

НОВОСТИ НАУКИ



ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МГУ им. М.В. ЛОМОНОСОВА

№ 1/2015



СОДЕРЖАНИЕ

- | | |
|----|--------------------|
| 1 | НОВОСТИ НАУКИ |
| 21 | ДИССЕРТАЦИИ |
| 22 | КОНКУРСЫ |
| 25 | КОНФЕРЕНЦИИ |
| 28 | УЧЕНЫЕ ФИЗФАКА МГУ |
| 33 | ФИЗФАК — ШКОЛЕ |



Трудами наших ученых
вот уже 70 лет нет войны...

Интервью, взятое профессором Виталием Константиновичем Новиковом к юбилею Великой Победы у выпускника физфака 1953 г., создателя подводных ракет, д.т.н., одного из руководителей Комиссии Президиума Совета Министров СССР по военно-промышленным вопросам (легендарная ВПК), академика Академии ракетных и артиллерийских наук, составителя и редактора книги «Советская военная мощь от Сталина до Горбачева», написанной генеральными конструкторами всех видов вооружения, Александра Васильевича Минаева. Ниже приводятся диктофонная запись интервью. Текст не правился, в нем сохранен язык устной беседы.

ВН: Какова роль ученых физфака МГУ и их научных разработок в создании оборононого щита СССР и России? Можно ли привести несколько ярких примеров таких разработок?

АМ: Роль ученых Физфака МГУ и их участия в научных разработках по поводу создания оборононого щита СССР и России чрезвычайно велика. Проблема лишь в том, что большая часть ученых, которые занимались оборононым щитом, являются людьми, мозгами которых руководить очень трудно, потому что они выполняют работы, которые не подлежатглашению, т.е. имеют гриф «секретно», «совершенно секретно», а большая часть работ вообще «совершенно секретно особой важности».

Из тех работ, к которым я имел хоть какое-то небольшое отношение, хотя и был руководителем, но участников было несколько тысяч, могу назвать две больших работы.

Первая работа относится к началу моей трудовой деятельности в оборонной промышленности. После окончания аспирантуры физического факультета МГУ в 1957 г. я начал работать в научно-исследовательском институте №1 Министерства Оборонной Промышленности, и начал работать там потому, что мы (у меня уже родился сын) хотели, чтобы нам была дана квартира или хотя бы комната. И мне она была обещана, если мы сумеем решить проблему, которая была мне сформулирована тогдашним дирек-



тором и главным конструктором этого института. Тогда, кстати, он назывался институтом № 1, а сейчас называется «Институтом теплотехники России». Эта работа называется «Создание противолодочных ракет». Проблема в том, что обычными торпедами поразить подводную лодку было невозможно, потому что скорость подводных лодок с ядерным вооружением и атомным двигателем несколько превышает, иногда в два-три раза, скорость обычной подводной лодки. Подводная лодка находится в поле зрения системы самонаведения подводной ракеты, и поскольку ракета идет значительно быстрее, она ее все равно, так или иначе, достигает, и даже если лодка от нее пытается уйти, все равно ракета ее догоняет. Обычная торпеда догнать лодку не может, ибо скорость ее по определению меньше. Все решает двигатель, а у атомной подводной лодки двигатель имеет гораздо больший ресурс. Проблема состояла в том, что при погружении обычных ракет в воду примерно на шесть порядков возрастает шум, который ракета излучает обычно в воду. Плотность воздуха существенно ниже, чем плотность воды, и шум тут меньше. Мы наблюдаем как шум быстро уменьшается, когда ракета стартует из обычного надводного устройства. Он уменьшается, не только из-за того, что он невелик, а потому что плотность воздуха с высотой все падает и падает, и,

в конце концов, ракета, которая летит на высоте 20, 30, тем более ста километров, совершенно не излучает никакого акустического шума. Поэтому навести на такую ракету нельзя. А когда погружаешь эту же ракету в воду, ее шум становится столь грандиозным, что полностью становится невидимой та цель, ради которой ракета попала в воду. И первая проблема состояла в том, чтобы научиться, каким образом можно снизить уровень шума. Решение этой задачи, к сожалению, до сих пор является закрытым, подробности рассказать я не имею возможности, но, во всяком случае, проблема была решена.



30 апреля 2015 года, на Торжественном заседании Ученого совета физического факультета, посвященном 70-летию Победы в Великой Отечественной войне, доктор технических наук, выпускник физического факультета МГУ А.В. МИНАЕВ сделал доклад "Трудами наших ученых уже 70 лет нет войны", который был очень интересным, актуальным и вдохновляющим.

Такая ракета под названием «Кондор» была создана на рубеже 60-х–70-х годов, прошла испытания, и за нее авторский коллектив был удостоен Государственной премии Советского Союза. Затем эти ракеты стали делать на заводах, их стоимость существенно упала. Они были с точки зрения инженеров простыми, и все решения были связаны с тем, чтобы управлять ракетной струей, а это недорогие решения, и они были найдены. Ракеты и сейчас изготавливаются на заводе в Петропавловске в Казахстане и покупаются как нами, так и специалистами разных стран. Следующей важнейшей проблемой, в которой мы также принимали участие, это создание высокоточных ракет с обычным, неядерным зарядом. Целый ряд этих ракет был разработан в «Центральном научно-исследовательском институте № 173», который сейчас называется «ЦНИИ автоматики и гидравлики», где мне и многим моим сотрудникам, которые пришли, в том числе и с физического факультета МГУ, пришлось решать ряд проблем, и они были решены. Часть из них удостоены тоже высоких премий, в том числе и совсем недавно среди научных разработок для молодых, до 35 лет, из пяти премий, которые были выделены в России на эти работы, три премии достались нашему институту.

Далее, я занимался важнейшей работой, которую мне предложили, когда меня перевели, можно сказать насильно, в Кремль, в качестве руководителя сектора ракетно-космического приборостроения. Эта работа состояла в том, что американцы научились создавать ракеты, которые могли бы сбить нашу ракету в любой точке ее полета за счет того, что американская ракета производила взрыв водородной бомбы в безвоздушной атмосфере на больших высотах и его излучение было для наших ракет

рекордов на расстоянии от взрыва порядка 10, 15 и даже 20 километров. Поэтому для американцев не нужно было какого-либо прицельного устройства, чтобы сбить нашу ракету, и они были совершенно уверены в том, что их ракеты совершенно не достижимы для наших ракет, а наши — никогда не достигнут Соединенных Штатов. И у нас начали существенно ухудшаться отношения между СССР и Соединенными штатами Америки. Это была уже вторая половина 80-х годов. Пожалуй, даже середина 80-х годов. Нужно было создать ракеты, которые бы не боялись поражающих факторов ядерного взрыва на расстоянии меньше 10–15 километров. Излучение носит чудовищный характер, и обычная ракета при таких расстояниях гибнет. Мы создали ракету, система управления которой выдерживает чудовищные уровни рентгеновского излучения, характерные для ядерного взрыва в космосе. Эти ракеты были созданы, испытаны и началась эпоха резкого снижения международной напряженности. К нам приехал тогда, в конце 80-х годов Рейган, он был очень хорошо встречен у нас в Кремле, и я участвовал в этих встречах, и Рейган приехал специально для того, чтобы подписать ряд договоров, которые между нами и американцами были тогда заключены. Поскольку мы создали ракеты, которые могли погубить американские ракеты, и американцы не могли теперь уничтожить наши ракеты, суть договоров состояла в том, чтобы, во-первых, зафиксировать это положение и, во-вторых, чтобы уменьшить ракетный парк и наш и американский. Эти решения были приняты на уровне Горбачева и Рейгана еще в конце 80-х годов предыдущего века. И благодаря этому началась эпоха разрядки международной напряженности и именно этим, возможно, вызван и такой чудовищно страшный факт, как распад большой нашей страны, которая впервые в своей истории прожила 50 лет мирно к тому времени, а сейчас уже можно сказать, что 70 лет. Великий праздник, который состоится 9-го мая 2015 года, — праздник, который состоится впервые в истории России, впервые за тысячу с лишним лет ее существования. Тысячелетие России, как известно, было отмечено царским режимом в 1862 году, мы же скоро отметим 1200-летие России, всего лишь через пятьдесят лет, даже меньше...

Поэтому вопрос о том, как жить дальше, он не является вопросом физики, а вопросом соотношения между нашими и американскими ракетными силами. Поскольку сейчас наблюдается еще их равенство, то ухудшение международных отношений, которое сейчас наблюдается, не является следствием каких-нибудь физических причин, а является просто следствием непонимания руководителями стран проблем, которые возникают перед человечеством в момент распада государства.

ВН: В тройке физфак, ФИЗТЕХ, МИФИ кто более эффективен в исследованиях для оборонных целей?

АМ: В этой тройке физфака МГУ, Физико-технического института, Московского инженерно-физического института место физфака очень велико. Во всяком случае, вот эти две проблемы, проблемы борьбы с атомными подводными лодками, которые с ракетами на борту барражировали в наших морях вроде Черного, Белого, Балтийского и других, и проблема несбиваемых американских ракет, эти проблемы были решены, и созданы необходимые условия,

для того, чтобы можно было уменьшить военные расходы, в частности, количество ракет по решению Рейгана и тогдашнего нашего руководителя Горбачева было принято еще в 1987 году, и тогда же было принято решение об уничтожении 700 ракет, т.е., примерно, половины из всего парка ракет, который находился в нашем и американском распоряжении. Эти ракеты были американцами просто уничтожены, а нам удалось их переделать из боевых ракет в ракеты-носители для запуска спутников, и можно было с помощью российских ракет запустить почти 700 спутников. Стоимость каждого запуска сотни миллионов рублей, сотни миллионов долларов, даже правильнее сказать. Нам удалось запускать как российские спутники, так и американские спутники, и до сих пор на нашей международной космической станции МКС бывают и американские астронавты, а последний раз вообще была дама-астронавт из Америки, и кроме того, большое количество спутников Франции, Германии, Испании, Бразилии и Китая были запущены с помощью этих ракет для нас почти даром, но каждый раз наш бюджет пополнялся ста, ста пятьдесятю миллионами долларов.

ВН: Какую роль разработки физфака сыграли для победы в Великой Отечественной Войне 1941–1945 гг., 70-летие которой мы будем сейчас отмечать?

АМ: Мне на этот вопрос трудно ответить, потому что я знаю об этом только понаслышке, а сам я был еще слишком юн для того, чтобы учиться в университете. Можно ли привести яркий пример этой работы? Наверное можно. Во всяком случае сам факт Победы над такой хорошо развитой страной и, кстати, достаточно продвинувшейся в отношении ядерного оружия. Как известно, в Германии было много сделано для того, чтобы на уровне, может быть 1949 или, может быть, 1950 года взорвать свою атомную бомбу, может быть даже несколько раньше. И то, что нам удалось достичь Берлина и перевести к нам многую часть из того, что было сделано немцами во время войны 1941–45 годов, это имущество и эти решения были у нас в деле, в разработке. Я думаю, что создание нашей атомной бомбы в 49-м году, всего через четыре года после Победы, и было ярким примером таких разработок, которые, кстати, в том числе, и за счет того, что мы получили в результате контактов с Соединенными Штатами Америки и американскими ядерщиками.

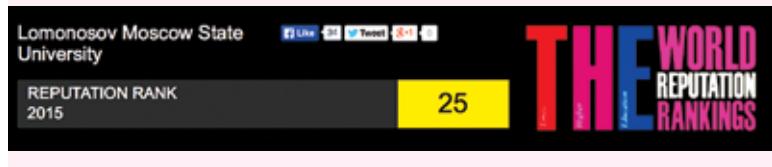
ВН: Как уровень научных разработок для обороны страны наших ученых физфака во времена СССР/России соотносился с уровнем таких разработок в Германии и наших союзников?

АМ: Если попытаться ответить на вопрос, как уровень научных разработок для обороны страны наших ученых во времена СССР и России соотносится с уровнем таких разработок в Германии и у наших союзников, в том числе у Соединенных Штатов, то можно ответить на это таким образом, что до войны и во время войны наш уровень был достаточно высок, чтобы обеспечить Победу, чтобы победить такое достаточно мощное, такое развитое в технологическом отношении государство, как гитлеровская Германия. А после Отечественной войны, те самые 70 лет мира, которые мы празднуем сегодня, это великое

завоевание нашей страны, которое ни с чем предыдущим нельзя сравнять. Как известно, по мнению наших историков, среднее расстояние между войнами в течение нашего тысячелетнего существования составляет, примерно, 14 лет, из них три, четыре, а то и пять лет, занимает война. Возьмем, например, 20-ый век. 1905 год – война русско-японская, 1914 – первая мировая война, 1939 год – война СССР и Финляндии, 1941 – начало Великой Отечественной Войны, и после Великой Отечественной Войны с 1945-го года мы живем впервые в нашей истории без войн. Это пример, который заставляет нас все время с огромным уважением относиться к нашей истории, потому что 70 лет достигнуты в истории впервые. И, пожалуй, никого, кроме Соединенных Штатов Америки, с такими большими промежутками мирного развития нельзя назвать. Действительно, участие Соединенных Штатов в первой мировой войне было чисто номинальным. Их участие во второй мировой войне тоже было не слишком большим, они пришли уже в почти разбитую Германию. Взяли, правда, Париж, но, во всяком случае, их участие было небольшим. Я не знаю точного количества погибших, но, конечно, с нашими 27-ю миллионами никто даже близко не приближается к этой чудовищной, и одновременно великой цифре. Должно думать, что сейчас мы имеем почти равный уровень нашей обороны, которого мы достигли, в том числе и за счет роли физического факультета МГУ, является великим народным достоянием.

ВН: Были ли у нас и есть ли сейчас у нас на вооружении такие технологии, которых до сих пор нет на Западе? В чем мы отстаем?

АМ: На Западе, действительно, по крайней мере, по открытым источникам, до сих пор нет возможности сбивать, если не дай бог случится война, наши ракеты, которые полетят с системой управления, защищенной от поражающих факторов ядерного взрыва. Но есть основания думать, что этот вопрос в ближайшие год-два, максимум четыре-пять лет, будет закрыт, и положение существенно осложнится, потому что, как бы не вели себя сейчас наши союзники по Великой Отечественной войне: Соединенные Штаты и Англия, все равно самое главное решение состоит в том, чтобы эти участники, такие как Советский Союз, Соединенные Штаты и Англия, жили бы в мире. Если они будут жить в мире, то можно считать, что мир практически может сохраниться надолго. Вообще, лучшим решением является вечный мир. Можно сказать, что человечеству очень трудно достанется 21-ый век. Очень трудно потому, что одно из главных преимуществ века, когда он начинался, состояло в том, что мы были существенно мирной страной, у нас были прекрасные отношения с Соединенными Штатами и наш тогдашний руководитель даже думал о вступлении в НАТО, как известно, Ельцин этим вопросом занимался. Но потом все это было разрушено в связи с тем, что мы стали существенно слабее, и сейчас не лучшее международное положение, но мы надеемся, что мы выйдем из этого положения и мир станет длительным, а может быть и вечным.



В reputационном рейтинге Times Higher Education (THE) 2015 г. самых престижных вузов мира МГУ имени М.В. Ломоносова занял 25 место.

В reputационном рейтинге Times Higher Education (THE) 2015 г. самых престижных вузов мира оказалось всего два российских учебных заведения — МГУ и СПбГУ. Московский университет оказался на 25 строчке, а петербургский попал в группу вузов, занявших места с 71-го по 80-е.

Редактор рейтинга Фил Бейти рассказал агентству, что видит в результатах рейтинга влияние двух факторов. Во-первых, в этом году журнал провел опрос своими силами, постаравшись максимально широко учесть мнение

общественности о российских вузах. Во-вторых, Бейти считает, что на итоги повлияло «более пристальное внимание к вопросам высшего образования со стороны российских властей. «Мы видим возросший интерес в России к тому, чтобы сделать университеты глобальными, более заметными на мировой сцене», — сказал Бейти. Однако, он предупредил, что речь идет о рейтинге репутации, которая составляет лишь часть успешности любого учебного заведения.

ФИЗФАК МГУ ЗАНЯЛ 36 МЕСТО В РЕЙТИНГЕ 2015 QS ПО ФИЗИКЕ И АСТРОНОМИИ



29 апреля 2015 года обнародован рейтинг лучших университетов мира по специальностям QS World University Rankings by Subject. В этом рейтинге физический факультет МГУ занял 36 место по физике и астрономии, улучшив результат 2014 года на 13 позиций.



ВЫПУСК ФИЗФАКА МГУ 2015 ГОДА. ВРУЧЕНИЕ КРАСНЫХ ДИПЛОМОВ

Кроме того, МГУ имени М.В. Ломоносова занял также 35-е место по специальности «Лингвистика», 42-е место по специальности «Математика» (улучшил результат 2014 года на 7 позиций) и 48-е место по специальности «Современные языки».

По специальности «Компьютерные науки и информационные технологии» МГУ вошел в топ-100 лучших вузов мира.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СВЕТОДИОДЫ: ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЙ

Профessor A.Э. ЮНОВИЧ



За изобретение синих светодиодов из гетероструктур с квантовыми ямами типа InGaN/AlGaN/GaN и светодиодов белого свечения на их основе японским ученым И. Акасаки, Х. Амано и Ш. Накамура была присуждена Нобелевская премия по физике 2014 г. Они присылали опытные образцы этих светодиодов для исследований в МГУ. Работы физиков МГУ совместно с отечественными институтами и фирмами внесли существенный вклад в исследования и разработки синих и белых светодиодов, что важно для создания светодиодной промышленности в России. Светодиоды стали основой освещения будущего, что дает громадную экономию электроэнергии в мире.

В 1990-е годы в физике полупроводниковых приборов произошел прорыв в исследованиях и разработках светодиодов (СД). Японские ученые И. Акасаки и Х. Амано (Университет Нагоя) создали эффективные электронно-дырочные переходы в широкозонном полупроводнике — нитриде галлия, GaN, и сделали первые яркие синие СД с этими р-п-переходами. Инженер Ш. Накамура (фирма «Ничия Кемикал», впоследствии Университет Калифорнии в США) разработал промышленный способ создания р-п-гетероструктур типа InGaN/AlGaN/GaN и сделал первые яркие коммерческие синие СД и СД белого свечения на основе синих СД, покрытых люминофорами. За эти работы в 2014 году была присуждена Нобелевская премия.

