

СОВЕТСКИЙ ФИЗИК

№5 (151) 2021

В номере:



Поздравление декана физического факультета МГУ профессора Н.Н. Сысоева с Днем единства

Стр. 2



МГУ последовательно улучшает позиции в мировых рейтингах вузов

Стр. 3–7



Будущее российской науки создается в МГУ сегодня

Стр. 7–13



Биоэнергетика, фотосинтез и молекулярные машины живой клетки

Стр. 21–29



Физики МГУ «научили» кремниевые микросхемы эффективно взаимодействовать со светом

Стр. 29–30



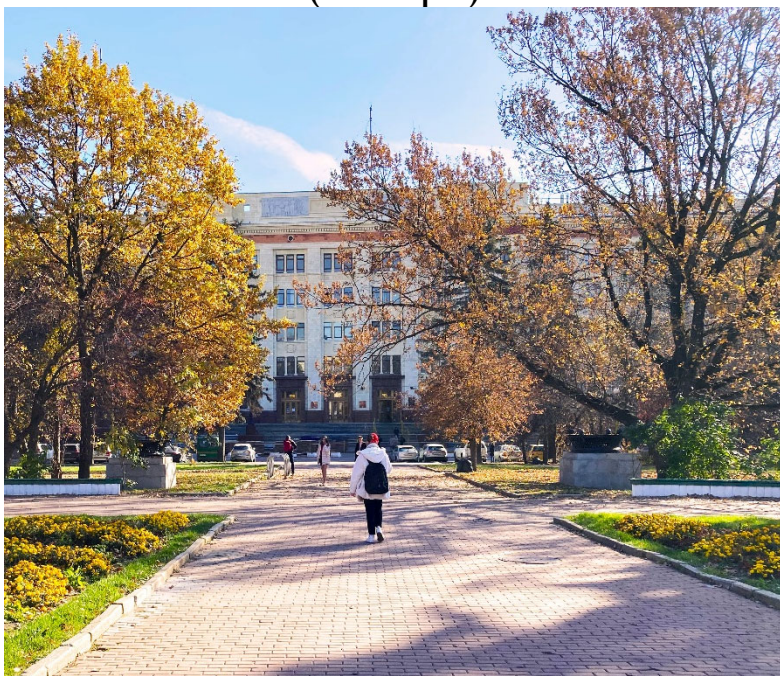
Нейтрино на XXIV петербургском международном экономическом форуме

Стр. 30–33

СОВЕТСКИЙ ФИЗИК

5(151)/2021

(ноябрь)



ОРГАН УЧЕНОГО СОВЕТА, ДЕКАНАТА
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ
2021



ПОЗДРАВЛЕНИЕ ДЕКАНА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ Н.Н. СЫСОЕВА С ДНЕМ НАРОДНОГО ЕДИНСТВА

Дорогие преподаватели, аспиранты, студенты и все работники физического факультета!



Поздравляю вас с Днем народного единства!

Этот важнейший государственный праздник объединяет нас всех в едином патриотическом стремлении сберечь и преумножить духовные и культурные ценности, величайшее научно-образовательное наследие, оставленные нам предками, и передать их следующим поколениям.

День народного единства появился в перечне государственных праздников недавно – в 2005 году. Однако он отражает и символизирует важнейшие моменты нашей истории. Еще в детстве мы познакомились с преданиями и сказами, в которых говорилось о важности единства в семье, обществе и государстве. Многовековой опыт крестьянской общины привил русскому народу представление о важности единства в труде и борьбе со стихийными бедствиями.

Восемьдесят лет назад единство советского народа было той основой, той главной силой, которая привела к разгрому немецких захватчиков под Москвой, а затем и к Победе в Великой Отечественной войне.

Сотрудники, студенты и аспиранты нашего университета всегда отличались гражданской инициативой, ответственностью, трудолюбием и неустанной работой по выполнению наиважнейшей миссии - просвещения.

Нелегкие времена пандемии как никакие другие требуют от нас единства и солидарности, вместе мы победим и ковид-19.

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!

Не забывайте, что наша сила - в единстве!

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

МГУ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО УЛУЧШАЕТ ПОЗИЦИИ В МИРОВЫХ РЕЙТИНГАХ ВУЗОВ

МГУ – в топ-20 лучших вузов мира по показателю «Образование» рейтинга THE

МГУ имени М.В.Ломоносова занял 19 место в мире по показателю «Образование» рейтинга лучших университетов мира Times Higher Education (THE) World University Ranking – 2022, поднявшись на две строчки.

По общему значению Московский университет также значительно укрепил свои позиции, получив от международной команды экспертов первое место среди российских вузов и 158 место в мире, поднявшись за год на 16 позиций.

Не менее позитивная динамика достигнута МГУ и по таким важным для академической репутации показателям, как «Исследования» (50 место, рост на 5 позиций) и «Связь с индустрией» (24 место, рост на 16 позиций).





«Московский университет продолжает поступательное движение вверх в международных рейтинговых системах университетского образования. Это отражает как усилия университета по развитию научно-образовательного потенциала, так и определенную переоценку потенциала российской высшей школы. Мы видим, что в международных рейтингах растет и количество отечественных университетов, и их экспертные оценки. Для Московского университета актуальный рейтинг Times Higher Education говорит об эффективности стратегии университета, выраженной как в уже реализованной, так и в новой десятилетней программе его развития. Уже сейчас значительный вклад в укрепление потенциала МГУ вносят и междисциплинарные научно-образовательные школы, и созданные на базе университета международные научные центры. 1 сентября начал свой первый учебный год новый филиал МГУ в городе Сарове Нижегородской области, который мы проектируем как мощный естественно-научный образовательный и исследовательский кластер. Устойчивое развитие университета в период пандемии, успешная работа преподавателей, учёных и студентов позволяет нам укреплять наше положение в ведущих международных рейтингах», – прокомментировал итоги рейтинга ректор МГУ академик В.А. Садовничий.

<https://www.msu.ru/news/mgu-v-top-20-luchshikh-vuzov-mira-po-pokazatelyu-obrazovanie-reytinga-the.html>

МГУ вошёл в топ-20 лучших вузов рейтинга «Три миссии университета»

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова занял 19 строчку Московского международного рейтинга вузов «Три миссии университета». Всего число вузов, представленных в рейтинге, увеличилось в 2021 году до 1650. По этому параметру рейтинг является самым представительным в мире. В список лучших вошли вузы из 97 стран мира. Россия сохранила позиции в тройке мировых лидеров по представленности в рейтинге (112 университетов), уступив лишь США и Китаю (239 и 144 университета, соответственно).

В рейтинг вошли образовательные учреждения из 39 субъектов Российской Федерации. Наибольшее количество сильных вузов сосредоточено в Москве — 33 университета, далее следуют Санкт-Петербург (11 вузов), Томская область и Татарстан (по 5 университетов), а также Самарская область (4 вуза). В топ-100 рейтинга представлены три российских участника — Московский государственный университет имени



М.В.Ломоносова (19-е место), Санкт-Петербургский государственный университет (36-е место) и Московский физико-технический институт (44-е место).

«Рейтинг “Три миссии университета” зарекомендовал себя как надёжный инструмент, показывающий реальные позиции российских университетов на фоне их глобальных конкурентов, — отметил президент Российского союза ректоров, ректор МГУ имени М.В.Ломоносова В.А. Садовничий. — Пользующийся растущим авторитетом в международном академическом сообществе рейтинг “Три миссии университета” в 2021 году получил официальное признание Правительства России — он учитывается при отборе зарубежных образовательных и научных организаций, чьи дипломы не нужно подтверждать в России, а кроме того, рейтинг включен в госпрограмму “Научно-технологическое развитие РФ”».

«В 2021 году РСР инициировал масштабные обсуждения методологии. Оператор рейтинга получил и проанализировал 201 предложение, поступившее от 49 организаций, — сообщил генеральный директор Ассоциации составителей рейтингов, советник президента РСР Д.Э. Гришанков. — В результате в методику был внесён ряд изменений, инициированных академическим сообществом. Так, кардинально увеличено количество учитываемых платформ массовых открытых онлайн-курсов (с 2



до 54), значительно расширен круг анализируемых академических премий (с 16 до 30), пересмотрены весовые коэффициенты ряда показателей рейтинга».

Ведущие университеты России впервые превзошли среднемировой уровень по показателю «доля иностранных студентов». Если по данным рейтинга прошлого года Россия немного отставала от среднего результата участников рейтинга (11,3% против 11,4%), то исследование 2021 года зафиксировало рост популярности отечественных университетов, позволивший стране превзойти среднемировой показатель (11,9% у России против 11,7% в среднем по миру).

Ещё одним драйвером, позволившим многим российским вузам улучшить позиции в рейтинге, стали онлайн-курсы. Активное развитие в этом направлении привело к тому, что сегодня результат российских университетов на 43% выше среднемирового. В частности, Россия опережает Великобританию, Канаду и Францию по взвешенному количеству курсов на ведущих платформах (с учётом их посещаемости), уступая только Китаю и США.

Вместе с тем, Россия лишилась одного из традиционных конкурентных преимуществ, которое заключалось в высокой кадровой обеспеченности университетов. Если ещё год назад российские участники рейтинга превосходили конкурентов по численности сотрудников в расчёте на студента (0,110 у России и 0,100 по всем участникам рейтинга), то теперь результат России ниже среднемирового (0,109 в России и 0,112 в мире).

Благодаря форсированию развития научных исследований в последние годы растёт востребованность публикаций российских ученых: сегодня нормализованная цитируемость по российскому сегменту рейтинга составила в среднем 0,49, тогда как годом ранее — 0,45. При этом средний показатель всех вузов-участников рейтинга «Три миссии университета» тоже вырос, увеличившись до 1,00 с 0,95 в прошлом году. Поэтому, несмотря на улучшение, результат России по глобальной цитируемости по-прежнему заметно ниже среднемирового уровня. По темпам прироста Россия уступила Китаю и Турции, но при этом опередила Японию и Францию.

<https://www.msu.ru/news/mgu-voshyel-v-top-20-luchshikh-vuzov-reytinga-tri-missii-universiteta.html>



МГУ – российский лидер рейтинга QS по трудоустройству выпускников

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова стал лучшим среди российских вузов по уровню трудоустройства выпускников по версии рейтинга Quacquarelli Symonds (QS). По показателю «Успешность выпускников» МГУ занял 23-е место в мире, а по показателю «Репутация среди работодателей» – 68-е место в мире.

При составлении рейтинга университетов оценивалось, в частности, установление университетами партнерских отношений с работодателями, включая организацию стажировок, число выпускников, занявших ведущие позиции в своих областях деятельности, степень представленности работодателей на территориях деятельности, а также уровень занятости среди выпускников. В исследовании также учтена университетская принадлежность более 40 тысяч ведущих мировых деятелей, прославившихся своей инновационностью, креативностью, состоятельностью, предпринимательским духом и/или благотворительной деятельностью. В опросе для показателя «Репутация среди работодателей» приняли участие свыше 75 тысяч представителей компаний, которые занимаются подбором персонала.

<https://www.msu.ru/news/mgu-rossiyskiy-lider-reytinga-qs-po-trudoustroystvu-vypusnikov.html>

БУДУЩЕЕ РОССИЙСКОЙ НАУКИ СОЗДАЕТСЯ В МГУ СЕГОДНЯ

СОВЕЩАНИЕ ПО РЕАЛИЗАЦИИ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ В ИНТЦ МГУ «ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ»

14 сентября 2021 года в Интеллектуальном центре – Фундаментальной библиотеке Московского университета под председательством ректора МГУ академика В.А. Садовниченко прошло совещание, посвященное развитию научно-технологического центра МГУ «Воробьевы горы». В мероприятии принял участие президент РАН А.М. Сергеев.



Приветствуя участников совещания, В.А. Садовничий отметил, что идея долины возникла как осмысление возможностей реализации огромного научно-образовательного потенциала, сконцентрированного в стенах ведущего университета страны, который, к тому же пополняется с каждым выпуском. Виктор Антонович напомнил, что создание Научного парка университета было одним из пунктов программы, с которой он шел на выборы ректора в 1992 году. По его словам, долина – это логичное развитие этого проекта, это место работы выпускников в индустриальных компаниях, имеющих неразрывную связь с Московским университетом.



В.А. Садовничий кратко рассказал об этапах пути к созданию научно-технологической долины – от первого разговора на эту тему с Президентом России В.В. Путиным, который поддержал эту идею, до создания специального Федерального закона, фонда и управляющей компании. Виктор Антонович обратил внимание на активную поддержку проекта создания долины со стороны федерального Правительства и Правительства Москвы, лично мэра С.С. Собянина. Благодаря вхождению столицы в капитал управляющей компании ИНТЦ «Воробьевы горы» заложен и активно строится первый кластер «Ломоносов» площадью 65 тысяч квадратных метров и плановым сроком ввода в эксплуатацию уже в следующем



году. Заложены еще два корпуса при поддержке госкорпорации «Росатом» («Междисциплинарный» и «Образовательный»). Их общая площадь составит почти 90 тысяч квадратных метров.

Виктор Антонович подчеркнул, что хорошие темпы строительных работ на объектах ИНТЦ диктуют задачи заполнения этих площадей, размещения на них компаний – операторов перспективных и даже прорывных научно-технологических проектов. Ректор отметил в этой связи, что Российской академии наук и Московскому университету в Долине нужно иметь свои проекты, которые будут соответствовать их интеллектуальному потенциалу. Одним из них может стать проект «Единая Евразия: Транс-Евразийский пояс RAZVITIE (ТЕПР)», который был разработан группой академиков и вынесен на рассмотрение Правительства. В рамках сотрудничества МГУ с Академией наук решено продолжать работу по его обоснованию и продвижению. Площадкой для нее станет один из кластеров ИНТЦ.

