

СОВЕТСКИЙ ФИЗИК

№5 (157) 2022

В номере:



Поздравление декана физического факультета МГУ профессора Н.Н. Сысоева с новым учебным годом

Стр. 2



Завершились монолитные работы на кластере «Образовательный (Управленческий)» Долины МГУ

Стр. 3–4



О развитии квантовых технологий в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова

Стр. 11–19



Выпускник физфака на параде Победы в Санкт-Петербурге 9 мая 2022 г.

Стр. 23–31



Бригантина

Стр. 31–39

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 — с Днем знаний, с началом нового учебного года!

2023 год — год 90-летия нашего факультета. Желаю в этом юбилейном году нам всем 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 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 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 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),



*Рем Викторович Хохлов
(1926–1977)*

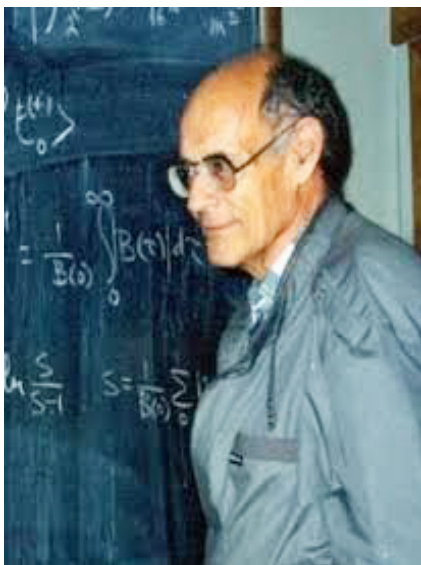
- Школа квантовых измерений В.В. Брагинского (принципы прецизионных квантовых измерений, квантово-невозмущающие измерения, разработка ключевых элементов для детекторов гравитационных волн),
- Школа взаимодействия излучения с веществом Л.В. Келдыша (неупругая туннельная спектроскопия, взаимодействие мощного лазер-

ного излучения 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.



Давид Николаевич Клышко (1929–2001)

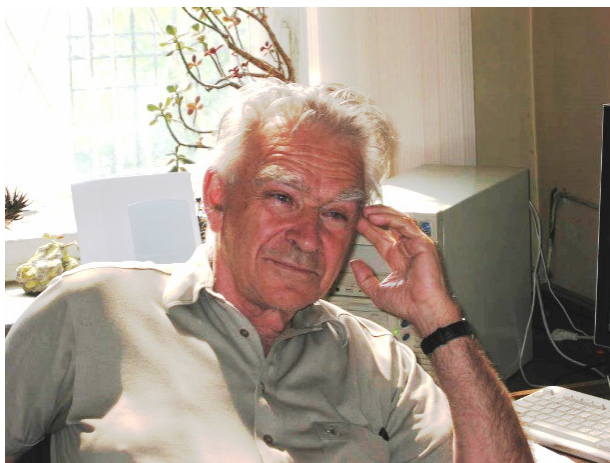
Почти сразу после открытия Д.Н. Клышко, В.В. Фадеевым и О.Н. Чунаевым эффекта спонтанного параметрического рассеяния (СПР) света (об истории открытия см. статью в предыдущем номере «Советского физика») стало ясно, что уникальные статистические свойства пар фотонов можно использовать в новом направлении, 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)].



Владимир Борисович Брагинский
(1931–2016)



Леонид Вениаминович Келдыш (1931–2016)



Константин Константинович Лихарев



Александр Николаевич Пенин (1940–2016)

Чуть позже — в конце 80-ых годов XX века — начался поток статей (теоретических и экспериментальных) — в которых пары коррелированных фотонов использовались для проверки неравенств Белла и демонст-



рации 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 [Yanhua Shih, 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. Садовничева 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 со-



временных 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, Filippe Grangier, Andrew Forbes, Mark Saffman, Marco Genovese, Marco Bellini, Сергей Вячанин, 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.

