

СОВЕТСКИЙ ФИЗИК

№3 (155) 2022

В номере:



Поздравление профессора Н.Н. Сысоева,
декана физического факультета МГУ,
с Днем Победы

Стр. 2



К 100-летию со дня рождения
Героя Великой Отечественной войны, профессора
Алексея Николаевича Матвеева

Стр. 3-16



Доклад Римскому клубу представлен
в Московском университете

Стр. 17-19



Е.А. Ширшин — Лауреат премии Правительства Москвы
молодым ученым за 2021 год

Стр. 29-34



«АРХИМЕДУ» 60 лет

Стр. 37-42

СОВЕТСКИЙ ФИЗИК

3(155)/2022
(апрель–май)



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



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

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

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

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

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

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

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

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



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



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

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



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

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

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



Пикирующий бомбардировщик Пе-2 в бою

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

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



5 Воздушной Армией. 4.12.43 г. в свободном полете “охотника”, в сложных метеоусловиях обнаружил бронепоезд и разрушил железнодорожное полотно впереди его. 5.12.43 г. в сложных метеоусловиях при сильно низкой облачности отыскал бронепоезд, сделал на него до 6-ти заходов и двумя прямыми попаданиями поразил вражеский бронепоезд. 13.12.43 г. при полете парой взорвал склад боеприпасов на станции Белозерье. Пожар в результате взрывов продолжался свыше 5-ти часов». За самоотверженную боевую работу, за совершение 45 успешных боевых вылетов после получения первой Правительственной награды, проявленные при этом доблесть, мужество и отвагу командир предлагал наградить А. Н. Матвеева орденом Ленина. Однако вышестоящее командование сочло, что заместитель командира эскадрильи лейтенант Алексей Николаевич Матвеев достоин награждения вторым орденом Красного Знамени — приказ о награждении был подписан 6 марта 1944 г.

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

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



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

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

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

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



землился он на территорию, которую контролировал враг. При покидании самолета он получил сильные ожоги лица и рук, временно лишился зрения, а в момент приземления на несколько часов потерял сознание. Его вместе с другими тяжело ранеными советскими бойцами подобрала немецкая солдатка и доставила в свой военный госпиталь. Зрение к Алексею Николаевичу вернулось лишь через 13 суток, а всего в госпитале он пробыл 55 дней — до 7 мая, когда гарнизон Бреслау сдался.

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



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

Интересно отметить, что через два месяца после награждения этим орденом А. Н. Матвеев был исключен из списков Красной Армии как погибший в боях против немецко-фашистских войск — соответствующий приказ Главного управления кадров НКО СССР был подписан 19 июля



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

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

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



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

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

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



ке материала для отстающих, для иностранных студентов). Объем учебной работы постоянно увеличивался, и поэтому количество сотрудников и без того большой кафедры также ежегодно росло — в 80-х гг. на кафедре работало уже около 185 человек.

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

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

Важнейшим шагом на пути к созданию такого учебника должна была стать новая программа курса общей физики. Алексей Николаевич выступил как общесоюзный координатор подготовки такой программы, которая включала в себя разделы «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество», «Оптика», «Атомная физика» и «Ядерная физика». В ходе создания этой программы он подробно разработал первые четыре ее раздела. Программу подробно и широко обсуждали сначала на физическом факультете МГУ, а затем — на 1-ом Всесоюзном совещании ведущих кафедр общей физики университетов СССР и в ведущих университетах страны. Одновременно с работой над программой курса А. Н. Матвеев приступил к написанию пятитомного учебника по курсу

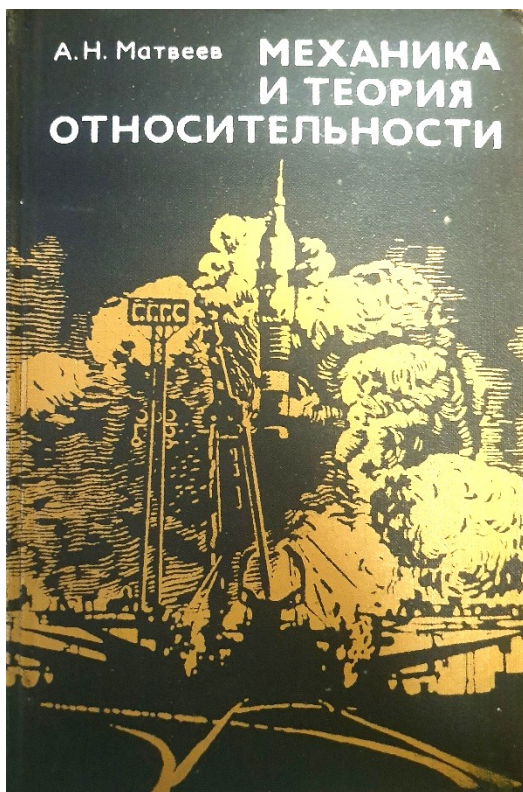


общей физики для студентов физических специальностей вузов. Творческая задача, которую поставил перед собой Алексей Николаевич, была грандиозной. Этот педагогический труд стал одним из главных дел его жизни. Работа над учебником заняла более 15 лет, его тома последовательно выпускались в свет издательством «Высшая школа» в 1976 г., 1981 г., 1983 г., 1985 г. и в 1989 г. Новый учебник сразу приобрел популярность у студентов и получил высокую оценку научно-педагогической общественности Московского университета и всей страны. За первый том своего учебника «Механика и теория относительности» А. Н. Матвеев в 1987 г. был удостоен Ломоносовской премии МГУ за научную работу, а за второй том «Молекулярная физика» — Государственной премии СССР в 1989 г.

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

А. Н. Матвеев был сторонником системного подхода к преподаванию курса общей физики. Поэтому, работая над новым учебником по общей физике, он уделял большое внимание созданию учебных пособий, которые должны были помочь студентам научиться решать задачи по основным разделам курса. В 1980–1982 гг. им в соавторстве с наиболее опытными педагогами физического факультета были разработаны и выпущены в свет в

издательстве МГУ книги, посвященные методике решения задач по механике, молекулярной физике, электричеству и оптике. В 1985 г. им в соавторстве с коллегами по кафедре была выпущена книга «Задачи повышенной сложности в курсе общей физики». Всего же Алексей Николае-





вич лично и в соавторстве написал 18 книг, и все они до сих пор служат прекрасным подспорьем в изучении и повторении общей физики не только студентам, но и преподавателям, и научным работникам.

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

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



щих задач. К 1985 г. были заменены или существенно модернизированы 30 % установок молекулярного раздела практикума.