Как отметил В.А. Садовничий, в настоящее время с участием 171 крупных и средних компаний подготовлено 292 проекта, 105 из которых предполагает возможность инвестирования.

Выступивший на совещании президент РАН академик А.М. Сергеев отметил, что Академия наук сегодня активно работает с крупными инновационно ориентированными компаниями. С учетом большой работы, ведущейся Московским университетом по созданию своей научно-технологической долины, Академия наук и МГУ выстраивают правильное взаимодействие с бизнесом, чтобы лучше понимать его интересы, формировать наиболее привлекательные для практической реализации проекты. Александр Михайлович отметил, что, с одной стороны, наблюдается технологическое отставание страны, а с другой – есть компании, которые самой конкуренцией на мировом рынке подталкиваются к тому, чтобы успешно внедрять инновации и получать востребованный продукт. По мнению президента РАН нужен интегрирующий взгляд, необходим поиск и отбор проектов, которые поддерживали бы сразу несколько компаний, выстраивание и развитие связей в инновационной деятельности. А.М. Сергеев подчеркнул, что РАН и МГУ способны выдвигать системообразующие судьбоносные проекты на подобии «Единая Евразия: Транс-Евразийский пояс RAZVITIE (ТЕПР)», поблагодарил за возможность знакомства с тем, что уже наработано в МГУ и долине, отметил, что ее миссия – как можно скорее и как можно эффективней научиться превращать знания в технологии.

В своем выступлении генеральный директор Управляющей компании ИНТЦ «Воробьевы горы», проректор МГУ В.А. Вайпан напомнил,



что основная идея при создании Научно-технологической долины Московского университета – формировать инновационную экосистему как интерфейс, соединяющий фундаментальные научные заделы с потребностями промышленности. Он подчеркнул, что управляющая компания ежедневно ведет переговоры с потенциальными резидентами, представляющих как научные группы внутри университета, так и инновационно ориентированный бизнес. На сайте ИНТЦ уже работает сервис предварительных заявок. Для того, чтобы начать ряд проектов, не дожидаясь локализации в долине, разработана новая редакция нормативной базы. Уже сейчас распределены 62 тысяч квадратных метров, что составляет около 25% общей полезной площади кластеров. В.А. Вайпан подтвердил, что три кластера уже строятся с опережением графика. Проектирование остальных 6 промышленных кластеров идет таким образом, чтобы в следующем году выйти на их стройку.

С презентацией научно-технологического потенциала, уже сконцентрированного в контуре ИНТЦ «Воробьевы горы», выступили кураторы основных кластеров Научно-технологической долины, которые рассказали об актуальной ситуации с привлечением участников, формировании научно-внедренческих мандатов соответствующих проектов, основных проектных решениях отдельных корпусов и зданий, предназначенных для размещения резидентов долины.

В рамках совещания были подписаны стратегические соглашения и соглашения о намерениях об инвестициях с рядом инновационно ориентированных компаний. Среди них ООО «Солушн», Инвестиционный фонд «Новая индустрия», ООО «БиоХарт», ООО «Программный продукт», АО «Иксди Софт», ООО «Юралс Кэпитал», ООО «Форсайт Консалтинг Групп», ООО «Фармадиол», ООО «Селдон 2», ООО «РГ Консалтинг».

В заключительном слове В.А. Садовничий поблагодарил всех новых резидентов Научно-технологической долины за интерес к проекту и напомнил, что поставленный главой государства срок окончания строительства всех корпусов долины и введения в эксплуатацию – это 2025 год, что требует от всех исполнителей и участников проекта согласованной и динамичной работы.

<https://www.msu.ru/news/soveshchanie-po-realizatsii-nauchno-tekhnologicheskikh-proektov-v-intts-mgu-vorobevy-gory-.html>

**ИННОВАЦИОННЫЙ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
ЦЕНТР МГУ «ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ»**

Ректор Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова академик В.А. Садовничий в 2015 году выступил с инициативой создания научно-технологической долины МГУ на новой территории Московского университета. Инициатива ректора МГУ была поддержана Президентом Российской Федерации В.В. Путиным, который дал поручения в целях создания научно-технологической долины «Воробьевы горы»: разработать и обеспечить принятие Федерального закона «О научно-технологических долинах»; создать научно-технологическую долину «Воробьевы горы», предусмотрев при этом, что МГУ имени М.В. Ломоносова является учредителем Фонда, образуемого в целях инфраструктурного и научно-методического обеспечения деятельности Долины, и учредителем Управляющей компании, образуемой для реализации проекта по созданию и функционированию Долины. В целях реализации поручений Президента Российской Федерации после длительной законопроектной работы с участием представителей МГУ был принят Федеральный закон от 29.07.2017 № 216-ФЗ "Об инновационных научно-технологических центрах и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации".

Инновационный научно-технологический центр МГУ «Воробьевы горы» создан в соответствии с Федеральным законом от 29.07.2017 № 216-ФЗ «Об инновационных научно-технологических центрах и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и иными нормативными актами Российской Федерации» и постановлением Правительства Российской Федерации от 28 марта 2019 года № 332 «О создании инновационного научно-технологического центра «Инновационный научно-технологический центр МГУ «Воробьевы горы».

Основная идея создания ИНТЦ заключается в формировании на новой территории Московского государственного университета имени



М.В.Ломоносова инновационной экосистемы мирового уровня в целях реализации приоритетов научно-технологического развития России, повышения инвестиционной привлекательности сферы исследований и разработок, коммерциализации их результатов, расширения доступа граждан и юридических лиц к участию в перспективных, коммерчески привлекательных научных и научно-технических проектах.

В целях реализации проекта Московский университет учредил специальный Фонд развития Московского университета, который осуществляет имущественное, организационное, научно-методическое и экспертно-аналитическое обеспечение деятельности Центра (создан 27.04.2017 г.). Директором Фонда назначен ректор Московского университета академик Виктор Антонович Садовничий.

В целях осуществления функций по управлению Центром создано непубличное акционерное общество «**Управляющая компания Инновационного научно-технологического центра МГУ «Воробьевы Горы»**» (зарегистрировано 15.06.2018 г.). Учредителем Управляющей компании является Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова.

На территории Центра реализуются приоритетные направления инновационной научно-технологической деятельности путем развития взаимосвязанных кластеров:

1. **Кластер «Биомед»** – биомедицинский кластер с сертифицированным виварием, лабораторией прототипирования, испытаний лекарственных средств, центром геномных технологий, национальным криогенным хранилищем клеток живых существ, включая клетки человека;
2. **Кластер «Нанотех»** – кластер нанотехнологий и новых материалов с отдельным сервисом «чистых» комнат, центром коллективного пользования аналитическим, ростовым и нано-литографическим оборудованием;
3. **Кластер «Инфотех»** – кластер информационных технологий, математического моделирования и высокопроизводительных вычислений;
4. **Кластер «Инжиниринг»** – кластер робототехники, технологий специального назначения и машинного инжиниринга, технологий энергосбережения и эффективного хранения энергии, с центром прототипирования;
5. **Кластер «Космос»** – кластер исследований космоса с центром оперативного космического мониторинга и дистанционного зондирования Земли.
6. **Кластер «Геотех»** – кластер наук о Земле, экологии, создания новых технологий изыскания и промышленного использования нефтегазового сырья, в частности в труднодоступных областях Арктики, Сибири, Дальнего Востока.

7. **Кластер «Междисциплинарный кластер»** – кластер междисциплинарных гуманитарных исследований, когнитивных наук и институтом Человека; инновационных спортивных разработок (разработка научных основ развития спорта в России; создание методики описания «идеальных» моделей спортсменов с учётом генетических, физиологических, антропологических, биохимических характеристик человека; вопросы психологического обеспечения и сопровождения спорта).

Сайт ИНТЦ «Воробьевы горы»

МИХАИЛ ВАЛЕНТИНОВИЧ КОВАЛЬЧУК (К 75-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



21 сентября 2021 г. исполнилось 75 лет Михаилу Валентиновичу Ковальчуку – одному из ведущих ученых-физиков России, заведующему кафедрой оптики, спектроскопии и физики наносистем физического факультета МГУ, доктору физико-математических наук, профессору, члену-корреспонденту РАН.

Михаил Валентинович Ковальчук – известный ученый в области рентгеновской физики, кристаллографии и нанодиагностики, один из идеологов и организаторов развития нанотехнологий в России.



Исследования М.В. Ковальчука заложили основу принципиально нового метода изучения структуры вещества, основанного на сочетании возможностей рентгеновской дифракции и спектроскопии – метода стоячих рентгеновских волн, имеющего важное практическое значение для исследования наносистем.

Пятнадцать лет (с 1998 по 2013 г.) М.В. Ковальчук возглавлял Институт кристаллографии РАН (ИК РАН). В этот период Институт был переориентирован на решение принципиально новых научных задач, связанных с созданием и развитием наноматериалов, нанодиагностики, нанобиотехнологий и космического материаловедения. М.В. Ковальчуком были сформулированы новые научные приоритеты, создана современная научно-исследовательская инфраструктура, обеспечивающая уникальные исследовательские возможности, в том числе для кристаллизации белков, формирования систем молекулярных пленок. В 2016 г. по инициативе М.В. Ковальчука на базе ИК РАН (путем объединения еще с четырьмя академическими институтами) была создана новая междисциплинарная структура, получившая название «Федеральный научно-исследовательский центр кристаллографии и фотоники». Объединенный ученый совет нового Центра возглавил М.В. Ковальчук.

С начала 1990-х годов параллельно с исследованиями в области полупроводниковых кристаллов и пленок, рентгеновской оптики М.В. Ковальчук значительное внимание уделял синхротронному излучению (СИ). Используя свой опыт работ на ряде европейских источников СИ, он приступил к разработке новых экспериментальных станций, сначала для Зеленоградского, а затем и Курчатовского синхротронов. В 1999 г. по инициативе академика Е.П. Велихова Михаил Валентинович был назначен директором-организатором Курчатовского центра СИ.

За несколько лет М.В. Ковальчук и его коллеги реализовали масштабный научный проект по разработке, созданию и вводу в практическую эксплуатацию комплекса уникального научно-исследовательского оборудования – экспериментальных станций на пучках первого в России специализированного источника СИ – «КИСИ-Курчатov».

Реализация синхротронного проекта – серьезный вклад М.В. Ковальчука в развитие экспериментальных и технологических возможностей России для проведения исследований в области фундаментальных наук, материаловедения, нано- и биотехнологий, молекулярной биологии и медицины, а также в развитие методов диагностики с атомарным разрешением. Эта работа была отмечена Премией Правительства РФ.

Кроме того, ввод в эксплуатацию первого и до сих пор единственного на постсоветском пространстве специализированного источника СИ



«КИСИ-Курчатов» стал начальным этапом реализации выдвинутой и реализованной под руководством М.В. Ковальчука концепции формирования и развития национальной сети уникальных экспериментальных установок класса мегасайенс как базы для восстановления и развития всего отечественного научно-технологического комплекса.

В их числе – создание и запуск крупнейшего в мире источника нейтронов – реакторного комплекса «ПИК» в г. Гатчине Ленинградской области, создание и запуск современного термоядерного реактора Токамак Т-15МД на площадке НИЦ «Курчатовский институт» в Москве, глубокая модернизация и переоснащение уникальным экспериментальным оборудованием «КИСИ-Курчатов».

Реализация этих проектов позволила сформировать уникальную национальную междисциплинарную инфраструктуру исследований и разработок, консолидировавшую научно-технологическое сообщество и ставшую базой для развития в нашей стране таких важнейших научно-технологических направлений, как нанотехнологический проект.

М.В. Ковальчук стал ведущим идеологом и организатором этого проекта в России. В ходе реализации нанотехнологического проекта под руководством М.В. Ковальчука были созданы принципиально новые технологии и материалы, обеспечившие научно-технологический прорыв в целом ряде ключевых отраслей экономики, таких как энергетика, транспорт, медицина, инфокоммуникационные технологии и системы.

Нанотехнологический проект во многом сформировал новый научный ландшафт страны¹ и стал отправным пунктом развития надотраслевых природоподобных технологий, базовым инструментом для ответа на глобальный вызов XXI в. – обеспечения устойчивого развития цивилизации в условиях истощающихся ресурсов.

В связи с этим следующим этапом научной и организаторской деятельности М.В. Ковальчука и возглавляемого им коллектива стало развитие принципиально нового научно-технологического направления – природоподобных технологий, которые не наносят урон окружающей среде, а существуют с ней в гармонии и позволяют восстановить нарушенный человеком баланс между биосферой и техносферой.

М.В. Ковальчуком была впервые выдвинута концепция формирования природоподобной техносферы как закономерного этапа развития человеческой цивилизации, сформулированы идеология и основные прин-

¹Ковальчук М.В. Идеология нанотехнологий. М.: ИКЦ "Академкнига", 2010. 222 с.



ципы использования конвергенции нано-, био-, информационных, когнитивных и социогуманитарных (НБИКС) наук и технологий как инструмента создания природоподобной техносферы.

Под руководством и при непосредственном участии М.В. Ковальчука в НИЦ «Курчатовский институт» создан не имеющий мировых аналогов Курчатовский комплекс НБИКС-природоподобных технологий, где осуществляются масштабные исследования и разработки в области создания технологий, основанных на принципах функционирования живой природы.

Исследования процессов, механизмов деятельности живой природы на базе качественно новых национальных экспериментальных установок мегасайенс обеспечат научно-технологический прорыв и станут ядром метрологического комплекса принципиально новой природоподобной технологической базы России.

Сегодня это положение реализуется в рамках Федеральной научно-технической программы развития синхротронных и нейтронных исследований и исследовательской инфраструктуры на 2019–2027 гг., а также Федеральной научно-технической программы развития генетических технологий на 2019–2027 гг.

