



Интервью редактора Бюллетеня научных новостей физфака МГУ, проф. Виктора Задкова (ВЗ), с руководителем мегагранта на физическом факультете МГУ, известным ученым, выпускником физфака МГУ, профессором Nanyang Technology University в Сингапуре, проф. Борисом Лукьянчуком (БЛ).



**ВЗ:** Привет, Борис Семенович! Привет, Боря! Интервью у тебя я беру для нашего юбилейного сборника «Новости науки» к 85-летию физфака. Знаменательная дата. Начнем с простого, но на мой взгляд, очень важного события в жизни физического факультета — впервые на физическом факультете был получен мегагрант. И радостно, что это событие захватило юбилей. Мегагрантов вообще в стране у нас много, как ты знаешь. Каждый год штук по 50 раздавали, и в университет их немало дали, но, что удивительно, каким-то образом получалось так, что на физический факультет не давали. НИИЯФу давали, химфаку давали, массе других факультетов давали, а физфаку — в первый раз! Поэтому я, конечно, поздравляю, это замечательно!

Поскольку и заявка замечательная, и руководитель гранта (Б. С. Лукьянчук) — замечательный человек, к тому же — выпускник физфака, я был очень рад, когда узнал, что тебе дали грант. И мои вопросы связаны с мегагрантом — первым и пока единственным на физическом факультете.

Для факультета, на мой взгляд, это тоже знаковое событие, поскольку это — приличные деньги и возможность раз-

вить науку в одной отдельно взятой лаборатории по некой тематике, в данном случае этой тематикой является, как я понимаю, нанофотоника. И вот, я бы попросил пару слов сказать о тематике мегагранта, и почему ты считаешь это направление принципиально важным для развития науки, и что можно здесь ожидать из принципиально новых интересных результатов — может быть, часть из них вы планируете получить в мегагранте.

**БЛ:** Хорошо, я начну с того, что я был в числе рецензентов мегагрантов с первых дней выделения мегагрантов. Через меня проходило несколько (4 или 5) проектов мегагрантов, чтобы делать их на физическом факультете. Это хорошие были проекты, ну, может, не идеальные, раз их не поддержали, но я давал всем хорошие положительные оценки. Говорят, что эта комиссия в первую очередь обращает внимание на h-индекс и для того, чтобы получить мегагрант, надо иметь большой индекс Хирша. А ведь это неправильно! h-индекс зарабатывается за долгое время. Ведь индекс Хирша выше 50 означает, что должно быть не менее 50 работ, и на каждую по 50 ссылок на них, а ведь все это занимает время, даже 50 хороших работ написать нужно время, значит молодые исключаются. А мне, наверное, помогло, что у меня индекс Хирша 55.

**ВЗ:** Недаром Гинзбург говорил, что для того, чтобы получить Нобелевскую премию, надо очень долго жить.

**БЛ:** Вот именно! Правильно! Беда в том, что нужно другие когнитивные оценки делать. Один из моих учеников занимается лингвистикой — когнитивными свойствами языка... Это — сложная штука. Все, что мы можем сделать, оно должно быть выражено в языке. Вне языка ничего нет. Все, про что нельзя сказать — оно не существует. Язык он сам развивается, как теория инфляции, разбухает, сам себя подкармливает, сам себе придумывает новые всякие слова и новые понятия и т.д.

Я всю жизнь занимался задачами «с большим риском», скажем так. Ну вот, я помню, первая у меня была неудачная — неопубликованная работа осталась. Когда я был аспирантом у Абрикосова, я занимался теорией ферми-жидкости, распространением нулевого звука, а позже изучал вклад поляритонов в теплоемкость. Я тогда книжку Абрико-

## СОДЕРЖАНИЕ

1	НОВОСТИ НАУКИ
37	КОНКУРСЫ-НАГРАДЫ
38	КОНФЕРЕНЦИИ
41	ПРЕМИИ / НАГРАДЫ
42	ДИССЕРТАЦИИ
43	НОВЫЕ ДИССЕРТАЦИОННЫЕ СОВЕТЫ
46	УЧЕННЫЕ ФИЗФАКА
50	ФИЗФАК — ШКОЛЕ

85  
лет

физическому факультету  
МГУ им. М.В. Ломоносова

сова, Горькова, Дзялошинского “Методы квантовой теории поля в статистической физике” знал просто наизусть. Это как в рассказах Ираклия Андронникова — дирижер Соллертинский помнил даже где в книге переносы стояли.

Я пришел к Алексею Алексеевичу и говорю: «Ну вот, а я понимаю, почему He3 не сверхтекучий — потому что он близок к ферромагнитному состоянию, а спаривание дают куперовские пары со спином нуль. Обменное взаимодействие старается развернуть спины в одну сторону — а ферромагнетизм со сверхпроводимостью не сосуществует! Но, — говорю я, — Алексей Алексеевич, а может он все-таки переходит в сверхтекучее состояние, но со спином единица?» Мне Абрикосов отвечает: “Да что Вы, Борис, чушь несете! Это — следующий порядок теории возмущений! И потом, два года назад этим Лев Петрович Горьков занимался, если бы там что-то было, он бы это давно опубликовал.” Я не стал этой задачей заниматься — понял что просто глупо, ну, бывает: молодой человек чушь сморозил. Это было в 1968 году. А через 5 лет, в 1973 году Энтони Леггет написал статью о возможности перехода He3 в сверхтекучее состояние со спином единица. А потом он получил Нобелевскую премию вместе с Абрикосовым и Гинзбургом. Вот так!

Я своим студентам теперь говорю: не надо слушать авторитетного человека, если у тебя есть чувство, что ты на самом деле изобрел что-то новое. Есть эффект негативной интуиции. У больших ученых есть хорошая позитивная интуиция, но бывает неверная негативная интуиция. Ну мы знаем примеры: Рухадзе, например, пишет, что Ландау уравнений Власова не признавал. А это же умнейшие люди, на таком уровне! Кстати, сам Абрикосов говорил, что Ландау ему не разрешал вихри публиковать! Он разрешил только тогда, когда Фейнман опубликовал про вихри в He4, ну Ландау тогда сказал: “Ладно, публикуй эти свои вихри”.

А я говорил где-то еще в 1967 году, что Абрикосов за них Нобелевскую премию получит. Надо мной тогда все наши аспиранты смеялись, а он-таки — получил, хотя и с большой задержкой...

Я всю жизнь занимался рискованными задачами, где вероятность достичь успеха на этом направлении — она маленькая, но уж если получишь результат, то это будет заметное достижение. А таких задач было довольно много.

Я помню, Сережа Гапонов говорил, что физики есть двух типов: одни — делают сложное простым, а есть такие люди, которые делают простое — сложным. “Вот Борис, — говорил Гапонов, — он к таким относится. Он в простой задаче вдруг находит какие-то такие сложности...” А у меня много было такого — вот лазерная термохимия, если ты помнишь, это лазерная химия...

**ВЗ:** Да, конечно!

**БЛ:** А я занимался лазерным нагревом. А там было все, что угодно — структуры, обратные связи, которые возникают через поглощение... Меня Илья Пригожин пригласил выступить на Сольвеевском семинаре. Я был в Брюсселе. Он меня спрашивает, чем я занимаюсь. Я сказал — такие вот эффекты лазерной термохимии. Он говорит: “О, это мне очень интересно, давайте мы Вас послушаем на Сольвеевском семинаре.” Я говорю: “Так у вас же там очередь на два года вперед стоит, а я всего тут на две недели.” “Нет-нет, — говорит он, —

я начальник, я Вас на следующий же семинар поставлю.” Вот так я выступил на Сольвеевском семинаре, у меня от того времени книжка, подаренная Пригожиным, осталась. Я потом свой доклад вместе с Бункиным и Кириченко опубликовал. Ораевский Анатолий Николаевич меня поддержал когда-то, когда все меня ругали за то, что у меня тривиальные вещи, а вот он поддержал. А он же сам открыл странный аттрактор. Его теперь аттрактором Лоренца называют.

**ВЗ:** Я знаю, у Ораевского всегда было предвидение чего-то интересного и полезного в самых простых вещах.

**БЛ:** Совершенно верно! Вот и я по этой же части. Где все считают, что там ничего нет, я все время что-то находил... Даже в теории Ми, которую Ландау и Лифшиц в курс теорфизики не включили. Включили рэлеевский предел, маленькие частицы, а теорию Ми не включили. Ну что там особенного? Раскладывая поля по сферическим функциям, и все. А я там по крайней мере четыре заметных результата получил. Первый — это фотонный наноджет, это мое открытие 2000 года. Термин не я придумал, термин придумали американцы. Это хорошее название. И я считаю, что придумать хорошее название очень важно.

Дальше фано-резонанс. Фано-резонанс — это же простая вещь. Это интерференция волн с узким и широким спектрами. В фотонике у тебя широкий спектр всегда в кармане, потому что есть рэлеевское рассеяние. рэлеевское рассеяние, широкий дипольный спектр. А нужно узкий найти. И я как-то сообразил, что узкий — это очень просто: плазмонный электрический квадрупольный резонанс, квадрупольная мода, и все! Есть широкое дипольное, а есть квадрупольное «узкое» излучение. В результате интерференции диаграмма рассеяния вблизи квадрупольного резонанса быстро изменяется. Об этом была моя первая публикация. А потом много людей в это дело включилось, после того как мы статью в Nature Materials опубликовали, на нее сейчас много ссылок — 2700 или даже больше. А ведь это простая вещь, на самом-то деле это можно было сделать во времена Ми, во времена Ми еще, стоило только внимательно посмотреть на формулу — кроме диполя, который рэлеевское рассеяние, посмотрите еще на второй член — и все!

**ВЗ:** Ну там и дальше много чего интересного, там резонансов-то много, и порядков, они все интерферируют, там вообще красивые картинки получаются.

**БЛ:** Ну да, а потом мы сделали анаполь.

**ВЗ:** Ну вот для народа скажи, что такое анаполь, не все знают.

**БЛ:** Анаполь — это к Якову Борисовичу Зельдовичу. Это как диполь, вот, что такое диполь? Это вот два полюса, монополь — это вот один полюс, а анаполь — это вот, без полюсов. Это специфичное рассеяние — в дальнем поле ничего не видно, а в ближнем — видно.

**ВЗ:** Ладно, и четвертое твое открытие в классе простейших?

**БЛ:** Четвертое — это вот как раз нанофотоника. Мы с группой из Гановера нашли, это была наша первая публикация, что в кремнии очень большие магнитные резонансы. Для наночастиц из кремния, у которых большой показатель преломления, всегда есть очень большие магнитные резо-

нансы. А люди, которые антеннами занимаются, они знают, что если у тебя в кармане есть магнитный диполь и электрический диполь, то ты можешь у антенны любую диаграмму сделать.

**ВЗ:** Ну да, я транслирую эту мысль на простой студенческий язык — это означает, что фактически с помощью наночастицы, сделанной из обычного кремния, и меняя ее параметры, можно полностью управлять диаграммой направленности излучения падающего. Полностью менять его как угодно: можно, например, все отразить назад, можно — вперед, можно в бока, можно равномерно, как угодно.

**БЛ:** Да, то что мы сделали — это наноантенна, наноантенна с очень хорошим контролем диаграммы направленности. На базе таких наноантенн можно делать интересные вещи. Можно делать, допустим, цветопередачу хорошую. То есть берешь картину, большую, ну там, Рубенса, сколько там квадратных метров, и пытаешься сделать фотографию этой картины, скажем, с размерами 100 микрон на 100 микрон. И чтобы все цвета там были точные, только картину надо рассматривать в микроскоп. Это сжатие информации очень серьезное. Можешь у себя на полке поместить все картинные галереи мира. Ведь мы же знаем что можно амплитуду варьировать, а можно — фазу! На размерах меньше длины волны, вот, вот оно. Ну а дальше делаем голограмму, очень просто. Сейчас у нас в Сингапуре группа Арсения Кузнецова над этими проблемами работает. Например, они стараются сделать динамический дисплей, голографический дисплей, настоящий. Просто сейчас я смотрю на тебя через маленький экран в скайпе — а через несколько лет ты будешь рядом — большой и объемный!

Там еще много простых задач, но они все — линейные. А мне хочется делать нелинейные задачи, я все-таки много лет занимался нелинейными задачами: самоорганизацией, лазерной термохимией, структурами. Мне хочется исследовать задачи нелинейной оптики материалов с высоким показателем преломления. Там есть очень сильные магнито-оптические явления. То есть можно генерировать слабый оптический отклик, но сильный магнитный. Это можно использовать, например, для быстрых переключений. Сейчас мы ограничены полупроводниками, там это связано с временем жизни состояний.

**ВЗ:** И какая получается оценка по времени переключения?

**БЛ:** А как быстро ты можешь создать магнитное поле? Я знаю, как создавать магнитные поля на фемтосекундах.

**ВЗ:** Я бы хотел тебя попросить рассказать в двух словах, о чем твой мегагрант на физфаке?

**БЛ:** Мегагрант направлен на изучение нелинейных эффектов в нанофотонике. Генерация гармоник, например. Она очень хорошо идет на частотах магнитного резонанса в материалах с большим показателем преломления. А что такое большой показатель преломления? Да это же наши любимые материалы — кремний, германий. На них можно получать очень интересные эффекты. А мечта у меня конечно есть — сделать, впервые (не знаю только — получится или нет) когнитивное устройство, которое бы «думало», само думало.

**ВЗ:** Ну есть такие, ты знаешь, нейронные сети, которые вообще-то “думают”.

**БЛ:** Вот правильно, ты в правильном направлении мыслишь.

**ВЗ:** Кстати, в России это направление очень сильно развивалось в 70-е годы, потом заглохло, к сожалению.

**БЛ:** А я раньше занимался самоорганизацией в средах с диффузией. Там, если ты сделаешь нужный тип нелинейности — а я знаю, какой это тип нелинейности, который нужно создать — то можно сделать эффекты, которые, например, моделируют ассоциативное мышление. Ассоциативное мышление делается так: можно сделать активную среду, которая неустойчива в однородном состоянии, у нее есть автоколебания, например, или стохастическая динамика, в общем, неустойчива. Но если смотреть инкремент как функцию волнового числа, то есть на какие возмущения среда реагирует, то можно представить себе среду, у которой есть остров устойчивости, в интервале от волнового вектора  $k_1$  до волнового вектора  $k_2$ ...

**ВЗ:** Но обычно он не очень большой этот остров.

**БЛ:** Ничего, давай пофантазируем!

Ну вот, если есть островок устойчивости, то я могу из структур этого островка делать устойчивую картину, рисовать, может быть, карикатуру, могу тебя нарисовать и будет устойчивая картинка. А вот теперь смотри что происходит. Я возьму и половину картинку сотру — раз — восстановлю однородное состояние. Что будет? В этой области возобновляются колебания и картинка начинает самодоставляться на основе имеющейся информации. Пол-лица-то есть, значит, я понимаю что вторая должна быть похожая, может немножко отличается, но более или менее симметричная. Вот такие теоретические модели были. У нас этим занимался Боря Кернер когда-то, он сейчас в Германии. Потом Осипов, он в Штатах. В общем у теоретиков такие модели были.

**ВЗ:** Но голограмма-то это простейший случай такой модели, когда откальвываешь кусочек от голограммы, а видишь-то все равно — это вот типичный пример!

**БЛ:** Да, конечно. Я Мише Рабиновичу, рассказывал свою идею, а Миша сейчас один из лидеров когнитивной науки — нейронными сетями в Сан Диего занимается. Миша мне говорит: «А ты представь, что у тебя есть множество близко расположенных аттракторов: ну ты ушел от одного, другой тебя притянет. Вот в конце концов ты по этой структуре куда-нибудь да придешь». Ну вот, я теоретические предположки вижу для когнитивного устройства.

**ВЗ:** Нужна физическая модель.

**БЛ:** Физической реализации пока нет.

**ВЗ:** Ну почему же, решетки вот сейчас пошли атомные. Один из моих хороших знакомых в Германии, проф. Имануэль Блох, директор Института квантовой оптики им. Макса Планка, — один из лидеров здесь. Они сейчас эти решетки делают многомерными, и моделируют разные физические модели, это уже реально. Это просто фантастика, что они делают!

**БЛ:** Я знаю, этим занимается, например, Стюард Паркин, человек, который в IBM сделал новый тип магнитной записи. У него большой грант в Германии, как раз в Институте Макса Планка, он для своего института получил 50 миллионов долларов. Как он сказал, без каких-либо обязательств. Поискать, просто поискать. Вот дали бы мне 50 миллионов без обязательств, чтобы я просто поискал!

Я был на конференции Владимира Аграновича в США, которая быда посвящена его 75-летию. На конференции было пять нобелевских лауреатов, в том числе один такой молодой, на пятнадцать лет моложе меня, парень, Рассел Халс (Russell Alan Hulse), он получил Нобеля по астрофизике за новый тип пульсара. Я ему говорю: а мне мой руководитель сказал, что молодые люди вообще не должны астрофизикой заниматься. Абрикосов стоит рядом: — Борис, когда я Вам такое говорил? — Ну, как же, был доклад Якова Борисовича Зельдовича, по астрофизике, я сказал, что пойду на доклад, и спросил — а Вы пойдете? А Вы мне сказали: “И сам не пойду, и Вам не советую, потому в астрофизике — там же ничего невозможно проверить экспериментально!” Абрикосов говорит: “И правильно сказал!”

Помнишь, как Гинзбург определял, что такое великий учитель. Это совпадение двух событий с малой вероятностью. Одна маленькая вероятность, что он хороший ученый, и такая же маленькая вероятность, что хороший учитель. И только когда эти два эффекта совпадают, возникает научная школа!

**ВЗ:** Еще нужна интересная и правильная задача, которая будет востребована, потому что можно заниматься всю жизнь какими-нибудь насекомыми, которые никого не интересуют — так никогда не получишь Нобелевскую премию, хотя это важно, самому ученому интересно и так далее.

**БЛ:** Ну да, Боголюбов хотя не получил, но это хуже для самой Нобелевской премии! Для Нобелевского комитета.

**ВЗ:** Ну, Бог с ней с Нобелевской премией, на это, как говорится, можно надеяться, но работать без оглядки на это. Это либо будет, либо не будет.

**БЛ:** Конечно, мы ведь работаем не из-за премии, а потому что интересно.

**ВЗ:** Слушай, раз уж дернули эту тематику, все-таки ты, как человек, который имеет опыт общения за рубежом и в России, ты можешь сравнивать разные школы физики. Ведь если честно говорить, сейчас в России мало людей Нобелевского уровня осталось, а было время, в которое ты как раз учился, когда это целая когорта была. А премий не дали. Все-таки в чем причина?

**БЛ:** Ну, тут много факторов. Один из факторов это “Рашен сам себе страшен”. Мы ряд премий не получили, потому что мы сами себе навредили плохими отзывами из России. Взять например Летохова.

**ВЗ:** Вот скоро откроют, кстати, отзывы на Летохова. Пока закрыты еще, я вот очень хочу посмотреть, очень даже. Но его академики не очень любили, прямо скажем. Не только его, но и Ахманова, и..., ну я не буду перечислять, — одни и те же имена будем повторять...

Все-таки, чтобы с мегагрантом закончить, два вопроса простых: что в результате планируется, по большому Гамбургскому счету? И второй вопрос: насколько, на твой взгляд, хорошо представлена в этом гранте молодежь, насколько она существенна для выполнения этого гранта? Ведь преимущества университета в том, что у нас молодежи много и ее нужно вовлекать в это дело, а мегагрант — это хороший пример, на мой взгляд. Два слова об этом скажи.

**БЛ:** Именно поэтому я на этот мегагрант и подался! Я до этого лет за восемь — интервью давал, как раз первые были мегагранты, где сказал: «ну это же ненормально, что там необходимое условия 4 месяца в год находиться в России» — для любого человека, который вовлечен в серьезный проект на Западе, нет такой возможности.

**ВЗ:** Это очевидно, но у нас люди не понимают этого.

**БЛ:** Я говорю: “Гинзбург создал школу в Нижнем Новгороде. И на сколько он туда приезжал — на три дня в году! Все.” Вот. Дальше можно общаться. Есть и семинары. Общение это как любовь — вот бывает же, что люди любят друг друга, они пространственно разделены, а чувства сохраняют.

**ВЗ:** Ну, здесь даже не любовь, а некая общность мышления, общие подходы, возможность посоветоваться, даже, ну, разными способами, это же великое дело: спросить совета у опытного человека. На Западе школ же таких практически нет, очень мало.

**БЛ:** Конечно. Эти, ну, большие ученые, скажем так, они должны играть роль катализатора. Это не значит, что большой ученый пришел и начал лопатой помогать яму рыть! Нет, он должен понижать потенциальные барьеры, через которые надо перескакивать. Он должен делать цепочку, где барьеры не очень высокие, тогда можно по такой траектории пройти и...

**ВЗ:** Мне нравится эта идея. А вот, все-таки, какие барьеры надо понижать в России? Какие основные потенциальные барьеры существуют в России в науке? Помимо финансирования?

**БЛ:** К сожалению, это дело идеологическое. Я вот здесь воюю в Сингапуре — они решили развивать технологии примерно такими же путями, какими ФАНО собирается управлять наукой. Я говорю — «ребята, вы говорите слова, которые я уже слышал. Это хорошие слова, но я вам скажу что произойдет в результате — вы убьете науку.» И это происходит. Происходит падение числа публикаций в 3 раза, в Сингапуре. Они говорят: “А пусть наукой университеты занимаются, а мы должны новыми технологиями заниматься.” Ребята, новые технологии — это не значит, что нужно застрелить всех ученых и тогда у вас будут новые технологии. Не будут!

Ну вот, это один из примеров, к сожалению, того, что не так устроено, что представляет барьер. Барьер вот здесь у нас — разруха, «разруха в головах». Наука — это же очень специальная вещь, это как любовь создать: бордель можно создать — на это нужно хорошее финансирование и будет прекрасный, лучший в Европе, а может и в мире, бордель; а вот любовь по заказу создать нельзя, там в голове что-то очень сложное происходит. Наука — она сродни этому.

Это ведь ненормально: когда человек ходит и всю жизнь думает, как решить какое-то трансцендентное уравнение! Нормальный человек должен думать — где вкусно поесть, что выпить. А человек ходит и мучается: какое сделать преобразование, или как размерность пространства увеличить. Нормальные люди не должны этим заниматься, это какая-то очень маленькая группа людей, знаешь, вот такие — «яйцеголовые».

**ВЗ:** Наше государство в лице чиновников соответствующих — Академии наук, министерств — сейчас начинает просто катастрофически нормировать науку, выдвигает такие тезисы: ну вот сейчас, например, зарплату начинаем повышать — значит число статей должно быть пропорционально вашему повышению зарплаты. Второе — ученых хороших-то мало. Вот в институте, или, допустим, на кафедре сто ученых, так? Значит у всех разные показатели. Они по статьям считают: вот этот мало публикует, давайте его сократим. И вообще, из ста надо оставить десять и платить им в десять раз больше. Но мы-то помним историю! Еще в Советском Союзе была известная шутка: если хочешь иметь одного хорошего ученого, то вокруг него должно быть десять средних, или три, по крайней мере, — это закон.

**БЛ:** У меня другая аналогия есть — вот распределение Максвелла, с горбом, а толку-то! Работает-то, преодолевает барьеры, — маленький хвостик с большими скоростями. А все остальное нужно, чтобы создать распределение с этим хвостом!

**ВЗ:** Условия для этого хвостика. Правильно! Но не понимает никто этого. Тебе говорят: «Зачем мы будем тратить деньги на все это распределение, давайте только на хвостик потратим».

**БЛ:** Ну, они просто не сдавали десять экзаменов по теорфизике. А вот в Китае (я же книжку написал про Кеплера, там есть и про историю науки), в Китае 1000 лет назад и даже еще до новой эры, чиновники были обязаны сдавать экзамен, причем на очень хорошем научном уровне.

**ВЗ:** Как-то недавно я был в Америке, на съезде Американского Оптического общества, поскольку я там член Международного совета, и с удивлением обнаружил, что все эти общества очень активно занимаются пропагандой науки, внедряя ее в мозги всяких сенаторов, президента, и т.д. Более того, даже существуют книжки, написанные очень известными людьми, называются — «Физика для президента». И там популярным языком сказано, что такое ядерная энергия, с чем ее кушают, чем она опасна, чем хороша. Что такое оптика, и чем она полезна и принципиально важна. Что такое полупроводники и электроника, — на детском языке написано! И для чего нужно физику развивать.

**БЛ:** Это серьезное дело — publicity. Я помню наш директор как-то пришел и сказал, что правительство наше сингапурское разучило новое слово, «нанотехнологии» и они теперь будут с этим словом гранты давать. А раньше они этого слова не знали, вот их то и надо учить, словарный запас им расширять.

**ВЗ:** Ну, у нас в России этим мало кто занимается. Кстати, ведь здесь могли бы роль сыграть Московский университет, и Академия наук, — не ругаться с правительством, а учить его, воспитывать.

**БЛ:** Так я вот и говорю: что значит — бороться? Бороться можно по-разному. Я могу взять камни и начать бить стекла, сказать, что это моя борьба, а это просто повышение энтропии... Ну это же известно, всегда стратификация общества ведет к революции. Нельзя делать стратифицированное, сильно стратифицированное общество. Я ведь лазерной химией занимался, знаю, как делаются эти реакции в неживой среде, с чего там все начинается! А в живой еще сложнее.

**ВЗ:** А вот, все-таки, ты считаешь, что если общество хорошо образовано, то в нем вероятность таких фазовых переходов ниже, чем в слабо образованном обществе, или наоборот?

**БЛ:** Ну, во-первых, почему фазовые переходы — плохо, это не всегда плохо.

**ВЗ:** Я не говорю, что это плохо, они могут быть как и в хорошую, так и в плохую сторону.

**БЛ:** Да, как в хорошую, так и в не очень. Ну вот — в чем смысл жизни? Такую начнем тему. Надо считать так: идеальное общество — это такое общество, которое помогает людям следовать смыслу жизни. А вот в чем смысл жизни?

**ВЗ:** Ну, в природе смысл жизни — это круговорот, как известно: рождается, живет, умирает, и так далее по кругу.

**БЛ:** Это неплохо!

**ВЗ:** Все. Смысл жизни — размножаться. Люди, к сожалению, потеряли этот смысл жизни частично. Конечно тоже осталось это все, но еще и думать начали, понимаешь, зачем-то. Это мешает. Ну ладно, это мы далеко так с тобой уйдем. Вернемся к гранту.

Вот молодежь. Почему ты согласился в университет, как ты сказал, приехать — потому, что молодежь вокруг. Какие инструменты получит молодежь, работая над грантом? Для своей карьеры какие-то новые пути, так сказать? Что, что они могут получить, работая над грантом? И общаясь с тобой?

**БЛ:** А что Пушкин получал, когда он еще совсем маленький был, а ведь он говорил, что он уже тогда знал, что Державин — это другой, или там Карамзин, — другой. Правильное ощущение, так скажем, «высоты планки» должно быть. Что вот это — низкая планка, а эта — высокая. Вот когда у них есть чувство, к чему надо стремиться на самом деле, это driving force, в науке по крайней мере. Ты же помнишь как Бродский говорил, что в поэзии, а может и вообще в человеческой жизни, эстетика впереди этики. Почему ребенок тянется к одним людям, а к другим — не тянется? Не потому что они плохие, они ему вообще еще ничего не сделали, а потому, что у него вот такое чувство красоты есть: вот эти люди ему кажутся симпатичными, в соответствии с его понятиями, а вот те — не симпатичные. Я уже не ребенок, но и у меня такое же чувство есть. Я иногда себя ругаю: «Почему мне этот человек не нравится, он мне еще ничего плохого не сделал, а мне он уже не нравится!» А есть люди, которые мне сразу нравятся, вот сразу нравятся.

