению авторов доклада «Преодолевая пределы», перед человечеством стоят не пределы, а вызовы, и ответы на вызовы необходимо превратить в переход к ноосфере, к новому гуманистическому обществу.

Следует отметить, что реально существуют принципиально непреодолимые пределы, например, величина потребляемой человечеством энергии или величины потоков химических элементов в биосфере. И че-

человечество упорно движется к этим принципиально непреодолимым пределам (см. рис. — из раздела доклада «Пределы и вызовы: постановка главной проблемы», «О пределах устойчивости биосферы Земли». Источник: материалы презентации к докладу «Преодолевая пределы», [1].)

Главная проблема

Для обоснования конкретных рекомендаций по нормализации экологической ситуации необходимо знать ответ на вопрос: «Каковы допустимые пределы устойчивости биосферы Земли?»

1. Порог устойчивости биосферы Земли был оценен нагрузкой в 1-2 ТВт
2. Антропогенная нагрузка на биосферу уже значительно превысила допустимую: фактическая мощность биопотребления достигла 7 ТВт, а мощность энергопотребления – 15 ТВт, т.е. более чем в 20 раз!
3. Биосфера Земли дестабилизируется и утрачивает функцию стабилизации окружающей среды и климата.

Каков запас прочности биосферы Земли?

- К сожалению, наука сегодня не может дать ответа на этот вопрос.

Но вопрос в том, нужно ли человечеству для дальнейшего развития достигать и преодолевать эти пределы, можно ли выбрать другой альтернативный путь развития. С другой стороны, существуют пределы, которые вполне преодолимы, но только в условиях совместных действий всего человечества.

Нижеприведенная схема поясняет различие подходов: «Пределы роста» и «Преодолевая пределы». Источник: материалы презентации к докладу «Преодолевая пределы», [1].

В расчетах по модели «Мир-3» Римского клуба отсутствует социальный блок, что искажает динамику глобальных процессов. В модели авторов «Преодолевая пределы» социальный блок включен и играет существенную роль. В последних докладах Римского клуба отмечается, что капитализм себя исчерпал, предлагаются пути выхода из глобальных кризисов — экономического и экологического. Правда, эти предложения носят рекомендательный характер, и так как они следуют не из модельных расчетов, они не так убедительны, как выводы, основанные на ресурсных моделях. Эти предложения, основанные на концепции «полного мира», наиболее ярко изложены в докладе «Some op» 2018 года [2]. Концепция «полного мира», на наш взгляд, тоже неубедительна. До полноты

мира человечеству еще следует освоить ресурсы некоторых обширных регионов Южной Америки и Азии, всего Мирового океана, которые не только далеки до исчерпания, но еще далеко не исследованы. Поэтому и все прогнозы, построенные на концепции «полного мира», требуют корректировки или даже отрицания.

Различие подходов: «Пределы роста» и «Преодолевая пределы»

«Пределы роста» и другие доклады Римскому клубу (1972)	Доклад «Преодолевая пределы» (2022)
<p>Авторы исследований сосредоточились в основном на физических и биологических пределах планеты:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) исчерпаемых природных ресурсов; 2) ограниченной способности Земли поглощать промышленные и с/х загрязнения. <p>При этом в прогнозных расчетах социальная организация общества считалась неизменной, слабо учитывались возможности технологических инноваций.</p> <p><u>Вывод исследований:</u> необходим переход к нулевым темпам экономического роста и к принудительной стабилизации численности населения.</p>	<p>Современные процессы рассматриваются в широком макроисторическом контексте с учетом особенностей догосударственного технологического развития.</p> <p>Показано, что в условиях происходящего в настоящее время второго демографического перехода (глобального снижения рождаемости) и с учетом развития современных технологий значительное количество проблем может быть решено.</p> <p>Наиболее сложной задачей, стоящей перед человечеством, является стабилизация климата Земли. Предложены пути решения этой задачи.</p> <p><u>Вывод исследований:</u> основная проблема лежит в социально-политической сфере, а важнейшей предпосылкой решения общих гуманитарных задач является переход от конкуренции между странами мира к совместным кооперативным действиям. В этом случае большинство проблем становятся не пределами роста, а вызовами, которые можно преодолевать совместными усилиями и целенаправленными технологиями</p>

Система моделирования исторической динамики и полученные результаты

Авторы доклада «Преодолевая пределы» считают, что важнейшим фактором в человеческом обществе является технологическое развитие, определяющее все сферы деятельности общества, причем это развитие происходит на фоне определенного природного фона, который тесно взаимодействует с обществом. Все основные параметры глобальной системы, взаимодействуя между собой, изменяются в историческом плане.

Важной отличительной чертой представленного доклада является значительно больший временной интервал прогнозируемых расчетов, чем в модельных расчетах предшественников. В основе моделей для разных исторических эпох лежит единая когнитивная схема. Модели развития систем тестируются на больших временных предшествующих периодах, исчисляемых веками и тысячелетиями. В этом разительное отличие от работ Римского клуба, в работах которого прогнозирование



основано на пролонгации выявленных тенденций изменений в обществе в настоящее время на относительно близкое будущее.

Схема взаимодействий в глобальной системе природа – человечество включает семь сфер (блоков по терминологии авторов) деятельности человечества: климат, природная среда; экология; технологии; демография; экономика (производство, экономические отношения); социосфера (социальные взаимодействия); политика (государственное управление, политические взаимодействия). Для каждого блока были предложены базовые уравнения, характеризующие эти взаимодействия. Схема взаимодействий сфер (блоков) деятельности человечества демонстрирует существенное усложнение по сравнению с моделью, используемой в модели «Мир». С другой стороны, каждая сфера деятельности (блоков) описывается довольно простыми уравнениями: авторы, ради наглядности и для упрощения анализа, выделили наиболее важные процессы.

Главным критерием прогнозирования является критерий устойчивости системы, при этом учитывается не только взаимодействие с окружающей средой как в моделях Римского клуба, но и внутренние процессы в системе. Блок «Социосфера» является, наверное, самым трудно описываемым уравнениями блоком. Главными факторами, определяющими состояние системы, авторы считают условия, обеспечивающие устойчивость функционирования социальной сферы. Отмечается важная роль идеологических установок или религии, особенно в периоды реформирования экономических устоев общества.

В блоке «Экология» подробно учитывается антропогенное изменение CO_2 , в том числе на климатическую изменчивость. Важное место в докладе уделяется проблеме изменчивости климата. Блок «Природа» включает уравнения, описывающие климатические изменения и ресурсную обеспеченность. Этапы климатического прогноза описаны достаточно подробно и включают учет энергопотребления и его структуру, в том числе при переходе на низкоуглеродную энергетику, динамику народонаселения. Климатическая изменчивость описывается только антропогенным изменением температуры. Природный блок связан с энергетическими проблемами. В современном мире, наряду с проблемами энергетики, остро стоит проблема пресной воды [6], которая будет в ближайшее время только усугубляться, поэтому проблема пресной воды должна быть одной из важнейших в природном блоке. Доступность воды определяет уровень и продолжительность жизни, численность населения, оказывает влияние на сельское хозяйство и энергетику, миграцию и т.п. Предел потребления пресной воды как раз



относится к тем пределам, которые можно и нужно преодолеть путем коллективного действия ряда стран или всего мирового сообщества.

Реализация предложений авторов по решению климатических и энергетических проблем рассчитана на длительный период и фактически предусматривает слаженное, солидарное взаимодействие всех государств планеты. Авторы считают, что выходом из критической ситуации может быть переход к совместным действиям всех стран мира, а лидерами перехода человечества к более справедливому обществу могут стать Китай и Россия.

Вероятно, что особую роль в переходный период к низкоуглеродной энергетике будет играть газовая энергетика, как наиболее экологичная отрасль современной энергетике и отрасль, обеспеченная огромными природными ресурсами, в том числе в мировом океане. Атомная энергетика, несмотря на высокую ее экологичность, имеет высокую стоимость, которая ограничит ее широкое распространение, поэтому ее роль в переходный период требует дополнительных исследований [7]. На пути развития возобновляемой энергетике и поисков нетрадиционных источников энергии еще много неопределенностей, но будем надеяться, что будет и много перспективных открытий.

Новые социальные формирования

Прогнозы социальной трансформации общества представляют наибольший интерес. Согласно представлениям авторов вся прежняя история человечества объясняется на основе предположения о существовании социальных формирований: X-структур и Y-структур и их периодической смене одной на другую. X-структуры формируются в условиях стабильности, Y-структуры — в условиях роста. Смена структур связана с революционными технологическими переменами. Авторами наглядно продемонстрирована успешность такого подхода при описании прошедшей истории человечества. Интересно отметить исследования авторами роли изобретательской деятельности как важнейшего фактора социальной деятельности, влияющей на развитие технологий и, как следствие, на важнейшие показатели развития общества. Сейчас повсеместно сокращается относительное число жителей планеты, занятых креативным трудом, то есть деятельностью связанной с изобретательностью.

В настоящее время происходит цифровая революция, которая приводит к формированию принципиально нового типа общества, авторы доклада называют его кибернетическим или W-обществом, которое отличается как от X-общества, так и от Y-общества. Переход к новому типу общества, по утверждению авторов, нельзя спрогнозировать, переход надо спроектировать и предложить обществу для реализации. Так уже и



происходит в действительности. Несколько проектов будущего W-общества уже сформулировано западными учеными — это «капитализм стейкхолдеров» К. Шваба и «инклюзивный капитализм» Папы Римского, оба проекта, по сути, предполагают модернизацию капитализма.

Доклад «Преодолевая пределы» является альтернативным проектом будущего W-общества, основанным на примате принципов сотрудничества над принципами конкуренции. W-общество характеризуется глобализацией, замкнутостью, старением населения планеты и стабилизацией его численности, проникновением информационных технологий и искусственного интеллекта во все сферы жизни; активным воздействием на человека методами биотехнологии, генной инженерии и т.п. Неизбежность перехода к подобному типу общества обсуждалась неоднократно, при этом важен вариант перехода и вариант формирующегося в результате перехода W-общества. Человечество находится в точке бифуркации, причем выбор направления дальнейшего развития зависит от самого человечества. В докладе моделируются два варианта перехода человечества к W-обществу и утверждается существование только этих двух вариантов.

Первый вариант — это формирование «инклюзивного капитализма», который будет реализовываться под управлением «мирового правительства». Можно назвать конкретные шаги, которые уже реализуются в мире и направляют человечество по варианту № 1. Это переход к «базовому доходу», гендерная политика, управление менталитетом масс с помощью социальных медиа и т.п.

Второй вариант представляет собой план реализации идеи о ноосферном этапе развития человечества, которая была сформулирована Вернадским и далее развивалась, в основном, в трудах российских ученых. Практических шагов по реализации этого плана пока нет, только теоретические изыскания.

Важно отметить, что оба варианта имеют многие общие характеристики, обусловленные использованием информационно-цифровых технологий и других научных отраслей, но результат — созданные общества разительно отличаются.

Авторы доклада делают фундаментальный вывод: вид глобальных взаимодействий в системе природа — человек будет зависеть от типа социальной структуры общества и варианта перехода человечества к W-обществу.

Заключение

В докладе «Преодолевая пределы» представлены результаты моделирования мировой динамики на основе анализа и математической формализации процессов развития человеческого общества. Авторами пред-

ложен новый комплексный метод моделирования, базирующийся на позициях историзма и позволяющий выполнять прогнозирование на длительных временных интервалах, тестирование которого показало его результативность. В результате исследований было показано, что на настоящем историческом этапе развития общества необходимо переходить от прогнозирования будущего к его проектированию.

Авторы предлагают такой проект будущего W-общества, продолжающий и развивающий работы отечественных исследователей и основанный на примах принципов сотрудничества над принципами конкуренции. Глобальные технологические изменения, происходящие в настоящее время, должны сопровождаться глобальными изменениями в идеологической сфере. Разработаны сценарии реализации проекта, позволяющие решить глобальные проблемы человечества.

Литература

1. Мировое развитие и «пределы роста» в XXI веке: моделирование. Презентация доклада Римскому клубу «Преодолевая пределы». 23 марта 2022 года. <https://expert.msu.ru/haos22-1>

2. Доклады Римскому клубу. URL: <https://www.clubofrome.org/publications/>

3. Садовничий В.А., Акаев А.А., Ильин И.В., Коротаев А.В., Малков С.Ю. Моделирование и прогнозирование мировой динамики в XXI веке. Препринт. Москва. МГУ. 2022, 78 с.

4. Льюис Мамфорд. Миф машины. Москва. Изд-во Логос. 2004. 408 с.

5. Заседание дискуссионного клуба «Валдай» <http://kremlin.ru/events/president/news/64261>

6. Бушуев В.В., Соловьев Д.А. Ресурсы гидросферы: энергетика, экология, климат. Москва: ИД «Энергия», 2019. XX с.?

7. Гордиенко В. А., Старкова М. В., Показеев К. В. Экология. Базовый курс для студентов небиологических специальностей. СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 640 с.

Показеев К.В., Соловьев Д.А.

О РАЗВИТИИ КВАНТОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МОСКОВСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

*К 60-летию научной школы нелинейной оптики
в Московском университете и 55-летию открытия
спонтанного параметрического рассеяния света*

В этой заметке сообщается о некоторых аспектах квантовых технологий на физическом факультете МГУ — от базовых экспери-



ментов квантовой оптики до устройств квантовой защищенной связи и квантовых компьютеров/симуляторов. На фоне противоречивых, а порой и фантастических прогнозов развития этой высокотехнологичной отрасли, дан краткий реалистичный обзор состояния дел в тесной привязке к фундаментальным и прикладным разработкам, ведущимися на физфаке.

Статья состоит из трех частей. В первой рассказывалось о структуре Центра квантовых технологий физического факультета, Консорциуме Центра, а также об основных направлениях его деятельности. Во второй собраны материалы по подготовке кадров по квантовым технологиям на физфаке. Первые две части опубликованы в предыдущем номере «Советского физика». В третьей, заключительной, – об основных научных проектах Центра.

3. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПРОЕКТЫ ЦЕНТРА КВАНТОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ФИЗФАКА

Говоря о научной составляющей деятельности Центра квантовых технологий МГУ, отметим ряд амбициозных проектов:

В области **квантовых вычислений**: разработка квантовых вычислительных устройств, которые к 2024 году должны продемонстрировать т.н. «квантовое превосходство», т.е. обеспечить решение нескольких вычислительных задач эффективнее, чем это делают самые мощные классические суперкомпьютеры.

В области **квантовых коммуникаций**: вывод на рынок принципиально нового поколения систем связи, с гарантированной защитой от прослушивания.

В области **квантовых сенсоров**: обеспечение устройств навигации, геологоразведки, а также медицинской аппаратуры сверхчувствительными датчиками, способными регистрировать сигналы, недоступные для существующих классических сенсоров.

В области **квантовой оптики**: исследование оптических полей в квантовых и квазиклассических состояниях для прецизионных методов характеризации объектов.

Еще раз подчеркнем, что решение этих задач возможно при тесном контакте научных и производственных организаций, входящих в консорциум. Именно эта связка должна обеспечить бесшовное движение разработок, ведущихся в ЦКТ по цепочке «фундаментальная НИР» – «прикладная НИР» – «ОКР» – «технология» – «продукт».

Приведем ключевые проекты ЦКТ МГУ по каждому направлению.

Квантовые вычисления



Разработки в области квантовых вычислений подчинены главной цели — построению квантового вычислительного устройства: либо компьютера, либо симулятора.

*Квантовый компьютер*¹ — это физическое устройство, способное решать *определенный круг* математических задач и выполняющее логические операции над квантовыми состояниями путем унитарных преобразований (т.е. сохраняющих энергию), не нарушающих квантовые суперпозиции в процессе вычислений.

Квантовый симулятор — это устройство, моделирующее сложный физический процесс, динамика которого описывается гамильтонианом, более или менее воспроизводимым в другой доступной для экспериментального контроля и манипуляций физической системе.

В настоящее время известно порядка десяти физических систем, претендующих на модельные с точки зрения построения на их основе квантовых вычислительных устройств. Адекватность таких систем-кандидатов регламентируется критериями, известными как «критерии Ди Винченцо», которые сводятся к следующим положениям:

- возможность масштабирования;
- надежная инициализация;
- большие времена декогеренции (релаксации) по сравнению с временем срабатывания отдельных логических элементов (гейтов);
- возможность выполнения логических преобразований;
- передача и считывание состояний кубитов.

Здесь имеет смысл пояснить, что под кубитом понимается мера квантовой информации, по аналогии с *битом* – в классической информатике. Кубит может быть реализован на различных физических двухуровневых системах, таких как поляризация фотона, состояние спина электрона, невырожденных энергетических состояниях атома или иона, уровней энергии в (нелинейном) сверхпроводящем контуре и др.

Отметим, что степень развитости разработок в области создания физических систем для реализации алгоритмов квантовых вычислений в России различается. В стране в настоящий момент в данной области развиваются четыре направления, два из которых разрабатываются в МГУ:

- холодные атомы в микродипольных ловушках (физфак МГУ),
- фотоны в линейно-оптических системах (физфак МГУ),
- сверхпроводниковые системы (МИСиС, ИФТТ, МФТИ),
- холодные ионы (ФИАН).

¹ Это определение далеко не единственное, но, на наш взгляд, наиболее точно соответствующее современным физическим моделям.



Также следует упомянуть о направлении, развиваемом на физфаке МГУ и ИФМ РАН, — квантовые вычисления на основе примесных полупроводниковых структур.

В целом отечественный уровень разработок на сегодняшний день довольно сильно уступает общемировому. Тем не менее, наиболее целесообразным для развития отрасли видится путь одновременной поддержки каждого из четырех направлений, поскольку в данный момент нет объективных предпосылок для выделения одного конкретного лидирующего направления.

Перспективной стратегией представляется разработка квантовых вычислительных устройств среднего масштаба (до 100 кубитов) на упомянутых четырех платформах. На этих устройствах могут быть отработаны системное ПО и определены перспективные прикладные алгоритмы. Одновременно с этим следует развивать интегрально-оптические технологии, с особым акцентом на интеграцию источников одиночных фотонов и многофотонных состояний на оптические чипы.

В ближнесрочной (до 5 лет) перспективе наиболее быстрого прогресса можно ожидать в системах **на основе одиночных нейтральных атомов**. Это идеальные платформы для реализации вариационных квантовых алгоритмов и симуляции квантовых систем среднего масштаба в рамках парадигмы NISQ (Noisy Intermediate-Scale Quantum) – квантовых вычислений без использования кодов коррекции ошибок. Однако масштабирование этих систем до уровня десятка тысяч кубитов представляется технологически сложным. В долгосрочной перспективе оптические квантовые вычисления **на основе фотонов** должны оказаться более перспективной платформой благодаря своей технологичности и относительно низкому уровню ошибок при выполнении логических операций.

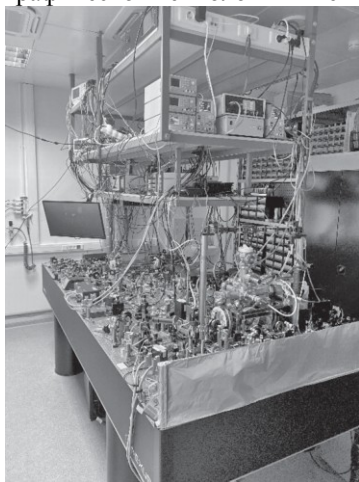
В рамках крупного проекта Фонда перспективных исследований «Прибой», выполняемого на физическом факультете в ЦКТ МГУ, а также реализации Дорожной карты по квантовым вычислениям в течение ближайшего времени планируется:

- создать регистр из 50 атомов-кубитов (Rb87);
- создать 25-канальный оптический квантовый процессор;
- продемонстрировать выполнение квантово-механического расчета на двух- и трехатомных молекулах.

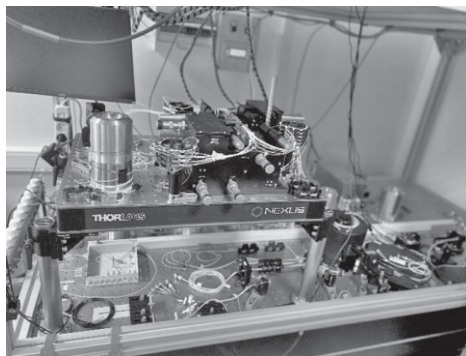
Для решения этих амбициозных задач в ЦКТ построено несколько лабораторий, оснащенных самым современным оборудованием – это высоковакуумная техника, прецизионные лазерные системы, источники и приемники фотонов. Уже сегодня реализовано управление индивидуальными атомами рубидия в двумерных массивах, разработаны и изготовле-



ны многоканальные программируемые интерферометры на основе литографической технологии и технологии фемтосекундной лазерной печати.



(a)



(b)

Установки по квантовым вычислениям на нейтральных атомах (a) и фотонных чипах (b)

Вместе с МГУ эти работы выполняют надежные партнеры Центра – МГТУ имени Н.Э. Баумана, ВНИИА имени Н.Л. Духова (Росатом) и физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе, институт физики полупроводников СО РАН и другие. Значительную технологическую поддержку оказывает совместный научно-образовательный центр Функциональные Микро/Наносистемы (МГТУ/ВНИИА имени Н.Л. Духова), в котором изготавливаются высококачественные чипы для построения оптических квантовых процессоров.

Еще один проект, который ведется нашим Центром — это создание так называемого квантового симулятора — многокубитной квантовой вычислительной системы с возможностью удаленного сетевого доступа для решения тестовых задач, базирующихся на квантовых алгоритмах. Это вычислительное устройство включает в себя два процессора на основе двух различных физических систем — холодные атомы в оптической ловушке и одиночные фотоны в линейно-оптических сетях. Каждый из процессоров может быть использован по отдельности, либо, если возможно разбиение задачи, они могут работать параллельно. Доступ к симулятору организован через сайт ЦКТ (rsc.qotlabs.org). Данный проект будет интересен и научным работникам, и студентам, и представителям



коммерческих компаний, которые проходят курсы повышения квалификации, получая или углубляя знания в области квантовых технологий.

Квантовые коммуникации

Квантовая коммуникация – область науки и технологии, которая связана с передачей информации посредством квантовых состояний¹. В основе разработок по квантовой защищенной связи лежат три утверждения, фактически являющиеся следствием соотношения неопределенностей Гейзенберга и теоремы о запрете клонирования квантовых состояний: наблюдаемые, описываемые некоммутирующими операторами, нельзя измерить одновременно, неизвестное квантовое состояние нельзя копировать и измерение неизвестного состояния приводит к его возмущению.

В подавляющем большинстве случаев носителями информации в квантовой коммуникации являются фотоны по довольно очевидным причинам:

- фотоны — быстрые («flyingqubits»);
- фотоны — дешевые;
- фотоны плохо взаимодействуют с окружением из-за малых значений соответствующих восприимчивостей;
- аппаратная и технологическая часть хорошо развита — она базируется на классических технологиях телекоммуникаций и интегральной оптики.

Сегодня от «настошных» демонстрационных квантово-оптических экспериментов мир шагнул к высокотехнологическим разработкам.

Основные тенденции этих разработок, в основном, сводятся к построению систем защищенной связи на основе либо волоконно-оптических, либо атмосферных (включая космические) каналов связи.

В волоконно-оптических линиях связи это:

- шифрование квантовыми ключами данных, передаваемыми по магистральным линиям связи;
- создание локальных защищенных сетей с электронным документооборотом;
- создание крупномасштабных сетевых структур через доверенные узлы.

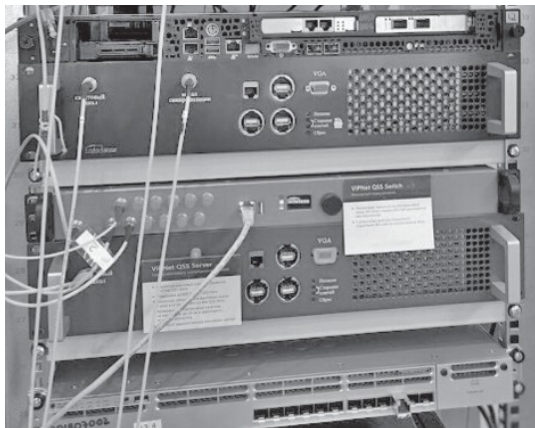
¹ Заметим, что квантовые коммуникации отнюдь не сводятся к квантовой криптографии, как часто можно услышать. Известно множество протоколов, таких как квантовая телепортация, сверхплотное кодирование, протоколы квантовой теории игр и проч., не имеющих отношения к проблеме распределения криптографических ключей.



В атмосферных/космических каналах это:

- распределение квантовых ключей между мобильными и стационарными объектами;
- распределение ключей между низкоорбитальными спутниками и наземными объектами;
- распределение ключей между низко- и высокоорбитальными спутниками;
- создание глобальных квантовых сетей, охватывающих значительные территории.

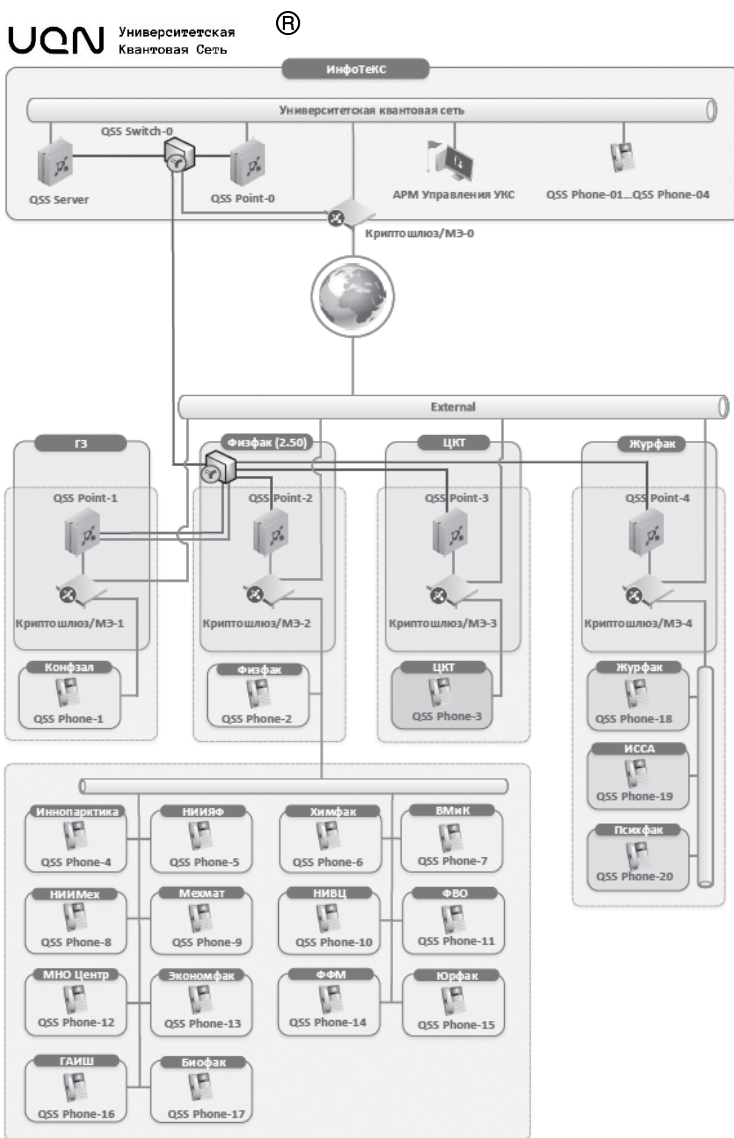
На физическом факультете ведутся исследования по обоим направлениям. Реализовано два крупных научных проекта, в результате которых созданы реальные продукты, готовые к коммерциализации. Это QUANDOR – комплекс квантово-криптографической аппаратуры защиты информации, состоящий из 10G шифратора канального уровня (L2) и



оборудования квантового распределения ключей (КРК), и «квантовый телефон» QUANTEL – устройство, в котором текстовые файлы, речь и изображения шифруются «квантовыми ключами».

Аппаратура квантового шифрования

Квантовый телефон является частью системы коммуникационного оборудования ViPNet Quantum Security System, которая позволяет организовать квантово-защищенную сеть. Первая в России локальная компьютерная сеть на базе квантового распределения секретных ключей развернута на обоих кампусах МГУ (Ленинские горы и Моховая улица). Сеть протяженностью более 40 км объединяет более 20 абонентских пунктов и связывает кабинеты ректора, декана физического факультета, нескольких проректоров, ЦКТ и другие подразделения университета. На базе Университетской квантовой сети (зарегистрированный товарный знак) реализован защищенный документооборот и связь (телефония, видеосвязь, обмен файлами) между легитимными абонентами.



Архитектура Университетской квантовой сети

Оба решения созданы ЦКТ в сотрудничестве с индустриальным партнером компанией «ИнфоТекС» и компанией – оператором волоконно-оптических линий связи ЮЛ-ком Медиа. Эти разработки стали прекрасным образцом плодотворной совместной работы ученых и коммерческих компаний. В результате полученные устройства не просто отвечают запросам рынка на гарантированно безопасную передачу информации, но и полностью отвечают тем функциональным, эстетическим и эргономическим требованиям, которые предъявляются к современному телеком-оборудованию.



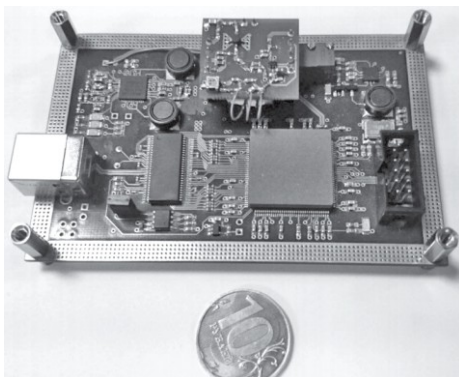
*Беседа ректора МГУ В.А. Садовниченко и декана физического факультета МГУ профессора Н.Н. Сысоева по квантовому телефону (длина линии 100 км).
(В центре – С.П. Кулик)*

Следующим шагом развития университетской квантовой сети будет создание Национальной квантовой (исследовательской) сети — объединение российских университетов и научных центров, ведущих работы в области квантовых технологий на основе магистральных квантовых сетей, и создание инфраструктуры городских квантовых сетей.

Что касается квантовых систем связи на основе атмосферных каналов, в Центре ведется ряд проектов, в рамках которых исследовано влияние турбулентности на эффективность передачи/приема квантовых состояний света с поляризационными и фазовыми степенями свободы. Здесь ключевым моментом является использование классических систем

активного трекинга, адаптированных под низкоэнергетические квантовые состояния – для захвата и удержания канала связи. Разработаны системы квантового распределения криптографических ключей между мобильными и стационарными объектами, включая размещение на низкоорбитальном спутнике.