Благодаря активной позиции М.В. Ковальчука в последние годы существенно укрепились позиции России в таких глобальных международных научных проектах, как Большой адронный коллайдер (LHC, CERN), международный экспериментальный термоядерный реактор (ITER), Европейский ускорительный центр по исследованию тяжелых ионов и антипротонов (FAIR). М.В. Ковальчук – инициатор и идеолог участия Российской Федерации в качестве одного из основных партнеров в проекте создания европейского рентгеновского лазера на свободных электронах XFEL в г. Гамбурге.

Под руководством М.В. Ковальчука и при непосредственном участии совместно с ГК «Росатом» разработаны концепция и прототипы базовых элементов инфраструктуры распределенной малой ядерной энергетики на основе технологий прямого преобразования энергии, в частности для энергообеспечения Арктического и других труднодоступных регионов.

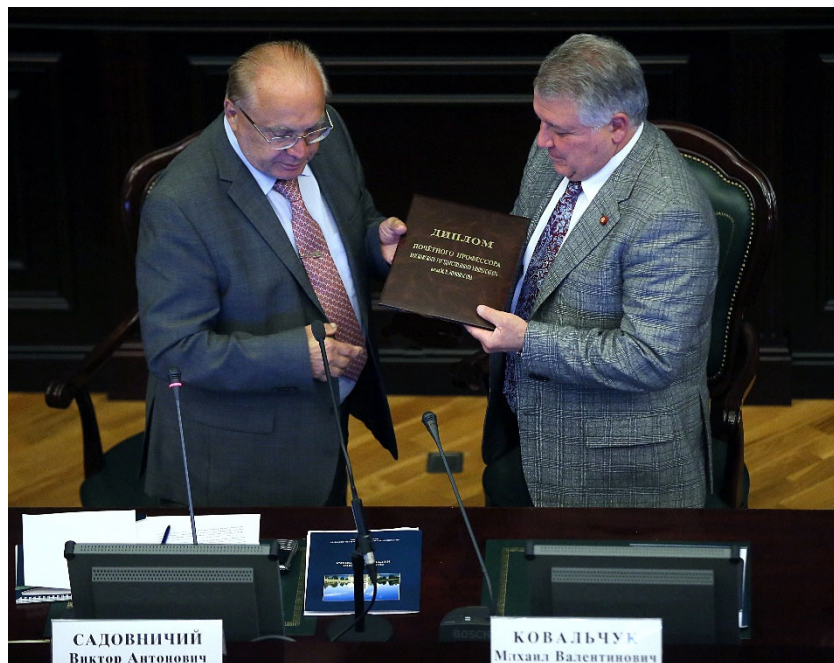
М.В. Ковальчук является руководителем приоритетного технологического направления по технологиям прямого преобразования энергии. Под его руководством разработаны новые энерготехнологии и системы энергообеспечения для морской техники, основанные на принципах прямого преобразования энергии.



М.В. Ковальчуком была предложена концепция, сформулированы идеология и основные принципы ускоренного безопасного развития ядерной медицины на базе ядерно-физических научных центров. В настоящее время эта концепция реализуется в рамках Федеральной научно-технической программы развития синхротронных и нейтронных исследований и исследовательской инфраструктуры на 2019–2027 гг.

В последнее десятилетие в НИЦ «Курчатовский институт» благодаря инициативам М.В. Ковальчука возрожден ряд важных направлений прикладных исследований и разработок в целях национальной безопасности. Указом Президента Российской Федерации на М.В. Ковальчука возложено общее руководство научно-исследовательскими проектами Военного инновационного технополиса «Эра» Минобороны России.

М.В. Ковальчук стал инициатором развертывания в НИЦ «Курчатовский институт» работ, основанных на использовании естественно-научных методов для изучения объектов культурного наследия. Эти исследования проводятся совместно с Институтом археологии РАН, Государственным историческим музеем, Государственным музеем изобразительных искусств им. А.С. Пушкина и являются новым важным этапом в развитии исторического материаловедения.





Михаил Валентинович внес определяющий вклад в формирование кадровой базы междисциплинарных исследований и разработок. Так, еще в 2005 году по предложению ректора Московского университета академика В.А. Садовниченко им была открыта первая в России кафедра физики наносистем. Под его руководством и при непосредственном участии создана инновационная система образования в области конвергентных наук и технологий, в том числе им организован первый в мире факультет нано-, био-, информационных и когнитивных технологий в Московском физико-техническом институте. Помимо этого, реализуется масштабный проект междисциплинарного довузовского образования (Курчатовский проект), в котором участвует несколько десятков школ Москвы, Санкт-Петербурга, Пскова, республики Крым.

В 2017 году ему были вручены медаль и диплом почетного профессора Московского университета.

Большое значение имеют реализованные по инициативе и под руководством М.В. Ковальчука проекты возрождения культурно-просветительских площадок Дома ученых им. А.П. Александрова в Москве и мемориальной дачи И.В. Курчатова в Крыму.

М.В. Ковальчук уделяет большое внимание популяризации научных знаний, с 2007 г. он является автором и ведущим научно-популярных телевизионных циклов «Истории из будущего» и «Картина мира с Михаилом Ковальчуком». В рамках этих циклов вышло более 300 передач, рассказывающих о наиболее актуальных темах и направлениях науки и технологий.

М.В. Ковальчук является председателем Национального комитета кристаллографов России, с 2006 г. – главным редактором журнала «Кристаллография» РАН, с 2019 г. – главным редактором журнала «Российские нанотехнологии».

В 2020 г. М.В. Ковальчук стал главным редактором журнала «Вестник Военного инновационного технополиса «Эра», созданного по его предложению.

М.В. Ковальчук с 2001 г. является членом Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию, в котором с 2001 по 2012 год он был ученым секретарем.

Михаил Валентинович Ковальчук – полный кавалер орденов «За заслуги перед Отечеством», лауреат премий Правительства РФ в области науки и техники и в области образования.

Коллектив физического факультета МГУ от всей души поздравляет Михаила Валентиновича с юбилеем! Коллеги и друзья желают ему крепкого здоровья, творческой энергии, вдохновения, новых достижений на благо российской науки.

К 80-ЛЕТИЮ ВЛАДИМИРА ЧЕСЛАВОВИЧА ЖУКОВСКОГО



16 октября 2021 года исполнилось 80 лет и. о. заведующего кафедрой теоретической физики профессору Владимиру Чеславовичу Жуковскому.

В. Ч. Жуковский окончил физический факультет МГУ в 1965 г., в 1968 г. защитил кандидатскую диссертацию «Индукцированное излучение электронов в магнитном поле», в 1978 г. — докторскую диссертацию «Взаимодействие релятивистских частиц с интенсивными электромагнитными полями».

С 1968 г. В. Ч. Жуковский постоянно работает на физическом факультете, с 1993 г. он — профессор кафедры теоретической физики, с 2020 г. — и. о. заведующего той же кафедры.

Профессор В. Ч. Жуковский — известный физик-теоретик, автор фундаментальных работ по классической и квантовой теории синхротронного излучения, теории взаимодействий элементарных частиц в сильных внешних калибровочных полях, конечнотемпературной квантовой теории поля. Им опубликовано около 300 статей в ведущих физических журналах: «ЖЭТФ», «Письма в ЖЭТФ», «Ядерная физика», «Теоретическая и математическая физика», «Успехи физических наук», Физика элементарных частиц и атомного ядра», «Вестник Московского университета. Физика. Астрономия», *Physical Review*, *Physical Review Letters*, *Annals of Physics*, *Physics Letters*, *Progress of Theoretical Physics*, *Journal of Mathematical Physics*, *Modern Physics Letters*, *Symmetry* и др. Он входит в число наиболее цитируемых ученых физического факультета (например, его статью цитировал лауреат Нобелевской премии 2008 г. Й. Намбу (Y. Nambu)).

В последнее время В. Ч. Жуковский исследует вакуумную структуру квантовой хромодинамики — современной неабелевой калибровочной теории сильных взаимодействий, изучает радиационные эффекты с учетом внешних полей, конечной температуры и плотности вещества, ко-



торые находят приложения в космологии и астрофизике. Он постоянно сотрудничает с коллегами из Института физики высоких энергий (Протвино) и Гумбольдтского университета (Берлин).

Активная научная работа проф. В. Ч. Жуковского неразрывно связана с подготовкой высококвалифицированных физиков-теоретиков. В течение многих лет на высоком научно-методическом уровне он читает общие курсы лекций по теоретической механике и квантовой теории на физическом факультете, а на кафедре теоретической физики — специальные курсы по квантовой теории поля, неабелевой калибровочной теории поля с учетом внешних воздействий на основе современных непerturbативных методов, для студентов отделения математики механико-математического факультета долгое время читал курс теоретической физики. Кроме того, в последние годы он читает интенсивный курс теоретической физики в филиале МГУ в г. Баку (Азербайджан).

В. Ч. Жуковский руководит большой группой студентов-дипломников и аспирантов, а также научным семинаром «Физика высоких энергий». Он — член Ученого Совета физического факультета, специализированных советов при ФИРАН и МГУ, редколлегии журналов «Вестник Московского университета. Физика. Астрономия», «Ученые записки физического факультета МГУ», «Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки».

В. Ч. Жуковским написано (в соавторстве) 16 монографий и учебных пособий. Его книга «Квантовая механика» (совм. с А. А. Соколовым и И. М. Терновым) широко используется в российских университетах и переведена на иностранные языки. На основе читаемых В. Ч. Жуковским лекционных курсов опубликован (в соавторстве) ряд учебных пособий для университетов: «Квантовая электродинамика» (издано также на английском и испанском языках), «Калибровочные поля», «Квантовые процессы в сильном внешнем поле», «Классические поля», «Квантовая механика и макроскопические эффекты», «Эффекты внешнего поля и среды в неабелевой калибровочной теории» и др.

Многочисленные ученики проф. В. Ч. Жуковского (он подготовил свыше 30 кандидатов и 5 докторов наук, один его ученик стал членом-корреспондентом Академии наук Азербайджана) успешно работают в российских и международных научных центрах, преподают в известных российских и зарубежных вузах (например, в Оксфордском университете).

Поздравляем Владимира Чеславовича Жуковского с замечательным юбилеем и желаем ему крепкого здоровья и новых научных достижений.

Сотрудники кафедры теоретической физики

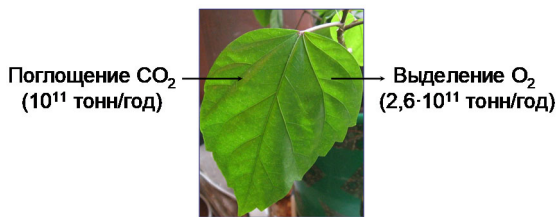


БИОЭНЕРГЕТИКА, ФОТОСИНТЕЗ И МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАШИНЫ ЖИВОЙ КЛЕТКИ

Биоэнергетика – наука о преобразовании и запасании энергии внешних источников (солнечный свет, продукты питания), обеспечивающих все разнообразие жизни в биосфере Земли. Началом биоэнергетики принято считать август 1771 года, когда английский ученый Джозеф Пристли (1733-1804) обнаружил, что растения могут «исправлять» свойства воздуха, меняющего свой состав в результате горения или жизнедеятельности животных. Пристли показал, что в присутствии растений «испорченный» воздух снова становится пригодным для горения и поддержания жизни животных. В ходе дальнейших исследований (Ингенгауз, Сенебье, Соссюр, Буссенго и др.) было установлено, что растения при освещении поглощают из воздуха углекислый газ и выделяют в атмосферу молекулярный кислород (O_2). Эти процессы, названные фотосинтезом, обеспечивают биосферу Земли кислородом (рис. 1). Из углекислого газа, поглощаемого из атмосферы, и воды растения синтезируют органические вещества. Роберт Майер, открывший закон сохранения энергии, в 1845 году написал, что растения превращают энергию солнечного света в энергию химических соединений, образующихся при фотосинтезе. По его словам, «распространяющиеся в пространстве солнечные лучи "захватываются" и сохраняются для использования в дальнейшем по мере надобности». Впоследствии К.А. Тимирязевым и другими исследователями было показано, что важнейшую роль в использовании растениями энергии солнечного света играют молекулы хлорофилла, входящего в листья растений. Образующиеся при фотосинтезе углеводы (сахара) используются как источник энергии и строительный материал для синтеза различных органических соединений у растений и животных. Фотосинтез включает в себя большое число фотофизических и биохимических процессов, в результате которых растения синтезируют углеводы (сахара) за счет энергии солнечного света. У растений процессы фотосинтеза протекают в хлоропластах – энергопреобразующих органеллах растительной клетки. Важнейшим продуктом световых стадий фотосинтеза являются молекулы аденозинтрифосфата (АТФ). Молекулы АТФ служат универсальным источником энергии, своеобразной энергетической «валютой» в клетках растений, бактерий и животных.

В настоящее время установлен химический состав и выяснено пространственное строение белковых комплексов, обеспечивающих трансформацию энергии при фотосинтезе. В расшифровке всей совокуп-

ности фотофизических и фотохимических процессов фотосинтеза ключевую роль сыграли современные физические методы: (а) рентгеноструктурный анализ, позволивший расшифровать пространственное строение огромных белковых комплексов фотосинтетического аппарата на уровне отдельных атомов; (б) лазерные методы, позволяющие изучать рекордно быстрые фотофизические процессы (поглощение света и миграция энергии между светособирающими пигментами); (в) методы абсорбционной спектроскопии и электронного парамагнитного резонанса, позволяющие регистрировать движение заряженных частиц (электроны и протоны) вдоль своеобразных «электронных проводов», образованных биомолекулами.