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

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

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



них. Это дало возможность широкому кругу советских читателей познакомиться с лучшими образцами зарубежной научной и научно-популярной литературы. Заслуги Алексея Николаевича в данной области трудно переоценить. Свидетельством высочайшего авторитета А. Н. Матвеева среди иностранных коллег как педагога, автора и редактора научной и учебной литературы может служить тот факт, что с 1970 г. по 1976 г. он являлся членом международной комиссии по образованию Международного Совета по чистой и прикладной физике.

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



А. Н. Матвеев в 1980 г.

Алексей Николаевич и сам непрерывно вел активную научно-исследовательскую деятельность. Его основные научные работы относятся к исследованиям ряда вопросов теоретической и математической физики, взаимодействия излучения с веществом, теории циклических ускорителей, квантовой теории поля, теории излучения и движения заряженных частиц в электромагнитных полях. Им были получены



следующие новые научные результаты: создание релятивистской теории излучения ондулятора, разработка нелинейной теории фазовых колебаний электронов в синхротронах с жесткой фокусировкой, создание теории захвата электронов в режиме ускорения в бетатронах, разработка методов расчета потерь электронов в циклических ускорителях из-за рассеяния на остаточном газе, изучение ряда спиновых эффектов при ультрарелятивистских энергиях. Всего А. Н. Матвеевым было опубликовано более 200 научных работ. Под его руководством были подготовлены и защищены более 15 кандидатских диссертаций, он являлся научным консультантом авторов пяти докторских диссертаций. В 1978–1994 гг. А. Н. Матвеев руководил специализированным докторским Советом по теоретической и математической физике, автоматизации и технике физического эксперимента, работавшим при МГУ. Ряд научно-технических разработок Алексея Николаевича нашли практическое применение – он являлся соавтором шести патентов.

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

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

В 1992 г. А. Н. Матвееву пришлось оставить пост заведующего кафедрой общей физики и перейти на должность профессора. Он продолжал заниматься научной работой и как всегда блестяще, с полной самоотдачей, читать лекции студентам младших курсов. В марте 1992 г. в Центральной физической аудитории физического факультета МГУ состоялось торжественное собрание, посвященное его 70-летию юбилею. Цветы замечательному ученому и педагогу дарили не только коллеги, но



и студенты, причем делали они это не по поручению, а сами, от души. Это было лучшим доказательством огромного авторитета и уважения, которыми Алексей Николаевич пользовался на факультете и в университете.



А. Н. Матвеев читает лекцию

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

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

А. А. Якута, доцент кафедры общей физики



ДОКЛАД РИМСКОМУ КЛУБУ ПРЕДСТАВЛЕН В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

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



Отечественный подход к анализу проблем отличается, прежде всего, «дальностью восприятия». Если зарубежные коллеги из Римского клуба рассматривали изучаемые вопросы в диапазоне нескольких десятилетий, то нынешние авторы подошли к изучению вопроса в рамках широкого макроисторического контекста, охватывающего сотни и тысячи лет:

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

23 марта в Интеллектуальном центре — Фундаментальной библиотеке МГУ под руководством ректора Московского университета В. А. Садовничего прошло заседание спецсеминара «Время, хаос и математические проблемы». В его рамках состоялось представление преприн-



та доклада Римскому клубу «Преодолевая пределы», подготовленного группой ученых МГУ.

Представляя результаты работы большого коллектива исследователей Института сложных математических систем и факультета глобальных процессов Московского университета, В.А. Садовничий отметил, что доклад представляет собой многолетний научный труд, в рамках которого опубликовано более 40 работ по прогнозированию динамики роста численности населения, пандемийных процессов, причем многие модели и сделанные в их рамках прогнозы показали свою жизнеспособность и подтвердились на практике. В частности, получены оправдавшиеся предсказания хода распространения коронавирусной инфекции. Также подготовлено и опубликовано 8 книг. Сам доклад «Преодолевая пределы» — это не только реакция на известный доклад Римского клуба «Пределы роста», но и осмысление не имеющего аналогов в истории роста численности населения Земли (в 4 раза) и ВВП (в 20 раз), превратившим человека в движущую силу геологической эволюции.

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

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

Более подробно, с описанием математических моделей функционирования человеческого общества на разных этапах истории, динамики потребления важнейших ресурсов и их вклада в загрязнение окружающей среды, прогнозом роста температуры окружающей среды на период до 2100 г. выступил главный научный сотрудник Института математических исследований сложных систем МГУ иностранный член РАН А.А. Акаев. Он отметил, что научные заделы представленного при разработке докла-



да подхода имеются в трудах отечественных ученых В. И. Вернадского, П. И. Преображенского, Н. Д. Кондратьева, П. А. Сорокина, И. Р. Пригожина, Н. Н. Моисеева.

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

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

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

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

*<https://scientificrussia.ru/articles/otvecaem-na-vyzovy-preodolevaa-predely-v-mgu-prosla-prezentacia-preprinta-doklada-rimskomu-klubu>
<https://expert.msu.ru/haos22-1?>*



НАУЧНАЯ ШКОЛА НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИКИ В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

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

В 2022 г. лазерная физика отмечает два юбилея в своей истории — 60-летие создания Р.В. Хохловым и С.А. Ахмановым всемирно известной научной школы нелинейной оптики в Московском университете и 55-летие одного из наиболее значимых достижений этой школы — открытия спонтанного параметрического рассеяния света (СПР). Профессор физического факультета МГУ, академик Р.В. Хохлов и американский физик Н. Бломберген по праву считаются основателями нелинейной оптики. В 1981 г. за вклад в лазерную спектроскопию, включающий создание нелинейной оптики, Н. Бломберген получил Нобелевскую премию, возможно, получил бы и Р.В. Хохлов, если бы трагические события при восхождении на пик Коммунизма не оборвали его жизнь в августе 1977 г.

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

Научная школа нелинейной оптики в Московском университете берёт своё начало в 1962 г., когда профессором кафедры теории колебаний Р.В. Хохловым и доцентом кафедры физики СВЧ С.А. Ахмановым была сформирована на физическом факультете группа из сотрудников, аспирантов и студентов этих кафедр, перед которой была поставлена задача исследования нелинейных явлений в оптике, ставших возможными с изобретением лазеров. Особое место в ряду этих эффектов Хохлов и Ахманов отводили параметрической генерации света — созданию устройства (параметрического генератора света, ПГС), обеспечивающего плавную широкодиапазонную перестройку длины волны лазерного излучения. Идея ПГС с перестройкой длины волны излучения была выдвинута ими в 1962 г. в работе [Ахманов С.А., Хохлов Р.В. // ЖЭТФ. 1962. 43. С. 351] и тогда же Н. Кроллом [Kroll N. // Phys. Rev. 1962. 127. P. 1207] (вопросы параметрического усиления и параметрической генерации света обсуждались также в работе Р. Кингстона [Kingston R. // Proc. IRE. 1962. B50.