Чем я всегда гордился в отношениях со студентами? — Я же во многих странах, и на физтехе читал лекции и лаборатории вел, в Австрии десять лет лекции читал, и в Италии, в других странах, — для меня стимул, это когда у студентов глаза горят.

**ВЗ:** Да! Прямо мои слова.

**БЛ:** Они приходят, и в начале что-то им трудно, неинтересно и непонятно, а в конце — они же, они живут этим. Меня Никита Арнольд ругал, — говорил, «Борис, ну что вы делаете, вы им в подкорку загоняете такие сложные вещи, ту же теорию точечного взрыва, но не на размерности только, а настоящую, с константами, порядками и единицами, ну это — все уравнения. Зачем студентам загонять в подкорку то, что им никогда не понадобится!» Я говорю — «Никита, оно им дает правильное ощущение красоты».

**ВЗ:** Точно, это правильно. Я студентов всегда по глазам оцениваю на лекции, вот я на первом курсе сейчас читаю лекции, на физфаке. И видно, вот прямо по глазам, у кого горят, у кого не горят. Это не надо даже обсуждать.

**БЛ:** Да, я в МГУ из-за этого пошел. Тут ко мне в Сингапуре приходили люди из посольства, говорят: «Поступила команда, определить, что нужно сделать, чтобы большие ученые возвращались в Россию?» Я говорю — А ничего не надо делать, ученых первого класса вы не вернете. Первого класса не вернете, вернете второго класса. Ну, или третьего, или вот стариков. Вот стариков можно вернуть. Меня допустим. Как армяне, community армянское — живут в Америке, а возвращаются — поближе к родным местам.

Ну, а вообще, надо все сначала начинать. Воспитывать новых молодых, чтобы атмосфера была. Нас же в институте теорфизики Ландау атмосфера воспитывала. Там таких людей как Ларкин, — единицы были, — таких, чтобы сидели, занимались со студентами. Большинство же совсем студентами не занимались. Было несколько человек, которые занимались: Дзялошинский, Ларкин, ну Покровский тоже. Я его спрашивал: «Валерий Леонидович, Вы столько на студентов времени тратили, — оно того стоило?» «Ну я не знаю, — говорит Валерий, все-таки Сашу Дыхне я создал.»

**ВЗ:** Да знаю я про вашу жизнь в «Капичнике»: там в корпусе, где Ландау жил, бутылки носили сдавать через улицу... Мне рассказывали. Ладно. Это отдельно.

**БЛ:** Атмосфера важна, конечно. Я бы сказал, что она не материальная. Старые люди должны быть рядом с молодыми. Ой, я сегодня ходил в наш National University Hospital, там мне лекарства нужно забирать с интервалом в три-четыре месяца. Медсестра говорит, — «а про тебя наша сотрудница сказала, — ну такой красивый парень, handsome». Я говорю — «Что за сотрудница? Молодая?» Да нет, — говорит, — ей уже лет 70.» Это мне историю напоминает: мой дружок приехал в Москву и говорит: «Борь, ты знаешь, в Москве стало так много молоденьких девочек!» Я отвечаю: «Венка, их с годами будет становится все больше и больше!»

**ВЗ:** Это точно. Это вот персональное восприятие. Так вот, все-таки, этот мегагрант на физфаке позволяет составить мнение: во-первых, физфак конкурентноспособен на мировом рынке образования и науки, ну и второе, наверное: мы не только образование, но и большой научный центр. Интересно было бы узнать твою оценку уровня преподавания на физфаке, поскольку ты со студентами общаешься, с аспирантами и видишь их образование вживую, не просто там со слов, а массово, не только отдельных, тех которые на Западе работают — их мало.

**БЛ:** Университетский уровень подготовки... Ну не знаю, я опять-таки буду говорить про то время, когда я выпускался...

**ВЗ:** Вот интересно тоже сравнить: когда ты был и сейчас, как это смотрится?

**БЛ:** Ну, я же сейчас не выпускаюсь.

**ВЗ:** Но ты же общаешься, тебе видно студентов, может или не может?

**БЛ:** Ну, я же с отборными общаюсь! Они очень хорошие молодые ребята, глаза горят.

**ВЗ:** Ясно же, что не у всех горят, но есть и те, у которых горят! На западе тоже не у всех горят!

**БЛ:** Ну вот, я сначала в Австрии был, что ж такое? Я вижу, что студенты — то ли они тупые, то ли странные какие-то. Не могут уравнение в частных производных решить, я студенту говорю: «Ты что — на лекции не ходил?» «А не было, говорит, таких лекций.» «Как не было?!» Вот, понимаешь, нету таких лекций. Я устроил скандал директору нашего института, директору института теорфизики: «Что такое — у вас нет курса уравнений математической физики! Если нет, тогда уберите Шредингера с денег! Он для сердца и для знамен!» Там, в Австрии, были деньги с портретом Шредингера. Они меня послушали, потом было заседание факультета science, где они приняли решение ввести курс матфизики в число обязательных курсов. Для этого только нужно было, чтобы кто-то из профессоров отказался от своего обязательного курса. Чтобы полное число курсов сохранилось. Так никто не отказался! Ну и что? Убрали они Шредингера с денег, заменили его другим нобелевским лауреатом, Карлом Ландштейнером, который открыл три группы крови, ну, а потом совсем заменили на евро. У нас же тоже Ленина с денег убрали, как Андрей Вознесенский призывал.

И вот та же самая история в Сингапуре. Я смотрю, у них, значит, — более слабое математическое образование, более слабое физическое образование, а в чем же они нас превосходят? Они нас превосходят в работе с хорошими приборами. Во первых, больше приборов и больше опыта работы с конкретными проектами...

**ВЗ:** Я думаю, в хороших лабораториях у нас это все тоже есть!

**БЛ:** Так говорят, что в развивающихся странах стоят ящики с замечательным оборудованием, даже не распечатанные...

**ВЗ:** Так некому же!

**БЛ:** Да, вот...

**ВЗ:** Я думаю, что это дело наживное — все эти приборы. У студентов, с которыми общаешься, у аспирантов, есть желание наукой заниматься и продолжать работать в ней?

**БЛ:** Есть, есть! Тут важно некую атмосферу создать, среду. Я говорю: «Ну вам что, начальников не хватает?» — Я же к вам не за этим пришел... «А зачем ты пришел? Я пришел завоевать ваши сердца. Вот! Андрей Федянин потом мне сказал: “Борис, а ведь Вам это удалось!”»

**ВЗ:** Ну я рад, что у нас совпали цели. Вот смотри: на мой взгляд, принципиальным элементом, который отсутствует... вернее, два элемента, которые отсутствуют в Россий-

ской науке и образовании, первый — это отсутствие международной, я бы так сказал, даже международной на уровне бывшего Советского Союза, чтобы был свободный обмен аспирантами, хотя бы по пространству.

**БЛ:** Да, а раньше, в Принстоне — заставляли! Ты вообще никто, если ты не посетил еще две выдающиеся мировые лаборатории.

**ВЗ:** Конечно! А это принципиально важно для карьеры, чтобы люди знали, как работают в других местах. В России нет этого, ну, по-понятным причинам, конечно. Ну вот сейчас — пожалуйста, мы объявляем позиции, а народ как-то привык быть прикованным к месту, где родился и очень тяжело идут. Нет традиции такой. И второй элемент: нет института постдоков, что принципиально важно для развития науки. Как без постдоков? Как выяснить: нужен тебе такой работник или нет? Нужно взять его временно, а потом — либо уходи, либо оставайся.

**БЛ:** Да, боятся. Но я уже сколько лет в этой системе, — десять лет в Австрии, двадцать — в Сингапуре, — всего около тридцати лет, и мне каждый год надо возобновлять контракт. Но если ты работаешь честно, нормально, то все как то легко происходит. Конечно, бывает, допустим, директор дурак, или команду сверху получил, ничего страшного, — от него можно уйти в другое место.

**ВЗ:** Ну, то есть, ты считаешь, что система, скажем, введения постдоков в России сильно поможет делу? Или нет? Особенно на международном уровне?

**БЛ:** Конечно поможет. Я в свой мегагрант — там у меня есть деньги — стараюсь пригласить. Мой бывший студент был — он сейчас профессор в Англии — китаец, молодой парень. Он приехал. Я его на несколько недель приглашал, вот! Так вокруг него сразу все загорелось. Ребята с ним все обсуждают и делают, и он им помогает. Это такая классная штука. Я хочу пригласить ребят. Я знаю ребят из Австралии, из Сингапура. Даже не надо на большой промежуток времени приглашать, лишь бы запустить. Клик-реакция. Это как “не перемешивать, а взбалтывать”. Взбалтываешь и она пошла (наука)!

**ВЗ:** Ну, вообще, постдоки — это основная движущая сила в мире, не аспиранты даже, а постдоки! Не знаю что — но нужно, конечно, что-то в мозги чиновников российских внедрить, чтобы появился институт постдоков. Это же правильно. Ну, в общем я не понимаю, почему этого нет. Финансово — это небольшие деньги же, это зарплата на 2 года грубо говоря. Ну что такое зарплата на 2 года?

**БЛ:** Ну есть, в мозгах конечно что-то. Есть такая устойчивая вещь, как отношение. Вот те, которые уехали на Запад, — это предатели. Лучше не будем эту тему...

Абрикосов на юбилее Аграновича в США был, я его спрашиваю: “А почему вы не напишите книгу воспоминаний?”, а он говорит: “Если я ее напишу, то я поссорюсь с очень многими людьми, сразу же”.

**ВЗ:** Теперь вопрос, связанный с твоим местом работы сейчас, с Сингапуром. Сингапур — это единственное государство в мире, которое характеризуется всякими современными экономическими школами как территория устойчивого развития. И ни одно государство больше в мире. Я

почему это спрашиваю: Сингапур вообще славится тем, что там цветет бизнес, и бизнес финансирует науку очень приятно. Нельзя сказать, что ее очень много, науки, но та, что есть, очень прилично финансируется. Так вот вопрос в следующем: сейчас в России есть несколько проектов, часть из них, как говорится, «on-going», а часть — почему-то приказала долго жить. Но есть и новые проекты, например, проект под названием «Сколково и Сколтех», ты может слышал?

**БЛ:** Я даже когда-то интервью давал, про то, как товарищ Хренов у Маяковского говорил: “Через четыре года здесь будет город-сад”.

**ВЗ:** Ну вот, уже прошло больше, а города-сада пока нет. Но обещают. Там, кстати, поменялось руководство, в «Сколтехе», и, в общем, в лучшую сторону. Ну это первое.

**БЛ:** Я слышал. Вообще, у меня исходно отношение было к этому отрицательное, я считал, что гораздо эффективнее эти же деньги потратить на развитие имеющихся хороших институтов.

**ВЗ:** Второй пример — это, грубо говоря, создание такого центра, условно, на базе Новосибирского Академгородка, где огромный потенциал есть, мне кажется было бы более разумным. Или, третий пример — создание силиконовой долины в МГУ — это реально и даже закон под это дело принят, территория выделена, а, главное, что есть университет, потому что кто-то же там работать должен, помимо компаний.

**БЛ:** Правильно, это я полностью разделяю.

**ВЗ:** То есть это вот такой университетский симбиоз бизнеса, инновационных территорий и наличие огромного количества аспирантов, студентов и преподавателей, это то, что, кстати, во всем мире развивается. Если посмотреть например Швецию — технополис рядом со Стокгольмом, это же оно, точно так же, как и в университете сделано. В Берлине — технопарк огромный под Берлином и так далее, все одно. То есть ты считаешь что это — нужное направление?

**БЛ:** Конечно! Но следует помнить и отрицательный эффект, который тоже учит нас чему-то: вот нельзя все подряд пересаживать. В «Сколково» вроде бы все хорошо задумали: MIT пригласили, взяли всю структуру от MIT. Но не заработала американская система в России. Не привилась, отторглась!

**ВЗ:** Почва у нас не правильная какая-то!?

**БЛ:** Это как сердце, или там, почки, ставят от другого человека, они хорошие, вообще замечательные, а вот организм их генетически отторгает. К сожалению, наука наша, наша система, она невосприимчива к некоторым хорошим формулкам: в принципе-то «Сколково» ведь хорошая вещь. Просто это — не для нас. У нас все-таки надо выращивать там, где оно растет. Правда у нас и кукурузу за Полярным кругом во времена Хрущева пытались выращивать.

**ВЗ:** Ну, это правильная конечно идея. Почему-то вот какие-то люди, видимо принимающие решения, в правительстве и так далее, считают, что наоборот, с чистого листа надо начинать. С чистого поля. Что наши люди не могут нормальных инноваций создать. А по-моему — могут, только научите их, как это делать.

**БЛ:** Ну да, вот как Дзялошинский: я помню он один доклад начал со слов: «Если бы я был Гиббсом, то я бы эту задачу решал совершенно по-другому!»

**ВЗ:** Молодец. Но ты же не Гиббс! Каждый есть, кто он есть.

**БЛ:** Вот так и сказал!

**ВЗ:** Хороший пример, да. Так, двигаемся дальше. Поскольку юбилей физфака приближается, у меня следующий простой вопрос: Что тебе дал физфак в жизни, вот так, по Гамбургскому счету. И тот факт, что ты досрочно закончил физфак — сыграл какую-то роль в твоей жизни?

**БЛ:** Внутреннее такое ощущение. Меня Абрикосов спрашивал: «Борис, а зачем Вам понадобилось раньше заканчивать, Вы же перескочили через курс, зачем это было нужно Вам?» Я говорю: «Алексей Алексеевич, знаете, доктор спрашивает человека: «Как Вам только в голову пришла такая идея — прыгать голой задницей в крапиву?» “Я вспомнить не могу, помню только, что идея показалась мне заманчивой”».

**ВЗ:** Ну, то есть то, что ты закончил физфак, получил физфакскую закалку, последующую закалку в России — от этого, как я понимаю, ты не страдал, это тебе только помогло?

**БЛ:** Да, у меня есть уникальный опыт, я вначале был в МИФИ. Из МИФИ нас перевели — мы сдавали экзамены досрочно и нас перевели — целую группу из четырех «юных дарований» (после второго курса), потому что там, в МИФИ, были какие-то пертурбации... Потом я еще преподавал и был в аспирантуре на Физтехе, поэтому я знаю все три института.

**ВЗ:** Можешь сравнить?

**БЛ:** Ты знаешь, я тебе скажу, что у всех есть своеобразие. Это как магазины на Западе: одни дорогие, другие дешевые, но в каждом из них есть что-то такое, уникальное. Изюминка физфака? Знаешь, что такое Университет? Университет это место, где вокруг растут столетние деревья, вот это такое..., где прививают тебе способ мышления, правильное ощущение «высокой планки».. На Физтехе тоже... и атмосфера соответствующая была, сочетание избранности и провинциальности. А МГУ всегда было, можно сказать, «аристократичное». Когда я учился, в МГУ было пять студенческих театров. Пять театров, а какие там режиссеры были! Марк Розовский, Марк Захаров... А вечера поэзии! Я же выступал, я же поэт там был. Я выступал в аудитории, где перед тобой более 1000 слушателей с замиранием вслушиваются в каждое твое слово... А девушки какие! Вот это, вот все это, конечно, МГУ уникам — такого больше нигде нет.

**ВЗ:** Вот за это я и люблю университет! Помнишь, в песне университетской: «Вместе ручку дергать будем и Физфак не позабудем. Вот за это я его люблю!».

Хорошо. Тогда вопрос дальше, уже мы приближаемся к самому концу. Что бы ты сделал, из разряда простых реше-

ний, на уровне первое-второе-третье, если бы ты, скажем, стал руководить наукой в России?

**БЛ:** Я думаю как в футболе: есть одни, которые головой хорошо играют, другие — пас хорошо дают... Вот наука — она такая вещь. Я помню, Велихов Евгений Павлович когда-то написал статью в газету “Правда”, что для того, чтобы наука была успешной, она должна быть распределенной. Нужны всякие люди: нужны генераторы идей, нужны люди, которые могут эти идеи подхватить и развивать, нужны критики, и даже, говорит он, нужны дураки, без них плохо идет. Вот, правильных дураков надо иметь!

Скажем, ты все умеешь, а вот как строить коллектив? Надо стараться подбирать людей так, чтобы они занимались тем, в чем они действительно сильны. Вот в чем я сильный человек? Меня притягивает к талантливым людям. Я из этого выгоды не извлекаю никакой, но я предсказал правильно пять нобелевских лауреатов. Может другие тоже предсказывали, но я чувствую это, я чувствую талантливость в человеке. Так меня хорошо бы начальником отдела кадров держать, наверное, вот это мой талант: выискивать талантливых людей. Правда все считают, что это просто, — открыть талант. Ничего подобного! Это сложно! Увидеть талантливого человека — это безумно сложно. Вот все маленькие дети — гении, до школы они решили задачу колоссальной сложности — овладение языком, это же какой сложности задача! Причем, любой язык — любой язык на планете — практически любой ребенок может освоить за один-два года. Дальше происходит нивелирование, к десятому классу, они уже почти неразличимы. С первого взгляда не видно кто Моцарт, кто Эйнштейн, кто еще...

**ВЗ:** Значит надо рестраивать прямо с яслей?

**БЛ:** Да, наверное, образование для тех, кто талантлив, должно отличаться от образования для остальных.

**ВЗ:** Мы потеряли элитность образования на мой взгляд, это самое печальное, все свели на уровень ЕГЭ дурацкого, и это нивелировало сильно — какой-то опросничек!

**БЛ:** Да, это полная чушь! Я, кстати, на стороне В.А. Садовниченко здесь, он все время с ЕГЭ воюет... Я на 100% на его стороне.

**ВЗ:** Что бы ты сказал в заключение? Можно своими стихами.

**БЛ:** А я сегодня у дантиста был и там придумал стишок, вот такой стишок, послушай:

Давно уж нет вершков  
И рваны корешки,  
Семь бед – один ответ  
За все мои грешки.

## МГУ ЗАНЯЛ 44 МЕСТО В ПРЕДМЕТНОМ РЕЙТИНГЕ GLOBAL RANKING OF ACADEMIC SUBJECTS 2018

В июле был опубликован рейтинг лучших университетов мира **Global Ranking of Academic Subjects 2018**. Московский университет занял 44 место в предметном рейтинге университетов по направлению «Физика» и стал единственным российским вузом, вошедших в топ-100.



[Home](#) [About](#) [Rankings](#) [Survey](#) [Universities](#) [GRUP](#) [Initiative](#) [Conference](#) [Study in China](#)

Home>> Global Ranking of Academic Subjects 2018>> [Physics](#)

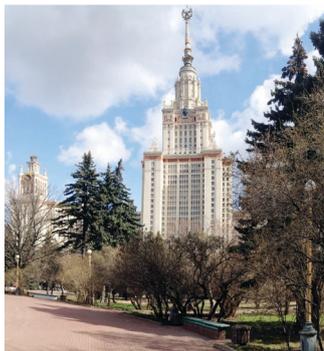
### ShanghaiRanking's Global Ranking of Academic Subjects 2018 - Physics

2018 ▼

Field: <input type="text" value="Natural Sciences"/>		Subject: <input type="text" value="Physics"/>		Methodology	
World Rank	Institution*	Country/Region	Total Score	Score on PUB ▼	
1	Massachusetts Institute of Technology (MIT)		378.7	90.9	
2	University of California, Berkeley		356.2	92.6	
3	Stanford University		355.0	80.6	
41	University College London		219.3	70.3	
43	The Ohio State University - Columbus		217.9	61.3	
44	Moscow State University		217.1	81.5	
45	Swiss Federal Institute of Technology Lausanne		216.8	62.6	
46	University of Padua		216.4	62.4	
47	Yale University		215.4	54.7	

Результаты рейтинга формировались из пяти параметров: продуктивность научной деятельности, индекс цитирования, количество материалов в ведущих журналах и награды международного уровня.

## МГУ ЗАНЯЛ 27 МЕСТО В РЕЙТИНГЕ QS WORLD UNIVERSITY RANKINGS BY SUBJECT ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ»



28 февраля опубликован список лучших университетов мира по специальностям согласно версии престижного мирового рейтинга QS World University Rankings by Subject. МГУ имени М.В. Ломоносова добился лучших за всю историю показателей в восьмом издании рейтинга QS World University Rankings by Subject, попав в топ-100 лучших вузов мира по четырем из пяти расширенных предметных областей и по 11 отдельным предметам.

Ректор МГУ академик Виктор Садовничий: «Московский университет продемонстрировал рекордные успехи в предметном рейтинге QS. МГУ оказался единственным вузом в России, вошедшим в топ-100 лучших вузов мира по четырем из пяти расширенных предметных областей и по 11 отдельным предметам. Мы показали уникальную динамику в расширенных предметных областях. Впервые российский университет представлен в топ-20 лучших вузов мира в естественно-научной сфере. МГУ показал высочайшие показатели в гуманитарных науках «Искусство и гуманитарные науки» — 51-ое место в мире и 60-ая позиция в области «Социальные науки и менеджмент».

Эти достижения подтверждают правильно заданный вектор реализации «Программы развития МГУ», утвержденной в 2010 году, в основе которой лежит активизация междисциплинарных исследований и использование самых современных научных средств и методов в образовательном процессе. В современном мире чрезвычайно востребованы специалисты, реализующие междисциплинарный подход к решению стоящих перед ними задач, широко смотрящих на проблематику.

Именно таких выпускников, молодых специалистов готовит Московский университет, что отражают результаты представленного рейтинга. Особо хочу отметить 76-ую позицию в расширенной области «Инжиниринг и технологии» и попадание в ранг 51–100 в предметной области «Инженерные и космические технологии». Хороший повод отметить ровно год со старта работы нового факультета космических исследований МГУ».

Московский университет вошел в топ-20 лучших вузов мира в области точных наук, поднявшись на 18 место в мире в расширенной предметной области «Естественные науки» (40 место в 2017 году). МГУ совершил рывок в гуманитарных науках, заняв 51 место в области «Искусство и гуманитарные науки» (70 место в 2017 году) и 60 место в области «Социальные науки и менеджмент» (110 место в 2017 году). Московский университет также продемонстрировал значительный рост в области высоких технологий, поднявшись на 76 позицию в мире в расширенной предметной области «Инжиниринг и технологии» (115 место в 2017 году).

Самые высокие показатели по отдельным предметам у МГУ в следующих областях: «Лингвистика» (18 место), «Со-

временные языки» (26 место), «Физика и астрономия» (27 место), «Математика» (38 место), «Гостиничное дело» (41 место), «Информатика и информационные технологии» (49 место).

Комментируя результаты рейтинга в области «Физика и астрономия», декан физического факультета профессор Николай Сысоев отметил, что результаты рейтинга отражают высочайший уровень исследований сотрудников факультета:

«Мы традиционно входим в топ-30 лучших ВУЗов мира, и, безусловно, в этом заслуга наших ученых. За прошедший год было опубликовано свыше 1300 статей по самым различным направлениям (по данным Scopus). Уникальная особенность физического факультета, в отличие от других ВУЗов физической направленности, состоит в том, что в Московском университете представлена вся физика, начиная от экологии, заканчивая атомной и ядерной физикой».

Факультет занимает одно из лидирующих мест в получении грантов различных фондов, выполнении проектов по целевым программам различных министерств. Тематика исследований полностью отражает современные тенденции развития науки:

«Физики МГУ принимают участие в работе ведущих международных коллабораций, среди которых LIGO, CERN и JUNO, в реализации университетских космических проектов и работ по программе развития Московского университета. МГУ активно работает над реализацией программы «Цифровая экономика» по самым различным направлениям сквозных цифровых технологий.

Мы уделяем большое внимание исследованиям в области квантовых технологий, фотоники. Занимаемся разработкой максимально защищенных линий связи между пользователями на основе технологий квантового распределения ключа, в том числе созданием защищенных систем телефонии и шифрования больших потоков данных. Развитием и продвижением этого направления стал проект по созданию первой в России университетской квантовой сети, включенный в программу развития Московского университета. Не могу не отметить, что физический факультет является головной организацией по проектам в области терагерцовой оптоэлектроники и спектроскопии в стране».

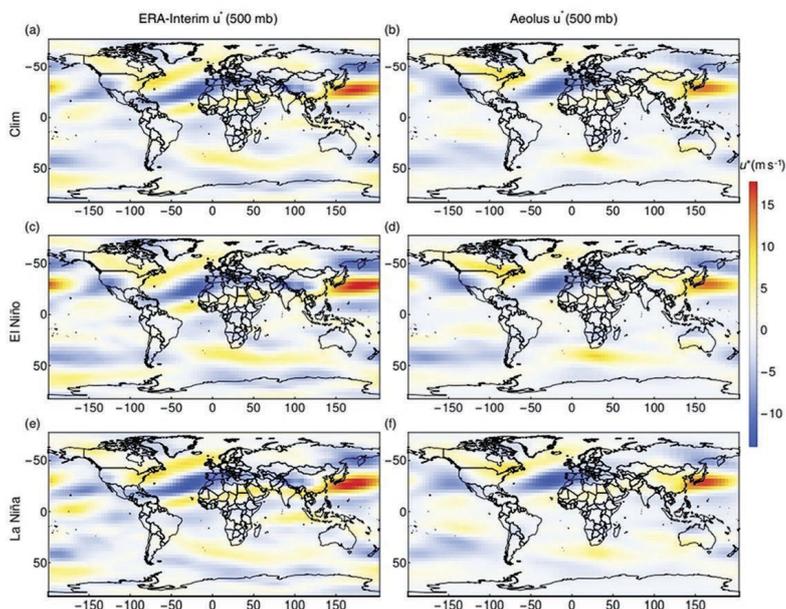
## НОВЫЙ ПОДХОД ДЛЯ НАСТРОЙКИ КЛИМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Сотрудники кафедры физики атмосферы физического факультета МГУ совместно с иностранными и российскими коллегами разработали метод автоматизированной настройки климатических моделей. Оригинальный подход основан на оптимизации новой функции, описывающей точность воспроизведения климата.

Построение климатических моделей необходимо для мониторинга состояния Земной системы, исследования ее чувствительности к различным (в том числе и антропогенным) воздействиям и для предсказания ее изменений. Моделирование осуществляется с учетом законов физики, а потому в его основе лежит мощный физико-математический аппарат. Исходя из количества учитываемых параметров, сложности и детальности описания существует иерархия климатических моделей: от простых до многомерных сложных.

«Наша публикация стала результатом совместной работы международного коллектива ученых, посвященной развитию климатических моделей промежуточной сложности. В данной статье мы приводим описание и проверку атмосферного блока такой модели — блока Aeolus», — рассказывает Алексей Елисеев, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник кафедры физики атмосферы отделения геофизики физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Блок Aeolus описывает динамику атмосферы, его расчеты очень эффективны и позволяют учитывать множество параметров, также потенциально моделировать состояние климата на больших промежутках времени — вплоть до нескольких сотен тысяч лет. Разработанная автором из МГУ часть этой модели математически позволяет вычислять крупномасштабное (т.е. на временах больше времен погодных изменений в атмосфере) поле ветра и характеристики планетарных волн в тропосфере и стратосфере. Ее оптимизация производилась с использованием данных реанализа ERA-Interim, описывающих состояние атмосферы с 1983 по 2009 год. Модель изменяла свои параметры так, чтобы уравнения как можно точнее описывали наблюдаемые явления. Как показали результаты исследования, такая наученная программа эффективно описывает происходящее в атмосфере. В частности, хорошо воспроизводятся планетарные ветры, широт-



ные ветры у поверхности Земли в Северном полушарии, шторма и восходящие экваториальные потоки воздуха.