**В атмосфере содержится $1,2 \cdot 10^{15}$ тонн O_2 :
время кругооборота O_2 составляет 4600 лет.**

Рис. 1. Общее уравнение фотосинтеза

У всех фотосинтетических организмов структурно-функциональным звеном фотосинтетического аппарата является фотосистема – пигмент-белковый комплекс, который содержит пигменты светособирающей антенны, фотореакционный центр и связанные с ним молекулы – переносчики электронов и протонов. Поглощение света молекулами хлорофилла или вспомогательных пигментов является первым актом фотосинтеза. Ансамбль пигментов, входящих в светособирающую антенну, эффективно улавливает солнечный свет и направляет его энергию к фотореакционному центру. Энергия кванта света, поглощенного одной молекулой пигмента, мигрирует по пигментной матрице до тех пор, пока в конечном итоге возбуждение не попадет на фотореакционный центр Р. Подобно тому, как жидкость стекает со стенок широкой воронки к ее узкому горлышку, к фотореакционному центру Р направляется энергия света, поглощаемого многими молекулами светособирающих пигментов (схематическое изображение этого процесса показано на рис. 2). На один фотореакционный центр приходится большое количество молекул хлорофилла (200-400), что обеспечивает достаточно частое срабатывание реакционного центра даже при

относительно слабой интенсивности света, поглощаемого листьями в условиях затенения растения. Это увеличивает сбор света. Тенелюбивые растения имеют, как правило, больший размер светособирающей антенны по сравнению с растениями, произрастающими в условиях высокой освещенности. Аналогичный принцип позаимствовали у природы радиофизики и астрофизики – для улавливания слабых сигналов используют антенны более крупных размеров. Эффективность миграции энергии в антенне к реакционному центру исключительно велика потому, что светособирающая антенна представляет собой упорядоченную структуру, обеспечивающую очень хорошее взаимодействие пигментов друг с другом. Благодаря этому потери энергии поглощаемых квантов света в тепло или в излучение очень малы (КПД $\approx 96-98\%$).



Рис. 2. Схема миграции энергии в светособирающей антенне

Фотореакционный центр Р содержит особую пару молекул хлорофилла, он играет роль ловушки энергии возбуждения, мигрирующего по светособирающей антенне. В результате очень быстрого переноса электрона от возбужденного центра P^* к молекуле первичного акцептора электрона А ($\leq 10^{-13}$ - 10^{-12} с) реализуется второй важный этап преобразования солнечной энергии при фотосинтезе - разделение зарядов в реакционном центре. При этом образуются сильный восстановитель А- (донор электрона) и сильный окислитель P^+ (акцептор электрона). Заряженные молекулы P^+ и А- расположены в мембране асимметрично: в хлоропластах P^+

находится ближе к внутренней поверхности мембраны, а акцептор А- расположен ближе к внешней стороне (рис. 3). В результате разделения зарядов (электрон переносится от Р к А) на мембране возникает разность электрических потенциалов $Dj = j_{in} - j_{out} > 0$. Это явление аналогично генерации разности электрических потенциалов в фотоэлементе. Эффективность работы фотореакционных центров очень высока: КПД разделения зарядов составляет, как правило, не менее 90 - 95%. Стабилизация разделенных зарядов обусловлена за счет других реакций электронного транспорта: от первичного акцептора А- электрон очень быстро (за время $\sim 10^{-12} - 10^{-11}$ с) уходит на другой акцептор электрона В ($D(P+A^-)B \rightarrow D(P+A)B^-$) и далее электрон перемещается по сравнительно длинной цепи переноса электронов к конечному акцептору. Эту цепь можно уподобить своеобразному белковому проводу. При этом электрон не только удаляется от положительно заряженного центра Р+, но при этом заметно снижается энергия всей системы (рис. 3). Такая потеря энергии – это своеобразный энергетический «налог», которые обеспечивает сохранение разности потенциалов (уменьшается вероятность рекомбинации зарядов).

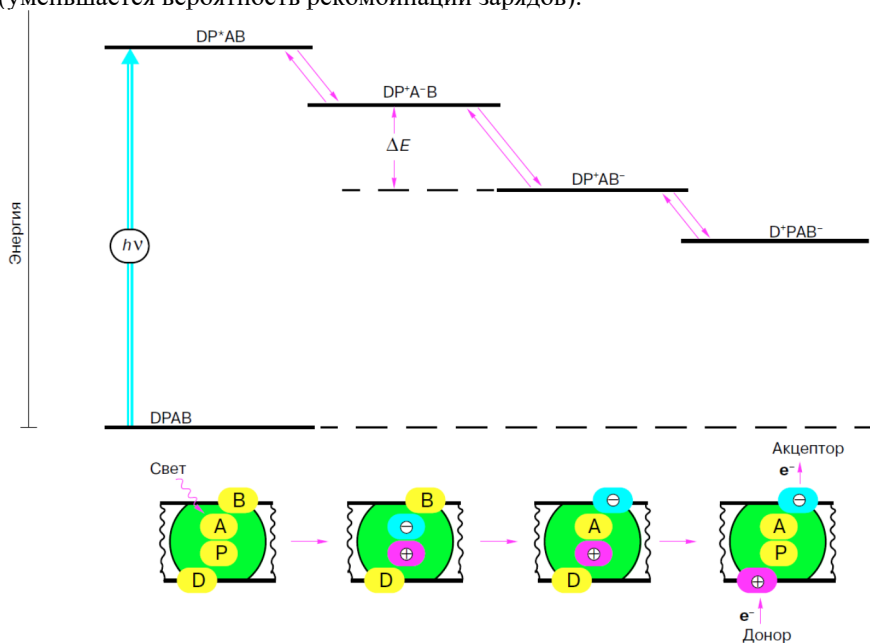


Рис. 3. Схематическая диаграмма изменений энергии в фотореакционных центрах



В результате работы фотореакционных центров, преобразующих энергию квантов света в энергию разности потенциалов на фотосинтетической мембране, электроны «забираются» от молекул воды (это происходит в так называемых водорасщепляющих комплексах) и переносятся к фотореакционным центрам. При этом выделяется молекулярный кислород, который попадает в атмосферу (мы дышим за счет этого кислорода!). Появление фотосинтезирующих организмов, способных разлагать воду, явилось одним из важнейших этапов развития живой природы на Земле. Фотосинтезирующие организмы, «научившись» в ходе биологической эволюции разлагать воду за счет энергии солнечного света, овладели неисчерпаемым источником электронов для энергообеспечения различных биохимических процессов. Разлагая воду, фотосинтезирующие организмы кислородного типа (цианобактерии, водоросли, высшие растения) наполнили атмосферу Земли молекулярным кислородом. Таким образом, на Земле возникли благоприятные условия для бурного эволюционного развития организмов, энергетика которых связана с дыханием (потребление кислорода).

Другой важнейший «продукт» световых стадий фотосинтеза – разность потенциалов, которая служит источником энергии для работы АТФ-синтазы – макромолекулярной «машины» (рис. 4), осуществляющей синтез молекул АТФ. Молекулы АТФ – универсальная энергетическая «валюта» живой клетки. Понятие «молекулярные машины», в настоящее время стало общепринятым, оно прочно утвердилось в научной литературе [1–7]. Молекулярная машина – макромолекулярное устройство (молекула белка, белковый комплекс или химические структуры искусственного происхождения), которое осуществляет преобразование химической или электрохимической энергии в энергию направленного молекулярного движения. Среди основоположников научного направления, связанного с разработкой концепции «машинных» механизмов функционирования белков и макромолекулярных комплексов, был Лев Александрович Блюменфельд (1921–2002), выдающийся биофизик, столетие со дня рождения которого будет отмечаться 23 ноября 2021 года. В течение многих лет Л.А. Блюменфельд возглавлял кафедру биофизики физического факультета МГУ. Эта кафедра – первая в мире кафедра биофизики, созданная на физическом факультете университета. На рубеже 60–70-х годов прошлого столетия Л.А. Блюменфельд выдвинул и обосновал «релаксационную» гипотезу ферментативного катализа и преобразования энергии в биологических системах. В основе этой гипотезы лежат представления о том, что важнейшую роль в работе ферментов и макромолекулярных комплексов играют сравнительно медленные структурные перестройки макромолекул, определяемые их механическими степенями свободы.



*Профессор Лев Александрович Блюменфельд
и академик Игорь Евгеньевич Тамм*



Профессор Лев Александрович Блюменфельд



АТФ-синтаза – наиболее яркий пример обратимой молекулярной машины, работающей как электромотор-генератор [6,7]. За счет разности электрических потенциалов, создаваемой на энергопреобразующей мембране, происходит трансмембранный перенос протонов (электрический ток) через АТФ-синтазу (рис. 4), вызывающий направленное вращение ротора и обеспечивающий протекание химической реакции (синтез АТФ). Гидролиз (распад) АТФ вызывает вращение ротора электромотора в обратном направлении, приводящее к генерации разности потенциалов на мембране. Таким образом, получается полная аналогия с работой макроскопического электромотора или генератора, режим работы которого определяется направлением вращения ротора: вращение ротора в одну сторону – механическая работа, вращение ротора в противоположном направлении – генерация разности потенциалов. АТФ-синтазу можно рассматривать как молекулярный электромотор-генератор, состоящий из статора и ротора. Статор включает в себя гексамер $\alpha\beta\beta$ и связанную с ним субъединицу δ , а также мембранную субъединицу a и две субъединицы b , выполняющие роль своеобразных «кронштейнов», удерживающих статор относительно мембраны (рис. 4). Получены многочисленные и очень убедительные экспериментальные доказательства того, что каталитическая активность АТФ-синтазы связана с вращением ее «ротора», состоящего из кольца sp и белковых субъединиц γ и ϵ . Считается, что вращение субъединицы γ внутри комплекса $\alpha\beta\beta$, происходящие за счет энергии разности электрохимических потенциалов протонов, вызывает согласованное изменение конформации трех каталитических субъединиц β , что в конечном итоге обеспечивает работу фермента – синтез АТФ (см. подробнее обзорные статьи [1-7]). Исследования кинематических характеристик этого мотора показали, что чем выше механическая нагрузка на мотор, тем реже происходят скачкообразные повороты «ротора» (мотор крутится медленнее). Например, средняя скорость вращения белкового «хвоста», пришитого к ротору, уменьшается с увеличением его длины, так как при этом возрастает гидродинамическое сопротивление. Отличительной особенностью вращающегося электромотора АТФ-синтазы является его исключительно высокий коэффициент полезного действия. Количественные оценки работы мотора против силы вязкого трения позволили определить коэффициент его полезного действия. Оказалось, что работа, которую совершает мотор при повороте ротора на 120° , почти в точности равна энергии, выделяющейся при гидролизе одной молекулы АТР (КПД мотора близок к 100%). Таким образом, идея о том, что молекула белка работает как макромолекулярная машина, в настоящее время уже не воспринимается как экзотический вымысел биофизиков, выдвинувших эту гипотезу



более 45 лет назад, она нашла убедительное доказательство и вошла в золотой фонд современной биофизики.

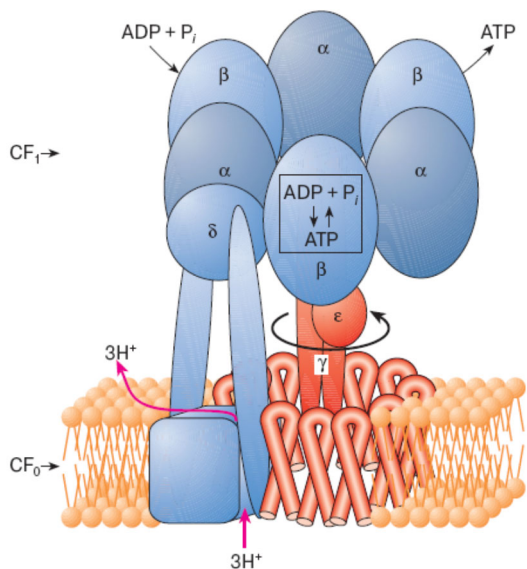


Рис. 4. Схематическое строение АТФ-синтазы

Литература:

1. Блюменфельд Л.А. // Проблемы биологической физики. М.: Наука. 1974.
2. Твердислов В.А., Тихонов А.Н., Яковенко Л.В. Физические механизмы функционирования биологических мембран. Изд-во МГУ, 1987.
3. Кукушкин А.К., Тихонов А.Н. Лекции по биофизике фотосинтеза высших растений. Изд-во МГУ, 1988.
4. Blumenfeld L.A., Tikhonov A.N. // Biophysical Thermodynamics of Intracellular Processes. Molecular Machines of the Living Cell. N.Y.: Springer. 1994.
5. Чернавский Д.С., Чернавская Н.М. // Белок-машина: Биологические и макромолекулярные конструкции. М.: Янус-К, 1999.
6. Романовский Ю.М., Тихонов А.Н. // Молекулярные преобразователи энергии живой клетки. Протонная АТФ-синтаза – вращающийся молекулярный мотор. – Успехи физических наук, Том 180, № 9, стр. 931-956 (2010).
7. Tikhonov A.N. pH-Dependent regulation of electron transport and ATP synthesis in chloroplasts // Photosynthesis Research, 116, 511-534 (2013).

Профессор А.Н. Тихонов



ФИЗИКИ МГУ «НАУЧИЛИ» КРЕМНИЕВЫЕ МИКРОСХЕМЫ ЭФФЕКТИВНО ВЗАИМОДЕЙСТВОВАТЬ СО СВЕТОМ



Ученые МГУ совместно с коллегами из РАН и других российских институтов предложили для создания источников излучения на германиевых квантовых точках в кремнии использовать высокодобротные резонансы электромагнитного поля в двумерных фотонных кристаллах. Новый метод оказаться перспективным для создания оптоэлектронных интегральных схем в будущем. Результаты исследования опубликованы в журнале *Laser & Photonics Reviews*.