Р. 472.], но без указания на возможность создания источника когерентного оптического излучения с перестраиваемой длиной волны). Как неоднократно подчёркивал Р.В. Хохлов, параметрическая генерация была единственным способом перестройки длины волны, без чего было бы невозможным применение лазеров в науке и технике (в дальнейшем были изобретены и другие способы перестройки длины волны лазерного излучения, но тогда, в начале 60-х годов прошлого века, это было так). Задача реализации идеи ПГС решалась одновременно с исследованиями и других нелинейных эффектов в оптике — генерации гармоник, вынужденного комбинационного рассеяния, самофокусировки, а несколько позже — когерентной антистоксовой рамановской спектроскопии (КАРС), нелинейной лазерной флуориметрии и др., что сформировало новое научное направление — нелинейную оптику. Команда Хохлова-Ахманова успешно работала практически на всех участках этого фронта, тем самым создавая школу нелинейной оптики в Московском университете. Уже в 1964 г. (всего через два года после создания группы!) была опубликована монография «Проблемы нелинейной оптики» (Ахманов. С.А., Хохлов Р.В., 1964), в основном, по результатам собственных исследований группы Хохлова-Ахманова. Монография «Нелинейная оптика» будущего Нобелевского лауреата Н. Бломбергена, с которым у Р.В. Хохлова установились тёплые дружеские отношения, была опубликована позже. В 1965 г. Р.В. Хохлов и С.А. Ахманов организовали первый симпозиум по нелинейной оптике, который прошёл в Белоруссии, на озере Нарочь. Эти симпозиумы, бессменным председателем которых был Р.В. Хохлов, стали проводиться ежегодно — в столицах союзных республик, Ленинграде и Новосибирске, тем самым расширяя и укрепляя научную школу нелинейной оптики, возглавляемую Р.В. Хохловым.

В том же 1965 г. Р.В. Хохлов и С.А. Ахманов оформляют свою группу как новую кафедру — получившую мировую известность кафедру волновых процессов как базу формируемой ими учебно-научной школы нелинейной оптики в Московском университете. В 1973 г. С.А. Ахманов занимает позицию заведующего кафедрой общей физики для мехмата, после ухода из жизни её основателя и руководителя Сергея Павловича Стрелкова. Вместе с С.А. Ахмановым перешли на эту кафедру несколько ведущих сотрудников кафедры волновых процессов. С их помощью Сергей Александрович очень быстро реформативировал тематику кафедры общей физики для мехмата на нелинейную оптику. Таким образом, школа нелинейной оптики продолжала своё развитие на двух кафедрах. В августе 1977 г. произошла трагедия: в результате драматических событий, разыгравшихся при восхождении группы Р.В. Хохлова на пик Коммунизма, ушёл из жизни Рем Викторович Хохлов, ему только что испол-



нился 51 год. Через несколько месяцев после этого последовала реорганизация двух кафедр, основной тематикой которых была нелинейная оптика, на их базе возникли кафедра квантовой радиофизики (переименованная позже в кафедру квантовой электроники) во главе с академиком Л.В. Келдышем и кафедра общей физики и волновых процессов (ОФиВП) во главе с С.А. Ахмановым. Эти кафедры продолжают успешно, в дружбе и согласии, работать и поныне, постоянно расширяя научную тематику, продолжая развивать школу нелинейной оптики. Её воспитанники работают как на этих кафедрах, так и в других ведущих университетах мира.

Ученые физического факультета внесли огромный вклад в развитие нелинейной оптики, который был отмечен государственными наградами нашей страны. Ленинской премии (высшей награды СССР за научную деятельность) были удостоены С.А. Ахманов, Р.В. Хохлов, А.П. Сухоруков, Государственных премий СССР и РФ — О.А. Акципетров, Э.С. Воронин, Ю.А. Ильинский, П.К. Кашкаров, Д.Н. Клышко, А.И. Ковригин, В.И. Панов, А.Н. Пенин, В.С. Соломатин, А.П. Сухоруков, В.В. Фадеев. Ломоносовские премии за работы в области нелинейной оптики в разное время присуждались В.А. Алешкевичу, С.А. Ахманову, В.И. Емельянову, В.П. Кандидову, А.В. Козарю, Н.И. Коротееву, В.А. Макарову, А.П. Сухорукову, Р.В. Хохлову, А.С. Чиркину. За эти годы в МГУ было подготовлено большое число специалистов, активно работающих в области нелинейной оптики и лазерной физики в нашей стране и за рубежом. Среди них — лауреат Ленинской премии Н.Ф. Пилипецкий, лауреаты Государственной премии СССР В.Г. Дмитриев, Б.Я. Зельдович, И.Г. Зубарев, А.С. Пискаркас, Т. Усманов. Успехи в воспитании научных кадров отмечены в 2003 г. премией Президента РФ в области образования. Она присуждена Л.В. Келдышу, В.А. Макарову, В.В. Михайлину.

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



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

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

СВЕТОВЫЕ ПУЛИ НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИКИ

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

Световые пули, представляющие собой сгустки световой энергии размером порядка длины волны и длительностью около одного периода



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

Световые пули образуются в процессах самофокусировки фемтосекундного излучения и самокомпрессии его во времени, которые в условиях аномальной дисперсии групповой скорости развиваются согласованно при нелинейно-оптическом взаимодействии. В среде с кубичной нелинейностью спектр импульса уширяется вследствие фазовой самомодуляции, приводящей к увеличению длины волны на его переднем фронте и сокращению на заднем. В условиях аномальной дисперсии групповой скорости, при которой с увеличением длины волны групповая скорость уменьшается, импульс с уширенным спектром сжимается. В результате образуется световая пуля, которая является экстремально сжатым волновым пакетом с высокой пространственно-временной локализацией светового поля. Для большинства широкозонных прозрачных диэлектриков, таких как SiO₂, CaF₂, BaF₂, LiF, YAG, Sapphire, область аномальной дисперсии групповой скорости лежит в среднем ИК-диапазоне. Коллективом сотрудников физического факультета и ИСАН проведены теоретические и экспериментальные исследования, результаты которых позволили установить основные закономерности формирования и распространения световых пуль в прозрачных диэлектриках.