¹ К сожалению, в погоне за финансированием, этим злоупотребляют и некоторые ученые.



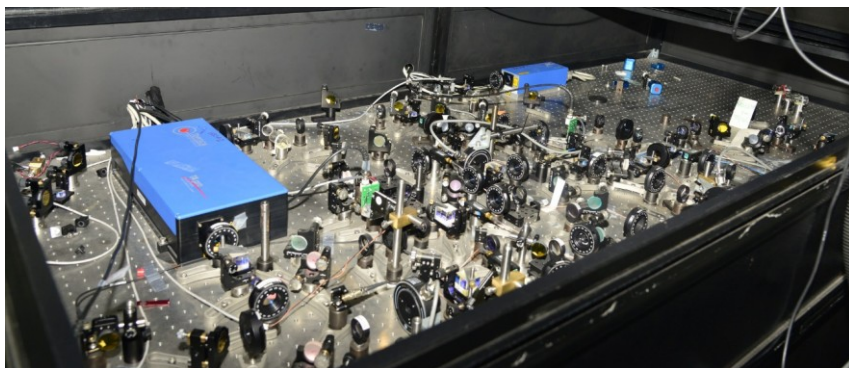
*Во время работы 3-й Школы по квантовым технологиям
(Сочи, 1–7 марта 2020 г.)*

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 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 поляризационные состояния пар фотонов/бифотонов и с их помощью демонст-



ризовать 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.

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 не знакомы 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 криптологии 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 эксимерной 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/см² 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 фемто-



секундного лазерное излучение с интенсивностью $1-10 \text{ ПВт/см}^2$, что позволяло инициировать нелинейный процесс возникновения приповерхностной высокотемпературной плазмы, являющейся источником рентгеновского излучения сверхкороткой ($\sim 10^{-12} \text{ с}$) 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 Ta 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 (Гордиенко 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 ($6 \times 10^{18} \text{ Вт/см}^2$), 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 циркулирующих 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, второй слева;

Ю. Мейер тер Вен (Макс-Планк Институт, ФРГ) — 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 кластерообразования. 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 агрега-

ты, 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 участию 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 юношей) 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 штате 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 квантовополевых 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» В 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 кван-



товых 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),

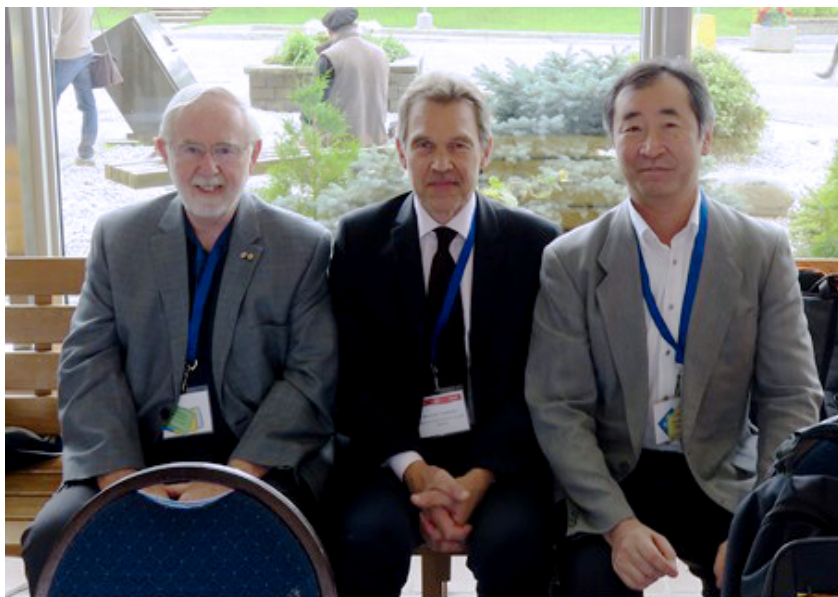
- предсказан эффект переворота спина нейтрино (что приводит к возникновению спиновых и спин-флейворных осцилляций нейтрино) в поперечнодвижущейся (относительно направления распространения нейтрино) среде.