Также стоит отметить разработанный учеными ЦКТ МГУ квантовый генератор случайных чисел, основанный на пуассоновской статистике фотоотсчетов. Первичным источником случайности являются последовательности фотоотсчетов от квазиоднофотонного излучения, которое регистрируется матрицей кремниевых лавинных детекторов – SiPM (Silicon Photo Multiplier). Использование SiPM позволяет надежно контролировать квантовый характер пуассоновской статистики фотоотсчетов. Специальный алгоритм неэкспоненциальной сложности позволяет извлекать из пуассоновского процесса всю случайность, содержащуюся в нем, а именно случайную равномерную последовательность 0 и 1. Генератор обеспечивает скорость выработки случайных битов до 270 Мбит/с.



Модуль компактного генератора случайных чисел

Квантовые сенсоры

Квантовые сенсоры — это высокоточные инструменты, основанные на квантовых системах. Предполагается, что квантовые сенсоры будут иметь характеристики, намного превышающие имеющиеся у классических аналогов. К таким характеристикам относят чувствительность (минимальное значение регистрируемого сигнала), пространственное и временное разрешение, рабочий диапазон измеряемых значений, время отклика или анализа, относительная воспроизводимость (например, частоты в стандартах времени), энергопотребление, габариты, сложность обслуживания, срок службы, стоимость производства и эксплуатации и др. Как и в случае квантовых вычислений, имеются определенные критерии применимости той или иной квантовой системы в качестве сенсора (аналог критериев Ди Винченцо):

1. Квантовая система имеет дискретные уровни энергии. В частности — двухуровневая система (или ансамбль двухуровневых систем) с нижним и верхним уровнями $|0\rangle$ и $|1\rangle$, разделенных энергией перехода $E = \hbar\omega$.

2. Должна иметься возможность приготовления (инициализации) квантовой системы в известных состояниях и выполнения операции считывания (измерения) этих состояний.

3. Квантовой системой можно когерентно манипулировать — обычно с помощью полей, зависящих от времени. Это условие не является строго обязательным для всех релаксаций.

4. Квантовая система взаимодействует с соответствующим физическим объектом $V(t)$, например, электрическим или магнитным полем. Взаимодействие количественно оценивается параметром вида

$$\gamma = \partial^q E / \partial V^q,$$

который связывает изменения энергии перехода E_k с изменением внешнего параметра $V(t)$. В большинстве ситуаций связь либо линейная ($q = 1$), либо квадратичная ($q = 2$). Взаимодействие с $V(t)$ приводит к сдвигу энергетических уровней квантовой системы.

В основе действия квантовых сенсоров лежат три свойства квантовых состояний:

- принцип суперпозиции (квантовая когерентность) — волновые функции квантовых объектов представляют собой линейную комбинацию базисных состояний

$$|\Psi\rangle = c_1|0\rangle + c_2|1\rangle,$$

- перепутывание (entanglement) — квантовое состояние составной системы может быть определено лучше, чем состояния подсистем

$$|\Psi_{12}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} \{|0_1\rangle|1_2\rangle + |1_1\rangle|0_2\rangle\}$$

- и тот факт, что измерение приводит к вероятностным исходам классических состояний

$$E_m = M_m^\dagger M_m, \quad \sum_m E_m = I \quad p_m = \langle \Psi | M_m^\dagger M_m | \Psi \rangle.$$

Фактически, квантовый объект — кубит — служит чувствительным зондом для измерения физических (взаимодействующих) систем.

Сегодня устройства на основе квантовых сенсоров принято выделять в три основные группы: сенсоры электрических и магнитных полей; часы, гравиметры и гироскопы, а также группа под условным названием «квантовая метрология».



Один из наиболее интересных проектов в области квантовых сенсоров, реализуемых в Центре квантовых технологий МГУ, является создание детектора одиночных фотонов на основе планарных лавинных фотодиодов (ОЛФД) на гетероструктурах InGaAs/InP для систем однофотонной квантовой связи. Разработка ведется совместно со специалистами Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова (ИФП СО РАН) на основе разработанной ими базовой технологии.

Данные устройства предназначены для работы в линейном и однофотонном «гейзеровском» режиме для применения в оптоволоконных системах однофотонной квантовой связи. Также их можно использовать для прецизионных измерений.

Другое устройство, которое относится к квантовым сенсорам и было разработано в ЦКТ, — квантовый генератор случайных чисел. Он уже используется в устройствах квантовой связи и был рассмотрено выше.

В ЦКТ активно развивается направление разработки и создания одноэлектронных одноатомных устройств. В частности, ученые из группы О.В. Снигирева работают над созданием *твердотельного одноатомного одноэлектронного транзистора*, изготовленного на поверхности монокристалла полупроводника или диэлектрика с имплантированным в приповерхностный слой одиночным примесным атомом. Электронный транспорт осуществляется в системе исток — примесный атом — сток. Управление током через транзистор осуществляется электростатическим затвором. Свойства примесного атома и полупроводниковой или диэлектрической подложки целиком определяют транспортные свойства такого транзистора.

Одноатомные одноэлектронные транзисторы дадут возможность управлять транспортом одиночных электронов, вплоть до электрического считывания заселенности одночастичных состояний. В них реализуется возможность функционального использования особенности дискретного энергетического спектра электронов.

Создание таких элементов и устройств открывает дорогу к созданию электронных устройств с атомной функциональной структурой и субнанометровыми характерными размерами рабочих элементов. Использоваться подобные устройства могут в элементах твердотельного квантового компьютера, в квантовых сенсорах, зарядовых клеточных автоматах, зарядовых резервуарных нейронных сетях.

Еще один интересный проект, над которым работают сотрудники группы нанофотоники под руководством А.А. Федянина, — создание *однофотонного источника света*.

Однофотонные излучатели являются одним из ключевых элементов во многих задачах в области квантовой информатики, в том числе в кван-



товых вычислениях и квантовой криптографии. Разрабатываемые в ЦКТ МГУ устройства представляют собой наноалмазы с центрами окраски, нанесенные на поверхность фотонного кристалла, который поддерживает распространение поверхностных электромагнитных волн, называемых блоховскими поверхностными волнами (БПВ). Наноалмазы покрываются слоем полимера, а затем в области наноалмазов с единичным центром окраски происходит создание волноводных структур с помощью метода двухфотонной лазерной литографии. Таким образом, реализуется метод интеграции однофотонных источников в волновод с помощью комбинирования двух технологий в рамках одной экспериментальной установки: технологии сканирования сигнала люминесценции и поиска наноалмазов, излучающих в однофотонном режиме, с последующей технологией лазерной литографии для создания волноводов над найденными наноалмазами. Отметим, что применение технологии двухфотонной лазерной литографии позволяет создавать сложные компактные волноводные структуры за один сеанс изготовления без увеличения стоимости конечного устройства.

Безусловными плюсами разрабатываемых устройств является то, что они не требуют сложных алгоритмов настройки и имеют высокую скорость работы.

Кроме того, для БПВ отсутствует фиксированный закон дисперсии, а у устройств на их основе – омические потери. Использование БПВ позволяет управлять законом дисперсии за счет подбора материалов и толщин слоёв фотонного кристалла, а также существование как ТМ-, так и ТЕ-поляризованных волн.

В ЦКТ традиционно продолжают исследования *по квантовой оптике*. В последнее время усилия сосредоточены в основном на исследовании возможностей квантовой когерентной оптической томографии высокого разрешения и методов генерации тепловых полей с вычитанием/добавления определенного числа фотонов. Перспективным представляется проект по разработке методов характеристики линейно-оптических интегральных схем (ЛОИС) на основе интерферометрии тепловых полей. Преимуществом этого метода по сравнению со стандартным является то, что с одной стороны он не требует большого времени накопления данных, в отличие от метода, основанного на корреляционных измерениях бифотонов, а с другой стороны, его точность не ограничена фазовыми флуктуациями на входе в систему в отличие от метода, основанного на измерениях когерентных состояний.

Данный метод зависит лишь от уровня темновых шумов детектора. С увеличением шумов потери точности увеличиваются, но их можно компенсировать большим временем накопления, что, с одной стороны,



не сильно увеличит время моделирования или эксперимента, а с другой стороны, позволит уменьшить погрешности определения параметров передаточной матрицы и получить необходимую точность восстановления. Иными словами, разработанный метод позволяет получить большую точность при менее дорогом экспериментальном оборудовании.

Подводя итог, отметим, что в МГУ сконцентрированы значительные ресурсы и кадровый потенциал для решения разнообразных задач в области квантовых технологий. Выполняемые разработки еще совсем недавно были на переднем крае фундаментальных исследований, а сегодня составляют прочную основу нового технологического направления и подготовки квалифицированных кадров.

Сегодня исследования и разработки ведутся в рамках Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина».



*С.П.Кулик,
профессор кафедры квантовой электроники,
научный руководитель Центра квантовых технологий
физического факультета МГУ*

КАФЕДРА ФИЗИКИ ЧАСТИЦ И КОСМОЛОГИИ: ПОСТИГАЯ ЕДИНСТВО МИКРО- И МАКРОМИРА

В последние десятилетия сформировалась и стала быстро развиваться новая область фундаментальной науки на стыке физики элементарных частиц, астрофизики и космологии. Это связано с осознанием того факта, что законы микромира играют важнейшую роль в эволюции Вселенной,



особенно на ранних её этапах; эти законы во многом определяют и свойства астрофизических объектов. Кроме того, результаты, полученные в космологии и астрофизике, существенно дополняют представления о мире элементарных частиц; примеры будут вскоре приведены. Наконец, звезды и квазары могут служить источниками как известных частиц высоких энергий, таких как фотоны и нейтрино, так и гипотетических частиц, например, аксионов.

Ответом на вызов времени и стало создание кафедры физики частиц и космологии на физическом факультете. Эта теоретическая кафедра была основана в декабре 2008 г.



по инициативе сотрудников физического факультета МГУ и Института ядерных исследований РАН. Первым заведующим кафедрой стал академик РАН А.Н. Тавхелидзе, а с 2011 г. ее возглавляет академик РАН В.А. Рубаков.

Рис.1. Академики А.Н. Тавхелидзе (слева) и Н.Н. Боголюбов.

Стоит сказать, что основатели кафедры весьма своевременно уловили тенденции развития фундаментальной физики. Кафедра была одной из первых в мире по данной тематике, а сейчас аналогичные кафедры или институты имеются во многих ведущих вузах мира, включая университеты Парижа, Нью-Йорка, Мюнхена, Барселоны, Лозанны, Токио. С коллегами из разных стран кафедра поддерживает устойчивые научные связи.

Деятельность кафедры следует идее академика Н.Н. Боголюбова, который начал воплощать её на кафедре квантовой статистики: приглашать ведущих учёных из академических институтов и ОИЯИ для преподавания на физическом факультете, которые читали бы курсы лекций и работали со студентами и аспирантами физического факультета в качестве научных руководителей, будучи внешними совместителями.

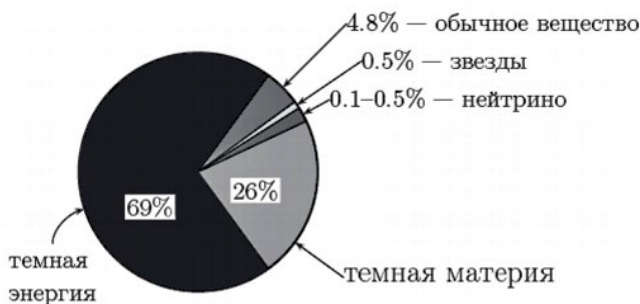
Обучение студентов на кафедре ориентировано на научную работу в сотрудничестве со специалистами из различных институтов — ИЯИ

РАН, ИТМФ МГУ, НИИЯФ МГУ, ОИЯИ, ФИАН, МИ РАН, ИКИ РАН и других.

Но вернемся к физике. На наших глазах космология стала точной наукой, в первую очередь благодаря бурному развитию методов наблюдений и интерпретации их результатов. Исследования реликтового микроволнового излучения, распределения галактик, темпа расширения сегодня и в прошлом, гравитационного линзирования позволили получить стройную, количественную космологическую картину, характеризуемую высоким уровнем точности. При этом целый ряд свойств Вселенной и заполняющей её материи не вписываются в существующие представления об элементарных частицах и фундаментальных взаимодействиях, что, несомненно, является вызовом для науки.

Некоторые нерешенные проблемы фундаментальной физики

Чтобы дать представление о характере задач, возникающих на стыке физики частиц, космологии и астрофизики, коротко перечислим некоторые нерешенные проблемы в этой области.



Баланс энергий в современной Вселенной

Один круг проблем связан с составом материи/энергии в современной Вселенной, который сейчас хорошо известен благодаря космологическим и астрофизическим наблюдениям.

Плотность энергии (в основном это энергия покоя, $E = mc^2$ обычного вещества — протонов, атомных ядер, электронов — составляет около 5% полной плотности энергии в современной Вселенной, еще менее 1% дают нейтрино. Все остальное — «неизвестно что». Это «неизвестно что» делится на две фракции: тёмную материю и тёмную энергию. Они различаются своими свойствами по отношению к гравитационным взаимодействиям. Тёмная материя испытывает такие же гравитационные силы, как



и обычная материя, она собирается в сгустки (галактики, скопления галактик) и играет доминирующую роль в образовании крупномасштабной структуры Вселенной. Скорее всего, тёмная материя состоит из новых нейтральных массивных стабильных (или очень долгоживущих) элементарных частиц, которые до сих пор не зарегистрированы в экспериментах на Земле. Задача теоретиков — предложить конкретные модели физики частиц с частицами тёмной материи, а экспериментаторов — открыть эти частицы.

В отличие от тёмной материи тёмная энергия в определенном смысле испытывает антигравитацию, она равномерно распределена в пространстве, не собирается в сгустки, а её главная роль — обеспечивать наблюдаемое ускоренное расширение Вселенной. Природа тёмной энергии — возможно, наиболее трудная проблема фундаментальной физики.

Наконец, само наличие обычного вещества и отсутствие антивещества в современной Вселенной само по себе представляет проблему, которую сформулировал А.Д. Сахаров в 1967 г. Дело в том, что в ранней, горячей Вселенной относительный избыток вещества над антивеществом составлял величину порядка 10^{-9} и этот «перекос» необходимо объяснить, исходя из представлений физики микромира.

Подчеркнём, что тёмная материя и избыток вещества над антивеществом являются прямыми и неоспоримыми свидетельствами неполноты современной теории микромира — Стандартной модели физики элементарных частиц.

К этому кругу вопросов примыкает и вопрос о роли нейтрино в космологии. Реликтовые нейтрино, будучи очень лёгкими частицами, оказывают специфическое влияние как на процесс формирования структур во Вселенной (галактик и их скоплений), так и на свойства реликтового микроволнового излучения. Следующие отсюда космологические ограничения на массы нейтрино сегодня сильнее ограничений, полученных из прямых наземных экспериментов Троицк ν -масс и KATRIN; вполне возможно, что массы нейтрино будут впервые измерены именно методами космологии!

Второй круг проблем имеет отношение к астрофизике частиц и многоканальной (multimessenger) астрономии. Речь идет об источниках космических частиц высоких и сверхвысоких энергий — протонов, атомных ядер и в особенности нейтрино и γ -квантов. В самое последнее время в этой области наметился осязаемый прогресс, о котором отчасти уже написано в «**Советском физике**» (статья* А.В. Плавина и др. в номере 4(145) за 2020 год). Изучение наиболее мощных астрофизических источников, таких как квазары — гигантские черные дыры — с помощью одновременной регистрации электромагнитного излучения в широком диа-



пазоне энергий и нейтринного излучения становится новым словом в астрофизике. Еще одним источником информации о катастрофических событиях в космосе, используемым параллельно с электромагнитным и нейтринным излучением, становятся гравитационные волны. К астрофизическим аспектам научного направления кафедры примыкает и задача поиска новых гипотетических частиц, которые могут родиться в астрофизических объектах — звездах, квазарах и т.д.

Чрезвычайно интересным является **вопрос о самых первых стадиях эволюции Вселенной**, предшествовавших горячей стадии. Результаты наблюдательной космологии, и в первую очередь данные по реликтовому микроволновому излучению, однозначно свидетельствуют о том, что известная горячая стадия не была первой в развитии Вселенной, что ей предшествовала совершенно иная стадия (а, возможно, несколько различных стадий), про которую можно сказать, что именно на ней происходило образование первичных неоднородностей во Вселенной, которые в конечном итоге развились в галактики, скопления галактик и другие структуры. Наиболее популярной и разработанной гипотезой здесь служит космическая инфляция — экспоненциальное расширение Вселенной с гигантским темпом. Однако пока нельзя исключить и другие возможности, такие как модель с отскоком (сжатие — остановка сжатия — расширение Вселенной). Теоретические исследования в этой области направлены на разработку конкретных моделей и получение предсказаний, доступных проверке в идущих и будущих экспериментах.

Научные направления кафедры и результаты 2017–2022 г.г.

Этот краткий список нерешенных проблем иллюстрирует те научные направления, которые являются основными для кафедры: космология, астрофизика частиц, физика микромира. Разумеется, исследования на стыке физики частиц, астрофизики и космологии требуют развития соответствующих теоретических подходов, среди которых особое место занимает квантовая теория поля, а также построения моделей физики частиц, выходящих за рамки Стандартной модели, и разработки теории гравитации. Все эти направления представлены в научной программе кафедры и отражены в научной работе студентов и аспирантов. Кроме того, сотрудники кафедры обучают студентов и ведут научную работу по развитию методов компьютерного моделирования физических процессов в космологии, астрофизике и физике частиц, а также методов обработки экспериментальных данных, включая методы машинного обучения.

Среди результатов, полученных сотрудниками кафедры вместе со студентами и аспирантами, можно обратить внимание на следующие.

- Подтверждение на высоком уровне достоверности галиевой нейтринной аномалии в эксперименте BEST, которая указывает на существование стерильного нейтрино (рис. 2).

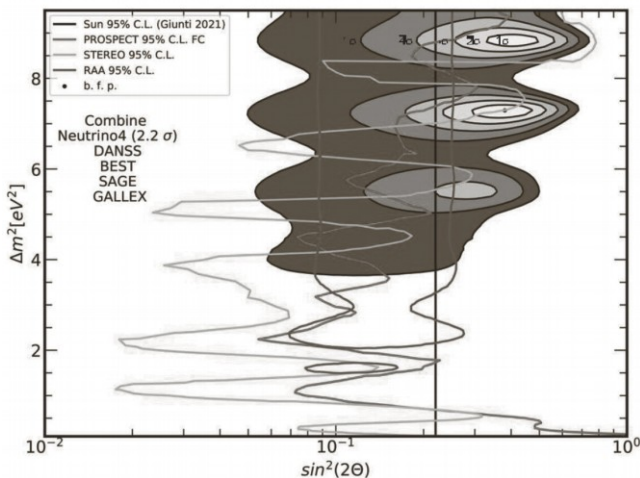


Рис.2. Область в пространстве параметров стерильных нейтрино, предпочтительная с точки зрения существующих экспериментов, в том числе эксперимента BEST на Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН

- Построение самосогласованных моделей ранней Вселенной без начальной сингулярности.
- Построение моделей космической инфляции с низким энергетическим масштабом и получение предсказаний для будущих экспериментов.
- Создание феноменологической модели и стратегии поиска новых тяжелых нейтральных лептонов (рис. 3).
- Построение метода функционального интегрирования для моделей квантовой гравитации.
- Наблюдение фотонов с энергией выше 300 ТэВ, связанных с высокоэнергетическим нейтрино из области Лебеда, в эксперименте Ковёр-2.
- Обнаружение корреляции прихода высокоэнергичных нейтрино с радиовспышками от радио-ярких блазаров.
- Численный расчет гравитационной Бозе-Эйнштейновской конденсации скалярной тёмной материи с образованием Бозе-звёзд (рис. 4).
- Численный расчет гравитационной Бозе-Эйнштейновской конденсации скалярной

- тёмной материи с образованием Бозе-звёзд (рис. 4).

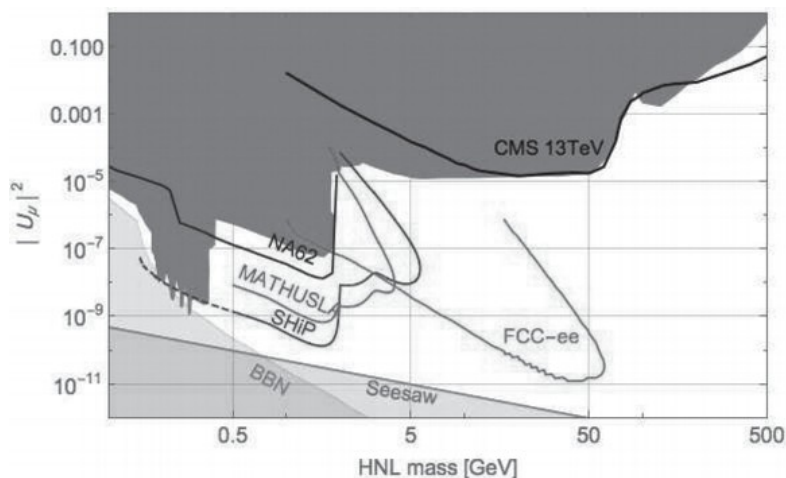


Рис.3. Чувствительность идущих и будущих экспериментов к тяжелым нейтральным лептонам

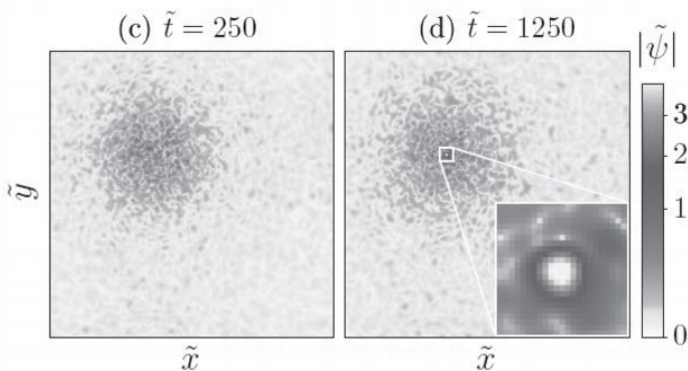


Рис.4. Образование Бозе-звезды (правый рисунок) в результате эволюции облака скалярной тёмной материи, изображенного на левом рисунке

- Получение ограничений на компоненту тёмной материи, распадающуюся после рекомбинации.
Разумеется, этот краткий перечень — далеко не исчерпывающий. За истекшие 5 лет сотрудниками кафедры опубликовано более 100 статей в



ведущих мировых научных журналах, из них 15 статей с участием студентов кафедры, включая 4 статьи с участием учащихся бакалавриата.

Ещё о кафедре

Кроме заведующего кафедрой академика РАН В.А. Рубакова и заместителя заведующего профессора В.В. Белокурова, сотрудниками кафедры являются другие активные ученые — доктора или кандидаты наук, основным местом работы которых служит Институт ядерных исследований РАН. Их — 12 человек, включая академика РАН И.И. Ткачёва, членов-корреспондентов РАН Д.С. Горбунова, М.В. Либанова и С.В. Троицкого. Кафедра обеспечивает научное руководство студентами и аспирантами и чтение набора спецкурсов, необходимого для подготовки физиков-теоретиков по следующим основным направлениям:

- космология,
- физика элементарных частиц,
- квантовая теория поля,
- астрофизика частиц,

а также по смежным направлениям, таким как

- методы обработки экспериментальных данных, включая методы машинного обучения,
- методы компьютерного моделирования физических процессов в космологии, астрофизике и физике частиц.

Кроме того, сотрудники кафедры ведут 3 спецкурса по магистерской программе Н9 Школы «Космос» — «Физика астрочастиц и тёмная материя» и 5 спецкурсов в Филиале МГУ в г. Сарове (некоторые — совместно с сотрудниками Отделения ядерной физики и кафедры теоретической физики физфака).

На основе курсов, чтение которых ведётся на кафедре, сотрудниками кафедры опубликовано около десятка монографий; практически все они переведены на английский язык и пользуются популярностью в России и мире.

Студенты кафедры почти ежегодно занимают призовые места на конкурсе дипломных работ им. Р.В. Хохлова, многие имеют именные стипендии или стипендии фонда «Базис». Успешные студенты и аспиранты участвуют в работах по грантам их научных руководителей (в общей сложности 30 студентов и аспирантов в 2017–2022 гг.), принимают активное участие в конференциях и школах для молодых учёных по тематике кафедры. Можно с удовлетворением отметить, что около 60% выпускников магистратуры кафедры сегодня продолжают заниматься науч-



ной работой в университетах и исследовательских институтах, в основном в России.

Задачи, стоящие перед фундаментальной физикой на стыке космологии, физики частиц и астрофизики, чрезвычайно сложны, но и исключительно интересны. Представляется, что кафедра физики частиц и космологии вносит достойный вклад в решение этих задач как своими научными результатами, так и подготовкой учёных высшей квалификации. Можно с уверенностью сказать, что дальнейшее развитие научных направлений кафедры приведет к ещё более впечатляющим продвижениям в наиболее фундаментальной области знаний, ориентированной на изучение глубинной структуры вещества и её связи с физическими процессами, происходящими во Вселенной.

*Заведующий кафедрой физики частиц и космологии
профессор, академик РАН В.А. Рубаков,*

*Заместитель заведующего кафедрой
физики частиц и космологии профессор В.В. Белокуров*

***Примечание Главного редактора:** А.В. Плавин, Ю.Ю. Ковалев, Ю.А. Ковалев, С.В. Троицкий. Нейтрино высоких энергий от ядер активных галактик. «Советский физик» №4(145), 2020. [https://phys.msu.ru/rus/about/sovphys/ISSUES-2020/04\(145\)-2020/28492/](https://phys.msu.ru/rus/about/sovphys/ISSUES-2020/04(145)-2020/28492/)

Ежегодник газеты «Советский физик». 2020 год. С.206-209.

КОСМИЧЕСКАЯ МИССИЯ GAIA

На кафедрах астрономического отделения и в отделах ГАИШ активно ведутся работы по комплексному изучению строения и динамики нашей Галактики и её подсистем, а также уточнению универсальной шкалы расстояний. Работы в этом важнейшем направлении опираются на созданные в нашем коллективе эффективные оригинальные алгоритмы анализа наблюдательных данных и использование уникальных результатов астрометрических, фотометрических и спектральных наблюдений, недавно полученных на созданной Европейским Космическим Агентством (ESA) космической обсерватории GAIA. Достигнутая невообразимая астрометрическая точность расстояний и скоростей сотен миллионов звёзд стимулировала новый виток проводимых в МГУ исследований Млечного Пути и его населений, поддержанных грантами РФФИ и РНФ.

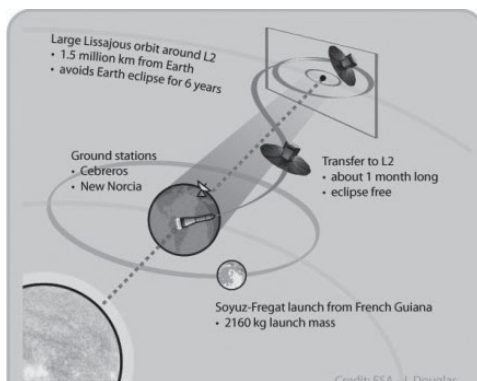


*Под руководством проф. А.С. Расторгуева, доц. Е.В. Глушковой и зав. отделом ГАИШ А.К. Дамбиса при активном участии студентов и аспирантов физического факультета Н.Д. Уткина, А.А. Чемеля, Л.Г. Ялышевской, Е.Н. Подзолковой и Я.А. Лазовика на основе данных GAIA выполнены работы по определению гравитационного потенциала Галактики, определены орбиты шаровых скоплений в нестационарном гравитационном поле Млечного Пути, детально изучен состав звёздных скоплений и оценен их возраст. Исследованы особенности движений звёзд в диске и гало Млечного Пути и характер его спирального узора; разработаны новые методы определения радиусов и светимостей звёзд, используемых в качестве «стандартных свечей» для определения расстояний до галактик, а также и другие эффективные средства уточнения шкал расстояний, такие как метод статистических параллаксов. Обнаружено и доказано быстрое расширение молодых звёздных группировок. Эти результаты опубликованы примерно в 50 наших статьях, в том числе в ведущих рецензируемых журналах (например, Yalyaliev et al., *Astrophysical Bulletin*, V.73, pp.335-343, 2018; Melnik and Dambis, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, V.493, p.2339-2351, 2020; Chemel et al., *Astrophysical Bulletin*, V.73, pp.162-177, 2018; Bobylev et al., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, V.502, pp.4377-4391, 2021; Lazovik and Rastorguev, *The Astronomical Journal*, V.160, id.136, 2020; Utkin and Dambis, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, V.499, pp.1058-1071, 2020; Utkin et al., *Astronomy Letters*, V.44, pp.688-698, 2018; Rastorguev et al., *Astrophysical Bulletin*, V.77, pp. 144-149, 2022; Chemel et al., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, V.515, pp.4359-4370, 2022; Yalyaliev et al., *Astrophysical Bulletin*, V.77, p.78-83, 2022; Melnik et al., *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, V.507, pp.4409-4424, 2022 и другие.). Эти работы высоко оценены астрономическим сообществом и хорошо цитируются.*

Полученные в МГУ важные результаты стали возможными благодаря запущенной 19 декабря 2013 г. с космодрома Куру (Французская Гвиана) с помощью российского носителя «Союз» обсерватории GAIA («Гей»), созданной Европейским космическим агентством и предназначенной для астрометрических, фотометрических и спектральных наблюдений около 2 млрд звёзд Млечного Пути и близких галактик. Постараемся рассказать читателям об особенностях устройства этой необычной обсерватории, её возможностях, последних результатах и имеющихся трудностях.