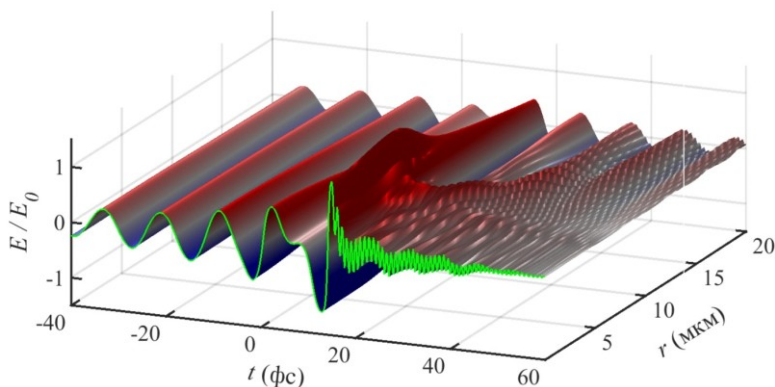


Рис. 1. Изображение мгновенного распределения во времени и по радиусу напряженности электрического поля в световой пуле, сформировавшейся в LiF при распространении импульса на длине волны 3.5 мкм

Напряженность электрического поля при пространственно-временной компрессии волнового пакета возрастает, приводя к фотоионизации среды, последующему резкому спаду напряженности на его заднем фронте и дефокусировке излучения в наведенной лазерной плазме (рис. 1). Совокупность нескольких осцилляций светового поля, локализованного вблизи оси, является световой пулей. При этом амплитуда осцилляций медленно нарастает на переднем фронте световой пули и резко уменьшается на хвосте, где возникают высшие гармоники. Сильное изменение этой амплитуды на масштабах периода осцилляций светового поля во времени и длины волны в плоскости поперечного сечения (рис. 1) вызывает трудности в определении ее длительности и радиуса.

Понятие интенсивности для световой пули из нескольких осцилляций оптического поля с сильно меняющейся амплитудой противоречит классическому определению. Характеристикой локализации излучения может являться квадрат модуля напряженности электрического поля $|E(r,t,z)|^2$. На основе анализа пространственно-временного распределения напряженности электрического поля нами предложен обобщенный подход к определению параметров ядра световой пули, который позволяет устранить неоднозначность и противоречивость в оценке его параметров. Согласно этому подходу, ядро является трехмерной областью локализации светового поля, в которой квадрат напряженности электрического поля не ниже уровня, задаваемого, например, следующим неравенством: $|E(r,t,z)|^2 = e^{-1} \max_t |E(0,t,z)|^2$. Для волнового пакета с гауссовым распределением интенсивности $I(r,t,z=0) = I_0 \exp\left(-\frac{r^2}{r_0^2} - \frac{t^2}{\tau_0^2}\right)$ определенное



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

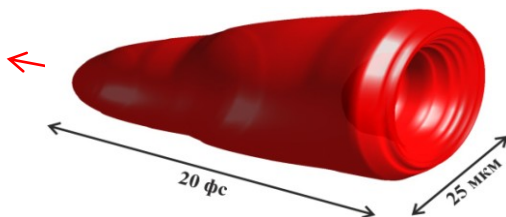


Рис. 2. Ядро локализации светового поля в световой пуле на длине волны 3.5 мкм

Протяженность ядра во времени является его локальной длительностью t_0 , максимальный размер в плоскости поперечного сечения — локальным диаметром $2r_0$. Наряду с локальными параметрами возможно введение эффективных параметров, которые учитывают пространственно-временное распределение напряженности электрического поля в ядре. Для гауссова волнового пакета параметры ядра, локальные и эффективные, совпадают с соответствующими параметрами, определяемыми по уровню e^{-1} для распределения его интенсивности. Таким образом, введенные параметры являются обобщением общепринятых характеристик гауссова волнового пакета на световую пулю с ядром качественно отличной формы. В летящей световой пуле, например, на длине волны 3.5 мкм, диаметр ядра составляет 25 мкм, его длительность 20 фс, что соответствует протяженности сгустка световой энергии в направлении распространения — 4 мкм.

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

цилляций параметров Δz составляет несколько десятков микрон и уменьшается с ростом несущей длины волны λ_0 , что подтверждено экспериментом.

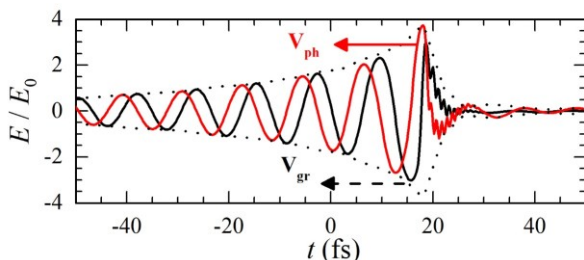


Рис. 3. Смена «cos-моды» (красная кривая) на «sin-моду» (черная кривая) в световой пуле на длине волны 3.35 мкм при распространении в LiF на половину периода осцилляций $\Delta z/2$

Экспериментальные исследования параметров и динамики световых пульс сопряжены с трудностями, вызванными малым пространственным размером и сверхкороткой длительностью. Измеряемая длительность световой пули зависит от диаметра апертуры, выделяющей ее ядро, поэтому результаты, полученные различными методами, различаются в разы. Так, в плавленом кварце на длине волны 1.8 мкм измеренная длительность световой пули лежит в интервале от 13.5 до 46 фс. Кроме того, используемое в большинстве проводимых экспериментов накопление данных от большого количества лазерных вспышек приводит к значительным ошибкам из-за неизбежного разброса параметров лазерных импульсов от выстрела к выстрелу. Эксперименты, проведенные в ИСАН, позволили избежать этой проблемы, используя данные, полученные с одной лазерной вспышки. Динамика изменения параметров световых пульс при их распространении в диэлектрике исследовалась по изменению концентрации электронов в плазменных каналах или по изменению плотности центров окраски (метод лазерной колорации), наведенных в одноимпульсном режиме при нелинейно-оптическом воздействии световой пули на диэлектрик.

Проведенные эксперименты четко зарегистрировали периодическое изменение эффективности нелинейно-оптического взаимодействия световой пули с диэлектриком из-за осцилляции ее параметров, вызванных СЕР. При этом глубина модуляции параметров тем больше, чем меньше число осцилляций светового поля в ядре световой пули. Изменение максимальной амплитуды напряженности электрического поля в световой пуле при многократной смене «cos» и «sin-мод» приводит к периодическому изменению плотности наведенных ею центров окраски и электро-



нов в лазерной плазме. Распределение интенсивности люминесценции долгоживущих микроструктур из центров окраски вдоль трека световой пули может быть легко зарегистрировано и затем исследовано при последующей подсветке в полосе их поглощения слабым излучением уже после записи (аналогично процессам экспонирования и проявления в классической, ныне уже забываемой, фотографии). К примеру, на рис. 4 приведены изображения треков, записанных в LiF для двух различных длин волн, которые наглядно демонстрируют зависимость периода осцилляций от длины волны воздействующей световой пули. Осцилляции плотности наведенной модификации среды в зарегистрированных треках является надежным индикатором образования световой пули длительностью, близкой к одному периоду оптических колебаний.