На физическом факультете МГУ исследования излучательной рекомбинации в полупроводниковых соединениях типа A^{III}B^V и СД активно велись с начала 1960-х годов. Некоторые исследования излучательной рекомбинации в GaN (группа Г.В. Сапарина и М.В. Чукичева) предшествовали японским работам. Первые образцы синих светодиодов фирм «Ничия Кемикал» и «Тойода Госей», были присланы для исследований на кафедру полупроводников. Были получены новые результаты о туннельных эффектах и об интерференции в спектрах излучения.

Изобретение синих и белых СД вызвали бум исследований во всем мире. Крупнейшие компании включились в разработки СД. Лаборатории на физическом факультете получали образцы СД и гетероструктур от этих фирм и проводили их исследования.

Светодиодные гетероструктуры с множественными квантовыми ямами позволили резко уменьшить туннельные эффекты и увеличить квантовый выход излучения СД. Нитридные зеленые СД для уличных светофоров были разработаны фирмой «Свеча» совместно с кафедрой полупроводников МГУ; Москва стала первым в мире городом с массовым применением светодиодных светофоров в 1997 году.

Анализ экспериментальных исследований и литературы позволил сделать выводы о перспективности применения СД для общего освещения; были сделаны предложения о развитии СД промышленности в России. В начале

XXI века для исследований и разработок СД в Японии, США, Китае, Республике Корея, на Тайване были созданы государственные программы.

На кафедрах физики полупроводников, оптики и спектроскопии, физической электроники, общей физики в 1996–2006 гг. были разработаны методы исследования нитридных гетероструктур и СД: изучение спектров электролюминесценции и катодолюминесценции, электрических свойств СД — вольтамперных и вольтэмпостных характеристик в широком диапазоне токов; цветной катодолюминесценции структур и чипов в растровом электронном микроскопе; спектров отражения и электроотражения. Методики были рекомендованы отечественным организациям для контроля технологии создания структур и СД. Рассчитаны энергетические диаграммы гетероструктур с квантовыми ямами типа InGaN/AlGaN/GaN.

Исследования спектров электролюминесценции СД с множественными квантовыми ямами показали, что из вольтэмпостных характеристик можно определить распределение зарядов в квантовых ямах и барьерах. Увеличение числа ям и соответствующее уширение активной области подавляет туннельные эффекты, что увеличивает квантовый выход излучения. Модулированное легирование барьера донорами и экранирование электронами пьезоэлектрических полей приводят к увеличению квантового выхода излучения вследствие большего перекрытия волновых функций электронов и дырок.

С конца 1990-х годов работы по синим СД на физическом факультете проводились совместно с отечественными компаниями. Исследование механизмов рекомбинации и определение факторов, ограничивающих квантовый выход и мощность излучательной рекомбинации в гетероструктурах с квантовыми ямами InGaN/AlGaN, проводилось с ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника». Применение легированных буферных сверхрешеток в п-области GaN и увеличение уровня их легирования, модулированного легирования барьера позволило увеличить максимальную мощность излучения синих СД до 110 мВт при токе 350 мА, а КПД — до 31 % при токе J = 2 мА. Теоретическая модель формы спектров электролюминесценции СД, учитывающая флуктуации потенциала, количествен-



но описывает спектры в широком интервале токов. Изучены спектры электроотражения (ЭО) р-п-гетероструктур InGaN/AlGaN/GaN. Сдвиг спектров с изменением амплитуды поля объясняется ролью пьезоэлектрических полей в квантовых ямах. Интерференционные эффекты в спектрах ЭО позволяют определить положение активной области гетероструктуры; ее положение в пучности резонатора увеличивает КПД СД. Методами спектральной катодолюминесценции в растровой электронной микроскопии обнаружена локальная спектральная неоднородность в активной области гетероструктур; максимум длины волн менялся в пределах 450–480 нм, что было связано с неоднородностью легирования.

Первые российские белые СД, разработанные в фирме «Корвет Лайтс», были исследованы на кафедре полупроводников. Расчет отношения интенсивностей синей и желто-зеленой полос позволил получить нужный белый свет. Источники белого свечения на основе СД из р-п-гетероструктур InGaN/AlGaN/GaN и покрывающих их люминофоров были разработаны в НПЦ «Оптэл» и ФГУП НИИ «Платан», ЗАО «Светлана-Оптоэлектроника» и ОАО «Оptron». Фирмы передавали СД на физический факультет для исследований и рекомендаций по улучшению технологии.

Спектры и эффективность излучения СД белого свечения были изучены в зависимости от тока и температуры. Показано, что различие спектров СД с разными люминофорами обусловлено разным поглощением излучения синей линии кристаллов люминофорами. Большая часть падения интенсивности с увеличением температуры обусловлена люминофором. При увеличении температуры до 80–100°C свойства СД изменяются необратимо.

Исследованы свойства ультрафиолетовых СД на основе р-п-гетероструктур типа InGaN/AlGaN/GaN, покрытых силикатными люминофорами типа $(\text{BaSrEu})\text{SiO}_4$ с активаторами на основе окислов Y и Eu и типа флюоридов Mg и Ba. УФ диоды с длиной волны в максимуме 380 нм при токе 350 мА имели мощность 32 мВт (КПД $\simeq 3\%$), для 395 нм – 11 мВт при токе 30 мА (КПД $\simeq 10\%$). Эти светодиоды, имеют люмен – эквивалент > 400 лм/Вт и световую отдачу – до 23 лм/Вт при токе 350 мА, что достаточно для ряда применений.

Исследованы совместно с Институтом Оптоэлектроники Ульма (Германия) спектры поглощения

и люминесценции люминофоров типа $\text{Ca}-\text{Ga}-\text{S}: \text{Eu}^{2+}$, которые были разработаны в Институте Физики АН Азербайджана. На основе светодиодов, покрытых люминофорами, излучающими в области 537–615 нм, можно создать СД белого свечения с коррелированной цветовой температурой 3500–5300 К.

Исследованы СД модули белого свечения с люминофорами на основе граната $(\text{YGD}\text{Tb:Ce})_3\text{Al}_2(\text{AlO}_{3.8}\text{:F}, \text{N})$. Модули имеют световой поток $\simeq 750$ лм, световую отдачу $\eta_v \simeq 100$ лм/Вт и индекс цветопередачи $R_a \simeq 90$. Их используют для специального освещения.

Исследованы спектры люминесценции и цветовые характеристики белых СД на основе синих InGaN/AlGaN/GaN р-п гетероструктур с $\lambda_{\max} \simeq 455$ нм, покрытых люминофорами (разработки НПЦ «Оптэл» с НИИ «Платан»). Спектры возбуждения люминофоров имели максимум вблизи 460–470 нм, спектры люминесценции – 530–590 нм; полуширина спектров – 120–135 нм. Выбор отношения интенсивностей синей и желто-зеленой полос позволяет получить координаты цветности СД в области «теплого» свечения. Даны рекомендации по созданию СД «холодного», «нормального» и «теплого» белого свечения с коррелированной цветовой температурой 6000–2800 К. В 2014 г. «Оптэл» массово выпускает десятки типов белых СД и светодиодных модулей со светоотдачей до 105–140 лм/Вт.

Разработки «Светланы-Оптоэлектроники» в 2007–2009 годах позволили получить для белых СД световую отдачу в максимуме до 95 лм/Вт. В 2014 г. «Светлана» выпускает в массовом производстве десятки типов белых СД и СД ламп.

Анализ экспериментальных исследований и обширной литературы по СД и их применению в освещении показал преимущества светодиодных источников освещения. Были сделаны предсказания о том, что светодиоды станут основой освещения будущего. Эти предсказания подтвердились. В 2011–2012 гг. светодиодные источники освещения превысили по световой отдаче традиционные лампы накаливания и люминесцентные лампы. Объем продаж светодиодов в мире в 2012 г. превысил 13 млрд. долларов; 26 % этой суммы – светодиоды для освещения. Области применения светодиодов: подсветка телевизионных экранов, мобильные устройства, реклама, автомобили, освещение дорог, знаки и буквенные индикаторы. Но главное – общее освещение.

Преимущества СД. Основное – эффективность преобразования электрической энергии в световую. Рекорд светоотдачи для белых СД: 303 лм/Вт («Cree», 2014); лучшие коммерческие СД: 160–180 лм/Вт, массовые промышленные СД: 100–120 лм/Вт. (Эффективные люминесцентные лампы – 100–120 лм/Вт; лампы накаливания – 16 лм/Вт). Долговечность: световой поток падает на 70% – после 40000 часов при 80°C. Вибростойкость. Стабильность при низких температурах: нет проблем при включении. Безопасность в пожаро- и взрывоопасных помещениях. Мгновенное включение: наносекунды. Возможность удаленного контроля – интеллектуальное освещение. Цвет: почти естественный индекс цветопередачи.

ФТИ им. А.Ф. Иоффе и Физический факультет МГУ, начиная с 1997 г., поочередно в Москве и С.-Петербурге, провели четыре Совещания и 9 Всероссийских Конференций «Нитриды галлия, индия и алюминия: структуры и приборы», на которых были организованы светодиодные форумы. Решения Форумов направлялись в Правительство и Министерства, в Гос. Корпорации с предложениеми о развитии СД промышленности и СД освещения в России. По договорам с Московским Комитетом Науки и Техники были сделаны предложения о применении СД как элементной базы осветительных устройств широкого применения в промышленности и городском хозяйстве Москвы.

В 2007–2009 гг. в России началось создание светодиодной светотехнической промышленности. Потребление электроэнергии на освещение в России составляет приблизительно 140 млрд. кВт·час/год; стоимость 4.5 руб./кВт·час. Если к 2016–17 гг. лишь половина этой энергии будет сэкономлена за счет применения СД, это даст экономию более 300 млрд. руб./год.

Нитридные технологии — это новый раздел всей электроники, оптоэлектроники, СВЧ техники, ультрафиолетовой техники и силовой электроники. Не только экономическое и социальное развитие, не только рынок, но и оборонные проблемы страны требуют единой государственной программы. Нужно серьезное целевое финансирование конкретных групп и лабораторий в связке с промышленными предприятиями; нужна закупка современных нитридных заводов, где можно будет внедрить отечественные разработки. Развитие светодиодной промышленности и светодиодного освещения в России — это стратегическая задача. Ее решение должно не только сэкономить электроэнергию и улучшить экологию.

Результаты работы более подробно рассмотрены в докладе [1], в главах книги [2] и публикации [3].

1. Юнович А.Э. Полупроводниковые светодиоды: проблемы исследований, перспективы применений. Ломоносовские чтения 2015 г., тезисы докладов.
2. А.Э. Юнович, А.Н. Туркин, М.Л. Бадгутдинов, С.С. Широков. «Светодиоды и их применение для освещения» (под ред. Ю.Б. Айзенберга). М., «Знак», 2012, 280 с.
3. А.Э. Юнович. "Свет настоящего и будущего". Наука и жизнь, № 4, стр. 52–63. (2015).



СУЩЕСТВЕННОЕ ПАДЕНИЕ ПОРОГОВ ГЕНЕРАЦИИ В ЛАЗЕРАХ С НЕОДНОРОДНОЙ ПРОДОЛЬНОЙ ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ



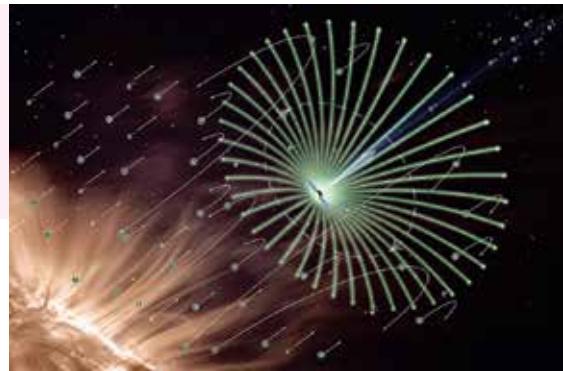
Проф. Владимир Тункин (кафедра общей физики и волновых процессов)

Физиками МГУ совместно с сотрудниками отдела КРФ ФИАН продемонстрировано существенное падение порогов генерации лазеров с неоднородной продольной диодной накачкой в вырожденных конфигурациях резонатора лазера.

Экспериментально показано, что вырожденные конфигурации резонатора лазера могут существенно влиять не только на профиль выходного излучения, но и на порог генерации при наличии в резонаторе неоднородности. Неоднородность приводит к перекачке поля из одной Лагерр-Гауссовой моды в другую и, соответственно, к синхронизации фаз этих мод в вырожденных конфигурациях, в которых частоты мод равны. При синхронизации фаз Лагерр-Гауссовых мод образуется узкий пик излучения на поверхности зеркала прилегающего к активному элементу. Размер пика близок к размеру луча накачки, что и приво-

дит к падению порога генерации в 2,5–3 раза в некоторых вырожденных конфигурациях.

Результаты работы опубликованы в статье: Bezotosnyi V., Cheshev E., Gorbunkov M., Koromyslov A., Kostryukov P., Krivonos M., Popov Yu., Tunkin V. "Behavior of threshold pump power of diode end-pumped solid-state laser in critical cavity configurations." Laser Physics Letters **12**, 025001 (2015).



МИССИЯ ВЫПОЛНИМА: НАНОУГЛЕРОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПАРУСА

Нанографитные автокатоды, изготовленные физиками МГУ, прошли успешное испытание в составе прототипа электрического паруса в ходе полета космического корабля.

Электрический парус (e-парус) представляет собой новый метод приведения в движение космического аппарата с помощью солнечного ветра в качестве источника тяги. Концепция была недавно предложена доктором Пекка Янхуненом (Pekka Janhunen) из Финляндии. Е-парус космического корабля состоит из длинных проводящих тросов, которые вытягиваются в пространстве под действием центробежных сил, возникающих при вращении корабля. Для того чтобы создать электростатическое поле, способное отклонять тяжелые ионы, испускаемые Солнцем, тросы должны быть заряжены положительно. При отражении таким электростатическим зеркалом ионы «солнечного ветра» передают часть своего импульса космическому кораблю, который в результате получает дополнительное ускорение. Для создания положительного потенциала на тросах предполага-

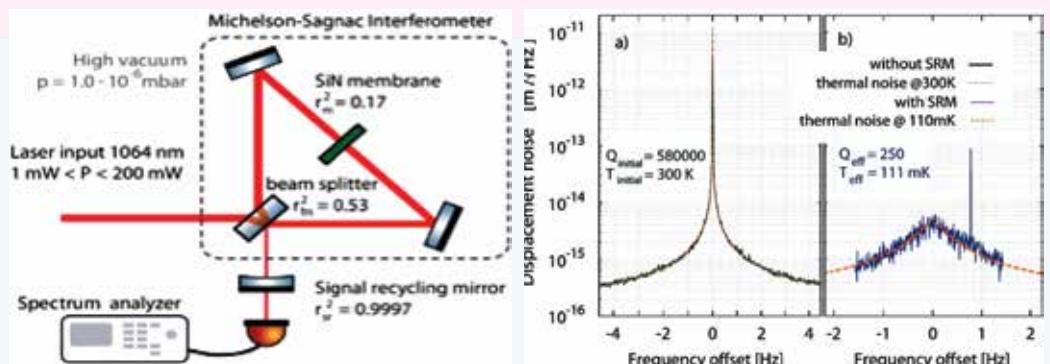
ется размещать на борту аппарата электронную пушку, с помощью которой отрицательно заряженные электроны будут удаляться путем их эмиссии в окружающую плазму. Автоэмиссионные холодные катоды представляются особенно привлекательными для этой цели, поскольку обеспечивают испускание электронов с минимально возможным потреблением энергии. Возможность применения в таком качестве нанографитных холодных катодов была исследована совместно сотрудниками физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова и группой исследователей из Финляндии. Испытания, проведенные в лабораторных условиях, показали, что нанографитные катоды, изготовленные на физическом факультете, имеют характеристики, обеспечивающие параметры, требуемые для электронно-лучевых пушек электрического паруса. Результаты исследований получили подтверждение в ходе полетаnano-спутника ESTCube-1, запущенного ракетой «Вега» 7 мая 2013 года с Европейского космодрома Куру во Французской Гвиане.

Результаты данной работы опубликованы в статье: V.I. Kleshch, E.A. Smolnikova, A.S. Orekhov, T. Kalvas, O. Tarvainen, J. Kauppinen, A. Nuottajarvi, H. Koivisto, P. Janhunen, A.N. Obraztsov. "Nanographite cold cathodes for electric solar wind sail". Carbon **81**, 132–136 (2015).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ НАБЛЮДЕНИЕ ОБОБЩЕННОЙ ОПТОМЕХАНИЧЕСКОЙ СВЯЗИ И РЕЗОНАНСНОГО ОПТИЧЕСКОГО ОХЛАЖДЕНИЯ



Профессор Ф.Я. Халили
(кафедра физики колебаний)



Учеными физического факультета МГУ совместно с сотрудниками Института гравитационной физики (Ганновер) и Университета им. Лейбница (Ганновер) впервые было продемонстрировано сильное оптическое охлаждение, основанное на диссипативной связи.

Оптомеханическое взаимодействие между светом и механическим движением зеркал оптических резонаторов,

создаваемое силой светового давления, играет важную роль в экспериментах по исследованию применимости

квантовой теории к макроскопическим объектам, а также в измерениях малых сил и механических смещений, в частности, в экспериментах по обнаружению гравитационных волн. Оно использовалось для оптического охлаждения механических осцилляторов до состояния, близкого к нулевому. Создаваемый этим взаимодействием эффект оптической жесткости предполагается использовать для повышения чувствительности детекторов гравитационных волн.

В работе, выполненной группой сотрудников Института Гравитационной физики (Ганновер), Университета им. Лейбница (Ганновер) и физического факультета МГУ, была исследована работа оптомеханической системы, состоящей из интерферометра Майкельсона и наномем-

бранны из нитрида кремния в режиме обобщенной (дисперсионной + диссипативной) оптомеханической связи. Впервые было продемонстрировано сильное (до 110 мК) оптическое охлаждение, основанное на диссипативной связи. Полученные результаты открывают новые возможности для макроскопических квантовых измерений и для детектирования гравитационных волн.

Результаты данной работы были опубликованы в статье: A. Sawadsky, H. Kaufer, R.M. Nia, S.P. Tarabrin, F.Ya. Khalili, K. Hammerer, and R. Schnabel. "Observation of Generalized Optomechanical Coupling and Cooling on Cavity Resonance". *Phys. Rev. Letters* **114**, 043601 (2015).