«В дальнейшем планируется подготовка и публикация статей с описанием и проверкой полной климатической модели РОЕМ, частью которой является модель Aeolus. Как и другие климатические модели промежуточной сложности, РОЕМ позволит проводить расчеты для анализа изменений климата с меньшим требованием к вычислительным ресурсам по сравнению с моделями общей циркуляции, широко используемыми в настоящее время», — заключает Алексей Елисеев.

Работа выполнена совместно с коллегами из Потсдамского института исследования климатических воздействий, Института физики атмосферы имени А.М. Обухова РАН, Потсдамского университета, Казанского федерального университета, нижегородского Института прикладной физики РАН и Амстердамского свободного университета.

«The dynamical core of the Aeolus 1.0 statistical-dynamical atmosphere model: validation and parameter optimization». S. Totz, A.V. Eliseev, S. Petri, M. Flechsig, L. Caesar, V. Petoukhov, and D. Coumou. *Geosci. Model Dev.*, **11**, 665–679 (2018).

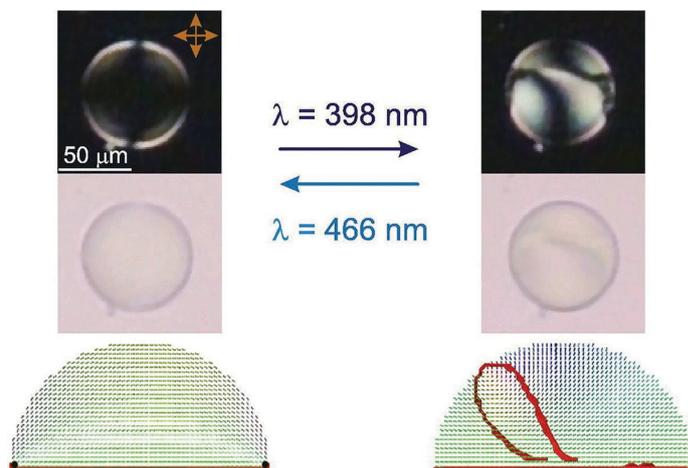
## ИССЛЕДОВАНИЕ ОРИЕНТАЦИИ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ ПРИ ПОМОЩИ СВЕТА

Сотрудники кафедр физики полимеров и кристаллов физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова совместно с коллегами нашли новый способ манипуляции жидкими кристаллами. Оказалось, что облучение светом определенной длины вызывает образование специфически ориентированных структур в микроразмерных каплях на твердой подложке.

При особых условиях (температура, давление и прочее) некоторые вещества могут существовать в жидкокристаллическом состоянии. При этом они обладают свойствами как жидкости, так и твердого тела: вязкая, но текучая субстанция имеет упорядоченное молекулярное строение и характеризуется анизотропией — различием физических характеристик в разных направлениях внутри вещества. Примечательно то, что молекулы жидких кристаллов часто вытянутые или дисковидные, а под действием внешних полей они способны изменить пространственную ориентацию. Особенно ярко это проявляется в случае нематиков — жидких кристаллов, состоящих из подвижных вытянутых молекул, ведущих себя как типичная жидкость.

«Представленная в статье работа посвящена экспериментальному и теоретическому изучению ориентационных структур в микроразмерных каплях жидкого нематического кристалла, находящегося в контакте с твердой подложкой. Полученные при воздействии света образования уникальны для нашего объекта», — рассказывает Сергей Швецов, кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник кафедры физики полимеров и кристаллов отделения физики твердого тела физического факультета МГУ.

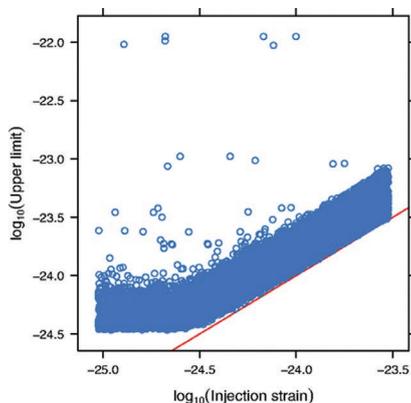
Использование фоточувствительной полимерной добавки, растворенной в жидком кристалле, позволяет при освещении изменять условия взаимодействия капли с поверхностью подложки и с окружающей ее жидкостью. Такие всесторонние модификации вызывают определенную ориентацию молекул жидкого кристалла и образование ими специфических структур. Интересно, что «переключение» между этим и начальным состоянием можно многократно повторять, причем в обе стороны.



«Жидкокристаллические структуры активно изучаются в настоящее время, как с фундаментальной точки зрения, так и в сфере многочисленных применений (микрорезонаторы, фазовые пластины, химические сенсоры, электрооптические модуляторы и так далее). Осажденные на твердую поверхность микрокапли жидкого кристалла представляют особый интерес для прикладных исследований, поскольку обладают существенной стабильностью по сравнению с микрокаплями жидких кристаллов, находящимися в объеме обычной жидкости», — заключает Сергей Швецов.

“Photoinduced orientational structures of nematic liquid crystal droplets in contact with polyimide coated surface”. S.A. Shvetsov, V.Yu. Rudyak, A.V. Emelyanenko, N.I. Boiko, Yan-Song Zhang, Jui-Hsiang Liu, A.R. Khokhlov. *Journal of Molecular Liquids*, **267**, 222–228 2018.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕТЕКТОРА ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН



Гравитационные волны излучают ускоренно движущиеся массивные компактные объекты во Вселенной (черные дыры, нейтронные звезды), а до Земли доходят чрезвычайно слабые волны кривизны пространства-времени, которые и детектируются лазерными гравитационными антеннами. Основным источником шумов в лазерных гравитационных антеннах являются тепловые флуктуации (отклонения) поверхности зеркал. Ученые предложили решение проблемы для уменьшения этих шумов.

На кафедре физики колебаний предложили усовершенствовать детекторы гравитационных волн, сделав их более точными.

«В качестве альтернативы мы предложили вместо зеркала использовать отражательные дифракционные решетки — совокупность большого числа регулярно расположенных штрихов (щелей, выступов), нанесенных на отражающую поверхность», — рассказал один из авторов статьи Сергей Вячанин, доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой физики колебаний отделения радиофизики физического факультета МГУ.

«Результаты работы могут быть использованы в лазерных гравитационных антеннах и других прецизионных экспериментах, где требуются низко-шумящие отражательные устройства», — заключил ученый

“All-sky search for periodic gravitational waves in the O1 LIGO data”. B.P. Abbott et al. (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration) *Phys. Rev. D*. **96** (2017).

## НОВЫЙ ТИП ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ДИСПЛЕЕВ

Сотрудники кафедры физики полимеров и кристаллов физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова совместно с иностранными коллегами разработали новый жидкокристаллический материал. Он обладает большим потенциалом в качестве основы для создания дисплеев — ярче, быстрее, экономичнее и с лучшим разрешением.

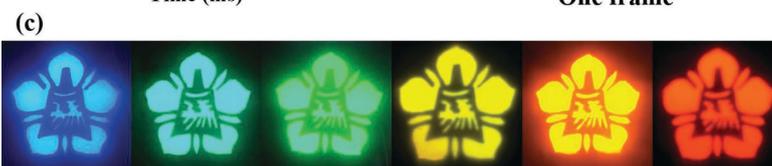
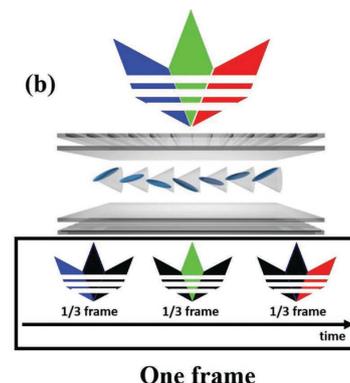
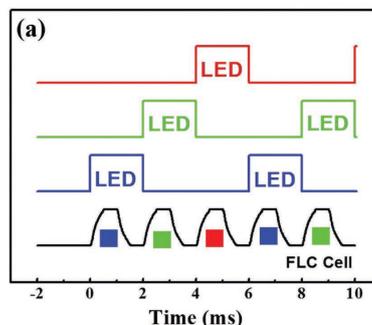
Устройства с жидкокристаллическими дисплеями найдутся практически в каждом доме. Простейшие из них — часы, калькуляторы, плееры, а уровнем выше стоят экраны компьютеров, смартфонов, планшетов, телевизоров и многих других электронных приборов. Изображения на них сформированы пикселями — наименьшими физическими элементами жидкокристаллического дисплея.

Экраны подобных устройств не способны отображать несколько цветов в одной точке, а потому каждый пиксель разделен на три равные части (субпиксели), отображающие свой цвет: красный, синий или зеленый. То, каким будет субпиксель, определяет соответствующий цветовой фильтр. Он покрывает конструкцию, чем-то напоминающую сэндвич: «начинка» представлена двумя стеклами с прозрачными электродами и жидким кристаллом между ними, а «булочки» — еще двумя фильтрами, отсекающими волны с поляризацией света (поворотом плоскости волны) во взаимно перпендикулярных плоскостях.

Когда к электродам не подведено напряжение, вытянутые молекулы нематического жидкого кристалла, используемого в современных дисплейных устройствах, выстроены между ними в форме спирали благодаря специальной обработке поверхности стекол. Такая структура жидкого кристалла производит поворот плоскости поляризации света на 90 градусов, и поэтому свет, прошедший через первый фильтр, проходит и через второй, создавая светлое изображение. Если к элементу приложено напряжение, то молекулы жидкого кристалла выстраиваются вдоль направления электрического поля, поворот плоскости поляризации света в такой ячейке отсутствует, и пиксель оказывается непрозрачным. Это принцип был придуман советским физиком Всеволодом Фредериксом и в настоящее время используется в подавляющем количестве дисплейных устройств на жидких кристаллах. Цвет в таких устройствах создается за счет светодиодной подсветки тремя цветами (синим, зеленым и красным), а произвольный цвет изображения и яркость определяются количеством светлых и темных пикселей, привязанных к определенным светодиодам.

«Мы разработали другой тип материала — жидкокристаллический сегнетоэлектрик, обладающий спонтанной электрической поляризацией, благодаря которой быстрдействие материала увеличивается на несколько порядков. Это необходимо для реализации другой идеи — дисплеев с последовательным во времени чередованием цветов подсветки», — рассказывает Александр Емельяненко, профессор РАН, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник кафедры физики полимеров и кристаллов отделения физики твердого тела физического факультета МГУ.

Разработанный учеными материал имеет упорядоченную структуру в широком диапазоне температур, что делает его устойчивым к температурным колебаниям. В новых дисплеях



все три цвета подсветки могут вспыхивать в определенной быстрой последовательности через всю панель экрана, а каждый жидкокристаллический пиксель будет «открываться» и «закрываться» еще быстрее, поэтому человеческий глаз станет усреднять цвет не в пространстве (как в современных дисплеях), а во времени. Эксперименты показали, что смена кадров на таких экранах также окажется ускорена, что позволит зрителям насладиться более реалистичным изображением без дефектов.

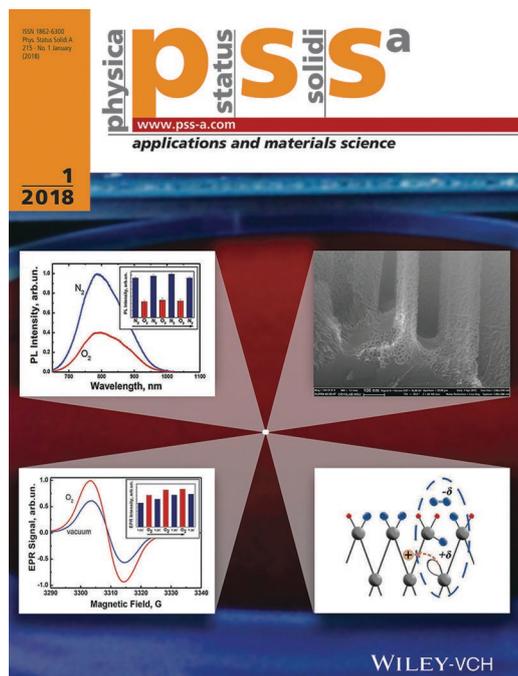
Современные жидкокристаллические дисплеи обладают недостаточно высоким коэффициентом пропускания света в основном из-за использования цветных фильтров, которые вмонтированы в структуру дисплея для создания полноцветного изображения. В среднем подобные системы пропускают только треть светового потока, из-за чего приходится применять более мощные источники света. В случае нового типа дисплеев такое блокирование не нужно, поскольку пиксели способны менять свой цвет и необходимость в цветочувствительных фильтрах отпадает.

«Создание дисплеев с последовательным во времени чередованием цветов подсветки значительно удешевит их производство, улучшит оптические характеристики: яркость, цветовую гамму и разрешение (каждый пиксель будет полноценным пикселем, а не одним из трех субпикселей). Это также позволит сэкономить до 70% энергии, потребляемой дисплеем, поскольку можно будет использовать гораздо менее яркий источник света, не уменьшая при этом яркость самого дисплея», — заключает Александр Емельяненко.

Работа выполнена совместно с коллегами из Калифорнийского университета в Беркли и тайваньского Национального университета Чен Кунг.

“Synthesis of Predesigned Ferroelectric Liquid Crystals and Their Applications in Field-Sequential Color Displays”. Ya.-S. Zhang, Ch.-Ye. Liu, A.V. Emelyanenko, Ju.-H. Liu. *Advanced Functional Materials*. First published: 29 January 2018.  
<https://doi.org/10.1002/adfm.201706994>

## СОЗДАНА ОСНОВА ДЛЯ ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ ДАТЧИКОВ



Сотрудники кафедры физики низких температур физического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова предложили использовать массивы пористых наноразмерных нитей кремния для высокочувствительных газовых датчиков. Такие датчики смогут определять содержание молекул токсичных и нетоксичных газов в воздухе при комнатной температуре.

Принцип работы сенсора на основе массивов пористых наноразмерных нитей кремния. (Иллюстрацию ученых из МГУ вынесли на обложку журнала *Physica status solidi (a)*, 1/2018).

чувствительностью к молекулярному окружению. Авторы также обнаружили, что для полученных образцов характерна эффективная фотолюминесценция с максимумом в красной области спектра при комнатной температуре.

«Впервые мы показали, что фотолюминесценция кремниевых нанонитей тушится в атмосфере кислорода ( $O_2$ ), но затем восстанавливается до исходных значений в атмосфере инертного газа, азота ( $N_2$ ), что повторяется в нескольких циклах адсорбции-десорбции», — рассказала руководитель работы Любовь Осминкина, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник кафедры физики низких температур физического факультета МГУ.

Полученные экспериментальные результаты ученые объяснили микроскопической моделью, согласно которой чувствительность оптических свойств образцов к их молекулярному окружению определяется обратимым зарядением/разрядкой Pb-центров — дефектов типа оборванных связей кремния на поверхности нанонитей. Авторы подтвердили модель с помощью результатов измерений методом электронного парамагнитного резонанса, который помогает определить наличие и концентрацию Pb-центров.

«Важно, что полученные нами сенсоры на основе пористых нанонитей кремния не только работают при комнатных температурах, но и могут быть использованы много раз, поскольку наблюдаемые нами эффекты были полностью обратимыми», — говорит Любовь Осминкина.

Следует отметить, что созданные учеными сенсоры перспективны как для эффективного контроля степени загрязнения окружающей среды, так и для мониторинга состава воздуха в замкнутых помещениях, начиная от учебных аудиторий и заканчивая космическими станциями.

Работа поддерживалась грантом Российского научного фонда.

«Porous Silicon Nanowire Arrays for Reversible Optical Gas Sensing». V.A. Georgobiani, K.A. Gonchar, E.A. Zvereva, and L.A. Osminkina. *Physica Status Solidi A: Applications and Materials Science*. **215**, 1, 1700565 (2018).

В современном мире с достаточно высоким уровнем загрязнения окружающей среды важной является разработка новых высокочувствительных сенсоров, способных точно и выборочно обнаруживать молекулы в газовой фазе. Это относится как к токсичным, так и к нетоксичным газам. Большинство современных газовых сенсоров работает только при высоких температурах, что накладывает ограничения на область их применения. Именно поэтому разработка высокочувствительных газовых датчиков многоразового использования, работающих при комнатной температуре, считается сейчас актуальным направлением физики.

Ученые МГУ предложили использовать в качестве чувствительного элемента такого датчика массивы пористых наноразмерных нитей кремния, которые можно получить с помощью недорогого метода металл-стимулированного химического травления. Этот метод основан на селективном химическом травлении — технологии частичного удаления поверхностного слоя материала с заготовки — с использованием наночастиц металла в качестве катализатора. К тому же процедура получения образцов достаточно быстрая: за час в лабораторных условиях можно изготовить не менее ста элементов.

Каждый датчик состоит из массива упорядоченных нанонитей кремния длиной 10 микрометров (мкм) и диаметром от 100 до 200 нанометров (нм). При этом каждая нанонить имеет пористую нанокристаллическую структуру. Размер кристаллов кремния и пор между ними варьируется от трех до пяти нанометров.

Исследования показали, что такие пористые нанонити имеют огромную удельную площадь поверхности, за счет чего их физико-химические свойства обладают высокой

## НА КАФЕДРЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ СОЗДАН НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЙ ДАТЧИК, ПОЗВОЛЯЮЩИЙ АНАЛИЗИРОВАТЬ ГАЗЫ ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

«Такие датчики можно будет использовать во взрывоопасных средах, или их можно будет встраивать в мобильные устройства, не конструируя дополнительные системы теплоотвода», — рассказал Александр Ильин, аспирант кафедры общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ.

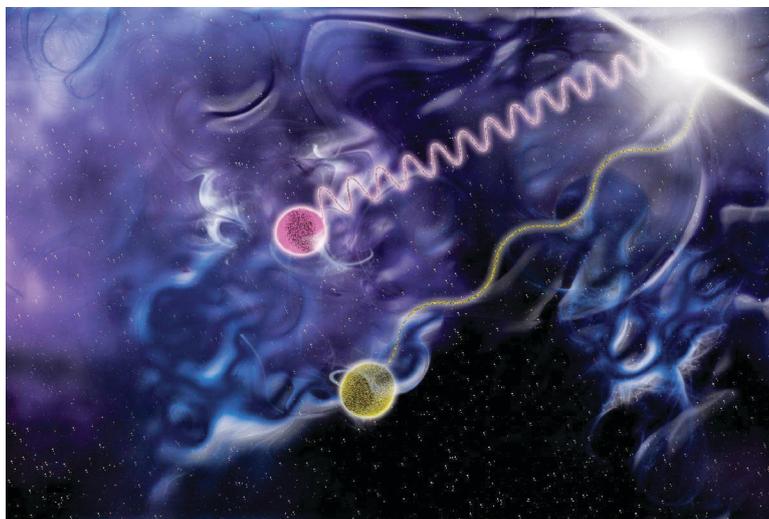
О своем изобретении ученые кафедры общей физики и молекулярной электроники рассказали в интервью телеканалу «Россия-1!»



[https://russia.tv/video/show/brand\\_id/3838/episode\\_id/1630467/video\\_id/1751668/viewtype/picture/](https://russia.tv/video/show/brand_id/3838/episode_id/1630467/video_id/1751668/viewtype/picture/)

## УТОЧНЕН КВАНТОВЫЙ ПРЕДЕЛ ГРАВИТАЦИИ

Профессор кафедры квантовой теории и физики высоких энергий физического факультета МГУ, ведущий научный сотрудник Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга (ГАИШ) МГУ имени М.В. Ломоносова с коллегами уточнил масштаб нелокальности в квантовом пределе общей теории относительности с помощью экспериментальных исследований на Большом адронном коллайдере.



Общая теория относительности (ОТО) — самая успешная теория гравитации, существующая на данный момент. Она была сформулирована еще в начале XX века и хорошо подтверждается экспериментально. Например, без ее учета современные системы глобального позиционирования (GPS) не смогли бы достигнуть существующей точности. Одна из задач ОТО на сегодняшний день — построение теории квантовой гравитации, то есть объединение гравитационного взаимодействия и квантовой механики в областях, где гравитация сильна. Это позволит создать «теорию всего», объединить в одной теории все известные фундаментальные взаимодействия (гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое).

Основная трудность заключается в том, что две физические теории, которые она пытается связать воедино (квантовая механика и ОТО) опираются на разные наборы принципов. Квантовая механика описывает физические явления в микроскопических масштабах, например, свойства и поведение атомов, ионов, молекул и других систем с электронно-ядерным строением, в макроскопических масштабах она переходит в классическую механику. В отличие от теории относительности, она рассматривает эволюцию физических систем во времени на фоне внешнего пространства-времени. В ОТО же пространство-время само является динамической системой.

«Мы пытаемся создать еще один мост между физической высокими энергиями и современными теориями гравитации. Обнаруженные в создающейся теории квантовой гравитации новые эффекты мы применяем для расчета возможных нетривиальных эффектов, регистрация которых возможна на Большом адронном коллайдере (БАК)», — рассказал ведущий научный сотрудник ГАИШ МГУ, профессор кафедры квантовой теории и физики высоких энергий физического факультета МГУ, доктор физико-математических наук Станислав Алексеев.

Ученые применили новый подход, используя опыты по взаимодействию частиц на БАК для расчетов своей модели. Синтез гравитации и физики высоких энергий позволил получить данные из значительно лучше изученной области: величины, относящиеся к гравитации, измеренные на БАК, вставляли в расчеты в виде дополнительных поправок. С их помощью ученые вывели ограничения на гравитационные параметры и предсказали появление так называемых «эффектов нелокальности» и их допустимый масштаб. Эти эффекты проявляются в квантовой механи-

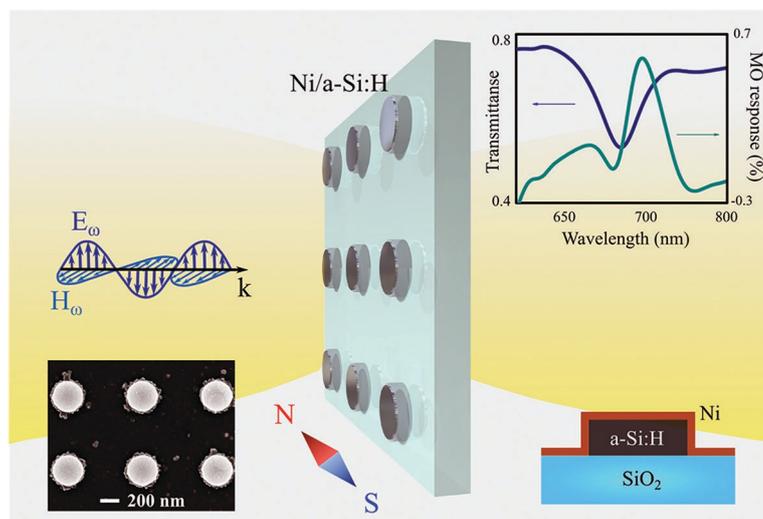
ке, где принцип локальности, предсказывающий, что физическое состояние объекта нельзя изменить, не вступая с ним в непосредственный контакт, может нарушаться. Такой подход позволяет получать новую информацию о природе и структуре гравитационного взаимодействия.

«Мы планируем продолжить совместную работу для учета более широкого класса моделей гравитации и поиска их проявлений в физике высоких энергий», — поделился ученый.

Исследования проводились совместно с коллегами из Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ, г. Дубна), Университета Сассекса (Англия) и Института теоретической физики Майнца (Университет им. Йоханнеса Гутенберга, Германия).

«Gravity induced non-local effects in the standard model.» S.O. Alexeyev, X. Calmet, B.N. Latosh. *Physics Letters B.* **776**, 10, 111–114 (2018).

## НАНОМАТЕРИАЛ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОМ



Фотонные устройства — это аналоги электронных устройств, в которых вместо электронов используются кванты электромагнитного поля — фотоны. Для эффективного (энергетически более выгодного) управления такими устройствами ученым нужны метаматериалы, которые обладают магнитными свойствами и малыми резистивными потерями. Метаматериалы — это композитные материалы, которые обладают уникальными свойствами не за счет свойств составляющих его элементов, а благодаря искусственно созданной периодической структуре.

«Работа посвящена изучению магнитооптических эффектов в метаматериалах, совмещающих в себе свойства полностью диэлектрических структур с особенно-

стиями магнитных сред и дающих благодаря этим свойствам новые возможности и преимущество в управлении светом. Изучаемый эффект интенсивностный: он проявляется в изменении интенсивности электромагнитного излучения, прошедшего через исследуемый образец при наличии внешнего магнитного поля», — рассказали авторы статьи Александр Шорохов и Александр Мусорин, научные сотрудники кафедры квантовой электроники отдела радиофизики физического факультета МГУ.

Разработанный материал — это субмикронная метаповерхность, которая представляет собой массив кремниевых нанодисков с магнитными дипольными резонансами, покрытыми тонкой пленкой никеля и расположенными на прозрачной подложке из диоксида кремния. Возможность управлять светом на наномасштабах с помощью таких систем обусловлена сильной локализацией в них электромагнитного поля. Разработанная метаповерхность

увеличивает эффективность управления светом с помощью внешнего магнитного поля. Ученые отмечают, что управление откликом таких объектов с помощью внешнего магнитного поля более выгодно, чем управление с помощью электрического поля, потому что нет потерь на нагрев, которые вызваны электрическим током.

Используя накопленный опыт, авторы придумали идею, проверили ее при помощи численных расчетов и оптимизировали параметры. После этого один из соавторов изготовил в Австралии образец методами плазмохимического осаждения и электронно-лучевой литографии. Далее на оборудовании МГУ ученые провели экспериментальные исследования, которые подтвердили эффекты, обнаруженные в ходе численного расчета.

Полученные результаты являются основой для активных невязанных фотонных наноструктур и метаповерхностей. Активные структуры — это объекты, оптические свойства которых можно изменять под внешним воздействием. В невязанных материалах проходящий среду световой луч удваивает эффект, а не отменяет накопленный.

«Полученные в рамках данной работы результаты позволяют создать компактные оптические устройства и интегрировать их на фотонном наночипе с последующим применением в будущих оптических микросхемах и в адаптивной оптике. Усиление магнитооптического отклика в предложенных структурах может быть использовано при создании магнитооптических модуляторов и изоляторов», — добавили ученые.