Разработка проекта этой обсерватории началась ещё в 1980-х годах, и её первоначальное название — GAIA — было акронимом от «Global Astrometric Interferometer for Astrophysics» (предполагалось, что прецизионные астрометрические наблюдения звёзд будут вестись методами оптической интерферометрии). Впоследствии от интерферометрического метода измерений вследствие большой сложности и стоимости реализации такого проекта отказались, решив сохранить первоначальное название. С помощью разгонного блока «Фрегат» обсерватория была доставлена в окрестность точки Лагранжа L2 (рис. 1), которая находится на расстоянии около 1.5 млн км от Земли в антисолнечном направлении (как известно, это область устойчивого движения космических аппаратов). Примечательно, что в июле 2019 года в ту же область пространства была запущена российско-германская рентгеновская обсерватория «Спектр-РГ» (включающая российский телескоп ART-XC и германский телескоп eROSITA), а в декабре 2021 года — крупнейший космический телескоп имени Джеймса Уэбба JWST с зеркалом диаметром 6.5 м, предназначенный для наблюдений в оптике и ближнем ИК-диапазоне.

Рис. 1. Схема запуска обсерватории GAIA в точку Лагранжа L2 (около 1.5 млн км от Земли в сторону, противоположную от Солнца) [файл Gaia_launch1r.jpg]



Одной из главнейших задач обсерватории GAIA являются прецизионные астрометрические наблюдения, с помощью которых, в частности, определяются тригонометрические параллаксы и собственные движения звёзд. Как известно, геометрический метод определения межзвёздных расстояний не требует никаких дополнительных знаний о физических свойствах звёзд и поэтому считается базовым, и именно он лежит в самой основе измерения расстояний во Вселенной, будучи первой ступенькой иерархической «лестницы» расстояний. Метод тригонометрических параллаксов сводится к измерению предельно малых углов смещения звёзд, описывающих на небесной сфере параллактические эллипсы вследствие орбитального движения Земли вокруг Солнца. Попутно измеряются так



наз. «собственные движения» звёзд — их годовые систематические угловые смещения, отражающие индивидуальные скорости движения поперёк луча зрения относительно земного наблюдателя.

Если вспомнить не такое уж далёкое прошлое, то в 1990-е годы астрономическое сообщество поражала точность параллаксов, измеренных космической обсерваторией HIPPARCOS: около 1 мсд (миллисекунды дуги), что было примерно в 100 раз точнее результатов, имевшихся в то время лучших наземных наблюдений. (К слову, под углом 1 мсд был бы виден лист бумаги толщиной около 0.1 мм или человеческий волос с расстояния 20 км! На рубеже XX–XXI веков это казалось фантастическим инженерным достижением прецизионных измерительных технологий.) Однако космическая обсерватория GAIA доказала, что и это не предел. По расчётам к концу миссии GAIA — а это ориентировочно 2025 год — точность измеренных небесных координат и тригонометрических параллаксов звёзд 15–17 звёздной величины (они в 10–30 тыс. раз слабее самых тусклых звёзд, доступных невооружённому глазу) должна достичь 10 мксд, т.е. возрасти ещё в 100 раз по сравнению с HIPPARCOS. А это уже волос, наблюдаемый с расстояния порядка 2000 км! Пропорционально возрастёт и точность собственных движений.

Столь высокие точности позиционных измерений обусловлены, с одной стороны, большим числом измерений (достигающим 100–200) каждой звезды, а с другой — измерением координат звёзд относительно большого числа (более 1.6 млн) космических реперов — квазаров, которые из-за своей огромной удалённости можно считать практически неподвижными объектами, не меняющими со временем своего положения на небе. Современная координатная небесная сеть использует квазары как надёжные и уникальные реперы системы координат. Легко сообразить, что на 1 кв. градус небесной сферы в среднем приходится около 40 квазаров, обеспечивающих точные вычисления координат объектов. Разумеется, свой вклад в фантастическое увеличение астрометрической точности вносит и отсутствие атмосферной турбулентности, что позволяет в полной мере использовать дифракционное разрешение зеркал телескопа.

Техника наблюдений обсерватории GAIA принципиально отличается от того, как это происходит на других наземных и космических телескопах. Во-первых, на общей фокальной плоскости создаются изображения сразу двух участков неба, наблюдающихся двумя прямоугольными зеркалами, разнесёнными на угол 106.5° . Этот принцип астрометрии широкого поля позволяет производить взаимную координатную привязку объектов в двух далеко отстоящих звёздных полях, что позволяет существенно повысить точность позиционных наблюдений и в конечном счёте

создать единую координатную сеть, опирающуюся на квазары. Во-вторых, наблюдения ведутся не путём последовательных наведений на конкретные объекты наблюдательной программы, а методом сканирования небесной сферы. Обсерватория вращается вокруг своей оси с периодом около 6 часов, ось вращения прецессирует вокруг направления на Солнце под углом 45° с периодом 63 дня, и сама обсерватория следует за Землёй в её орбитальном движении (рис. 2). Сочетание этих движений позволяет со временем много раз покрыть наблюдениями всю небесную сферу, причём за планируемое время работы обсерватории каждая звезда в среднем будет наблюдаться примерно 70 раз. Благодаря хорошо продуманной схеме сканирования наблюдениями будет покрыто всё небо (к настоящему времени обсерватория выполнила 20 сканов всего неба).

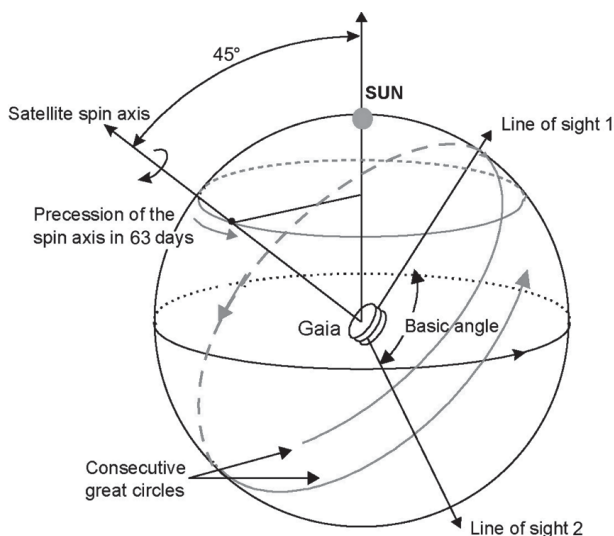


Рис. 2. Сканирующий метод наблюдений: вращение обсерватории вокруг оси и прецессия оси относительно направления на Солнце. Вследствие прецессии после одного осевого оборота большой круг сканирования смещается примерно на 106.5 угловых минут [файл Gaia_scanning.jpg]

На рис. 3 показана схема научного модуля GAIA. Его основой служит жёсткий несущий тор из карбида кремния с закрепленными на нём прямоугольными главными зеркалами размером 140×55 см, общей фокальной плоскостью размером 104×43 см, содержащей 106 ПЗС-матриц формата 4500×1966 px, а также вспомогательными зеркалами (обеспечивающими эффективное фокальное расстояние главных зеркал 35 м), блоками призмного фотометра, дифракционного спектрографа и средства-

ми контроля. Требования к стабильности всего модуля чрезвычайно высоки: так, например, для реализации заявленной астрометрической точности порядка 10 мксд требуется осуществлять постоянный контроль за положением фокальной плоскости и зеркал с точностью около 0.001 мкм.

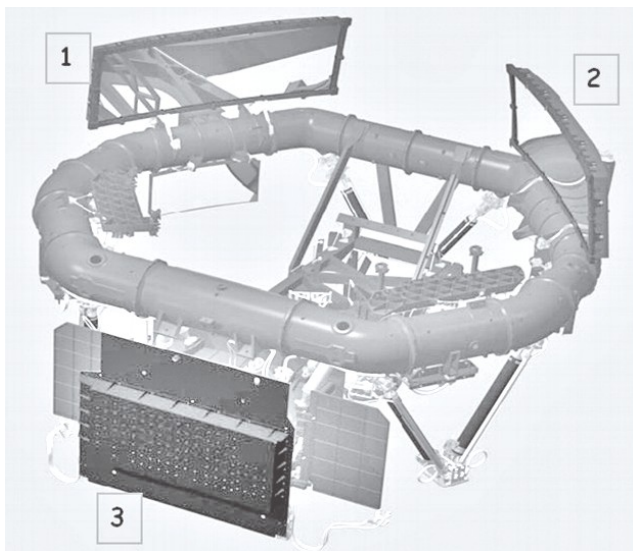


Рис. 3. Устройство обсерватории GAIA. 1, 2 — главные зеркала с углом 106.5 град. между ними; 3 — общая фокальная плоскость. Диаметр несущего тора около 3 м [файл Gaia_tr.jpg]

Схема общей фокальной плоскости показана на рис. 4. GAIA обладает самым большим астрономическим ПЗС-сенсором с общим числом пикселей около 1 млрд. Фокальная область поделена на область отождествления звёзд (SM — SkyMapper), астрометрическое поле AF, синий и красный фотометрические массивы BP и RP, и спектральный массив ПЗС-матриц RVS. Изображение звезды проходит слева направо последовательно по всем этим массивам матриц примерно за 60 сек. Поле зрения составляет около 0.7° . Для считывания сигнала используется специальный контроллер, функционирующий в режиме ВЗН (временная задержка с накоплением).

Во время каждого прохождения звезды вдоль фокальной плоскости последовательно регистрируется информация о её текущем положении относительно реперной системы координат, определяется её блеск и со спектральным разрешением $R \sim 11500$ регистрируется спектр в узком диа-

пазоне 845–870 нм. Все данные автоматически обрабатываются и сохраняются на мощном бортовом компьютере. Для правильного отождествления звёзд от скана к скану и распознавания объектов реализован метод машинного самообучения. Об эффективности используемого алгоритма можно судить по тому, что даже в плотных звёздных полях в поясе Млечного Пути система успешно распознаёт треки нескольких миллионов объектов, одновременно проходящих по фокальной плоскости.

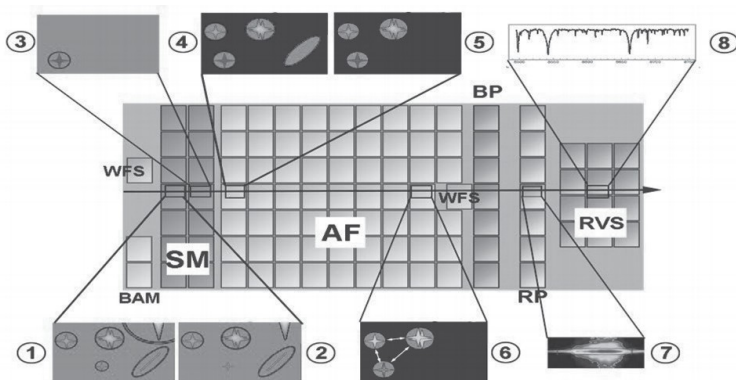


Рис. 4. Схема фокальной плоскости обсерватории GAIA. Путь звезды при сканировании — слева направо. SM(1–3) — массив отождествления объектов; AF (4–6) — астрометрический массив; BP, RP (7) — фотометрические массивы ПЗС-матрицы; RVS (8) — спектральный массив и измерение лучевых скоростей. BAM — ПЗС-матрицы мониторинга базового угла между главными зеркалами; WFS — ПЗС-матрицы контроля качества фокальной плоскости [файл Gaia_FOV.ipg]

GAIA представляет собой многоцелевую универсальную обсерваторию, выполняющую, помимо прецизионных астрометрических измерений, астрофизические наблюдения. Они включают измерения блеска звёзд до 21-й звёздной величины (эти предельно слабые звёзды в 200–300 млн раз слабее Веги) в двух широких полосах, синей и красной, в белом свете, а также спектральные наблюдения, в том числе измерения лучевых скоростей звёзд. 13 июня 2022 г. астрономам стал доступен 3-й каталог звёздных данных GAIA, содержащий более 1.8 млрд объектов. В нём более 1.55 млрд звёзд с высокоточными измерениями блеска и цвета, 1.47 млрд звёзд с измеренными параллаксами и собственными движениями, почти 34 млн звёзд с измеренными лучевыми скоростями (это в пять раз больше того, что было до того сделано на наземных обсерваториях). Для 471 млн звёзд впервые по фотометрическим и спектральным данным с привлечением библиотек теоретических спектров оценены ос-



новные физические характеристики — эффективные температуры, поверхностные ускорения силы тяжести, химический состав; несмотря на относительно небольшую точность параметров, небывалая массовость измерений открывает широкие возможности исследования звёздных населений Млечного Пути.

Дополнительно было открыто почти 10 млн переменных звёзд, разбитых на 24 класса по типам переменности. Особо следует отметить, что среди них около 15000 цефеид и 271000 лирид — пульсирующих переменных звёзд, давно используемых астрономами в качестве «стандартных свечей», т.е. объектов с заранее известной светимостью; для них существуют зависимости «период – светимость – химический состав». Эти объекты издавна используются астрономами для определения расстояний до близких и далёких галактик, геометрические расстояния до которых принципиально невозможно определить прямыми методами из-за их большой удалённости. Прецизионные тригонометрические параллаксы этих и некоторых других «стандартных свечей» нашей Галактики, как можно надеяться, позволят существенно уточнить их светимости и как следствие — всю универсальную шкалу расстояний, что и является одной из основных задач миссии GAIA. Кроме того, найдено более 6 млн кандидатов в квазары и 4.8 млн кандидатов в галактики, выглядящих как диффузные объекты; наблюдались более 158000 объектов в Солнечной системе, в основном астероиды.

Вернёмся, однако, к самому ценному содержанию последних каталогов миссии GAIA — тригонометрическим параллаксам и собственным движениям. Здесь имеется ряд нерешённых проблем. Во-первых, около 20% из общего числа 1.47 млрд измеренных тригонометрических параллаксов оказались отрицательными, что совершенно не соответствует их физическому смыслу. Дело в том, что тригонометрический параллакс определяется не как физический эквивалент расстояния до объекта, а как математический параметр, входящий в простую модель изменения координат, включающую линейное изменение координат со временем (собственное движение), на которое накладываются параллактические колебания, отражающие орбитальное движение Земли. Поскольку текущие координаты неизбежно определяются с ошибками, то для далёких звёзд, у которых истинный параллакс близок к нулю, измеренный «параллакс» с большой вероятностью может оказаться отрицательным. Однако даже такие «параллаксы» не стоит отбрасывать: зачастую Байесовские оценки, оперирующие априорными и апостериорными распределениями параллаксов, даже в этих случаях позволяют найти правдоподобные наивероятнейшие расстояния до звёзд: математическая статистика и здесь выручает нас.



Во-вторых, и это более серьёзно, в 3-й версии каталога GAIA измеренные параллаксы имеют систематическую ошибку: они в среднем меньше истинных на 17–20 мксд (это означает, что вычисляемые по ним расстояния будут систематически завышенными). Величина систематической ошибки сравнима с точностью определения самых надёжных параллаксов, и это не так хорошо для интерпретации данных. Впервые это было отмечено ещё во 2-й версии каталога миссии GAIA: оказалось, что средний параллакс выборки, включающей более чем 550000 квазаров, с большой степенью уверенности составляет — 29 мксд; то же самое отмечено и в 3-й версии каталога, в котором система координат опирается уже на 1.6 млн квазаров. Причины появления систематической ошибки параллаксов пока не вполне понятны. Самое печальное, что систематическая ошибка не только является зональной (т.е. зависит от положения объекта на небе), но и зависит от видимого блеска и цвета объекта. Не исключено, что какая-то часть систематической ошибки может быть связана со включением в выборку квазаров нормальных звёзд с малыми параллаксами и собственными движениями (а это был один из критериев отбора квазаров). И также не исключены аппаратные эффекты, например, связанные с нестабильностью оптической системы. Хочется верить, что в последующих версиях каталога GAIA, появление которых ожидается в 2024/2025 гг., эта проблема будет эффективно решена, а в ожидании этого пользователям предлагается ряд эмпирических алгоритмов исправления систематической ошибки.

В-третьих, несмотря на в общем эффективную работу алгоритма идентификации объектов, существуют проблемы определения астрометрических данных в плотных звёздных полях — в плоскости Млечного Пути, в близких галактиках, таких как Магеллановы Облака и галактика Андромеды. На рис. 5 показана характерная для этих объектов «вафельная» структура поля тригонометрических параллаксов, представляющая собой периодическое чередование больших и малых усреднённых значений тригонометрического параллакса. Характерный масштаб «вафельного» узора — около 1° , а амплитуда достигает 15 мксд; примечательно, что масштаб узора близок к размеру поля зрения обсерватории GAIA. Причины этого явления пока не выяснены.

Несмотря на указанные проблемы астрометрии, имеющиеся в распоряжении астрономов, результаты наблюдений GAIA уже привели к подлинной революции в изучении Млечного Пути и его населений. Так, для звёзд ярче 15-й звёздной величины уже достигнута точность параллаксов около 20–30 мксд. Легко сообразить, что при такой точности параллаксов радиус сферы, в которой расстояния до звёзд нам стали известны с точностью лучше 10%, увеличился до 5 кпк (это более полови-

ны расстояния от Солнца до центра Млечного Пути, а к концу миссии может ещё возрасти до 10 кпк) по сравнению со 100 пк на рубеже веков для обсерватории HIPPARCOS. Кроме того, достигнутая фантастическая точность собственных движений — 20–30 мксд/год — позволяет даже на столь большом расстоянии вычислять тангенциальные скорости многих звёзд с точностью порядка 0.5 км/с (это при том, что реальный разброс скоростей в диске Млечного Пути составляет от 30 до 60 км/с).

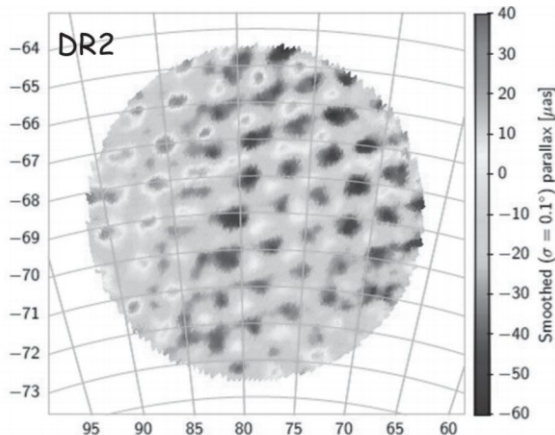


Рис. 5. «Вафельная» структура поля средних параллаксов во 2-м каталоге GAIA в направлении на Большое Магелланово Облако. По осям отложены выраженные в градусах экваториальные координаты [файл Gaia_waffle.ipg]

Легко понять, что наблюдательный материал по расстояниям и собственным движениям даёт возможность изучать кинематику населения Млечного Пути с немислимой ранее детальностью. Как уже отмечалось, высокоточные тригонометрические расстояния позволяют существенно уточнить светимость таких «стандартных свечей», как цефеиды, лириды, долгопериодические красные переменные, а также некоторые классы ярких красных гигантов. В конечном счёте это приведёт к уточнению всей используемой универсальной шкалы расстояний, где для оценки космологических расстояний до далёких галактик чаще всего используются термоядерные Сверхновые типа Ia. Можно ожидать, что работы в этом направлении помогут решить остро стоящую в наше время проблему «Hubble Tension» (значимых расхождений между значениями постоянной Хаббла, характеризующей расширение Вселенной, выведенных разными методами — по анизотропии реликтового излучения и по «стандартным свечам»).

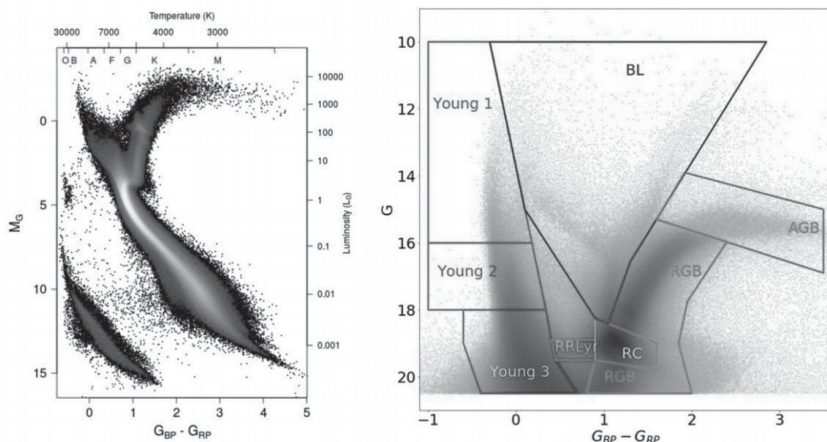


Рис. 6. Диаграммы Гесса (трёхмерные диаграммы «цвет – звёздная величина») для 4 млн звёзд Млечного Пути с малым поглощением света межзвёздной пылью (слева) и для 11 млн звёзд Большого Магелланова Облака (справа) по данным *GAIA*. Цветовая гамма показывает населённость ветвей диаграммы показатель цвета ($G_{BP}-G_{RP}$) — абсолютная звёздная величина M_G (слева) и видимая величина G (справа). На диаграмме для БМО отмечены популяции звёзд, находящихся на разных стадиях эволюции: *Young 1–3* — молодые массивные звёзды на стадии термоядерного «горения» водорода; *BL* — массивные молодые проэволюционировавшие звёзды, включая цефеиды; *AGB* — асимптотическая ветвь гигантов; *RGB* — ветвь красных гигантов; *RC* — звёзды красного «сгущения»; *RR Lyr* — лириды, старые звёзды гало на стадии термоядерного «горения» гелия [файл *Gaia_HRD.ipg*]

Помимо астрометрических измерений, *GAIA* проводит трёхполосные фотометрические измерения потока излучения от звёзд с относительной точностью, достигающей 0.02–0.05% для ярких звёзд. Но даже в неблизких галактиках-спутниках Млечного Пути *GAIA* позволяет детально исследовать свойства и стадии эволюции разных типов звёздных населений с использованием принятых в астрономии диаграмм «цвет – звёздная величина» (цвет звёзды с учётом межзвёздного покраснения характеризует её эффективную температуру, а светимость связана с температурой и радиусом). На рис. 6 показаны диаграммы «цвет – звёздная величина» для звёзд Млечного Пути и Большого Магелланова Облака, на которых цветом обозначена двумерная плотность числа звёзд (диаграмма Гесса). В Млечном Пути хорошо выделяется Главная Последовательность звёзд-карликов (первая и самая длительная стадия термоядерного «горения» водорода), ветвь красных гигантов и большая популяция бе-



лых карликов. На такой же диаграмме для БМО указаны звёзды на разных стадиях эволюции.

Зная расстояния, лучевые скорости и собственные движения сотен тысяч и миллионов звёзд, мы сравнительно легко можем вычислить их пространственные скорости и детально исследовать характер звёздных движений, т.е. изучить кинематику звёздных населений. На рис. 7 показан вертикальный кинематический разрез Млечного Пути, на котором цветом обозначены скорости вращения на разном расстоянии от оси и от плоскости нашей Галактики. Подобные карты составлены впервые именно по данным GAIA о тригонометрических параллаксах, собственных движениях и лучевых скоростях и наглядно показывают зависимость кинематических параметров от положения объектов в Млечном Пути. Хорошо видно, что скорость вращения сильно зависит от вертикальной координаты; она максимальна в тонком диске, толщина которого составляет около 1 кпк, и заметно уменьшается с вертикальной координатой примерно от 235 км/с до 155 км/с на расстоянии порядка 2.5–3 кпк от плоскости (где доминирует так наз. «толстый диск»). Дисперсия скоростей, характеризующая «температуру» звёздной популяции, показывает противоположное поведение, она растёт примерно от 20 км/с для тонкого диска до 80 км/с в толстом диске. Подобная карта – зримое и наглядное доказательство пространственно-кинематических различий между такими важными компонентами Галактики, как «холодный» и быстро вращающийся тонкий диск и более «горячий» и существенно медленнее вращающийся толстый диск, которые также различаются происхождением, возрастом и химическим составом. В этом плане обсерватория GAIA предоставляет исследователям богатейший материал, способствующий более глубокому пониманию происхождения и эволюции звёздных населений Млечного Пути.

Отметим ещё один из интереснейших и перспективных результатов, полученных в ходе наблюдений обсерватории GAIA. Как известно, звёздные скопления, карликовые галактики – спутники Млечного Пути, как и вообще все звёздные системы, динамически эволюционируют. Случающиеся сближения между звёздами сопровождаются обменом энергией, благодаря чему некоторые звёзды, получившие дополнительную энергию и достигшие критической скорости, могут покинуть систему, уменьшая её массу. Этот процесс, часто называемый «испарением», идёт даже в изолированных системах, но его эффективность многократно усиливается в приливном поле массивной галактики, такой, как Млечный Путь. Покидая скопление с относительно небольшой избыточной скоростью, звёзды длительное время продолжают двигаться по той же орбите, что и само скопление: половина звёзд опережает его, а вторая половина

отстаёт; образуется своеобразный «шлейф», в центре которого находится скопление или карликовая галактика. Расчёты показывают, что длина «шлейфа» растёт со скоростью около 1 км/с (или 1 пк /млн лет). Звезды «шлейфа» на звёздном фоне выделяются несколько повышенной видимой плотностью и имеют близкие значения пространственных скоростей. Важно, что их угловая протяжённость достигает десятков градусов.

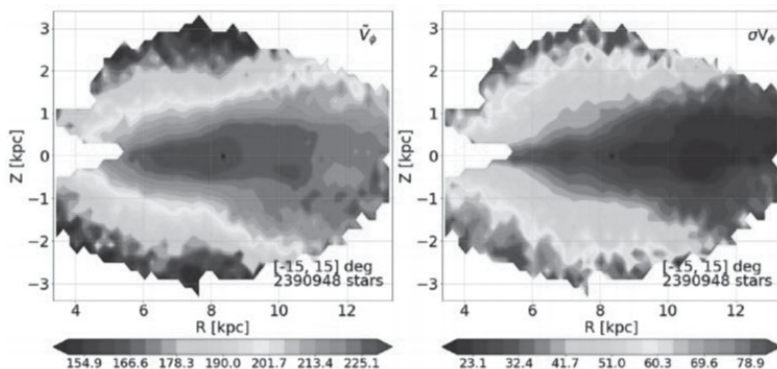


Рис. 7. Кинематическая карта Млечного Пути (вертикальное сечение) по данным GAIA о пространственном распределении и скоростях около 2.5 млн красных звёзд. Центр Млечного Пути слева, Солнце в центре с координатами (8 кпк, 0 кпк). Левая панель – скорость вращения; правая панель – соответствующая дисперсия скоростей. Значения скорости обозначены цветовой гаммой [файл Gaia_kinematics_map_merid.ipg]

До миссии GAIA было известно всего несколько таких «шлейфов» от распадающихся шаровых скоплений и карликовых галактик-спутников. По наблюдениям GAIA, число таких звёздных «шлейфов» на всём небе многократно возросло (рис. 8). Их огромная ценность в том, что своей формой они обрисовывают фрагмент галактической орбиты «родительского» звёздного скопления или карликовой галактики в довольно сложно устроенном гравитационном поле Млечного Пути. Следовательно, по наблюдениям «шлейфов» появляется уникальная возможность восстановить вид гравитационного потенциала Галактики и распределения масс в ней, что практически невозможно сделать другими методами. Помимо формы потока на небе GAIA предоставляет также данные о блеске звёзд, их расстояниях, собственных движениях и лучевых скоростях, т.е. даже о возрасте скопления и пространственно-кинематических свойствах популяции звёзд. По сути дела речь идёт о 6-мерном фазовом наборе данных, позволяющем даже по одному «шлейфу» наложить ограничения на вид гравитационного потенциала. Обладание многомерной физической информацией о большом числе звёздных

«шлейфов» многократно углубляет наши знания о распределении масс в Млечном Пути, что особенно важно в свете доминирования тёмной материи на периферии нашей звёздной системы, свойства которой проявляются только по её вкладу в гравитационный потенциал, поскольку наблюдать её иными средствами невозможно. Кроме того, многомерные данные о приливных «шлейфах» несут важнейшую информацию о судьбе распадающихся скоплений и карликовых галактик, многие из которых были разрушены и поглощены Млечным Путём за его долгую жизнь.

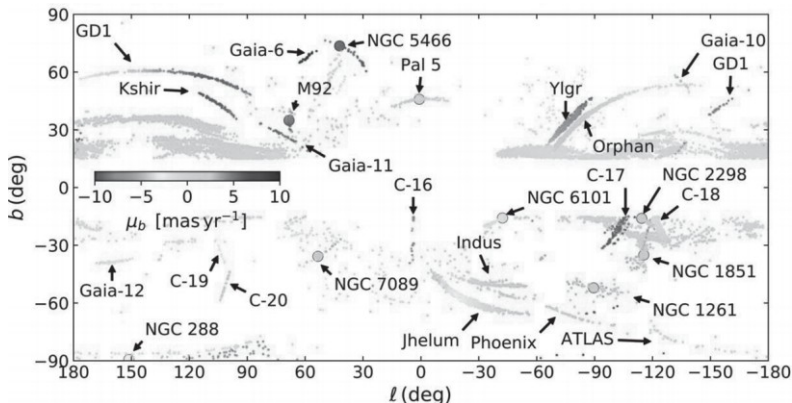


Рис. 8. Вид приливных «шлейфов», обнаруженных миссией GAIA, на небесной сфере. Цветом обозначена величина собственного движения [файл Gaia_streams.ipg]

Мы привели в этом рассказе только небольшую часть ценных и важных результатов, недавно полученных космической обсерваторией GAIA. Многие открытия буквально перевернули наши представления о Млечном Пути и его населении, но до завершения миссии еще несколько лет – чем больше, тем богаче будут наши знания – и новые открытия ещё впереди...

Литература:

1. <https://sci.esa.int/web/gaia/>
2. <https://gea.esac.esa.int/archive/documentation/GDR3/index.html>
3. Gaia Collaboration, Astronomy and Astrophysics, V.595, A1, 2016

*А.С. Расторгуев, д.ф.-м.н., профессор,
заведующий кафедрой экспериментальной астрономии
физического факультета; заведующий отделом изучения
Галактики переменных звезд ГАИШ МГУ имени М.В. Ломоносова*



ЛХХІІ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ЯДРО-2022: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ПРИЛОЖЕНИЯ»



В жаркие дни июля 2022 года двери Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова распахнулись для участников ЛХХІІ Международной конференции «Ядро-2022: Фундаментальные вопросы и приложения». Специалисты из более чем трех десятков научных центров России и зарубежных стран, ведущие исследователи и молодые ученые, представляющие все направления современной ядерной физики, собрались вместе для того, чтобы поделиться друг с другом результатами своей работы, узнать из первых рук новости о важнейших событиях в своей области, увидеть старых друзей и встретить новых.