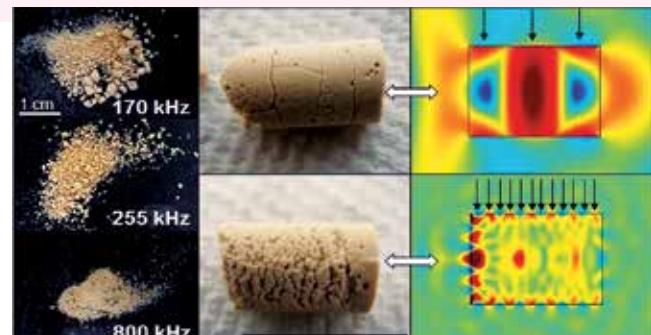


РАЗРАБОТАН НОВЫЙ МЕТОД УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ФРАГМЕНТАЦИИ КАМНЕЙ В ПОЧКАХ

Доцент О.А. Сапожников
(кафедра акустики)

Совместные исследования физиков из Московского государственного университета и инженеров и медиков из университета штата Вашингтон привели к разработке нового метода лечения мочекаменной болезни с помощью мощных ультразвуковых импульсов.

Около 10 % населения страдает от образования камней в почках. Наиболее распространенным методом удаления камней является ударно-волновая литотрипсия (УВЛ). УВЛ — неинвазивная процедура, при которой ударные волны создаются вне тела пациента и, проходя через кожу и мягкие ткани, фокусируются на почечный камень, разбивая его на достаточно мелкие фрагменты, которые легко выводятся естественным путем. Поскольку этот метод является неинвазивным, в наше время он является наиболее предпочтительным. К сожалению, процедура УВЛ в 40 % случаев неэффективна; кроме того, после применения УВЛ в почке часто остаются крупные фрагменты камней, которые требуют повторных процедур или использования альтернативных, более инвазивных методов удаления. Научная группа из Московского государственного университета под руководством профессора Олега Сапожникова и коллектива исследователей из Университета штата Вашингтон (Лоуренс Крам, Майкл Бэйли, Адам Максвелл, Уэн Крейдер и др.) занимаются исследованиями по литотрипсии уже почти 20 лет. В результате проведения численного моделирования и многочисленных экспериментов российско-американский коллектив добился глубокого понимания физических процессов, происходя-



щих при разрушении камней в почках ударными волнами. Основываясь на этом опыте, недавно был разработан альтернативный неинвазивный метод фрагментации камней, который использует ультразвуковые импульсы, а не ударные волны. Новый метод импульсно-ультразвуковой литотрипсии получил название Burst Wave Lithotripsy (BWL). Ультразвуковые цуги являются узкополосными волнами и представляют собой последовательность акустических циклов, которые могут возбуждать высокоэнергетичные упругие стоячие волны в камне (т.е. вызывать резонанс), что позволяет измельчать камень при относительно низких пиковых звуковых давлениях падающего поля. Ключевой характеристикой этого метода является то, что размер фрагментов, на которые разрушается камень, может управляться путем выбора частоты ультразвука. Таким образом, ультразвуковой источник может быть «настроен» по частоте на конкретный камень с тем, чтобы добиться образования небольших фрагментов, что позволит улучшить показатель успеха процедуры литотрипсии.

Результаты этой работы были опубликованы в статье: Maxwell A.D., Cunitz B.W., Kreider W., Sapozhnikov O.A., Hsi R.S., Harper J.D., Bailey M.R., and Sorensen M.D. "Fragmentation of renal calculi in vitro by focused ultrasound bursts". *J. Urology*, **193** (1), 338–344, (2015).

НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ученые физфака МГУ совместно с коллегами из Томского политехнического университета разработали высокоеффективный программный код для решения 3D нестационарного уравнения Шредингера, который в три раза превосходит производительность существующих кодов.

Доцент И.К. Гайнулин (кафедра физической электроники)

Разработан параллельный программный код для решения трехмерного (одноэлектронного) нестационарного уравнения Шредингера. Программный код базируется на методе конечных разностей и использует явную численную схему. Простота используемой численной схемы обеспечивает эффективное распараллеливание и высокую производительность программного кода при работе на графических вычислителях. Например, расчет 10^6 шагов по времени на сетке $1000 \times 1000 \times 1000$ (10^9 точек) занимает всего 16 часов на 16 вычислителях Tesla M2090 суперкомпьютера Ломоносов. Программный код демонстрирует эффективность распараллеливания, близкую к 100 %. Сравнение с другими программами для решения подобных задач, показывает, что производительность разработанного программного кода в три раза превосходит существующие аналоги при реше-

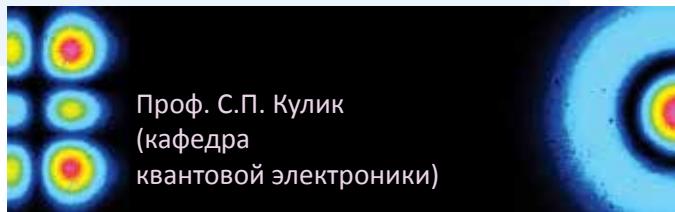
нии задач одинаковой сложности и эквивалентной стоимости вычислительных ресурсов. Использование неравномерной вычислительной сетки или криволинейных координат увеличивает указанный выигрыш в производительности на порядок. Разработанный программный код был применен для моделирования резонансного электронного туннелирования в наносистемах, включая такие физические задачи, как захват электрона при столкновении протона с атомом водорода и электронное туннелирование между ионом H^- и металлической островковой пленкой.

Результаты данной работы опубликованы в статье: I.K. Gainullin, M.A. Sonkin. "High-performance parallel solver for 3D time-dependent Schrodinger equation for large-scale nanosystems". Computer Physics Communications, **188**, 68–75 (2015).



НОВЫЙ МЕТОД ТОМОГРАФИИ ДЕТЕКТОРОВ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ МОД СВЕТА

Исследователями физического факультета группы проф. С.П. Кулика разработана экспериментальная методика томографии детекторов пространственных мод света.



Основной задачей в современной оптической связи является борьба за увеличение пропускной способности канала. Особенно это актуально для развивающихся технологий квантовой связи, где скорость передачи информации ограничивается техническими характеристиками существующих счетчиков одиночных фотонов. Одним из вариантов решения проблемы является модовое кодирование и/или мультиплексирование. В этом подходе информация кодируется в пространственном профиле световых пучков. Кодирование осуществляется методами адаптивной оптики — преобразование формы световых пучков осуществляется с помощью специальных активных фазовых голограмм. Аналогичные устройства используются и в приемниках — модовых детекторах. К сожалению,

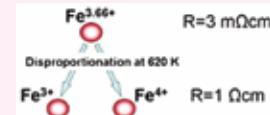


существующие методы не идеальны, что приводит к высокому уровню ошибок при приеме. В группе проф. Кулика была предложена и экспериментально реализована методика калибровки таких детекторов, основанная на идеях из области квантовой томографии. Разработанные методы позволяют полностью охарактеризовать реальный детектор и использовать полученную информацию для коррекции систематических ошибок.

Результаты исследований опубликованы в статье: B. Bobrov, E.V. Kovlakov, A.A. Markov, S.S. Straupe, and S. Kulik. "Tomography of spatial mode detectors." Opt. Express **23**, 649 (2015).

ОБНАРУЖЕН ПЕРЕХОД МЕТАЛЛ-ДИЭЛЕКТРИК В ПЛЕНКЕ КИСЛОРОДНО-ДЕФИЦИТНОГО ПЕРОВСКИТА НА МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОДЛОЖКЕ

В.н.с. М.А. Андреева (кафедра физики твердого тела)



Физиками МГУ совместно с учеными из университета Киото, Института технологии в Нагойя и синхротрона SPring-8 методом синхротронной ядерно-резонансной рефлектометрии обнаружен переход металл-диэлектрик в пленках кислородно-дефицитных перовскитов на монокристаллической подложке.

Пленки кислород-дефицитного перовскита $\text{SrFeO}_{2.8}$ на монокристаллической подложке (001) SrTiO_3 (изготовлены методом импульсного лазерного напыления с последующим окислением на воздухе при 773К) исследовались методами рентгеновской дифракции на 4х-кружном дифрактометре, имеющем высокотемпературную камеру, и конверсионной мессбауэровской спектроскопии при комнатной температуре. Измерялась проводимость двухконтактным методом, а также проводились исследования методом ядерно-резонансной рефлектометрии.

Измерения ядерно-резонансного рассеяния выполнялись в геометрии полного отражения на линии BL09XU японского синхротрона SPring-8 при разных температурах. Главной целью исследования было определение изомерных сдвигов для мессбауэровского перехода при различных температурах, которые однозначно характе-

ризуют зарядовое состояние атомов ^{57}Fe в образцах. Теоретический анализ временных спектров выполнялся по программе "REFTIM", разработанной М.А. Андреевой [Hyperfine Interact. 185, 17–21 (2008)].

В результате исследований был обнаружен переход металл-диэлектрик в пленках $\text{SrFeO}_{2.8}$ при температуре 620К. Эта температура намного выше температуры соответствующего перехода в объемном материале $\text{SrFeO}_{2.8}$ (70К). Существенное увеличение температуры перехода (на 550К) объясняется напряжениями в пленке $\text{SrFeO}_{2.8}$, вызванными влиянием SrTiO_3 подложки. Обнаруженный переход при 620К вызван реакцией перераспределения заряда $\text{Fe}^{3.66+}$, обусловленной упорядочением кислородных вакансий, с образованием ионов Fe^{4+} и Fe^{3+} . Кислородная координация переходных металлов является ключевым моментом для реализации функциональных свойств окислов пе-



реходных металлов, поскольку гибридизация d-орбиталей переходных металлов с p-орбиталями кислородных атомов определяет корреляцию между зарядами, спинами и кристаллической решеткой.

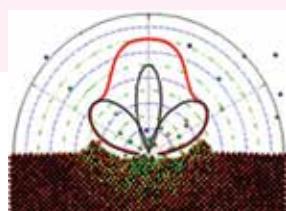
Результаты данной работы опубликованы в статье: K. Hirai, D. Kan, N. Ichikawa, K. Mibu, Y. Yoda, M. Andreeva, Y. Shimakawa. "Strain-Induced Significant Increase in Metal-Insulator Transition Temperature in Oxygen-Deficient Fe Oxide Epitaxial Thin Films." Scientific Reports 5, 7894 (2015).



Проф. В.С. Черныш, м.н.с. А.Е. Иешкин (каф. физич. электроники), с.н.с. Ю.А.. Ермаков (НИИЯФ МГУ)

Учеными физического факультета (проф. В.С. Черныш, м.н.с. А.Е. Иешкин, каф. физической электроники) совместно с учеными НИИЯФ МГУ (с.н.с. Ю.А. Ермаков) обнаружен новый механизм распыления вещества при облучении ускоренными газовыми кластерными ионами.

ОТКРЫТ НОВЫЙ МЕХАНИЗМ РАСПЫЛЕНИЯ ГАЗОВЫМИ КЛАСТЕРНЫМИ ИОНАМИ



Кластер представляет собой ансамбль, содержащий от нескольких единиц до нескольких десятков тысяч атомов или молекул. Такие образования могут существовать в вакууме в виде отдельных частиц или их пучков. Изучение взаимодействия кластерных ионов с веществом переживает в последние полтора десятилетия относительный бум.

Процессы взаимодействия кластера и мономера с твердым телом существенно различаются. Основное различие состоит в том, что большое количество атомов, составляющих кластер, одновременно сталкивается как минимум с таким же количеством атомов твердого тела. Кроме того, при одинаковой начальной энергии глубина проникновения в мишень атомов, составляющих кластер, меньше, чем пробег мономеров. Поэтому при облучении кластерными ионами на малой площади поверхности выделяется значительно большая энергия по сравнению с бомбардировкой ионами мономеров.

Эти особенности использовались нашими коллегами из Японии и США для разработки промышленной технологии склаживания рельефа облучаемой поверхности и ионной имплантации на ультрамалые глубины. И хотя пучки кластерных ионов уже широко применяются в практических приложениях, процессы их взаимодействия с поверхностью остаются во многом неизученными.

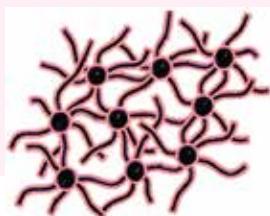
В нашей лаборатории экспериментально исследованы угловые распределения распыленного вещества при облучении мишеней кластерными ионами аргона с энергией 10 кэВ. Эксперименты проводились на первом в России ускорителе кластерных ионов, созданном в совместной лаборатории физического факультета МГУ, НИИЯФ МГУ и ОАО «Тензор». Обнаружено, что при бомбардировке мишеней с большим значением модуля упругости (Mo, W) в диаграмме углового распределения распыленного материала появляется доминирующая составляющая, направ-

ленная вдоль нормали к поверхности, а при бомбардировке «мягких» мишеней (Cu, Cd, In) эмиссия материала мишени происходит главным образом при больших углах к нормали (описанные ранее в литературе так называемые «латеральные» угловые распределения).

Для объяснения обнаруженного эффекта предложен механизм, учитывающий упругие свойства мишени. Оценки показывают, что за счет передачи импульса атомам мишени от подлетающего кластера, состоящего из 1000 атомов аргона, в поверхностном слое создается давление до 10 Мбар. Вследствие этого возникает сжатие мишени. Поскольку энергия связи атомов в кластере мала (порядка 10 мэВ), кластер быстро разваливается на составляющие его атомы. При этом формируется нелинейные каскады атомных столкновений, которые ответственны за формирование «латерального» потока распыленных атомов. А релаксация упругого сжатия после раз渲ала кластера приводит к эмиссии распыленных частиц вдоль нормали к поверхности. Таким образом, особенность обнаруженного механизма состоит в том, что в этом случае распыление является результатом взаимодействия кластера как цельного объекта с бомбардируемым веществом.

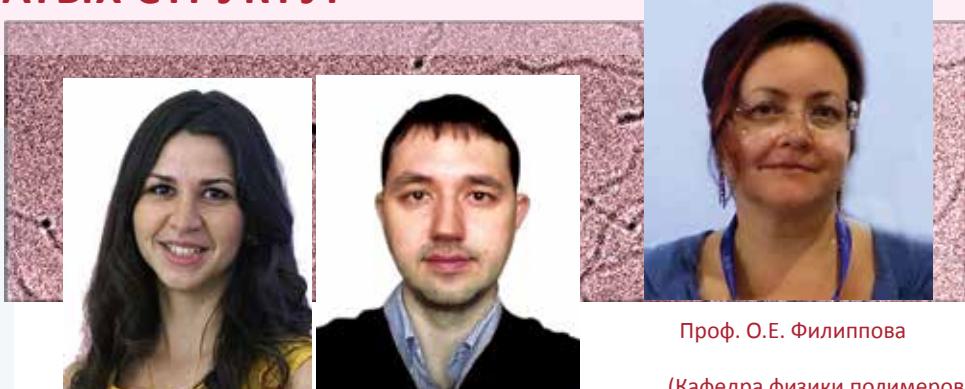
Результаты исследований опубликованы в статье:
V.S. Chernysh, A.E. Ieshkin, Yu.A. Ermakov. "The new mechanism of sputtering with cluster ion beams." *Appl. Surf. Sci.*, **326**, 285 (2015).

СОЗДАН НОВЫЙ ВИД САМОСОБИРАЮЩИХСЯ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ СЕТЧАТЫХ СТРУКТУР



Учеными физфака МГУ разработан новый вид самособирающихся структур, в которых неорганические частицы сшивают «живые» мицеллярные цепи в единую сетку. Структура легко перестаивается при небольших внешних воздействиях, что приводит к переходу вязкая жидкость \leftrightarrow вязкоупругий раствор \leftrightarrow упругий гель.

Создан новый вид самособирающихся нанокомпозитных сетчатых структур, в которых неорганические частицы сшивают мицеллярные цепи в единую сетку. Основой сетчатых структур являются длинные (десятки



В.А. Плетнева

Д-р В.С. Молчанов

Проф. О.Е. Филиппова

(Кафедра физики полимеров и кристаллов)

микрон) мицеллярные цепи, построенные из агрегированных молекул поверхностно-активного вещества (ПАВ). В таких самособирающихся цепях молекулы ПАВ связаны слабыми нековалентными взаимодействиями, поэтому цепи легко перестраиваются при воздействии извне. Частицы магнетита, расположенные в узлах сетки, делают систему магнитоуправляемой. Варьируя напряженность магнитного поля, можно обратимо вызывать пере-

ход системы между тремя различными состояниями: вязкая жидкость \leftrightarrow вязкоупругий раствор \leftrightarrow упругий гель.

Результаты данной работы опубликованы в статье: Pletneva V.A., Molchanov V.S., Philippova O.E. "Viscoelasticity of smart fluids based on wormlike surfactant micelles and oppositely charged magnetic particles." *Langmuir* **31** (1), 110–119 (2015).

ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНЫХ И МАГНИТОПЛОВЫХ СВОЙСТВ ТЯЖЕЛЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИВЕЛИ К ОТКРЫТИЮ НОВЫХ, РАНЕЕ НЕ ИЗУЧЕННЫХ ФАЗ НА МАГНИТНЫХ ФАЗОВЫХ ДИАГРАММАХ ЭТИХ МАТЕРИАЛОВ



Проф. А.М. Тишин

Научная группа проф. Александра Тишина и к.ф.-м.н. Владимира Зверева, занимающаяся исследованием новых функциональных материалов, в 2015 г. завершила цикл комплексных исследований магнитных и магнитотепловых свойств ряда сверхвысокочистых монокристаллов тяжелых редкоземельных металлов в области температур 4,2–350 К в постоянных магнитных полях до 10 Тл.

Кафедра общей физики и физики и конденсированного состояния



К.ф.-м.н. В.И. Зверев

Редкоземельные металлы (РЗМ) и их сплавы вызывают неослабевающий интерес исследователей вот уже более пятидесяти лет. Наибольший интерес с точки зрения физики магнетизма представляют так называемые тяжелые РЗМ: металлы, стоящие в ряду лантаноидов после гадолиния. Уникальные магнитные свойства, а именно, наибольшие среди всех элементов периодической системы величины магнитных моментов атомов этих металлов в совокупности с большой перспективой практического применения являются причиной активного исследования их свойств: Число научных публикаций, посвященных редкоземельным магнетикам и их сплавам, неизменно растет, начиная с 1950-х гг., что способствует все более глубокому пониманию физики магнитных явлений РЗМ и их сплавов. Изучение свойств РЗМ также имеет большое прикладное значение, так как указанные металлы, их сплавы и соединения широко используются во всех областях современной техники.