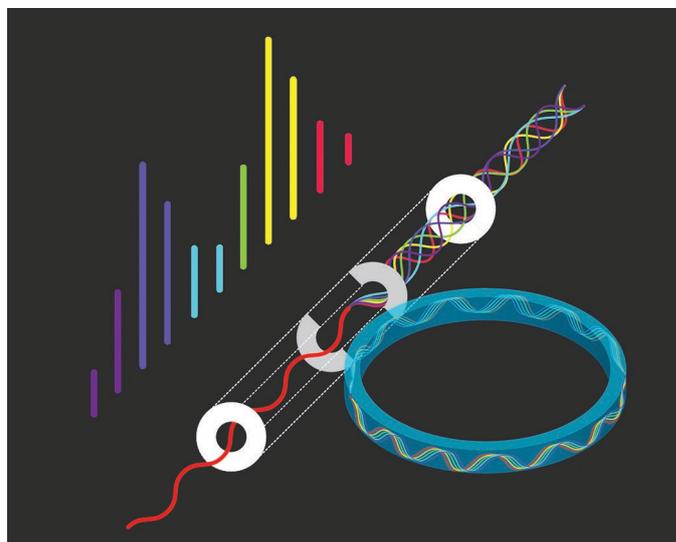
Результаты данной работы также можно использовать для активных устройств плоской оптики и высокочувствительных сенсоров на их основе. Это легкие и тонкие аналоги таких объемных оптических элементов, как линзы, фазовые маски, поляризаторы.

«Magneto-Optical Response Enhanced by Mie Resonances in Nanoantennas». Barsukova M.G., Shorokhov A.S., Musorin A.I., Neshev D.N., Kivshar Yu.S., Fedyanin A.A. *ACS Photonics*, **4**, 2390–2395 (2018).

## НОВАЯ МОДЕЛЬ РОЖДЕНИЯ «ОПТИЧЕСКИХ ГРЕБЕНОК» В ОПТИЧЕСКИХ РЕЗОНАТОРАХ

Ученые физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова вместе с коллегами создали новую математическую модель, описывающую процесс рождения солитонов в оптических резонаторах. Понимание известных и предсказание новых эффектов при их образовании поможет физикам создавать точнейшие приборы для спектроскопии и универсальные оптические генераторы.

Формирование гребенки в микрорезонаторе, связанном с оптическим волноводом. Художественная версия.



Год назад ученые под руководством профессора физического факультета МГУ и научного директора РКЦ Михаила Городецкого разработали метод, помогающий четко контролировать количество солитонов в так называемых оптических резонаторах — элементах, на которых основана современная фотоника — наука, занимающаяся изучением оптических сигналов. Резонатор представляет из себя кольцевую ловушку для света, в которой фотон движется по кругу, отражаясь от стенок.

Солитоны — уединенные локализованные волны, которые рождаются в резонаторах, если показатель преломления материала, составляющего резонатор, является нели-

нейным и определенным образом зависит от длины волны. Именно в этом случае лазерный луч, пробежав не один круг внутри резонатора, дробится на отдельные солитоны (происходит автофокусировка в сверхкороткие фемтосекундные импульсы).

При использовании таких резонаторов ученых особенно интересует получение оптических гребенок — рождение внутри резонаторов солитонов с характерным, похожим на расческу оптическим спектром, в котором расстояние между соседними пиками соответствует времени обхода светом полного круга. Использование таких гребенок может найти применение во множестве прикладных задач.

Проблемой является то, что при возникновении необходимых гребенок в резонаторах, которые делаются на основе фторида магния MgF<sub>2</sub> или, например, плавного кварца, возникает и ряд вредных эффектов. К ним относится эффект так называемого комбинационного рассеяния (эффект Рамана). Он связан с собственными колебаниями отдельных молекул вещества, в результате которых свет, попадающий на вещество, переизлучается уже на другой длине волны. Этот пороговый эффект зависит от интенсивности излучения, состава самого вещества и проявляется в разрушении солитонов и искажении их спектра. Обычно в уравнениях, описывающих резонаторы, ученые не вдаются в природу этого эффекта и учитывают его, вводя лишь некую поправку.

В новой работе ученые рассмотрели природу этого эффекта и вывели новые уравнения, описывающие генерацию оптических гребенок при точном учете эффекта Рамана. Выведенная система уравнений может быть использована в моделях для численного моделирования эффектов, происходящих в оптических резонаторах.

«Используя эти уравнения, мы проверили поведение света для резонаторов с аномальной дисперсией и получили известные ранее эффекты, что позволило проверить нашу теорию на известных вещах, — пояснил суть работы Городецкий. — Затем мы применили эту теорию к гребенкам с нормальной дисперсией, когда вместо солитонов образуются другие интересные импульсы — платиконы (вершина их спектра похожа на плато)».

Созданная модель позволила предсказать ряд новых, ранее неизвестных эффектов. Так, оказалось, что в случае с нормальной дисперсией из-за эффекта Рамана импульсы искажаются гораздо сильнее: они разрушаются, начинают раздваиваться и т.д. Полученный математический аппарат

необходим ученым, чтобы понимать, как достигать оптических гребенок в средах с нормальной дисперсией, которой обладает большинство привычных нам веществ. В дальнейшем эксперименты должны показать правильность полученных выводов на примере платиконов.

«Сейчас солитонными гребенками занимаются в нескольких лабораториях мира, мы со швейцарскими коллегами были первыми, кто их в свое время продемонстрировал. В последнее время оптические гребенки находят все более широкое применение, в частности в сверхточной спектроскопии, для повышения скорости передачи информации в телекоммуникационных сетях, для лидаров, — пояснил Городецкий. — Недавно немецкие ученые при помощи оптических гребенок смогли с высокой точностью измерить форму пули в полете, как она меняет свою форму из-за сопротивления воздуха».

В перспективе оптические гребенки позволят ученым разработать оптические генераторы на основе всего одного чипа, способные создавать излучение с любой заранее заданной частотой, чего не могут делать современные лазеры и другие генераторы. Кроме того, на их основе можно будет создавать миниатюрные спектрометры для анализа веществ, с которым в настоящее время могут справиться лишь громоздкие оптические приборы.

Исследование проводилось совместно с учеными из Российского квантового центра, Университета ИТМО и Университета Бата (Великобритания).

«Raman-Kerr frequency combs in microresonators with normal dispersion». Cherenkov A.V., Kondratiev N.M., Lobanov V.E., Shitikov A.E., Skryabin D.V., Gorodetsky M.L. *Optics Express*, **25**, 25, 31148–31158.

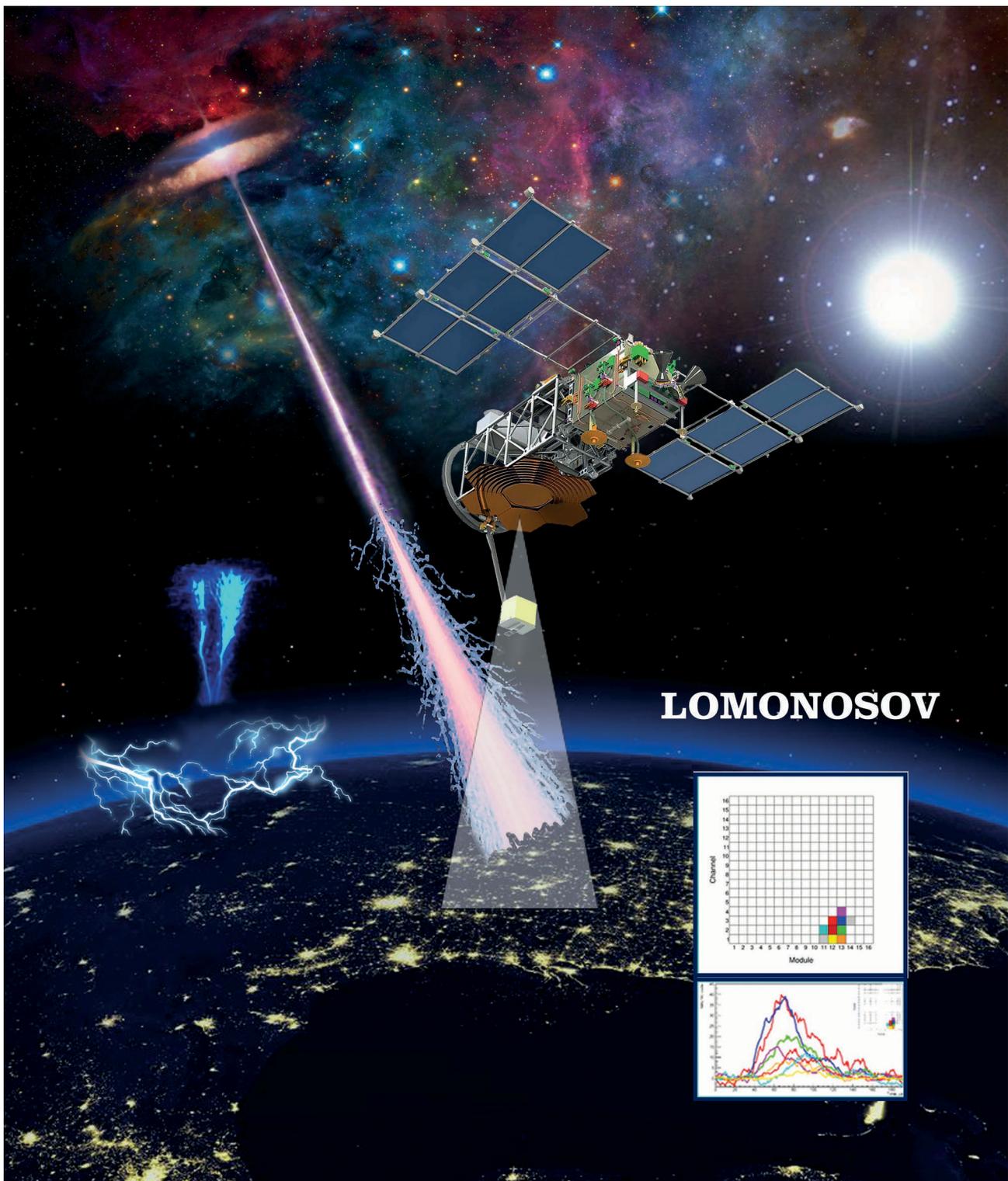
## УНИВЕРСИТЕТСКИЙ СПУТНИК «ЛОМОНОСОВ» ИЩЕТ САМЫЕ МОЩНЫЕ УСКОРИТЕЛИ ВО ВСЕЛЕННОЙ

Проект «Ломоносов» — масштабный научно-образовательный космический проект Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, направленный на изучение экстремальных астрофизических явлений. За время работы спутника сотрудники Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ с коллегами получили новые данные о многих малоизученных физических явлениях во Вселенной и в атмосфере Земли.

Спутник «Ломоносов» — проект МГУ имени М.В. Ломоносова — стартовал с космодрома «Восточный» в 2016 году. Основная цель спутника: исследовать космические лучи предельно высоких энергий — это частицы во Вселенной, ускоренные до самых больших значений энергии. Также ученых интересуют быстропотекающие процессы оптического, рентгеновского и гамма-диапазонов, которые происходят во Вселенной и затрагивают верхние слои атмосферы Земли. Все это — экстремальные процессы в космосе, и их исследования — актуальная проблема современной астрофизики. Помимо фундаментальных

задач, спутник предназначен и для решения некоторых практических проблем. Оборудование, установленное на борту «Ломоносова» позволяет наблюдать за потенциально опасными космическими объектами: малыми небесными телами, астероидами и космическим мусором.

Космические лучи — это потоки частиц (преимущественно протонов) высоких энергий, заполняющие межзвездное пространство. Большой интерес для современной науки представляет изучение происхождения, химического состава и энергетического спектра космических лучей предельно высоких энергий (порядка  $10^{19}$ – $10^{20}$



## LOMONOSOV

эВ). Наземные измерения подобных лучей очень трудны из-за малого количества таких частиц — в среднем на площадке размером  $1 \text{ км}^2$  появляется лишь одна частица, причем раз в сто лет. Физики МГУ впервые провели эксперименты по регистрации лучей предельных энергий в верхних слоях атмосферы Земли при помощи телескопа, установленного на борту спутника «Ломоносов». Попадая в атмосферу, комические лучи предельно высоких энергий взаимодействуют с ней и порождают широкие атмосферные ливни — каскады вторичных частиц — и, как следствие, кратковременные мощные вспышки ультрафиолетового излучения.

Орбитальный телескоп ТУС (Трековая УСтановка) использует атмосферу Земли в качестве гигантской мишени, в которой происходит процесс взаимодействия с космическими лучами предельно высоких энергий. ТУС регистрирует ультрафиолетовые вспышки, порожденные вторичными частицами широких атмосферных дождей, а по числу зарегистрированных фотонов этих вспышек можно будет определить энергии первичных частиц. Российские ученые находятся на этапе изучения данных, собранных орбитальным телескопом за первые месяцы работы, что в дальнейшем поможет прояснить природу и механизмы ускорения частиц предельно высоких энергий.

Кроме световых вспышек, обусловленных космическими лучами предельно высоких энергий, телескоп зарегистрировал и другие быстрые атмосферные события, проявляющиеся в ультрафиолетовом диапазоне. Наибольший интерес представляют транзитные световые явления — кратковременные, длительностью от одной до сотен миллисекунд, вспышки электромагнитного излучения, предположительно связанные с грозowymi областями в средних и нижних слоях атмосферы.

С одной стороны, такие события создают нежелательный фон при выполнении основной задачи телескопа — регистрации космических лучей предельно высоких энергий, а с другой, представляют собой отдельную актуальную задачу современной физики — выяснение физической природы транзитных световых явлений и их связи с атмосферным грозowym электричеством.

На космическом аппарате «Ломоносов» ученые также установили комплекс аппаратуры, состоящий из трех приборов: БДРГ, ШОК и UFFO. Комплекс предназначен для изучения гамма-всплесков. Гамма-всплески — это кратковременные возрастания потока гамма-квантов до энергий, равных, по крайней мере,  $10^9$  эВ. Во время таких вспышек выделяется примерно столько же энергии, сколько при взрыве сверхновой, но за одну секунду. Эти явления считаются одними из самых мощным во Вселенной, однако при этом они слабо изучены.

Для правильного понимания природы гамма-всплесков необходимо проводить наблюдения одновременно в оптическом и гамма-диапазонах. Однако, зарегистрировать оптическое излучение в момент явления очень трудно, поскольку заранее не известно, в какой области неба оно

произойдет. Оборудование на борту космического аппарата «Ломоносов» позволяет регистрировать оптическое излучение непосредственно в момент гамма-всплесков.

Прибор БДРГ (Блок Детекторов Рентген-Гамма) представляет собой три детектора гамма-квантов, оси которых перпендикулярны друг другу. Трехмерные измерения обеспечивают определение точных координат источника всплеска. При регистрации явления БДРГ передает специальный сигнал-триггер на оптические широкоугольные камеры (ШОК). При регистрации сигнала осуществляется запоминание оптического изображения области неба, где произошел всплеск, и передача информации в мировую сеть для наведения на эту область наземных телескопов.

Еще один прибор — UFFO (Ultra Fast Flash Observatory) по специальной команде включает рентгеновский телескоп для регистрации всплеска в жестком рентгеновском диапазоне. Кроме того, UFFO быстро наводит в область локализации явления оптический телескоп. В ходе проведения экспериментов было достигнуто рекордное на сегодняшний день время наведения оптики — около одной секунды.

За период с запуска спутника до августа 2017 года «Ломоносов» зарегистрировал 20 гамма-всплесков космологического происхождения, а также гамма-всплески от магнетаров — нейтронных звезд с очень сильным магнитным полем. Данные, полученные со спутника, представляют собой уникальную информацию широкого диапазона длин волн (оптического, рентгеновского, гамма). Российские ученые утверждают, что эта информация позволит сделать большой шаг к пониманию до сих пор мало изученного явления гамма-всплесков.

«Мы осуществили коррелированные наземные и космические измерения гамма-всплеска в оптическом и гамма-диапазонах одновременно на спутнике и на наземной сети роботизированных телескопов МГУ «МАСТЕР». При современном уровне развития космических исследований наземные гамма-обсерватории очень важны для исследований в области высоких энергий, а в космических экспериментах они являются существенным их дополнением», — рассказал один из авторов статьи Михаил Панасюк, доктор физико-математических наук, директор научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова.

В ходе работ по про-



ектированию научных приборов и бортовых систем для спутника «Ломоносов» ученые использовали самые современные достижения в области электроники, ядерно-физических методик, оптических средств мониторинга и программного обеспечения. У некоторых из этих разработок нет мировых аналогов.

«В инициативном порядке в рамках реализации проекта “Ломоносов” по программе развития МГУ специалистами МГУ создан и успешно протестирован в ходе летных испытаний космический аппарат “Ломоносов” — прообраз космического сегмента оптического мониторинга потенциально опасных объектов техногенного и природного происхождения в околоземном космическом пространстве», — добавил Михаил Панасюк.

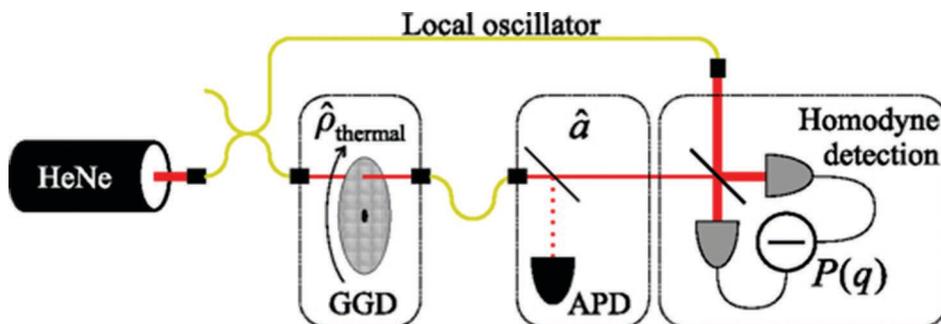
Работу над проектом космического эксперимента «Ломоносов» выполняли специалисты, студенты и аспиранты Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына, Государственного астрономического института имени П.К. Штернберга, Научно-исследовательского института механики, Института математических исследований сложных систем и механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Работа проходила в сотрудничестве с учеными из АО «Корпорация ВНИИЭМ», Объединенного института ядерных исследований, Университета Сонгюнван (Республика Корея), Калифорнийского университета в Лос-Анжелесе и из университета Пуэбла (Мексика).

Базируясь на опыте работы со спутником «Ломоносов» и на основе уже полученных результатов, ученые приступили к реализации следующего проекта под названием УНИВЕРСАТ — СОКРАТ (Система Оповещения Космической Радиационной, Астероидной и Техногенной опасности). Этот проект посвящен созданию космической группировки малых спутников для мониторинга, обнаружения и оперативного прогноза природных и техногенных космических угроз. Проект предусматривает мониторинг радиационной обстановки, электромагнитных транзитов и потенциально опасных объектов естественного (астероиды, метеоры) и техногенного (космический мусор) происхождения. Мониторинг осуществляют в режиме, близком к реальному времени в околоземном космическом пространстве, что чрезвычайно важно для оперативного оповещения о существовании угроз как для космических аппаратов, так и для человека в космосе.

«First results from the TUS orbital detector in the extensive air shower mode». B.A. Khrenova, P.A. Klimova, M.I. Panasyuka, S.A. Sharakina, L.G. Tkachevb, M.Yu. Zotova, S.V. Biktemerovab, A.A. Botvinkod, N.P. Chirskayaa, V.E. Ereemeeva. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, **2017**.

«SHOK—The First Russian Wide-Field Optical Camera in Space». V.M. Lipunov, E.S. Gorbovskoy, V.G. Kornilov, M.I. Panasyuk, A.M. Amelushkin, V.L. Petrov, I.V. Yashin, S.I. Svertilov, N.N. Vedenkin. *J. of Cosmology and Astroparticle Physics*, **2017**.

## ВПЕРВЫЕ ПОЛУЧЕНЫ И С ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТЬЮ ИЗМЕРЕНЫ ТЕПЛОВЫЕ СОСТОЯНИЯ СВЕТА С ОТЩЕПЛЕНИЕМ 10 ФОТОНОВ



В лаборатории квантовых оптических технологий группа ученых с физического факультета МГУ и Физико-технологического института РАН разработала действующую установку, позволяющую в разы увеличить чувствительность интерферометров со слабыми тепловыми полями. Исследование расширяет возможности по управлению светом на квантовом уровне.

Группа ученых из физического факультета МГУ и Физико-технологического института РАН разработала действующую установку, позволяющую в разы увеличить чувствительность интерферометров со слабыми тепловыми

ми полями. Результаты работы опубликованы в журнале *Physical Review A*. Исследование расширяет возможности по управлению светом на квантовом уровне.

Операторы рождения и уничтожения фотонов – это базовые операторы квантовой физики и их экспериментальная реализация представляет как фундаментальный, так и практический интерес. С их помощью, например, можно увеличить перепутанность световых полей, а также усилить их без добавления шума. Последнее свойство применимо даже к классическим тепловым полям, поэтому многократное отщепление фотонов позволяет в несколько раз повысить чувствительность интерференционных схем.

«Основная цель работы — разработать простой для реализации метод отщепления достаточно большого заданного числа фотонов», — рассказал один из авторов исследования Константин Катамадзе, старший научный сотрудник кафедры квантовой электроники физического факультета МГУ.

Для создания устройства ученые использовали обычный гелий-неоновый лазер, вращающийся матовый диск, модулирующий случайным образом амплитуду и фазу лазерного излучения, чтобы превратить его в тепловое, а также светодетектор с однофотонным детектором, расположенным в отраженном канале, сигналы с которого определяют количество отщепленных фотонов.

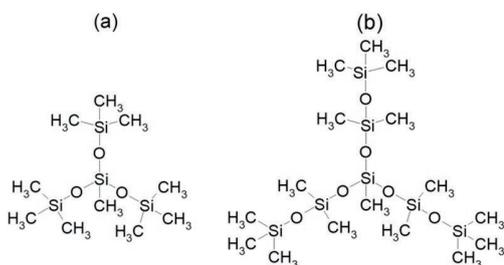
«Ключевая особенность эксперимента состоит в том, что мы подобрали временные параметры теплового излучения таким образом, чтобы один детектор мог последовательно зафиксировать несколько фотонов, отщепленных от одного и того же квантового состояния света», — пояснил ученый.

Также необходимо отметить, что специально для этой задачи коллегами из ФТИАН РАН был разработан метод статистической обработки экспериментальных данных, который позволил восстановить приготовленные квантовые состояния с рекордной точностью.

Разработанный метод может быть в дальнейшем использован для отщепления и добавления фотонов к неклассическим состояниям света, что безусловно найдет применение в задачах квантовой информации и квантовой метрологии.

«Multiphoton subtracted thermal states: Description, preparation, and reconstruction». Yu.I. Bogdanov, K.G. Katamadze, G.V. Avosopiants, L.V. Belinsky, N.A. Bogdanova, A.A. Kalinkin, and S.P. Kulik. *Phys. Rev. A*. **96**, 6 (2017).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДРЕВООБРАЗНЫХ ПОЛИМЕРОВ ИЗ КРЕМНИЯ И КИСЛОРОДА



Сотрудники кафедры физики полимеров и кристаллов физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова исследовали два типа силоксановых дендримеров — древообразных полимеров разных генераций — и определили, как строение молекул влияет на их поведение и структуру.

Силоксановые дендримеры — это полимерные вещества, которые состоят из чередующихся атомов кремния и кислорода. Их широко применяют в медицине, фармакологии и других областях. Ученые исследовали два типа силоксановых дендримеров различных генераций для того, чтобы определить, как внутреннее строение молекул влияет на их поведение и структуру.

«Мы показали, что укладка в пространстве дендримеров больших генераций — с большим количеством разветвлений — реализуется за счет растяжения исходного центра, а не периферии. Также мы выяснили, что динамическое перемешивание терминальных (концевых) групп дендримеров, которые отвечают за такие свойства молекулы как растворимость в воде, занимает на порядки больше времени, чем релаксация таких характеристик», — рассказала один из авторов статьи Елена Крамаренко, доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики полимеров и кристаллов отделения физики твердого тела физического факультета МГУ.

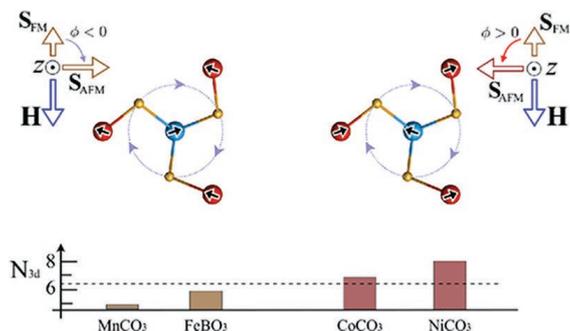
Ученые провели моделирование с помощью метода молекулярной динамики с использованием программного пакета PUMA и силовых потенциалов PCFF. Для расчетов авторы использовали суперкомпьютер «Ломоносов» и в дальнейшем обрабатывали вручную.

«Понимание фундаментальных законов и принципов поведения дендримеров является одной из первостепенных задач теоретической полимерной физики, в особенности в контексте уникальности их поведения, например, беспрецедентного скачка вязкости расплавов при переходе от малых генераций к большим. Эта работа характеризует дендримеры в разбавленных растворах и является хорошим фундаментом для дальнейшего изучения расплавов», — заключила Елена Крамаренко.

“Molecular dynamics simulations of single siloxane dendrimers: Molecular structure and intramolecular mobility of terminal groups”. A.O. Kurbatov, N.K. Balabaev, M.A. Mazo, E.Yu. Kra-marenko. *The Journal of Chemical Physics*. **148**(1), 014902 (2018).

## АНТИСИММЕТРИЧНЫЕ ОБМЕННЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СОЕДИНЕНИЯХ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Сотрудники кафедры физики твердого тела физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова совместно с коллегами из Института кристаллографии имени А.В. Шубникова РАН и Уральского федерального университета, а также учеными из Великобритании, Швеции, Германии, Франции и Нидерландов провели систематическое исследование магнитных свойств слабых ферромагнетиков.



Локальные атомные и магнитные порядки в слабых ферромагнетиках.

Магнитные вещества играют огромную роль в различных областях современной жизни. Магнитные моменты атомов в их составе при температурах ниже критической выстраиваются друг относительно друга определенным образом. Характер их расположения зависит от квантово-механических «обменных» взаимодействий как между самими атомами, так и через возмущение окружающей среды.

Магнитные моменты атомов могут быть параллельны друг другу (ферро- и ферримагнетизм), антипараллельны (антиферромагнетизм), а также образовывать сложные «закрученные» структуры, например, зонтичные, геликоидальные (винтообразные), спирали или вихри — скирмионы. Важную роль в таком «закручивании» играет антисимметричное обменное взаимодействие при помощи немагнитных атомов — взаимодействие Дзялошинско-Мории. В частности, оно приводит к скосу магнитных моментов в антиферромагнетиках и появлению за счет этого слабого ферромагнитного момента (это свойственно для так называемых слабых ферромагнетиков). Его знак обуславливает направление закручивания магнитных моментов, и, чтобы его определить, необходимо знать направление магнитного момента каждого атома.

«В ходе работы мы провели систематическое исследование антисимметричного взаимодействия Дзялошинско-Мории в четырех изоструктурных (с одинаковой структурой) слабых ферромагнетиках, входящие в состав которых магнитные атомы Mn, Fe, Co, Ni располагаются последовательно в таблице Менделеева. Для определения знака взаимодействия применялся новый экспериментальный метод, основанный на дифракции (отклонении от законов геометрической оптики) синхротронного излучения», — рассказывает Елена Овчинникова, доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики твердого тела физического факультета МГУ.

Разработанная учеными новая дифракционная техника основана на интерференции (наложении) магнитного

и резонансного рассеяния синхротронного излучения в антиферромагнетиках. С ее помощью можно определить точное направление магнитного момента каждого атома в составе вещества и, как следствие, знак взаимодействия Дзялошинско-Мории. Примечательно, что применять эту технику можно даже в случае образцов очень малого размера.