В день открытия конференции 11 июля сотни гостей заполнили актовый зал Шуваловского корпуса, где с приветственного видеообращения председателя оргкомитета академика В. А. Садовниченко началась торжественная церемония открытия. В своей речи ректор Московского университета отметил ключевую роль, которую ежегодные конференции «Ядро» сыграли в развитии ядерной физики в нашей стране, и пожелал всем участникам плодотворной работы и дальнейших творческих успехов. Перед аудиторией выступили директор НИИЯФ МГУ Э. Э. Боос, ректор НИЯУ МИФИ В. И. Шевченко, директор ИЯИ РАН М. В. Либа-



нов. От лица ГК «Росатом» и Национального центра физики и математики к присутствующим обратился М. Ю. Романовский. На следующие пять дней учебные аудитории физического факультета превратились в залы секционных и пленарных заседаний.

Крупнейшая на постсоветском пространстве и одна из наиболее авторитетных в научном мире, конференция «Ядро-2022» вернулась в Московский университет после почти пятнадцатилетнего перерыва: в последний раз перед этим она проходила у нас в 2008 году. Между тем традиция, связывающая Международные совещания по ядерной спектроскопии и структуре ядерного ядра, позднее ставшие серией Международных конференций «Ядро», и Университет, насчитывает не один десяток лет. Именно здесь в феврале 1951 года прошло первое Совещание, председателем программного комитета которого был президент Академии наук СССР М. В. Келдыш, а руководил работой оргкомитета основатель и директор научно-исследовательского института ядерной физики МГУ академик Д. В. Скобелецын. Совещания проводились в МГУ в течение пяти последующих лет, а затем стремительное развитие ядерной физики и возрастающий размах исследований сделали необходимым выход на всесоюзный, а затем и международный уровень, вследствие чего и зародилась знакомая столь многим традиция проводить конференцию каждый год в одном из крупнейших научных центров на территории нашей страны или ближнего зарубежья. Довольно скоро благодаря активной деятельности выдающихся ученых Б. С. Желепова, К. Я. Громова и К. А. Гриднева еще одним привычным местом ее проведения стал Санкт-Петербургский университет. Внесшие значительный вклад в развитие отечественной ядерной физики исследовательские и образовательные организации — Воронежский государственный университет, Объединенный институт ядерных исследований, Институт ядерной физики республики Казахстан, Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики РФЯЦ-ВНИИЭФ и многие другие — также неоднократно принимали в своих стенах участников конференции. За 72 года своей истории ежегодная Международная конференция «Ядро» стала одним из важнейших мероприятий научного календаря, превратившись в крупнейший научный форум, привлекающий внимание ученых всего мира. В разные годы здесь выступали с докладами знаменитые физики, в том числе лауреаты Нобелевской премии Л. Д. Ландау, П. А. Черенков, первооткрывательница нарушения закона сохранения четности в слабых взаимодействиях Ву Цзяньсюн, а также Б. М. Понтекоров, Я. Б. Зельдович и др.

Конференция «Ядро-2022» прошла в непростое время. К длящимся уже более двух лет транспортным и санитарным ограничениям, введенным после начала пандемии, прибавились беспрецедентные торговые и финансовые запреты, вызванные внешнеполитической ситуацией. В этих



условиях, приняв участие в «Ядре-2022», ученые из разных стран в очередной раз продемонстрировали правоту банальной истины: сфера научного знания стоит выше государственной политики, для нее не существует государственных границ и сиюминутной конъюнктуры. Помимо более чем четырехсот участников из России и стран СНГ свои доклады на конференции представили исследователи из Вьетнама, Индии, Китая, Мексики, Монголии, Сербии, США, Франции и еще около двух десятков государств. Это стало возможным благодаря современному гибриднему формату проведения заседаний, который позволил дистанционным докладчикам, подключающимся через интернет, выступать и участвовать в дискуссии наравне с остальными. Изображение и звук из реальной аудитории транслировались в видеоконференции, благодаря чему для находящихся на расстоянии тысяч километров пользователей удалось воспроизвести полный опыт присутствия, практически не уступающий непосредственному участию. Всего таким дистанционным форматом воспользовалось около трети участников. При проведении международной научной конференции такого масштаба этот подход был реализован, пожалуй, впервые.



*Участники LXXII Международной конференции «ЯДРО-2022:
Фундаментальные вопросы и приложения».*

Одной из тенденций, наметившихся в последние годы, является постепенное расширение тематики конференции. Первые Совещания были посвящены почти исключительно вопросам спектроскопии и ядерной структуры, затрагивая в значительно меньшей степени даже такую об-



ласть, как ядерные реакции. Однако по мере прогресса в привычных для ядерной физики направлениях интерес исследователей смещался в пограничные области, находящиеся на стыке с другими дисциплинами. В результате уже достаточно давно в программе конференции присутствуют секции, посвященные прикладным аспектам использования ядерно-физических технологий, физике ускорителей и медицинской физике. Научные достижения последних лет привели к появлению докладов из области физики высоких и сверхвысоких энергий, которые достигаются в столкновениях тяжелых ионов, а также физики нейтрино. В этом году в программу конференции впервые была включена секция, посвященная вопросам ядерной астрофизики, в последнее время привлекающей особенно пристальное внимание научного сообщества в связи с необычными свойствами экзотических ядер, задействованных в экстремальных астрофизических процессах.

В ходе привлеченных всеобщий интерес докладов на пленарных заседаниях наиболее актуальные сведения о текущем статусе масштабных исследовательских программ были представлены их руководителями и первыми лицами научных коллабораций. Речь идет о таких экспериментальных проектах, как синтез трансурановых изотопов и исследование их свойств на фабрике сверхтяжелых элементов в Лаборатории ядерных реакций им. Г. Н. Флерова ОИЯИ, строительство коллайдера тяжелых ионов NICA, а также его экспериментов NICA MPD, NICA SPD и NICA BM@N, программы исследования столкновений ионов на большом адронном Коллайдере в рамках коллабораций ALICE и CMS, ведущие нейтринные детекторы БАЙКАЛ-ГВД, JUNO, KamLAND, строительство источника синхротронного излучения четвертого поколения СКИФ, исследовательский реактор ПИК, эксперименты в области нуклонной структуры CLAS и CLAS12, а также о теоретических исследованиях в области ядерных моделей *ab initio*, спектроскопических свойств ядерных состояний сложной природы и др.

Значительная часть докладов на конференциях «Ядро» делается молодыми учеными. Для недавних выпускников, молодых специалистов и аспирантов возможность доложить о результатах своей работы на авторитетной международной конференции всегда представляла особую ценность. Сегодня это вдвойне важно ввиду насущной задачи привлечения молодых людей в науку, поэтому и организаторы в свою очередь старались идти навстречу пожеланиям и потребностям молодого поколения ученых. Конференция «Ядро-2022» не стала исключением: четверть из примерно пятисот сделанных докладов были представлены молодыми учеными, а в постерной секции этот показатель был еще выше.

Проведение столь масштабного научного мероприятия международного уровня — непростая задача. Решить ее позволило только тесное со-



трудничество НИИЯФ МГУ, кафедр отделения ядерной физики физического факультета и ректората. Их сотрудники отвечали за работу оргкомитета, контакты со спонсорами, техническое оснащение аудиторий и т. д. Неоценимую помощь в этом им оказали студенты и аспиранты кафедры физики ускорителей и радиационной медицины, для которых работа в качестве волонтеров стала частью летней практики, и чей молодой энтузиазм участники конференции отмечали в теплых словах благодарности в адрес организаторов.

В этом году на конференции отмечалось 100-летие систематических исследований свойств атомных ядер и ядерных реакций в России. В 1922 году был основан Радиевый институт им. В. Г. Хлопина и в его лабораториях начались эксперименты, приведшие к открытию спонтанного деления, явления ядерной изомерии, строительству первого циклотрона в Европе. Многое изменилось с тех пор во всех областях ядерной физики и в организации исследований, ведь и по сей день это одна из наиболее динамично развивающихся сфер науки. Всего за пятнадцать лет, прошедших с момента последней проведенной в МГУ конференции «Ядро-2008» масштабные программы развития обновили и преобразили и сам Университет, но одна вещь не изменилась. Осталась той же свободная от искусственных ограничений и предрассудков открытая атмосфера научного сотрудничества, и это та традиция, которую, несомненно, и в будущем сохранит содружество ядерных физиков.

*К. А. Стопани,
научный сотрудник НИИЯФ МГУ*

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ!

25 сентября 2022 года исполнилось 75 лет заслуженному профессору МГУ, заведующему кафедрой акустики, академику Олегу Владимировичу Руденко

О.В. Руденко родился в 1947 г. в семье служащих. Окончив школу с золотой медалью и победив на республиканской олимпиаде по физике, он поступил на физфак. На третьем курсе его руководителем стал будущий ректор МГУ Р.В. Хохлов. В 1971 г. дипломная работа О. Руденко была удостоена медали Министерства Высшего образования СССР за лучшую научную студенческую работу. В аспирантуре он занимался теорией нелинейных волн, лазерной фотохимией, проблемой создания гамма-лазеров. В 1973 г. О.В. Руденко написал монографию «Теоретические основы нелинейной акустики» (вместе с С.И. Солуяном), которая вышла в издательстве «Наука» в 1975 г., а в 1977 г. была издана на английском



языке (Пергамон Пресс). В 1973 г. он досрочно защитил кандидатскую диссертацию «Смежные проблемы нелинейной акустики и гидродинамики» и был оставлен на работу в МГУ младшим научным сотрудником. Его работы середины 70-х г. легли в основу таких направлений, как статистическая нелинейная акустика, лазерная оптоакустика и нелинейная гидроакустика. В 1977 г. Р.В. Хохлов поручил О.В. Руденко организовать экспериментальную лабораторию нелинейной и лазерной акустики, за работу в которой четверо его аспирантов позднее (в 1983–1985 гг.) были удостоены премий Ленинского комсомола. В 1979 г. было опубликовано учебное пособие «Теория волн» (вместе с М.Б. Виноградовой и А.П. Сухоруковым), а в 1981 — книга «Нелинейная гидроакустика» (с Б.К. Новиковым и В.И. Тимошенко), посвященная расчету и проектированию параметрических приборов для подводных приложений. В 1981 г. Руденко защитил докторскую диссертацию «Взаимодействие модулированных слабо диспергирующих волн большой интенсивности».

В 1985 г. коллектив авторов с его участием был награжден Государственной премией СССР за цикл работ «Создание основ нелинейной акустики и её приложений». В 1987 г. О.В. Руденко принял заведование кафедрой акустики, где организовал экспериментальную группу из числа защитившихся аспирантов. Были проведены эксперименты по распространению и фокусировке пилообразных волн, создан первый лазерно-акустический литотриптер — прибор для бесконтактного разрушения почечных камней. В 1991 г. эти работы были удостоены премии имени М.В. Ломоносова (А.А. Карабутов, О.А. Сапожников).

В 1991–95 гг. О.В. Руденко инициировал работы по звуковому удару сверхзвуковых пассажирских самолетов и руководил работой большой группы физиков, механиков, программистов и биологов. Было показано, что удар погасить нельзя, и единственная возможность избежать его вредного воздействия — создать экспертную систему для выбора оптимальных режимов и трасс полета в заданном районе при конкретных погодных условиях.

В 1997 г. О.В. Руденко избран членом-корреспондентом РАН. В этом же году ему с коллегами присуждена Государственная премия РФ за цикл «Динамика интенсивных шумовых волн и нелинейных структур в средах без дисперсии». В 2008 г. О.В. Руденко избран академиком РАН.

В последующие годы продолжались исследования в области нелинейной физики и акустики, а также связанных с ними прикладных разделов науки, получившие признание научного сообщества. Эти результаты заложили основы новых направлений — статистической физики нелинейных шумовых волн, физики пилообразных волн и интенсивных аку-



стических пучков, генерации мощных ударных импульсов для связи, технологии, медицины, фокусированного ультразвука.



Одним из ведущих направлений на кафедре стали медицинские приложения мощного ультразвука. Были созданы и запатентованы приборы для диагностики мягких биотканей, в том числе для визуализации опухолей. Исследовалось воздействие мощного ультразвука на злокачественные опухоли. Создана математическая модель, объяснявшая способность напряженной скелетной мышцы «затягивать» и демпфировать удары. Весом вклад О.В. Руденко и в прикладную геофизику. Им разработаны модели структурно-неоднородных сред, включающих гранулы и газовые полости. Работы в области математической физики и теории волн расширили спектр классических моделей, добавив к нему точно решаемые неоднородные уравнения типа Бюргерса и уравнения для сред с модульной и квадратично-кубичной нелинейностью.

Еще в 1977 г. Р.В. Хохлов привлек О.В. Руденко к преподаванию. В разные годы он читал оригинальные курсы: «Введение в физику упругих волн», «Теория волн», «Электродинамика», «Динамика сплошных сред



для радиофизиков», «Нелинейная акустика», «Материаловедение и методы диагностики микро- и наноструктурных материалов», «Нелинейная динамика», «Информационно-технологическое обеспечение научной деятельности аспирантов». Руденко читал лекции студентам в университетах США, Швеции, Японии, Норвегии и ряде других стран, в Нижегородском университете и других вузах России, молодым врачам-диагностам и преподавателям школ. Он является автором более 500 журнальных публикаций, 20 монографий и учебных пособий, прочно вошедших в классический инструментарий как студентов, так и научных работников у нас в стране и за рубежом. В 2019 г. О.В. Руденко стал лауреатом премии им. М.В. Ломоносова за педагогическую деятельность.

Олег Владимирович заметную часть времени и сил тратил на общественную и организационную работу. В период 1990–1997 гг. он был заведующим Отделения радиофизики и электроники физфака, руководил работой совета отделения и диссертационного совета, более десяти лет работал в РФФИ и 25 лет — в ВАКе. Уже 30 лет — член Ученого совета МГУ.

Член бюро Отделения физических наук РАН (2008-2022), председатель комиссии по премиям и медалям для молодых ученых и студентов-физиков. Много усилий посвятил развитию отечественных журналов. Он был главным редактором академических изданий «Акустический журнал», «Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки», а также заместителем главного редактора журнала «Успехи физических наук». Исследовательские инициативы О.В. Руденко неизменно поддерживались грантами Президента РФ для ведущих научных школ, грантами РФФИ, РФФИ и других фондов, он был удостоен Мега-гранта Правительства РФ для поддержки исследований под руководством ведущих ученых мира. За плодотворную деятельность Олег Владимирович награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» (2005), орденом Дружбы (2015).

О.В. Руденко уже 35 лет заведует кафедрой акустики. За это время на кафедре защищены 10 докторских и 60 кандидатских диссертаций. Среди ученых, у которых он был научным руководителем, лауреаты различных отечественных и международных премий, профессора, заведующие кафедрами. Неопределима его роль в создании творческой и дружеской атмосферы в нашем коллективе, в умении заинтересовать, разжечь исследовательский пыл и быть примером ученого и гражданина как для студентов, так и для сотрудников кафедры.



Сотрудники кафедры акустики и физического факультета, друзья и коллеги от всей души поздравляют Олега Владимировича с 75-летием, желают крепкого здоровья, многих светлых лет жизни и новых свершений.

Коллектив кафедры акустики

АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ САЛЕЦКИЙ НАГРАЖДЕН ОРДЕНОМ ПОЧЕТА

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 5 сентября 2022 года № 606 за «заслуги в научно-педагогической деятельности, подготовке квалифицированных специалистов и многолетнюю добросовестную работу» заведующий кафедрой общей физики физического факультета МГУ Александр Михайлович Салецкий награжден орденом Почета.

От всей души поздравляем и желаем дальнейших успехов в научно-педагогической деятельности, подготовке квалифицированных специалистов!



**ПОЗДРАВЛЯЕМ ДМИТРИЯ ВЛАДИМИРОВИЧА
ГАЛЬЦОВА!**

17 июня 2022 года исполнилось 80 лет профессору кафедры теоретической физики Дмитрию Владимировичу Гальцову, выпускнику физического факультета 1965 года, который бессменно работает на кафедре по окончании аспирантуры в 1968 г., защитив в 1969 г. кандидатскую, а в 1980 г. докторскую диссертации.

Профессор Д. В. Гальцов — известный физик-теоретик, автор фундаментальных работ по классической и квантовой теории поля, теории электромагнитного и гравитационного излучения, теории черных дыр и математическим методам в гравитации, широко цитируемых в мировой научной литературе (суммарный индекс цитируемости превышает 5000). В 60–70-х годах прошлого века им были решены важные проблемы теории синхротронного излучения и электронных мазеров, построена теория фотонейтринных процессов в сильном магнитном поле, теория нелинейных процессов в оптике, обусловленных поляризацией вакуума, которые до сих пор находятся в центре внимания.



Позже он обратился к теории гравитации, развив теорию гравитационного синхротронного излучения тел в окрестности черных дыр, теорию черных дыр во внешнем магнитном поле, теорию гравитационно-волновых процессов в электродинамических системах. В его работе впервые была рассчитана реакция гравитационного излучения в сильном гравитационном поле Керра, это направление стало одним из самых важных в теории гравитации при создании шаблонов для гравитационно-волновых экспериментов (в 2022 г. прошла 25-я международная конференция из серии «Capra Meetings on Radiation Reaction»). Работы Д. В. Гальцова 90-х годов совместно с тогдашним аспирантом, а ныне одним из ведущих ученых Франции, М. С. Волковым, по микроскопическим черным дырам с полями Янга – Миллса открыли новый тип солитонов на стыке калибровочных теорий и гравитации, а космологические решения с полями Янга – Миллса легли в основу новых направлений в космологии, таких как «Gauge-flation» и «Chromo-natural inflation». Широко известны работы Д. В. Гальцова совместно с О. В. Кечкиным и Ж. Клеманом по классическим решениям в супергравитации, где были исследованы черные дыры в гравитации с дилатоном и аксионом, найдены ранее неизвестные решения с неплоской асимптотикой. При этом были созданы новые математические методы интегрирования уравнений Эйнштейна, применимые как в стандартной, так и альтернативных теориях гравитации. В последних работах совместно с Клеманом была предложена новая интерпретация точных решений уравнений Эйнштейна с так называемыми струнами Мизнера, развита общая теория многоцентровых решений с особенностями на полярной оси, построена их термодинамическая интерпретация.

Работы Д. В. Гальцова по теории излучения в пространстве-времени размерности, отличной от четырех, привели к важным предсказаниям, которые могут быть проверены при поисках новой физики в будущих гравитационно-волновых экспериментах. Это направление сейчас развивается им совместно с аспирантом М. Ю. Хлопуновым в рамках моделей с «большими» дополнительными измерениями. В последнее время Д. В. Гальцов со своими учениками, И. В. Кобялко и Б. А. Богушем, также обратился к теории теней черных дыр, недавно исследованных экспериментально в галактике M87 и в центре нашей Галактики. Был развит новый метод теоретического описания сильного гравитационного линзирования и теней, описаны эффекты, по которым можно отличить черные дыры от гипотетических кротовых нор и других возможных ультракомпактных объектов. Важные результаты по теории возмущений в супергравитации были недавно получены им совместно с аспирантом А. В. Кулицким. Д. В. Гальцов и его группа участвуют в научно-образовательной школе



«Космос» Московского университета. За последние 30 лет он руководил десятью проектами, финансировавшимися РФФИ.

Активная научная работа проф. Д. В. Гальцова неразрывно связана с подготовкой высококвалифицированных физиков-теоретиков. В течение многих лет на высоком научно-методическом уровне он читает общий курс лекций по теоретической физике на механико-математическом факультете МГУ, а на кафедре теоретической физики — специальные курсы по теории гравитации и теории суперструн. Он постоянно руководит группой, в которую, помимо сотрудников физфака, входят бакалавры, магистры и аспиранты, а также научным семинаром «Современная гравитация». Им опубликованы монографии «Гравитационное излучение электродинамических систем», «Частицы и поля в окрестности черных дыр», учебные пособия для университетов «Классические поля», «Теоретическая физика для студентов-математиков». Он подготовил 32 кандидатов наук, из которых семь стали докторами наук, работающими в России, а еще семь стали известными учеными, работающими в США, Франции, Бразилии, Мексике, Турции и на Тайване.

На протяжении многих лет Д. В. Гальцов участвует в международных коллаборациях. Он был членом оргкомитетов более 40 международных конференций, с 2018 по 2021 г. был членом управляющего комитета европейского международного проекта «Гравитационно-волновая Вселенная». Был членом редколлегии журнала «Classical and Quantum gravity» (1996–2003), является зам. главного редактора отечественного журнала «Гравитация и космология» со времени его основания в 1997 г., а также членом редколлегии журнала «Теоретическая и математическая физика». В 2017 г. Д. В. Гальцов был одним из основателей международной гравитационной ассоциации стран БРИКС (BRICS-AGAC), которая уже провела несколько конференций в России, Китае и Южной Африке. Он — вице-президент Российского гравитационного общества.

Дмитрий Владимирович — не только физик-теоретик, но и талантливый музыкант: композитор и исполнитель, многолетний участник Фортепианного класса МГУ. Он был одним из зачинателей бардовского движения, его песня «Ласкающийся ёж» (1961) вошла в изданный в 2004 г. фундаментальный том «Авторская песня: Антология» и в «Список знаменитых бардовских песен» в Википедии. Д. В. Гальцовым написан целый ряд вокальных циклов на стихи русских классиков и современных российских поэтов. Он постоянно принимает участие в концертах и музыкальных вечерах, его выступления транслировались по телевидению. Д. В. Гальцов — лауреат всероссийских и международных конкурсов композиторов «Романс – 21 век» (2011), «Новые мелодии» (2021 и 2022),



его произведения прозвучали в исполнении лучших профессиональных музыкантов Москвы и Санкт-Петербурга.

Поздравляем Дмитрия Владимировича Гальцова с замечательным юбилеем и желаем ему крепкого здоровья и новых творческих достижений.

*Сотрудники кафедры теоретической физики,
друзья, коллеги*

Примечание Главного редактора. В библиотеке физического факультета выставлен стенд, посвященный юбилею.

ИТОГИ КОНКУРСА ГАЗЕТЫ «СОВЕТСКИЙ ФИЗИК»

К 80-летию Сталинградской битвы

Подводим итоги конкурса газеты «Советский физик».

В номере 155 «Советского физика» был объявлен конкурс.

Напомним его условия. 80 лет назад одна из центральных газет СССР на первой странице опубликовала статью «Стойко защищать каждую улицу ...».

Статья сопровождается тремя фотографиями. На первой из них три руководителя воинского подразделения (командир, политрук, начальник штаба). Подпись под фотографией — «Героические защитники...», далее следуют должности, звания, фамилии героев.

Один из героических защитников – выпускник физического факультета МГУ!

Вопросы участникам конкурса и ответы победителя.

1. Название газеты. — «Красная Звезда» номер 223 от 22 сентября 1942 года.

2. О каком городе идет речь? — Полное название статьи — «Стойко защищать каждую улицу Сталинграда».

3. Назовите фамилию, имя, отчество выпускника физического факультета, какова его дальнейшая судьба (кратко).



Сталинград. 1943 г. Вид с самолета.

На фотографии — Героический защитник — выпускник физфака Андрей Владимирович Семашко, окончивший кафедру молекулярной физики в 1941 г., один из пятидесяти физфаковцев — участников Сталинградской Битвы. К сожалению, Андрей Владимирович погиб в бою в конце августа 1943 года. Был награжден орденом Красной Звезды и медалью «За Боевые Заслуги».



Смерть немцам оккупантам!



ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРГАН НАРОДНОГО КОМИССАРИАТА ОБОРОНЫ ССРС

СТОЙКО ЗАЩИЩАТЬ КАЖДУЮ УЛИЦУ СТАЛИНГРАДА

В район Сталинграда, беспрерывно бомбят немцы. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики.

От советского информбюро

Утреннее сообщение 20 сентября. В течение дня 20 сентября советские войска в Сталинграде и районе Магара. Во время боя уничтожены немцы в количестве 100 человек.

Храбрые держитесь Кавказ! На штыревых банштах кровь наших людей. Кровью отомстим им за эту кровь! Смертью заплатят они нам за смерть наших сыновей и дочерей.

Во истребление отважных партизанцев и бойцов партизанского отряда за их героические подвиги.

КО ВСЕМ КОЛЛЕКТИВКАМ И КОЛЛЕКТИВАМ, ТРАКТОРИСТАМ И ТРАКТОРИСТАМ, КОМАНДИРАМ И КОМАНДИРАМ, КО ВСЕМ РАБОТНИКАМ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СОВЕТСКОГО СОЮЗА

Вспомогатель! Вспомогатель! Вспомогатель! Вспомогатель! Вспомогатель! Вспомогатель! Вспомогатель! Вспомогатель! Вспомогатель! Вспомогатель! Вспомогатель!

Такая жестокая оккупация, как эта, никогда раньше не была. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики.

В район Сталинграда, беспрерывно бомбят немцы. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики.

В район Сталинграда, беспрерывно бомбят немцы. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики.

Один день война, один день война, один день война, один день война, один день война, один день война, один день война, один день война, один день война, один день война.

Вечернее сообщение 20 сентября. В течение 20 сентября наши войска в Сталинграде и районе Магара. Во время боя уничтожены немцы в количестве 100 человек.

Упорная борьба за Сталинград. В течение 20 сентября наши войска в Сталинграде и районе Магара. Во время боя уничтожены немцы в количестве 100 человек.

Атаки немцев безуспешны

В район Сталинграда, беспрерывно бомбят немцы. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики.

В район Сталинграда, беспрерывно бомбят немцы. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики.

В район Сталинграда, беспрерывно бомбят немцы. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики. Везде слышен стук бомб, взрывы, крики.

Победитель конкурса — СТЕПАН СУРОВ, выпускник кафедры биофизики физического факультета 2008 г., кандидат биологических наук



ук, сотрудник Центра теоретических проблем физико-химической фармакологии РАН получает годовую подписку на газету «Советский физик» на 2023 год — журнальный вариант и «Ежегодник газеты "Советский физик". 2021 год».

Поздравляем Победителя и благодарим остальных участников конкурса!

Главный редактор Показеев К.В.

ФОРМА ФОРМ



В издательстве Б.С.Г.-Пресс готовится к выходу книга Юрия Дмитриевича Нечипоренко «Горстка бобов». Юрий Дмитриевич — выпускник физического факультета, доктор физ.-мат. наук, культуролог, известный писатель, автор десятков книг, изданных в России и за рубежом, постоянный автор нашей газеты. Он передал нам рассказ из книги «Горстка бобов», в котором описывает свою работу над курсовой на физическом факультете. В рассказе при помощи ху-



дожественных образов показано вхождение студента в мир науки. Предлагаем читателям рассказ «Форма форм».

Учёба — это как-то более или менее понятно, все мы учились или учимся понемногу... А вот наука, что это такое, с чем её едят? Первый раз попробовал я науки на родном факультете, когда надо было писать курсовую работу.

Выбрал себе более или менее безобидного преподавателя и пошёл к нему «сдаваться на милость». Преподаватель ставит перед студентом задачу, — так инструктор по скалолазанию показывает человеку горку и говорит: взберись-ка вон туда. При необходимости может дать пару верёвок, топор и ледоруб — в общем, снабдить страховочными инструментами. В моём случае такой «горкой» оказалась задача по квантовой химии. Что такое квантовая химия? Скажем, попалась вам любопытная молекула — и захотелось разобраться в ней получше, узнать, в какие реакции она будет вступать, во что превращаться. Обычный химик будет долго её мучить в разных растворах и пробовать на свет и на вкус, стараться в разных варёвах сварить и на разные части разложить.

А квантовому химику такая морока не нужна: он при помощи компьютера её нарисует, рассчитает и предскажет, чего от такой молекулы можно ожидать. Молекула состоит из атомов, а свойства этих атомов давно известны, как известны и свойства связей между атомами: все они описываются волновыми функциями. Квантовая механика на части — мелкие кванты — разбивает любую молекулу: как малыш разбирает паровозик на колесики. Каждый такой квант называется «волновой функцией», — потому что волнуется, волнуется, крутится он вокруг атома, бегает по кругу, — а выскочить не может.

Задача моя состояла в том, чтобы разобраться, как именно волнуются в молекуле эти функции. Для этого пришлось пойти в библиотеку и почитать статьи на английском языке — иностранные учёные придумали новый способ описания функций. В общем, тут потребовались многие знания — и про ряды, и про переменные, и про волны...

Это мне понравилось. Несколько лет уже наши мозги загружали какими-то функциями, одна другой мудреней. Поначалу эти функции были чужими, странными, нескладными — вроде как новые одежды. Но потом мы к ним привыкали, примеряли на себя, осваивали понемногу... Однако, куда применить их, что с ними делать, мы толком не знали. Представьте, что вам каждый день дают обновления — тут и футболки, и рубашки, и модные брюки — вот только надеть это всё некуда. То есть померить удаётся, повертеться перед зеркалом, «надеть» на экзамен — это да, а вот выйти в люди, то есть показать кому-то — кроме соседей по общежитию или



преподавателей на факультете — некому. И вот теперь эти все одежки я стал «примеривать» у себя в голове: они пригодились для курсовой работы. Ладно сшитый комбинезон, удобные штаны и перчатки, — и всё такое прочее, что помогает добраться до сути дела. Я покопался в задаче и увидел на людях, которые решали эту задачу до меня, такие же одёжки. То есть я увидел «своих», обнаружил в авторах работ компанию понятных мне — в чём-то похожих и милых людей. Даже заметил какие-то их недочёты: опечатки или просто небрежно прописанные места. Мне стало так приятно, что эта самая высокая наука — на том холме, куда меня послал преподаватель, — делается такими же людьми, как и я. В общем, от первого своего похода в науку я получил большое удовольствие. И не то, чтобы я как-то чрезвычайно умно справился с задачей, — нет, просто оказалось, что чтение научной статьи, в отличие от учебника, несёт немало сюрпризов. Здесь в любой момент тебя может ждать подвох. Тот, кто пишет, — такой же простой смертный. Он может ошибаться — и ты можешь даже поправить его. Да, так бывает даже с известными учёными: начинают решать новую задачу — и теряются. Они показывают её студенту — может, он что-то им подскажет? И бывают такие студенты, которым есть что сказать! История с курсовой работой мне понравилась — это тебе не экзамен, где задают уже решенные задачи, отвечают на известные вопросы. Здесь студенты на деле проверяют и применяют свои знания: напрягают сознание, извлекая оттуда такие формулы и формы, что возникает что-то совсем новое. «Душа есть форма форм», — так говорил писатель Андрей Платонов. Наука на своей «передовой» занята извлечением этих форм — и потому наука здесь уже напоминает искусство. Такая наука не знает субординации: школьник может оказаться проницательнее академика — перед непознанным все равны... Это-то я и почувствовал на курсовой, это меня и привлекло в науке.