Подобное изучение магнитотепловых свойств этих металлов с использованием целой серии различных экспериментальных методик в случае магнитных полей, приложенных вдоль различных кристаллографических направлений, на высокочистых монокристаллических образцах до сих пор не проводилось. Подобное изучение магнитных и тепловых свойств высокочистых монокристаллов имеет фундаментальное значение, так как на характер магнитной фазовой диаграммы существенным образом влияет концентрация H, C, O, N и F, когда она превышает несколько сотен весовых ppm.

Группа ученых, возглавляемая проф. Александром Тишиным и к.ф.-м.н. Владимиром Зверевым по исследованию новых функциональных материалов (в состав которой в настоящее время входят студенты, аспиранты и сотрудники физического факультета, а также группы компаний AMT&C) на протяжении многих лет (совместно с Университетом штата Айова) ведет систематические исследования высокочистых редкоземельных металлов и их соединений с целью практического применения результатов исследований в области магнитного охлаждения и биомедицинских технологий магнитной гипертермии и управляемого сброса лекарственного вещества с поверхности имплантата.

Ряд новых важных результатов, полученных научной группой, опубликованы в 1998–2015 гг. в высокорейтинговых журналах:

1. Было показано, что наличие примесей в монокристаллическом гадолинии расширяет температурный диапазон фазового перехода ферромагнетик–парамагнетик, а также подавляет спин-переориентационный переход, который наблюдается на образцах высокой частоты [1].
2. В монокристаллическом диспрозии была открыта новая магнитная фаза веерного типа. Ее существования было подтверждено теоретически с помощью соотношений Ландау–Гинзбурга [2].
3. Построена уточненная фазовая диаграмма монокристалла тербия в базисной плоскости. Обнаружено, что критическое поле существования геликоидального антиферромагнитного (ГАФМ) упорядочения составляет 155 Э, что меньше значений 300–800 Э, опубликованных ранее. Установлено, что ГАФМ структура существует в тербии в диапазоне температур от 221 до 228 К. Магнитная фаза веерного типа наблюдается в том же самом температурном диапазоне в интервале магнитных полей от 155 Э до 5 кЭ [3].
4. Продемонстрировано аномальное поведение спиновой поляризации P и параметра поверхности контакта сверхпроводник/ферромагнетик Z в зависимости от сопротивления контакта в магнитно неоднородных системах — монокристалле и тонкой пленке гольмия. С помощью экспериментальной методики Андреевской спектроскопии установлено существование структуры типа конус в гольмии при температуре ниже 20 К в слабых магнитных полях [4].
5. Построена уточненная фазовая диаграмма монокристалла гольмия в базисной плоскости. Точно определены границы трех новых областей существования структур типа спин–слип в интервалах температур 20–35 К, 35–42 К, и 95–110 К. Показано, что в диапазоне 40–120 К и 20–80 кЭ существует промежуточная фаза типа «ферро+веер». Таким образом, в гольмии были открыты новые

магнитные фазы и структуры, занимающие большое количество слоев магнитной подрешетки. Влияние внешнего магнитного поля на периодические структуры оказалось весьма необычным при наличии спиновых кластеров, в которых часть магнитных моментов параллельна направлению поля, а часть — антипараллельна (модулированные структуры). В данном случае в материале происходит переход к структуре типа спин-спил (спинового проскальзывания). Появление таких структур связано с дополнительной модуляцией периодической магнитной структуры в областях несоизмеримости кристаллической и магнитной подрешеток. Такие изменения магнитной структуры являются достаточно тонкими: их выявление возможно только с помощью применения комплексных методов исследования на высокочистых образцах [5].

Результаты данной работы были опубликованы в статьях:

1. S.Yu. Dan'kov, A.M. Tishin, K.A. Gschneidner, Jr., V.K. Pecharsky. Magnetic phase transitions and the magnetothermal properties of gadolinium. Phys. Rev. B **54**, 3478 (1998).

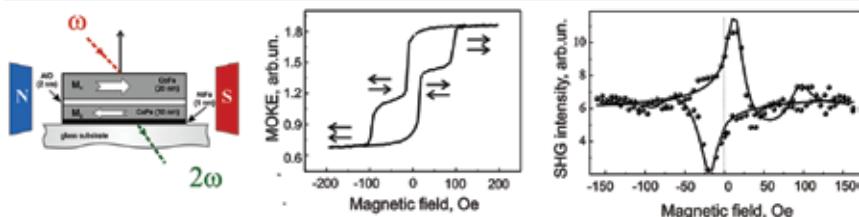
2. A.S. Chernyshov, A.O. Tsokol, A.M. Tishin, K.A. Gschneidner, Jr., V.K. Pecharsky. Magnetic and magnetocaloric properties and the magnetic phase diagram of single-crystal dysprosium. Phys. Rev. B **71**, 184410 (2005).

3. V.I. Zverev, A.M. Tishin, A.S. Chernyshov, Ya. Mudryk, K.A. Gschneidner, Jr., V.K. Pecharsky. Magnetic and magnetothermal properties of single crystalline terbium along the easy crystallographic axis. J. Phys.: Cond. Matter **26**, 066001 (2014)].

4. I.T.M. Usman, K.A. Yates, J.D. Moore, K. Morrison, V.K. Pecharsky, Gschneidner, T. Verhagen, J. Aarts, V.I. Zverev, J.W.A. Robinson, J.D.S. Witt, M.G. Blamire, L.F. Cohen. Evidence for spin mixing in holmium thin film and crystal samples. Phys. Rev. B **83**, 144518 (2011).

5. V.I. Zverev, A.M. Tishin, Zou Min, Ya. Mudryk, K.A. Gschneidner, Jr., V.K. Pecharsky. Magnetic and magnetothermal properties of single crystalline terbium along the easy magnetization direction. J. Phys.: Cond. Matter **27**, 146002 (2015).

ИССЛЕДОВАНЫ МАГНИТНЫЕ НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МУЛЬТИСЛОЙНЫХ МАГНИТНЫХ СТРУКТУР



Магнитотранспортные и магнитооптические свойства композитных планарных пленок, образованных чередующимися слоями ферромагнетик/немагнитный материал, являются объектом интенсивных исследований. Наличие в одной композитной структуре материалов с разными ферромагнитными свойствами позволяет реализовывать в них различные типы магнитного упорядочения, в том числе антиферромагнитного, характеризуемого магнитным торOIDальным моментом. Фундаментальный интерес представляет изучение обменного взаимодействия, а также особенностей нелинейно-оптических эффектов в таких структурах, в том числе с точки зрения развития на их основе методов диагностики структур с неоднородным распределением намагниченности.

Группой ученых физического факультета МГУ (кафедры квантовой электроники и общей физики) совместно с коллегами из Института Физики микроструктур, Нижний Новгород, изучены линейные и нелинейные магнитооптические свойства пленок состава CoFe (20 нм)/оксид алюминия (2 нм)/CoFe (10 нм)/пермаллоу (2 нм) на стеклянных подложках. Наличие тонкого слоя пермаллоя обеспечивало различие коэрцитивности слоев CoFe и формирование

Группой ученых физфака МГУ совместно с коллегами из Института Физики микроструктур (Нижний Новгород) исследована генерация оптической второй гармоники и интенсивного магнитного нелинейно-оптического эффекта в мультислойных магнитных пленках.

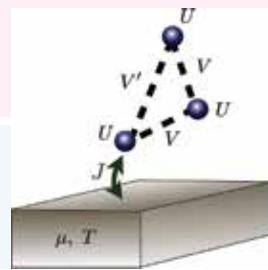
антиферромагнитной структуры для некоторого значения внешнего магнитного поля.

Исследована генерация оптической второй гармоники и интенсивности магнитного нелинейно-оптического эффекта в таких трехслойных пленках. Обнаружено, что форма петель магнитного гистерезиса интенсивности ВГ зависит от геометрии эксперимента и поляризации излучения накачки. Показано, что для описания экспериментальных данных по генерации ВГ в таких структурах необходимо учитывать как линейные, так и квадратичные по намагниченности составляющие нелинейной поляризации. Показано, что в нелинейно-оптическом взаимодействии в структуре заметную роль играет обменное слагаемое. Развито феноменологическое описание генерации оптической второй гармоники в данной структуре.

Результаты этой работы были опубликованы в статье: I.A. Kolmychek, V.L. Krutyanskiy, T.V. Murzina, M.V. Sapozhnikov, E.A. Karashtin, V.V. Rogov, A.A. Fraerman. "First and second order in magnetization effects in optical second-harmonic generation from a trilayer magnetic structure". J. Opt. Soc. Am. B **32** (2), 331–338 (2015).

МЕТАСТАБИЛЬНОСТЬ: ВЗГЛЯД ИЗ КВАНТОВОГО МИРА

А. Шакиров, С. Цибульский, А. Антипов, Ю. Щадилова, А. Рубцов
(кафедра квантовой электроники)



Новый метод расчета квантовой динамики открытых коррелированных систем пригодится для создания устройств наноэлектроники и моделирования поверхностного катализа.

Задача о коррелированной квантовой системе, связанной с термостатом, актуальна для таких областей науки, как квантовые информационные технологии, наноэлектроника, квантовая химия. Из-за наличия нелинейной связи между различными степенями свободы динамика таких систем характеризуется несколькими временными масштабами, а пространство возможных состояний имеет сложную структуру. В частности, наличие корреляций в системе влияет на динамику её релаксации к равновесию. Типичным представителем рассматриваемых систем является кластер квантовых точек с туннельной связью между ними и с подложкой. Величиной корреляций, связанных с кулоновским отталкиванием электронов, можно управлять, меняя размеры квантовых точек. Развитая нами теория

учитывает многочастичную природу состояний квантовой точки, эффекты квантовой интерференции между ними, а также переходы электронов с квантовых точек в подложку и в обратном направлении. Рассмотрена динамика её зарядовых и спиновых степеней свободы такого кластера, составленного из трех квантовых точек, и показано возникновение метастабильности при увеличении кулоновского взаимодействия.

Результаты этой работы были опубликованы в статье: A.M. Shakirov, S.V. Tsibulsky, A.E. Antipov, Y.E. Shchadilova, A.N. Rubtsov. "Modelling the decay dynamics of metastable states in correlated structures", Sci. Rep. **5**, 8005 (2015).

“ОТПЕЧАТКИ ПАЛЬЦЕВ” ИК ЛАЗЕРНОГО СУПЕРФИЛАМЕНТА В ВОДЕ НА МИКРОСЕКУНДАХ



Ст. препод. Ф.В. Потемкин

Физики МГУ исследовали динамику множественных кавитационных пузырей, возбужденных фемтосекундным лазерным суперфиламентом, и разработали способы управления ими с помощью энергии лазерного импульса и внешней фокусировки.



Студент Е. Мареев

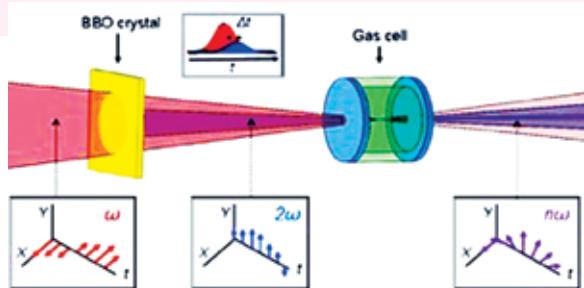
В работе впервые продемонстрирован инновационный метод управления динамикой кавитационных пузырей, возбужденных распределенным лазерно-плазменным источником — филаментом. Острая фокусировка и многократное превышение над критической мощностью самофокусировки позволяют достигать высоких интенсивностей ($\sim 10^{14} \text{ Вт}/\text{см}^2$) на оси на расстояниях, многократно превышающих длину перетяжки лазерного излучения. Это создает эффективные условия для доставки энергии и делает возможным прецизионное «шоковое» воздействие на среду. Благодаря тому, что энергия и соответственно размер кавитационного пузыря зависят от концентрации электронов вдоль оси филамента, управление энергией лазерного импульса, параметрами фокусировки и внешними в оптическую схему aberrациями позволяет создавать заданные профили давления, а также показатели преломления внутри среды, что может найти применения в фемтотехнологиях.

В работе также показано, как aberrации, возникающие при острой фокусировке излучения в объем конденсированной среды, могут играть не только отрицательную роль — уменьшается пространственное разрешение, создаются дополнительные aberrационные максимумы и т.д., но и положительную — для создания заданного расположения и формы кавитационных пузырей, что ведет к эффективному энергообмену между ними и созданию хорошо управляемых направленных струй на конечных этапах эволюции кавитационных пузырей.

Для выполнения работ был использован уникальный комплект инженерного оборудования, закупленный по программе развития МГУ.

Исследования были опубликованы в статье: F.V. Potemkin and E.I. Mareev. "Dynamics of multiple bubbles, excited by a femtosecond filament in water." Laser Phys. Lett. **12**, 015405 (2015).

ГЕНЕРАЦИЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКИ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ГАРМОНИК ВЫСОКОГО ПОРЯДКА



Прогресс в исследованиях явления генерации гармоник высокого порядка сделал возможным применение генерируемого ВУФ и рентгеновского излучения для ряда практических приложений. До последнего времени указанный источник позволял получать лишь линейно поляризованное излучение, поскольку эффективность генерации эллиптически поляризованного излучения была мала.

В работе, выполненной группой ученых из Лаборатории прикладной оптики и Университета Сорбонны (Франция), института Поля Шеррера и Политехнического федерального института г. Лозанны (Швейцария), университета г. Лиссабон (Португалия) и физического факультета МГУ продемонстрирована генерация эллиптически поляризованных гармоник высокого порядка. Была предложена относительно простая оптическая схема, в которой двухчастотное ортогонально поляризованное лазерное поле получается внесением кристалла второй гармоники в пучок лазерного излучения и фокусируется в неоновую газовую среду, в которой за счет эффекта генерации гармоник высокого порядка происходит генерация эллиптически поляризованного когерентного импульсного рентгеновского излучения. Чтобы продемонстрировать большой потенциал использования такого излучения для исследования поляризационно чувствительных эффектов в работе было исследовано явление рентгеновского магнитного циркулярного дихроизма на краю M_{2,3} поглощения никеля. Результаты работы открывают возможность исследования сверхбыстрой магнитной динамики индивидуальных компонентов в сложных материалах.

Учеными физического факультета МГУ совместно с коллегами из Франции, Швейцарии и Португалии продемонстрирована возможность генерации эллиптически поляризованных гармоник высокого порядка в атомных газах, взаимодействующих с ортогонально поляризованными двухчастотными лазерными полями. Указанное явление открывает широкие перспективы для развития поляризационно чувствительных методов УФ и рентгеновской спектроскопии.

Результаты этой работы были опубликованы в статье: G. Lambert, B. Vodungbo, J. Gautier, B. Mahieu, V. Malka, S. Seban, P. Zeitoun, J. Luning, J. Perron, A. Andreev, S. Stremoukhov, F. Ardana-Lamas, A. Dax, C.P. Hauri, A. Sardinha, M. Fajardo. "Towards enabling femtosecond helicity-dependant spectroscopy with high-harmonic sources." *Nature Communications* **6**, 6167 (2015).



Доц. С.Ю. Стремоухов и проф. А.В. Андреев
(кафедра общей физики и волновых процессов и кафедра оптики, спектроскопии и физики наносистем)

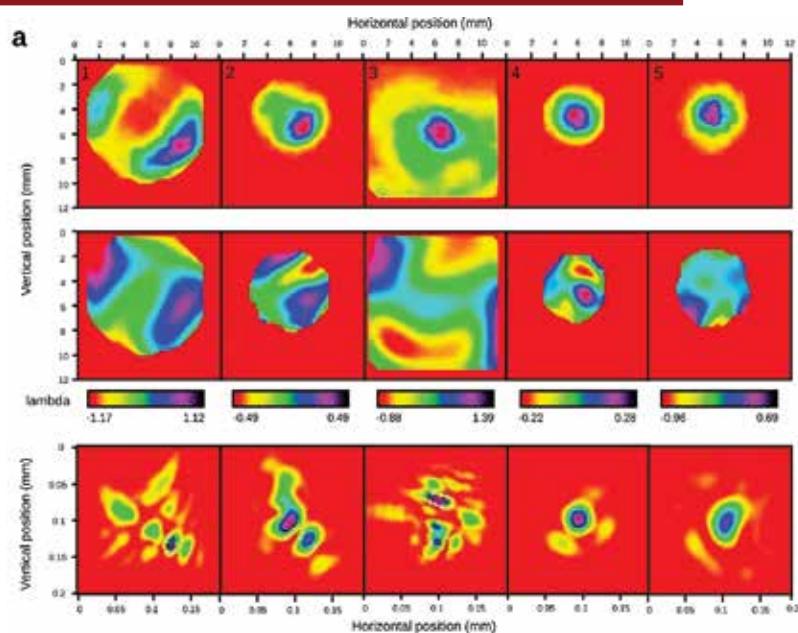
ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗОЛИРОВАННЫХ НИЗКИХ ГАРМОНИК, ГЕНЕРИРУЕМЫХ В ИНТЕНСИВНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ПОЛЯХ

Учеными физического факультета МГУ (проф. А.В. Андреев, доц. С.Ю. Стремоухов, кафедра общей физики и волновых процессов и кафедра оптики, спектроскопии и физики наносистем) совместно с коллегами из Франции и Италии впервые исследованы характеристики абсолютно изолированных низких гармоник, полученных в результате нелинейного взаимодействия двухчастотного лазерного поля с газовыми средами.

Явление генерации гармоник высокого порядка может являться источником мягкого импульсного рентгеновского излучения. Для использования такого излучения в приложениях, необходимо контролировать все характеристики генерируемых гармоник, особенно их пространственное распределение.

В работе, выполненной группой ученых из Лаборатории прикладной оптики (Франция), научно-исследовательского центра Фраскати (Италия) и физического факультета МГУ, впервые детально экспериментально исследовались характеристики полностью изолированных низких гармоник, которые выделялись из спектра гармоник с помощью интерференционных фильтров. Было проведено сравнение пространственных профилей интенсивностей четных и нечетных гармоник.