Большинство современных цифровых микросхем сегодня изготавливается на основе кремния по технологии КМОП (CMOS) – комплементарная металл-оксид-полупроводник структура (англ. – complementary metal-oxide-semiconductor). Из-за большой плотности элементов в таких схемах основным препятствием для увеличения их производительности стало большое в них тепловыделение. Уменьшить тепловыделение можно, перейдя от омических (через металлические контакты) связей между элементами в микросхемах к оптическим.

«К сожалению, сам по себе кремний слабо взаимодействует со светом: он плохой излучатель и поглотитель фотонов. Или, пожалуй, к счастью. Иначе наши компьютеры и мобильные телефоны скорее бы светились, чем работали. Однако "научить" кремниевые микросхемы все-таки эффективно взаимодействовать со светом – чрезвычайно важная задача. Мы с коллегами решили эту задачу с помощью внедренных в кремниевую



структуру германиевых наноточек, изготовив на ее поверхности специально рассчитанный фотонно-кристаллический слой с усиливающими излучение фотонными резонансами особого типа – так называемыми связанными состояниями в континууме», – объяснил один из соавторов работы, профессор физического факультета МГУ Сергей Тиходеев.

Ученые описали наблюдаемые пики фотолюминесценции и их симметрию в терминах представлений точечной группы и объяснили, почему различные связанные состояния в континууме видны в спектрах фотолюминесценции в форме пиков, хотя широко распространено мнение, что они должны быть оптически неактивными.

Авторы работы также теоретически смоделировали спектральные особенности, рассчитав диаграммы направленности излучательной эффективности с использованием Фурье-модального метода в форме матрицы рассеяния и продемонстрировали появление связанных состояний в континууме в структуре за счет деструктивной интерференции двух мод.

Соавторы работы: Дьяков Сергей и Гиппиус Николай (Сколтех); Новиков Алексей и Красильник Захарий (ИФМ РАН и ННГУ); Степихова Маргарита, Юрасов Дмитрий и Шалеев Михаил (ИФМ РАН); Богданов Андрей (университет ИТМО); Тиходеев Сергей (МГУ и ИОФ РАН).

https://www.msu.ru/science/main_themes/fiziki-mgu-nauchili-kremnievye-mikroskhemy-effektivno-vzaimodeystvovat-so-svetom.html

НЕЙТРИНО НА XXIV ПЕТЕРБУРГСКОМ МЕЖДУНАРОДНОМ ЭКОНОМИЧЕСКОМ ФОРУМЕ

С 2 по 5 июня сего года в Санкт-Петербурге проходил XXIV Петербургский международный экономический форум - уникальное событие в мире экономики и бизнеса, которое проводится с 1997 года, а с 2006 года проходит под патронатом и при участии Президента Российской Федерации.

За прошедшие годы Форум стал ведущей мировой площадкой для общения представителей деловых кругов и обсуждения ключевых экономических вопросов, стоящих перед Россией, развивающимися рынками и миром в целом. Тем удивительнее, что по инициативе Министерства науки и высшего образования России в рамках программы Форума 5 июня была проведена тематическая панельная дискуссия «Нейтрино – неуловимые

носители тайн Вселенной». Хотя, впрочем, в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации отмечена ключевая роль фундаментальной науки, обеспечивающей получение новых знаний и опирающейся на собственную логику развития. И в этом контексте одним из наиболее бурно развивающихся направлений современной фундаментальной физики является физика нейтрино. Важность физики нейтрино иллюстрируется тем фактом, что в среднем за открытия в этой области раз в 10 лет присуждается Нобелевская премия.



Важность развития фундаментальных и прикладных исследований в физике нейтрино была отмечена президентом В.В. Путиным 23 сентября 2020 года на проходившем в Кремле торжественном заседании, посвященном 75-летию отечественной атомной отрасли.

В качестве модераторов на нейтринной панели Форума выступили академик Г.В. Трубников, директор ОИЯИ (Дубна), директор ИЯИ РАН М.В. Либанов и ректор МИФИ В.И. Шевченко.

В состоявшейся дискуссии приняли участие Ю.А. Белолоптиков (Байкальский нейтринный эксперимент), Ю.В. Куденко (ИЯИ РАН), Ю.Ю. Ковалев (ФИАН), Д.В. Наумов (ОИЯИ), В.А. Рубаков (ИЯИ РАН), Г.И. Рубцов (ИЯИ РАН), В.Б. Петков (Баксанская нейтринная обсерватория) и М.Д. Скорохватов (Курчатовский институт).



*На XXIV Петербургском международном экономическом форуме
(слева направо): Г.В. Трубников, Д.В. Наумов, А.И. Студеникин,
В.И. Шевченко и М.В. Либанов*

Спектр вопросов физики нейтрино, которые обсуждались на Форуме, чрезвычайно широк. Что такое нейтрино и в чем его загадка? Какую роль играет нейтрино в эволюции Вселенной? Как охотятся на нейтрино? Зачем во всем мире строят различные установки для изучения нейтрино, какова роль России в этих исследованиях? Что такое нейтринные телескопы и почему они не похожи на обычные? Почему астрофизики так любят нейтрино? Могут ли пока еще фундаментальные результаты исследований нейтрино стать прикладными?

А.И. Студеникин в качестве приглашенного спикера в своем выступлении на тематической панели Форума отметил уникальную роль нейтрино в становлении и развитии современных представлений о законах микромира, об основных достижениях в физике нейтрино, удостоенных Нобелевской премии за последние годы. Особо он отметил вклад Бруно Понтекорво в физику нейтрино. Отдельно была подчеркнута важность подготовки высококвалифицированных кадров для исследований по физике нейтрино и реализуемых в настоящее время в МГУ образовательных программ по подготовке специалистов по физике нейтрино.

Проведенная во время XXIV Петербургского международного экономического форума дискуссия по теме «Нейтрино – неуловимые носители тайн Вселенной» явилась важным этапом недавно начавшегося процесса формирования новой Федеральной научно-технической программы развития исследований нейтрино и астрофизики частиц.

А.И. Студеникин, профессор кафедры теоретической физик

РЕЛЯТИВИСТСКАЯ НЕЛИНЕЙНАЯ ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННАЯ ФИЗИКА НА КАФЕДРЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ



На фото коллектив лаборатории релятивистской лазерной плазмы. Слева направо в нижнем ряду: Андрей Борисович Савельев-Трофимов (руководитель группы), Дмитрий Пушкарев, Илья Мордвинцев, Роман Волков, Екатерина Митина, Константин Иванов, Иван Цымбалов. Верхний ряд: Дарья Урюпина, Никита Жидовцев, Сергей Шуляпов, Анастасия Сивко, Диана Горлова

Развитие лазерных технологий за последние два десятилетия привело к появлению твердотельных лазерных систем нового поколения, способных генерировать фемтосекундные импульсы с пиковой мощностью до десяти петаватт. Фокусировка такого излучения позволяет достигать интенсивности свыше 10^{18} - 10^{19} Вт/см² (рекордные значения превышают



1022 Вт/см²). Вещество в столь сильном лазерном поле мгновенно ионизируется (уже на фронте лазерного импульса), формируя горячую плотную неравновесную плазму, а свободные электроны испытывают действие экстремально высоких электромагнитных полей, разгоняясь до энергий, существенно превышающих их энергию покоя. Новая физика, стоящая за сложными процессами взаимодействия высокоинтенсивного лазерного излучения с релятивистской лазерной плазмой, открыла целый ряд уникальных и перспективных направлений фундаментальных и прикладных исследований, связанных с “настольными” ускорителями заряженных частиц, генерацией излучения в широчайшем диапазоне – от терагерцевого до гамма диапазона, а также ядерной фотоники, физикой высоких плотностей энергии и др.

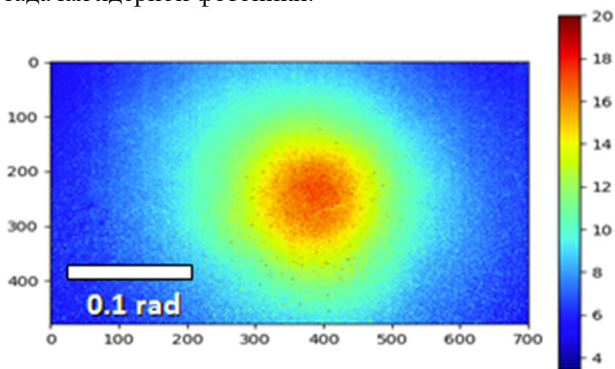
Исследования по данным направлениям ведутся на кафедре общей физики и волновых процессов в лаборатории релятивистской лазерной плазмы с использованием уникального тераваттного фемтосекундного лазерного комплекса на кристалле Ti:Sapphire. Отметим, что начало исследований было положено на нашей кафедре еще в конце 80-х годов прошлого века выдающимся ученым профессором С.А. Ахмановым.

В лаборатории проводятся активные экспериментальные исследования по широкому спектру задач в сочетании с проведением численных расчетов для предсказания и осмысления получаемых результатов. Все исследования поддержаны грантами РФФИ и РФФИ. Немаловажным фактором является активное взаимодействие с группами теоретиков МГУ, институтов РАН и за рубежом. Наиболее тесно сотрудничество установлено с коллегами из Физического института им. П.Н. Лебедева, Института ядерных исследований, а также ОИВТ РАН, НИЯУ МИФИ, ИПФ РАН, МИЭТ. Международные связи лаборатории осуществляются в первую очередь в рамках различных международных проектов и грантов: лаборатория CELIA в университете г. Бордо (Франция), GSI в г. Дармштадт (Германия), ELI в г. Жегед (Венгрия) и др. Коллектив лаборатории регулярно публикуется в ведущих научных журналах. Опишем вкратце некоторые направления исследований и наиболее яркие результаты последних лет.

1) Компактный ускоритель электронов на основе лазерно-плазменного взаимодействия. В цикле исследований, опубликованных в журналах *Physics of Plasmas*, *Plasma Physics and Controlled Fusion*, *Physical Review E* и др., был развит оригинальный подход к управлению свойствами плазмы, с которой взаимодействует сверхинтенсивный лазерный импульс. В частности, удалось найти режим направленного ускорения электронов лазерным импульсом в плазме подкритической плотности. Преимуществом плазменных ускорителей по сравнению с традиционными

является максимально допустимое ускоряющее поле: оно на 3 порядка выше, чем в обычных ускорителях. Это связано с экранирующим действием плазмы – в вакуумных резонаторах ускорителя при подобных полях просто начнется пробой. В основе метода ускорения, исследованного в лаборатории, лежит процесс формирования в плазме так называемого релятивистского канала – световое давление лазерного импульса расталкивает электроны плазмы, создавая канал диаметром в несколько микрон и длиной в десятки или сотни микрометров. При определенных условиях электроны могут быть инжектированы в канал (при распаде плазменных волн) и претерпевают ускоряющее действие поля импульса, а синхронизм с бетатронными колебаниями в канале практически нивелирует тормозящую часть периода поля. В результате формируется коллимированный пучок электронов с энергией до десятка МэВ, зарядом ~ 50 пКл и рекордным удельным зарядом в 1-2 нКл/Дж. На рисунке показан экспериментальный пучок электронов с энергией выше 2 МэВ на сцинтилляционной пластине, усредненный по последовательным 1000 выстрелам.

В настоящее время мы активно развиваем исследования, связанные с применением полученного пучка для создания источника гамма излучения в задачах ядерной фотоники.

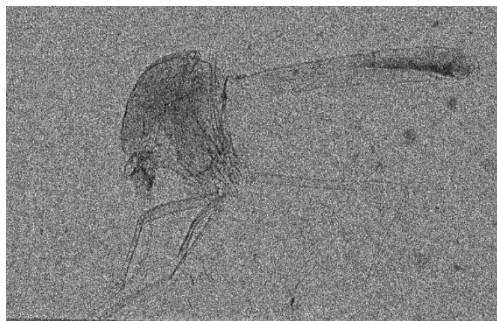


Экспериментальное изображение лазерно-ускоренного пучка электронов с энергией больше 2 МэВ

2) Исследование возможностей лазерно-плазменного рентгеновского источника для задач фазово-контрастной рентгенографии биологических объектов. Одной из важных задач, решаемых в лаборатории, является создание эффективных источников жесткого рентгеновского



излучения. В частности, недавно были проведены подробные исследования яркости, спектра, стабильности, пространственной когерентности источника жесткого рентгеновского излучения, получаемого на поверхности металлической мишени при воздействии на неё лазерного импульса с пиковой интенсивностью свыше 10^{18} Вт/см². Оценки показывают, что с помощью источника могут быть получены фазово-контрастные изображения в разумной геометрии эксперимента, когда изображение может быть получено за малое время экспонирования. Также нами предложен оригинальный метод компенсации поперечных смещений рентгеновского источника, в основе которого – получение изображений в каждом лазерном выстреле в присутствии в поле детектора маркера, позволяющего отслеживать положение источника. Простая корректировка положения кадра с последующим суммированием позволяет повысить четкость изображения и



Фазово-контрастное изображение комара, полученное на лазерно-плазменном рентгеновском источнике

выявить интерференционные эффекты при их изначальном замытии. С применением нового подхода получены фазово-контрастные изображения тестовых объектов на К-альфа линии меди (8 кэВ) от лазерно-плазменного источника на поверхности медной мишени (интенсивность лазера около 2×10^{18} Вт/см² при частоте следования 10 Гц). Получен контраст на границе объектов около 7%, что разумно согласуется с

ожидаемым значением. При этом время экспозиции при расстоянии от плазмы до объекта в 10 см и от объекта до детектора в 44 см составило лишь 100 лазерных импульсов. Показано, что такого экспонирования достаточно для получения фазово-контрастных изображений насекомых (см. ниже). Пространственное разрешение составляет около 15 мкм.