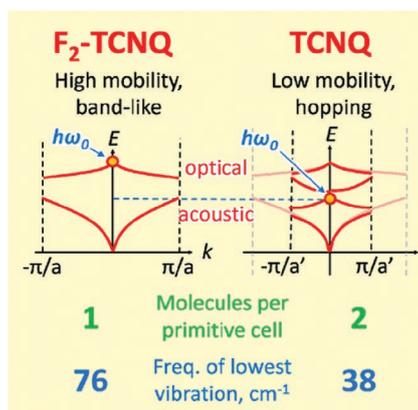
Экспериментальные результаты были подтверждены квантово-механическими расчетами знака и величины угла «скоса» антиферромагнитных моментов атомов «из первых принципов» (*ab initio*) — то есть, используя исключительно основные законы физики. Учеными также была предложена простая «игрушечная модель», дающая представление об эволюции величины взаимодействия Дзялошинско-Мории в зависимости от степени заполнения 3d-орбиталей изучаемых соединений.

«В настоящее время взаимодействие Дзялошинско-Мории рассматривается как ключевой элемент в физике мультиферроиков — материалов, обладающих спонтанными магнитными и электрическими свойствами. Результаты нашей работы могут иметь большое значение для развития «спинтроники», — раздела квантовой электроники, в устройствах которой перенос происходит при помощи тока спинов», — заключает Елена Овчинникова.

Работа выполнена совместно с коллегами из Института кристаллографии имени А.В. Шубникова РАН и Уральского федерального университета, а также учеными из Великобритании, Швеции, Германии, Франции и Нидерландов.

“Band Filling Control of the Dzyaloshinskii-Moriya Interaction in Weakly Ferromagnetic Insulators”. G. Beutier, S.P. Collins, O.V. Dimitrova, V.E. Dmitrienko, M.I. Katsnelson, Y.O. Kvashnin, A.I. Lichtenstein, V.V. Mazurenko, A.G.A. Nisbet, E.N. Ovchinnikova, and D. Pincini. *Phys. Rev. Lett.* **119**, 16–20 (2017).

## УПРОЩЕН ПОИСК ПОЛУПРОВОДНИКОВ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ



Сотрудники физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова совместно с коллегами обнаружили связь между подвижностью зарядов, переносящих ток, и параметрами колебаний атомов проводящего материала. Это открытие позволит значительно упростить процесс оценки свойств полимеров для органической электроники.

Органическая, или пластиковая, электроника предполагает использование органических полимеров, обладающих полупроводниковыми свойствами и заменяющих кремний в

основе исключительно высокой подвижности электронов в монокристаллах органического полупроводника 2,5-дифтор-7,7,8,8-тетрацианохинодиметана. Как было показано в ходе работы, для него характерно наличие высокой относительно других представителей семейства частоты колебаний. Это объясняется особенностями структуры соединения, при которой взаимодействия между электронами и фононами (кванты колебательного движения атомов в кристалле) минимальны, а потому подвижность электронов высока.

составе микросхем. При этом важно использовать материалы с высокой подвижностью зарядов, это обуславливает эффективный перенос электрического тока. Хотя исследования ведутся уже много лет, четкого понимания физического механизма этого явления нет до сих пор.

«Наши исследования нацелены на разработку подходов для поиска органических полупроводниковых кристаллов с высокой подвижностью зарядов (выше, чем в аморфном кремнии). Ценность исследования заключается в том, что оно связывает значения подвижности зарядов с параметрами колебательного спектра материала в области низких частот, где энергия колебаний ниже тепловых», — рассказывает Дмитрий Паращук, доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей физики и волновых процессов Отделения радиофизики физического факультета МГУ, старший научный сотрудник Международного учебно-научного лазерного центра МГУ.

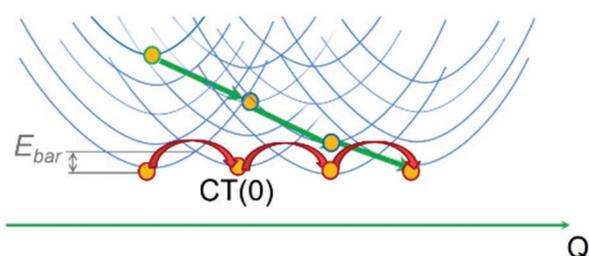
Используя экспериментальный и теоретический подход, исследователи рассмотрели физический механизм, лежащий

«Выявление связи между колебательными спектрами и подвижностью зарядов (если она действительно существует), позволит отбирать перспективные для органической электроники материалы, не прибегая к изготовлению образцов полупроводниковых устройств — транзисторов, что сложно и трудозатратно: нужно вырастить высококачественные кристаллы, найти оптимальные электроды, подобрать материал непроводящего диэлектрика и так далее. На практике результаты могут быть использованы так: измеряется колебательный спектр материала и делается вывод о его перспективности для органических полупроводниковых устройств», — заключает Дмитрий Паращук.

Работа выполнена совместно с коллегами из Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН и Института Химии растворов им. Г.А. Крестова РАН.

«Inhibiting Low-Frequency Vibrations Explains Exceptionally High Electron Mobility in 2,5-Difluoro-7,7,8,8-tetracyanoquinodimethane (F2-TCNQ) Single Crystals». I.Yu. Chernyshov, M.V. Vener, E.V. Feldman, D.Yu. Paraschuk, and A.Yu. Sosorov. *J. Phys. Chem. Lett.* **8** (13), 2875–2880 (2017).

## МОДЕЛЬ ОРГАНИЧЕСКОЙ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ



Сотрудники кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета и Международного лазерного центра МГУ имени М.В. Ломоносова разработали аналитическую модель органической солнечной батареи и с ее помощью определили характеристики наиболее эффективных материалов.

В солнечных батареях для преобразования энергии используют в основном неорганические элементы. Наиболее распространены кремниевые ячейки (их фотоэлементы состоят из кристаллического или аморфного кремния) и арсенид галлия. Они показывают высокую эффективность, но слишком дороги и сложны в изготовлении. Органические солнечные элементы дешевле и удобны в использовании: в них для сбора солнечной энергии применяют полимеры, что

позволяет производить пленки-фотоэлементы в виде больших пластиковых листов, практически на принтере.

Однако они встречаются гораздо реже, так как их эффективность значительно ниже, чем у неорганических солнечных элементов, несмотря на большой прогресс за последнее десятилетие. Их основной недостаток — низкий коэффициент преобразования световой энергии в электри-

ческую. Достигнут ли предел эффективности органической фотовольтаики, или возможны новые пути развития? Для решения этого вопроса ученые создали аналитическую модель органической солнечной батареи, решив систему кинетических уравнений.

«Наша «горячая» кинетическая модель учитывает результаты последних экспериментальных исследований фотофизики органических полупроводников, в частности участия неравновесных (горячих) состояний в разделении зарядов», — рассказал один из авторов исследования, профессор кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ, старший научный сотрудник Международного учебно-научного лазерного центра МГУ, доктор физико-математических наук Дмитрий Парашук.

С помощью «горячей» кинетической модели ученые сформулировали критерии материалов, наиболее подходящих для использования в органической фотовольтаике. Они оценили влияние различных параметров материала (движущую силу разделения заряда, диэлектрическую проницае-

мость, подвижность зарядов и другие) на характеристики органических солнечных батарей и предложили наиболее перспективные пути увеличения их эффективности.

Также в последние годы активно исследуется новая форма фотоэлектрических преобразователей — органо-неорганические материалы. Хорошую эффективность показали вещества со структурой минерала перовскита. Поэтому важной задачей науки является поиск материалов, пригодных для синтеза перовскитных структур.

«Органическая и гибридная (в том числе, перовскитная) фотовольтаика нуждается в новых эффективных материалах. Предложенная модель позволяет сделать поиск таких материалов более целенаправленным и найти наиболее перспективные материалы», — прокомментировал ученый.

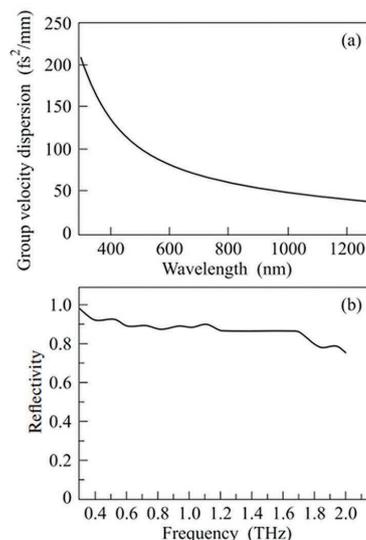
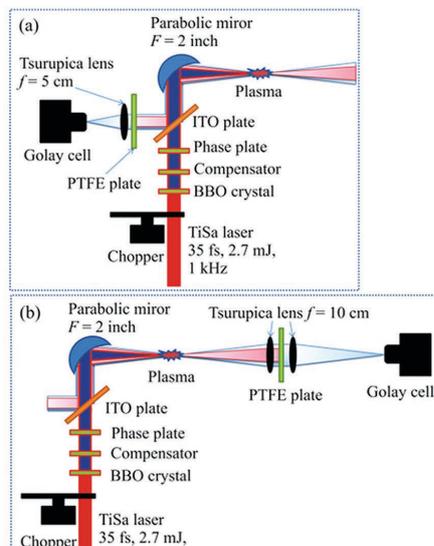
“Hot kinetic model as a guide to improve organic photovoltaic materials.” A.Yu. Sosorev, D.Yu. Godovsky and D.Yu. Parashuk. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **20**, 3658–3671 (2018).

## ВПЕРВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ПОДТВЕРДИЛИ ОБРАТНОЕ ТЕРАГЕРЦЕВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Сотрудники кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова совместно с российскими и зарубежными коллегами впервые экспериментально наблюдали обратное терагерцевое электромагнитное излучение (с длиной волны порядка 1 мм). Ранее ученые лишь теоретически предсказывали существование обратного излучения.

Мощное лазерное излучение сверхкоротких импульсов — фемтосекундное излучение — широко используют в качестве источника терагерцевого излучения, однако ранее наблюдалось лишь прямое излучение (то есть направленное в ту же сторону, что и луч лазера). Существование обратного излучения предсказывалось теоретически, но ни разу не было подтверждено экспериментально. Авторы впервые смогли экспериментально наблюдать терагерцевое излучение, направленное в сторону, обратную лучу лазера.

«Основной вывод состоит в том, что при жестком режиме фокусировки фемтосекундного лазера существует часть излучения, распространяющегося в обратном направлении относительно падающего оптического излучения накачки, которая нами была впервые зарегистрирована», — рассказал Александр Ушаков, один из авторов работы, аспирант кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ.



Ученые исследовали задачу как экспериментально, так и теоретически. Для вычисления доли обратного излучения исследователи создали компьютерную модель, воссоздающую условия эксперимента. Результаты с высокой точностью сошлись с экспериментальными данными: доля обратного излучения составляет около 4%.

Ученые считают, что их работа позволит более глубоко изучить лазерные источники терагерцевого излучения для различных прикладных и фундаментальных исследований. Анализ обратного излучения сможет помочь более эффективно управлять прямым терагерцевым излучением.

«Ценность работы заключается в том, что полученная информация об обратном терагерцевом излучении позволяет сделать выводы об излучении, распространяющемся в прямом направлении, и, таким образом, проводить по-

стоянный контроль основных характеристик терагерцового излучения, используемого для различных фундаментальных и прикладных задач», — добавил Александр Ушаков.

В работе принимали участие ученые из Института общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Международного учебно-научного лазерного центра МГУ, Университета Токио (Япония), Института физико-химических исследований RIKEN

(Япония) и Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ».

“Backward Terahertz Radiation from a Two-Color Femtosecond Laser Filament”. A.A. Ushakov, M. Matoba, N. Nemoto, N. Kanda, K. Konishi, P.A. Chizhov, N.A. Panov, D.E. Shipilo, V.V. Bukin, M. Kuwata-Gonokami, J. Yumoto, O.G. Kosareva, S.V. Garnov, A.B. Savel'ev. JETP Letters, **106**(11) 706–708. (2017).

## ОБНАРУЖЕН НОВЫЙ МЕХАНИЗМ НАРУШЕНИЯ СИММЕТРИИ ПРИ ИОНИЗАЦИИ АТОМА

Сотрудникам кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова вместе с немецкими коллегами удалось добиться асимметричного выхода электронов в процессе ионизации атома под действием сильного лазерного излучения. Вследствие этого было получено излучение в широком диапазоне частот с необычными спектральными характеристиками.

Ионизация атомов — это процесс отрыва электронов с внешней оболочки атома, который может происходить под действием внешнего электромагнитного поля. В ходе работы ученые обнаружили неизвестный ранее механизм нарушения симметрии при ионизации — средний ток электронов, полученных в ходе этого процесса, не был одинаковым в двух противоположных направлениях в плоскости поляризации возбуждающего электромагнитного излучения. Физики также выяснили, что такой пространственно-несимметричный ток — это источник ультракоротких импульсов низкочастотного излучения в терагерцевой области и поэтому важен для применений в терагерцевой оптике. Терагерцевое излучение — это электромагнитное излучение, спектр частот которого находится между инфракрасным и сверхвысокочастотным диапазонами.

«Механизм нарушения симметрии основан на тонком взаимодействии резонансов Фримана и быстрых колебаний внешнего лазерного поля. Резонансы Фримана воз-

никают как всплески вероятности ионизации при определенных интенсивностях возбуждающего поля. В ионизирующем лазерном импульсе интенсивность поля достигает своего пика не мгновенно — она может проходить за время импульса один или несколько резонансов Фримана. Когда это происходит, формируется пик ионизации, которых может оказаться даже короче, чем период колебаний лазерного излучения», — рассказал один из авторов статьи Андрей Савельев-Трофимов, доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ.

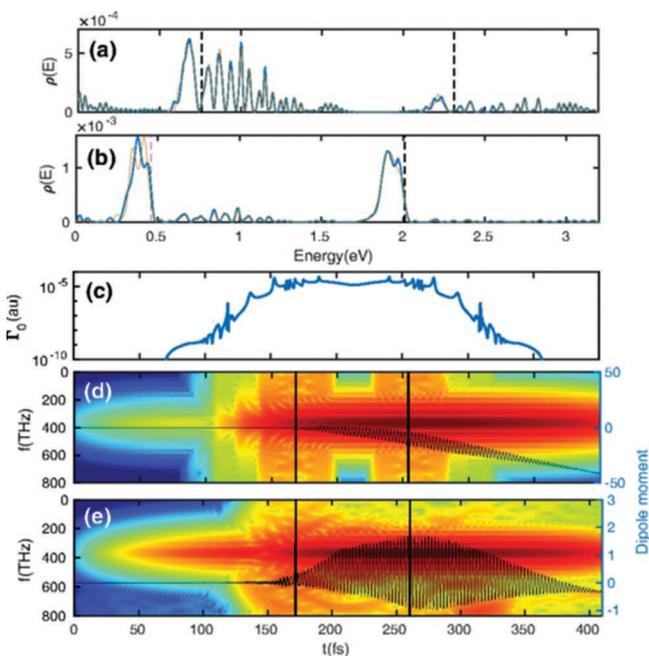
Ионизированные электроны находятся под действием «квазистационарного» поля, которое придает им ускорение в определенную сторону. В результате по скорости электронов можно получить информацию о параметрах поля в момент прохождения резонанса Фримана. Более того, поскольку таких резонансов может быть более одного, в результате формируется несколько потоков электронов. Взаимодействие излучения от них приводит к формированию спектра в виде множества узких полос (частотной гребенки) в области от терагерцевого до видимого диапазонов. Ученые отмечают, что расстояние между отдельными зубцами можно настраивать изменением параметров импульса.

«Полученные результаты могут иметь приложения для генерации терагерцевого излучения, частотных гребенок и для исследования динамики электронов в процессе взаимодействия с сильным излучением», — заключил ученый.

“Symmetry Breaking and Strong Persistent Plasma Currents via Resonant Destabilization of Atoms”. Brree C., Hofmann M., Demircan A., Morgner U., Kosareva O., Savel'ev A., Husokou A., Ivanov M., Babushkin I. Physical Review Letters, **119** (24), 243202 (2017).



Проф. А. Савельев-Трофимов



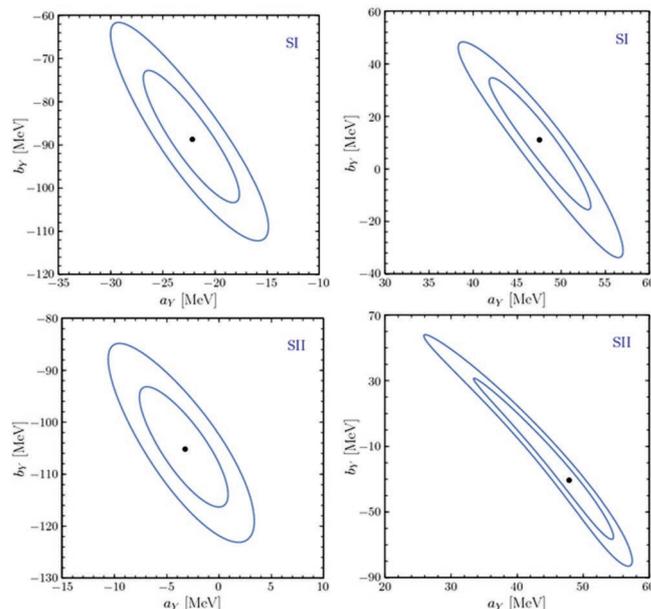
## ПРЕДСКАЗАНО СУЩЕСТВОВАНИЕ НОВЫХ ТЕТРАКВАРКОВ

Сотрудник кафедры теоретической физики физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова вместе с иностранными коллегами открыл и описал тетракварки, состоящие из двух кварков и двух антикварков.

При столкновении электронов и позитронов высоких энергий рождаются различные сильновзаимодействующие частицы — адроны. Они делятся на две группы: мезоны и барионы. Обычные мезоны представляют собой связанные состояния кварка и антикварка, а барионы — 3-кварковые состояния. Однако могут существовать и так называемые экзотические состояния, содержащие большее число кварков и антикварков.

«Мы проанализировали данные нескольких недавних экспериментов на электрон-позитронных коллайдерах Belle, BaBar и BES III, в которых были открыты тетракварки  $Y$ , образующие семейство из четырех частиц, каждая из которых состоит из двух кварков и двух антикварков. Мы описали их свойства на основе нашей модели и предсказали существование новых тетракварков», — рассказал один из авторов статьи Анатолий Борисов, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической физики отделения экспериментальной и теоретической физики физического факультета МГУ.

Физики описали свойства тетракварков с помощью модели и предсказали существование большого числа новых тетракварковых состояний с указанием их масс и квантовых чисел. Для описания тетракварков ученые использовали дикуарковую модель, согласно которой тетракварк — это связанное состояние дикуарка (эта частица состоит из двух кварков) и антидикуарка (состоящего из двух антикварков). Авторы отмечают, что это позволило

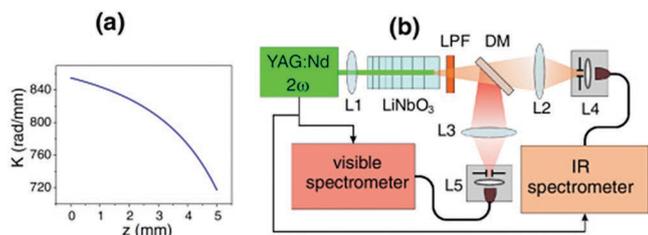


чрезвычайно сложную проблему четырех частиц свести к сравнительно простой и хорошо изученной проблеме двух частиц.

«Если мы экспериментально обнаружим предсказанные в нашей работе новые частицы, то это послужит доказательством правильности дикуарковой модели и расширит возможности ее дальнейшего использования в адронной спектроскопии», — заключил ученый.

«A new look at the  $Y$  tetraquarks and  $\Omega_c$  baryons in the diquark model». Ali A., Maiani L., Borisov A.V., Ishtiaq A., Aslam M.J., Parkhomenko A.Ya., Polosa A.D., Rehman A. *European Physical J. C*, **78**, 29-1–29-13, (2018).

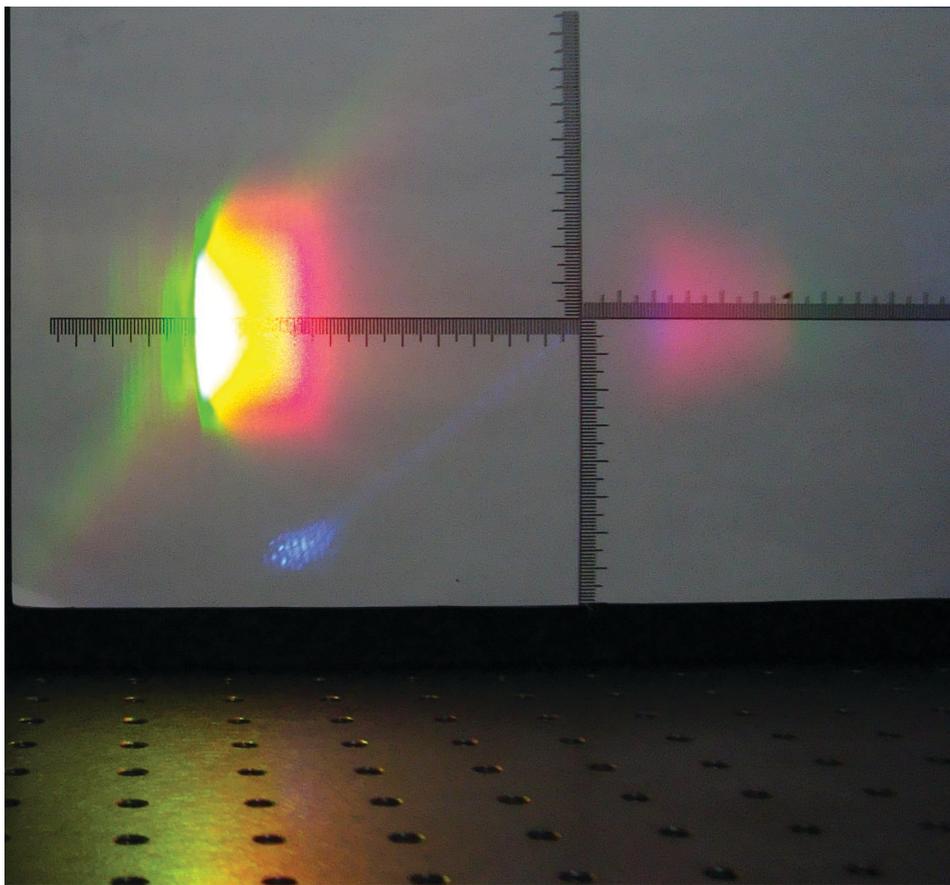
## МЕТОД, ПОЗВОЛЯЮЩИЙ РАЗЛИЧАТЬ ПУЧКИ СПУТАННЫХ ФОТОНОВ



Ученые кафедры квантовой электроники физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова разработали метод, позволяющий создавать два пучка спутанных фотонов и измерять задержку между ними. В будущем результаты могут быть использованы в высокоточных измерениях, исследовании материалов и в информационных технологиях.

В 1966 году профессор кафедры квантовой электроники физического факультета МГУ Давид Николаевич Клышко открыл эффект параметрического рассеяния света, за что физик и его коллеги позднее были удостоены Государственной премии СССР. Это открытие стало началом квантовой оптики, популярного сегодня раздела физики,

изучающего квантовые свойства света. Эффект довольно прост: приходящий в кристалл фотон распадается на два других фотона, сумма частот которых при этом равна первоначальной. Важно, что этот процесс может наблюдаться только в нелинейных кристаллах, в которых частота фотонов может изменяться в процессе рассеяния.



Эффект нашел применение во множестве областей: исследовании самих кристаллов, измерении эффективности фотодетекторов и, собственно, в квантовой оптике, где были продемонстрированы успехи в области квантовой криптографии, квантовых вычислений, а также в красивом эффекте квантовой телепортации. Дело в том, что рождающиеся фотоны оказываются в запутанном состоянии: при измерении поляризации одного фотона, квантовое состояние поляризации второго изменится. Измерение свойств одного фотона «чувствуется» другим моментально, правда, информацию таким способом передавать невозможно.

В недавнем эксперименте ученые МГУ под руководством ведущего научного сотрудника кафедры квантовой электроники физического факультета МГУ Марии Чеховой попробовали генерировать не отдельные пары запутанных фотонов, а большое количество — в форме двух мощных пучков из их пар.

«В таком случае у нас коррелируют между собой не отдельные фотоны, а целые пучки. И возникает вопрос: с какой точностью? — поясняет Павел Прудковский, один из соавторов работы. — И если мы задержим один пучок, то вопрос сведется к тому, насколько надо его задержать, чтобы мы могли заметить это рассогласование».

Для ответа на этот вопрос ученым предстояло заставить фотоны разных частот не разлетаться под разными углами из кристалла, а формировать два пучка света и

лететь вместе, параллельно друг другу. Чтобы получить их, кристалл ниобата лития, который обычно используется в таких экспериментах, пришлось выращивать с определенной структурой: наводить в нем дополнительную аперриодическую, заранее рассчитанную решетку доменов.

В ходе эксперимента ученые заставили один из двух запутанных пучков фотонов немного задержаться, проходя дополнительный путь, после чего оба пучка попали во второй кристалл — обычный ниобат лития. «В этом кристалле уже происходит сложение частот фотонов, и если пучки приходят синхронно, то сложение происходит эффективнее, чем в других случаях, — пояснил Прудковский. — В результате мы получаем узкий пик в сигнале суммарной частоты. И ширина этого узкого пика — 90 фемтосекунд ( $10^{-15}$  с) — и есть главное достижение».

Таким образом, ученым удалось экспериментально зарегистрировать почти минимально возможный сдвиг между пучками-близнецами запутанных фотонов, который возможно зафиксировать при помощи приборов. По словам ученых, еще уменьшить эту величину в дальнейшем возможно, однако для этого необходимо усложнить схему эксперимента. «Пока 90 фемтосекунд — это рекордная величина, но она может быть меньше, и мы знаем, что для этого необходимо сделать», — пояснил Прудковский. По его словам, поскольку период волны лазерного излучения составляет единицы фемтосекунд, есть возможность уменьшения длины этой задержки и доведения ее до порядка десятка фемтосекунд.

Результаты исследования пригодятся в разработке зашифрованных каналов связи, устойчивых к вмешательству и «прослушке». При попытке перехватить пучок запутанных фотонов злоумышленнику так или иначе придется его задержать, однако это вмешательство не останется незамеченным. Помимо этого, регистрация задержки двух квантово-запутанных пучков может найти применение в определении очень слабых, едва уловимых примесей в веществах.

«Broadband bright twin beams and their upconversion». M.V. Chekhova, S. Gernanskiy, D.B. Horoshko, G.Kh. Kitaeva, M.I. Kolobov, G.Leuchs, Ch.R. Phillips, and P.A. Prudkovskii. *Optics Letters*. **43**(3), 375 (2018).