Было установлено значительное влияние аберраций лазерного пучка на пространственное распределение второй гармоники, получающейся в кристалле ВВО. Сравнение пространственных профилей интенсивностей, пространственной когерентности и аберраций волнового фронта пятой (160 нм) и шестой (135 нм) гармоник показало, что аберрации излучения лазерной системы оказывают решающее влияние на неравномерное (пончиковидное) пространственное распределение излучения на шестой гармонике. Однако, этот эффект может быть легко контролируемым. Предложены способы по оптимизации качества пространственного распределения генерируемого излучения.



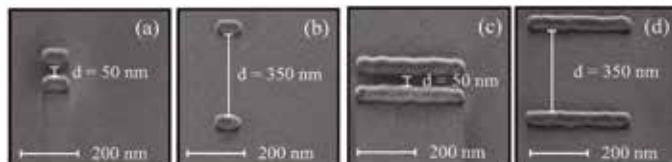
Результаты данной работы были опубликованы в статье: G. Lambert, A. Andreev, J. Gautier, L. Giannessi, V. Malka, A. Petralia, S. Sebban, S. Stremoukhov, F. Tissandier, B. Vodungbo, Ph. Zeitoun. "Spatial properties of odd and even low order harmonics generated in gas." *Scientific Reports* **5**, 7786 (2015).

НОВЫЙ ВИД ПЛАЗМОННОЙ ЛИНЕЙКИ



М.н.с. М.Р. Щербаков

Учеными физического факультета МГУ (кафедра квантовой электроники) показана возможность использования плазменных резонансов второго порядка для увеличения диапазона работы плазменной линейки.



Проф. А.А. Федянин

Измерение расстояний на наномасштабах является важной задачей, находящей применение в биологии, биофизике, материаловедении и многих других областях. Одним из способов определения расстояния между нанообъектами (например, нуклеотидами в цепочке ДНК) является так называемый метод плазменной линейки. Две золотые наночастицы помещаются на концы исследуемого объекта или в точки исследуемого объекта, между которыми необходимо измерить расстояние. Известно, что в металлических наночастицах возможно наблюдение так называемого плазменного резонанса — увеличения амплитуды колебаний свободных электронов на определенной часто-

те света, обычно лежащей в видимом диапазоне длин волн, что приводит к усиленному светорассеянию на этой частоте. Известно также, что резонансная частота зависит от наличия вокруг других наночастиц; так, существует однозначная зависимость между расстоянием между двумя сферическими золотыми наночастицами и положением плазменного резонанса в них. Данная зависимость позволяет решить обратную задачу — по измерению положения плазменного резонанса можно определять расстояние между частицами и, как следствие, расстояние между исследуемыми нанообъектами.

Традиционные плазмонные линейки обладают значительным недостатком — диапазон их работы ограничен сверху величиной около 100 нм. Для преодоления этого ограничения ученые физического факультета совместно с коллегами из Университета Пари Зюд 11 экспериментально исследовали пары золотых наночастиц вытянутой формы — так называемых наностержней. Известным является то факт, что начиная с некоторой длины, в наностержнях наблюдается два резонанса вместо одного. Оказывается, что наблюдение за более коротковолновым из них позволяет добиться увеличения диапазона работы плазмон-

ной линейки до расстояний порядка 400 нм. Расширение диапазона работы плазмонной линейки является важным шагом для развития новых метрологических методик для био- и материаловедческих приложений.

Результаты работы опубликованы в статье: Maxim R. Shcherbakov, Anton T. Le, Natalia Dubrovina, Anatole Lupu, Andrey A. Fedyanin. "Plasmon ruler with gold nanorod dimers: utilizing the second-order resonance." Optics Letters 40, 7, 1571–1574 (2015).

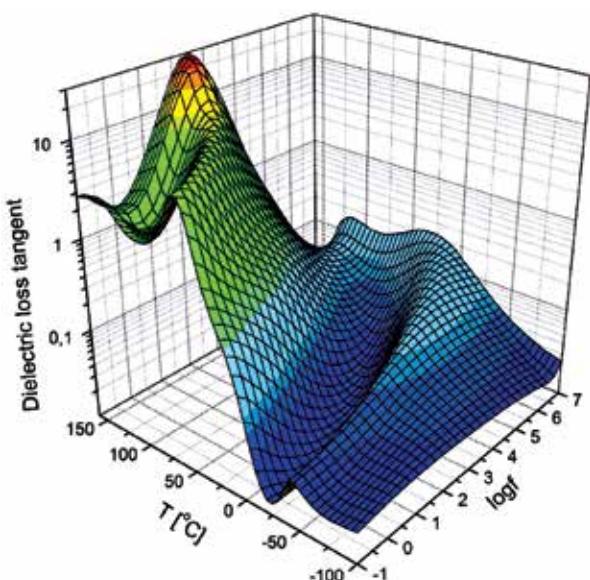
ИЗУЧЕНА ВЗАИМОСВЯЗЬ ЛОКАЛЬНОГО ПЬЕЗООТКЛИКА И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ПОДВИЖНОСТИ В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРАХ



И.А. Малышкина, с.н.с. (кафедра физики полимеров и кристаллов)

Учеными физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в сотрудничестве с коллегами из НИФХИ им. Карпова и МИСИС изучена взаимосвязь локального пьезоотклика и молекулярной подвижности в сегнетоэлектрических полимерах.

Органические сегнетоэлектрические полимеры на основе винилиденфторида (ВДФ) привлекают внимание из-за сильных пьезоэлектрических и пироэлектрических свойств. Особенностью структуры этих полимеров является наличие в них как минимум двух фаз — кристаллической и аморфной (неупорядоченной). Кроме того, эти соединения принадлежат к классу гибкоцепных полимеров, которые характеризуются низкой температурой стеклования ($\sim -40^{\circ}\text{C}$). Это означает, что при комнатных температурах и выше эти полимеры обладают сильной динамической гетерогенностью: молекулярная подвижность в кристаллической и аморфной фазах существенно различны.



3D поверхность, отражающая зависимость диэлектрических потерь от частоты и температуры для сополимера ВДФ/ТФЭ 71/29.

В работе исследованы топография поверхности, локальный пьезоэлектрический отклик и диэлектрические релаксационные процессы, характеризующие молекулярную подвижность в пленках сегнетоэлектрического сополимера ВДФ и тетрафторэтилена (ТФЭ) различного состава. Показано, что сополимеры с более высоким содержанием ТФЭ кристаллизуются с формированием более крупных кристаллов полярной фазы. При этом они показывают более высокие значения пьезоэлектрического отклика и пониженные значения энергии активации локальной и кооперативной молекулярной подвижности.

Воздействие постоянным электрическим полем обнаруживает образование заполяризованных областей, обладающих невысокой стабильностью. Показано, что закономерности процесса поляризации и характеристики локального пьезоэффекта контролируются несколькими факторами. С одной стороны, важна конформационная структура цепей исследуемого сополимера. С другой стороны, области, отвечающие за появление локального пьезоэффекта, должны включать участки как кристаллической, так и неупорядоченной фазы.

Пьезоэлектрические свойства описанных полимеров позволяют применять их в качестве сенсоров в органической электронике.

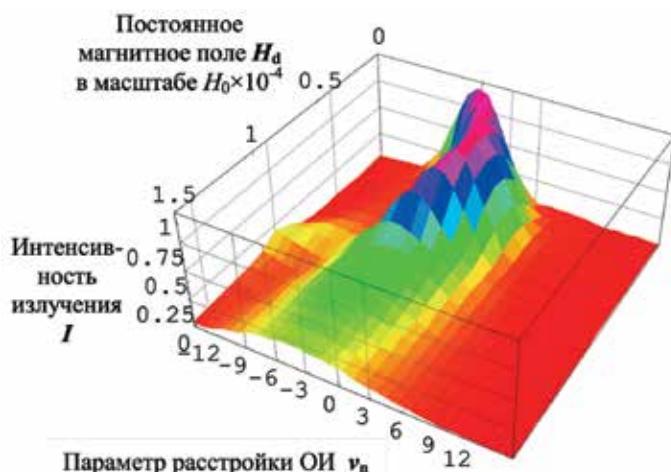
Результаты данного исследования были опубликованы в статье: V.V. Kochervinskii, D.A. Kiselev, M.D. Malinkovich, A.S. Pavlov, I.A. Malyshkina. "Local piezoelectric response, structural and dynamic properties of ferroelectric copolymers of vinylidene fluoride-tetrafluoroethylene." Colloid and Polymer Science 293, 533–543 (2015).

ИЗЛУЧЕНИЕ ГАРМОНИК В ОНДУЛЯТОРАХ ДЛЯ ЛАЗЕРОВ НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ: КОМПЕНСАЦИЯ РАСХОДИМОСТИ ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ ПОСТОЯННЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Константин Жуковский (физический факультет, кафедра теоретической физики МГУ) дал точное аналитическое описание излучения гармоник в ондуляторах и показал, что можно скомпенсировать расходимость электронного пучка с помощью соответствующего постоянного магнитного поля.

Представлен анализ ондуляторного излучения (ОИ) с учетом всех основных вкладов уширения спектральных линий. В случае релятивистских электронов получены точные аналитические выражения для спектра ОИ, интенсивности и формы линий ОИ с явным учетом вкладов конечного размера электронного пучка, его эмиттанса и разброса энергий электронов. Полученные выражения по-

казывают связь постоянных магнитных составляющих поля в ондуляторе и эмиттанса пучка электронов. В аналитическом виде показана возможность частичной компенсации расходимости наложенным соответствующим образом слабым постоянным полем. В рассмотренных примерах излучения ондуляторов с однопериодическим и двоякопериодическим магнитным полем изучена генерация высших гармоник и учтен вклад всех компонент однородного и неоднородного уширения, точно описывающих характеристики ондулятора и пучка электронов. Применение прошедшего нами анализа ОИ к расчету излучения лазеров на свободных электронах (ЛСЭ) показывает возможности эффективного использования высших гармоник ОИ в новых и в перспективных ЛСЭ, работающих в рентгеновском диапазоне.



Коррекция линии излучения в ондуляторе для ЛСЭ

Результаты исследования опубликованы в статье: K.V. Zhukovsky. "Harmonic generation by ultrarelativistic electrons in a planar undulator and the emission-line broadening". J. of Electromagnetic Waves and Applications **29**, 132–142 (2015).

ПРОТЯЖЕННЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ ФИЛАМЕНТЫ В ВОЗДУХЕ

Ученые физфака МГУ: проф. Валерий Кандидов, доц. Святослав Шленов, к.ф.-м.н. Александр Дергачев (кафедра общей физики и волновых процессов) совместно с группой проф. А.А. Ионина (лаборатория газовых лазеров ФИАН им. П.Н. Лебедева) предложили простой способ увеличения протяженности плазменных каналов фемтосекундных лазерных филаментов.



Распространение фемтосекундного лазерного излучения с высокой пиковой мощностью приводит к автолокализации светового поля с образованием тонкой протяженной световой нити – филамента. Высокая интенсивность

в лазерном филаменте вызывает фотоионизацию среды и образование плазменного канала вслед за лазерным импульсом. Управление параметрами плазменных каналов – концентрацией плазмы и их длиной – важно для

практических применений, таких как генерация широкополосного излучения в задачах удаленной спектроскопии, управление электрическими разрядами.

В оптических системах лазерный импульс проходит на своем пути большое количество прозрачных элементов, таких как окна кювет, вакуумных компрессоров, осла-бители, светоделительные пластины, линзы. При высокой мощности излучения это приводит к нелинейным искажени-ям импульса. В численном моделировании, проведенном на кафедре общей физики и волновых процессов, показана возможность использования этих искажений для увеличения протяженности филаментов и плазменных каналов при филаментации в сфокусированных пучках в воздухе. Прохождение импульсом прозрачных оптических элемен-тов приводит к смещению точки старта филамента и плаз-менного канала, положение конца области филаментации

при этом практически не изменяется. Увеличение длины каналов было экспериментально подтверждено нашими коллегами из Физического института им. П.Н. Лебедева.

Численное моделирование было проведено с исполь-зованием ресурсов суперкомпьютеров «Чебышев» и «Ло-моносов» МГУ.

Результаты данной работы опубликованы в ста-тье: A.A. Dergachev, A.A. Ionin, V.P. Kandidov, D.V. Mokrousova, L.V. Seleznev, D.V. Sinitsyn, E.S. Sunchugasheva, S.A. Shlenov and A.P. Shustikova. "Effect of nonlinearity in the pass-through optics on femtosecond laser filament in air." *Laser Phys. Lett.* **12**, 015403 (2015).

ПОСТРОЕНИЕ КАРТ ПРОСТРАНСТВ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И МАТЕРИАЛОВ

В.н.с. Игорь Баскин (кафедра полимеров и кристаллов)



Учеными физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова в сотрудничестве с зарубежными коллегами из Страсбургского университета разработан эф-фективный подход к анализу и визуализации больших объемов данных по структурам и свойствам химических соединений и материалов, что открывает новые возможности для их дизайна.

Анализ, визуализация, картирование и навигация по многомерному химическому пространству, представляю-щему структуры и свойства химических соединений и мате-риалов, является новым и очень перспективным подходом к их направленному дизайну. Получаемые графические диаграммы позволяют обобщить накопленные результа-ты многочисленных экспериментов, число которых может достигать многих миллионов – в этом случае говорят о “больших данных” (big data).

Учеными физического факультета МГУ им. М.В. Ло-моносова (группа в.н.с. И.И. Баскина кафедры физики полимеров и кристаллов) в сотрудничестве с зарубеж-ными партнерами из Страсбургского университета (ла-боратория хемоинформатики, возглавляемая проф. А. Варнаком) разработали эффективный подход к анализу и визуализации больших объемов данных по структурам и свойствам химических соединений и материалов на осно-ве инкрементного метода генеративных топографических карт. В этом случае любой химический объект (химиче-ское соединение либо материал) представляется в виде точек в многомерном химическом пространстве. В рам-ках этого подхода совокупность точек, соответствующих имеющимся данным, аппроксимируется при помощи двух-

мерного гладкого многообразия (manifold), которое можно наглядно представить в виде гибкого листа, «летающего» в пространстве данных. Отображаемые на него данные могут быть использованы для построения карт взаимно-го расположения химических объектов в пространстве. Данная процедура эффективно может быть применена для обработки практически неограниченного объема данных по структурам и свойствам химических объектов, причем получающиеся при этом карты обладают высокой информативностью. Они могут быть использованы как для ана-лиза имеющихся данных, так и для направленного поиска новых химических соединений либо материалов с заранее заданными свойствами. Кроме того, разработанный под-ход позволяет эффективно осуществлять сравнительный анализ наборов данных, что было продемонстрировано в статье на примере сравнения больших библиотек химиче-ских соединений.

Результаты данной работы опубликованы в статье: H.A. Gaspar, I.I. Baskin, G. Marcou, D. Horvath, and A. Varnek. "Chemical Data Visualization and Analysis with Incremental Generative Topographic Mapping: Big Data Challenge." *J. Chem. Inf. Model.* **55**, 84–94 (2015).

ЗАЩИТА ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ ДОЦЕНТОМ С.Б. РЫЖИКОВЫМ

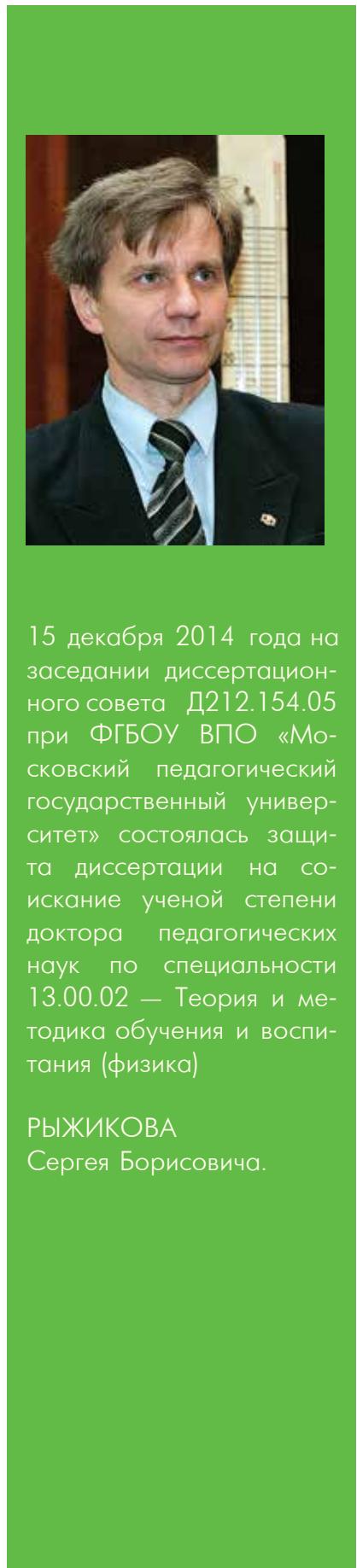
Достижения науки и техники давно уже вышли за пределы научных лабораторий и прочно вошли в нашу жизнь в виде компьютерной техники, сотовой связи, спутниковой навигации и др. К сожалению, этот поток информации практически не нашел отражения в школьных учебниках физики. В результате возникла огромная пропасть между тем, что школьники видят каждый день вокруг себя и тем, чему их учат на уроках физики — невесомыми блоками с невесомыми нитями. Стоит ли удивляться тому, что такая интересная и увлекательная наука как физика часто представляется школьникам в виде набора скучных формул, который непонятно как и к чему применять. Особенно такое положение дел недопустимо при обучении одаренных школьников, которые впоследствии могли бы продолжить свое обучение в классических и технических университетах и впоследствии внести свой вклад в развитие науки и техники.

Таким образом, назрела необходимость в смене образовательной парадигмы — перехода от процесса обучения, ориентированного на передачу определенного объема знаний, к направлению, которое можно выразить кратким тезисом «учить учиться». Принятый образовательный стандарт (ФГОС) требует обеспечить «... формирование готовности обучающихся к саморазвитию и непрерывному образованию... активную учебно-познавательную деятельность обучающихся... сформированность умения исследовать и анализировать разнообразные физические явления».

Возникает вопрос, как же реализовывать эти требования образовательного стандарта? Какими путями развивать исследовательские способности школьников? Представленная диссертация своей основной целью поставила обоснование, разработку и реализацию методической системы развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике. При исследовательском подходе к обучению физике необходимо не только развивать умение мыслить логически, но и стимулировать дивергентную продуктивность мышления — умение видеть научные проблемы, выдвигать и проверять гипотезы. Развитие этих способностей возможно только при проведении школьниками самостоятельных исследовательских работ. Но при выполнении исследовательских работ возникает, по крайней мере, три проблемы: слабая мотивированность школьников, слабость их математического аппарата (особенно в 7-м классе) и слабая экспериментальная база в школах.