3) Термоядерный синтез “на столе”. В лазерно-плазменных экспериментах активно применяются также специально подготовленные мишени с структурированной на масштабе длины волны и менее поверхностью (разного рода, наностолбики, пены, поры и т.п.). Такие мишени способствуют повышению поглощения оптического излучения, появлению эффектов усиления локального поля на неоднородностях, росту прогрева-



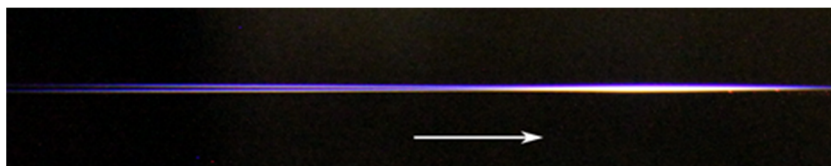
емого слоя за счёт более глубокого проникновения пучка в среду с пониженной средней плотностью. Одно из направлений, где применяются такие мишени, связано с получением нейтронного источника на основе ядерных реакций с выходом нейтральных частиц. Формируемый поток быстрых нейтронов из лазерной плазмы благодаря своей сверхмалой длительности, сравнимой с временем воздействия лазерного импульса, находит применение в передовых задачах сверхбыстрой нейтронной диагностики и томографии, ядерной фотоники. В лаборатории предложен оригинальный способ повышения эффективности термоядерной реакции дейтрон-дейтронного (DD) синтеза (сопровождающейся образованием быстрого нейтрона >2.5 МэВ) ядра гелия He-3 при воздействии фемтосекундного лазерного импульса сверхвысокой интенсивности (свыше 10^{18} Вт/см²) на вспененные дейтерированные мишени. Применение мишеней с пониженной средней плотностью (менее 0.5 г/см³) позволило увеличить глубину проникновения лазерного излучения в мишень. Переход из поверхностного поглощения в режим объёмного нагрева вещества привёл к росту потока нейтронов из плазмы до нескольких раз по сравнению с обычной дейтерированной CD₂ пленкой. Пиковое значение потока нейтронов достигало почти 105 на Джоуль вложенной лазерной энергии, что находится в одном ряду с лучшими мировыми результатами.

4) Множественная управляемая филаментация мощного фемтосекундного лазерного излучения в газовых средах. При распространении мощного фемтосекундного излучения в любой среде происходит самофокусировка пучка, а баланс этого процесса с дефокусировкой вследствие наведенной ионизационной линзы и дифракцией приводит к квази-волноводному распространению лазерного излучения на большие расстояния и формированию протяженных плазменных каналов – филаментов. При условии, что пиковая мощность излучения во много раз превышает критическую мощность самофокусировки, формируются множественные филаменты. Одной из актуальных задач здесь является управление множественной филаментацией, т.е. её параметрами: концентрацией плазмы и энерговкладом в среду, пространственной структурой плазменных каналов, их длиной и числом. В частности, сложение филаментов в условиях дополнительной слабой фокусировки позволяет преодолеть насыщение интенсивности и концентрации плазмы, характерные для одиночных филаментов. Формирующаяся при этом протяжённая область с более высокими значениями интенсивности и концентрацией плазмы получила название суперфиламент, а сам режим распространения излучения назвали суперфиламентацией. Повышение плотности энергии, вложенной в среду, интенсивности излучения и концентрации плазмы в филаментах имеет важное значение для таких потенциальных приложений филаментов, как



генерация терагерцевого излучения, удалённая спектроскопия пробоя, улучшение аэродинамических характеристик летательных аппаратов с помощью создания плазменных каналов перед ними и ряда других.

Для управления филаментацией нами развивается подход, в котором фазовый либо амплитудный фронт лазерного пучка модулируется с помощью специальных экранов. Для проведения исследований применен разработанный в лаборатории оригинальный метод регистрации широкополосных ультразвуковых сигналов филамента. Это позволило исследовать переход от одиночного филамента к суперфиламенту при увеличении мощности пучка. Было показано, что объёмная плотность энергии, вложенной в среду, в случае суперфиламента в 1,5–3 раза выше, а линейная – почти в 10 раз выше, чем в одиночном филаменте. При использовании различных фазовых масок были получены несливающиеся регуляризованные филаменты. В настоящее время в лаборатории запущена атмосферная трасса длиной до 50 м, что открывает совершенно новые возможности для исследований. Результаты работ опубликованы в цикле статей в таких журналах, как *New Journal of Physics*, *Laser Physics Letters*, “Письма в ЖЭТФ”. Отметим также, что эти экспериментальные исследования проводятся в тесном сотрудничестве с теоретической группой профессора О.Г. Косаревой.



*Фотография люминесценции плазмы при слиянии каналов
четырёх взаимодействующих филаментов*

Наша научная группа почти целиком состоит из бывших и нынешних студентов и аспирантов лаборатории. В лаборатории есть установленные традиции, будь то совместные неформальные встречи вне пределов МГУ, выезды на природу, в походы и на научные конференции. Веселый нрав, открытость и общительность позволяют поддерживать дружескую атмосферу и добрые связи с коллегами из других лабораторий и институтов.

Многообразие задач лаборатории даёт также широкие возможности для подготовки новых молодых специалистов-физиков (здесь и курсовые работы 2-го года обучения, а также бакалаврские и магистерские диссертации для студентов). Список экспериментальных задач, с ко-



торыми можно ознакомиться на сайте лаборатории, дополняется численным моделированием (метод “частицы в ячейке” активно применяется для моделирования лазерно-плазменного взаимодействия), программированием (ПЛИС, микроконтроллеры, автоматизация управления экспериментом и др.)

Новости о последних публикациях, информация о сотрудниках лаборатории, предстоящих семинарах и встречах, а также контактные данные можно найти на нашей страничке на сайте кафедры общей физики и волновых процессов: <https://ofvp.phys.msu.ru/lab/plasmalab/>.

*С.н.с. К.А. Иванов, аспирант Д. Горлова, м.н.с. Д. Пушкарев,
профессор А.Б. Савельев-Трофимов,
кафедра общей физики и волновых процессов*

СТУДЕНЧЕСКИЙ СЕНТЯБРЬ



Активная и разнообразная студенческая жизнь встретила первокурсников физического факультета еще до официального начала учебы. В свой первый день на факультете, 31 августа, ребята познакомились не только с администрацией и своим куратором, но и со старшекурсниками-групповодами и представителями Профкома. Ребятам рассказали про их



права как студентов, про бонусы и льготы, которые могут получать члены профсоюза, и про самые разные мероприятия, которые проходят на физфаке в течение года. Групповоды показывали новоиспеченным студентам кампус и интересные места поблизости, отвечали на все вопросы о студенческой жизни и знакомили будущих одногруппников между собой, помогая влиться в новый коллектив и непривычную пока обстановку.

Первого сентября ребят ждал масштабный «День первокурсника» с официальной частью и развлекательными активностями в шатрах на площади перед факультетом. К первокурсникам торжественно обратился ректор университета Виктор Антонович Садовничий, после чего прошла церемония посвящения и праздничный концерт. Всю официальную часть можно было увидеть не только в актовом зале Главного здания, но и в прямой трансляции.



После этого в шатрах перед Главным зданием началась «Ярмарка знаний». Студенты самых разных факультетов в игровой форме рассказывали о своих специальностях, самых ярких и интересных мероприятиях, культурных секциях и многом другом. Физики удивляли яркими и



зрелищными опытами в естественно-научном кластере, доказывали самые невероятные теории в шатре «Псевдонаучной конференции МГУ», отгадывали популярные и не очень фильмы вместе с Фестивалем студенческих короткометражек «Грач», пробовали себя в актерском мастерстве вместе с «Театром КТ» и согревались жаркими дискуссиями с «Клубом дебатов».

В течение двух следующих недель компетентные члены Профкома студентов провели для каждой группы первого курса отдельный ликбез по стипендиальным и другим выплатам на факультете. Ребятам постарались как можно более полно и понятно объяснить, на какую материальную поддержку они имеют право, какие заявления и куда нужно приносить, как часто и в каком размере эта поддержка будет выплачиваться.



Следующим крупным мероприятием стало Посвящение в физики. Это одно из центральных событий первых недель на факультете. Оно проходит два дня в одном из подмосковных лесов, куда каждую группу сопровождают ее групповоды. Всех испытаний, конкурсов и приятных сюрпризов, которые ждали первокурсников, не перечислить, зато можно точно сказать, что Посвящение — это про традиции и единение, про людей и атмосферу таинственности. Идеи, доносимые этим событием, каждый год разные, но все они о поиске. О поиске себя в науке или учебе и о поиске места в жизни в целом.



После Посвящения прошел «Фестиваль первокурсника», где ребята продолжили ближе знакомиться друг с другом и с факультетом, с которым так тесно будет связана их жизнь ближайшие как минимум шесть лет. Они заполняли чек-листы в течение недели до фестиваля, слушали полезные лекции и проходили финальный квест, в конце которого каждая группа получила небольшие памятные подарки.

Такой насыщенный сентябрь – только начало бурной, интересной и незабываемой студенческой жизни для наших первокурсников. Мы надеемся, что он подарил ребятам море положительных эмоций и вдохновения, превратился в теплые и согревающие воспоминания и оставил в предвкушении, ведь впереди у них только еще более невероятное путешествие!

Ерохина Мария, Аминова Анна

Использованы фотографии с сайта МГУ

https://www.msu.ru/news/?PAGEN_1=2

СЛОВО О ПОЭТЕ К 80-летию Сергея Крылова



Мы с Сергеем Крыловым – однокурсники, но я мало что знаю о нем с точки зрения его профессиональной деятельности. Знаю только, что он учился на отделении ядерной физики и что он – кандидат физ.-мат. наук. Зато я много могу рассказать о его «ненаучной» деятельности.

Сергей – один из самых ярких представителей физиков-лириков, сделавшим немало во славу физфака и «физического искусства». Он был участником

первого студенческого строительного отряда физфака 1959 г., с которого началось движение ССО в стране. С 1962 по 1965 гг. Сергей руководил агитбригадой физфака, с 1965 по 1968 гг. был руководителем и



автором программ студии «Феникс», в качестве председателя жюри провел множество фестивалей самодеятельной песни.

Наша агитбригада по праву занимала первое место среди других агитбригад МГУ, да и среди агитбригад всей страны. Нас посылали выступать по всем городам и весям СССР и даже за рубеж. Мы побывали на Дальнем Востоке и на Камчатке, в Липецке и Казахстане, в Польше, Чехословакии и Югославии. И всюду нас встречали и провожали восторженные отзывы благодарных зрителей. Наша агитбригада дала миру таких замечательных поэтов, авторов музыки и песен, как Валерий Мильев, Геннадий Иванов, Сергей Никитин, Сергей Смирнов. Дмитрий Гальцов, и конечно, Сергей Крылов. Не могу не вспомнить еще об одном великом человеке, вышедшем из нашей агитбригады. В те времена каждая программа агитбригады должна была проходить комиссию парткома факультета. У нас был гитарист Толя, который умел играть «Аппассионату» Бетховена. Как известно, ее очень любил Ленин. И на комиссии мы первым номером запускали Толю, после чего перед нами открывалась «зеленая улица».

А кто теперь гитарист Толя?

Это академик РАН директор ГАИШа Анатолий Михайлович Черепашук!

Перед поездкой в Липецк в 1961 г. Сергей сочинил незамысловатую, но очень трогательную песенку, ставшую приветственной во всех наших выступлениях:

Здравствуйте,
Здравствуйте, здравствуйте,
Слушайте нас.
Старые, малые, разные,
Это для вас.
Сказки, и пляски, и пение,
Радостный смех
Смогут поднять настроение
Сразу у всех.
Мы не артисты, студенты мы,
Но не беда,
Ездим с лихими концертами
По городам.
Здесь номера интересные
Мы привезли вам с песнями
Привет из Москвы.

В агитбригаде началось сотрудничество двух Сергеев: Крылова и Никитина. В результате их совместного творчества родились такие



песни, как «Маленький трубач», «Зимние ночи», «Белые тихие вьюги» и др. Визитной карточкой агитбригады стала песня «Бродячая» (музыка С. Никитина, слова С. Крылова):

Чуть-чуть беспомощно
Вагоны качаются,
И все получается
Само собой.
Не то, чтобы грустные,
Скорее усталые,
Мы возвращаемся домой.

За всю свою жизнь Сергей сочинил около 150 стихотворений и почти столько же песен. Многие его песни ушли в народ. Но настоящей «нетленкой» стала песня Сергея «Зимняя сказка» («Желтый цыпленок»), слова и музыку к которой написал он сам. На любом концерте, как только Крылов начинал петь: «Когда зимний вечер уснет тихим сном...», весь зал начинал подпевать. А если Сергей почему-то иногда собирался уходить со сцены, не исполнив этой песни, зрители не отпускали его и дружно кричали: «Цыпленка давай, цыпленка!». «Зимняя сказка» давно живет своей самостоятельной жизнью. Сергей как-то сказал: «Иногда мне даже кажется, что это не я ее написал».

Сергей оказал мне неоценимую помощь при издании к 70-летию физфака МГУ книги «Ты помнишь, физфак?».

В 2018 году Сергей издал сборник своих песен под чудесным названием «Нарисовал я лучик света». Через эти песни становится более понятным и близким основной дар Крылова – потребность и способность ощущать красоту мира независимо от погоды, времени года и превратностей судьбы.

Я желаю Сереже еще много лет не утратить этого дара и «нарисовать новые лучики света».

*Светлана Ковалева, выпуск 1964 года, канд. физ.-мат. наук
Член Союза писателей РФ*

P.S. Примечания Главного редактора.

Дополним, что Крылов работал в Физическом институте имени Лебедева АН СССР, затем – научным редактором в издательстве «Высшая школа», позже – журналистом.