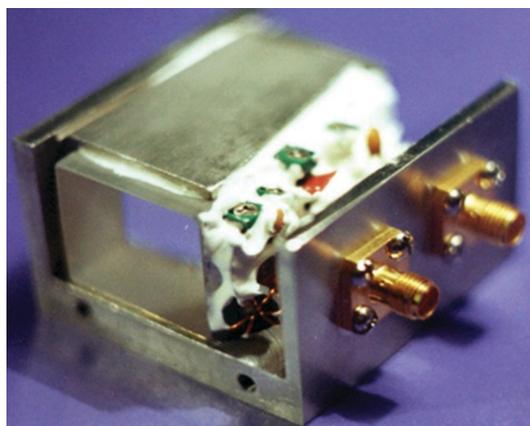
## РАССЧИТАНЫ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВЫХ АКУСТООПТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ С ВЫСОКОЙ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Сотрудники кафедры физики колебаний физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова рассчитали параметры для создания новых акустооптических фильтров с высокой разрешающей способностью.

Акустооптика — наука, изучающая взаимодействия световых и звуковых волн в среде. На основе так называемого «акустооптического эффекта» люди научились создавать лазеры, а также модуляторы, дефлекторы и фильтры, которые широко используются в современной оптике. В настоящей работе ученые показали возможности создания новых акустооптических устройств, позволяющих эффективно управлять электромагнитным излучением дальнего инфракрасного и терагерцового диапазонов. Терагерцовый диапазон излучения электромагнитных волн, освоенный сравнительно недавно, расположен между инфракрасным и сверхвысокочастотным (СВЧ) диапазонами.

«Мы провели расчеты на основе численного моделирования акустооптического взаимодействия в оптически изотропной среде», — рассказал доцент кафедры физики колебаний физического факультета МГУ, кандидат физико-математических наук Виталий Волошинов.

Оптически изотропная среда — это однородное вещество (например, вода, стекло или воздух), в котором свет распространяется во всех направлениях с одинаковой скоростью. В данном случае такой средой стали кристаллы твердого раствора бромидов и йодидов таллия (TlBr-TlI). При взаимодействии коллинеарных (то есть сонаправленных) акустических и оптических волн возникает дифракция —



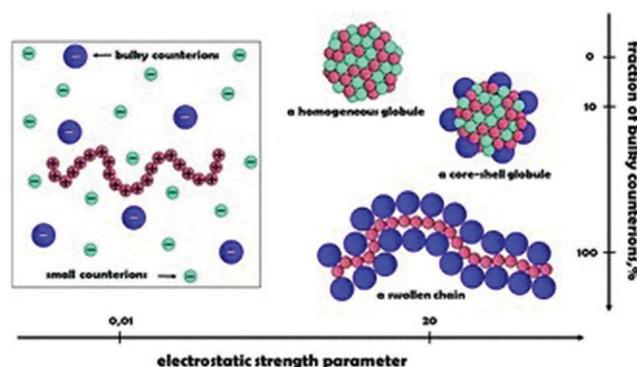
рассеяние, которое находит применение при разработке управляемых оптических фильтров. Авторы рассчитали параметры высокочастотного коллинеарного взаимодействия для создания экспериментальных акустооптических фильтров с высокой разрешающей способностью.

«На основе наших расчетов обратной коллинеарной дифракции мы планируем разработать и изготовить первый в мире коллинеарный акустооптический фильтр», — поделился ученый.

“Optimization of acousto-optic interaction geometry in KRS-5 crystal for far-infrared applications.” V.B. Voloshinov, D.L. Porokhovnichenko, E.A. Dyakonov. *Optical Engineering*, **56** (8), 087102 (2017).

## ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ФОРМОЙ ПОЛИМЕРА И ЕГО ЗАРЯЖЕННЫМ ОКРУЖЕНИЕМ

Сотрудники кафедры полимеров и кристаллов физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова исследовали изменение формы сильно заряженной полимерной цепи в присутствии противоположно заряженных ионов. Показано, что определяющую роль в этом играет размер заряженных ионов, называемых противоионами. Результаты исследования важны для построения новых моделей в физике полимеров.



Полиэлектролиты — полимерные молекулы, несущие на своей поверхности большое число заряженных групп — распространены в природных и синтетических системах. Например, важнейшими биологическими полиэлектролитами являются молекулы белков, РНК и ДНК. Их поведение в

растворе, связанное с изменением конформации (формы) и физико-химических свойств, довольно сложно предсказать. Особенно остро эта проблема стоит в тех ситуациях, когда варьируются условия окружающей среды.

«Суть нашей работы заключается в исследовании конформационного поведения сильно заряженной полимерной цепи в присутствии противоионов различного размера. Было показано, что в малополярных растворителях размер противоиона играет значительную роль», — рассказывает Елена Крамаренко, профессор кафедры физики полимеров и кристаллов отделения физики твердого тела физического факультета МГУ, профессор РАН.

Моделирование гибкой сильно заряженной молекулы полиэлектролита осуществляли с применением метода молекулярной динамики. Оказалось, что в присутствии маленьких противоионов полимерная цепь сворачивается в глобулу (плотную шарообразную структуру), а в присутствии крупных — вытягивается. Такое поведение объясняется двумя причинами. Во-первых, с увеличением размера заряженной частицы вокруг нее возрастает исключенный объем, куда не могут попасть другие ее собратья. Во-вторых, важны и электростатические взаимодействия между заряженными молекулами системы. Крупные противоионы довольно слабо взаимодействуют с полиэлектролитом, а потому дрейфуют по его поверхности, не позволяя своим «рельсам» схлопнуться в клубок. Кроме того, при определенном содержании противоионов

обоих размеров система представляется собой глобулу с ядром и оболочкой. Внутри находятся составляющие цепь мономеры и маленькие противоионы, а на поверхности — крупные противоионы. Получение каждого из состояний цепи определяется балансом объемных и электростатических взаимодействий.

«Изучение особенностей электростатических взаимодействий в заряженных полимерных системах является актуальной научной темой в физике полимеров. Конкуренция кулоновских (обусловленных зарядом) и некулоновских взаимодействий определяет реализуемое состояние полиэлектролитных цепей, матриц, гелей и цвиттер-полионов, заряд которых скомпенсирован присутствием положительных и отрицательных групп. В дальнейшем планируется их моделирование и подробный анализ влияния широкого ряда параметров на структуры заряженных полимерных систем», — заключает Елена Крамаренко.

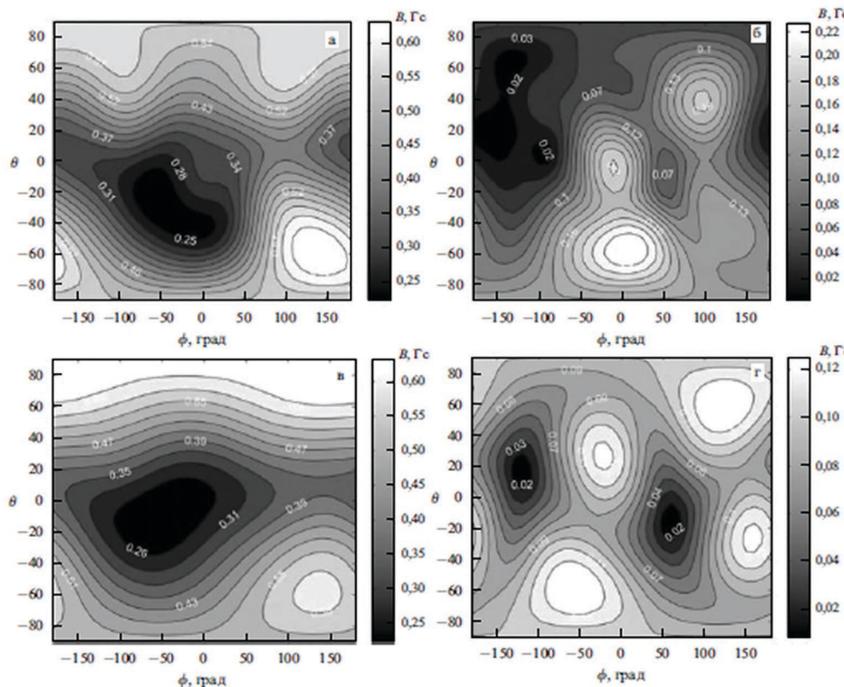
«Effect of counterion excluded volume on the conformational behavior of polyelectrolyte chains». Yu.D. Gordievskaya, A.A. Gavrilova and E.Yu. Kramarenko. *Soft Matter*, **14**, 1474–1481 (2018).

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПОТОКОВ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Сотрудники кафедры математики физического факультета и Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына МГУ имени М.В. Ломоносова вместе с коллегами из ИКИ РАН и ИФЗ РАН проследили за тем, как могут измениться потоки галактических и солнечных космических лучей в околоземном пространстве и на поверхности Земли в результате инверсии земного магнитного поля.

Глобальное магнитное поле Земли с момента своего формирования подвержено непрерывным изменениям, которые происходят на различных масштабах времени. Палеоданные показывают, что сравнительно длительные периоды эволюционных изменений сменяются быстрыми инверсиями — глобальными сменами направления магнитного поля на противоположное. Согласно длительным наземным и космическим наблюдениям, современное магнитное поле Земли ослабевает, а магнитные полюсы смещаются, что значит, что процесс инверсии уже начался.

«Мы разработали модель взаимодействия потоков галактических и солнечных космических лучей с магнитосферой Земли в процессе предполагаемой инверсии земного магнитного поля и оценили степень радиацион-



ной опасности для людей на Земле и на высоте ~400 км, которая соответствует орбите Международной космической станции», — рассказал один из авторов статьи Виктор Попов, доктор физико-математических наук профессор кафедры математики отделения прикладной математики физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Ученые оценили масштаб времени, когда наиболее сильная компонента магнитного поля Земли обратится в ноль и предложили сценарий инверсии. Авторы создали численную модель, которая позволяет оценить и провести сравнение потоков галактических и солнечных космических лучей в магнитосфере Земли, а также на ее поверхности в определенные промежутки времени.

«Мы показали, во сколько раз в максимально неблагоприятный для человечества период инверсии, когда магнитное поле Земли достигнет минимума, возрастет поток

галактических и солнечных космических лучей на Земле и в околоземном пространстве», — заключил ученый.

Работа проходила в сотрудничестве с учеными из Института космических исследований РАН, Института физики земли РАН и из Высшей школы экономики.

«What expects humankind during the inversion of the Earth's magnetic field: threats imagined and real». Tsareva O.O., Zelenyi L.M., Malova H.V., Podlozko M.V., Popova E.P., Popov V.Yu. *Phys. Usp.* **61** (2) (2018).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕВРАЩЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИКА В ПРОВОДНИК

Сотрудники кафедры квантовой электроники физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова совместно с российскими и немецкими коллегами исследовали изменение поведения электронов в одном из видов диэлектриков с высоким временным разрешением и проследили за превращением материала в проводник под действием ультракоротких импульсов лазера. Используемый метод можно применять для изучения процессов, протекающих с высокой скоростью.

Авторы статьи рассматривали моттовский диэлектрик, свойства которого связаны с сильным взаимодействием электронов. Необходимость учитывать это взаимодействие и затрудняла ранее изучение процессов в моттовских диэлектриках. В этой работе для его исследования физики использовали метод спектроскопии высоких гармоник. Он заключается в том, что на материал направляют очень короткие, в масштабах десятков или сотен фемтосекунд (квадриллионных долей секунды), импульсы лазера с заданными характеристиками. При отражении луча от материала эти характеристики изменяются, в том числе часть фотонов приобретает в десятки раз большую энергию и частоту колебаний, чем фотоны исходного импульса (это и называется генерацией оптических гармоник). По изменению характеристик луча можно судить о свойствах материала.

«Эксперименты начались около 20 лет назад, и тогда в основном изучали, как свет воздействует на молекулы или атомы. Последние лет пять экспериментаторы начали переключаться на твердое тело, на кристаллы. Известно, что в кристаллах важны эффекты, связанные с тем, что множество электронов взаимодействуют друг с другом. Однако в описании генерации высоких гармоник от твердого тела до сих пор о таких многочастичных эффектах речи не шло. Наша теоретическая статья — это первая попытка исследования того, как многочастичная физика будет себя проявлять при генерации сверхвысоких оптических гармоник», — рассказал один из авторов статьи, профессор физического факультета МГУ Алексей Рубцов.

Физики исследовали изменения свойств моттовского диэлектрика под действием лазерных импульсов. Его ди-

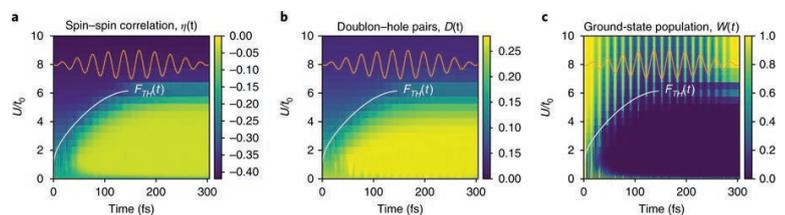
электрическое состояние возникает благодаря тому, что энергия взаимодействия электронов (отталкивания друг от друга отрицательно заряженных частиц) выше их средней кинетической энергии. В результате электроны не могут свободно передвигаться внутри материала, и он не проводит электрический ток.

При попадании луча на поверхность моттовского диэлектрика многочастичное состояние электронов перестраивается под действием сильного переменного поля. Кинетическая энергия электронов возрастает, материал теряет свойства диэлектрика. Этот процесс и удалось исследовать с помощью спектроскопии высоких гармоник.

Продолжение исследования, по мнению авторов работы, зависит от достижений ученых-экспериментаторов. «Как только они увидят что-нибудь похожее, будет ясно, куда двигаться дальше, в первую очередь, в описании конкретных результатов экспериментов», — добавил Алексей Рубцов.

Исследование проводилось совместно с учеными из Института нелинейной оптики и спектроскопии имени Макса Борна, Российского квантового центра, Московского физико-технического института, Берлинского технического университета, Королевского колледжа в Лондоне и Берлинского университета имени Гумбольдта.

«High-harmonic spectroscopy of ultrafast many-body dynamics in strongly correlated systems». R. E. F. Silva, I.V. Blinov, A.N. Rubtsov, O. Smirnova, M. Ivanov. *Nature Photonics.* **12**, 266–270 (2018).



## НАНО-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СВЕТА

Ученые кафедры квантовой электроники физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова создали компактные преобразователи частоты светового излучения. Разработанная технология будет использоваться в области нанофотоники (область физики, изучающая взаимодействие света с наноразмерными объектами).



«Нашей основной задачей была разработка новых типов компактных преобразователей частоты оптического излучения. В настоящее время для этого используются объемные кристаллы из специальных материалов. Размер этих кристаллов колеблется от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. Это неприемлемо для использования их в нанофотонике», — рассказывает Борис Афиногенов, автор исследования, научный сотрудник кафедры квантовой электроники физического факультета МГУ.

В качестве основы для создания преобразователей ученые использовали фотонные кристаллы. Это многослойные кристаллические структуры с толщиной слоев около 100 нанометров, обладающие диэлектрическими свойствами. У таких кристаллов есть фотонная запрещенная зона — диапазон длин волн, которые полностью отражаются от образца.

Для создания преобразователей исследователи покрыли фотонный кристалл пленкой металла толщиной около 30 нанометров. Благодаря этому, ученые добились того, что свет в запрещенной зоне кристалла начал не отражаться, а наоборот, концентрироваться. Из-за такой концентрации светового излучения в кристалле начинают генерироваться

так называемые гармоники — волны с частотой, превышающей изначальную в два (для второй гармоники), три (для третьей гармоники) и более раз. Таким образом можно изменять частоту входящего излучения. Это свойство созданных систем на основе фотонных кристаллов и было использовано учеными для разработки наноразмерных преобразователей оптического излучения.

«Поскольку использованный нами метод крайне чувствителен к геометрии образца, он может быть применен для создания сенсоров наночастиц и биологических объектов с исключительно низким уровнем фонового сигнала», — комментирует Андрей Федянин, профессор, руководитель лаборатории нанооптики и метаматериалов МГУ.

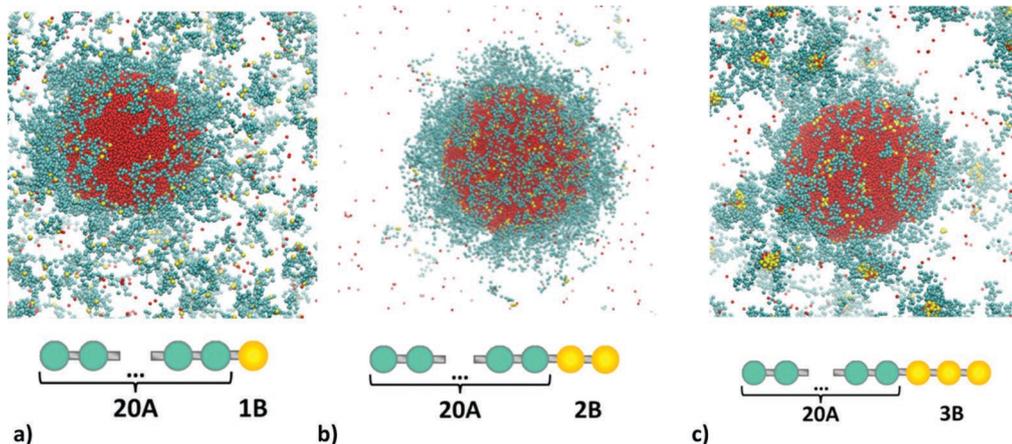
Работа была выполнена в рамках мегагранта Министерства образования и науки «Нелинейная и экстремальная нанофотоника».

“Phase matching with Tamm plasmons for enhanced second- and third-harmonic generation”. B.I. Afinogenov, A.A. Popkova, V.O. Bessonov, B. Lukanichuk, and A.A. Fedyanin. *Phys. Rev. B* **97**, 115438 (2018).

## НА КАФЕДРЕ ФИЗИКИ ПОЛИМЕРОВ И КРИСТАЛЛОВ ИССЛЕДОВАЛИ РАЗНЫЕ ВИДЫ РЕАКЦИЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ

Реакция полимеризации — это процесс, в результате которого происходит соединение одинаковых молекул (мономеров) в более крупные, что обеспечивает рост полимерной цепи. Но он не может длиться бесконечно. В определенный момент времени рост прекращается

и происходит обрыв. Реакция обрыва цепи происходит различными путями в зависимости от природы макрорадикала (заряженного «обрывка» полимерной молекулы), его величины и строения, вязкости среды, температуры и других параметров.



«Мы оценили влияние разных механизмов обрыва роста цепи, что определяет параметры конечного продукта реакции полимеризации», — рассказал один из авторов статьи Павел Кос, аспирант кафедры физики полимеров и кристаллов отделения физики твердого тела физического факультета МГУ.

В своем исследовании ученые представили методологию моделирования, которая описывает ключевые

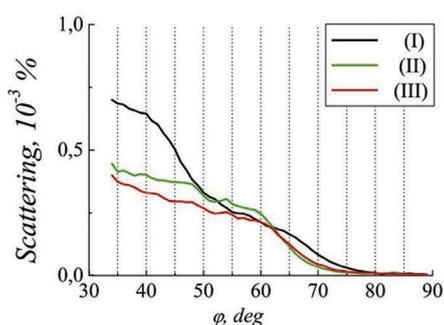
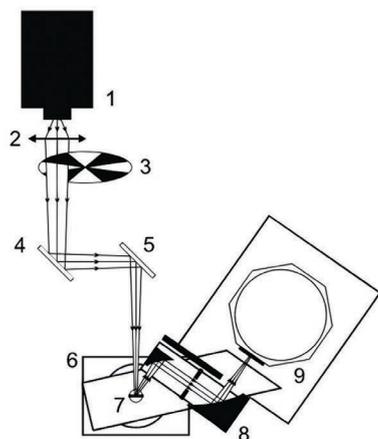
свойства реакций обрыва полимерных цепей. Работа проводилась на суперкомпьютере «Ломоносов-2».

Полимеры обладают способностью под воздействием теплового движения самоорганизовываться в сложные трехмерные структуры. В ряды полимеров входят такие вещества, как пластмасса, полиэтилен, краски и другие.

«Описанные в статье подходы мы планируем в дальнейшем расширить на тот случай, если полимеризация происходит одновременно с самоорганизацией макромолекул», — отметил Павел Кос.

«Micellar polymerization: Computer simulations by dissipative particle dynamics». R. Shupanov, A. Chertovich, P. Kos. First published: 21 February 2018. <https://doi.org/10.1002/jcc.25194>

## СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ СИНДРОМА СУХОГО ГЛАЗА



Для диагностики некоторых заболеваний глаз, таких как синдром сухого глаза, необходимо точно измерять содержание влаги в роговице глаза и оценивать состояние слезной пленки. Авторы работы предложили неинвазивный (то есть не требующий нарушения тканей) способ оценки того, насколько роговица насыщена водой. Для этого необходимо измерить коэффициент отражения роговицы в терагерцовом диапазоне — с длиной волны 1-0,1 мм.

«Предлагаемый нами подход принципиально отличается от существующих и доступных в настоящее время методов офтальмологической диагностики, поскольку является полностью неинвазивным. В настоящее время

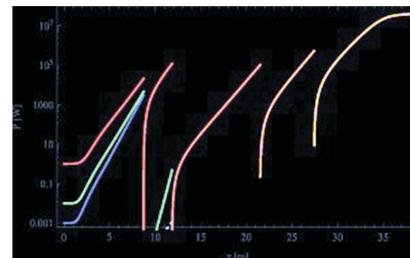
Сотрудники кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова совместно с российскими и зарубежными коллегами предложили новый способ оценки того, насколько роговица глаза насыщена влагой. Метод основан на определении коэффициента отражения роговицы в терагерцовом диапазоне.

созданный нами макет диагностического прибора проходит этап клинических испытаний, по результатам которых можно будет сделать вывод о перспективах диагностической значимости разработанного метода, а также оценить возможности его клинических применений», — пояснил один из авторов работы, старший преподаватель физического факультета МГУ Илья Ожередов.

«In vivo THz sensing of the cornea of the eye». I. Ozheredov, M. Prokopchuk, M. Mischenko, T. Safonova, P. Solyankin, A. Larichev, A. Angeluts, A. Balakin and A. Shkurinov. *Laser Physics Letters*, **15**, N 5 (2018).

## МОЩНЫЙ ЛАЗЕР ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Сотрудник физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова исследовал процесс генерации ондуляторного излучения и на основе полученных данных разработал мощный лазер рентгеновского излучения.



Ондуляторное излучение — это электромагнитное излучение, которое возникает при ускорении электрона в пространственно-периодическом магнитном поле. Это значит, что магнитное поле появляется в пространстве через равные промежутки — периоды.

Ондуляторное излучение может достигать частот рентгеновского диапазона, но оно не когерентно — волны излучения неперiodичны и несогласованы между собой. Источники когерентного излучения — лазеры, которые обычно работают на длинах волн более 200 нанометров. Для генерации более коротковолнового когерентного излучения трудно найти подходящие материалы, поэтому для исследования физических, химических и биологических процессов на масштабе нанометра используют лазеры на свободных электронах (ЛСЭ). В этих устройствах излучение генерируется с помощью электронного пучка, движущегося в ондуляторе (генераторе ондуляторного излучения). Для стабилизации фазы и получения хорошей временной когерентности излучения в ЛСЭ ученые используют затравочное когерентное излучение малой мощности.

Используя гармоники — электромагнитные волны удвоенной частоты — ондуляторного излучения, можно получить рентгеновское излучение в ЛСЭ с электронным пучком относительно невысоких энергий и низкой частотой затравочного лазера.

«Мы провели аналитическое исследование генерации гармоник в ондуляторах и показали, что ондуляторы с двоякопериодическим магнитным полем позволяют усилить излучение высших гармоник ондуляторного излучения по сравнению с обычными ондуляторами. Поэтому такие ондуляторы могут эффективно использоваться в каскадных ЛСЭ с генерацией высших гармоник, где в пер-

вом каскаде ЛСЭ происходит группировка электронов на длине волны излучения гармоник, а в последующих каскадах — усиление и излучение этих гармоник», — рассказал автор работ Константин Жуковский, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник кафедры теоретической физики физического факультета МГУ.

С помощью разработанной аналитической модели ЛСЭ ученый предложил и исследовал каскадные ЛСЭ для генерации рентгеновского излучения. Исследование показало, что можно получить ~100 мегаватт лазерного рентгеновского излучения на длине волны в один нанометр.

«Это открывает возможности по исследованию физических, химических и биологических процессов на наномасштабе с компактными ЛСЭ значительно меньших размеров и стоимости, чем того требуют гигантские километровые установки типа Европейского рентгеновского ЛСЭ (European XFEL)», — заключил ученый.

«Generation of coherent soft x-ray radiation in short FEL with harmonic multiplication cascades and two-frequency». K. Zhukovsky. *Journal of Applied Physics*, **122**, 23, с. 233103 (2017).

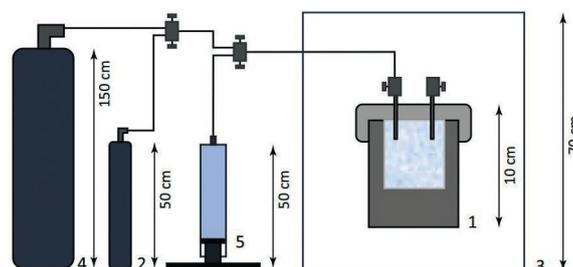
«High-harmonic x-ray undulator radiation for nanoscale-wavelength free-electron lasers». Zhukovsky K. *Journal of Physics D - Applied Physics*, **50**, с. 505601 (2017).

«Soft X-ray generation in cascade SASE FEL with two-frequency undulator». Zhukovsky K. *Europhysics Letters*, **119**, с. 34002 (2017).

«Two-frequency undulator usage in compact self-amplified spontaneous emission free electron laser in Roentgen range». Zhukovsky K., Potapov I. *Laser and Particle Beams*, **35**, 2, с. 326–336 (2017).

## МЕТОД СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ ДЛЯ АККУМУЛЯТОРОВ

Сотрудники кафедры физики полимеров и кристаллов физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова разработали новый метод синтеза наночастиц оксидов марганца. Эти частицы можно использовать для топливных элементов и аккумуляторов.



Марганец — это металл, который может проявлять разную валентность, образуя при этом несколько оксидов:  $MnO$ ,  $Mn_2O_3$ ,  $MnO_2$ ,  $Mn_2O_7$  и  $Mn_2O_7$ . Наночастицы этих оксидов имеют достаточно широкий спектр приложений, при этом одно из самых распространенных и перспективных направлений — это их использование в качестве катализатора для реакции восстановления кислорода в щелочной среде. Реакции восстановления кислорода используются в электрохимических устройствах для преобразования и хранения энергии, поэтому оксиды марганца входят в состав электродов щелочных топливных элементов и металл-воздушных батареек.

Каталитическая активность наночастиц зависит от их размеров и строения, поэтому перед учеными стояла задача получить высокодисперсные наночастицы малых размеров. В ходе исследования физики разработали новый метод синтеза наночастиц оксидов марганца в среде сверхкритического диоксида углерода — среде, которая способна заменить многие экологически небезопасные растворители.

«Предложенный нами метод синтеза наночастиц оксидов марганца основан на термическом разложении металлоорганического вещества, который растворен в сверхкритическом диоксиде углерода в присутствии окислителя», — рассказал один из авторов статьи Вадим

Зефиоров, аспирант кафедры физики полимеров и кристаллов отделения физики твердого тела физического факультета МГУ.