В диссертации была разработана методическая система развития исследовательских способностей одаренных школьников при обучении физике, призванная преодолеть указанные сложности. Разработан вариативный курс пропедевтического содержания, который одновременно решает две задачи: обучающую — подготовку школьников к проведению исследовательских работ и мотивационную — обеспечить интерес школьников к обучению даже в том случае, если он не приступит к выполнению исследовательской работы. Для преодоления слабости математического аппарата указанный курс включает элементы компьютерного моделирования на основе численных методов. В методической системе предложен набор исследовательских работ углубленного уровня, который можно выполнить, используя обычный цифровой фотоаппарат в качестве основного измерительного инструмента. Разработанная методическая система была опробована в Вечерней физической школе при физическом факультете МГУ, директором которой автор является с 1991 г., в ГБОУ лицее «Вторая школа», в Московском городском дворце детского (юношеского) творчества, в Летней олимпиадной физико-математической школе, проводимой ГБОУ «Центр педагогического мастерства» департамента образования г. Москвы и др.

Методическая система показала свою эффективность. Под руководством автора, школьных учителей и студентов, ведущих занятия в Вечерней физической школе, было проведено множество исследовательских работ. Более 30 работ были удостоены призами московских городских и всероссийских конкурсов проектно-исследовательских работ школьников.



15 декабря 2014 года на заседании диссертационного совета Д212.154.05 при ФГБОУ ВПО «Московский педагогический государственный университет» состоялась защита диссертации на соискание ученой степени доктора педагогических наук по специальности 13.00.02 — Теория и методика обучения и воспитания (физика)

РЫЖИКОВА
Сергея Борисовича.

РНФ ПОДДЕРЖАЛ ТРИ ПРОЕКТА ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА ПО ПРИОРИТЕТНЫМ ТЕМАТИЧЕСКИМ НАПРАВЛЕНИЯМ



О.Е. Филиппова (кафедра полимеров и кристаллов). "Разработка научных основ создания инновационных рабочих жидкостей для гидроразрыва пласта на основе полимеров и вязкоупругих поверхностно-активных веществ для интенсификации добычи высоковязких (тяжелых) нефтеей".

А.А. Федягин (Кафедра квантовой электроники). "Разработка аддитивных технологий на основе совмещения двухфотонной фотополимеризации и лазерного пинцета для создания элементной базы фотоники и микроэлектроники".



И.И. Потемкин (кафедра полимеров и кристаллов). "Контроль самоорганизации в процессе формирования пленок методами ink-jetprinting".



Российский научный фонд определил победителей конкурса на финансирование научных исследований по приоритетным тематическим направлениям. По условиям конкурса научное исследование, претендующее на поддержку, должно было быть направлено на решение проблем в рамках одного из специально сформулированных для этого конкурса научных приоритетов: новые технологии добычи и переработки тяжелых нефтеей; новые подходы к борьбе с инфекционными заболеваниями; перспективные производственные технологии; межнациональные отношения и этносоциальные процессы. Максимальный размер гранта за весь период его реализации составит до 6 миллионов рублей ежегодно.

Из 34 проектов, поданных от Московского университета, было поддержано 15 проектов. Из них — 3 проекта физического факультета МГУ.

ПОЗДРАВЛЯЕМ!



**ПОСТАНОВЛЕНИЕМ ПРЕЗИДИУМА РАН № 24
ОТ 17 ФЕВРАЛЯ 2015 ГОДА
МЕДАЛИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ДЛЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ РАН, ДРУГИХ УЧРЕЖДЕНИЙ, ОРГАНИЗАЦИЙ РОССИИ ПО ИТОГАМ КОНКУРСА 2014 ГОДА ПРИСУЖДЕНЫ:**



Старшему преподавателю физического факультета, канд. физ.-мат. наук **Наталии Вячеславовне Поликаровой**

В области общей физики и астрономии — старшему научному сотруднику физического факультета, кандидату физ.-мат. наук **Константина Вячеславовича Дмитриева**



ПОЗДРАВЛЯЕМ!

Научному сотруднику физического факультета, кандидату физ.-мат. наук **Наталье Витальевне Ширгиной** за цикл работ «Нелинейная акустика неоднородных сред и акустических метаматериалов»



ПОДВЕДЕНЫ ИТОГИ 38-ГО КОНКУРСА НАУЧНЫХ РАБОТ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ МГУ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА



Первую премию на конкурсе завоевал наш молодой коллега — **Кузьмичев Светослав Александрович**. Также награждены почетными грамотами молодые ученые физического факультета — **Глазырин Федор Николаевич** и **Иванов Константин Анатольевич**.

ПОЗДРАВЛЯЕМ!

С.н.с. Кузьмичев С.А.

(кафедра низких температур и сверхпроводимости)

ДВУХЩЕЛЕВАЯ СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ ПО ДАННЫМ АНДРЕЕВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ



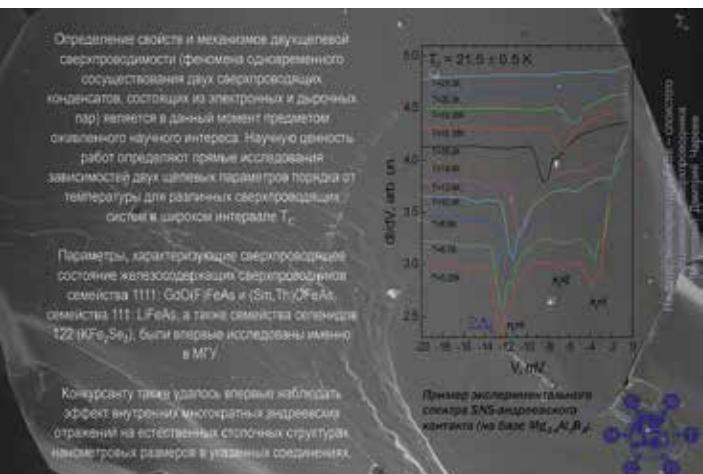
Первым сверхпроводником, обладающим одновременно двумя параметрами порядка для двух типов куперовских пар, который был открыт в 2001 году, стал MgB_2 [1]. Понадобилось еще примерно 5 лет, прежде чем было обнаружено слоистое сверхпроводящее соединение, в котором также удалось наблюдать феномен двухщелевой сверхпроводимости [2]. Это событие инициировало детальное изучение (сверх)проводящих свойств класса окиспниктидов на основе железа — $LnOFePn$ (где Ln — лантаноид, Pn — пниктид). С 2008 г. класс железосодержащих сверхпроводников заметно расширился: было синтезировано несколько семейств пниктидов и халькогенидов железа [3]. Максимальная критическая температура железосодержащих сверхпроводников $T_c \approx 57K$ достаточно высока. Наличие магнитных атомов в составе сверхпроводящих блоков Fe–As или Fe–Se лишь подогревает интерес исследователей к этим материалам. На данный момент важнейшей задачей физики конденсированного состояния является определение свойств и механизмов двухщелевой сверхпроводимости.

Целями и задачами проведенных нами исследований были: определение количества и амплитуд сверхпроводящих щелей в железосодержащих сверхпроводниках и MgB_2 (10 различных классов многощелевых сверхпроводников с вариацией состава); оценка характеристического отношения теории БКШ; высокоточное определение температурных зависимостей щелей и оценка констант спаривания;

определение параметров оптимизации железосодержащих сверхпроводников. В качестве экспериментального метода исследований впервые использовалась SnS-андреевская спектроскопия (реализованная с помощью техники создания контактов на микротрещине «break-junction»). Было исследовано более 2000 SnS-андреевских контактов с разными T_c .

Научную ценность цикла работ определяют прямые исследования зависимостей двух щелевых параметров порядка от температуры для различных сверхпроводящих систем в широком интервале T_c . Были получены прямые экспериментальные доказательства существования двухщелевой сверхпроводимости в пникидах и селенидах железа, а также MgB_2 , и измерены значения большой и малой щелей Δ_L и Δ_S . Для уникальной железоарсенидной системы $LiFeAs$ феномен двухщелевого сверхпроводящего состояния был впервые изучен с помощью туннельных методов. Так же нам удалось впервые наблюдать эффект внутренних многократных андреевских отражений на естественных стопочных структурах нанометровых размеров.

Значение характеристического отношения теории БКШ $2\Delta_L/k_B T_c = 4.5\text{--}6.5$, а также величины относительных констант спаривания Δ_{ij} свидетельствуют о наличии сильного электрон-бозонного взаимодействия в зонах с



«ведущей» щелью Δ_L . При этом между собой конденсаты взаимодействуют слабо. Анализ формы андреевских особенностей на спектрах динамической проводимости указывает на отсутствие занулений параметров порядка в импульсном пространстве, и говорит о реализации расширенной s -симметрии спаривания у железосодержащих сверхпроводников. Для повышения Δ и T_c нами было предложено внедрение в периодическую структуру слоев-спейсеров, легких атомов с незаполненной р-электронной оболочкой (B, C, N).

Авторы выражают благодарность главе лаборатории туннельных исследований проф. Я.Г. Пономареву, а также П.И. Арсееву, Н.К. Федорову, В.М. Пудалову, А.Н. Васильеву и авторам сверхпроводниковых образцов, любезно предоставленных для исследований.

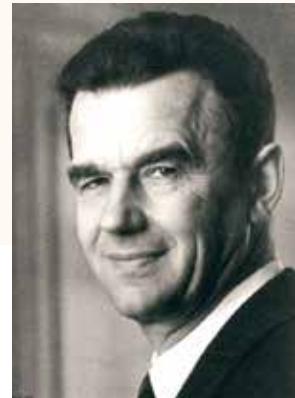
1. J. Nagamatsu et al., *Nature* **410**, 63 (2001).
2. Y. Kamihara et al., *J. Am. Chem. Soc.* **128**, 10012 (2006).
3. M.V. Sadovskii, *Physics-Uspekhi* **51**, 1201 (2008).

КОНКУРС ИМЕНИ Р.В. ХОХЛОВА НА ЛУЧШУЮ СТУДЕНЧЕСКУЮ НАУЧНУЮ РАБОТУ 2015 ГОДА

По традиции в январе каждого года на физическом факультете проводится конкурс лучших студенческих научных работ имени Р.В. Хохлова. По положению на конкурс могут выдвигаться научно-исследовательские работы студентов физического факультета — это могут быть научные статьи, дипломные, курсовые и другие законченные работы, представляющие самостоятельные научные исследования.

В этом году кафедрами были выдвинуты 30 дипломных работ. Члены жюри отметили высокий научный уровень большинства представленных на конкурс работ. В связи с этим, учитывая ограниченное число призов и сжатые сроки работы, жюри работало весьма напряженно. По итогам конкурса первую премию и денежный приз в размере 25000 рублей получили выпускник кафедры общей физики и волновых процессов Григорьев Кирилл Сергеевич за работу "Генерация и взаимодействие световых пучков, содержащих сингулярности поляризации, в изотропных средах с пространственной дисперсией нелинейно-оптического отклика" и выпускник той же кафедры Мареев Евгений Игоревич за работу "Динамика формирования ударных волн и кавитационных пузырей, образованных фемтосекундным филаментом в воде".

Премия 2 степени и 15000 рублей были присуждены выпускнику кафедры общей физики Ярославцеву Сергею Андреевичу, дипломнице кафедры общей ядерной физики Овчинниковой Любовь Юрьевне, выпускнице кафедры молекулярной физики Шагиевой Фариде Маратовне и дипломнице кафедры квантовой электроники Мелик-Гайказян Елизавете Владимировне. Премия 3 степени и 10000 рублей были присуждены дипломникам Жолудеву Сергею Ивановичу (кафедра физики твердого тела), Багаеву Александру Владиславовичу (кафедра биофизики), Лимоновой Марине Васильевне (кафедра оптики, спектроскопии и физики наносистем) и Пискунову Максиму Сергеевичу (кафедра физики частиц и космологии).



Григорьев К.С.
(кафедра общей физики и
волновых процессов)



Мареев Е.И.
(кафедра общей физики
и волновых процессов)



ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2015

В плане мероприятий по празднованию 260-летия Московского университета была предусмотрена организация юбилейного заседания “Ломоносовские чтения-2015” в январе 2015 г. (приказ ректора Московского университета от 06.11.2014 г. № 947).

На физическом факультете юбилейная научная конференция “Ломоносовские чтения” была проведена в период с 13 по 16 января 2015 г. Отличительными особенностями данной конференции являлось не только перенесение установленных сроков с апреля на январь, но и обязательное условие к представляемым докладам — они должны быть посвящены крупнейшим достижениям сотрудников Московского университета в период 2005–2014 годы.



В программу конференции вошло около пятидесяти научных докладов, которые были сделаны на заседаниях восьми подсекций секции “Физика”. Авторами и соавторами этих докладов явились около 100 сотрудников, аспирантов и студентов нашего факультета. Практически все доклады были сделаны на высоком научном уровне, многие из них содержали результаты многолетних исследований по объему, научной новизне и значимости соответствующие кандидатским и докторским диссертациям.

По итогам конференции несколько докладов были представлены на университетские премии имени М.В. Ломоносова и имени И.И. Шувалова 2015 года.



КОНФЕРЕНЦИЯ «ЛОМОНОСОВ-2015»

Каждый год в начале апреля в МГУ проводится важное событие для студентов, аспирантов и молодых ученых — конференция «Ломоносов». Конференция «Ломоносов» в Московском университете проходила в 2015 году 22-й раз, и с каждым годом число участников увеличивается. На секцию «Физика» было принято 386 докладов, распределенных по 17 подсекциям, из которых 3 подсекции поделены на две части, а еще одна — на три части. Всего на секцию «Физика» зарегистрировались 435 участников.



В этом году мы празднуем 70-летие победы в Великой отечественной войне. В эту победу внесли свой достойный вклад и многие выпускники физического факультета МГУ, не только героически сражаясь на всех фронтах, но и работая над научными проектами, повышающими обороноспособность нашей страны. Мы надеемся, что новые поколения молодых исследователей продолжат славные традиции своих дедов и прадедов.

В конференции 2015 года участвовало 244 представителя из Москвы и Московской области и 142 участника из других городов России и стран ближнего зарубежья.

Доклады участников конференции проходили на физическом факультете 16 апреля 2015 года. Работу секции приветственным словом открыл декан физического факультета, профессор Николай Николаевич Сысоев. Большой интерес слушателей вызвала пленарная лекция доцента Павла Анатольевича Форша “Современные тенденции развития солнечной энергетики”.

В жюри подсекций вошли ведущие профессора и доценты физического факультета, а также молодые ученые, добившиеся значительных успехов в своей области. Участники делали доклады, члены жюри задавали вопросы, курировали обсуждение докладов.

По окончании заседаний на каждой подсекции жюри выбрало лучшие доклады.

Ниже приведен список председателей подсекций:

| | | |
|--|-----------------|------------------------------------|
| 1. Астрофизика | проф. | Постнов Константин Александрович |
| 2. Атомная и ядерная физика | доц. | Широков Евгений Вадимович |
| 3. Биофизика – I | проф. | Твердислов Всеволод Александрович |
| Биофизика – II | проф. | Хомутов Геннадий Борисович |
| 4. Геофизика | проф. | Максимочкин Валерий Иванович |
| 5. Математика и информатика | проф. | Ягола Анатолий Григорьевич |
| 6. Мат. моделирование | с.н.с. | Плохотников Константин Эдуардович |
| 7. Молекулярная физика | проф. | Уваров Александр Викторович |
| 8. Нелинейная оптика | проф. | Гордиенко Вячеслав Михайлович |
| 9. Оптика – I | в.н.с. | Китаева Галия Хасановна |
| Оптика – II | проф. | Короленко Павел Васильевич |
| Оптика – III | с.н.с. | Доленко Татьяна Альдефонсона |
| 10. Медицинская физика | проф. | Пирогов Юрий Андреевич |
| 11. Радиофизика | проф. | Митрофанов Валерий Павлович |
| 12. Сверхпровод. и электр. св-ва твердых тел | проф. | Кульбачинский Владимир Анатольевич |
| 13. Твердотельная наноэлектроника | проф. | Тимошенко Виктор Юрьевич |
| 14. Теоретическая физика | проф. | Жуковский Владимир Чеславович |
| 15. Физика магнитных явлений – I | проф. | Грановский Александр Борисович |
| Физика магнитных явлений – II | проф., гл.н.с. | Шалыгина Елена Евгеньевна |
| 16. Физика твердого тела – I | проф. | Бушуев Владимир Алексеевич |
| Физика твердого тела – II | проф., с.н.с. | Казанский Андрей Георгиевич |
| 17. Стендовая подсекция | доц. | Пятаков Александр Павлович |
| | доц., ст. преп. | Селиверстов Алексей Валентинович |



Лучшие доклады по секциям

1. Астрофизика
2. Атомная и ядерная физика
3. Биофизика
4. Геофизика
5. Математика и информатика
6. Математическое моделирование
7. Молекулярная физика
8. Нелинейная оптика
9. Оптика
10. Медицинская физика
11. Радиофизика
12. Сверхпровод. и электр. св-ва тв. тел
13. Твердотельная наноэлектроника
14. Теоретическая физика
15. Физика магнитных явлений
16. Физика твердого тела
17. Стендовые доклады



**Балануца Павел
Петрова Елена**

ведпрогр. ГАИШМГУ
аспирантка
физического факультета МГУ
студентка 4 курса
физического факультета МГУ
студентка 4 курса
физического факультета МГУ
ученица 10 класса
гимназии № 5 г. Юбилейный Московской обл.

Волович Надежда

студентка 4 курса
физического факультета МГУ
ученица 10 класса
гимназии № 5 г. Юбилейный Московской обл.

Малышко Екатерина

студентка 4 курса
физического факультета МГУ
ученица 10 класса
гимназии № 5 г. Юбилейный Московской обл.

Скворцова Анастасия

гимназии № 5 г. Юбилейный Московской обл.
ученица 10 класса
гимназии № 5 г. Юбилейный Московской обл.