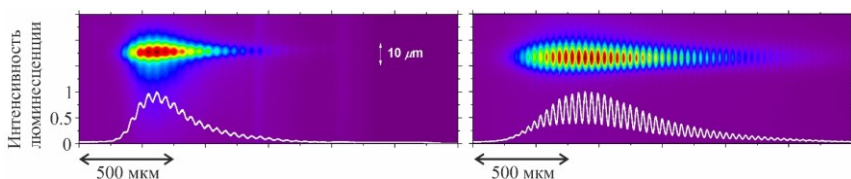


Рис. 4. Пространственное распределение плотности центров окраски в LiF, наведенных световой пулей на длине волны 2.79 мкм (а), 4 мкм (б) при одноимпульсной экспозиции. Профили плотности на оси изображены белыми линиями



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

Световые пули, которые характеризуются экстремальной локализацией светового поля и широким спектром, являются новым инструментом в развитии нелинейно-оптических методов исследования с высоким пространственным и временным разрешением, дистанционных методов широкополосного зондирования, флуоресцентной и эмиссионной нелинейной спектроскопии окружающей среды, в транспортировке энергии высокой мощности на большие расстояния. В настоящее время световые пули исследуются во многих ведущих лабораториях



Франции, Германии, США. Значительный успех в изучении световых пульс достигнут в лазерном центре Вильнюсского университета, в создании которого определяющую роль сыграл Альгис Пискаркас, выпускник физического факультета МГУ 1965 г., защитивший в 1969 г. кандидатскую диссертацию под руководством профессора С.А. Ахманова, лауреат Государственной премии СССР 1984 г.

Литература

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

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

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

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

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

Евгений Ширшин — воспитанник кафедры квантовой электроники физического факультета МГУ и тем самым школы нелинейной оптики и лазерной физики. На его долю выпало участвовать в прорыве фотоники сложных органических соединений в медицину. Экспансию оптики в биологию и медицину стимулировал основатель школы

Р.В. Хохлов, всемерно поддерживая исследования нашей лаборатории в области фотоники сложных органических соединений. Сначала это были органические красители как активные среды лазеров, затем природные органические соединения и комплексы — фотосинтезирующие организ-





мы, природное органическое вещество, флуоресцентные белки. Затем — транспортные белки плазмы крови альбумины. И, наконец, живые системы. С приходом студента (а затем аспиранта и научного сотрудника) Е. Ширшина в лабораторию процесс внедрения оптических (особенно нелинейно-оптических) методов в медицинскую биофотонику резко активизировался. Сейчас Е. Ширшин — преемник автора заметки на позиции руководителя лаборатории, получившей в последние годы название лаборатории лазерной биофотоники. Им сформирован коллектив молодых талантливых исследователей — студентов, аспирантов и выпускников, который добился впечатляющих успехов в разработке нового междисциплинарного направления — медицинской биофотоники. Присуждение Евгению Ширшину Премии Правительства Москвы — высокая оценка актуальности и результатов этой работы. Ниже — краткая информация о содержании работы, удостоенной премии (на базе заявки, поданной в комиссию по Премиям Правительства Москвы).

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

Несмотря на то, что оптика биотканей и клеток исследуется очень активно, обращает на себя внимание парадокс: в литературе в качестве эндогенных молекул, ответственных за поглощение (хромофоры) и флуоресценцию (флуорофоры) в организме человека, рассматривается список из всего лишь примерно десяти молекул. Данный факт был обсужден Е. Ширшиным и соавторами в обзоре в журнале «Успехи биохимии» и в ряде приглашенных докладов на центральных конференциях по биофотонике, в частности, в серии лекций Оптического общества Америки (OSA) в 2020 г. При этом для каждой «классической» молекулы-флуорофора или хромофора есть своя ниша применений в биомедицине.



Очевидные примеры таких применений — использование сигнала от гемоглобина в носимых устройствах (фитнес-трекеры, пульс-оксиметры, оптическое измерение артериального давления), в диагностике онкологических заболеваний, нейроимиджинге. Аналогично, на использовании сигнала флуоресценции молекулы НАД(Ф)Н построен оптический метаболический имиджинг, применяемый в персонализированной онкологии для подбора химиотерапии. Выявление новых классов эндогенных молекул-флуорофоров в организме и исследование их фотофизических свойств является центральной задачей биомедицинской фотоники. Второй задачей является создание новых методов спектроскопии и микроскопии, позволяющих реализовывать молекулярный имиджинг, то есть детектировать сигнал от определенных молекул в клетках.

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



Изначально объектом исследований в нашей лаборатории были белковые макромолекулы. В 2015 г. фокус исследований сместился на биомедицинскую диагностику, в частности, анализ биожидкостей — так, первой работой в этом направлении было выявление дескрипторов диабета в флуоресценции плазмы крови. Далее стало понятно, что традиционных подходов недостаточно для анализа сложных систем и смесей (той же крови), в связи с чем был выполнен поиск оптических флуоресцентных индикаторов конформационных изменений белков. Был предложен новый способ, основанный на выделении сигнала от тирозиновых остатков в белках, что позволило диагностировать изменения структуры белков в сложных системах с большей чувствительностью, чем подход, основанный на триптофановой флуоресценции. В 2019 г. данные наработки были применены для создания метода анализа пептид-белковых взаимодействий без меток и применены на системе, исследуемой в ИБХ РАН —



комплексах токсинов змей с рецепторами. Также в результате работ 2015–2016 гг., выполненных по заказу компании LG Electronics, был предложен метод анализа белковой компоненты в бытовой пыли с целью создания датчика экспресс-оценки аллергологической опасности в помещении. Было обращено внимание на «неклассическую» синюю флуоресценцию белков, относительно природы которой в литературе имеется несколько гипотез. Такая флуоресценция наблюдается, например, у структурных белков кожи (кератина, коллагена и эластина), а также возникает при агрегации белков в амилоидные фибриллы, которые связаны с патогенезом нейродегенеративных заболеваний. В процессе исследования природы этой флуоресценции были получены принципиально новые сведения о флуоресценции биотканей.



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

Исследование фотофизики синей флуоресценции, возникающей в результате образования амилоидных фибрилл, позволило впервые высказать гипотезу об образовании гетерогенной системы хромофоров в результате окислительных процессов. Методика детектирования фибриллярных структур в клетках с использованием сигнала синей флуоресценции

была опубликована в журнале *Angewandte Chemie* совместно с группой из университета Тель-Авива. Дальнейшие исследования были направлены на выявление механизмов, приводящих к единообразию оптических свойств гетерогенных систем флуорофоров.