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.

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.



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)

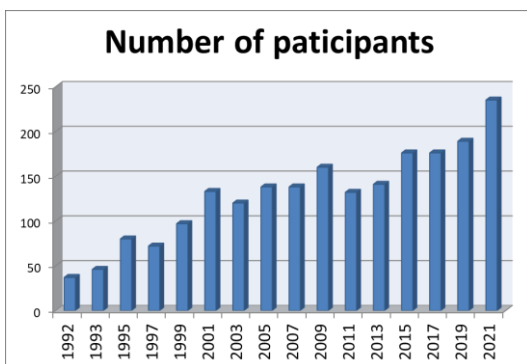
Большое внимание А.И. Студеникин всегда уделял и уделяет учебному процессу. Он автор нескольких специальных курсов по теории взаимодействия частиц во внешних полях и физике нейтрино. В настоящее время читает для студентов физического факультета два авторских спецкурса: «Взаимодействия элементарных частиц 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 теоретической 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 данного 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.

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 астрофизике. 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.



На рисунках красным цветом отмечены страны, представленные докладчиками на Ломоносовской конференции 2021 г., и показана динамика увеличения числа докладчиков конференции

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.



Зарайск

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 участвовали в мастер-классе по росписи полуфабриката с последующим обжигом.

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 безпорным 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, отработывали 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 ерничайте: 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 пограничных 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 вёл 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 требовательное 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 научиться — 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

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПОЗДРАВЛЕНИЕ ДЕКАНА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ ПРОФЕССОРА Н.Н. СЫСОЕВА С НОВЫМ УЧЕБНЫМ ГОДОМ | 2 |
| ЗАВЕРШИЛИСЬ МОНОЛИТНЫЕ РАБОТЫ НА КЛАСТЕРЕ «ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ (УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ)» ДОЛИНЫ МГУ | 3 |
| ПОЗДРАВЛЯЕМ СОТРУДНИКОВ ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА, ИЗБРАННЫХ АКАДЕМИКАМИ И ЧЛЕНАМИ-КОРРЕСПОНДЕНТАМИ РАН | 5 |
| О РАЗВИТИИ КВАНТОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МОСКОВСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ имени М.В. ЛОМОНОСОВА | 6 |
| СВЕРХСИЛЬНЫЕ СВЕТОВЫЕ ПОЛЯ — НЕЛИНЕЙНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СО СТРУКТУРНО-НЕОДНОРОДНЫМИ МИШЕНЯМИ И АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНЫМИ КЛАСТЕРАМИ ИЗ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ, ГЕНЕРАЦИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ | 19 |
| ВЫПУСК 2022 ГОДА В ЦИФРАХ (МАГИСТРЫ) | 24 |
| ПОЗДРАВЛЯЕМ АЛЕКСАНДРА ИВАНОВИЧА СТУДЕНИКИНА! | 25 |
| ВЕСТИ ПРОФКОМА | 31 |
| ВЫПУСКНИК ФИЗФАКА НА ПАРАДЕ ПОБЕДЫ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ 9 МАЯ 2022 г. | 32 |
| БРИГАНТИНА | 34 |
| ВАЛЕНТИН ФЁДОРОВИЧ БУТУЗОВ | 37 |
| СОДЕРЖАНИЕ | 42 |

Главный редактор К.В. Показеев

sea@phys.msu.ru

<http://www.phys.msu.ru/rus/about/sovphys/>

Выпуск готовили: И.А. Силантьева, Н.В. Губина, В.Л. Ковалевский,

Н.Н. Никифорова, К.В. Показеев, Е.К. Савина, О.В. Салеская.

Фото из архива газеты «Советский физик» и С.А. Савкина.

28.08.2022

Заказ _____. Тираж 60 экз.

Отпечатано в Отделе оперативной печати
физического факультета МГУ