ALMA MATER

Метро. Толпа меня влечёт,
Но путь я знаю свой.
И эскалатор вверх течёт
Железною рекой.

Я вышел – вот он! Шпиль летит
Вдогонку облакам.
А вот и вход: колонн гранит
И смотр пропускам.



Шесть лет, шесть зим прошли, как миг,
Прошли, как жизнь проходит.
Но ты не унывай, старик!
Жизнь прячется, смерть водит.

И вот, пока игра идёт
С небес летят задачи.
Кто ищет, тот всегда найдёт —
Дурак пусть ждёт удачи.

Спешим поутру на физфак
В морозной синеве.
Спешим с зачёткой в руках
И с Планком в голове.

А Максвелл, Больцман, Гайзенберг?
Какие имена!
Мы по тропинке лезем вверх,
Упал? Твоя вина!

Нам дар ума недаром дан
Капризною судьбою,
И слаще всех небесных манн
Готовность к бою.

И сто, и двести тысяч лет
Живи, наш Университет!

В.А. Петров

Примечание Главного редактора.

Владимир Алексеевич Петров, выпускник физического факультета МГУ 1971 г., — физик-теоретик, доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, заместитель заведующего Отдела теоретической физики Института физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», по совместительству профессор кафедры общеобразовательных дисциплин филиала «Протвино» университета «Дубна».



**СВЕТЛОЙ ПАМЯТИ
АНДРЕЯ АЛЕКСЕЕВИЧА СЛАВНОВА
(22.12.1939 — 25.08.2022)**



25 августа 2022 года не стало замечательного человека, выдающегося ученого, академика РАН, заведующего кафедрой теоретической физики с 1990 по 2020 годы Андрея Алексеевича Славнова.

Андрей Алексеевич Славнов родился 22 декабря 1939 года. В 1962 году он с отличием окончил физический факультет МГУ, затем учился в аспирантуре Математического института им. В.А. Стеклова АН СССР. В 1965 году он защитил кандидатскую диссертацию на тему «Некоторые вопросы теории векторных полей», после чего стал сотрудником этого института. Докторскую диссертацию «Перенормировки в теориях с внутренними симметриями» Андрей Алексеевич защитил в 1972 году. В 1987 году он был избран членом-корреспондентом АН СССР по отделению ядерной физики, а в 2000 году – действительным членом Российской академии наук. В декабре 1990 года он стал заведующим кафедрой теоретической физики физического факультета МГУ, а в 1992 году – заведую-



щим отделом теоретической физики Математического института имени В.А. Стеклова РАН. Также в течение долгого времени Андрей Алексеевич был главным редактором журнала «Теоретическая и математическая физика».

Андрей Алексеевич внес выдающийся вклад в становление квантовой теории калибровочных полей, которая в настоящее время является основой современных моделей физики фундаментальных взаимодействий. Им были открыты важнейшие соотношения между функциями Грина, которые получили в литературе название «тождества Славнова – Тейлора» и впоследствии привели к открытию БРСТ-симметрии. Важнейшим приложением тождеств Славнова – Тейлора является доказательство перенормируемости неабелевых калибровочных теорий, в котором они играют ключевую роль. При этом доказательство перенормируемости суперсимметричных калибровочных теорий (а именно они в настоящее время рассматриваются как наиболее вероятные кандидаты на описание физики за рамками Стандартной модели) было впервые сделано Андреем Алексеевичем. Также им была предложена регуляризация высшими ковариантными производными, которая в настоящее время активно используется для вычисления квантовых поправок в различных теориях и исследования их структуры. Как оказалось, она имеет целый ряд существенных преимуществ перед наиболее известной и распространенной размерной регуляризацией, предложенной нобелевскими лауреатами Г. т'Хоофтом и М. Вельтманом. В частности, в применении к суперсимметричным теориям она позволила выявить целый ряд интересных закономерностей в структуре квантовых поправок, вывести точные соотношения, связывающие ренормгрупповые функции, и построить перенормировочные предписания, в которых они справедливы, что не удавалось сделать с использованием размерной регуляризации. Также Андрей Алексеевич занимался развитием непертурбативных методов теории поля, в частности предложил новый подход к $1/N$ -разложению и явно калибровочно инвариантную формулировку Стандартной модели на решетке, в которой отсутствует вырождение спектра фермионов, в составе международной коллаборации исследовал температурные переходы конфайнмент-деконфайнмент в квантовой хромодинамике с динамическими фермионами на решетке.

Заслуги Андрея Алексеевича были отмечены рядом научных премий и наград. В 1995 году он стал лауреатом Государственной премии Российской Федерации, в 1999 году ему была присуждена исследовательская премия Фонда Гумбольдта, в 2007 году — премия В.А. Фока РАН, в 2009 году – премия «Триумф» в области науки, в 2013 — премия имени И.Я.



Померанчука. В 2014 году Андрей Алексеевич был награжден золотой медалью имени Н.Н. Боголюбова.

Я пришел на кафедру теоретической физики примерно в то время, когда ее возглавил Андрей Алексеевич. Мне довелось в течение двух семестров слушать его спецкурс «Метод континуального интеграла и его приложения в теории калибровочных полей», который он читал на протяжении многих лет. Безусловно, этот курс был одним из наиболее интересных и полезных из всех, которые я слушал. Впоследствии записи лекций этого курса неоднократно помогали мне в научной работе. Также немало пользы принесло мне изучение книги «Введение в квантовую теорию калибровочных полей», написанную Андреем Алексеевичем совместно с Л.Д. Фаддеевым. Андрей Алексеевич подписывал приказ о моем оставлении на кафедре теоретической физики, на которой я работал под его руководством до 2020 года, когда он ушел с должности заведующего. Во многом благодаря его руководству на кафедре сформировалась теплая и доброжелательная обстановка. Андрей Алексеевич всегда был очень мягким и интеллигентным, но одновременно и достаточно строгим руководителем. Особенно хочу отметить его честность и порядочность, очень пунктуальное соблюдение всех своих обещаний. Андрей Алексеевич не был моим непосредственным научным руководителем, но у нас были две совместные работы, и в течение нескольких десятилетий я старался развивать предложенные Андреем Алексеевичем идеи, которые оказались чрезвычайно полезными в интересующей меня области. У меня нет никаких сомнений, что дальнейшее развитие этих идей позволит решить еще целый ряд важных и интересных проблем, которые существуют в настоящее время. Сейчас над ними во всем мире работают ученики Андрея Алексеевича, многие из которых уже давно стали известными учеными.

В 2020 году из-за плохого самочувствия Андрей Алексеевич покинул должность заведующего кафедрой теоретической физики, а 25 августа 2022 года он скончался. Уход Андрея Алексеевича стал для меня огромной потерей, так же как и для всех сотрудников кафедры теоретической физики, сотрудников физического факультета.

Конечно, всем нам будет очень не хватать Андрея Алексеевича, и мы сохраним о нем самые лучшие воспоминания.

Светлая память Андрею Алексеевичу Славнову!

*Доцент кафедры теоретической физики
доктор физ.-мат. наук К.В. Степаньянц*

СОВЕТСКИЙ ФИЗИК

7(159)/2022
(декабрь)



ОРГАН УЧЕНОГО СОВЕТА, ДЕКАНАТА
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
2022



**ПОЗДРАВЛЕНИЕ
ИСПОЛНЯЮЩЕГО ОБЯЗАННОСТИ ДЕКАНА
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
ПРОФЕССОРА В.В. БЕЛОКУРОВА
С НОВЫМ ГОДОМ**

Дорогие преподаватели, сотрудники, студенты и аспиранты физического факультета! Сердечно поздравляю вас с волшебными, чудесными праздниками – наступающим Новым годом и праздником Рождества Христова!

Подходит к концу 2022 год! Уходящий год отмечен значимыми научными достижениями, прежде всего в работе научных школ физического факультета.

Для каждого из нас, как и для всей России, этот год стал особенным, непростым. Но мы достойно преодолели испытания года уходящего, а 2023 год – год 90-летия нашего факультета – встретим новыми успехами. И во многом от нашей работы и ответственного подхода к порученному делу зависит успешная реализация важных проектов и укрепление России.

Желаю всем нам новых творческих идей, новых проектов, научных свершений и профессиональных достижений в развитии высшего образования в России, а также счастья, здоровья, оптимизма, гармонии с собой и миром.

Загадайте самое главное желание под бой курантов и сделайте все необходимое для того, чтобы оно смогло сбыться!

С НОВЫМ ГОДОМ!

*Исполняющий обязанности
декана физического факультета МГУ
профессор В.В. Белокуров*



РЕКТОР МГУ НАЗНАЧИЛ И.О. ДЕКАНА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА

Профессор Белокуров – выпускник физического факультета МГУ. С 1977 работает в Московском университете. Активную научную и педагогическую деятельность совмещал с административной работой. С 1987 года он работал в университете в качестве заместителя проректора, проректора и советника ректора.



И.о. декана профессор Белокуров В.В.

Владимир Викторович Белокуров известный специалист в области математических методов квантовой теории поля. Он — автор ряда важных научных результатов, послуживших основой для развития новых направлений в этой области, опубликованных в высоко рейтинговых международных журналах и монографиях. Им разработаны специальные методы вычисления диаграмм Фейнмана; найдена асимптотика кварковых формфакторов в квантовой хромодинамике; изучены особенности применения теории возмущений для суперструн и нелинейных двумерных теорий поля; разработана новая теория возмущений со сходящимися ря-



дами, развит новый подход к вычислению функциональных интегралов в моделях квантовой гравитации.

Основные задачи, стоящие перед новым деканом, — сохранение и развитие творческой атмосферы на факультете, создание условий для полного раскрытия научного потенциала сотрудников, студентов и аспирантов, повышение авторитета факультета в стране.

При этом хочется отметить вклад предыдущего декана факультета профессора Николая Николаевича Сысоева, за время его руководства факультетом было реализовано много научных инициатив, запущены уникальные научно-технологические проекты и укреплено положение физического факультета как учебно-научного мирового центра.

https://phys.msu.ru/rus/news/archive_news/33815/

В МГУ ПРЕДСТАВЛЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ НОШ «ФОТОНИКА»

На заседании Ученого совета МГУ под председательством ректора В.А. Садовниченко представлены результаты работы НОШ МГУ «Фотонные и квантовые технологии. Цифровая медицина» за 2022 год. С подробным докладом о деятельности школы выступил ее соруководитель, директор МНОЦ МГУ академик А.А. Камалов.

Школа объединяет ученых трех подразделений МГУ — физического факультета, Медицинского научно-образовательного центра (МНОЦ, Медцентр) и факультета фундаментальной медицины (ФФМ). Такой состав определяет междисциплинарную направленность школы, связанную с применением физических методов, прежде всего, технологий фотоники, в фундаментальных биомедицинских исследованиях и в решении клинически важных задач.

Для объединения этих направлений под задачи НОШ была запущена междисциплинарная магистерская образовательная программа «Биомедицинская фотоника», в рамках которой студентам физфака, углубленно изучающим методы оптической диагностики, курсы читают специалисты МНОЦ МГУ и факультета фундаментальной медицины. По этой программе обучаются 15 человек. Все студенты выполняют дипломные работы по междисциплинарной тематике, в том числе, на базе Медцентра.

Второй пример образовательной составляющей школы — магистерская программа «радиационная медицинская физика», цель которой — подготовка специалистов-радиологов для научной и клинической работы



в специализированных центрах. По данному направлению запущена также программа дополнительного образования.

Еще одним стратегическим направлением развития школы являются квантовые технологии. Для подготовки кадров по данному направлению служит магистерская программа «Прикладная квантовая связь». Запущена совместная с Саратовским госуниверситетом сетевая магистратура «Квантовые технологии». Работают 5 онлайн-курсов и очный курс повышения квалификации «Квантовая обработка информации и квантовые технологии». Функционирует уникальный онлайн-практикум, позволяющий дистанционно проводить эксперименты в области квантовой физики с использованием роботизированных манипуляций.

Третьим стратегическим направлением А.А. Камалов назвал фотонные технологии. В 2021 году на физфаке создана новая кафедра «Нанофотоника», на которой запущена междисциплинарная магистерская программа «Нейроморфная и нелинейная нанофотоника». Студенты и аспиранты кафедры проводят исследования на переднем крае науки, являются соавторами работ в ведущих журналах. В области нанофотоники также ведутся междисциплинарные исследования по созданию биосенсоров и зондированию механических свойств единичных клеток.

«Объединение возможностей подразделений МГУ в рамках школы “Фотоника” — физического факультета, МНОЦ и ФФМ — позволило принципиально расширить их возможности и обеспечить главный принцип — внедрение фундаментальной и прикладной науки в практическое здравоохранение», — подчеркнул директор МНОЦ МГУ.

Примером служат работы по интраоперационной диагностике в урологии, выполняемые по договору с индустриальным партнером (НТО «ИРЭ Полус»). Мочекаменная болезнь — распространенное урологическое заболевание, которым, по оценкам, в мире страдают 12% населения. Разрабатываемая система «умный лазер» позволяет автоматически анализировать свойства объекта в поле зрения волокна эндоскопа, при этом встроенная система позволяет в миллисекунду приостановить действие лазера если интраоперационно произойдет угроза травмы здоровых мягких тканей. Это в значительной степени увеличит эффективность и безопасность оперативного вмешательства. Работы в этом направлении проводятся непосредственно в операционной Медицинского научно-образовательного центра МГУ. Клинические исследования выполнены у 50 пациентов и получены положительные результаты. Следующие шаги, которые будут реализованы, – клинические испытания и сертификация системы.

Еще один проект, выполняемый сотрудниками НОШ, объединяет современные решения в развитии приоритетных направлений в здраво-



охранении, включая цифровизацию отрасли. С участием индустриально-го партнера осуществляется разработка и внедрение автоматизированных комплексов регистрации параметров здоровья (терминал «Здоровье»), предназначенных для проведения профилактических осмотров и диспансеризации. Сбор и обработка данных, в том числе с использованием искусственного интеллекта, обеспечит всесторонней информацией специалистов для принятия решений по дальнейшему сопровождению пациента. В дальнейшем в рамках НОШ предполагается расширение функциональных возможностей терминалов «Здоровье» путем добавления медицинских тестов и разрабатываемых приборов.

В рамках НОШ создан экспериментальный комплекс, совмещающий сканирующую ионно-проводящую микроскопию и оптические методы анализа. Среди разработчиков данной методики — выпускники физфака МГУ. Комплекс позволяет исследовать параметры живых клеток и биоматериалов, например, изменение метаболического состояния нейронов при нейродегенерации.

Также необходимо отметить выполняемую сотрудниками НОШ работу, направленную на внедрение новой аппаратной базы для высокоскоростной передачи информации машин скорой медицинской помощи. Эти разработки могут быть также использованы для передачи данных с терминалов «Здоровье».

Результаты, полученные совместно сотрудниками физфака, МНОЦ и ФФМ, объединенных в рамках деятельности НОШ «Фотоника», публикуются в ведущих журналах. Уже опубликовано 40 совместных работ.

По словам А.А. Камалова, важным моментом является привлечение в школу талантливой молодежи. Для этого был проведен конкурс среди аспирантов. Предпочтение отдавалось междисциплинарным работам. По итогам было поддержано 18 аспирантов, которые были введены в состав коллектива НОШ.

При непосредственном участии членов школы в 2022 году была утверждена новая специальность ВАК — «медицинская физика». Эта специальность напрямую соответствует характеру работ, проводимых школой, а возможность защиты по ней диссертационных работ дополнительно стимулирует развитие междисциплинарной тематики. Школой запущена серия семинаров. В частности, функционирует общий семинар школы, на котором о результатах своей работы докладывают участники коллектива школы и другие ведущие ученые МГУ. В рамках этого семинара для обеспечения междисциплинарного взгляда на проблему врачи провели лекции для физиков по организации клинических исследований, что необходимо для испытания и внедрения новых технологий в практику.



Также работает межуниверситетский междисциплинарный семинар, проводимый на регулярной основе совместно с Сеченовским, Приволжским и Нижегородским университетами. С этими организациями у школы установилась тесная связь, которая привела к серии публикаций в ведущих журналах PNAS и Angewandte Chemie. На семинары приглашаются ученые с мировым именем, работающие в области создания новых методов в биомедицине и биофотонике. Молодые участники школы также активно участвуют в выставках и научно-популярных мероприятиях, одним из последних был масштабный Фестиваль науки.

<https://www.msu.ru/news/predstavleny-rezultaty-raboty-nosh-fotonika.html>

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ДОСТИЖЕНИЯ НАУЧНОЙ ГРУППЫ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Научная группа нанoeлектроники (рук. Крупенин В.А.) образовалась в середине 90-х гг. и входит в состав лаборатории «Криoeлектроника» кафедры физики полупроводников и криoeлектроники (заведующий Снигирев О.В.). Ее деятельность начиналась с экспериментального исследования одноэлектронных наноструктур, разработка и полный цикл изготовления которых проводились на физическом факультете. В настоящее время спектр исследований значительно расширился, но по-прежнему наше внимание сосредоточено на разработке, изготовлении и изучении активных наноструктур для различных применений в науке, технике, медицине.

Высококчувствительные биосенсоры на основе полупроводниковых нанопроводов

Руководитель направления к.ф.-м.н. Преснов Д.Е.

Междисциплинарные научные исследования по разработке и созданию наноразмерных биосенсоров на основе полевых транзисторов с каналом-нанопроводом уже несколько лет ведутся в лаборатории «Криoeлектроника» совместно с кафедрой химической энзимологии химического факультета МГУ. Новая оригинальная модификация структуры полевого транзистора — формирование его канала в виде нанопровода — создает уникальные возможности для обнаружения наноразмерных объектов, приближающихся к поверхности нанопровода или присоединяющихся к ней, например, сверхнизких концентраций ДНК, вирусов, белков.



Студенты Андреева А.С. и Рымарь В.В., снс Преснов Д.Е., снс Солдатов Е.С., снс Крупенин В.А., студент Колпаков М., снс Трифонов А.С., аспирант Мельников А.Е., снс Божьев И.В., студент Панкратов С.А., аспирант Циняйкин И.И., снс Дорофеев А.А., студент Михайлов П.О.

Изготавливаемые для биосенсоров полевые транзисторы формируются в верхнем слое кристаллического кремния пластины кремния на изоляторе (КНИ) и состоят из кремниевого канала в виде тонкой (< 100 нм) проволоки – нанопровода, соединенного с транспортными электродами стока и истока, и управляющих затворов, роль которых выполняет площадка пластины КНИ и погруженный в раствор AgCl электрод (рис. 1).

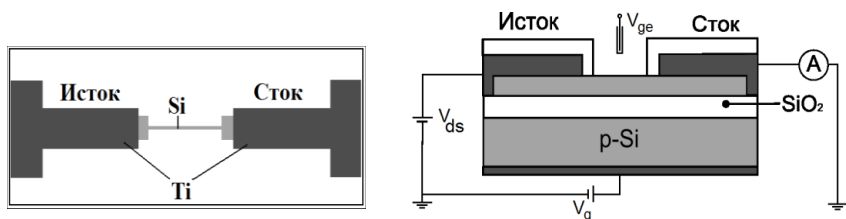


Рис. 1. Схематичное изображения полевого транзистора с каналом-нанопроводом и жидкостной измерительной ячейки

В реальных сенсорах (рис. 2) к поверхности нанопровода «пришиваются» специальные биомолекулы, которые могут селективно связываться с детектируемыми молекулами, что приводит к изменению напря-

женности электрического поля в точках связывания и, как результат, к изменению проводимости нанопровода.

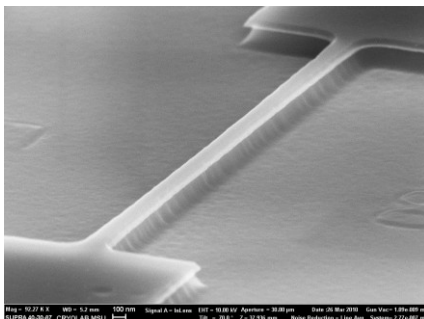
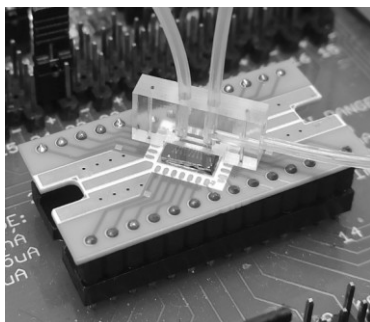
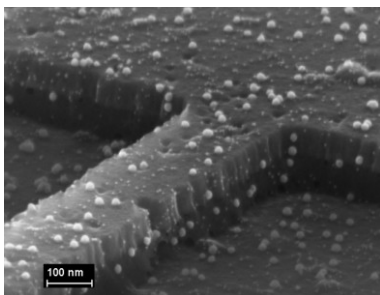


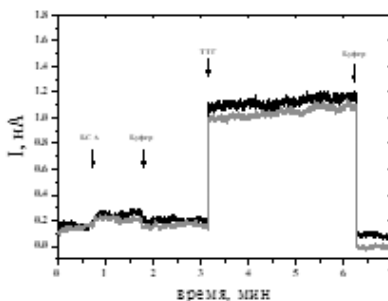
Рис. 2. Фотографии биосенсорной системы на основе полевого транзистора с каналом-нанопроводом и его чувствительного элемента – кремниевого нанопровода

Чувствительность подобных сенсоров экстремально высока и достигает уровня аттомолей (10-18 м), а в отдельных случаях позволяет добиться детектирования одиночных молекул или частиц.

В научной группе разработана оригинальная конструкция биосенсора, позволяющая существенно увеличить его чувствительность. Поверхность нанопровода сначала модифицировалась золотыми наночастицами диаметром 3-5 нм (рис. 3), а затем к поверхности наночастиц «пришивались» специальные биомолекулы.



а



б

Рис. 3. а - кремниевый нанопровод, модифицированный Au наночастицами; б - отклик биосенсора на внешнее воздействие тиреотропный гормоном - ТТГ



Аспирант Циняйкин И.И. за работой в чистой комнате

Denis E. Presnov, Ivan V. Bozhev, Andrew V. Miakonkikh, Sergey G. Simakin, Artem S. Trifonov, and Vladimir A. Krupenin. Local sensor based on nanowire field effect transistor from inhomogeneously doped silicon on insulator. Journal of Applied Physics, 123(5):054503, 2018.

Galina Presnova, Denis Presnov, Vladimir Krupenin, Vitaly Grigorenko, Artem Trifonov, Irina Andreeva, Olga Ignatenko, Alexey Egorov, and Maya Rubtsova. Biosensor based on a silicon nanowire field-effect transistor functionalized by gold nanoparticles for the highly sensitive determination of prostate specific antigen. Biosensors and Bioelectronics, 88:283–289, 2017.

Разработка новых методов зондовой микроскопии

Руководитель направления к.ф.-м.н. Трифонов А.С.

В ряде случаев создание и изучение наноразмерных систем требуют проведения высокочувствительного, бездеструктивного анализа профилей потенциалов поверхностей микро- и нанообъектов с нанометровым пространственным разрешением.

Для решения этой задачи было предложено также использовать полевой транзистор с каналом-нанопроводом. В новом устройстве локального полевого сенсора предполагалось расположить такой транзистор на оконечности зонда, который с помощью системы позиционирования приближался бы к исследуемому объекту.

В научной группе был разработан и запатентован оригинальный метод, позволяющий расположить наноразмерную структуру в непосред-

венной близости от оконечности зонда (от 0 до 50 нм). Такой структурой в нашей работе был полевой транзистор с измененной геометрией канала-нанопровода (рис. 4). Полевой зонд на его основе встраивался в измерительную систему сканирующего атомно-силового микроскопа (рис. 5а), с помощью которого была продемонстрирована картина профиля потенциала модельных образцов (рис. 5б) с нанометровым пространственным разрешением (~ 20 нм).

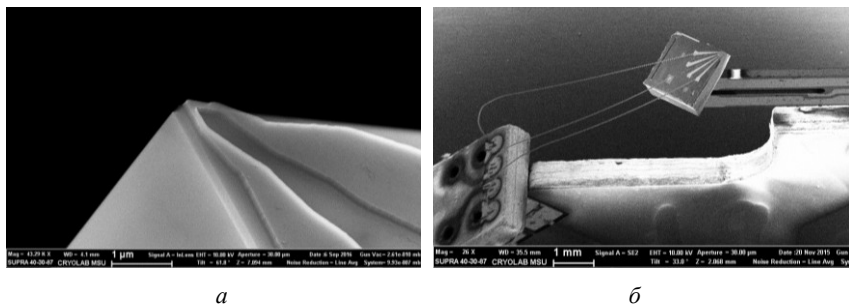


Рис. 4. а – Транзистор с каналом-нанопроводом на оконечности зонда; б – зонд, встроенный в измерительную систему сканирующего микроскопа

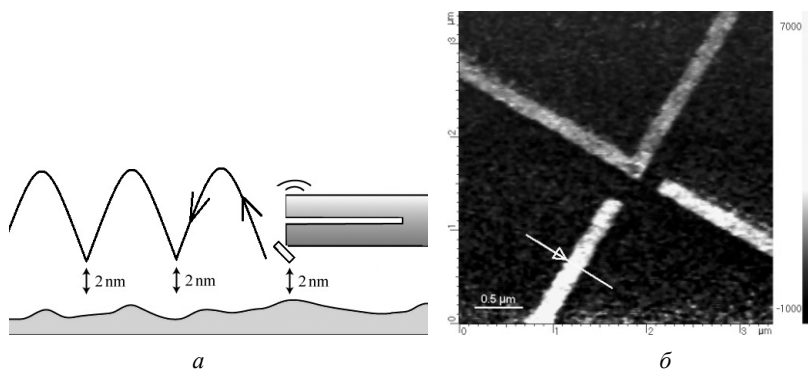


Рис. 5. а – и схема сканирования поверхности в сканирующем микроскопе; б – профиль потенциала модельного образца

И. В. Божьев, А. С. Трифонов, Д. Е. Преснов, С. А. Дагесян, А. А. Дорофеев, И. И. Циняйкин, and В. А. Крупенин. Метод восстановления потенциального профиля поверхностей, покрытых диэлектрическим слоем. Вестник Московского университета. Серия 3: Физика, астрономия, 1:42–47, 2020.



A. S. Trifonov, D. E. Presnov, I. V. Bozhev, D. A. Evplov, V. Desmaris, and V. A. Krupenin. Non-contact scanning probe technique for electric field measurements based on nanowire field-effect transistor. Ultramicroscopy, 179:33–40, 2017.

Нанозлектромеханические системы

Руководитель направления к.ф.-м.н. Божьев И.В., м.н.с. Дорофеев А.А.

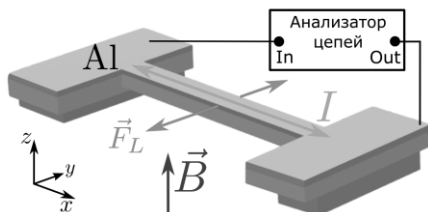
Нанозлектромеханические системы (НЭМС) представляют собой устройства, в которых механические колебания подвижного элемента, один или несколько характерных размеров которого составляют 100 нм и менее, преобразуются в электрический сигнал. Основными направлениями фундаментального и прикладного изучения НЭМС является исследование сенсорных свойств таких систем и применение этих свойств для детектирования различных физических величин, таких как масса, смещение, сила, с высокой чувствительностью: среди рекордов можно отметить чувствительность по массе ($1,3 \cdot 10^{-25}$ кг Гц $^{-1/2}$) и силе ($12 \cdot 10^{-21}$ Н Гц $^{-1/2}$).

С помощью НЭМС возможно проведение измерений ниже стандартного квантового предела. Также НЭМС применялись и в области квантовых коммуникационных технологий в качестве элементов квантовой памяти.

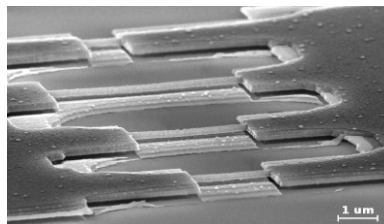
В состав нанозлектромеханической системы входит множество элементов, среди которых основными являются следующие:

- подводящие электроды системы;
- наномеханический резонатор — элемент, на котором происходит первичное преобразование информации о воздействии в электрический сигнал;
- считывающее устройство, измеряющее отклик НЭМС на внешнее воздействие.

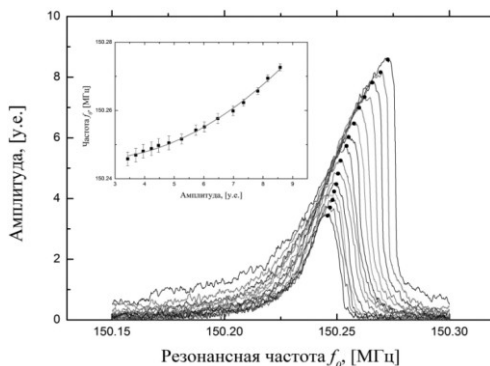
По своему виду наномеханический резонатор представляет собой подвешенный электропроводящий нанопровод (рис. б), механические колебания которого возбуждаются магнитодвижущим методом: нанопровод раскачивается в магнитном поле при пропускании через него переменного тока.



а



б



б

Рис. б - схематический вид нанопровода, закрепленного с двух сторон;
 б - изготовленные НЭМС различной длины; в - резонансный отклик НЭМС

По величине сдвига резонансной частоты нанопровода в дальнейшем и определяется значение исследуемого параметра системы: будь то масса частиц или сила, действующая на нанопровод.

Недавно сотрудниками лаборатории «Криоэлектроника», совместно с коллегами из Ланкастерского университета, было проведено пионерское исследование, вызвавшее широкий резонанс в научной среде, по детектированию единичных квантовых вихрей в сверхтекучем гелии-4 с помощью сенсора на основе НЭМС (рис. 7).

Это исследование позволило выявить важные особенности процесса взаимодействия квантового вихря с нанопроводом: свободное состояние, момент захвата вихря нанопроводом, их взаимодействие и освобождение вихря.