30 июня с.г. «Российская газета» поздравила поэта-физфаковца Сергея Анатольевича Крылова с юбилеем (№142 (8493)). Не каждого физфаковца «Российская газета» поздравляет с юбилеем!



Физфаковцы – поклонники Крылова, его друзья, редакция «Советского физика» присоединяются к поздравлению, желают и дальше ЖИТЬ И ТРУБИТЬ!



Песня о маленьком трубаче

*Стихи Сергея Крылова,
Музыка Сергея Никитина*

Кругом война, а этот маленький...
Над ним смеялись все врачи:
«Куда такой годится маленький,
Ну разве только в трубачи? »
А что ему? – Все нипочем:
«Ну трубачом, так трубачом! »

Как хорошо, не надо кланяться –
Свистят все пули над тобой.
Везде пройдет, но не расстанется
С своей начищенной трубой.
А почему? Да потому,
Что так положено ему.

Но как-то раз в дожди осенние,
В чужой стране, в чужом краю
Полк оказался в окружении,
И командир погиб в бою.
Ну как же быть? Ах, как же быть?
«Ну что, трубач, тебе трубить! »

И встал трубач в дыму и пламени,
К губам трубу свою прижал –
И за трубой весь полк израненный
Запел «Интернационал!».
И полк пошел за трубачом –
Обыкновенным трубачом.

Солдат, солдат, нам не положено,
Но, верно, что там – плачь, не плачь –
В чужой степи, в траве некошенной
Остался маленький трубач.
А он, ведь он – все дело в чем! –
Был настоящим трубачом.

1964

О ВЛКСМ

30 лет назад прекратил свое существование КОМСОМОЛ.

В сентябре 1991 года был распущен Всесоюзный Ленинский Коммунистический Союз Молодёжи. Попытки воссоздать или создать подобную молодежную организацию не увенчались успехом.

Причина этого, на мой взгляд, очевидна: создать подобное можно только поставив идеальную, фантастическую цель. А стремясь к ней, походя, можно решать великие, невыполнимые для низменно мыслящих и низменно живущих, цели.

Чтобы ни говорили, Всесоюзный Ленинский Коммунистический Союз Молодёжи сделал для нашей страны очень и очень много.

Пусть в память о Комсомольцах прозвучит эта песня. Советую прослушать ее в исполнении Ю. Гуляева.

Показеев К.В.

**Песня о тревожной молодости**

Забота у нас простая, забота наша такая,
Жила бы страна родная, и нету других забот.
И снег, и ветер, и звезд ночной полет,
Меня мое сердце в тревожную даль зовет.

Пускай нам с тобой обоим беда грозит за бедою,
Но дружбу мою с тобою одна только смерть возьмет.
И снег, и ветер, синих звезд ночной полет,
Меня мое сердце в тревожную даль зовет.

Пока я ходить умею, пока глядеть я умею,
Пока я дышать умею, я буду идти вперед.
И снег, и ветер, синих звезд ночной полет,
Меня мое сердце в тревожную даль зовет.

И так же, как в жизни каждый, любовь ты встретишь однажды,
С тобою, как ты, отважно сквозь бури она пройдет,
И снег, и ветер, синих звезд ночной полет,
Меня мое сердце в тревожную даль зовет.

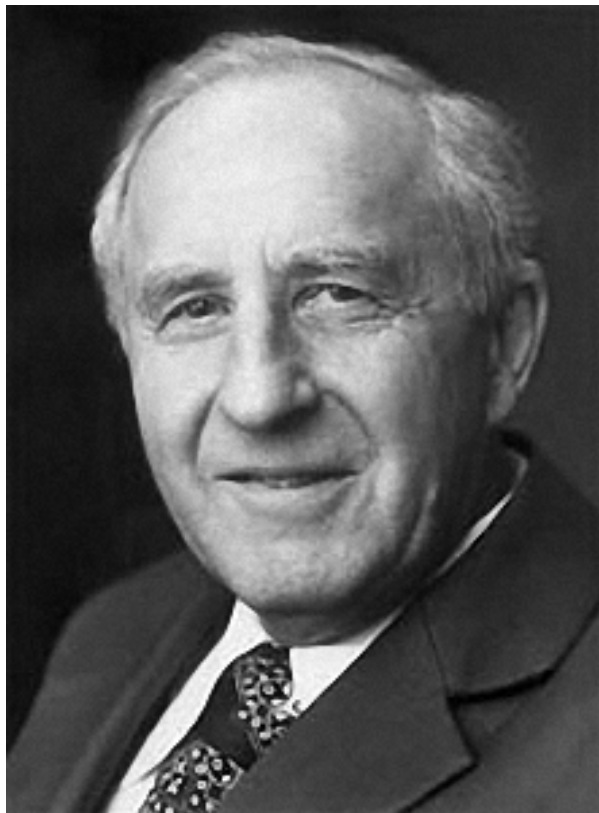
Не думай, что все пропели, что бури все отгремели,
Готовься к великой цели, а слава тебя найдет.
И снег, и ветер, синих звезд ночной полет,
Меня мое сердце в тревожную даль зовет.

И снег, и ветер, синих звезд ночной полет,
Меня мое сердце в тревожную даль зовет.



ЭПИЗОДЫ БОЛЬШОЙ ЖИЗНИ

(К 110-летию со дня рождения академика В. В. Мигулина)



10 июля 2021 года исполнилось 110 лет со дня рождения выдающегося советского и российского ученого, педагога и организатора науки академика Владимира Васильевича Мигулина (1911–2002). В.В. Мигулин прожил долгую жизнь, насыщенную трудом, творчеством и служением Отечеству. Он был автором и руководителем основополагающих, пионерских работ по вопросам физики колебательных систем, распространения радиоволн и исследования ионосферной плазмы. Во время Великой Отечественной войны он разрабатывал и создавал необходимые для Красной Армии системы радиолокации и радионавигации. В послевоенные годы



В.В. Мигулин был ответственным участником советского атомного проекта. Он на высоком уровне представлял нашу страну в международных организациях: был заместителем генерального директора Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), а впоследствии – вице-президентом Международного радиосоюза (УРСИ). Был одним из создателей Института радиотехники и электроники Академии наук (ИРЭ), на протяжении 20 лет, с 1968 по 1989 годы, руководил Институтом земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн (ИЗМИРАН).

Особое место в жизни В.В. Мигулина занимала работа на физическом факультете МГУ. Преподавательскую деятельность на факультете Владимир Васильевич начал в 1935 году. Он заведовал кафедрами радиофизического отделения – кафедрой радиолокации (с 1947 по 1956 гг.) и кафедрой физики колебаний (с 1956 по 2001 гг.). На кафедре физики колебаний В.В.Мигулин вырастил и воспитал дружный коллектив талантливых учеников, которые внесли весомый вклад в развитие физики колебаний и волновых процессов.

В силу разнообразия и специфики деятельности В.В. Мигулина, не все его труды и достижения широко известны. Приведенное здесь сухое и неполное перечисление дает лишь общее представление о масштабе и количестве дел, выпавших на его долю. Более полный очерк жизненного и творческого пути В.В. Мигулина содержит книга, изданная на физическом факультете МГУ в 2006 году [1]. В ней также приведены воспоминания учеников Владимира Васильевича, передающие чувство восхищения и душевного отношения к учителю.

В свое время сам Владимир Васильевич рассказывал о себе и своих делах не слишком много. Тем более запоминающимися были его слова. Иногда это были рассказы, иногда – короткие реплики, в которых раскрывалась его совершенно потрясающая личность. О некоторых из них хотелось бы вспомнить в год юбилея.

«Такая навигация...»

В конце 1980-х годов на нашей кафедре была студенческая группа, которую опекали два куратора. Набирал группу Г.А. Непокойчицкий, но вскоре он уехал в длительную командировку, а группу передали на мое попечение. Затем Г.А. Непокойчицкий временно вернулся и снова взял группу под свое крыло. Тогда у него возникла идея устроить встречу студентов группы с заведующим кафедрой, и он попросил Владимира Васильевича рассказать студентам-колебателям о своем жизненном пути. Владимир Васильевич согласился, и в конце 1988 года в его кабинете состоялось две таких встречи-чаепития. И ряд вещей, о которых



тогда рассказал В.В.Мигулин, ни в каких воспоминаниях о нем мне больше не встретился.

Важное практическое значение работ по интерференции радиоволн, проведенных В.В. Мигулиным и его коллегами в предвоенный период, оценило такое могущественное ведомство, как НКВД, по заказу которого в канун войны и в первые месяцы Великой Отечественной войны им была изготовлена радиотехническая аппаратура. В дальнейшем Владимир Васильевич был призван служить в НИИ ВВС. Там он создал первую отечественную систему радионавигации для самолетов.



*Капитан Владимир Мигулин – Начальник отделения
ГК НИИ ВВС РККА (1943 г.)*

Испытание системы перед государственной комиссией состоялось летом 1943 г. Бомбардировщик Пе-2 взлетел с аэродрома на Урале и в условиях сплошной низкой облачности, ориентируясь лишь с помощью системы радионавигации, долетел до города Курган в Зауралье, пролетев точно над колокольной, которую госкомиссия определила в качестве цели. Результат оказался блестящий – погрешность наведения на дистанции 400 км составила порядка десятка метров, и это в то время, когда о системах типа GPS и ГЛОНАСС не приходилось и мечтать. Владимир Васильевич гордился таким результатом и неоднократно вспоминал об



этом эпизоде. Упомянул он о нем и студентам на встрече, состоявшейся в 1988 году

Студенты сразу заинтересовались, что же было с этой системой дальше. И Владимир Васильевич рассказал. Естественно, после успешных испытаний встал вопрос о принятии разработанной им системы радионавигации на вооружение бомбардировочной авиации. Для этого протокол госкомиссии должен был утвердить командующий дальней авиацией А.Е. Голованов [2]. В кабинете командующего собрали членов госкомиссии, Голованов пролистал протокол и спросил:

– У меня один вопрос. Какое напряжение использует бортовая аппаратура? Разработчик системы капитан Мигулин доложил:

– Максимум три киловольта (это было напряжение питания осциллографической трубки).

После чего Голованов сказал:

– Мои пилоты вылетают на боевое задание с полными заправленными баками, сильный запах горячего стоит даже в кабине летчиков. Если будет хоть одна искра – самолет взорвется. А вы хотите протащить в кабину три киловольта. Да случись что – *Сталин мне за такую навигацию голову открутит!* Не подпишу! И не утвердил протокол.

Так что радионавигация на советских самолетах появилась заметно позже, ближе к концу войны. Однако работа над новой аппаратурой шла уже не на пустом месте. На том же чаепитии со студентами Владимир Васильевич вспоминал, как в 1945 году НИИ ВВС командировал его в Германию разыскивать радиоаппаратуру, которая использовалась при запусках немецких ракет ФАУ-2. Однажды они с водителем неудачно сориентировались на дороге и попали на территорию, откуда регулярные немецкие части уже ушли, а наши еще не пришли. Оказаться ближе к ночи на такой ничейной земле – очень смутное чувство, вспоминал ВВМ.

В 1945 году В.В. Мигулин был награжден орденом Красной Звезды. В 1946 году он был удостоен Сталинской премии за создание новой радиолокационной и радионавигационной аппаратуры.

«А мы вам поможем»

После войны В.В. Мигулин перешел на работу в Лабораторию №3 Академии Наук (ранее, на заре атомного проекта, так назывался ИТЭФ). Пригласил его туда академик А.И. Алиханов, с которым Мигулин был знаком с довоенных времен. Начальство НИИ ВВС не хотело его отпускать, однако по представлению Курчатова это пришлось сделать. В лаборатории №3 радиофизик Мигулин занимался построением ускорителей. Неудивительно, ускоритель – это электронный радиоприбор, только



большой. По вполне понятным причинам, публикаций этих работ В.В. Мигулина не было. Однако неслучайно он был редактором переводной книги по электронике в ядерной физике [3]. Также неслучайно В.В. Мигулин председательствовал на посвященном ядерной электронике заседании международной конференции по ядерной физике 1959 года (это фото было представлено на выставке в библиотеке физического факультета к 70-летию Мигулина). Спустя полвека на защите одной из дипломных работ Владимир Васильевич обмолвился: «Ускоритель – очень интересная колебательная система, с исключительно малым затуханием».

Работая в ядерном институте, В.В.Мигулин защитил в то же время докторскую диссертацию по теме «Интерференция радиоволн», основанную на материалах его исследований предвоенных лет. По докторской диссертации была опубликована классическая статья в УФН [4]. С 1947 года он стал заведующим кафедрой радиолокации в МГУ (в бумагах того времени она называлась «кафедра №22»). Летом 1951 года В.В. Мигулина назначают директором института, входившего в систему Первого Главного управления при Совете министров СССР (предшественника Министерства среднего машиностроения). Вот как об этом рассказал сам Владимир Васильевич на той памятной встрече со студентами. В один из дней коллеги неформально сообщили ему: «Иди к начальству, тебя назначили директором института в Сухуми». Поскольку такое назначение никак не входило в планы Мигулина, он решил на это сообщение не реагировать и продолжал свою обычную работу (обычная работа – это с раннего утра и до позднего вечера).

Но вот, через несколько дней, в один из вечеров, когда он находился в лаборатории, последовал телефонный звонок, чтобы он срочно явился в администрацию института, поскольку *за ним приехали*. Является Мигулин по вызову, его усаживают в авто и везут непосредственно в приемную Л.П. Берии, который в то время был заместителем председателя Совета министров по военно-промышленному комплексу. В приемной пришлось ждать довольно долго, более часа. Наконец, его выпускают в кабинет высокого начальства. Берия поднял глаза от бумаг на столе и спросил своим характерным скрипучим голосом:

– Вы почему не принимаете дела по руководству институтом? – Владимир Васильевич ответил:

– *Мне никто не показывал приказа* о моем назначении.- (Грамотный ответ, в духе времени). Берия продолжил:

– Правительственное постановление о вашем назначении состоялось, и дальнейшее промедление с его выполнением приведет к *нежелательным последствиям*.