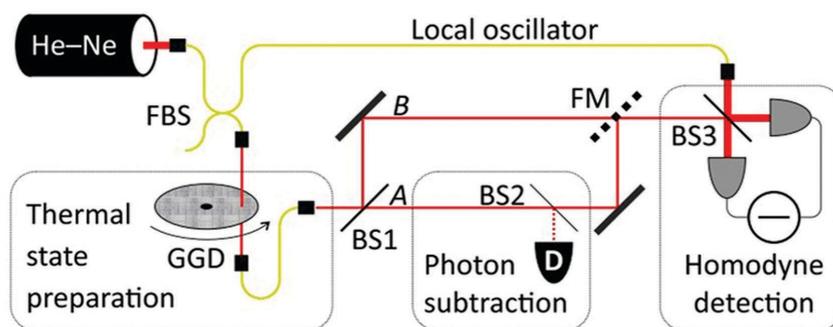
Ученые составили электрохимическую характеристику полученных наночастиц, которая показала значительную каталитическую активность в реакции восстановления кислорода в щелочной среде. Авторы отмечают, что характеристики полученных материалов не являются уникальными, а соответствуют довольно высоким результатам ряда материалов, которые получены другими методами.

«Предложенный и реализованный метод открывает довольно широкий простор для научного творчества. С его помощью можно провести синтез других оксидов металлов, получение которых иными методами, возможно, будет сложнее. Кроме того, наш научный коллектив продолжает разработку этого метода, чтобы повысить характеристики получаемых материалов с целью дальнейшего их тестирования в реальных электрохимических источниках тока», — заключил ученый.

“Synthesis of manganese oxide electrocatalysts in supercritical carbon dioxide”. V.V. Zefirov, I.V. Elmanovich, E.E. Levin, S.S. Abramchuk, E.P. Kharitonova, A.A. Khokhlov, M.S. Kondratenko, M.O. Gallyamov. *Journal of Materials Science*. **53**, 13, 9449–9462 (2018).

## НА КАФЕДРЕ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ПРОДЕМОНСТРИРОВАНА РАБОТА «КВАНТОВОГО ВАМПИРА» ДЛЯ КЛАССИЧЕСКИХ ТЕПЛОВЫХ СОСТОЯНИЙ СВЕТА

Недавно был предложен новый квантовый эффект, получивший название «квантового вампира». Ученые физического факультета МГУ теоретически и экспериментально показали, что эффект может работать для классических тепловых состояний света, и продемонстрировали, что эффект основан не на квантовой перепутанности, а на классических корреляциях.



Эффект «квантового вампира» состоит в том, что если некоторое состояние света разделено по нескольким каналам или модам, то отщепление фотона в одной из мод приводит к тому, что фотон исчезает одновременно во всех модах, даже в тех, которые не подвергались действию оператора уничтожения фотона. Например, если фотон отщепляется лишь из центра широкого пучка света, то энергия проседает одновременно во всем пучке, что можно интерпретировать, как отсутствие тени (отсюда и название эффекта).

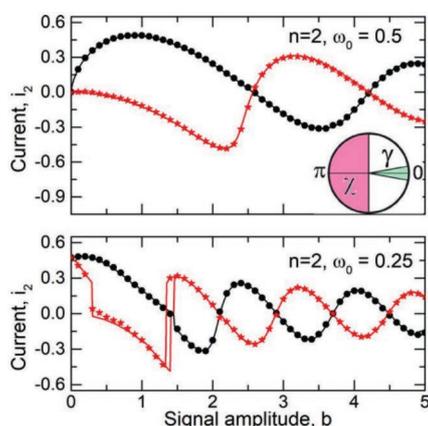
«При первой демонстрации этого эффекта использовались неклассические состояния света, и его авторы описывали эффект в терминах квантовой перепутанности и нелокальности. Наша группа теоретически и экспериментально показала, что этот эффект может также работать и для классических тепловых состояний света. Это показывает, что эффект основан не на квантовой перепутанности, а на классических корреляциях», — комментирует автор статьи, старший научный сотрудник кафедры квантовой электроники Константин Катамадзе.

Вместо фоковских состояний света авторы использовали квазитепловое состояние света, традиционно получаемое с помощью пропускания лазерного излучения через вращающийся матовый диск. «Как и в предыдущей нашей работе, мы подбирали скорость вращения матового диска таким образом, чтобы время прохождения его зерна через лазерный пучок было много больше чем мертвое время фотонного детектора. Это позволило продемонстрировать эффект квантового вампира с отщеплением не только одного, но и двух фотонов», – добавил ученый.

Исследования показали, что эффект квантового вампира, к сожалению, не совсем квантовый, поскольку он также хорошо работает и для классических состояний света. Это с одной стороны сужает область его возможных применений, а с другой – делает его доступным для более широкого круга экспериментаторов.

«How quantum is the “quantum vampire” effect?: testing with thermal light». K.G. Katamadze, G.V. Aivosopiants, Yu.I. Bogdanov, and S.P. Kulik. *Optica*. **5**, 6, 723–726 (2018).

## ИСТОЧНИК ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ СВЕРХПРОВОДНИКОВ



Сотрудники кафедры атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова спроектировали устройство на основе сверхпроводников, которое можно использовать для получения излучения терагерцовых электромагнитных волн. Этот тип излучения расположен между инфракрасным и сверхвысокочастотным диапазонами и может применяться в медицине, системах связи и обеспечении безопасности.

Электромагнитное излучение с частотой от 0,3 до 3 терагерц (1012 герц) получило название терагерцового, в астрономии его называют субмиллиметровым, так как соответствующая длина волны находится в диапазоне от 1 до 0,3 миллиметров. Исследователи из многих областей науки и техники интересуются им из-за его свойств: энергия терагерцового фотона меньше, чем типичная ширина запрещенной зоны большинства неметаллических веществ, из-за чего они являются для него прозрачными. Это позволяет использовать такое излучение в качестве сканирующего в системах безопасности и в медицине, к тому же оно, в отличие от рентгеновского, не является ионизирующим, то есть не повреждает ткани и ДНК. Применение волн терагерцового диапазона ограничено из-за отсутствия разработанных источников такого излучения и устройств для работы с ним.

Брайан Джозефсон получил Нобелевскую премию по физике. Благодаря использованию этого элемента удается достичь сильного резонанса при облучении внешним микроволновым сигналом. В результате в контуре возникают усиленные колебания, которые можно использовать для генерации когерентного терагерцового излучения большой мощности.

«Исследования по обнаруженному терагерцовому излучению из стека внутренних джозефсоновских переходов в высокотемпературных сверхпроводниках представляют большой интерес, – рассказал научный сотрудник физического факультета МГУ Николай Колотинский. – В настоящее время задача получения достаточно мощного когерентного терагерцового излучения является весьма актуальной и имеет широкие перспективы для различных приложений, в том числе, для разработки новых устройств в области информационно-телекоммуникационных систем».

“Resonances and Phase Locking in Josephson High-Q Circuit». V.K. Kornev, N.V. Kolotinskiy. *IEEE Transaction on Applied Superconductivity*. **28**, 4 (2018).

## КОНКУРС ИМЕНИ Р.В. ХОХЛОВА НА ЛУЧШУЮ СТУДЕНЧЕСКУЮ НАУЧНУЮ РАБОТУ 2018 ГОДА

В этом году конкурс студенческих работ им. акад. Р.В. Хохлова прошел на физическом факультете в мае-июне. Кафедры выдвигали лучшие выпускные квалификационные работы своих студентов (магистерские диссертации, дипломные работы специалистов и бакалавров).



Виноградов Александр, бакалавр – победитель конкурса Хохлова (диплом первой степени).



Коробкина Юлия Джессика, бакалавр – победитель конкурса Хохлова (диплом первой степени).

Конкурс получился масштабным, а конкуренция высокой. С каждым годом кафедры участвуют все активнее, был побит рекорд прошлого года: подано 57 работ, выполненных на высоком научном уровне (24 диплома бакалавров и 33 диссертации магистров и специалистов). По результатам конкурса, дипломами и денежными призами были награждены как магистры, так и бакалавры.

Жюри по результатам заседания выделило **6 победителей среди бакалавров**: 2 диплома первой степени (денежная премия 20 тыс. руб.), 2 диплома второй степени (денежная премия 15 тыс. руб.) и 2 диплома третьей степени (денежная премия 10 тыс. руб.).

Дипломами первой степени удостоены:

**Виноградов Александр Алексеевич** с кафедры математики за работу «Исследование нелинейных электроно-акустических волн, наблюдаемых в радиационных поясах Земли» (научный руководитель: с.н.с. Юшков Е.В.) и **Коробкина Юлия Джессика Дмитриевна** с кафедры биофизики за работу «Моделирование кальциевой сигнализации в человеческом сперматозоиде» (научный руководитель: доц. Симоненко Е.Ю.).

Дипломы второй степени получили бакалавры:

**Матюшечкина Мария Станиславовна** (кафедра физики колебаний) и **Петров Павел Константинович** (кафедра физики частиц и космологии).

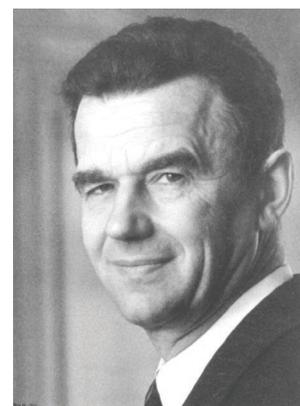
Дипломы третьей степени получили бакалавры:

**Захаров Роман Викторович** (кафедра атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники) и **Иванова Наталья Валентиновна** (кафедра общей ядерной физики).

Среди работ **магистров и специалистов** в ходе первого заседания жюри было отобрано 11 лучших. За распределение призовых мест магистры боролись во вто-

ром туре, который включал очное выступление в ЦФА имени Р.В. Хохлова и ответы на вопросы жюри. В ходе напряженной борьбы места распределились следующим образом: 2 диплома первой степени (денежная премия 30 тыс. руб.), 3 диплома второй степени (денежная премия 20 тыс. руб.), 6 дипломов третьей степени (денежная премия 10 тыс. руб.).

Диплом первой степени получили студенты магистратуры **Кулицкий Александр Валерьевич** с кафедры теоретической физики за работу «Ударные волны в супергравитации в формализме Ньюмена-Пенроуза» (научный руководитель: проф. Гальцов Д.В.) и **Якушева Александра Антоновна** с кафедры биофизики за работу «Роль гетерогенной структуры артериального тромба в гидродинамической регуляции окклюзии» (научный руководитель: проф. Пантелеев М.А.).



Якушева Александра, магистр – победитель конкурса Хохлова (диплом первой степени).



Кулицкий Александр, магистр – победитель конкурса Хохлова (диплом первой степени).

Дипломы второй степени получили магистры:

**Агапов Дмитрий Павлович** (кафедра общей физики и волновых процессов), **Евсеев Олег Александрович** (кафедра физики частиц и космологии), **Кузнецов Никита Юрьевич** (кафедра общей физики и волновых процессов).

Дипломы третьей степени получили магистры:

**Алехина Юлия Александровна** (кафедра магнетизма), **Бланк Аркадий Викторович** (кафедра фотоники и физики микроволн), **Вакуленко Антон Юрьевич** (кафедра магнетизма), **Гайдамаченко Виктор Ринатович** (кафедра атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники), **Усков Филипп Геннадьевич** (кафедра физики элементарных частиц), **Черенков Артем Витальевич** (кафедра физики колебаний).

*Поздравляем победителей и выражаем огромную благодарность жюри конкурса!*



## Конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2018»

В начале апреля в Московском Университете прошло важное мероприятие для студентов, аспирантов и молодых ученых — конференция «Ломоносов».

2018 год — юбилейный для конференции, она проходит в Московском Университете 25-й раз. С каждым годом число участников увеличивается. В этом году установлен новый рекорд секции «Физика» по количеству поданных заявок на участие — 737, включая авторов, соавторов и слушателей. Всего же на секцию «Физика» было принято 605 докладов (на 78 больше, чем в 2017 г.), которые были распределены по 17 подсекциям. На подсекции «Атомная и ядерная физика», «Оптика» и «Физика твердого тела» было подано самое большое количество докладов, поэтому в день проведения конференции, 10 апреля 2018

года, заседания этих подсекций проходили в 10 аудиториях одновременно.

Среди участников конференции 504 представителя Москвы и Московской области, 233 участника из других регионов России и стран СНГ. 353 участника являются студентами, аспирантами и молодыми учеными Московского Университета, из них 334 — представители физического факультета МГУ.

В жюри подсекций вошли ведущие сотрудники физического факультета, а также молодые ученые, добившиеся значительных успехов в своей области физики.

### Жюри секции «Физика»

- |  |  |
|--|--|
| 1. Астрофизика – I                                     | доц. Потанин Сергей Александрович        |
| Астрофизика – II                                       | проф. Засов Анатолий Владимирович        |
| 2. Физика Космоса                                      | проф. Свертилов Сергей Игоревич          |
| 3. Атомная и ядерная физика – I                        | доц. Широков Евгений Вадимович           |
| Атомная и ядерная физика – II                          | доц. Кузнецов Александр Александрович    |
| Атомная и ядерная физика – III                         | проф. Платонов Сергей Юрьевич            |
| 4. Биофизика – I                                       | проф. Твердислов Всеволод Александрович  |
| Биофизика – II   | проф. Яковенко Леонид Владимирович       |
| 5. Геофизика – I                                       | проф. Максимочкин Валерий Иванович       |
| Геофизика – II   | доц. Захаров Виктор Иванович             |
| 6. Математика и информатика                            | проф. Ягола Анатолий Григорьевич         |
| 7. Мат. моделирование – I                              | в.н.с. Плохотников Константин Эдуардович |
| Мат. моделирование – II                                | проф. Голубцов Петр Викторович           |
| 8. Молекулярная физика                                 | проф. Уваров Александр Викторович        |
| 9. Нелинейная оптика – I                               | проф. Гордиенко Валерий Михайлович       |
| Нелинейная оптика – II                                 | проф. Савельев-Трофимов Андрей Борисович |
| 10. Оптика – I   | с.н.с. Доленко Татьяна Альдефонсовна     |
| Оптика – II  | проф. Короленко Павел Васильевич         |
| Оптика – III   | проф. Наний Олег Евгеньевич              |
| 11. Медицинская физика – I                             | проф. Пирогов Юрий Андреевич             |
| Медицинская физика – II                                | с.н.с. Берловская Елена Евгеньевна       |
| 12. Радиофизика – I                                    | проф. Митрофанов Валерий Павлович        |
| Радиофизика – II                                       | доц. Хохлова Вера Александровна          |
|  | доц. Андреев Валерий Георгиевич          |
| 13. Сверхпроводящие и электронные свойства твердых тел | проф. Кульбачинский Владимир Анатольевич |
| 14. Твердотельная наноэлектроника – I                  | доц. Форш Павел Анатольевич              |
| Твердотельная наноэлектроника – II                     | доц. Павликов Александр Владимирович     |
| 15. Теоретическая физика – I                           | проф. Жуковский Владимир Чеславович      |



- Теоретическая физика – II  
 16. Физика магнитных явлений – I  
 Физика магнитных явлений – II  
 17. Физика твердого тела – I  
 Физика твердого тела – II  
 Физика твердого тела – III  
 Физика твердого тела – IV

- проф. Поляков Петр Александрович  
 проф. Зубов Виктор Евгеньевич  
 проф. Шалыгина Елена Евгеньевна  
 проф. Бушуев Владимир Алексеевич  
 проф. Казанский Андрей Георгиевич  
 доц. Орешко Алексей Павлович  
 доц. Ормонт Михаил Александрович

Заседания подсекций проходили одновременно в 34 аудиториях. По окончании заседаний в каждой из аудиторий жюри выбрало лучшие доклады.

### Лучшие доклады секции «Физика»

#### 1. Астрофизика

**Афанасьев Антон Валериевич** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра астрофизики и звездной астрономии, студент

**Корноухов Вадим Сергеевич** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра небесной механики, астрометрии и гравиметрии, аспирант

#### 2. Физика космоса

**Мить Сергей Константинович** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра физики космоса, студент

#### 3. Атомная и ядерная физика

**Перейма Дмитрий Юрьевич** Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Институт теоретической и экспериментальной физики, аспирант

**Украинец Олеся Александровна** Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Физико-технический институт, студент

**Мардыбан Евгений Васильевич** Государственный университет «Дубна», факультет естественных и инженерных наук, студент

#### 4. Биофизика

**Скворцова Полина Владимировна** Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт физики, студент

**Мусабинова Гузель Салаватовна** Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт физики, студент

#### 5. Геофизика

**Бондаренко Никита Борисович** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра физики Земли, студент

**Вережкин Ярослав Михайлович** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра физики атмосферы, студент

#### 6. Математика и информатика

**Мальшев Ксаверий Юрьевич** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра математики

#### 7. Математическое моделирование

**Земскова Татьяна Сергеевна** Московский физико-техни-

ческий институт, студент

**Лазарев Илья Дмитриевич** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, факультет фундаментальной физико-химической инженерии, Направление инженерной физики твердого тела, студент

#### 8. Медицинская физика

**Чурбанов Семен Николаевич** Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Институт материалов современной энергетики и нанотехнологии (ИМСЭН-ИФХ), аспирант

**Ермолинский Петр Борисович** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра общей физики и волновых процессов, студент

#### 9. Молекулярная физика

**Ерошкин Юрий Андреевич** Санкт-Петербургский государственный университет, физический факультет, студент

#### 10. Нелинейная оптика

**Захаров Роман Викторович** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра атомной физики, физики плазмы и микроэлектроники, студент

**Новиков Илья Алексеевич** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра квантовой электроники, студент

#### 11. Оптика

**Федоров Василий Леонидович** Приднестровский государственный университет имени Т.Г. Шевченко, Физико-математический факультет, студент

**Балыбин Степан Николаевич** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра квантовой теории и физики высоких энергий, студент

**Воеводина Мария Андреевна** Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Физико-технический институт, студент

**Абдразакова Лейсан Рустемовна** Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт физики, аспирант

#### 12. Радиофизика

**Красулин Олег Сергеевич** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра акустики, студент

**Матюшечкина Мария Станиславовна** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра физики колебаний, студент

#### 13. Сверхпроводящие и электронные свойства твердых тел



**Фазлижанова Дина Ильшатовна** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра физики низких температур и сверхпроводимости, студент

14. **Твердотельная наноэлектроника**

**Генералов Юрий Витальевич** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра физической электроники, студент

**Божьев Иван Вячеславович** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра физики полупроводников, аспирант

15. **Теоретическая физика**

**Жидкова Софья Мохамедовна** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра теоретической физики, студент

**Роенко Артем Александрович** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра квантовой теории и физики высоких энергий, аспирант

16. **Физика магнитных явлений**

**Сацкий Алексей Владимирович** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра магнетизма, студент

**Алехина Юлия Александровна** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра магнетизма, студент

**Шевцов Владислав Сергеевич** Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет, кафедра общей физики, студент

17. **Физика твердого тела**

**Шевченко Евгений Викторович** Санкт-Петербургский государственный университет, физический факультет, аспирант

**Хусяинов Динар Ильгамович** Московский технологический университет, Институт электроники, научная лаборатория «Фемтосекундная оптика для нанотехнологий», студент

**Праслова Наталья Викторовна** Воронежский государственный университет, аспирант

**Чучупал Сергей Вячеславович** Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, сотрудник

От всей души поздравляем победителей! Большинство председателей подсекций отмечали высокий уровень докладов и признавались, что было очень сложно выбрать победителя.

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

Большая работа по подготовке, проведению конференции и формированию сборника тезисов докладов для издания была проделана ответственным секретарем секции «Физика» сотрудником научного отдела факультета Александром Паршинцевым.

Каждый год мы стараемся сделать конференцию лучше и интересней для участников. Желаем всем больших творческих успехов и удачи!

*Сердечно поздравляем сотрудников физического факультета с присуждением главных наград университета!*



Премия имени И.И. Шувалова за научную деятельность II степени присуждена доценту кафедры физики твердого тела физического факультета

**Алексею Павловичу Орешко**

за докторскую диссертацию “Анизотропные и интерференционные эффекты в резонансной дифракции синхротронного излучения”.

Премии имени М.В. Ломоносова за педагогическую деятельность присуждены:

**ПРУДНИКОВУ Валерию Николаевичу,**

профессору кафедры магнетизма физического факультета;

**ЗОТЕЕВУ Андрею Владимировичу,**

доценту кафедры общей физики и молекулярной электроники физического факультета.



Лауреатом премии Правительства Москвы молодым ученым за 2017 год стал профессор кафедры физики колебаний физического факультета



Премия  
Правительства Москвы  
Молодым ученым

**Александр Павлович ПЯТАКОВ**

за «теоретическое предсказание и экспериментальное обнаружение новых эффектов, связывающих электричество и магнетизм в магнитных материалах»



*Сердечно поздравляем!*

*Золотая медаль 10-й Международной выставки изобретений на Ближнем Востоке*



В феврале в Кувейте прошла 10-я Международная выставка изобретений на Ближнем Востоке. Выставка считается одним из крупнейших мероприятий в области инновационных продуктов и трансфера технологий. Разработка сотрудника кафедры общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ **В.А. БАЗЫЛЕНКО** “Новый способ защиты от подделки и контроля подлинности ценных изделий на основе эффекта фотолюминесценции в наноструктурных спецметках” была удостоена Золотой медали.



*Сердечно поздравляем В.А. Базыленко с получением высшей награды!*



7 июня 2018 г. состоялась защита докторской диссертации ведущего научного сотрудника кафедры полимеров и кристаллов **Евгения Владимировича Дубровина** на тему:

## «КОНФОРМАЦИОННЫЕ И КИНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ДНК И БЕЛКОВ НА ПОДЛОЖКЕ»

Ведущий научный сотрудник  
кафедры полимеров и кристаллов  
Евгений Владимирович Дубровин

Диссертационная работа Дубровина Е.В. «Конформационные и кинетические особенности структур на основе ДНК и белков на подложке» посвящена исследованию конформационных и кинетических особенностей адсорбированных на твердую поверхность молекул ДНК и белков, а также их комплексов. Целью работы являлось развитие экспериментальных методов качественной идентификации и количественной оценки фундаментальных физико-химических характеристик ДНК, белков и структур на их основе для анализа их конформационных и кинетических особенностей на твердой подложке и взаимодействия с поверхностью крупных биологических объектов. Основным методом исследования являлась атомно-силовая микроскопия (АСМ), позволяющая получать уникальные данные о морфологии и свойствах отдельных адсорбированных молекул биополимеров. В работе развита методология исследования конформационных и кинетических особенностей ДНК- и белковых структур на подложке, расширен диапазон экспериментальных условий для исследования биополимеров, обнаружен ряд важных конформационных и кинетических эффектов на молекулах биополимеров, в том числе самоупорядочение и направленный характер диффузионного движения молекул ДНК на периодической поверхности, амилоидная агрегация и полиморфизм белка сигма(70)-субъединицы РНК-полимеразы *E. coli*, влияние взаимного расположения конвергентных промоторов на транскрипционную интерференцию. Кроме того, в работе впервые развиты и применены подходы для АСМ-исследования транскрипции на поверхности модифицированного графита в режиме реального времени, анализа литического цикла

бактериофага, идентификации биологических объектов определенными биосенсорными поверхностями, а также предложены количественные критерии оценки специфического связывания аналита с биосенсорной поверхностью, основанные на применении трехмерного анализа АСМ-изображений этой поверхности. Разработанные подходы для анализа адсорбции, конформации, теплового движения и взаимодействия ДНК и белков на поверхности модифицированного графита могут быть использованы в исследовательской лабораторной практике при решении широкого спектра задач, связанных с изучением различных процессов с участием биополимеров.

Полученные в работе результаты имеют также большое фундаментальное и прикладное значение. Необходимость контролируемого изменения свойств полимера, адсорбированного на молекулярные нанощаблоны, за счет изменения состава и свойств самого нанощаблона является востребованной для технологических приложений. Одновременный контроль конформации иммобилизованной на поверхность молекулы ДНК и ее координат востребован для молекулярного дизайна, применяемого в биотехнологии (например, при разработке биосенсоров) и медицине (например, при ДНК диагностике). Контролируемая адсорбция ДНК может быть использована для картирования ДНК, а также измерения проводящих и механических свойств отдельных молекул. Кроме того, развитые методики для анализа биофункциональных поверхностей и биоспецифического взаимодействия являются востребованными для развития биосенсорных технологий, в частности для детектирования вируса гриппа и фрагментов патогенных бактерий.



22 марта 2018 г. состоялась защита докторской диссертации доцента кафедры Земли Владимира Борисовича Смирнова на тему:

## «ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ПРИРОДА ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА»

Доцент кафедры Земли  
Владимир Борисович Смирнов

Работа посвящена исследованию режимов сейсмичности, являющихся откликом геофизической среды на локализованные в пространстве воздействия естественного и искусственного происхождения, выводящие ее из стационарного состояния. Переходные режимы исследовались в естественных условиях, в натуральных экспериментах по возбуждению сейсмичности и воздействию на нее, а также моделировались в лабораторных экспериментах.

В. Б. Смирновым развита новая концепция перехода от статистических свойств к физической сущности сейсмического процесса, в результате чего получены новые знания о процессах в Земле фундаментального характера. Диссертация является первой в мире работой, с обоснованными физическими закономерностями процесса разрушения горных пород, не зависящими от пространственного и временного масштабов объектов при разнообразных внешних воздействиях на среду.

Разработанная и реализованная концепция перехода от традиционных для геофизики региональных оценок

сейсмичности к оценкам физических параметров процесса разрушения в литосфере Земли по сейсмологическим данным определяет основу для решения проблемы количественного сопоставления результатов сейсмической статистики с выводами физических теорий разрушения материалов. Выявленные закономерности возбуждения и релаксации сейсмического режима и прояснение их физической природы имеют существенное значение как для фундаментальной проблемы физики сейсмического режима, так и для развития физических основ прогноза индуцированных землетрясений, методов контроля афтершоковой активности, снижения сейсмического риска в областях крупных природных и техногенных воздействий. Разработанные в диссертации методики исследования переходных режимов являются универсальными и могут использоваться для решения практических задач анализа техногенной сейсмичности, в первую очередь, горных ударов и наведенной сейсмичности, связанной с добычей углеводородов.

## ДИССЕРТАЦИОННЫЕ СОВЕТЫ МГУ С ЗАЩИТАМИ В 2018 г.

### МГУ.01.01

**Председатель – Хохлов Алексей Ремович, д.ф.-м.н., проф., акад. РАН**  
**Уч. секретарь – Лаптинская Татьяна Васильевна, к.ф.-м.н., доц.**

### 17.05.2018

- Петрова Ольга Викторовна «Распределение сил осцилляторов в ультрамягких рентгеновских спектрах углеродных наноструктурированных материалов и биополимеров» 01.04.07 – «физика конденсированного состояния». Кандидатская диссертация.
- Шакиров Алексей Михайлович «Роль многочастичных эффектов в динамике релаксации и декогеренции некоторых открытых квантовых систем» 01.04.07 – «физика конденсированного состояния». Кандидатская диссертация.

**07.06.2018**

3. Дубровин Евгений Владимирович «Конформационные и кинетические особенности структур на основе ДНК и белков на подложке» 02.00.06 – высокомолекулярные соединения. Докторская диссертация.

**МГУ.01.04**

**Председатель – Твердислов Всеволод Александрович, д.ф.-м.н., проф.**

**Уч. секретарь – Сидорова Алла Эдуардовна, к.т.н.**

**15.02.2018**

4. Гречишников Дарья Александровна «Роль вторичных структур РНК в ретротранспозиции» 03.01.02 — биофизика. Кандидатская диссертация.