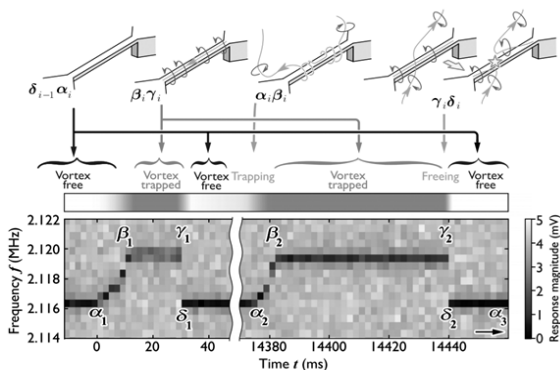


Рис. 7. Отклик наномеханического резонатора при взаимодействии квантового вихря в гелии-4 с нанопроводом при $T = 10$ мК



A. Guthrie, S. Kafanov, M. T. Noble, Yu A. Pashkin, G. R. Pickett, V. Tsepelin, A. A. Dorofeev, V. A. Krupenin, and D. E. Presnov. Nanoscale real-time detection of quantum vortices at millikelvin temperatures. Nature communications, 12(1):2645, 2021.

Д. Е. Преснов, С. Г. Кафанов, А. А. Дорофеев, И. В. Божьев, А. С. Трифонов, Ю. А. Пашкин, and В. А. Крупенин. Механический резонанс в кремниевом нанопроводе с высокой добротностью. Письма в ЖЭТФ, 108(7):522–528, 2018.

Одноатомные одноэлектронные устройства

Руководители направления д.ф.-м.н. Крупенин, к.ф.-м.н. Шорохов В.В.

В связи появившимися технологическими возможностями около 10 лет назад начались разработки и исследования одноатомных наноструктур, в которых в качестве активных структурных элементов использовались единичные примесные атомы в твердотельной матрице. Примесные атомы отделены от электродов и друг от друга туннельными барьерами малой прозрачности ($R \gg R_{\text{кв}} \sim 26 \text{ кОм}$), а транспортный ток в таких структурах имеет одноэлектронную природу, т.е. электроны перемещаются через примесные атомы строго один за другим. Простейшей реализацией одноатомной структуры является одноатомный транзистор, в котором примесный атом расположен между транспортными электродами, а ток через него регулируется электростатическим затвором (рис.8). На сегодняшний день большинство одноатомных структур имеют низкую рабочую температуру ($\sim 4 \text{ К}$) из-за использования стандартных легирующих примесей (P, As, B) и твердотельных матриц (Si), в которых эффективный размер зарядового центра, образованного примесным атомом, достаточно велик (5-7 нм). В основном именно его размеры определяют характерную зарядовую энергию одноатомных структур и, соответственно, его рабочую температуру. Для повышения рабочей температуры необходимо использовать глубокозалегающие примесные атомы с величинами энергий $E > 200 \text{ меВ}$. Эта работа уже начата в лаборатории и на основе примесных атомов калия в кремнии продемонстрирована одноатомная структура с комнатной рабочей температурой (рис. 9).

Важной частью работы являются теоретическое исследование и моделирование характеристик одноатомных структур, которые ведутся под руководством к.ф.-м.н. Шорохова В.В. Разработанные методы позволяют моделировать поведение и рассчитывать транспортные характеристики достаточно сложных одноэлектронных устройств (рис. 10).

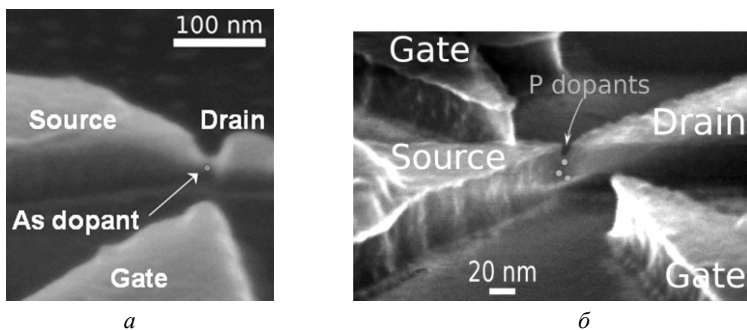


Рисунок 8. Одноатомные транзисторы, изготовленные в лаборатории «Криоэлектроника»: а - на основе атомов мышьяка; б - на основе атомов фосфора. $T = 4\text{K}$



Измерения изготовленных образцов (внс Крупенин В.А. и снс Дагесян С.А.)

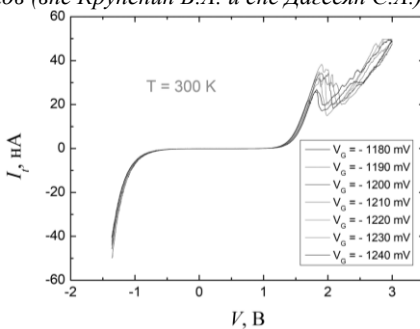
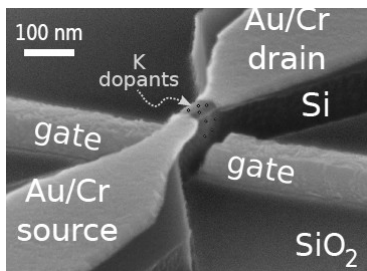


Рисунок 9. Одноатомная структура с комнатной рабочей температурой на основе атомов калия и ее вольтамперная характеристика

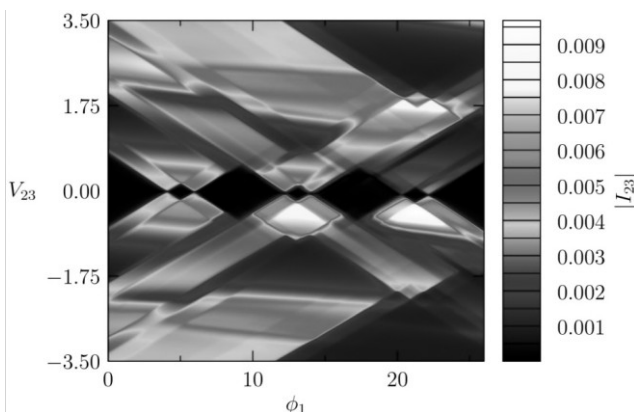


Рисунок 10. Диаграмма стабильности модели одноэлектронного транзистора на основе двух примесных атомов

Перспективы будущего применения одноатомных структур крайне широки. Это область квантовых вычислений, где на их основе формируются кубиты и считывающие устройства, это область квантовых сенсоров, где возможно создание на их основе уникальных диагностических и сенсорных устройств для медицины и различных областей науки и техники. Это также возможность создавать наноразмерные одноэлектронные резервуарные сети, в которых помимо классического машинного обучения могут быть реализованы алгоритмы квантового машинного обучения. Развитие одноэлектронных резервуарных сетей в перспективе позволяет перейти к новому типу классических и квантовых сенсоров со встроенной предобработкой поступающих сигналов. Также на основе одноэлектронных резервуарных сетей в перспективе могут быть реализованы зарядовые классические и квантовые клеточные автоматы для реализации вычислительных устройств на новых физических принципах.

S. A. Dagesyan, V. V. Shorokhov, D. E. Presnov, E. S. Soldatov, A. S. Trifonov, and V. A. Krupenin. Sequential reduction of the silicon single-electron transistor structure to atomic scale. Nanotechnology, 28:225304, 2017.

V. V. Shorokhov, D. E. Presnov, S. V. Amitonov, Yu A. Pashkin, and V. A. Krupenin. Single-electron tunneling through an individual arsenic dopant in silicon. Nanoscale, 9:613–620, 2017.

Крупенин В.А., Преснов Д.Е., Трифонов А.С., Шорохов В.В.



НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ ПО ФИЗИКЕ 2022 ГОДА

В 2022 году лауреатами Нобелевской премии по физике стали А. Аспе (A. Aspect), Дж. Клаузер (J. Clauser) и А. Цайлингер (A. Zeilinger). «За эксперименты с запутанными состояниями фотонов, которые доказали нарушение неравенств Белла и дали начало квантовой информатике».

Есть впечатление, что награждение нынешних нобелевских лауреатов чуть запоздало. Роль их работы в общем-то стала понятна вовсе не в этом году. Помимо практических приложений, которые из неё выросли (квантовая криптография, квантовые компьютеры, и т. п.), она имела очень большое значение с точки зрения фундаментальной науки. В квантовой теории существовало очень большое количество мысленных экспериментов, которые либо вовсе не были реализованы, либо были реализованы с недостаточной точностью. А эти мысленные эксперименты чрезвычайно важны для понимания основных положений квантовой теории. И пока не было прямых экспериментальных доказательств, оставалось поле для сомнений. Ну а теперь основная часть этих экспериментов воплощена в железе и с хорошей (а иногда и с замечательной) точностью подтвердила стандартную («ортодоксальную») квантовую теорию.

Большинство этих мысленных экспериментов было построено с использованием **запутанных состояний** и уточняло понятие **индетерминизма** в квантовой теории.

Вообще-то в **запутанных состояниях** ничего такого особенного нет. Это всего-навсего состояния составной квантовомеханической системы, которые ведут себя совсем не так, как состояния составной классической системы. В классической составной системе — скажем, системе двух материальных точек — фиксация состояния всей системы (x_1, p_1, x_2, p_2) эквивалентна фиксации состояний каждой из подсистем: у первой подсистемы состояние (x_1, p_1) , у второй — (x_2, p_2) . Это работает в обе стороны, т. е. состояние составной классической системы и «разбирается на кусочки», и «собирается из кусочков». В квантовой системе тоже *иногда* так бывает: $\psi(x_1, x_2) = \psi_1(x_1) \psi_2(x_2)$. Это «факторизуемое» состояние, состояние, которое *не является* запутанным. Но и запутанные состояния — совсем не экзотика. Возьмём, скажем, атом водорода, находящийся в основном состоянии. У этого нижнего уровня энергии есть сверхтонкая структура — это те самые два уровня, при переходе между которыми излучаются радиоволны со знаменитой длиной волны 21 сан-



тиметр. Они получаются из-за взаимодействия спина электрона со спином ядра (протона). При этом ниже по энергии лежит синглет

$$|\varphi\rangle = (|\uparrow\downarrow\rangle - |\downarrow\uparrow\rangle) / 2^{1/2},$$

и это запутанное состояние. А повыше по энергии лежит триплет:

$$|\chi\rangle = (|\uparrow\downarrow\rangle + |\downarrow\uparrow\rangle) / 2^{1/2}, \quad |\xi\rangle = |\uparrow\uparrow\rangle, \quad |\zeta\rangle = |\downarrow\downarrow\rangle.$$

Состояние $|\chi\rangle$ — запутанное, а состояния $|\xi\rangle$ и $|\zeta\rangle$ — факторизуемые. Так вот, «разобрать» запутанное состояние на кусочки у нас получится: например, в состоянии $|\varphi\rangle$ состояния каждого из спинов смешанное, поэтому описывается оно не волновой функцией, а матрицей плотности:

$$\rho_1 = \rho_2 = (1/2) I_2$$

(здесь I_2 — единичная матрица 2×2). А вот «собрать» обратно не получится, потому что в состоянии $|\chi\rangle$ состояние каждого из спинов совершенно такое же, как и в состоянии $|\varphi\rangle$: $\rho_1 = \rho_2 = (1/2) I_2$. Так что информация о состоянии составной системы в запутанном состоянии — это больше информации, чем просто сумма информации о каждой из подсистем. Скажем, в состоянии $|\chi\rangle$ есть корреляция между проекциями двух спинов на ось «z» — они всегда имеют противоположный знак. И это очень странная корреляция: обе величины не имеют определённого значения, т. е. «неизвестно что» коррелировано с «неизвестно чем». В состоянии $|\varphi\rangle$ корреляции другие, ещё более впечатляющие: проекции двух спинов на произвольную ось имеют противоположный знак. Это совсем удивительно, ведь получается, что у двух спинов коррелированы как s_x , так и s_z , т. е. *несовместимые* величины. Именно поэтому состояние $|\varphi\rangle$ — любимое состояние при конструировании мысленных экспериментов.

Например, $|\varphi\rangle$ используется в знаменитом (и довольно плохо понятом) «парадоксе» ЭПР (Эйнштейн, Подольский, Розен). Поэтому состояние $|\varphi\rangle$ теперь так и называют — «ЭПР-состояние». На примере этого состояния Эйнштейн успешно доказал, что в квантовой механике нет **локального реализма**. И его действительно нет — ни в квантовой механике, ни в природе. **Локальность**, т. е. невозможность мгновенного действия на расстоянии (в полном согласии со специальной теорией относительности) **есть**, а вот локального реализма **нет**. Корреляции между кусочками составной системы *иногда* сохраняются, даже когда они разлетаются очень далеко в разные стороны. Стараниями нобелевских лауреатов 2022 года кусочки могут разлететься на сотни километров с сохранением корреляций. Но эти корреляции невозможно описать, ограничиваясь только величинами, относящимися к каждой из подсистем по отдельности, т. е. *описание* составной системы не является локальным. *По мнению Эйнштейна* так быть не должно. Он полагал, что природа *должна*



удовлетворять принципу локального реализма: все особенности поведения изолированного объекта (включая корреляции с другим объектом) должны быть описаны величинами, относящимися только к этому объекту. На самом деле природа об этом принципе не знает, и *не удовлетворяет* ему.

С современной точки зрения рассуждения Эйнштейна совершенно правильны, только вывод другой. Если частицы находятся далеко друг от друга и при этом есть корреляция у величин s_z , то единственный допустимый с точки зрения локального реализма механизм корреляции — это *неизвестное* нам, но *существующее* значение s_z для каждой из частиц. Но тогда будет абсолютно исключена корреляция для величин s_x (ведь s_x несовместимо с s_z). Вот мы и пришли к противоречию (корреляции у s_x на самом деле есть). Отсюда следует, что локального реализма в природе **нет**.

А что такое **индетерминизм**? Вот очень простой пример. Допустим, есть частица со спином $1/2$. Допустим, мы приготовили состояние этой частицы, в котором спин «направлен» вдоль оси « x ». На самом деле это означает, что проекция спина на ось « x » равна $+1/2$. Слово «направлен» взято в кавычки неспроста. Ничто так не сбивает с толку, как классические аналогии. Хочется думать о спине, как о маленькой такой стрелочке, которая куда-то направлена, а эта наглядная картинка во многом неверна и противоречит настоящему поведению спина. Так вот, если проекция спина на ось « x » равна $+1/2$, то это максимальная фиксация состояния, которую допускает квантовая механика. Это чистое состояние, оно описывается волновой функцией. И тем не менее, если мы мы теперь станем измерять проекцию спина на ось « z », то в половине случаев результат получится $+1/2$, а в другой половине случаев получится $-1/2$. Ещё раз скажем, что начальное состояние фиксировано настолько, насколько это вообще возможно. А вот результаты измерения разные. (Большой привет философам, которые очень любят объяснять физикам, что такое воспроизводимость и повторяемость.) Это и есть индетерминизм. Всё, что мы можем предсказать — это вероятности отдельных результатов измерения (в нашем примере обе вероятности равны одной второй).

Спорить с тем, что мы не можем предсказать результат отдельного измерения никто не решается, за исключением тех, кто придерживается уж совсем маргинальных точек зрения. Если кто-то думает, что индетерминизма нет, пусть он укажет, чем та частица, у которой результат измерения оказался $+1/2$, отличается от частицы, у которой получилось $-1/2$. Ну или (что то же самое) предскажет результат измерения для вот этой отдельной частицы. Пока ни у кого не получилось. И, как станет очевидно чуть позже, и не получится. Потому что **не может** получиться.



Но дело в том, что современная ортодоксальная квантовая теория понимает индетерминизм гораздо шире, чем просто невозможность предсказать результат отдельного измерения. Она утверждает, что фразу «в состоянии с $s_x = +1/2$ величина s_z не имеет определённого значения» надо понимать **буквально**. Этого значения просто **нет**. Оно **появляется** в результате измерения. (О «существовании» *неизвестного нам* значения у величины, *не имеющей* определённого значения, мы уже говорили, когда обсуждали локальный реализм.)

Всё это до такой степени противоречит нормальному классическому представлению об измерении, что смириться с этим почти невозможно. Ведь что получается в результате классического измерения, скажем, скорости классической материальной точки? У материальной точки **была** скорость, мы провели измерение, и мы эту скорость **узнали**. В квантовой теории всё совсем не так. **Неверно** думать, что мы *не знаем* значения величины s_z , а на самом-то деле это значение *есть*. И неверно, что именно это значение *потом оказывается* результатом измерения. При измерении в квантовой теории мы не узнаём то, *что было*, а возникает то, *чего не было*. Вот именно это и есть **индетерминизм**, как его понимает современная квантовая теория.

Если с таким положением дел смириться, то квантовая теория оказывается последовательной, непротиворечивой и логически стройной наукой, лишённой каких-либо парадоксов. Хотя, конечно, и очень непривычной. А вот если не принять эту точку зрения, то начинаются «парадоксы».

Так вот, если бы не нобелевские лауреаты 2022 года, то прямых сто процентных аргументов в пользу ортодоксальной квантовой механики у нас бы до сих пор не было. Критики квантовой теории, которые не готовы до конца принять «явно неприемлемую» точку зрения, относятся к квантовой теории приблизительно таким же образом, как католическая церковь в своё время относилась к гелиоцентрической системе. Ну если (*чисто математически!*) вам так удобнее вычислять, то и вычисляйте. Но если кто-то скажет, что Земля **действительно** вертится вокруг Солнца, а не наоборот — сожжём.

Критики признавали, что именно квантовая теория позволила объяснить и предсказать очень многое. Но всё равно она какая-то неправильная и неполная, нет у неё фундаментальной основы. Отчасти это связано с манерой изложения в архаичных учебниках — они использовали исторический подход (постулаты Бора и т. п.), а потом сразу перепрыгивали к прагматической части, позволяющей что-то посчитать. Отчётливо понимая того, что же такое на самом деле индетерминизм, они не давали. Это порождало всякие иллюзии насчёт того, что неопределён-



сти в значениях величин возникают в результате неконтролируемых воздействий среды (что-то вроде броуновского движения), воздействия поля мягких фотонов или воздействия прибора.

Но со второй половины 50-х годов прошлого века появились теоретические работы (Белл, Коэн и Шпекер, Вигнер, Уилер и т. д.), в которых были предложены мысленные эксперименты, которые напрямую доказывали индетерминизм в самом ортодоксальном понимании этого слова. Довольно часто к этим мысленным экспериментам приклеивали слово «парадокс». Если считать, что индетерминизм — это всего-навсего наше незнание и невозможность предсказать, то мы действительно получим парадокс (в смысле противоречие). А для стандартной современной квантовой теории эти парадоксы — это просто прямое доказательство индетерминизма в самом категорическом его варианте.

Покуда все эти мысленные эксперименты оставались мысленными, у сторонников детерминизма оставалось поле для манёвра — а вдруг в настоящем эксперименте выйдет что-то другое? (На самом деле эти эксперименты пытались реализовать и раньше, но в этих попытках не хватало точности.) Сейчас практически все эти мысленные эксперименты реализованы, причём точность вполне достаточна, чтобы никаких сомнений больше не оставалось. Сторонники детерминизма были вынуждены отступить на заранее подготовленные позиции — на позиции «контекстуального локального реализма». Эта точка зрения не противоречит стандартной квантовой теории, она представляет собой просто довольно противоестественную детерминистскую надстройку над ней. Утверждается, что у данной физической величины есть неизвестное нам определённое значение. Только оно зависит от того прибора («контекста»), который мы собираемся использовать. Если прибор один — то значение, скажем, $+1/2$. Если прибор другой — то значение (той же самой величины у той же самой частицы!), скажем, $-1/2$. Так что это детерминизм какой-то «второй свежести». Предсказаний, выходящих за рамки стандартной квантовой теории, этот подход сделать не позволяет. Поэтому единственная польза от него — примирить упорных сторонников детерминизма с современной квантовой теорией.

Для наглядности приведём пример самого простого и элегантного из «парадоксов», для изложения которого почти не требуется никаких выкладок. Это GHZ-парадокс (D.Greenberger, M.Horne, A.Zeilinger). Кстати, «Z» здесь — это нобелевский лауреат 2022 года А.Цайлингер. Пусть мы приготовили состояние трёх спинов:

$$|\psi\rangle = (|\uparrow\uparrow\uparrow\rangle + |\downarrow\downarrow\downarrow\rangle) / 2^{1/2}$$

Это состояние так и называется «GHZ-состояние». (Ясное дело, приготовить такое состояние гораздо сложнее, чем «ЭПР-состояние» $|\phi\rangle =$



($|\uparrow\downarrow\rangle - |\downarrow\uparrow\rangle$) / $2^{1/2}$). Допустим, мы взялись измерять шесть величин: $s_x^{(1)}$, $s_x^{(2)}$, $s_x^{(3)}$, $s_y^{(1)}$, $s_y^{(2)}$, $s_y^{(3)}$. В каждом отдельном («комбинированном») измерении для данных трёх частиц мы можем измерить для первой частицы либо s_x , либо s_y , то же самое для второй и то же самое для третьей. Каждая из шести величин в состоянии $|\psi\rangle$ определённого значения не имеет: с вероятностью одна вторая измерение даст $+1/2$, и с той же вероятностью одна вторая получится $-1/2$. Но вот те три результата, которые мы можем получить при данном «комбинированном» измерении для данных трех частиц очень жёстко коррелированы.

Только не надо путать **корреляции с воздействием**. Все три измерения совершенно независимы. Просто их результаты в состоянии $|\psi\rangle$ коррелированы. Если два наблюдателя находятся в вершинах равнобедренного треугольника, а в третьей вершине стоит прибор, испускающий то красный, то зеленый свет, то оба наблюдателя увидят свет одного и того же цвета. Это не значит, что они действовали друг на друга, или, скажем, передали друг другу информацию. Хотя каждый из них, разумеется, может предсказать результаты измерения своего коллеги.

Допустим, мы проводим комбинированное измерение, при котором для каждой из частиц измеряется s_x . Легко проверить, что

$$s_x^{(1)} s_x^{(2)} s_x^{(3)} |\psi\rangle = +1/8 |\psi\rangle,$$

а это значит, что произведение этих трёх величин (каждая из которых не имеет определённого значения!) всё-таки имеет определённое значение — в точности $+1/8$. Так что из восьми теоретически возможных комбинаций может реализоваться только четыре: для $(s_x^{(1)}, s_x^{(2)}, s_x^{(3)})$ может получиться только $(+1/2, +1/2, +1/2)$ или $(-1/2, -1/2, +1/2)$ или $(-1/2, +1/2, -1/2)$ или $(+1/2, -1/2, -1/2)$. Эксперимент на поляризациях фотонов (а с точки зрения квантовой теории поляризация фотона — это система, совершенно эквивалентная спину $1/2$) блестяще подтверждает теорию. Действительно всегда получается $+1/8$, причём ошибки экспериментов всё уменьшаются и уменьшаются.

Нам интересны ещё три комбинированных измерения: во-первых, $s_x^{(1)} s_y^{(2)} s_y^{(3)}$, во-вторых, $s_y^{(1)} s_x^{(2)} s_y^{(3)}$, в-третьих, $s_y^{(1)} s_y^{(2)} s_x^{(3)}$. Во всех трёх случаях корреляции устроены так, что произведения равны $-1/8$. И это тоже подтверждено экспериментом.

В результате мы получили *прямое экспериментальное доказательство* индетерминизма в самом ортодоксальном варианте. Допустим **неверную** вещь. Допустим, что у данной тройки частиц определённые значения всех шести величин **существуют** (локальный реализм!). Обозначим их $r_x^{(1)}$, $r_x^{(2)}$, $r_x^{(3)}$, $r_y^{(1)}$, $r_y^{(2)}$, $r_y^{(3)}$. (Каждое из шести чисел равно или $+1/2$, или $-1/2$.) Мы не претендуем на то, что мы их можем узнать, мы лишь утверждаем, что если мы измерим, например, $s_y^{(2)}$, то получится



именно $r_y^{(2)}$. Но корреляции-то никто не отменял. Так что должно выполняться:

$$r_x^{(1)} r_x^{(2)} r_x^{(3)} = 1/8, \quad r_x^{(1)} r_y^{(2)} r_y^{(3)} = -1/8, \quad r_y^{(1)} r_x^{(2)} r_y^{(3)} = -1/8, \\ r_y^{(1)} r_y^{(2)} r_x^{(3)} = -1/8.$$

Ну а теперь перемножим все четыре равенства:

$$1/2^{12} = (r_x^{(1)})^2 (r_x^{(2)})^2 (r_x^{(3)})^2 (r_y^{(1)})^2 (r_y^{(2)})^2 (r_y^{(3)})^2 = -1/2^{12}$$

Вот мы и пришли к противоречию («парадоксу»). Так что ортодоксальный детерминизм торжествует.

Стоит упомянуть и еще один «парадокс» — парадокс CHSH (J. Clauser, M. Horne, A. Shimony, R. Holt). Здесь «С» — это нобелевский лауреат 2022 г. Дж. Клаузер. Этот парадокс доказывает, что не только не существует определённых значений у несовместимых наблюдаемых (в наших примерах — у величин s_x и s_y), но даже и совместного распределения вероятностей для них не построишь — гипотеза о существовании вероятности $P(s_x^{(1)}, s_x^{(2)}, s_y^{(1)}, s_y^{(2)})$ ведёт к противоречию («парадоксу»).

Так что благодаря нобелевским лауреатам 2022 года мы твёрдо знаем, что природа устроена так, что мы не только не можем предсказать результат измерения величины, у которой нет определённого значения, но и никогда не сможем: гипотеза о том, что внутри системы что-то такое спрятано, что приводит к данному результату конкретного измерения, ведёт к противоречию.

Профессор Силаев П.К.

РЕЛЯЦИОННАЯ ПАРАДИГМА ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

Под фундаментальной физикой следует понимать тот раздел теоретической физики, в котором изучаются, анализируются и обобщаются сложившиеся ныне представления об основаниях физического мироздания. Этот раздел современной физики в настоящее время активно развивается на кафедре теоретической физики. В частности, проблемы этого раздела обсуждаются на еженедельном семинаре «Основания фундаментальной физики», фактически являющимся продолжением известных семинаров профессора Д.Д. Иваненко. Это делается также на страницах издаваемого под нашим руководством журнала «Метафизика», имеющего ВАКовский статус, а также на проводимой нами уже в течении пяти лет всероссийской конференции «Основания фундаментальной физики и математики». В



связи с этим считаю нужным поделиться со студентами и сотрудниками физического факультета рядом важных соображений.

В настоящее время в мировом физическом сообществе принято развивать фундаментальную физику на фоне так или иначе заданного классического пространства-времени (плоского, искривленного, многомерного и т. д.). Таковыми являются исследования на основе идей калибровочного описания полей, идей суперсимметрии, суперструн и так далее. В этих работах в течение ряда десятилетий борются с расходимостями и множеством сопутствующих проблем.

Однако имеется принципиально иной путь развития фундаментальной физики, о котором писал ряд видных мыслителей прошлого. Так, А. Эйнштейн в 30-х годах XX в. писал: «Необходимо отметить, конечно, что введение пространственно-временного континуума может считаться противоестественным, если иметь в виду молекулярную структуру всего происходящего в микромире. Утверждают, что успех метода Гейзенберга может быть приведен к чисто алгебраическому методу описания природы, то есть исключению из физики непрерывных функций. Но тогда нужно будет в принципе отказаться от пространственно-временного континуума. Можно думать, что человеческая изобретательность в конце концов найдет методы, которые позволят следовать этому пути. Но в настоящее время такая программа смахивает на попытку дышать в безвоздушном пространстве».

Аналогичные высказывания можно найти в работах отечественного физика Л.И. Мандельштама, писавшего: «...нужно признать, что всякая атомистическая теория, оперирующая в качестве молекул или атомов объектами, которым приписываются свойства и поведение макротел, не может быть удовлетворительной».

О необходимости построения самостоятельной системы понятий и закономерностей, присущих физике микромира, из которой бы следовали понятия общепринятой геометрии и классической физики, писал ряд авторов: Д. Ван Данциг, П. Дэвис, Е. Циммерман, Р. Пенроуз и другие авторитетные физики. Так, в работе Дж. Ф. Чью с примечательным названием «Сомнительная роль пространственно-временного континуума в микроскопической физике» отмечалось: «Физика двадцатого столетия уже подверглась двум захватывающим дух революциям – в виде теории относительности и квантовой механики. Сейчас мы стоим на пороге третьей».

Анализ идей и накопленных к началу XXI в. результатов в теоретической физике показывает, что к настоящему времени в России уже найдены «методы», позволяющие «в принципе отказаться от



пространственно-временного континуума» и тем самым начать «дышать в безвоздушном пространстве».

Для конкретного построения искомой самостоятельной системы понятий и закономерностей, присущей физике микромира, следовало найти необходимый для этого математический аппарат. Основы такого аппарата были заложены в трудах выпускника физического факультета МГУ Ю.И. Кулакова, учившегося в аспирантуре под руководством академика И.Е. Тамма. Кулаковым в рамках так называемой теории физических структур был развит аппарат теории систем отношений на одном и на двух множествах элементов, который был одобрен в свое время Таммом. Суть его состояла в том, что в мире существуют материальные объекты, между которыми имеются отношения в виде расстояний, интервалов или промежутков времени, а сами эти отношения не произвольны, а удовлетворяют особым, найденным в его группе алгебраическим законам, связывающим между собой отношения между фиксированными числами элементов.

Были предложены две разновидности теории систем отношений: на одном множестве элементов и на двух множествах элементов. Теория систем на одном множестве элементов позволяет переформулировать в реляционном духе общепринятые геометрии с симметриями: Евклида, Лобачевского, Римана, Минковского и ряд других. Теории систем отношений на двух множествах элементов, обобщенные в нашей группе на случай комплексных отношений, оказались необходимыми для реляционной переформулировки явлений физики микромира, а в частности – для описания S -матричной формулировки квантовой механики, обоснования спинорного характера элементарных частиц, построения теории атома и много другого без использования понятий классического пространства-времени и общепринятых дифференциальных уравнений на его фоне.

Было показано, что от теории систем отношений на двух множествах элементов имеется естественный переход к теории систем отношений на одном множестве элементов. Это достигается своеобразной «склеивкой» элементов двух множеств в новые элементы одного множества, что фактически означает построение общепринятых геометрий из понятий бинарной геометрии (точнее, алгебры), присущей физике микромира. Фактически это является путем решения проблемы, обозначенной в приведенном выше высказывании А. Эйнштейна.