Известно, что системы природного органического вещества имеют поразительно похожие спектральные характеристики, несмотря на радикально отличающийся молекулярный состав. Было показано, что анало-

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



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

В 2016 г. в рамках программы МГУ-DAAD «Владимир Вернадский» состоялась стажировка Е. Ширина в клинике «Шарите» (Германия), специализирующейся на клинической диагностике с использованием



биомедицинской фотоники. Сотрудничество с клиникой «Шарите» стало в дальнейшем стратегическим: так, было опубликовано 10 совместных статей в журналах Q1 и разработано несколько новых методов диагностики кожи. Изначально внимание было сфокусировано на методе мультиспектральной томографии (МФТ), который позволяет проводить 3D анализ ткани *in vivo* с субклеточным пространственным разрешением. Впервые было показано, как с помощью МФТ проводить диагностику микрососудов и локализовать структурные белки разного типа в ткани, а также описан механизм формирования флуоресценции крови при двухфотонном возбуждении. Далее метод МФТ был использован для анализа отечного синдрома на уровне клеток, что легло в основу метода диагностики пациентов с сердечной недостаточностью. Также впервые с помощью МФТ было показано, как можно детектировать и анализировать состояние единичных иммунных клеток у пациентов *in vivo*. Метод МФТ совместно с методом микроспектроскопии комбинационного рассеяния был также использован для исследования природы ИК-флуоресценции тканей и локализации в них различных молекулярных компонент.

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

Большой пласт работ связан с ГБУЗ г. Москвы «ГКБ № 67 им. Л.А. Ворохобова ДЗМ», где решаются задачи лабораторной диагностики, микробиологии и интраоперационной диагностики. По результатам исследований ведется внедрение технологий совместно с АНО «Московский центр инновационных технологий в здравоохранении». Реализован также целый спектр технологий для «прикроватной» диагностики, в частности система для анализа мочи с помощью смартфона, приборы для неинвазивного определения содержания воды в тканях и гемоглобина в крови.

В.В. Фадеев, профессор кафедры квантовой электроники



СТУДЕНЧЕСКАЯ ЖИЗНЬ В ВЕСЕННЕМ СЕМЕСТРЕ

Новый семестр — новые студенческие достижения!

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



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

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



пили на мероприятии. Послушать серьезные доклады на юмористические темы собрались более 150 гостей конференции.

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



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

Программа включает в себя 4 направления на выбор: Управление проектами, Коммуникативные навыки, Медиа и Техника. На них участники смогут получить навыки для запуска своих проектов и умение брать на себя роль лидера в любой жизненной ситуации. Они научатся работать в команде, вести переговоры и управлять своим временем, а также откроют для себя основы медиа-работы и работы с техникой. Помимо насыщенной образовательной программы, ребят ждут увлекательные квесты, общение с администрацией факультета, знакомство с самыми активными однокурсниками и множество положительных эмоций.



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

Студентка 4 курса Ерохина Мария

«АРХИМЕДУ» 60 ЛЕТ

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

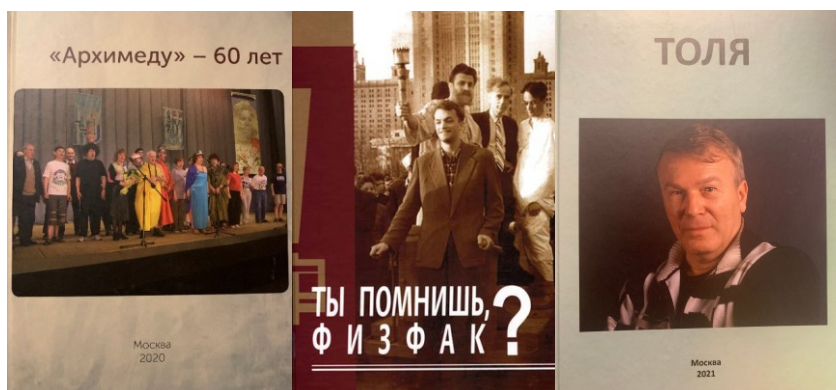
Время помнить, время вспоминать. Вспомнить лучшие годы, светлые, радостные, лучезарные... Именно таким жизнерадостным настроем были пропитаны дружеские встречи моих ровесников весной и осенью прошлого года, так или иначе причастных к праздничным событиям тех дальних лет на физфаке.

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



Светлана Ковалева (1980 г. и 2021 г.)

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

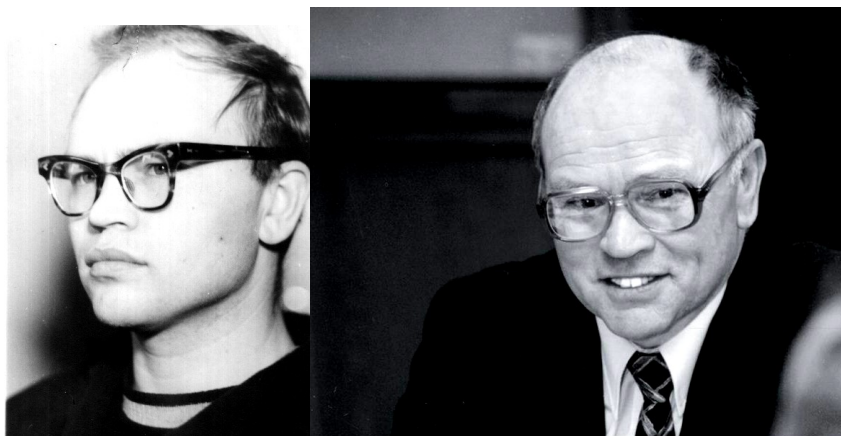


«Архимедовские» книги Светланы Ковалевой

Собственно, эти произведения были составлены не только из собственных повествований Светланы, но также из рассказов ветеранов архимедовского движения, литературно обработанных ею как автором-составителем. Было приятно, что написать первый в книге «Архимеду —