Папиашвили Эльвина

студентка 3 курса
физического факультета МГУ
н.с. кафедры математики

Дорофеева Алиса

выпускник физического факультета МГУ
студ. 2 курса магистратуры

Мельникова Алина

студентка 3 курса
физического факультета МГУ
студентка 10 класса
физического факультета МГУ

Сидельников Глеб

выпускник физического факультета МГУ
студ. 2 курса магистратуры

Горковенко Екатерина

студент 5 курса
физического факультета МГУ

Фроловцев Дмитрий

студентка НИИЯУ «МИФИ»
аспирантка,

Казиева Татьяна

м.н.с. МГУ имени Н.П. Огарева, г. Саранск

Волкова Татьяна

м.н.с. МГУ имени Н.П. Огарева,

г. Саранск

Волков Дмитрий

студент 3 курса
физического факультета МГУ

Терзи Марина

студентка 3 курса
физического факультета МГУ

Шубаев Сергей

студент МФТИ

Родичкина Софья

студентка 5 курса
физического факультета МГУ

Георгобиани Вероника

студентка 5 курса
физического факультета МГУ

Метельский Игорь

аспирант
Физического института им. П.Н. Лебедева РАН

Иванов Дмитрий

студент
студент Института физики Казанского ФУ

Блинов Михаил

студент 4 курса
физического факультета МГУ

Камынина Ирина

выпускница
физического факультета МГУ

Кабанов Николай

студент 5 курса
физического факультета МГУ

Елшин Андрей

аспирант МИРЭА

Смирнов-Пинчуков Григорий

студент 5 курса
физического факультета МГУ



ВАСИЛИЙ СТЕПАНОВИЧ ФУРСОВ

В биографии Василия Степановича Фурсова, как в зеркале, отразилась история нашей великой страны в XX веке. Родился он в Российской империи, а пошел в школу во время Октябрьской революции. Вступил в пионеры и в комсомол еще в школе, участь в университете вступил в ряды Коммунистической партии. В.С. Фурсов участвовал в становлении высшей школы СССР, воевал на фронтах Великой Отечественной войны, создавал ядерный щит Родины, работал над созданием атомных электростанций, готовил специалистов-физиков. На протяжении 35 лет он руководил лучшим и крупнейшим факультетом первого российского университета. Ему довелось увидеть и распад его великой Родины — СССР, укреплению могущества которой он отдавал все свои силы и знания.

В этом году исполняется пятьдесят лет со дня создания на физическом факультете кафедры волновых процессов — несуществующей в настоящее время кафедры, но явившейся основой двух, успешно работающих в настоящее время кафедр: кафедры общей физики и волновых процессов и кафедры квантовой электроники. Ее создание было бы невозможно без поддержки Василия Степановича Фурсова, видного российского ученого и педагога, выдающегося деятеля отечественной высшей школы и Московского университета, активного участника советской ядерной программы, трижды лауреата Сталинской премии. Его выдающийся вклад в судьбу нашего родного дома — физического факультета Московского университета, рачительным и строгим хозяином которого он был с 1954 по 1989 год, неоценим. Под его руководством физический факультет превратился в один из ведущих в мире центров научных исследований и подготовки физиков, стал не только самым большим, но и одним из самых лучших факультетов московского университета. Огромен вклад Василия Степановича, по-настоящему русского патриота и государственника, и в судьбу каждого из нас. Работая рядом с ним, все мы в той или иной степени прошли знаменитую «Фурсовскую школу», уроки которой всегда помогали и помогают нам принять правильное решение в трудные минуты.

В.С. Фурсов родился 14 января 1910 г. в городе Липецке в многодетной рабочей семье. Его отец происходил из крестьян Тамбовской губернии Липецкого уезда. Мать была родом из казацкой станицы Калач, до замужества была горничной в богатой семье. Василий был поздним ребенком, в момент рождения его матери было 46 лет. К этому времени в семье уже было две дочери и три взрослых сына, младшему из которых было восемь лет, а старший вернулся домой, отслужив положенный срок в армии. В 12 лет Василий остался круглым сиротой и его воспитание взял на себя старший брат. В семь лет его отдали в школу. Василий окончил ее первым учеником. Про него учителя говорили: «Мал золотник, да дорог», — намекая на небольшой рост мальчика.

После окончания школы в 1927 г. Василий отправился в Москву поступать учиться в Авиационный институт. Однако на экзаменах его постигла неудача, и он передал свои документы в Московский университет. В 1927 году имея более чем скромные оценки на вступительных экзаменах, В.С. Фурсов, как сын рабочего, стал студентом физико-математического факультета МГУ.

Учиться ему было очень трудно. Однако природный талант, целеустремленность и редкое трудолюбие победили. Василий Степанович стал делать заметные успехи и вскоре встал в один ряд с остальными студентами факультета. Вскоре Фурсов увлекся оптикой и решил связать в ней свою судьбу. Он стал посещать лекции Вавилова. Вавилов был сторонником активного обучения студентов. Он раздавал им темы, указывал литературу и поручал делать доклады. Фурсову он предложил сделать сообщение о принципе Гюйгенса-Френеля. Для этого принес ему собственную книгу «Оптика» П. Друде на немецком языке. Фурсов был очень смущен и сказал, что не знает немецкого языка. В ответ услышал: «Вот и настал подходящий случай. Берите словарь и переводите!» Труда Фурсов затратил не мало, но нужную главу перевел и стал делать явные успехи в немецком языке. Его доклад прошел успешно.

В 1932 г. С.И. Вавилов возглавил Государственный оптический институт в Ленинграде. Он попросил продолжить руководство работой Фурсова профессора Вадима Леонидовича Левшина. Он занимается люминесценцией, думает о нелинейной оптике и пробует зафиксировать проявления оптической нелинейности среды.

Почувствовав тягу к теоретической работе, Василий Степанович покинул аспирантуру и занял место ассистента кафедры теоретической физики. В 1936 г. вместе с А.А. Власовым В.С. Фурсов развел теорию уширения спектральных линий на основе учета межмолекулярных взаимодействий. Эта теория получила широкую известность и признание в мировой науке и легла в основу многих экспериментальных и теоретических исследований в оптике. Второй важный цикл довоенных работ В.С. Фурсова относится к области квантовой статистики. В них были исследованы флуктуации плотности в газах, подчиняющиеся статистикам Бозе и Ферми. Здесь впервые были установлены законы взаимной зависимости флуктуаций в двух пространственных элементах объема газа. Полученные результаты были использованы для определения рассеяния рентгеновских лучей и света вырожденным электронным газом и гелием в сверхтекущем состоянии. Став кандидатом наук, а вскоре и доцентом, в 1938 г., через одиннадцать лет после поступления в университет, В.С. Фурсов начал исполнять обязанности заведующего кафедрой теоретической физики. Эту должность он занимал до 1941 г.

В грозный военный год Василий Степанович Фурсов вступает в ряды Коммунистической партии. В декабре 1941 г. В.С. Фурсов был призван в армию и направлен курсантом в Харьковское военно-политическое училище. В апреле 1942 г. его назначают комиссаром штабной батареи 215-й стрелковой дивизии, действующей на Калининском фронте. С октября 1942 г. Фурсов — заместитель командира по политической части того же подразделения и участвует в боях на Калининском фронте. В связи с началом работ по атомному проекту в 1944 году капитан Фурсов отзывается из действующей армии и начинает работать научным сотрудником Физического института им. Лебедева, а в мае того же года он переводится в Лабораторию измерительных приборов АН СССР (ЛИПАН), легендарную лабораторию №2, возглавляемую Игорем Васильевичем Курчатовым. В июле 1944 г. он был избран секретарем первой партийной организации ЛИПАН. В августе 1944 г. в члены ВКП(б) был принят академик И.В. Курчатов. Один из рекомендующих — В.С. Фурсов.

Василий Степанович занимается совершенствованием ускорителей быстрых частиц. В 1944 году он впервые применил теорию параметрического резонанса для исследования устойчивости пучка движущихся частиц. Им была указана возможность осуществления в ускорителях нового метода фокусирования пучка быстрых частиц на основе параметрического принципа повышения устойчивости пучка. Этот принцип получил широкое распространение и был назван «методом жесткой фокусировки».

В.С. Фурсов был автором первых теоретических работ по относительной разработке графита и урана для создаваемого реактора Ф-1 и строившегося на Южном Урале первого промышленного ядерного реактора. Вместе с Курчатовым он участвовал в теоретическом рассмотрении процессов, происходящих в этих реакторах. После пуска реактора «А» В.С. Фурсов работал его научным руководителем, и по 1957 г. был заместителем И.В. Курчатова по уран-графитовым реакторам, строившимся в Челябинске-40, Томске-7 и Красноярске-26. На территории Курчатовского института находится легендарный «домик Фурсова», где был собран первый реактор. В эти годы в полной мере проявились выдающиеся организаторские способности В.С. Фурсова. К середине 1947 года из сравнительно небольшого научного учреждения ЛИПАН превратилась в крупную научную организацию всесоюзного значения с коллективом, превышающим полторы тысячи человек. Парторгру ЦК ВКП(б) В.С. Фурсову принадлежала решающая роль в создании и руководстве партийной организацией этого не простого коллектива, добившегося в предельно короткие сроки фантастических результатов.

Хочется особо подчеркнуть, что созданием оружия нового типа занимались в военные и послевоенные годы, не только увлеченные ядерной проблемой ученые, но и тысячи монтажников, наладчиков широкого профиля, сотни тысяч заключенных из лагерей НКВД. Стиль работы Специального комитета по атомной проблеме, возглавляемым Лаврентием Берия, внушал людям страх за невыполнение поставленных перед ними задач. Поэтому руководство лаборатории, партийной организации делало в те годы все возможное, а порой и не возможное, чтобы не по-

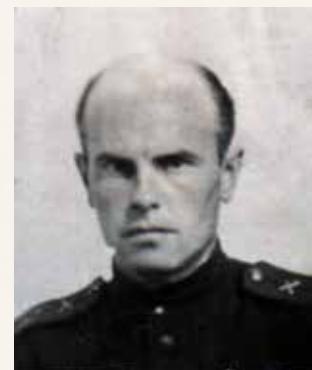
ставить под угрозу тяжелого наказания руководимый ими коллектив.

Василий Степанович неохотно рассказывал об этих годах своей жизни. «Я подписку давал» — говорил он, уклоняясь от ответов на многочисленные вопросы студентов и сотрудников. А рассказать наверно он мог бы очень и очень многое. В том числе и о своем личном вкладе, ведь за годы своего участия в советской ядерной программе доктор физико-математических наук Василий Степанович Фурсов был награжден орденом Ленина, двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденом Знак Почета и тремя Сталинскими премиями (второй, первой и еще раз второй степени). Первая из них (1949 г.) имела формулировку «За создание первой ядерной бомбы». Это награждение сопровождалось большой денежной премией. Наиболее отличившимся, а также членам их семей, правительством было предоставлено право бесплатного проезда в любом направлении Советского союза всеми видами транспорта, детям награжденных дано было право на поступление в любые высшие учебные заведения страны вне конкурса. В лаборатории № 2 такие льготы получили тридцать человек и среди них Василий Степанович Фурсов.

За период с 1944 по 1957 год Василием Степановичем было подготовлено огромное число достаточно длинных научных отчетов. По сути их можно рассматривать как препринты лаборатории № 2, не ставшие, однако, из-за секретности тематики научными статьями. Публикаций в открытой печати, по меркам нашего времени, у Василия Степановича было не очень много. В 1954 г. В.С. Фурсову была присуждена ученая степень доктора физико-математических наук. Во время работы в Атомном проекте СССР возглавлял не только строительство и эксплуатацию ядерных реакторов, но также и вел большую научно-исследовательскую работу в качестве начальника теоретического отдела Лаборатории № 2. Все результаты его научных работ, выполненных в это время, были под грифом «Совершенно секретно». Они хранились в Институте Атомной энергии имени И.В. Курчатова. Ряд этих работ был впоследствии рассекречен, и в 1980 году его друзья и коллеги подарили ему в день 70-летнего юбилея сборник его трудов, изготовленный с помощью ксерокса в единственном экземпляре.

В июле 1955 г. в Актовом зале МГУ проходила сессия Академии наук СССР по мирному использованию атомной энергии. Она открылась большим докладом В.С. Фурсова «Работы АН СССР по уран-графитовым реакторам». В этом докладе впервые открыто были изложены работы по созданию и пуску первого советского ядерного реактора, построенного на природном уране и графите, как замедлителе нейтронов.

Осенью 1954 г., по рекомендации И.В. Курчатова, решением секретариата ЦК партии 44-летний В.С. Фурсов был назначен деканом физического факультета МГУ. Пе-



редним была поставлена задача: радикально улучшить педагогический процесс на факультете, привлекая ведущих физиков страны к подготовке высококвалифицированных специалистов. Первые годы он продолжал одновременно работать в ЛИПАНе и лишь в 1957 г. целиком перешел на работу в МГУ.

У него выработались четкие представления о том, каким должен быть физический факультет и в каком направлении ему следует развиваться. Все его решения принимались, исходя из интересов факультета. Никакой звонок «сверху», никакое давление со стороны влиятельных академиков не могли изменить его решение, если он считал его правильным. В.С. Фурсов был твердым поборником закона, установленных правил и традиций. Он требовал от сотрудников производственной дисциплины, ответственного отношения к порученному делу, добивался четкого порядка во всех сторонах жизни факультета. Фурсов быстро завоевал огромный авторитет в университете. Когда физический факультет приводили в пример другим, следовал неизменный ответ: «Чего же Вы хотите, ведь там деканом Фурсов!» Добиться от Фурсова положительного ответа порой было очень нелегко. Однако, приняв решение, он никогда не менял его и всегда оставался хозяином своего слова. Для Василия Степановича не существовало авторитетов. Он мог одинаково жестко распекать и провинившегося лаборанта и маститого профессора или академика. Его побаивались, но искренне уважали. Зато к студентам был либерален и всегда использовал все возможности, чтобы сохранить их для факультета.

Обладая огромным жизненным опытом, будучи строгим поборником порядка, В.С. Фурсов временами казался излишне бюрократичным, так как по всем существенным поводам требовал соответствующую бумагу. Всем старожилам факультета памятна его фраза: «Язык к делу не приешь!». Зато многочисленные недоброжелательные комиссии всегда уходили с факультета в полном разочаровании, придраться было не к чему.

Проходя в марте 1980 года избрание на должность декана, Василий Степанович Фурсов, в частности, представил о себе следующую информацию. Количество опубликованных работ — шестьдесят (из них одна монография), руководство 10 кандидатскими диссертациями и тридцатью дипломными работами. С 1964 по 1974 год кандидат в деканы читал лекции по оптике, термодинамике, электродинамике, квантовой механике, ядерной физике, теории атомных реакторов, а также по общей и теоретической физике на мехмате. Средняя лекционная нагрузка — 144 часа. Его лекции отличались глубиной содержания, четкостью определений и формулировок. В 1974–1980 годах Василий Степанович читал курс «Учение об электромагнитных явлениях» на инженерном потоке физического факультета.

Позднее, по поручению Сергея Александровича Ахманова, этот курс довелось читать мне. Николай Матвеевич Конопаткин, проводивший лекционные демонстрации, показал мне конспекты лекций Василия Степановича по этому курсу с пометками, в каком месте должна быть показана та или иная демонстрация. Он рассказывал, что обычно Василий Степанович задолго до начала лекции приходил в аудиторию и сам дотошно проверял, хорошо ли все работает. Один раз, читая лекцию, я увидел его в

дверях южной аудитории. Не скрою, что весь следующий день я ожидал вызова на ковер, но в тот раз, как говорится, пронесло.

Как декан физического факультета Василий Степанович Фурсов отдавал все свои силы, весь свой незаурядный талант организатора и педагога совершенствованию учебного процесса, созданию новых и расширению существующих кафедр и лабораторий. При его непосредственной поддержке на факультете были организованы такие большие новые кафедры, как общей физики для мехмата, волновых процессов, квантовой радиофизики, биофизики, общей ядерной физики. Он постоянно заботился о развитии новых научных направлений на факультете, укреплении материально-технической базы научных исследований, развитии на факультете тогда еще новых компьютерных методов в научных исследованиях.

Молодежь стремилась работать на факультете. Сейчас в это трудно поверить, но в конце семидесятых начале восьмидесятых годов более тридцати молодых кандидатов наук работали на факультете на лаборантских и инженерных должностях. Беседуя с молодыми сотрудниками, оставляемыми на работу после окончания аспирантуры, Василий Степанович настоятельно рекомендовал, кроме занятий наукой, преподавать и участвовать в воспитании студенчества. Доцентское место на физическом факультете — это место доктора наук, часто говорил он.

Василий Степанович был требовательным и принципиальным руководителем, хозяином своего слова. Все его решения принимались из интересов факультета, интересов дела. При нем сформировались не только структура физического факультета, система организации учебного процесса и научных исследований, но и многие сейчас еще живущие традиции и порядки. Коллеги, работающие в других институтах, удивлялись отсутствию у нас склок и разборок. Многочисленные общественные организации активно и плодотворно участвовали в жизни физического факультета. Достаточно вспомнить зародившееся у нас движение студенческих строительных отрядов.

Огромное внимание уделял Василий Степанович расстановке и воспитанию кадров. На ключевые посты он назначал талантливых энергичных преданных факультету молодых людей. Он прислушивался к мнению коллектива, партийного комитета, но при этом всегда поступал так, как считал правильным, и ни какое давление, никакие звонки не могли изменить его решение. Именно он «разглядел» и назначил своими заместителями тогда еще очень молодых А.В. Козаря, П.В. Короленко, А.С. Логгинова, В.А. Твердислова, В.И. Трухина. Список этот, конечно же, не полон.

Василий Степанович доверил руководство кафедрой в те годы еще молодому кандидату физико-математических наук Александру Сергеевичу Илюшину, хотя на кафедре физики твердого тела в то время работали и профессора и доктора наук. Считая, что нужна свежая струя в тематике научных исследований на кафедре, профессором которой он являлся, он отказался от предложения возглавить кафедру общей физики для мехмата и рекомендовал на эту должность Сергея Александровича Ахманова.