В более широком плане математический аппарат теории систем отношений оказался необходимым для развития третьей — реляционной — парадигмы физики, идеологические основы которой были заложены в трудах Г. Лейбница и Э. Маха. В связи с этим уместно напомнить еще



одно высказывание А. Эйнштейна: «Мах в девятнадцатом столетии был единственным, кто серьезно думал об исключении понятия пространства, которое он пытался заменить представлениями о всей сумме расстояний между всеми материальными точками».

С точки зрения реляционного подхода более первичными являются не расстояния между телами, входящие в определения сил взаимодействий, а сами взаимодействия. В связи с этим также уместно напомнить высказывание Ли Смолина уже в XXI в.: «В картине мира Лейбница все сущее находится не в пространстве, а погружено в сеть взаимодействий. Эти связи определяют пространство (а не наоборот). (...) Я называю революцию в физике XX в. реляционной».

В настоящее время на кафедре теоретической физики читается спецкурс «Бинарная геометрофизика», в котором излагаются идеи реляционного подхода (парадигмы) и следствия, вытекающие из их использования. Изложение этих идей показывает, что они оказались весьма непривычными для большинства физиков. Таковыми являются все три неразрывно связанные друг с другом составляющие (принципы или концепции) реляционного подхода.

Первой составляющей является отказ от представлений об априорно заданном классическом пространстве-времени. Его следует понимать как абстракцию от совокупности отношений (расстояний и интервалов) между материальными объектами (или событиями с их участием). Это именно то, о чем писали Лейбниц и Мах.

Второй, также непривычной для большинства современников составляющей, является описание физических взаимодействий на основе концепции дальнего действия, альтернативной ныне общепринятой концепции ближнего действия. При реляционном подходе к природе пространства-времени теряет силу понятие поля, поскольку его невозможно определить в точках пустого пространства-времени, которого в этом подходе нет. Полям не почему распространяться. Общепринятые представления о распространении, например, электромагнитного излучения теряют силу. Об этой составляющей реляционного подхода выразительно писал Р. Фейнман: «Ведь поля нет совсем или, если вы непременно хотите пользоваться понятием поля, оно теперь всегда полностью определяется взаимодействием частиц, его создающих. Вы качнули эту частицу, а она в свою очередь качнула ту; но раз уж вы хотите говорить о каком-то поле, если оно вообще существует, должно полностью определяться теми материальными частицами, которые его порождают, а потому у него нет никаких независимых степеней свободы». Именно концепция дальнего действия послужила основой для построения теорий прямого межчастичного



электромагнитного и гравитационного взаимодействий, а также фейнмановской специфической формулировки квантовой механики.

Третьей составляющей является принципа Маха. В современной физике, преподаваемой в школе и в университетах, принцип Маха, как правило, даже не упоминается. Ныне общепринято описывать свойства физических объектов, таких как, например, массы элементарных частиц, локальными обстоятельствами: бозонами Хиггса, флуктуациями вакуума и т. д., тогда как в реляционном подходе используется принципиально иной способ — предлагается это делать посредством учета глобальных свойств окружающего мира. Об этом писали Г. Вейль, А. Эддингтон, Г.В. Рязанов (выпускник физфака МГУ) и другие физики.

Анализ показал, что все три названные составляющие реляционного подхода неразрывно связаны друг с другом. Труды ряда авторов, например, Я.И. Френкеля и Р. Фейнмана, развивавших отдельно принципы концепции дальнего действия, оказались недостаточно обоснованными из-за игнорирования первой составляющей — реляционного понимания природы пространства-времени. А если ее учесть, то концепция дальнего действия оказывается неизбежной.

Принятие концепции дальнего действия в последовательном реляционном подходе порождает необходимость учета принципа Маха, а он, в свою очередь, оказывается ответственным не только за массы или инерцию, как это полагали А. Эйнштейн, Г. Вейль или А. Эддингтон, но и за происхождение понятий классического пространства-времени. Таким образом, круг из трех составляющих реляционного подхода замыкается. Ни одна из трех составляющих не жизнеспособна без двух остальных.

Уже полученные результаты в рамках реляционной парадигмы изложены в серии из трех книг автора этой статьи под общим названием «Реляционная картина мира», изданных в 2021 и 2022 гг. в издательстве УРСС, возглавляемом выпускником физического факультета МГУ Марин Рикой Доминго.

В частности, в этих книгах показывается, что в XX в. было несколько попыток возродить идеи реляционной парадигмы. Таковыми были 1) создание специальной теории относительности, 2) развитие теории прямого межчастичного электромагнитного, а затем гравитационного взаимодействия, 3) попытка Р. Фейнмана создать на основе идей дальнего действия новую формулировку квантовой теории, 4) развитие S-матричной формулировки квантовой теории. Были и другие, менее заметные всплески интереса к идеям реляционной парадигмы.

В заключение считаю нужным напомнить высказывание Э. Маха: «История науки показывает, что новое, правильное познание, покоящееся



на верных основах, может то больше, то меньше затемняться, может выступать в односторонней, неполной форме, для одной группы исследователей даже совершенно исчезнуть и снова возродиться. Однократного нахождения и провозглашения какого-нибудь познания бывает недостаточно. Часто проходят года и даже столетия, пока общее мышление разовьется настолько, чтобы оно могло стать общим достоянием и укрепиться».



*Профессор кафедры теоретической физики
Ю.С. Владимиров*

ФЕСТИВАЛЬ НАУКА 0+ 2022 ГОДА

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



Московский университет, безусловно, является одним из ключевых мест, где силами известных научных школ, признанными учеными и молодыми исследователями создается будущее. В Университете развивается соответствующий специальный проект — «Университетская долина», офи-



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



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

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

Мероприятия Фестиваля НАУКИ на физическом факультете МГУ проходили в субботу 8 октября. В Центральной физической аудитории имени Р.В. Хохлова состоялся Лекторий, были представлены следующие лекции: «Есть ли жизнь на Венере?», Сурдин Владимир Георгиевич, доцент кафедры экспериментальной астрономии; «Многофункциональные наноматериалы», Константинова Елизавета Александровна, профессор кафедры общей физики и молекулярной электроники; «Китайская грамота для физиков», Пятаков Александр Павлович, профессор кафедры физики колебаний; «Фейерверк физических демонстраций», Рыжиков Сергей Борисович, доцент кафедры общей физики.



*«Фейерверк физических демонстраций», доцент кафедры общей физики
Рыжиков С. Б.*



В перерыве между лекциями в холле напротив ЦФА студенты физического факультета провели научное шоу с наглядными опытами «Арт-физика».



м.н.с. Илья Иваненко на дистанционной экскурсии

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

https://vk.com/ff_mgu



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

Вед. инж. научного отдела Александр Паршинцев



О ГРЯДУЩИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЯХ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АТТЕСТАЦИИ НА- УЧНЫХ И НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ

(По опубликованным материалам: см., например,
minobrnauki.gov.ru>press-center/ne...)

За последние два года на основе обновленных нормативно-правовых документов, регламентирующих деятельность системы государственной научной аттестации, в деятельности Высшей аттестационной комиссии и диссертационных советов уже введен ряд значительных изменений:

- снижена необходимая (минимальная) численность членов диссертационного совета с 19 до 11 человек;
- разрешено включение в составы диссертационных советов, в том числе докторских, активно работающих ученых кандидатов наук и лиц, имеющих приравненные к ним степени PhD (до 25% от состава);
- разрешены защиты докторских диссертаций «по совокупности научных работ» — «по докладу», без написания текста диссертации.

По мнению Министра науки и высшего образования РФ В. Фалькова (далее — Министр), эти меры существенно расширяют возможности организаций в создании диссертационных советов, а значит, расширяют и возможности соискателей ученых степеней. Он напомнил, что благодаря внедрению этих мер за три года — с 2019 по 2021 — число защит диссертаций в России увеличилось на 24%.

Но это только начало. 6 октября 2022 года заседание Комитета советников Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки России Министр отметил, что сегодняшняя ситуация требует еще более активных мер в сфере подготовки научных кадров высшей квалификации и предложил следующие изменения в системе государственной научной аттестации, обсуждение общественной экспертизы которых будут вынесены на Пленум ВАК в конце декабря 2022 года.

Первое новшество касается распространения на всю систему аттестации научных кадров возможности масштабировать «разовые диссертационные советы», численностью от пяти до девяти человек, для проведения разовой защиты.

Министр полагает, что: «Это мировой опыт проведения защиты. Он позволяет привлечь в состав таких советов ученых из числа специалистов именно по профилю конкретной защищаемой диссертации».



ВАКу совместно с Минобрнауки России предстоит разработать соответствующую нормативную базу создания и организации работы таких «разовых диссоветов».

Также Министр предложил рассмотреть возможность защит диссертаций аспирантов (то есть кандидатских) «по докладу», а именно по совокупности опубликованных работ, без написания текста диссертации. На первом этапе это предлагается сделать только для проведения защит аспирантами в диссертационных советах до окончания срока аспирантуры или в течение года после окончания аспирантуры.

По словам Министра, реализацию этой инициативы целесообразно начать с диссертаций в области технических, физико-математических и других естественных наук — именно в этих областях требуются значительные экспериментальные исследования, занимающие много времени в аспирантуре. Пленум ВАК затем может определить, на какие научные специальности это можно распространить.

Третья инициатива направлена на повышение качества, объективности и оперативности в экспертизе поступающих в ВАК диссертаций. Глава Минобрнауки России отметил, что необходимо шире использовать возможности дистанционных технологий в этой работе. Предлагается сформировать широкий набор экспертов по каждой из 360 научных специальностей Номенклатуры научных специальностей.

По мнению Министра, такой набор может включать членов экспертных советов ВАК (их около двух тысяч), экспертов РАН, РФФ и других. Поступающие в ВАК диссертации нужно направлять в электронном формате трем экспертам из этого пула экспертов, на рассмотрение дается 10 дней. В этом новшестве ВАК совместно с Минобрнауки России предстоит отработать технологические вопросы, обеспечивающие оперативность и объективность в этой работе: необходимо разработать принципы и принятие необходимых нормативных решений.

«Мы рассчитываем на заинтересованное участие научного сообщества в обсуждении этих новаций с тем, чтобы, расширяя возможности организаций и соискателей ученых степеней, мы не упустили бы самое главное — обеспечение качества диссертационных исследований», — подчеркнул Министр.

Озвученные инициативы Министра прокомментировал Председатель Высшей аттестационной комиссии В. Филиппов, который считает, что предложенные механизмы должны распространяться на абсолютное большинство вузов, в том числе и на региональные, где, например, не всегда хватает докторов наук для создания постоянных диссертационных советов. Далее он отметил: «Валерий Николаевич знает и чувствует



эту систему. Одно из предложений касается защиты диссертаций аспирантами в срок. Это проблема, решение которой предложил Министр: давайте не будем требовать от них текста диссертации, если он уже выполнил работу и опубликовал статьи, давайте используем этот опыт разовых защит, который уже наработан, на все вузы страны. Министерство стремится к открытости и гласности. Именно поэтому третье предложение касается повышения объективности экспертизы диссертаций. Министр сказал, часто докторскую диссертацию, которую человек готовил 10–15 лет, эксперт должен за 20–30 минут прочитать. Все озвученные сегодня предложения существенно новые, дискуссия была острой (имеется в виду заседание Комитета советников Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки России). Многие привыкли жить по старинке, не хотят ничего менять. Именно поэтому такая встреча была важна, чтобы услышать всех. И сейчас мы будем готовить проекты документов, чтобы любые риски исключить».

Действительно, предложения новые, можно сказать, революционные, и только время позволит оценить их созидательную составляющую. Поэтому неслучайно Министр подчеркнул, что надеется на заинтересованное участие научного сообщества в обсуждении этих преобразований.

Считаю, что профессорско-преподавательскому составу физического факультета следует принять самое активное участие в обсуждении инициатив Министра науки и высшего образования РФ, направленных на значимую реконструкцию системы государственной аттестации научных и научно-педагогических кадров.

*Заслуженный работник высшей школы,
профессор В.С. Сенашенко*

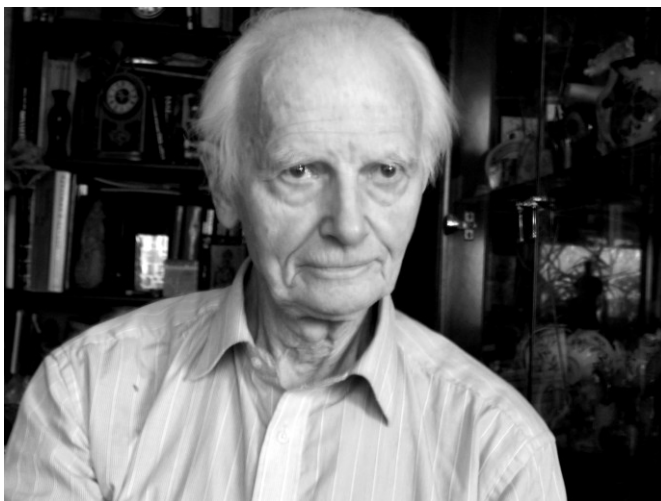
К 90-ЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА ФЕДОРА ВАСИЛЬЕВИЧА ШУГАЕВА

Шугаев родился в Москве 19.10.1932 г. Его родители окончили физмат МГУ и работали в Теплотехническом институте им. Дзержинского. Шугаев после окончания школы с золотой медалью был принят на физфак МГУ и окончил его в 1955 г. Далее он учился в аспирантуре, а затем стал сотрудником кафедры молекулярной физики, которой тогда заведовал член-корр. АН СССР, профессор А.С. Предводителев. Шугаев участвовал в хозяйственных работах, которые кафедра вела с Главным артиллерийским управлением, а также с конструкторским бюро С.П. Ко-



ролёва и с Московским институтом теплотехники (директор – главный конструктор академик АН СССР А.Д. Надирадзе).

В 1965 г. Шугаев защитил кандидатскую диссертацию на тему «Взаимодействие сверхзвукового потока с затупленным телом». В семидесятых годах прошлого века он усовершенствовал метод, предложенный Адамаром для разложения в ряд параметров газа за фронтом искривлённой ударной волны, распространяющейся по неоднородному течению. Благодаря этому оказалось возможным найти распределение плотности и давления при отражении ударной волны от тел различной формы и при распространении волны в неоднородном потоке. Это исследование, а также соответствующие данные, полученные в экспериментах на ударной трубе с высоким временным разрешением, составили предмет докторской диссертации, защищённой в Московском физико-техническом институте в 1985 г. В проведении экспериментов участвовали аспиранты Ю.Г. Лисин, Ю.Ф. Маковский, О.А. Серов, И.А. Знаменская, М.В. Пискарева, асс. Н.Н. Сысоев.



В восьмидесятых годах прошлого века под руководством Шугаева были выполнены работы по изучению структуры ударной волны в низкотемпературной плазме при поперечном высокочастотном разряде. В работе принимал участие аспирант С.А. Быстров. Одним из результатов работ явилось обнаружение предвестника перед фронтом волны. В начале 2000-х годов аспирант А.П. Калинин под руководством Шугаева исследовал устойчивость быстрых магнитогазодинамических волн. В десятилетиях



тых годах этого века Шугаев совместно с аспирантами Д.Ю. Черкасовым, О.А. Солёной, Т.А. Петровой теоретически исследовал затухание сеточной турбулентности на основе системы уравнений Навье – Стокса для вязкого теплопроводного газа. Предварительно была разработана оригинальная процедура для численного решения данной системы. Была найдена скорость затухания в зависимости от частоты спектра возмущений. Несколько позже Штеменко Л.С. и Шугаев Ф.В. экспериментально обнаружили новый эффект — появление избыточного давления за ударной волной, распространяющейся по турбулентному газу. Позднее эффект был подтверждён японскими исследователями. В отличие от японских учёных, Штеменко и Шугаев сумели найти причины, благодаря которым эффект возникает.

В 2018 г. Шугаев и его аспирантка О.А. Николаева получили точное решение уравнений Максвелла, описывающее распространение непараксиального гауссова пучка в однородной атмосфере и поправки к нему за счёт неоднородностей в атмосфере. Этот результат явился темой приглашённого доклада на конференции SPIE Remote Sensing (2020 г.).

Шугаев — учёный, известный не только в России, но и за рубежом. Он опубликовал свыше 160 научных работ. Среди них монографии:

— Ф.В. Шугаев. Взаимодействие ударных волн с возмущениями. Изд. Московского университета, 1983, 98 стр.

— F.V. Shugaev, L.S. Shtemenko. Propagation and reflection of shock waves. World Scientific, Singapore, New Jersey, London, Hong Kong, 1998, 244pp.

Шугаев в течение ряда лет читает спецкурсы «Математические методы в механике сплошных сред», «Гидродинамика сверхтекучей жидкости». В 2019 г. он выпустил пособие «Теория нелинейных волн» (123стр.). Под его руководством защитили кандидатскую диссертацию 13 человек. Из них трое стали докторами наук.

Шугаев перевёл с французского монографию Адамара «Задача Коши для линейных уравнений с частными производными гиперболического типа», которая была издана под редакцией академика АН СССР О.М. Белоцерковского (М., «Наука», 1978).

Шугаев — член Диссертационного совета Д 002.110.03 ОИВТ РАН, член SPIE (международная организация по оптике и фотонике).

Пожелаем Федору Васильевичу крепкого здоровья и дальнейших успехов в научной и педагогической деятельности.

Б.И. Садовников, А.В. Уваров, Л.С. Штеменко

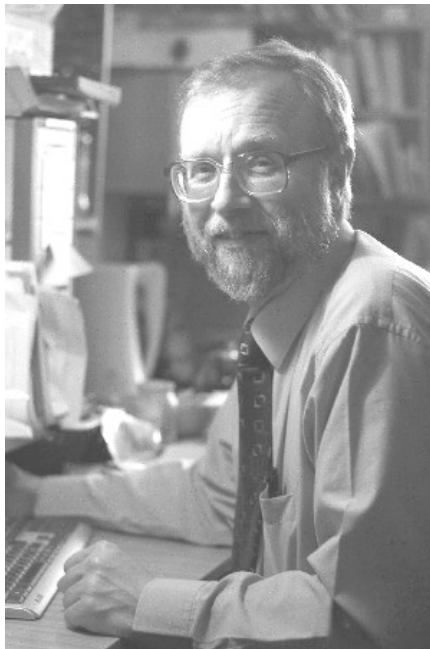


ПОЗДРАВЛЯЕМ СЕРГЕЯ ПЕТРОВИЧА ВЯТЧАНИНА!

31 октября 2022 г. исполнилось 70 лет заведующему кафедрой физики колебаний профессору Сергею Петровичу Вятчанину.

С.П. Вятчанин работает на физическом факультете МГУ с 1979 г. после окончания аспирантуры физического факультета. В 1981 г. он защитил кандидатскую диссертацию, а в 1999 г. — докторскую. С 2001 г. он профессор физического факультета, а с 2012 г. — заведующий кафедрой физики колебаний.

С.П. Вятчанин широко известен своими теоретическими работами в областях физики квантовых и прецизионных измерений, квантовой и классической радиофизики. Им был выполнен большой цикл работ в рамках Международного проекта создания лазерных интерферометрических детекторов гравитационного излучения (LIGO), увенчавшегося в 2015 г. первой прямой регистрацией гравитационных волн от слившихся двойных черных дыр. Чувствительными элементами интерферометрических детекторов являются подвешенные пробные массы весом около 40 кг, на которые нанесены многослойные диэлектрические зеркальные покрытия. В 1999 г. в LIGO возникла идея заменить пробные массы из плавленого кварца на пробные массы из сапфира. Представлялось, что монокристаллический сапфир является более качественным материалом с точки зрения малых оптических и акустических потерь. С.П. Вятчанин с коллегами детально проанализировали все физические процессы, приводящие к флуктуациям положения поверхности пробной массы. Ими был предложен и впервые реализован новый метод расчета тепловых флуктуационных колебаний поверхности пробной массы, который показал, что при комнатных температурах шум смещения поверхности кварцевой пробной массы меньше, чем сапфировой, так что замену пришлось отменить. Этим вопросам посвящена *статья V.B.*





Braginsky, M.L. Gorodetsky, S.P. Vyatchanin, «Thermodynamical fluctuations and photo-thermals hot noise in gravitational wave antennae», опубликованная в журнале Physics Letters A 264 (1999) 1. Она собрала 373 цитирования.

В 2001 г. С.П. Вятчанин с коллегами предсказали и рассчитали эффект параметрической колебательной неустойчивости, который будет возникать в лазерных интерферометрических детекторах гравитационных волн при большой мощности оптической накачки в плечах интерферометра. Статья *V.B. Braginsky, S.E. Strigin, S.P. Vyatchanin, «Parametric oscillatory instability in Fabry–Perot interferometer», опубликованная в журнале Physics Letters A 287(2001) 331, имеет 433 цитирования. Только в 2015 году эффект параметрической колебательной неустойчивости был экспериментально обнаружен в гравитационно-волновом детекторе LIGO, полностью подтвердив все теоретические расчеты.*

С.П. Вятчаниным предложена и развита теория квантовых вариационных измерений, позволяющая преодолеть стандартный квантовый предел чувствительности при координатных измерениях. Ее результаты легли в основу работы: *H. J. Kimble, Yuri Levin, Andrey B. Matsko, Kip S. Thorne, and Sergey P. Vyatchanin, «Conversion of conventional gravitational-wave interferometers into quantum nondemolition interferometers by modifying their input and/or output optics», опубликованной в Physical Review D, vol. 65 (2001) 022002. Статья уже получила 730 цитирований и продолжает их набирать.*

Это лишь немногие примеры из более 300 работ, опубликованных С.П. Вятчаниным с коллегами и учениками и получивших признание среди отечественных и зарубежных ученых. Они также свидетельствуют о большой практической значимости его теоретических работ. Эти работы поддерживаются как российскими (РФФИ, РНФ, Минобрнауки РФ), так и международными грантами и проектами. В настоящее время он вместе с аспирантами и студентами продолжает активную деятельность по разработке новых методов квантовых измерений. Так, впервые проанализирована возможность одновременного использования дисперсионной и диссипативной связи в оптомеханических системах. Сформулирован рецепт преодоления стандартного квантового предела для этого случая (2020 г.). Впервые сформулирован оригинальный принцип дихроического квантового вариационного измерения малой силы, действующей на механический осциллятор. Предложенный метод измерения позволяет полностью исключить обратное флуктуационное влияние в широкой полосе частот (2021 г.).

Активную научную работу С.П. Вятчанин сочетает с многосторонней педагогической деятельностью. Он читает общефакультетский курс «Радиофизика» для студентов 3 курса физического факультета, а также



в филиале МГУ в г. Баку, ведет кафедральные специальные курсы «Современные проблемы физики», «Квантовые коммуникации и вычисления», «Введение в квантовые измерения», является членом двух диссертационных советов. Им опубликовано семь монографий и учебных пособий.

С.П. Вятчанин является лауреатом пяти премий, в числе которых Премия имени М.В. Ломоносова за научные работы (2016 г.); Специальная премия за прорывные исследования в области фундаментальной физики (Special Breakthrough Prize in Fundamental Physics, США, 2016 г.); Премия Грубера в области космологии (Gruber Cosmology Prize, США, 2016 г.); Премия Королевского астрономического общества (Royal Astronomical Society Group Achievement Award, Великобритания, 2017 г.); Премия принцессы Астурийской в области технологических и научных исследований (Princess of Asturias Award for Technical and Scientific Research, Испания, 2017 г.)

От всей души поздравляем Сергея Петровича с юбилеем. Желаем ему крепкого здоровья, творческой энергии и новых научных достижений.

Коллектив кафедры физики колебаний

К СТОЛЕТИЮ ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Договор об образовании СССР был подписан 29 декабря 1922 года, а 30 декабря 1922 года I Всесоюзный съезд Советов одобрил его.

Сто лет назад, в 1922 г., в мировой истории вспыхнула ярчайшая звезда — образовался Союз Советских Социалистических республик. Эта вспышка кардинально изменила структуру всего мира. Изменила навсегда.

Нисколько не умаляя вклад других цивилизаций в общемировое развитие, следует отметить, что СССР был принципиально другой, особой, отличной от предшествующих цивилизацией, и, не побоюсь сказать, был той цивилизацией, которой, несмотря на гибель, принадлежит будущее.

Только СССР был способен обеспечить каждому гражданину не только право на труд и необходимые жизненные условия, СССР обеспечивал каждому гражданину право стать созидателем, Творцом. Здесь это слово необходимо писать именно так — Творцом. Превращение раба*, труженика в Творца открывает перед человечеством невиданные перспективы, позволяет решить любые глобальные проблемы.

Как и почему СССР смог просуществовать очень и очень долго?



Только потому, что его граждане были творцами, для них не было ни преград, ни невозможного, и у них — у граждан СССР — было будущее!

Вглядываясь в историю жизни на Земле, выясняется справедливость закона: каждый новый вид биосферы обречен на вымирание.

Только один вид выпадает из этого ряда обреченных жизнью на смерть — это человек. Но не просто человек! Чтобы обрести будущее, человек должен стать творцом. Именно эти условия, условия превращения человека в Человека-Творца обеспечивал Союз Советских Социалистических республик.

Не стоит грустить, лучше гордиться нашими предками, сумевшими заглянуть в будущее всего человечества.

Не стоит грустить — будущее будет: путь уже открыт!

*Здесь раб понимается в духе Сенеки.

Показеев К.В.

ЗОЛОТОЙ ЮБИЛЕЙ ВЫПУСКА 1972 ГОДА

Сокурсницы и сокурсники, все, кому не удалось присутствовать на нашей юбилейной встрече, друзья, поздравляем вас с золотым юбилеем — 50-летием выпуска курса 1972 года.

Наш курс — сингулярность среди других курсов физфака, поскольку он собрал наиболее подготовленных, т.е. нас, среди абитуриентов сдвоенного выпуска 10-х и 11-х классов в 1966 г. В первые дни июля (начало экзаменов — 4 июля) к физфаку МГУ прибыло амбициозное поколение выпускников из всех уголков Союза ССР, которые, принимая факт удвоенного числа абитуриентов-конкурентов, преодолели робость и сомнения, но прибыли к вступительным экзаменам на конкурсный отбор. Наши родители победили фашизм, были соавторами творцов первых спутников и лазеров, полёта Юрия Гагарина и выхода Алексея Леонова в открытый космос, ядерного щита, первой атомной электростанции и первого атомного ледокола.

Квантовая электроника, Нобелевская премия А.М. Прохорова, Н.Г. Басова и Ч.Х. Таунса и лазеры открывали новые горизонты непознанного. На физфаке уже была создана новая кафедра волновых процессов Рема Хохлова для изучения нелинейно-оптических процессов при взаимодействии лазерного излучения с веществом. Эти достижения, спрессованные в исторически короткий отрезок, были известны по всей стране, и поэтому физика манила нас новыми открытиями.

Личный круг однокурсников, с кем мы общаемся, включает представительную географию регионов страны, откуда они приехали и по-



ступили на физфак МГУ: Москва, Ленинград, Ташкент, Рига, Киев, Йошкар-Ола, Сумы, Черновцы, Крым, Тернополь, Новороссийск, Баку, Фрунзе, Печора, Башкирия, село Пономарёвка Оренбургской области, с. Алейниково Белгородской области, Гудермес (Чечня) и т.д.). Было подано свыше 4500 заявлений. Из них около 80% (~3600) выпускников с золотыми и серебряными медалями на 550 мест. Первый экзамен, математика письменно, существенно проредил это число, оставив около ~1200 претендентов. Высокий уровень сложности задач позволил достаточно эффективно и объективно провести отбор, выявив наиболее подготовленных абитуриентов.

Из преодолевших этот барьер медалистов, насколько нам сегодня известно, только 10 (может быть, немного больше) абитуриентов получили пятерки за письменную и устную математику и были освобождены от других экзаменов. Так, одному из таких медалистов (Коле Томилину), успешно решившему все задачи письменного экзамена, но не нашедшему себя в списке допущенных на второй экзамен, пришлось добиваться справедливости в апелляционной комиссии, куда удалось попасть к полуночи, отстояв на улице 10-часовую очередь. К удивлению членов комиссии, выяснилось, что работа оценена на 5, но произошла ошибка — по непонятной причине она попала не в тот список. Из комиссии Коля вышел после часу ночи, когда метро и транспорт уже не работали. Пришлось топать домой пешком. После такого испытания было делом чести и принципа получить вторую 5 за устный экзамен, что и было блестяще сделано.

Действительно, мы отмечаем золотой юбилей, насыщенный вот этими медалями. Судите сами, Виталий Высоцкий помнит, что в их группе № 120 из 25 студентов только у трёх(!) не было медали. В группе В. Петникова и А. Старобинского (№ 12) все были с медалями школы! При этом 13 девушек! Есть фантастический документ: зачётка Семёна Фельда с оценкой *excellent*, которую ему поставил будущий лауреат Нобелевской премии Nicolaas Bloembergen весной 1971 г. за экзамен по курсу Леонида Келдыша «Нелинейная оптика» на 5-м курсе. Рем Викторович Хохлов пригласил его в аудиторию, где мы сдавали этот курс, и он проэкзаменовал Семёна с разрешения Леонида Келдыша. Эти примеры показывают высокий уровень школьного образования не только в центре, но и на удалении до краин страны. Существенно заметить, что медали не были «липовыми» и отражали реальные знания всех школьников, не отмеченных медалями.

3 сентября 1966 г. на первой лекции по матанализу на нашем, 1-м потоке профессор математики Владимир Маркович Волосов поздравил нас с поступлением и несколько охладил нашу гордыню словами: «Много было званых (~4500), но мало призванных (550, из них около 130 были девушки!). Только трое или четверо из вас оставят заметный след в науке». Это



прозвучало как наказ и напутствие одновременно: дерзайте! Заметим, что вторая половина курса могла не знать об этом напутствии, поскольку курс (20 групп) был поделён на два потока по 10 групп с параллельным распределением занятий и дисциплин до распределения на кафедры на третьем курсе. Благодаря общежитию, агитбригаде (Пулинец Серёжа и др.) и ССО мы эффективно перезнакомились и преодолели это разделение. Пророчество профессора Волосова В.М. сбылось! В канун 50-летия наш курс даже перевыполнил его наказ (см. ниже).

Закончив обучение и получив дипломы – сертификаты нашей компетенции в разных областях физики, мы уже могли считать себя обручёнными с наукой в год выпуска, 1972 г. Мы вышли в мир науки и начали «карабкаться по её каменистым тропам неизведанного к вершинам истины». Мы начали накручивать обороты вокруг светила, вплоть до сегодняшнего, 50-го. Отметим высокое качество знаний и компетенций нашего курса: ~10% выпускников получили красные дипломы отличников (у них более 75% «отлично» в зачётах за 6 лет упорного труда студента!)