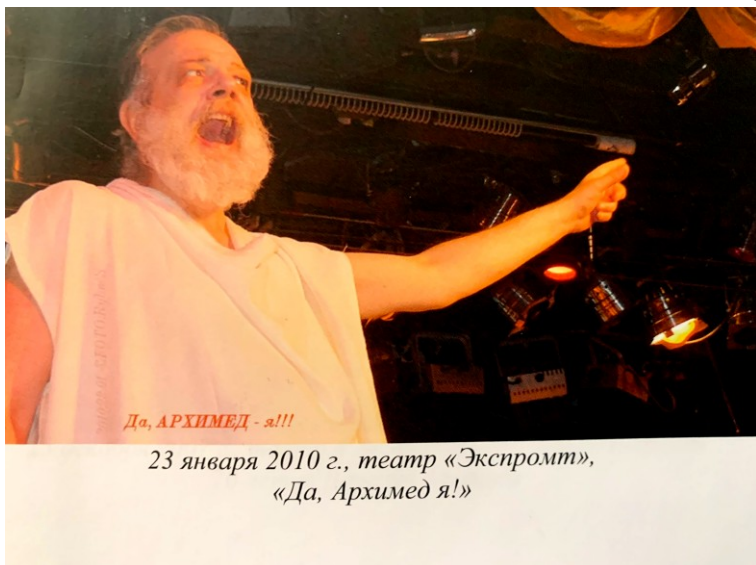
60 лет» вводный рассказ Светлана поручила мне как руководителю подготовки и проведения в 1962 г. ставшего тогда ежегодным 3-го празднования дня рождения Архимеда (должность моя называлась «начальник штаба праздника „День рождения Архимеда“»).



Юрий Пирогов (1962 г. и 2020)

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

Наши прошлогдние встречи были устроены в Центральном доме литераторов (ЦДЛ), где когда-то после очередного («моего») архимедовского праздника в мае 1962 г. состоялось по приглашению Константина Симонова знаменитое представление оперы «Архимед». В том году я как секретарь комитета комсомола физфака и начальник штаба по проведению праздника отвечал за организацию этого представления и в ЦДЛ. На первой из теперешних встреч мне снова довелось рассказать об этом ле-



Андрей Широков в роли Архимеда

гендарном представлении оперы, о неоднозначной реакции собравшихся там литераторов, которые вначале никак не могли включиться в понимание физических каламбуров, слушали первое действие в гробовой тишине, но затем, увлеченные самозабвенным исполнением наших артистов, стали бурно аплодировать, откликаясь на лихие и столь необычные для литературно-музыкальной классики развороты оперных событий. Мастерство исполнения и оригинальное содержание сцен поистине завораживало зрителей — по окончании представления артистов провожали нескончаемыми овациями, не желая расставаться с таким необычным исполнительским коллективом. Затем состоялась неформальная дружеская беседа с литераторами в кулуарах. Константин Симонов попросил принести из буфета ЦДЛ ящик коньяка, были музыка, песни и танцы. Светлану Ковалеву, приму балетной группы, пригласил сам Симонов и исполнил с нею незабываемо вдохновенный танец. Потом он оказался рядом со мной на диване, где мне представилась возможность поговорить с ним tet-a-tet о впечатлениях от увиденного на архимедовской сцене. Я попросил Симонова написать об этом в моей оказавшейся под рукой записной комсомольской книжке. Он с удовольствием согласился и живо изобразил (см. факсимиле этой записи):



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

Всё, с товарищеским приветом, Ваш К. Симонов»

К сожалению, на смену оттепели 60-х гг. пришли более строгие времена 70-х с запретом на несколько лет празднования Дня рождения Архимеда. Праздник все же возродился несколько позднее как День физика и стал, как и прежде, отмечаться ежегодно в середине мая. Последний

перед ковидной пандемией День физика состоялся в 2019 г. с представлением на ступенях физфака обновленной версии оперы «Архимед» под руководством теперешнего юного режиссера Виктории Радовской.

Завершая рассказ о прошлогодних юбилейных сходках в ЦДЛ, отметим, что Светлана Ковалева пригласила туда тех бывших исполнителей главных ролей в опере «Архимед», которые имели возможность в эти дни повидаться. Конечно, собрать удалось не всех — «иных уж нет, а те далече!» Но пришли и исполнили прекрасно сохранившимися голосами свои коронные арии Андрей Широков (Архимед), Сергей Чекалин (Бахус), Владимир Гребняк (тоже в прошлом Архимед), Ирина Сокольская (Венера), Сергей Пулинец (бывший Аполлоном и Марсом). Затаив дыхание мы слушали фортепьянные дивертисменты талантливого пианиста и композитора Димы Гальцова, к тому же всемирно известного ученого — физика. Особенно трогательны были слова, произнесенные в честь не-

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



давно ушедшего от нас Анатолия Прохорова — выпускника физфака, ярчайшего балетного артиста, автора выразительных поэтических строк, выдающегося телевизионного режиссера, создавшего на отечественном голубом экране «Смешарики», удостоенные Государственной премии России. Потому и книжку Светланы Ковалевой о нем «Толя» можно увлеченно читать, не отрываясь и многократно восхищаясь вывертам ума его уникальной на выдумку творческой натуры. Вспомнили и ушедших в мир иной наших товарищей — Геннадия Иванова, Валериев Канера и Миляева, Анатолия Широкова, Юрия Гапонова, Александра Кессениха и других «архимедовских» корифеев, во славу которых пусть исполнится наша осанна...



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

Профессор Ю.А. Пирогов



СЕМЕН ЭММАНУИЛОВИЧ ХАЙКИН

08.08.1901 – 30.07.1968

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

Радиофизик. Окончил физико-математический факультет МГУ (1928). Участник Гражданской войны. В 1919 г. С. Э. Хайкин добровольно вступил в Красную Армию и служил в учреждениях и войсках связи, где занимал различные командные и технические должности. В Красной Армии С. Э. Хайкин прослужил до мая 1924 г. В 1920 г. был на западном фронте и участвовал в войне с белополяками в качестве начальника полевой радиостанции и помощника начальника связи дивизии по радио.



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

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

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

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



радиоастрономической аппаратуры и методов радиоастрономических наблюдений.

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



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

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

В 1953 г. создал в Пулковской обсерватории отдел радиоастрономии, которым заведовал до конца жизни. Инициатор проведения радио-



астрономических исследований в сантиметровом и миллиметровом диапазонах волн. Руководил разработкой гигантского радиотелескопа РАТАН-600, диаметр которого составлял 600 м. Работая в Пулковской обсерватории, стремился связать радиоастрономию с астрономией оптической.

В 1970 г. Комитет по делам изобретений и открытий СССР зарегистрировал с приоритетом 28 октября 1947 г. открытие, сделанное Папалекси, Хайкиным и Чихачевым об экспериментальном открытии радиоизлучения солнечной короны.