В течение многих лет его деканства, по крайней мере,

до начала семидесятых годов защиты докторских диссертаций проводились на заседании Ученого Совета физического факультета, председателем которого был сам Фурсов. Все кандидатуры претендентов на докторскую степень тщательно анализировались, и только после одобрения деканом и парткомом решался вопрос о принятии к защите их диссертаций. Фактически существовала достаточно большая очередь и малейшая небрежность в оформлении работы или неумение ответить на вопросы по существу (как диссертанта, так и представляющего его работу уважаемого профессора) могли затормозить процесс защиты на долгие годы или навсегда. С 1954 по 1980 год сто сотрудников факультета (фурсовская сотня) защитили докторские диссертации. Среди них такие выдающиеся ученые, как И.А. Яковлев, А.Н. Матвеев, И.М. Тернов, Р.В. Хохлов, Ю.Л. Климонтович, Р.Л. Стратонович, Э.Г. Позняк, С.А. Ахманов, Э.С. Воронин. Их уже нет среди нас. Около 60 человек из этой сотни в настоящее время успешно работают в МГУ. Еще около ста тридцати человек, окончивших аспирантуру и оставленных В.С. Фурсовым на работу, защитили докторские диссертации после 1980 года.

Василий Степанович любил и поддерживал молодых докторов наук. Но если их просьбы шли вразрез с его пониманием, каким должен быть физический факультет, в каком направлении ему следует развиваться, ответ был один — нет. Один из моих коллег усиленно просил Сергея Александровича Ахманова, сходить к декану и просить его рассмотреть вопрос, не, как говорится, «в установленном порядке». Он же профессор нашей кафедры и должен нам помочь. Сергей Александрович ему ответил: «Бесполезно, даже Хохлову он сказал: «Как ректор Вы мне можете приказать, но как декан я Вам, как заведующему кафедрой, в вашей просьбе отказываю».

Еще один характерный пример. Один мой однокурсник был представлен к отчислению с факультета за академическую неуспеваемость и целый букет различных проступков. В те годы, такие приказы издавал ректорат. Все знали, что его песенка спета, потому что практически не было случаев, чтобы представление факультета не заканчивалось приказом об отчислении. Однако, обладая большим количеством родственников и знакомых различного уровня, он организовал целый поток просьб в университет. В этот раз он не был отчислен. Однако в приказе, ректора долго висевшем на доске учебной части, говорилось: «Решение декана физического факультета об отчислении считаю правильным и обоснованным».

Значительно позже работая начальником курса, я понял, что к студентам Василий Степанович был либерален. Он никогда не спешил с отчислением и использовал все возможности, чтобы сохранить их для факультета. На деканском совещании он дотошно интересовался, все ли меры административного и общественного воздействия были использованы, и если нет, то строго за это спрашивал с куратора, с кафедры, с начальника курса. Однако процесс восстановления отчисленных студентов был куда менее либеральным. Необходимым условием была служба в армии. При этом Василий Степанович всегда интересовался, как проявил себя студент во время службы. Он не только умело направлял неуемную энергию и инициативу студентов шестидесятых годов, которые организовывали

строительные отряды, пели Дубинушку на дне физика, к которым в гости приезжал Нильс Бор и Никита Сергеевич Хрущев. Да, да именно Хрущев, приехавший на выпускной вечер одного из курсов физического факультета. В конце восьмидесятых годов не меньше хлопот и неприятностей доставляли ему студенты, возвращающиеся на факультет после службы в армии. Призванные со студенческой скамьи в середине первого или второго курса в результате отмены правительством отсрочки от службы в армии, они требовали добровольного посещения военной кафедры, отмены традиционных поездок «на картошку», отмены лекций и семинаров по социально экономическим дисциплинам. Начавшийся период «перестройки и ускорения» требовал от декана не только правильных решений, но и большого гражданского мужества.

Хочется сказать еще об одной стороне многогранного таланта Василия Степановича. В сложных, а порой и критических ситуациях он умел принимать на первый взгляд нестандартные, но как потом оказывалось единственно правильные решения. При этом он никогда не изменял своим убеждениям, своей принципиальной позиции, какой бы трудной она не была, не боялся брать ответственность на себя. На заседаниях партийного комитета физического факультета, членом которого он постоянно избирался, его мнение — мнение человека обладающего огромным жизненным опытом, строгого поборника закона и порядка, способствовало принятию взвешенных решений по многим вопросам. На факультете традиционно было полное единство партийной и административной власти.

Труд Василия Степановича Фурсова на посту декана физического факультета был отмечен вторым орденом Ленина, двумя орденами Трудового красного Знамени, орденом Отечественной войны второй степени и премией Совета Министров СССР. В 1994 году ему было присвоено почетное звание Заслуженного профессора МГУ. Жизнь Василия Степановича, полностью отданная родному факультету, является высоким эталоном служения Родине, науке и образованию.

Василий Степанович навсегда вошел в историю Московского университета, служению которому отдал большую часть своей жизни. Встречи с ним, для кого-то ежедневные, а для кого-то эпизодические оставляли яркое и незабываемое впечатление. Многие в этом зале могли бы долго и интересно вспоминать, дополняя друг друга, об этом ярком, незаурядном, обладающем огромным жизненным опытом человеке, скромном, принципиальном, строгом и требовательном к себе и окружающим, но в тоже время справедливом, не терпящим бесцеремонных звонков и давления сверху.

В период правления Фурсова создавались новые лаборатории и кафедры, (в том числе наша кафедра — кафедра общей физики и волновых процессов и Международный лазерный центр). В это время развивались перспективные научные направления, сотрудниками факультета было получено 26 Ленинских, 54 Государственных и 26 Ломоносовских премий. И все это, естественно, не могло быть без энергичной поддержки декана.

Мой рассказ о Василии Степановиче некоторым может показаться поверхностным. Естественно, что с их точки зрения я забыл сказать о чем-то, что они считают очень

важным и интересным. Не судите строго. Я родился в тот год, когда в возрасте 44 лет доктор физико-математических наук Фурсов решением секретариата ЦК КПСС был назначен деканом физического факультета. Но совсем недавно появилась прекрасная книга о Василии Степановиче, созданная А.С. Илюхиным. В ней подробно описана яркая жизнь Василия Степановича. Александр Сергеевич с большой любовью и аккуратностью создал описание жизни, научно-педагогической и научно-организационной

деятельности В.С. Фурсова. Книга издана по решению Ученого Совета Международного лазерного центра МГУ и посвящена всем физиковцам, с пожеланием ощутить себя единой семьей, а факультет — своим отчим домом.

Директор МЛЦ МГУ,
зав. каф. общей физики и волновых процессов
профессор В.А. Макаров

НИКОЛАЙ БОРИСОВИЧ БРАНДТ

Личность Николая Борисовича Брандта достойна восхищения, для сотрудников кафедры за долгий период счастливого общения он открыл романтику научных исследований, радость новых результатов и открытий. Время от времени каждый из сотрудников оказывался «вновнником» и соавтором успеха, но никто никогда не мог достичь того уровня счастья от соприкосновения с красивым физическим явлением, которое испытывал Николай Борисович, и все ему в этом завидовали.

На кафедре физики низких температур и сверхпроводимости, которой долгое время заведовал Н.Б. Брандт, все становилось экстремальным — высокие магнитные и электрические поля, сверхнизкие температуры, высокие и сверхвысокие давления. Сейчас в международном сообществе стал обычным термин «вещества в экстремальных условиях», но ввел в обиход это выражение еще в 60-х-70-х годах прошлого века Николай Борисович. Уже тогда на кафедре физики низких температур физического факультета МГУ имелись импульсные магнитные поля до 800–900 кЭ, давления до 300 кбар, температуры порядка 0.1 К и множество уникальных измерительных методик. Если в настоящее время для приобретения всего этого достаточно лишь иметь деньги, то в те времена, когда все создавалось впервые своими руками, требовался талант и высокое экспериментальное мастерство, которое дается далеко не каждому, но оно было у Н.Б. Брандта.

Николай Борисович был авторитетом во всех вопросах, всегда помогал уловить новое направление, никогда не подавлял творческую свободу сотрудников. Сегодня многие выпускники работают в самых разных университетах и лабораториях мира — Калифорнийский университет (США), Автономный Университет Мадрида (Испания), Университет Манчестера (Великобритания), Католический Университет в Левене (Бельгия), Технический Университет Хельсинки (Финляндия), Университет Парижа (Франция), Университет Ювяскюля (Финляндия) и др.

Н.Б.Брандт являлся выдающимся педагогом. Он удостоен званий «Отличник народного просвещения» (1971), «Отличник просвещения СССР» (1978), награжден почетной медалью за заслуги в развитии высшего образования в ГДР (1980). За педагогическую деятельность ему присвоено почетное звание «Заслуженный профессор МГУ» (1994) и звание лауреата Ломоносовской премии МГУ 1-ой степени (1996). Многие годы Н.Б.Брандт состоял членом бюро Научных советов РАН «Физика низких температур», «Физика высоких давлений», «Физика узкозонных полупроводников» и др., а также был членом экспертного совета ВАК и ряда Специализированных Советов при МГУ. Являлся членом редколлегий журналов «Вестник высшей школы (Физика и астрономия)», «Физика низких температур». «Физика высоких давлений», «Вестник Московского университета». Серия «Физика. Астрономия».



Николай Борисович БРАНДТ, окончивший школу в 1941 году, относится к тому поколению молодых людей, которым выпала доля пройти Великую отечественную войну с первого до последнего дня. Он награжден рядом орденов и медалей СССР и Российской Федерации, а также орденами «Серебряный крест» и «Крест Грюнвальда» (Польской народной республики) за заслуги в освобождении Польши и подготовке военнослужащих польской Освободительной армии в годы Великой Отечественной войны.

18 мая 2015 года на заседании Ученого совета Московского университета сыну Николая Борисовича, доценту Н.Н. Бранду, была передана Почетная грамота Президента Российской Федерации В.В. Путина.





ШКОЛЬНИКАМ – О АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ И 3D-ТЕХНОЛОГИЯХ

Асп. А.О. Дудник, проф. А.И. Федосеев, проф. И.В. Яминский

Новые направления в физике всегда привлекательны. Школьники старших классов, конечно, слышали о высокотехнологичных приборах и устройствах, может быть, что-то читали о физических основах технологий. Однако, вдвойне привлекательно не только понять физику технологии или прибора, но и попробовать научиться им управлять и даже самостоятельно получить какой-то результат. Обучение использованию новых технологий на практике — дело непростое. Однако Центр молодежного инновационного творчества “Нанотехнологии”, созданный на базе физического факультета МГУ и компании “Центр перспективных технологий” взялся за выполнение этой задачи. С начала 2015 года ЦМИТ успешно провел 12 экскурсий, а впоследствии организовал 4-недельные ознакомительные курсы для школьников по основным направлениям работы центра: атомно-силовой микроскопии, моделированию в программе SolidWorks, фрезерно-гравировальным станкам и работе на 3D-принтере.

С 1 января по 1 апреля 2015 года ЦМИТ экскурсии для школьников проходили на двух площадках — ЦКП “Физика” физического факультета МГУ и в арт-центре “Павелецкий”. Ребята познакомились с атомно-силовыми микроскопами “ФемтоСкан” и 3D-технологиями: 3D-сканером, 3D-принтером и 3D-обрабатывающим центром.

Экскурсия очень понравилась участникам: они внимательно слушали, с большим энтузиазмом получали изображения друг друга с помощью 3D-сканера, изучали устройство сканирующего зондового микроскопа и фрезерно-гравировального станка с числовым программным управлением (ЧПУ). Конечно, чтобы всецело погрузиться в атмосферу высоких технологий, одной экскурсии было



Экскурсии познакомили ребят с атомно-силовыми микроскопами “ФемтоСкан” и 3D-технологиями: 3D-сканером, 3D-принтером и 3D-обрабатывающим центром



Графит



Поваренная соль

После теоретической части ребята разделились на три группы, и под внимательным руководством преподавателей – Ольги Синицыной, Георгия Мешкова и Анны Дудник – ознакомились с устройством ACM: кантileвером, лазерной системой, системой сканирования и устройством для юстировки.

мало, поэтому ЦМИТ организовал 4-недельные бесплатные курсы. Ребята сами могли выбрать тему и выполнить небольшой научный проект. В организации как экскурсий, так и занятий, неоценимую помощь оказывали сотрудницы Отдела нового приема физического факультета МГУ Людмила Якунина и Галина Мошкина.

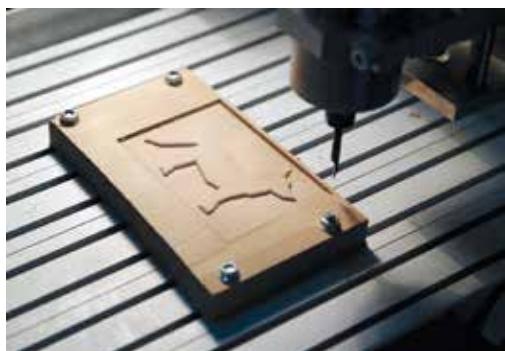
Записавшихся на курсы было много, и, поскольку ЦМИТ располагает всего двумя площадками, пришлось организовать две группы по 15 человек и проводить не по одному, а по два занятия в неделю. Мы надеемся, что в скором времени у нас появятся новые помещения, и мы сможем пригласить в ЦМИТ всех желающих научиться работать с 3D-технологиями.

Апрельские курсы состояли из четырех занятий продолжительностью по три академических часа каждое и были посвящены основным направлениям работы центра: 3D-микроскопии (атомно-силовая микроскопия, получение изображений на микроскопах "ФемтоСкан"), 3D-проектированию (создание 3D-моделей в программе

SolidWorks), 3D-механообработке (программирование в "СпрутКам", работа на фрезерно-гравировальном станке ATC-400 с ЧПУ), 3D аддитивным технологиям (создание 3D-модели и печать на 3D-принтере). Занятия проходили под руководством профессора, д.ф.-м.н. Игоря Яминского, к.х.н. Ольги Синицыной и к.ф.-м.н. Георгия Мешкова. Также в работе активное участие принимали аспиранты и студенты старших курсов физического факультета МГУ.

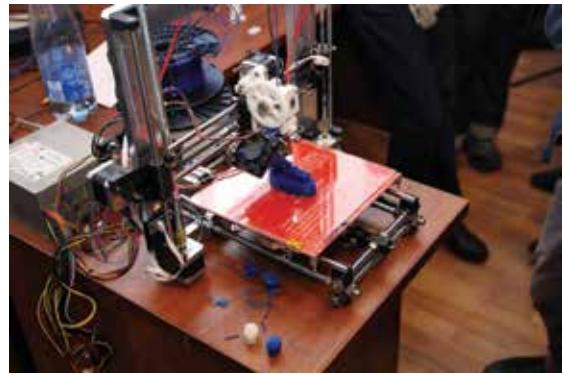
На занятиях по ACM-микроскопии школьникам было рассказано о физических основах работы микроскопа, видах и основных режимах измерений. После теоретической части ребята разделились на три группы, и под внимательным руководством преподавателей – Ольги Синицыной, Георгия Мешкова и Анны Дудник – ознакомились с устройством ACM: кантileвером, лазерной системой, системой сканирования и устройством юстировки. В качестве исследуемых образцов были выбраны холестерин, графит и кристаллиты поваренной соли. Ребята получили первые в своей жизни ACM-изображения и научились об-

Инженер Дмитрий Коростелев ознакомил ребят с принципами работы обрабатывающих фрезерных станков и помог выточить на станке фигурку собачки по кличке ЦМИТ, которая выиграла в конкурсе лучших моделей, нарисованных с помощью SolidWorks.





а



б

Каждый курс знакомил с оборудованием и программным обеспечением, большая часть которого была создана непосредственно в лаборатории И. Яминского: ACM-микроскопом "ФемтоСкан" (фото а), 3D-принтером (фото б)

разрабатывать их в программе "ФемтоСкан Онлайн" с использованием разнообразной палитры и возможностью 3D-моделирования.

Школьники с большим интересом осваивали все новые и новые технологии. В анкетах, которые были разданы, чтобы оценить работу центра, на вопрос: "Что нового вы узнали в ЦМИТе?", нередким был ответ: "много нового, и листа не хватит". Особенno увлекла ребят работа в программах ФемтоСкан Онлайн и SolidWorks а также дальнейшая реализация проектов. Научный сотрудник Дмитрий Колесов рассказал не только об общих принципах работы в программе Solid Works, но и о некоторых хитростях, которые позволили создать почти совершенные 3D-модели.

Инженер Дмитрий Коростелев ознакомил ребят с принципами работы обрабатывающих фрезерных станков и помог выточить на станке фигурку собачки по кличке ЦМИТ, которая выиграла в конкурсе лучших моделей, нарисованных с помощью SolidWorks.

Каждый курс знакомил с оборудованием и программным обеспечением, большая часть которого была разработана и собрана непосредственно в лаборатории С3М И. Яминского: ACM-микроскопом "ФемтоСкан", ПО "ФемтоСкан Онлайн", обрабатывающим фрезерным

станком, 3D-принтером. Следует отметить, что последний был создан студентом третьего курса, Дмитрием Капытым, работающим в лаборатории всего полтора года. На своих занятиях Дмитрий с большим увлечением рассказал ребятам о мире аддитивных технологий, о возможности не только распечатать готовую модель, спроектированную в 3D-программе, но и собрать свой собственный 3D-принтер. На занятии была выбрана и распечатана лучшая 3D-модель.

По итогам курсов были проведены конкурсы на лучшее ACM-изображение, обработанное с помощью ПО "ФемтоСкан Онлайн", и на лучшее 3D-изображение, сделанное в программе SolidWorks. Победители были награждены дипломами ЦМИТа. Все ребята, посещавшие занятия, получили сертификат об окончании курсов.

В начале следующего учебного года ЦМИТ "Нанотехнологии" запускает курсы для школьников, в программу которых будут включены такие разделы, как робототехника (для детей от 7 до 13 лет), работа с платформой Intel Galileo (для детей от 10 до 17 лет) и бумаготехника (от 7 до 12 лет). За более подробной информацией обращайтесь на сайт ЦМИТ: www.startinnovation.com и в официальные группы в социальных сетях: vk.com/startinnovation, [www.facebook.com/groups/startinnovation](http://facebook.com/groups/startinnovation).



Дмитрий Капытов рассказал ребятам о мире аддитивных технологий, о возможности не только распечатать готовую модель, спроектированную в 3D-программе, но и собрать свой собственный 3D-принтер.



Бюллетень «НОВОСТИ НАУКИ»
© 2015 Физический факультет МГУ

Под ред. Н.Н. Сысоева, В.Н. Задкова,
А.А. Федянина, Н.Б. Барановой

Дизайн и верстка: И.А. Силантьева

Фотограф С.А. Савкин

Подписано в печать 10.06.15 Тираж 400 экз.

Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова,
119991, Москва ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 2

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии «ООО Флайт-арт»



Фото Донцов Е.В.
(конкурс физфака МГУ
“Мой День Победы”)