«Курсу славно подфартило, намотать вокруг светила 50 годков-витков!!!! А итог-то? Он каков?»

1. *академики РАН:*

Саша Глико, академик-секретарь отделения наук о Земле РАН, экс-директор ИФЗ РАН;

Женя Гордеев, академик РАН, экс-директор института вулканологии ДВО РАН;

Алёша Старобинский, академик РАН, а также иностранный член Национальной академии США и Андрей Линде — академик Национальной академии наук США — оба разрабатывают инфляционную теорию эволюции Вселенной, за которую они номинировались на Нобелевскую премию!

Сергей Молоденский — чл.-корр. РАН, геофизик, занимается теорией приливов и нутации Земли.

В 2019 г., наш Стас Колесников избран чл.-корр. РАН!

Курс перевыполнил наказ Волосова В.М.: мы дерзаем, несмотря на возраст!

2. «доценты с кандидатами» работают в МГУ и других вузах страны — более половины курса защитили кандидатские диссертации и около половины из них — докторские.

3. *Награды и премии* не обошли наш курс стороной:

Значимые награды наших академиков можно найти по интернету, среди которых медаль Дирака только у Андрея Линде и Алексея Старобинского. Следующая по рангу — Нобелевская премия, претендентами на которую они оба уже рассматривались. Ждём нового пополнения в клуб нобелевских лауреатов.



Ряд наших сокурсников также отмечены разными наградами, некоторые из которых представлены ниже (это не все, конечно, а только пример):

Алексеева-Мохова Марина — Правительственная награда: медаль Ордена за «Заслуги перед Отчеством» 2 степени, 1999 г.

Болодьян Ваню (полковник) — Орден «Знак Почёта» за успехи в физике горения и взрыва;

Сильницкий Саша — Государственная премия РСФСР 1989 года;

Высоцкий Виталий — премия Правительства РФ в области науки и техники; премия им. П.Н. Яблочкова РАН; премия IEEECS за долговременное и плодотворное служение прикладной сверхпроводимости; медаль Росатома и другие отраслевые — электротехнические;

Куприянов Миша (ранее) и недавно Белоусова Ольга и Кульбачинский Владимир — Ломоносовская премия МГУ.

4. Не забудем также, что более половины нашего курса параллельно получило высшее военное образование с выпуском кадровых офицеров — лейтенантов войск ПВО страны, ~160 из которых были призваны на действительную службу на 2 года; некоторые продолжили службу Советской Армии и других организациях до звания старших офицеров:

генерал — Ламакин Юрий;

полковники — Болодьян Иван, Глухов Толя, Данилов Саша, Чуйко Игорь, Козарь Виталий, Шакиров Виктор и, возможно, другие тоже.

5. В г. Саров трое наших сокурсников — Булкин Юрий Николаевич, Калиновский Владимир Валентинович и Якутов Борис Петрович — обновляют и поддерживают оборонный щит страны в рабочем состоянии на должном уровне.

Из истории факультета известно, что на каждом курсе встречаются студенты с особыми способностями. Наш курс не остался в стороне и по этим талантам тоже, вот некоторые примеры.

Известно, что Зоя Игнатьева (Истратова) в зрелом возрасте (50+) освоила парашютное дело и прыгала с парашютом, а также поступила в аспирантуру, успешно защитила диссертацию.

Наша Лейла Янгузарова закончила кафедру математики, работала в Институте водных проблем РАН, а защитила кандидатскую диссертацию по теоретической астрофизике. Сейчас она российский представитель classicalarchives.com, самого большого сайта классической музыки в Интернете. При этом на её курсы риторики запись на годы вперёд.

Володя Филатов, получив на физфаке материалистическое мировоззрение и закрепив его кандидатской диссертацией, стал доктором



философских наук, профессором философии и заведующим кафедрой философии в РГГУ.



Слева направо: Таня Шестакова, Мила Горбунова, Таня Роганова, Оля Белоусова, Наташа Сазанович, Ира Дроздовская, Ира Сорокина, Лена Помелова, Марина Алексеева-Мохова

Константин Показеев уже двадцать пять лет выпускает факультетскую газету «Советский физик». Под его редакторством газета вышла на совершенно другой уровень: сохранив традиционную форму настенной газеты, без которой трудно представить холл Центральной физической аудитории, стала выпускаться в журнальном, электронном вариантах, на основе газетных статей выпущено два десятка сборников, рассказывающих о людях физического факультета.

Наш сокурсник, Магомед Эпендиев, поступил на физфак с двумя пятёрками по математике. Получил диплом на кафедре теорфизики, отслужил в армии, поступил в аспирантуру физфака к Ольховскому И.И., защитил диссертацию, преподавал и написал два учебника по физике. На сорокалетие курса предложил встречаться чаще, каждый год, у него на даче, в Подмоскowie. За прошедшую декаду эти встречи вошли в традицию, что стало очередной сингулярностью нашего курса.

В уже упомянутой группе № 120 был студент Андрей Остапчук, которому при поступлении было 15 лет (!!!). Затем он (ожидаемо) стал кандидатом физ.-мат. наук, но затем, совсем неожиданно, протоиереем храма Пантелеймона в Кельне (ФРГ). (Неисповедимы пути Господни!)

Благодаря В. Кульбачинскому сохранилось фото с экзамена в первую сессию в январе 1967 г. Из архивной фотографии нашего Во-



лоди видно, что фотокорреспондент газеты «Правда» был направлен в аудиторию, где 120 группа сдавала первый экзамен по матанализу П.С. Моденову. Отметим, что недавно, в 2021 г., многолетний труд педагога, профессора Кульбачинского В. и доцента Белоусовой (Васильевой) отмечен Ломоносовской премией МГУ, как упоминалось выше.



Доцент Моденов П.С. тогда был известен по его пособию по элементарной математике для поступающих в вузы. Интересно, что он чаще других наших учителей вспоминается в анкетах наших сокурсников из-за личных встреч с ним с целью повысить оценку за экзамен по матанализу в 1967 г. (см. историю курса, которые редактирует и талантливо сводит в отдельные тома наша Таня Бойко (Назарова), tanazagova@mail.ru и <https://cloud.mail.ru/public/3EdM/GxqcGziny>). Так Сева Зарубанов был приглашён Моденовым к нему домой и успешно исправил 3 на 4, но неожиданно быстро и своеобразно! А вот Магомеду Эпендиеву исправить 4 на 5 не удалось. В сентябре 1966 г. на 2-м или 3-м семинаре Моденова по матанализу Першин, стоя у доски, быстро упрощал длинный многочлен, но «споткнулся» на скобках (бином Ньютона), чем Моденов П.С. был искренне огорчен.

Студенческие строительные отряды. Курсу снова «повезло»: нам представился шанс поехать на целину в 10-летний юбилей освоения целины студентами, начало которому положили студенты физфака МГУ. Пионеры целинных ССО (В.Д. Письменный, С.Ф. Литвиненко,



В.П. Кандидов и др.) были уже нашими наставниками на факультете. В первое студенческое лето 1967 г. большинство нашей группы № 16 поехало на целину в Казахстан в составе отряда «ЦО-2». Командир отряда — Ктиторов Володя, который годом ранее набирался опыта в отряде «ЦО-1». И здесь наш курс отличился тем, что наш Дима Белов отснял почти полнометражный фильм на 8-миллиметровую плёнку. Смонтировал его в фильм с комментариями. Много лет спустя, в 90-е, по инициативе Ани Корниловой мы оцифровали этот фильм и озвучили его. Подобных фильмов о ССО мы никогда более не встречали. Фильм доступен по ссылке www.krasnoetv.ru/node/7065 (разве это не сингулярность?). Более того, в 2016 г. к 50-летию нашего «ЦО-2» к нам в МГУ, после посещения мест ССО в Казахстане, приехали чехи, Вацлав, Маришка и Зденек, пражские студенты, которые выбрали летнюю практику в СССР, в нашем отряде. В 2017 г. мы с Сергеем Семёновым были в Праге на юбилейной (50 лет) встрече бойцов ССО «ЦО-2» по их приглашению.

На курсе есть ещё и реликвия ССО! В конце июля 1968 г. в ССО «Смоленск-68» (командир Валера Чернышев) нам сообщили, что может приехать декан физфака В.С. Фурсов с визитом. Ждите. Ожидая визит, мы написали письмо потомкам с надеждой подписать его у декана, если визит состоится. Действительно, на исходе дня 19.07.1968 г. в расположение моей бригады, которая строила зерносклад, вкатилось несколько автомобилей с деканом и с сопровождавшими его визитёрами. Быстро пообщались, все подписали письмо потомкам (см. фото письма с подписью Фурсова В.С. зелёными чернилами) и уехали, поскольку спешили вернуться в Москву. Письмо замуровали наверху фронтона в закрытой бутылке (см. фото бригады). При перестройке фронтона (в начале 2000-х) потомки обнаружили и сохранили это письмо, а затем передали нам во время нашей поездки по местам трудовой славы в 2006 году. Мы передали письмо в музей физфака МГУ как реликвию нашего курса с сингулярностями.

Вот такой наш курс выпуска 1972 года!

А встреча курса по случаю «Золотого юбилея 50-летия» состоялась 16 апреля 2022 г. в столовой № 10 МГУ.

Общее впечатление о встрече: повеяло теплом из быстро промелькнувшей студенческой жизни.

Многие увиделись после долгого перерыва. Леша Иванов-Шиц и Сережа Першин замечательно провели собрание. Вообще, организация встречи была на уровне, много энтузиазма, энергии, жизненного опыта потребовалось от нашего оргкомитета. Справились на отлично! Соня Березина – молодец, преодолела трудности: прилетела на встречу из Словении через всю Европу в Хельсинки, затем в Москву. Bravo!



Не забыли помянуть минутой молчания безвременно ушедших наших сокурсников.

После «торжественной части» все разбилось на корпоративные группы, как обычно. Существует ведь два способа научного рассуждения: от частного к общему и от общего к частному. Так и у нас получается.



Дорогой сокурсник, коллега, а где-то и друг!

Движение «Трудовой физфак»,
Союз выпускников 1972 года и Оргкомитет приглашают тебя
принять участие во Всесоюзном научном форуме
«Правильный курс»

Если не ТЫ, то КТО укажет верное направление творческого развития?

Пленарное заседание состоится 16 апреля 2022 г.

Время заседания 12-00 – 22-00

Место встречи: без вариантов – МГУ, физфак (но временно, 10 столовая).

Тематика форума:

Решение актуальных проблем пространства-времени

Укрепление единства теории и эксперимента, базиса и надстройки, бытия и сознания.

Программа форума:

I. Съезд гостей, регистрация, подготовка устных и стендовых докладов – 12⁰⁰ - 12⁵⁹

II. Научно – художественная часть

а) Вступление – 13⁰⁰

б) Выступления –

художественная самодеятельность – 13¹⁵ - 13⁴⁵

научная самодеятельность – 13⁴⁶ - 14¹⁵

личная самодеятельность – 14¹⁵ - 14³⁰

III. Культурная часть – 14³⁰ – до упаду

а) банкет

б) круглые столы, фото с академиком, танцы, физическая эстрада



Пение стоя гимна физфака «Дубинушка» опять всех объединило. Кто пел громко, кто вполголоса, кто шевелил губами, но это было искренне, и было заметно, что бывших физиков не бывает. Алкоголь в особом почете не был. Увы, мы эволюционируем, но изможденных наукой, изъеденных глубокими морщинами лиц не было. А суперактивная часть выпускников воплотила пылкие юношеские воспоминания прошлого века в танцах.

Вот годы пролетели, только представьте — полвека!

Но студенческая искорка, зажженная в нашей юности alma mater, не погасла!

*Першин Сергей, г.н.с. ИОФ РАН
Зарубанов Сева, пенсионер*

**СВЕТЛАНА КОВАЛЕВА**

27 июня 1938 – 10 июля 2022

ФИЗФАКОВЦЫ

Содружество выпускников физфака постигла тяжелая утрата. Ушла из жизни Светлана Ковалева. Большинству читателей она знакома как главный режиссер оперы «Архимед».

Света Ковалева — при звуке этого имени сразу возникает образ прекрасной женщины, образ удивительного созвездия талантов, которыми она наделена. Талантливый физик, прекрасный педагог, хореограф, танцовщица, журналист, режиссер, поэт, писатель, путешественница, обаятельная спортсменка — этот ряд можно продолжить... И еще один очень важный талант — умение дружить. Света была центром притяжения нашего коллектива, делилась своей неиссякаемой творческой энергией и человеческой теплотой, подвигала на новые проекты, всегда была готова помочь, ободрить, поддержать.

Света родилась в Кандалакше, в приграничном районе. Она всегда очень гордилась своим отцом, офицером-пограничником Константином Варфоломеевичем Ковалевым, прошедшим всю войну. Войну он начал лейтенантом, а завершил в звании полковника.

Окончив физфак, защитив диссертацию, занимаясь наукой, Света всегда отличалась очень широким кругом интересов. Как много она успела сделать! И как многое еще могла бы совершить. Света была полна планов. Совсем недавно, в апреле 2022 года, в Московской математической школе № 179 Светлана проводила презентацию своей новой книги «Человек с крыльями» о выдающемся Учителе и математике Николае Николаевиче Константинове, организаторе математического образования в СССР, создателе (одном из первых) математических классов в Москве. Название этой книги в полной мере относится и к Свете.





На очереди было знакомство читателей с еще одной новой книгой Светы Ковалевой «Наука и флот. Проблемный центр ВМФ» о Военно-морском флоте. В ней Светлана рассказывает о Научно-исследовательском институте ВМФ, где она работала над очень важной и интересной проблемой, связанной с оборонной тематикой.

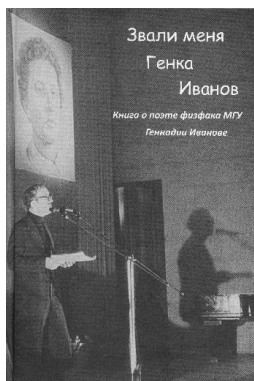
Светлана проводила творческие встречи с интереснейшими, подготовленными ею программами в Доме композиторов, Центральном доме работников искусств, в Центральном доме литераторов, в Доме культуры Курчатовского Института, в театре «Экспромт».

Являясь сотрудником Курчатовского института, Светлана занималась чрезвычайно актуальными исследованиями по истории Советского атомного проекта. Когда она приехала на комбинат «Маяк», то директор комбината академик В.И. Фетисов сказал, что перед Светой будут открыты все двери, потому что ее статья — лучшее, что было сказано о подвиге советских атомщиков. Речь идет о статье в «Независимой газете» «Плутоний в девичьих руках», где повествуется о героической эпопее добычи оружейного плутония из продуктов деления, образующихся в ядерном реакторе. В те первые послевоенные годы в решении этой проблемы участвовали, в основном, выпускники Воронежского университета, только что его окончившие. Заголовок статьи стал крылатым выражением. Его можно услышать в Музее ядерного оружия в Сарове при рассказе о начале работы над бомбой. Также большую научную и художественную ценность представляют книги Светланы о выдающихся физиках — Георгии Гамове, Александре Веденове, Льве Термене.

Замечателен вклад Светы в летопись литературного и художественного творчества на физическом факультете. Таковы ее книги «Ты помнишь, физфак?», «Звали меня Генка Иванов», «Архимеду — 60 лет».

Новым явлением в современной русской прозе выступают книги Светланы «Когда отказывают все приборы», где также опубликованы и ее прекрасные стихи, «Мои друзья», «Наши в России и за рубежом».

Светлана была ведущей актрисой в знаменитой агитбригаде физфака МГУ, с которой объехала весь Советский Союз, выступала в соцстранах. Приняв эстафету у Юрия Владимировича Гапонова, Светлана более двадцати лет была главным режиссером Большого физического театра оперы и балета и возглавляла все последующие постановки оперы «Архимед». Света участвовала в опере с премьеры на первом празднике «День рождения Архимеда» и как танцовщица, и как балетмейстер.



Эта опера (либретто Валерия Канера и Валерия Милияева, музыка — народная) выдержала более 300 представлений. Под руководством Светы состоялся триумфальный спектакль 2000 года в ДК МГУ, посвященный сорокалетию первой постановки. Вызывает волнение следующий факт. Кассету с записью привезли в город физиков-ядерщиков Снежинск на Урале. Обстановка там была драматичная, «лихие девяностые» продолжались. И как рассказали сами жители Снежинска, просмотр оперы им очень помог, они вновь поверили в свои силы, в то, что смогут преодолеть все трудности.



*Фестиваль «Боспорские Агоны», 2006 г. Керчь.
Владимир Коренев (Ихтиандр в фильме «Человек-амфибия»)
вручает Светлане Ковалевой Золотую Нику*

В 2006 году состоялись легендарные гастроли оперы в городе Керчь на Боспорском фестивале театрального искусства. Благодаря Свете, ее



вдохновенной деятельности как главного режиссера и лидера коллектива выступления «Архимеда» было очень успешным, опера — кстати, единственный самодельный коллектив из Москвы — стала лауреатом, завоевав специальный приз Фонда «Боспор».

Таким же блестящим было выступление на 80-летию физфака, где среди аплодирующих зрителей были декан факультета профессор Н.Н. Сысоев и ректор нашего Университета академик В.А. Садовничий.

Большую созидательную работу проводила Светлана в своем родном Зеленограде, где она выступала с яркими лекциями, участвовала в литобъединениях. Трудно поверить, что такая полная творческих свершений жизнь прекрасного, светлого, доброго, талантливого человека не будет продолжаться. Света Ковалева всегда будет жить в нашей памяти, в нашей дружбе, для которой она сделала так много.

*Участники оперной студии «Архимед»,
друзья, коллеги, поклонники*

ПАМЯТИ ВАЛЕРИЯ АНАТОЛЬЕВИЧА РУБАКОВА



9 октября 2022 года ушёл из жизни выдающийся физик-теоретик, крупнейший специалист в области физики элементарных частиц, квантовой теории поля и космологии заведующий кафедрой физики частиц и космологии физического факультета МГУ, главный научный сотрудник Института ядерных исследований Российской академии наук, руководитель Секции ядерной физики Отделения физических наук РАН академик Валерий Анатольевич Рубаков. Его научные работы во многом определили развитие этих областей, открыли несколько новых направлений развития теоретических исследований и инициировали



широкомасштабную экспериментальную проверку теоретических предсказаний на стыке физики частиц и космологии.

В.А. Рубаков родился в Москве, в 1972 г. окончил физико-математическую школу № 57. В том же году поступил на физический факультет МГУ, затем, в 1978 г., в аспирантуру Института ядерных исследований АН СССР (сейчас ИЯИ РАН). Работая здесь, он защитил кандидатскую и докторскую диссертации, прошёл путь от младшего до главного научного сотрудника и несколько лет в сложные перестроечные годы (1987–1994) проработал в должности заместителя директора по науке.

Им был внесен неоценимый вклад в исследования непертурбативных процессов с нарушением барионного и лептонных чисел в калибровочных теориях. В 1981 г. он показал, что магнитные монополи, предсказываемые в моделях Великого объединения калибровочных взаимодействий, приводят к распаду протона и нарушению барионного числа. Эта работа принесла ему мировую славу и мотивировала поиски таких объектов и процессов в космических лучах и подземных лабораториях. Работа Рубакова совместно с В.А. Кузьминым и М.Е. Шапошниковым 1984 г. открыла путь к построению моделей электрослабого бариогенезиса и лептогенезиса.

Параллельно с развитием новых идей в области физики элементарных частиц, В.А. Рубаков занимался задачами в теории гравитации, и эта работа была не менее продуктивной. Невозможно не удивляться его работоспособности, он постоянно являлся генератором новых идей.

С самого момента возникновения моделей ранней инфляционной стадии развития Вселенной его заинтересовал вопрос о физических процессах той эпохи. В 1982 г. совместно с коллегами он нашёл, что рождаемые на инфляционной стадии гравитационные волны приводят к появлению специфической анизотропии температуры реликтового излучения. Этот эффект является основным для экспериментального ограничения темпа расширения и плотности энергии Вселенной инфляционной эпохи. В 1983 г. совместно с М.Е. Шапошниковым им была предложена концепция многомерного «мира на бране», где наш трёхмерный мир — это топологический дефект, трёхмерная доменная стенка, на которой за счёт взаимодействия с образующим стенку полем локализованы наши частицы. В рамках такого подхода решалась фундаментальная проблема космологической постоянной.

В 1984 г. он начал работать над изучением процессов рождения частиц в туннельных квантовых переходах в расширяющейся Вселенной. Перспективы создать новую Вселенную «в лаборатории» вдохновляли Рубакова на протяжении всей научной карьеры. В начале 90-х годов он исследовал влияние инстантонных переходов на рассеяние частиц, изу-



чал возможность увеличения сечения множественного рождения частиц и вызванной этим потери унитарности при высоких энергиях. Совместно с коллегами ему удалось показать, что, хотя множественное рождение не усиливается, непertурбативные процессы могут иметь наблюдаемые в физических процессах следствия. Возможность будущей экспериментальной проверки новых физических идей всегда привлекала Валерия Анатольевича.

Начиная с 2000-х годов В.А. Рубаков активно развивал модели с модифицированной гравитацией. Им были предложены альтернативные инфляционному механизмы генерации неоднородностей материи в расширяющейся Вселенной. В последние годы В.А. Рубаков с молодыми коллегами работал над циклическими моделями эволюции Вселенной и моделями с отскоком.

Научные заслуги Валерия Анатольевича Рубакова были отмечены многочисленными международными и российскими премиями и наградами, среди которых Золотая медаль с премией для молодых учёных Академии наук СССР (1984), Премия Солвейских физических кафедр (2009), Премия им. Ю. Весса (2010), Премия им. М.В. Ломоносова МГУ (2012), Гамбургская премия по теоретической физике (2020). В возрасте 35 лет в 1990 г. он был избран самым молодым на тот момент членом-корреспондентом РАН, в 1997 г. стал академиком.

Нельзя не отметить учебники, написанные В.А. Рубаковым по теории поля и калибровочным полям, а также его двухтомную монографию по космологии в соавторстве с Д.С. Горбуновым и по теории групп и симметрий совместно с А. П. Исаевым. Эти издания используют не только студенты, но и специалисты, работающие в столь быстро развивающихся областях теоретической физики.

Заметное время он уделял и организации научной деятельности. В.А. Рубаков участвовал в работе РФФИ, научных советах фондов «Династия» и «Базис», входил в редколлегии нескольких российских и зарубежных журналов, много лет возглавлял журнал «Успехи физических наук» и Секцию ядерной физики ОФН РАН, а также работал в составе Наблюдательных научных советов CERN (Женева) и ICTP (Триест).

Валерий Анатольевич любил работать с молодёжью, блестяще читал лекции, в том числе научно-популярные. Несколько десятков его учеников работают в ведущих мировых научных центрах и продолжают дело своего учителя.

Валерий Анатольевич обладал, казалось, неиссякаемым источником энергии. Он любил физику во всех её проявлениях, с большим энтузиазмом начинал разбираться в самых разных научных вопросах, с которыми



к нему обращались коллеги. Общение с ним всегда было полезным и создавало позитивный настрой на дальнейшую работу.

Таким энергичным, поразительно талантливым, ярким учёным, при этом очень отзывчивым и великодушным человеком навсегда останется он в наших сердцах.

Друзья и коллеги Валерия Анатольевича Рубакова

(Более подробно с научными результатами В. А. Рубакова можно познакомиться в журнале «Письма в астрономический журнал», том 48, № 11, 2022).

СОДЕРЖАНИЕ

ДОРОГОЙ ЧИТАТЕЛЬ! 3

№ 1(153)/2022

Поздравление декана физического факультета профессора Н.Н. Сысоева с днём рождения Московского университета и Днём российского студенчества.....	5
МГУ продолжает последовательно улучшать позиции в мировых рейтингах вузов.....	6
Наночастицы диоксида титана и структуры на их основе: необычное в обычном.....	9
Не беда, что холода: перспективы развития сверхпроводниковой цифровой электроники	14
Физики МГУ достигли рекорда добротности для следующего поколения магнитооптических резонаторов в микрооптике	17
Конкурс имени академика Р.В. Хохлова на лучшую студенческую научную работу 2021 года.....	19
Первая физическая лаборатория в Московском университете	21
Проректор МГУ Василий Васильевич Потемкин. Страницы жизни.....	24
Владислав Рустемович Халилов	25
О женщинах-ученых Московского университета первой половины XX века в области физико-математических наук	28
Особенности обновления нормативно-правового сопровождения подготовки научных и научно-технических кадров	33
Алексей Михайлович Жемчужников	39
Один против пятидесяти двух.....	41

№ 2(154)/2022

Поздравление декана физического факультета профессора Н.Н. Сысоева с днём 8 марта	45
С праздником, дорогие женщины!	46
Онлайн конференция ректора МГУ в МИА «Россия сегодня».....	61
Поздравляем коллег с высокими наградами.....	66
95 лет со дня рождения академика Анатолия Алексеевича Логунова	67
Краткая история и сегодняшний день кафедры молекулярных процессов и экстремальных состояний вещества	73
Пространственная организация комплексов ДНК-DPS.....	81



Физики МГУ смоделировали лазерный нагрев опухоли с внедренными наночастицами кремния	87
Реверсия конвекции в горячем тоннеле над очагом вулкана Эльбрус	90
Победа на конкурсе — «Студенческий профсоюзный лидер МГУ».....	94
Атомная бомба ЮАР	95
Защищая Отечество	101
Красное знамя вооруженных сил России.....	104

№ 3(155)/2022

Поздравление декана физического факультета профессора Н.Н. Сысоева с Днём Победы	119
К 100-летию со дня рождения героя Великой Отечественной войны профессора Алексея Николаевича Матвеева.....	120
Доклад Римскому клубу представлен в Московском университете.....	133
Научная школа нелинейной оптики в Московском университете	136
Световые пули нелинейной оптики.....	140
Е.А. Шишкин — лауреат премии правительства Москвы молодым ученым за 2021 год	145
Студенческая жизнь в весеннем семестре	151
«Архимеду» 60 лет.....	153
Семен Эммануилович Хайкин	158
Вернер Гайзенберг	161
Информационная служба факультета «Медиацентр»	165

№ 4(156)/2022

Поздравление выпускников деканом физического факультета МГУ профессором Н.Н. Сысоевым	168
МГУ вошел в топ лучших вузов мира.....	169
Поздравляем Павла Константиновича Кашкарова	170
Александр Михайловичу Салецкому — 70!!!	174
История открытия спонтанного параметрического рассеяния света	177
Информационный центр «Акустика» на физфаке	185
О конференции «Ломоносов-2022».....	189
Андре-Мари Ампер: навстречу 250-летию со дня рождения основоположника электродинамики	197
Новости библиотеки	205

Война для нашего поколения	207
Конкурс газеты «Советский физик» 2022 года	2013

№ 5(157)/2022

Поздравление декана физического факультета МГУ профессора Н.Н. Сысоева с новым учебным годом	215
Завершились монокристаллические работы на кластере «Образовательный (Управленческий)» Долины МГУ	216
Поздравляем сотрудников физического факультета, избранных академиками и членами-корреспондентами РАН	218
О развитии квантовых технологий в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова	219
Сверхсильные световые поля — нелинейные взаимодействия со структуро-неоднородными мишенями и атомно-молекулярными кластерами из сверхкритических состояний, генерация рентгеновского излучения и высокоэнергетических частиц	232
Выпуск 2022 года в цифрах (магистры)	237
Поздравляем Александра Ивановича Студеникина	237
Вести профкома	243
Выпускник физфака на параде Победы в Санкт-Петербурге 9 мая 2022 г.	245
Бригантина	247
Валентин Федорович Бутузов	249

№ 6(158)/2022

Поздравление декана физического факультета МГУ профессора Н.Н. Сысоева с днем народного единства	255
Новые подходы к преодолению «Пределов роста»	256
О развитии квантовых технологий в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова	264
Кафедра физики частиц космологии: постигая единство микро- и макромира	277
Космическая миссия GAIA	285
LXXII Международная конференция «Ядро-2022: Фундаментальные вопросы и предложения»	299
Наши поздравления!	303
Александр Михайлович Салецкий награжден орденом Почета	307
Поздравляем Дмитрия Владимировича Гальцова!	308

376



Итоги конкурса газеты «Советский физик»	311
Форма форм	314
ALMAMATER	316
Светлой памяти Андрея Алексеевича Славнова	318

№ 7(159)/2022

Поздравление исполняющего обязанности декана физического факультета МГУ профессора В.В. Белокурова с Новым годом	322
Ректор МГУ назначил и.о. декана физического факультета	323
В МГУ представлены результаты работы НОШ «Фотоника»	324
Основные направления и достижения научной группы наноэлектроники	327
Нобелевская премия по физике 2022 год	337
Реляционная парадигма фундаментальной физики	343
Фестиваль НАУКА 0+ 2022 года	348
О грядущих преобразованиях системы государственной аттестации научных и научно-педагогических кадров	351
К 90-летию профессора Федора Васильевича Шугаева	353
Поздравляем Сергея Петровича Вятчина	356
К столетию образования СССР	358
Золотой юбилей выпуска 1972 года	359
Светлана Ковалева	366
Памяти Валерия Анатольевича Рубакова	370

Главный редактор К.В. Показеев
sea@phys.msu.ru

<http://www.phys.msu.ru/rus/about/sovphys/>

Выпуск готовили: Е.В. Крылова, Н.В. Губина, В. Л. Ковалевский,
К.В. Показеев, М.К. Савина, О.В. Салецкая.

Фото из архива газеты «Советский физик» и С.А. Савкина.


Научно-популярное издание

Ежегодник газеты «Советский физик». 2022 год

Подписано в печать 1.08.2023 г.

Формат 60x90/16. Объем 23,75 усл.п. л. Тираж 20 экз.

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



«Советский физик» — газета физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. С 1953 г. выпускается в настенном варианте. С 1998 г. — в настенном, журнальном и электронном (<http://www.phys.msu.ru/rus/about/sovphys/>; <http://www.msu.ru/resources/msu-publ.html>) вариантах. По материалам газеты выпущен ряд сборников: «Люди физфака», «Проблемы образования глазами “Советского физика”», «Физфаковцы», «Физфаковцы и Великая Отечественная война», «Физфаковцы в комсомоле и ССО», «Советский сверхчеловек», «М.В. Ломоносов в “Советском физике”» и др.

Главный редактор газеты «Советский физик»
К.В. Показеев