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

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

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

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

ВЕРНЕР ГАЙЗЕНБЕРГ

5.12.1901 — 1.02.1976

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

Когда познакомишься с самыми выдающимися открытиями в теоретической физике, то невольно делишь их на те, которые кажутся неизбежными, подготовленными всем предыдущим развитием данной области физики, и на те, которые взялись как бы «ниоткуда». Это деление основано не на важности полученного результата (все они очень важные), а на



ширине пропасти, которую пришлось перепрыгнуть автору открытия. Разумеется, при таком прыжке автор откуда-то прыгал, то есть на что-то опирался. Но если у вас достаточно воображения, и вы понимаете тот историко-физический контекст, в котором все это происходило, то в некоторых случаях вас с неизбежностью охватывает оторопь и восхищение.



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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

Умножение получается некоммутативное, так что описание движения электрона в атоме идет вовсе не с помощью **числа** $x(t)$, зависящего от времени. Более того, Гайзенберг показал, что если бы такое число $x(t)$ существовало, то нарушался бы закон композиции частот, а его нарушать нельзя: комбинационный принцип Ритца — это твёрдо установленный экспериментальный факт. Так что главным и абсолютно фундаментальным выводом, сделанным в статье, являлось утверждение, что у электрона в атоме траектории нет, то есть, нет числа $x(t)$, описывающей движение электрона. Зато есть **матрица** (оператор) x_{km} , описывающая движение электрона в атоме.

Смелость этой гипотезы поражает воображение. Любому грамотному физику в те времена было известно, что электроны в камере Вильсона следы оставляют. То есть траектории у электронов вроде бы есть. Это соображение было известно самому Гайзенбергу в момент написания статьи. И это было первое возражение, которое приходило в голову любому оппоненту. Эйнштейн, беседуя с Гайзенбергом, первым делом спросил его именно об этом — отчего же Гайзенберг отрицает существование траекторий в атоме, когда эти траектории хорошо видны в камере Вильсона. Всё, что мог тогда ответить Гайзенберг — это что траекторий элек-



тронов вот именно в атоме никто пока не видел, зато частоты линий излучения и интенсивности этих линий — это наблюдаемые на эксперименте вещи.

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

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

Сам Шрёдингер сначала полагал, что он открыл новый способ описания квантовых явлений, и даже появился термин «волновая механика». Однако уже в третьей из работ цикла Шрёдингером было показано, что матричная механика в точности эквивалентна «волновой механике». Появление уравнения Шрёдингера было огромным достижением. А вот интерпретация волновой функции, входящей в это уравнение, поначалу была совершенно неправильной. Ведь был чрезвычайно большой соблазн рассматривать волновую функцию как некоторое материальное поле, наподобие максвелловского электромагнитного поля. Тогда непривычная картина нового квантового мира хотя бы до некоторой степени входила в рамки относительно привычных, почти классических представлений. Ну вот, есть еще одно **материальное** поле, вроде электромагнитного, которое удовлетворяет некоторым уравнениям движения. Замечательно, что это этих классических представлений живет до сих пор. Это проявляется как абберрация в восприятии смысла волновой функции. Если взять, скажем, основное состояние для атома водорода, то так и кажется, что электрон — это облачко, которое «размазано» вокруг ядра, причем плотность облачка равна



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

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

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

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

Эта формула как раз и позволяет правильным образом интерпретировать роль волновой функции в квантовой теории. В общем-то работа Борна до некоторой степени завершила тот прыжок из классического мира в квантовый, который начал Гайзенберг. Довольно странно, что Нобелевскую премию за вероятностную интерпретацию волновой функции Борну дали с задержкой на 28 лет — в 1954, а не в 1932 г., когда Нобелевскую премию получили Гайзенберг и Шрёдингер.

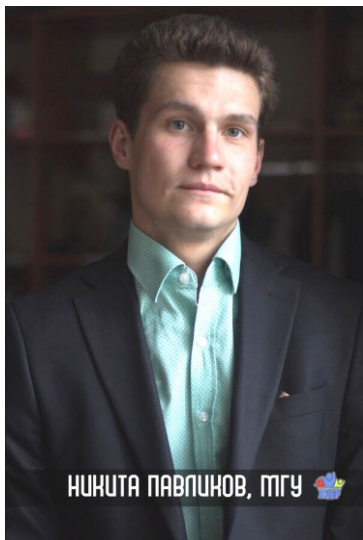
Разумеется, работа 1925 г. — это совсем не единственная работа Гайзенберга. Он внес очень большой вклад и в физику ядра, и в квантовую теорию поля, и в физику твердого тела. Но всё-таки самой фундаментальной, самой поражающей воображение и самой важной для последующего развития теоретической физики,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



ИНФОРМАЦИОННАЯ СЛУЖБА ФАКУЛЬТЕТА «МЕДИАЦЕНТР»

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

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



НИКИТА ПАВЛОВИЧ, МГУ

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

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

ведёт исторические рубрики и пишет о людях университета.



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

Чем Медиацентр может вам помочь? Сотрудники могут разместить ваш материал на факультетских ресурсах (социальные сети, сайт факультета) а также подготовить информацию о вашем исследовании для пресс-службы факультета и дальнейшего распространения в СМИ. Вы можете присылать новости о конференциях и мероприятиях на факультете, о встречах на кафедре, о темах курсовых работ, о наборе на кафедру, о научном исследовании, научной группе или лаборатории, об учебе на факультете и читаемых курсах.

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





СОДЕРЖАНИЕ

ПОЗДРАВЛЕНИЕ ПРОФЕССОРА Н.Н. СЫСОЕВА, ДЕКАНА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ, С ДНЕМ ПОБЕДЫ	2
К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ГЕРОЯ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ ПРОФЕССОРА АЛЕКСЕЯ НИКОЛАЕВИЧА МАТВЕЕВА	3
ДОКЛАД РИМСКОМУ КЛУБУ ПРЕДСТАВЛЕН В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ	17
НАУЧНАЯ ШКОЛА НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИКИ В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ	20
СВЕТОВЫЕ ПУЛИ НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИКИ	23
Е.А. ШИРШИН — ЛАУРЕАТ ПРЕМИИ ПРАВИТЕЛЬСТВА МОСКВЫ МОЛОДЫМ УЧЁНЫМ ЗА 2021 ГОД	29
СТУДЕНЧЕСКАЯ ЖИЗНЬ В ВЕСЕННЕМ СЕМЕСТРЕ	35
«АРХИМЕДУ» 60 ЛЕТ	37
СЕМЕН ЭММАНУИЛОВИЧ ХАЙКИН	43
ВЕРНЕР ГАЙЗЕНБЕРГ	45
ИНФОРМАЦИОННАЯ СЛУЖБА ФАКУЛЬТЕТА «МЕДИАЦЕНТР»	50
СОДЕРЖАНИЕ	52

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.

29. 04.2022

Формат А5. Объем 3,5 п.л. Тираж 60 экз.
Заказ №

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