**17.05.2018**

5. Курсанов Александр Геннадьевич «Моделирование электромеханического сопряжения в миокарде в норме и при патологии: оценка роли механо-электрической обратной связи и межклеточного взаимодействия» 03.01.02 - биофизика. Кандидатская диссертация.

6. Черепанов Дмитрий Александрович «Конформационная динамика биоэнергетических белковых комплексов» 03.01.02 - биофизика. Докторская диссертация.

**МГУ.01.06**

**Председатель – Садовников Борис Иосифович, д.ф.-м.н., проф.**

**Уч. секретарь – Поляков Петр Александрович, д.ф.-м.н.**

**19.04.2018**

7. Антипов Евгений Александрович «Асимптотика движения фронта в задачах реакция-диффузия-адвекция» специальность 01.01.03 — математическая физика. Кандидатская диссертация.

**17.05.2018**

8. Теретенков Александр Евгеньевич «Точно решаемые задачи необратимой квантовой эволюции» 01.04.02 – теоретическая физика. Кандидатская диссертация.

9. Никулин Егор Игоревич «Периодические контрастные структуры в уравнениях типа реакция-адвекция-диффузия в случае быстрой реакции» 01.01.03 — математическая физика. Кандидатская диссертация.

10. Казанцев Александр Евгеньевич «Многопетлевые вычисления и точные результаты в N=1 суперсимметричных теориях» 01.04.02 – теоретическая физика. Кандидатская диссертация.

**МГУ.01.08**

**Председатель – Салецкий Александр Михайлович, д.ф.-м.н., проф.**

**Уч. секретарь – Косарева Ольга Григорьевна, д.ф.-м.н.**

**05.04.2018**

11. Балахнина Ирина Александровна «Оптическая спектроскопия, оптоакустическое исследование и лазерная абляция естественно состарившихся бумаг и красок» 01.04.05 — оптика. Кандидатская диссертация.

**08.06.2018**

12. Анненкова Елена Александровна «Нелинейная динамика пузырьков и капель под воздействием интенсивных акустических волн» 01.04.06 – Акустика. Кандидатская диссертация.

13. Николаева Анастасия Васильевна «Радиационное силовое воздействие акустического пучка на упругий шар в жидкости» 01.04.06 – Акустика. Кандидатская диссертация.

**МГУ.01.13**

**Председатель – Андреев Анатолий Васильевич, д.ф.-м.н., проф.**  
**Уч. секретарь – Коновко Андрей Андреевич, к.ф.-м.н.**

**15.03.2018**

14. Новиков Владимир Борисович «Линейные и нелинейные оптические эффекты в фотонных кристаллах при брэгговской дифракции в геометрии Лауэ» 01.04.21 - лазерная физика. Кандидатская диссертация.

15. Ромодина Мария Николаевна «Микромеханика магнитных частиц в лазерных ловушках и магнитооптические эффекты при возбуждении блоховских поверхностных волн» 01.04.21 - лазерная физика. Кандидатская диссертация.

**17.05.2018**

16. Чехов Александр Леонидович «Резонансные оптические эффекты в одномерных магнитоплазмонных кристаллах» 01.04.21 - лазерная физика. Кандидатская диссертация.

17. Кучерик Алексей Олегович «Управление электрофизическими и оптическими свойствами наноструктурированных кластерных систем с макроскопическими коррелированными состояниями» 01.04.21 - лазерная физика. Докторская диссертация.

**МГУ.01.15**

**Председатель – Носов Михаил Александрович, д.ф.-м.н., проф., проф. РАН**  
**Уч. секретарь – Смирнов Владимир Борисович, к.ф.-м.н., доц.**

**22.03.2018**

18. Смирнов Владимир Борисович «Закономерности и природа переходных режимов сейсмического процесса» 25.00.10 - Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых. Докторская диссертация.

**19.04.2018**

19. Зорин Никита Игоревич «Измерение эффекта вызванной поляризации в теллурическом поле» 25.00.10 - Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых. Кандидатская диссертация.

**МГУ.01.18**

**Председатель – Перов Николай Сергеевич, д.ф.-м.н., проф.**  
**Уч. секретарь – Шапаева Татьяна Борисовна, к.ф.-м.н.**

**05.04.2018**

20. Макарова Людмила Александровна «Исследование магнитных и электрических свойств композитных релогических материалов на основе ферромагнитных и сегнетоэлектрических наполнителей» 01.04.11 – «Физика магнитных явлений». Кандидатская диссертация.

21. Морозов Артем Сергеевич «Особенности термоэлектрических и магнитокалорических свойств манганитов» 01.04.09 — физика низких температур 01.04.11 – «Физика магнитных явлений». Кандидатская диссертация.

**19.04.2018**

22. Котова Мария Сергеевна «Резистивные переключения в органических структурах на основе модифицированной полимерной матрицы» 01.04.10 – физика полупроводников. Кандидатская диссертация.

23. Миннеханов Антон Анурович «Фотоэлектронные процессы в наноструктурированных материалах на основе диоксида титана с парамагнитными центрами» 01.04.10 – физика полупроводников. Кандидатская диссертация.

**07.06.2018**

24. Ильин Александр Сергеевич «Влияние освещения и поверхностного покрытия нанокристаллов на электронные процессы в нанокристаллическом оксиде индия» 01.04.10 — Физика полупроводников. Кандидатская диссертация.

25. Розанов Константин Николаевич «Частотно-зависимые магнитные и диэлектрические свойства композитных материалов для широкополосных СВЧ применений» 01.04.11 - Физика магнитных явлений. Кандидатская диссертация.

## ИЗ ФОНДОВ МУЗЕЯ ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА МГУ

*Музей физического факультета был открыт решением Ученого совета МГУ в ноябре 1996 г. Основой музея явилась фотовыставка «Развитие физики в Московском университете», созданная в 1980 году в связи с 225-летием МГУ. Ныне музей официально включен в число музеев Евразийской ассоциации университетов и музеев высших учебных заведений г. Москвы.*



Директор музея — профессор А.С.Илюшин



В музее физического факультета и в его фондах хранятся и демонстрируются разнообразные артефакты, связанные с историей становления развития физики в нашем университете, и с историей самого физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. Многие из этих материалов неизвестны большей части сотрудников и студентов факультета, а ведь эти материалы — часть их личной истории.

С некоторыми историческими материалами из фондов музея мы и хотим познакомить читателей журнала.

В начале XX века при Императорском московском университете было построено здание физического института, в стенах которого впоследствии был организован и начал работать физический факультет МГУ.

Чтобы представлять себе состояние физической науки в Российской империи, достаточно ознакомиться с отчетом Москов-

ского физического общества имени П.Н. Лебедева за академический 1916/1917 год. Сто лет тому назад перечень всех членов этого общества уместился всего на двух страничках небольшой брошюры формата А5.

В списке членов Общества было упомянуто 112 человек, из которых семерых к моменту выхода отчета уже не было в живых. На всю огромную Россию в 1917 году приходилось всего около ста (!) физиков, причем членами физического общества состояли и математики, и химики, и биологи, и врачи.

За отчетный академический 1916/17 год Общество провело 24 очередных заседания, на которых было сделано 49 докладов. По словам Секретаря Общества А. Тимирязева «обилие тем и их разнообразие свидетельствовало об упорной научной работе, которую продолжали вести члены общества, несмотря на тяжелые затруднения, связанные с переживаемой войной.»

Библиотека Общества состояла из 217 томов книг и 322 журналов, причем во временном пользовании Общества находилась также библиотека П.Н. Лебедева, состоящая из 176 томов книг, и 210 томов журналов и 36 томов журнала были переданы во временное пользование К.А. Тимирязева.

В 1919 году в стенах физического института МГУ профессором В.А. Аркадьевым была организована Магнитная лаборатория. Там зародилась и развилась Московская научная школа магнитологов, из которой выросли такие известные ученые как Б.А. Введенский, В.А. Корчагин, Н.С. Акулов, К. Теодорчик и многие другие.

Под руководством В.А. Аркадьева в МГУ в магнитной лаборатории регулярно проводились коллоквиумы, в работе которых принимали участие и иностранные ученые с мировой известностью, такие как М. Планк, П. Ланжевэн, Ч. Раман и ряд других.

Московское Физическое Общество

имени П. Н. Лебедева.

Первый председатель Общества П. Н. Лебедев † 1 марта 1912 г.

Совѣтъ Общества.

Председатель: А. А. Эйхенвальдъ.  
Товарищъ председателя: П. П. Лазаревъ.

Членъ совѣта: Г. В. Вульфъ,  
Н. Е. Жуковский,  
К. А. Тимирязевъ

Секретари: Н. Н. Лебедеико.  
А. К. Тимирязевъ.

Казначей: В. И. Романовъ.  
Библиотекарь: А. Б. Млодзѣвскій.

Члены ревизионной комисси: А. А. Титовъ  
Б. С. Швецовъ  
А. В. Цингеръ.

Списокъ членовъ.

Авраменко Евгения Ивановна.  
Андреевъ Николай Николаевичъ.  
Аркадьевъ Владиміръ Константиновичъ.  
Бачинскій Алексѣй Юсифовичъ.  
Блажко Сергѣй Николаевичъ.  
Богословскій Евгений Васильевичъ.  
Богуславскій Сергѣй Анатольевичъ.  
Боргманъ Иванъ Ивановичъ † 9 мая 1914.  
Брюсовъ Евграфъ Ивановичъ † 13 юля 1911.

Бѣликовъ Петръ Николаевичъ.  
Вавиловъ Сергѣй Ивановичъ.  
Велиховъ Павелъ Аполлоновичъ.  
Величковскій Анатолій Порфирьевичъ.  
Вильборгъ Михаилъ Васильевичъ.  
Вильзаръ Андрей Карловичъ † 26 октября 1915.  
Виноградовъ Дмитрій Ивановичъ.  
Волошинъ Федоръ Ефимовичъ.  
Вульфъ Георгій Викторовичъ.  
Галанинъ Дмитрій Дмитриевичъ (мл.).

Страницы из отчета Московского физического общества имени П.Н. Лебедева за академический 1916/1917 год..

— 2 —

Гезехусть Николай Александровичъ.  
Глаголева Александра Андреевна.  
Гопиусъ Евгений Александровичъ.  
Егоровъ Николай Григорьевичъ.  
Жуковский Николай Егоровичъ.  
Зелинскій Николай Дмитриевичъ.  
Зерновъ Владиміръ Дмитриевичъ.  
Ивановъ Константинъ Ивановичъ.  
Ильинъ Борисъ Владиміровичъ.  
Иевлева Варвара Петровна.  
Юлосъ Александръ Григорьевичъ † 13 юня 1911.  
Юффе Абрамъ Федоровичъ.  
Каблуковъ Иванъ Алексѣевичъ.  
Казанскій Всеволодъ Сергѣевичъ.  
Кандидовъ Петръ Петровичъ.  
Капцовъ Николай Александровичъ.  
Кастеринъ Николай Петровичъ.  
Кодли Андрей Робертовичъ.  
Кольцовъ Николай Константиновичъ.  
Корольковъ Алексѣй Львовичъ.  
Кравецъ Торичанъ Павловичъ.  
Краснощекоевъ Федоръ Ивановичъ.  
Крашенинниковъ Федоръ Николаевичъ.  
Кругъ Карлъ Адольфовичъ.  
Крыловъ Алексѣй Николаевичъ.  
Курепинъ Федоръ Константиновичъ.  
Лазаревъ Петръ Петровичъ.  
Ландсбергъ Григорій Самуиловичъ.  
Лебедеико Николай Николаевичъ.  
Лебедевъ Петръ Николаевичъ † 1 марта 1912.

Лейбергъ Павелъ Борисовичъ.  
Леонтьевъ Константинъ Александровичъ.  
Лисининъ Леонтій Ивановичъ † 21 августа 1915.  
Лютцау Григорій Ивановичъ.  
Мандельштаммъ Леонидъ Исааковичъ.  
Мейеръ Павелъ Константиновичъ.  
Михельсонъ Владиміръ Александровичъ.  
Млодзѣвскій Анатолій Болеславовичъ.  
Млодзѣвскій Болеславъ Корнелевичъ.  
Молодой Трофимъ Кононовичъ.  
Морошкинъ Александръ Ивановичъ.  
Муравьевъ Александръ Георгиевичъ.  
Некрасовъ Александръ Ивановичъ.  
Орловъ Сергѣй Владиміровичъ.  
Павловъ Владиміръ Петровичъ.  
Павловъ Иванъ Петровичъ.  
Павловъ Павелъ Петровичъ.  
Павша Алексѣй Васильевичъ.  
Папалекси Николай Дмитриевичъ.  
Писаржевскій Левъ Владиміровичъ.  
Пришлечовъ Василій Ивановичъ.  
Портъ Гебгардтъ Бруновичъ.  
Ржевкинъ Сергѣй Николаевичъ.  
Розановъ Борисъ Федоровичъ.  
Романовъ Вячеславъ Ильичъ.  
Селяковъ Николай Яковлевичъ.  
Семеновъ Юлій Федоровичъ.  
Сиротинская Нина Евгеньевна.  
Сиротинъ Ефимъ Еремьевичъ.  
Смирновъ Леонидъ Петровичъ.  
Соколовъ Алексѣй Петровичъ.

— 3 —

Стрѣлецкій Николай Станиславовичъ.  
Тимирязевъ Аркадій Климентовичъ.  
Тимирязевъ Климентъ Аркадьевичъ.  
Титовъ Александръ Андреевичъ.  
Титовъ Вениаминъ Семеновичъ.  
Трапезниковъ Александръ Константиновичъ.  
Умовъ Николай Алексѣевичъ † 2 января 1915.  
Усагинъ Александръ Ивановичъ.  
Усагинъ Иванъ Филипповичъ.  
Успенскій Николай Евгеньевичъ.  
Ферингеръ Анна Богдановна.  
Фишеръ Владиміръ Максимовичъ.  
Фредериксъ Всеволодъ Константиновичъ.  
Хвольсонъ Орестъ Даниловичъ.  
Цебрикова Лидія Владиміровна.

Цингеръ Александръ Васильевичъ.  
Чичибабинъ Алексѣй Евгеньевичъ.  
Чугаевъ Левъ Александровичъ.  
Чупрова Марія Александровна.  
Шапошниковъ Константинъ Николаевичъ.  
Шатерниковъ Михаилъ Николаевичъ.  
Шведовъ Борисъ Сергѣевичъ.  
Шиловъ Николай Александровичъ.  
Шмаковъ Павелъ Васильевичъ.  
Щегляевъ Владиміръ Сергѣевичъ.  
Щодро Николай Ксаверьевичъ.  
Эйхенвальдъ Александръ Александровичъ.  
Эренфельсъ Павелъ Сигизмундовичъ.  
Эренфельсъ Татьяна Алексѣевна.  
Эсмархъ Василій Ивановичъ.  
Эпштейнъ Павелъ Сигизмундовичъ.  
Яковлевъ Константинъ Павловичъ.

Отчетъ за 1916—17 годъ.

Въ истекшемъ академическомъ году Общество имѣло 22 очередныхъ засѣданія, одно соединенное съ Обществомъ изученія и распространенія физическихъ званий имени Н. А. Умова и одно публичное. Всего 24 засѣданія на которомъ членами общества и сторонними посѣтителями было прочтено 49 докладовъ. Обиіе темъ и ихъ разнообразіе, какъ это видно изъ прилагаемаго списка докладовъ, свидѣтельствуетъ объ упорной научной работѣ, которую продолжали вести члены общества, несмотря на тяжелія затрудненія связаннаыя съ переживаемою войной.

Секретарь А. Тимирязевъ.



Сотрудники магнитной лаборатории и члены коллоквиума, проходившего в МГУ. В центре в первом ряду — руководитель лаборатории профессор В.А. Аркадьев, слева от него — профессор К. Файнс из Мюнхена (Германия), справа — профессор Ч. Раман из Калькутты (Индия).

В фондах музея имеются подлинные фотографии, сохранившиеся в личном архиве профессора К. Теодорчика. На этих фотографиях, сделанных по окончании заседаний, запечатлены и великие физики и сотрудники магнитной лаборатории, участвовавшие в коллоквиумах.

На заседании одного из коллоквиумов, проходившем в МГУ, был сделан групповой снимок членов магнитной лаборатории. В центре в первом ряду — руководитель лаборатории профессор В.А. Аркадьев, слева от него — профессор К. Файнс из Мюнхена (Германия), справа — профессор Ч. Раман из Калькутты (Индия).

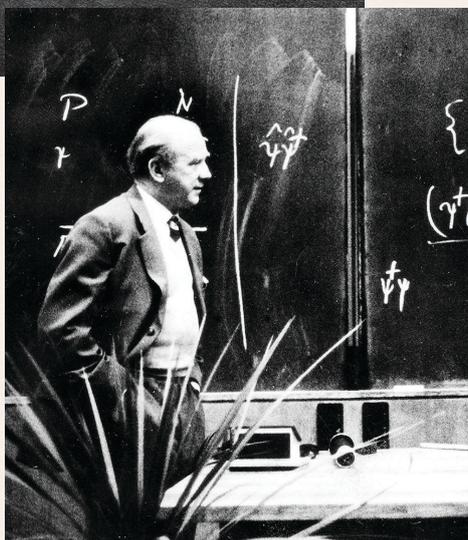
На другом снимке запечатлен приезд в МГУ профессоров М. Планка и Ч. Рамана. (На снимке: сидят справа налево — М. Планк, А.А. Глаголева-Аркадьева и жена М. Планка.)

Во втором ряду — в центре профессор Ч. Раман.

Вышеупомянутые фотографии относились к довоенному времени и к зданию физического факультета, размещавшемуся на Моховой улице.



Приезд профессоров М. Планка и Ч. Рамана в МГУ. На снимке: сидят справа налево — М. Планк, А.А. Глаголева-Аркадьева и жена М. Планка.

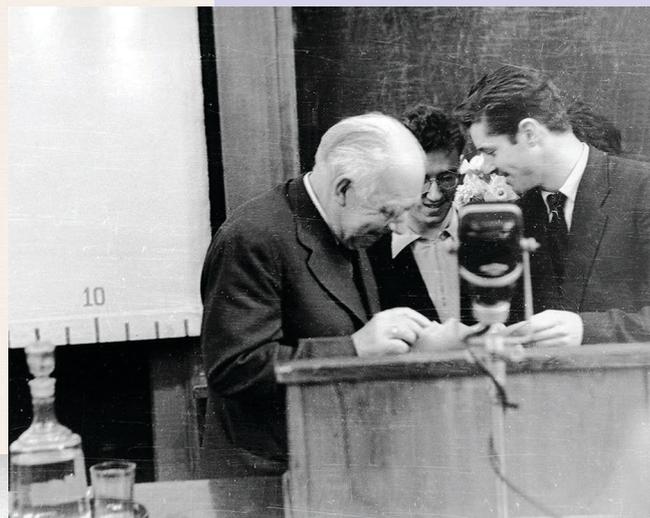


Один из создателей квантовой механики Вернер Гайзенберг

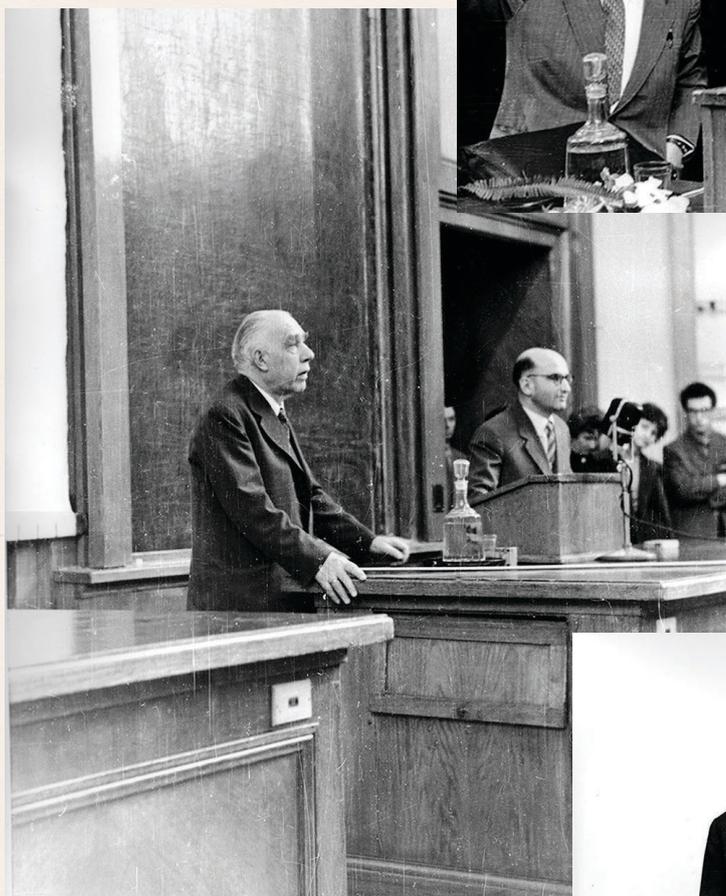
После открытия зданий МГУ на Ленинских горах в новом здании физического факультета также выступали с докладами многие выдающиеся иностранные физики, имена которых навсегда сохранятся в истории науки.

В 1961 году физический факультет посетил Нильс Бор и выступил с докладом в Центральной физической аудитории. Это важное событие в истории нашего факультета запечатлено на серии фотографий.

В 1965 году в этой же аудитории выступал немецкий физик, один из создателей квантовой механики Вернер Гайзенберг. На фотографии В. Гайзенберг запечатлен во время чтения им лекции для сотрудников и студентов физфака.



В.С. Фурсов, Д.Д. Иваненко и Н. Бор.



Нильс Бор и его переводчик Е.М. Лившиц.

В 1961 году физический факультет посетил Нильс Бор и выступил с докладом в Центральной физической аудитории. Это важное событие в истории нашего факультета запечатлено на серии фотографий.





## СЕДЬМАЯ ЛЕТНЯЯ ШКОЛА УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ В МГУ «ПРЕДМЕТНАЯ КОМПЕТЕНТНОСТЬ УЧИТЕЛЯ ФИЗИКИ В СОВРЕМЕННОЙ ШКОЛЕ»

С 26 по 30 июня состоялась VIII летняя школа учителей физики в МГУ «Предметная компетентность учителя физики в современной школе». Мероприятие было проведено в рамках программы «МГУ-школе» на базе пансионата «Красновидово». 142 учителя из различных городов приняли участие в работе школы.

В программу были включены лекции ведущих профессоров и доцентов физического факультета, посвященные новым научным достижениям в области физики («Мощная СВЧ электроника» профессор Слепков Александр Иванович, «Перспективы исследований в физике микромира»



доцент Широков Евгений Вадимович) и методическим вопросам преподавания этой дисциплины в школе («Теоретические вопросы при подготовке к ЕГЭ» доцент Грибов Виталий Аркадьевич, «Проект универсального учебного комплекса НИИЯФ МГУ» доцент Широков Евгений Вадимович, «Межпредметное обучение: оптические иллюзии, как соединение физики, биологии и психологии» доцент Рыжиков Сергей Борисович, «Дистанционное обучение школьников на физическом факультете МГУ» ст.преп. Бушина Татьяна Андреевна). Также состоялись мастер-классы, посвященные решению задач ДВИ на физический факультет и олимпиад школьников (Ломоносов, Покори Воробьевы горы, Робофест). Мастер-классы проводили доценты Грачев Александр Васильевич, Лукашева Екатерина Викентьевна, Боков Павел Юрьевич и ассистент Старокуров Юрий Владимирович. В рамках школы проводились круглые столы по темам «Учебный эксперимент своими руками» и «Исследовательские работы школьников».

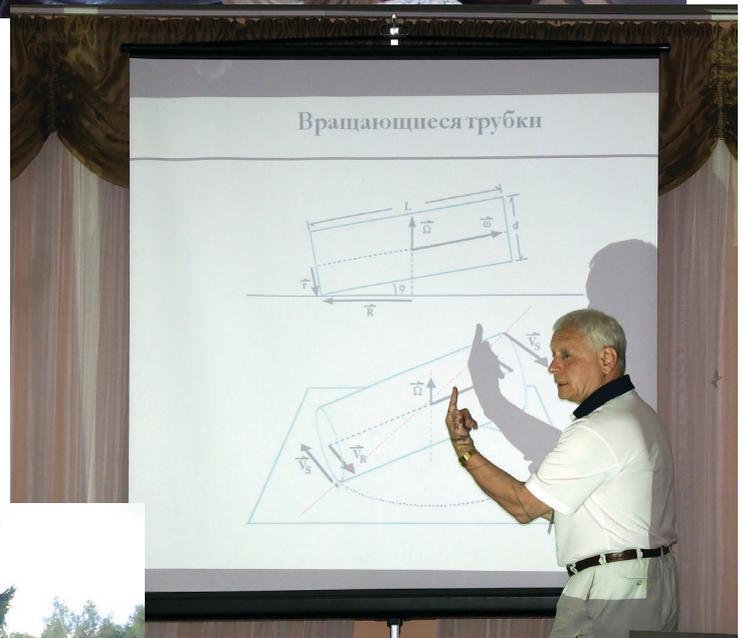
В связи с включением в программу ЕГЭ по физике раздела «Астрофизика», особое внимание на школе было уделено этой теме. Проведены лекции «Космос, как физическая лаборатория» профессор Засов Анатолий Владимирович, «Рождение, жизнь и смерть Вселенных» доцент Парфенов Константин Владимирович, мастер-классы по





решению задач по астрономии старший преп. Селиверстов Алексей Валентинович.

Две из предложенных лекций сопровождалась показом физических демонстраций: «Особенности механики твердого тела в экспериментальных примерах» профессор Кротов Сергей Сергеевич и «Необычное в обыкновенном» старший преп. Селиверстов Алексей Валентинович.



Решением Ученого совета МГУ  
присвоены почетные звания  
сотрудникам  
физического факультета:

Почетное звание «Заслуженный профессор Московского университета»

получил  
профессор каф. полупроводников  
**ЮНОВИЧ Александр Эммануилович**

Почетное звание «Заслуженный преподаватель Московского университета»

получили  
доцент кафедры общей физики  
**БЫКОВ Александр Васильевич**  
доцент кафедры физики атмосферы  
**ЗАХАРОВ Виктор Иванович**  
доцент кафедры физики полимеров и кристаллов  
**ЛАПТИНСКАЯ Татьяна Васильевна**  
ст. преподаватель кафедры физики твердого тела  
**РЖЕВСКИЙ Владимир Васильевич**  
доцент каф. общей физики  
**ЧИСТЯКОВА Наталия Игоревна**

**ПОЗДРАВЛЯЕМ**  
сотрудников физического факультета  
с почетными званиями  
Московского университета за 2017 год!

Почетное звание «Заслуженный работник Московского университета»

получили  
механик каф. физики колебаний  
**АПАЛЬКОВ Виктор Константинович**  
вед. электроник отдела компьютерных технологий  
**КУЛАКОВА Любовь Викторовна**  
начальник иностранного отдела  
**НИКИФОРОВА Наталия Николаевна**  
вед. электроник каф. магнетизма  
**МИРОНОВА Любовь Сергеевна**  
механик каф. общей физики  
**КАЗАКОВА Тамара Николаевна**



Бюллетень «НОВОСТИ НАУКИ».  
© 2018 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

Пресс-секретарь физического факультета: Пчелина Д.И.  
press@phys.msu.ru

Подписано в печать 10.12.18. 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

ISSN 2500–2384