Владимир Васильевич еще успел сказать, что должность директора очень ответственная, а он не имеет опыта руководящей работы такого уровня. На что Берия ему ответил:

– *А мы вам поможем.*

И в ту же ночь В.В. Мигулин вылетел самолетом принимать дела вверенного ему объекта. Впоследствии это учреждение получило название Сухумский физико-технический институт (Сухумский ФТИ), а в те времена это была «Военная база 0908». Сюда для работы по тематике атомного проекта были привлечены немецкие ученые, в том числе такие именитые, как нобелевские лауреаты Манфред фон Арденне и Густав Герц.

Наладить их эффективную работу совместно с нашими физиками и инженерами было очень непросто. Тем более в условиях режима строгой секретности и разделения немецких специалистов на категории (были там военнопленные, интернированные и работавшие по контракту). Как выразился на той встрече со студентами Владимир Васильевич, «Лаврентий Павлович выполнил свое обещание *"помочь"*, хотя и довольно своеобразно». Во время регулярных приездов с отчетами в Москву В.В. Мигулину в приемной зам. председателя правительства стали показывать доносы на него с обвинениями во всех смертных грехах. Но никаких грозных выводов по ним не следовало.

Студентов, конечно, интересовало, что было в тех доносах. Владимир Васильевич ответил:

– Чушь собачья.

(*Ну да, будь иначе, без «выводов» не обошлось бы.*)

– А кто писал эти доносы?

– Преимущественно те, кто обязан был присматривать, как идет работа в институте. Иногда мне зачитывали выдержки из этих писем, иногда давали читать самому, прикрывая от меня подписи, а подчас и не прикрывая.

– Значит, Вы знали, кто на Вас пишет? А впоследствии Вы встречались с авторами этих доносов?

– С некоторыми встречался.

– Ну и как Вы с ними общались?

– *Спокойно.*

«А заключение какое давать?»

Чрезвычайно поучительно было слушать не только то, о чем рассказывал В.В. Мигулин, но и то, как он это делал. О напряженных, драматических эпизодах повествовал живо, но не цветисто, не добавляя оценочных суждений последующих времен. Единственное, что он позволял



себе, как опытный лектор, – это легкую акцентировку наиболее многозначительных фраз из диалогов (ее я постарался выделить курсивом). О существе исследований в Сухумском ФТИ он особо не распространялся. Надо думать, прежде всего, это была привычка. В то время, когда проходила встреча, тематика и организация работ Сухумского ФТИ 50-х годов перестала быть секретной, но и не стала еще общим достоянием, о котором можно было бы прочитать в интернете или в «Аргументах и фактах» и «Независимой газете». Ну и кроме того, Владимир Васильевич этим давал понять, что те исследования были все-таки не слишком близки к его непосредственным научным интересам. На посту директора института от него требовалось другое – высокая ответственность, выдающиеся организаторские качества и совершенное знание немецкого языка.

Сейчас известно, что основные работы Сухумского ФТИ в то время относились к масс-спектрометрии и разделению изотопов. И о разделении изотопов на встрече со студентами все-таки зашла речь. Обсуждая рассказ Владимира Васильевича, кто-то из студентов выразился в том плане, что вот 50-е годы в нашей стране были временем бурного развития физики, а сейчас, по-видимому, бурное развитие получит экономическая наука (напомню, то чаепитие со студентами состоялась в разгар «перестройки»). На что Владимир Васильевич живо среагировал:

– А вы знаете, я вообще ни под каким видом не могу рассматривать экономику как науку. Имею здесь и личный опыт. Немецкие специалисты (он назвал фамилии) весьма успешно развили метод разделения изотопов с помощью ультрацентрифуг. Об их достижениях я доложил Б.Л. Ванникову [5]. Тот внимательно все выслушал и принял решение о подготовке метода к промышленному внедрению. Тут же при мне он вызвал начальника своего экономического департамента и дал ему задание подготовить экономическое обоснование по представленным мной материалам. Начальник департамента понимающе кивал головой и, получив задание, уже вышел из кабинета. Но через мгновение он снова заглянул в кабинет и, просунув голову в дверь, спросил Ванникова:

– А заключение какое давать – положительное или отрицательное?

– ...И с тех пор мало что изменилось, – подытожил ВВ.

...Выход своим научным интересам радиофизик Мигулин находил как раз на своей кафедре. О напряженном ритме жизни Владимира Васильевича в 50-е годы вспоминал его ученик, недавно скончавшийся профессор И.В. Иванов. Прилетал Мигулин из Сухуми по пятницам на закрепленном за ним самолете, читал лекцию студентам, проводил кафедральный семинар (отсюда пошла полувековая традиция – проводить семинары кафедры колебаний по пятницам). А после, вечером, он ехал



отчитываться перед высоким кремлевским начальством (которое в те времена имело обыкновение работать по ночам). На следующий день с утра Владимир Васильевич читал еще одну лекцию студентам, а затем приходил в лабораторию и садился на диван выслушивать доклады аспирантов о текущей работе. Часто бывало, что с началом докладов аспирантов Владимир Васильевич потихоньку засыпал, аспиранты умолкали, укладывали его поудобней на диван, чтобы шеф хоть немного отдохнул. Спустя недолгое время он просыпался, глядел на часы и торопился на аэродром – назад в Сухум. Однако впоследствии оказывалось, что то, что успевали сообщить аспиранты дремавшему Владимиру Васильевичу, он помнил, и в деталях. Так что на кафедре сотрудники старшего поколения знали, что сон Мигулина – далеко не всегда сон.

Работа В.В. Мигулина в Атомном проекте была оценена высшей государственной наградой – орденом Ленина – и присуждением ему Сталинской премии в 1953 году.

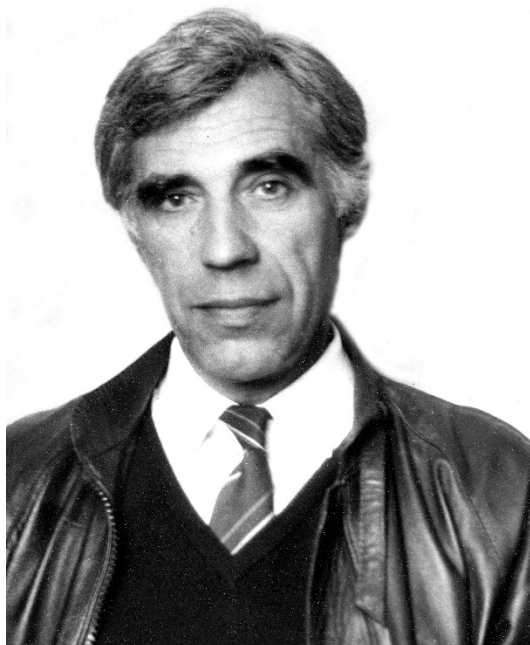
- [1] Ю.И. Кузнецов, А.С. Логгинов, И.И. Минакова. Владимир Васильевич Мигулин. М., Физический факультет МГУ, 2006.
- [2] Голованов Александр Евгеньевич – советский военачальник. Командующий Авиацией дальнего действия СССР (1942—1944). Главный маршал авиации (1944).
- [3] В. Элмор, М. Сэндс. Электроника в ядерной физике. Под ред. и с предисл. В.В. Мигулина. М., «Иностранная литература». 1951.
- [4] В.В. Мигулин. Интерференция радиоволн. УФН. 1947. Т.33. В.3. С. 353–438. Удивительно, но факт – в широко используемой интернет-энциклопедии эта статья даже не упоминается в числе основных публикации В.В. Мигулина.
- [5] Ванников Борис Львович - советский государственный и военный деятель, нарком и министр СССР, один из главных организаторов советской атомной программы, был начальником Первого главного управления, которое занималось строительством и управлением атомной отрасли.

Полную версию материала см. на сайте кафедры физики колебаний

Г.В. Белокопытов



БОРИС ЮЛИАНОВИЧ ТЕРЛЕЦКИЙ
(29.05.1934 – 6.06.2021)



6 июня 2021 г. на 88 году жизни после тяжелой болезни скончался старейший сотрудник физического факультета и кафедры физики колебаний, ведущий электроник кафедры Борис Юлианович Терлецкий.

Вступление Б. Ю. Терлецкого в самостоятельную жизнь пришлось на послевоенные годы. Как и большинство его сверстников, Б.Ю.Терлецкий прошел действительную воинскую службу. Он служил на Северном флоте, начинал свой матросский путь на Соловецких островах, и на всю жизнь сохранил флотскую закалку, так же, как и привязанность к Соловкам.

Более 60 лет жизнь Бориса Юлиановича была связана с физическим факультетом МГУ, где он работал на кафедре физики колебаний. На протяжении многих лет знания, опыт и непревзойденное мастерство



Бориса Юлиановича в области создания уникальных физических приборов служили основой экспериментальных исследований различных научных групп кафедры. В последние три десятилетия Б. Ю. Терлецкий плодотворно работал в научной группе лаборатории фотоники и спинтроники, созданной профессором А. С. Логгиновым.

Так сложилось, что профессиональный рост и творческое долголетие сотрудников факультета, работающих на инженерно-технических должностях, не столь очевидны, как у преподавателей и научных сотрудников. Однако вдумаясь: Б. Ю. Терлецкий начинал свою деятельность на факультете в эпоху ламповой электроники, прошел через период транзисторных схем и на завершающем этапе работал с интегральными схемами и микропроцессорами. При этом, уже в 2000-е годы, имея за плечами весьма солидный возраст, он самостоятельно создавал не имеющие аналогов экспериментальные установки, для фиксации глазковых диаграмм и определения вероятности ложных сигналов в волоконно-оптических линиях связи. А для этого нужны не только золотые руки и хорошее понимание физики, но и та изобретательность, которая позволяет реализовать устройство при наших вечно ограниченных материальных возможностях. И всеми этими качествами Борис Юлианович обладал в самой высокой степени.

Своими идеями, знаниями и опытом Борис Юлианович щедро делился со многими поколениями студентов, аспирантов и молодых исследователей. При этом большая разница в возрасте никогда не становилась барьером при его общении с младшими коллегами. С огромным терпением и благожелательностью Борис Юлианович объяснял им «на пальцах», что и как нужно сделать для достижения необходимых характеристик прибора, и почему нужно сделать так, а не иначе.

Коллектив кафедры колебаний с благодарностью вспоминает то, что Б.Ю.Терлецкий в течение длительного времени исполнял обязанности заведующего лабораторией, уделяя этому много времени и сил. Хорошо известно, что на плечи завлаба ложатся заботы по поддержанию кафедрального хозяйства, а также множество текущих кафедральных и факультетских поручений. Это работа, связанная с постоянным живым человеческим общением, причем зачастую поводы этого общения не вызывают энтузиазма у коллег. Борис Юлианович на посту зав. лабораторией проявил такие свои замечательные качества, как справедливость, рассудительность и такт. При этом он не скрывал своего отношения к



различным жизненным ситуациям и поступкам людей. Его оценки нередко бывали критическими, но не помнится, чтобы они вызывали обиду. К его мнению прислушивались и молодые сотрудники, и руководство кафедры.

За мудрым советом к Борису Юлиановичу ходила вся кафедра. Да что кафедра, временами казалось, что весь факультет!

От нас ушел замечательный человек, выдающийся профессионал, мудрый и надежный товарищ. Светлая память о Борисе Юлиановиче Терлецком навсегда сохранится на физическом факультете, в сердцах всех, кто с ним работал.

Сотрудники кафедры колебаний, коллеги, друзья.

**СОДЕРЖАНИЕ**

ПОЗДРАВЛЕНИЕ ДЕКАНА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ ПРОФЕССОРА Н.Н. СЫСОЕВА С ДНЕМ ЕДИНСТВА	2
МГУ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО УЛУЧШАЕТ ПОЗИЦИИ В МИРОВЫХ РЕЙТИНГАХ ВУЗОВ	3
БУДУЩЕЕ РОССИЙСКОЙ НАУКИ СОЗДАЕТСЯ В МГУ СЕГОДНЯ	7
МИХАИЛ ВАЛЕНТИНОВИЧ КОВАЛЬЧУК (К 75-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)	13
К 80-ЛЕТИЮ ВЛАДИМИРА ЧЕСЛАВОВИЧА ЖУКОВСКОГО	19
БИОЭНЕРГЕТИКА, ФОТОСИНТЕЗ И МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАШИНЫ ЖИВОЙ КЛЕТКИ	21
ФИЗИКИ МГУ «НАУЧИЛИ» КРЕМНИЕВЫЕ МИКРОСХЕМЫ ЭФФЕКТИВНО ВЗАИМОДЕЙСТВОВАТЬ СО СВЕТОМ	29
НЕЙТРИНО НА XXIV ПЕТЕРБУРГСКОМ МЕЖДУНАРОДНОМ ЭКОНОМИЧЕСКОМ ФОРУМЕ	30
РЕЛЯТИВИСТСКАЯ НЕЛИНЕЙНАЯ ЛАЗЕРНО-ПЛАЗМЕННАЯ ФИЗИКА НА КАФЕДРЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ	33
СТУДЕНЧЕСКИЙ СЕНТЯБРЬ	39
СЛОВО О ПОЭТЕ	24
О ВЛКСМ	46
ЭПИЗОДЫ БОЛЬШОЙ ЖИЗНИ	48
БОРИС ЮЛИАНОВИЧ ТЕРЛЕЦКИЙ	55



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.

28.10 .2021

Формат А5. Объем 3,75 п.л. Тираж 60 экз.

Заказ №

Отпечатано в отделе оперативной печати
физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова