



НОВОСТИ НАУКИ

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МГУ имени М.В. Ломоносова

№ 1/2013



СОДЕРЖАНИЕ

2 Новости науки

9 Выставки / Презентации

11 Премии / Награды

14 Диссертации

16 Конференции

17 Физфак — школе

Быпуском данного бюллетеня новостей физического факультета (физфака) МГУ мы начинаем новое информационное издание, целью которого является донести до наших сотрудников, студентов и аспирантов, наших коллег и партнеров основные достижения наших ученых и информацию о научных событиях в жизни факультета.

Говоря о Физфаке МГУ, надо отметить, что мы даем лучшее образование по физике в России и одно из лучших в мире. Все наши профессора и преподаватели — ведущие ученые, активно работающие в различных областях физики. Поэтому преподавание на факультете ведется "из первых рук", с активным вовлечением студентов в научные исследования начиная уже с первых курсов. Большое значение уделяется практической работе студентов в многочисленных общих и специализированных практикумах факультета, а также выездным практикам. Это, в сочетании с усиленной теоретической подготовкой по физике и математике, расширенным изучением компьютерных дисциплин и специализацией студентов старших курсов на кафедрах, в лабораториях факультета и институтах РАН, является залогом фундаментальности и качества образования на физфаке.

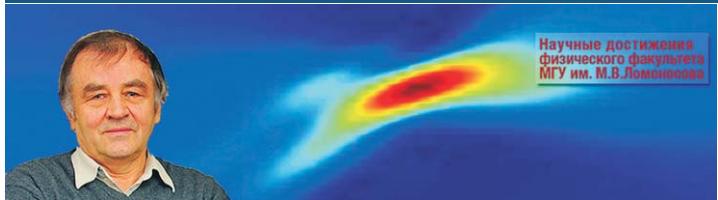
Физфак МГУ — это одновременно и один из ведущих научных

центров в мире по физике и смежным дисциплинам. Восемь ученых-физиков СССР и России, которые учились или работали на физическом факультете, являются лауреатами Нобелевской премии. Каждый год сотрудники факультета удостаиваются самых высоких премий и наград в области науки и техники как в нашей стране, так и за рубежом. Россия вносит существенный вклад в развитие физики в мире, и физики МГУ играют в этом процессе решающую роль.

Физфак МГУ — это живой организм, который, как и все наше общество, развивается и активно отслеживает его потребности в сфере образования и науки. Так за последние годы на факультете созданы новые кафедры: медицинской физики, физики наносистем, введены новые специальности: "Физика и менеджмент научно-технических технологий" и др. Факультет уделяет большое значение инновационной деятельности, доводя результаты своих научных исследований и разработок до уровня технологий и промышленности.

Надеюсь, что это издание поможет, в том числе, сократить путь от фундаментальных открытий наших ученых до их успешного внедрения.

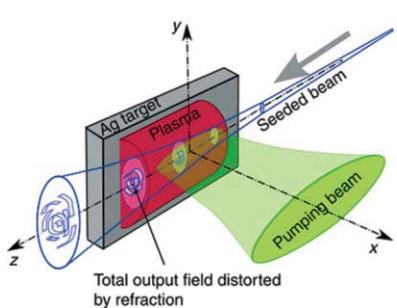
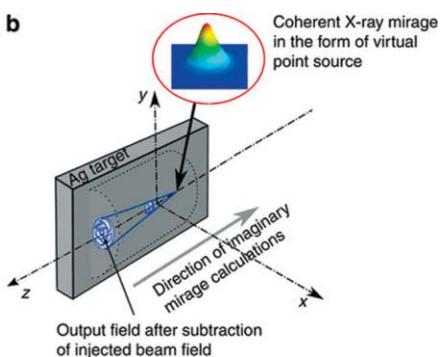
Декан физического факультета МГУ,
профессор Н.Н.Сисоев

Научные достижения
физического факультета
МГУ им. М.В.Ломоносова

Мираж можно наблюдать не только в пустыне, но и в невидимом глазу рентгеновском диапазоне. Впервые экспериментально зарегистрировали и вывели уравнение, с помощью которого математически можно описать не только рентгеновский, но и любой другой мираж, учёные физического факультета МГУ вместе со своими зарубежными коллегами. Результаты этой работы были опубликованы в июне 2013 г. в журнале Nature Communications [Nature Communications, 4, 1936 (2013)].

Миражи в оптическом диапазоне хорошо известны как красивое и загадочное явление, зарождающееся в атмосфере Земли. Всем известны примеры миражей в пустыне — когда утомлённый путешественник видит на земле нечто похожее на воду.

Главная причина возникновения миражей — сильная неоднородность воздуха из-за разного прогрева его слоев. Распространение лучей в такой среде далеко от прямолинейного (очень сильно различаются показатели преломления различных слоев воздуха), и в итоге наблюдатель вместо отдалённого объекта видит его мнимое изображение, смешённое относительно оригинала.

a**b**

Как оказалось, миражи можно наблюдать не только в оптике, но и в рентгеновском диапазоне.

Впервые, при изучении свойств рентгеновского лазера, его наблюдала международная группа учёных, в которую вошли и сотрудники МГУ.

Всем известны оптические лазеры (например, лазерная указка или оформление светомузыкальных шоу). Но усиление излучения может происходить не только в оптическом диапазоне. Идея рентгеновских лазеров существовала уже много лет. Впервые она была обоснована в 1973 г. на кафедре общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ Ремом Хохловым. А в 1981 г. о возможности создания

РЕНТГЕНОВСКИЙ МИРАЖ

Сергей Магницкий

рентгеновских лазеров с ядерной накачкой заявили американцы и на этой основе разработали свою знаменитую космическую программу "Звездных войн". Сейчас рентгеновские лазеры уже вовсю работают не на войну, а на науку, и традиции, заложенные 40 лет назад на физфаке МГУ, продолжают жить.

Российские физики, обнаружив мираж в рентгеновском диапазоне, произвели поиск физических основ явления, в результате чего им удалось не только определить условия, необходимые для формирования в рентгеновском лазере миражей, но и впервые разработать теорию их возникновения.

вскоре удалось разобраться в этом явлении и объяснить его природу, в том числе математически.

В обычных средах показатель преломления для рентгеновского излучения очень мало отличается от единицы. По этой причине до сих пор, несмотря на более чем столетнюю историю широчайшего применения рентгеновского излучения, миражей в этом диапазоне не наблюдалось. Появление мощных лазерных установок полностью изменило ситуацию, так как позволило создавать новую среду — плазму с электронной плотностью, превышающей 10^{19} см^{-3} , где рефракция рентгеновского излучения играет большую роль. К таким средам относятся, например, активные среды рентгеновских лазеров. Для описания наблюдаемого феномена, учёным удалось разработать универсальный алгоритм — они вывели уравнение, с помощью которого математически можно описать не только рентгеновский, но и любой другой мираж.

Для расчета распространения рентгеновских лучей в плазме учёные МГУ изобрели специальный подход, где учитывались ее гидродинамические параметры. Они показали, что в плазме создается второй, мнимый, источник излучения, который жестко связан по фазе с генератором — иными словами, когерентен с ним. Взаимодействие излучения этих источников приводит к образованию интерференционной картины — по сути миража, но с новым отличительным свойством — когерентностью.

По словам Сергея Магницкого, результаты работы можно дальше развивать в двух перспективных практических направлениях. Во-первых, это рентгеновские голограммы, которые реализуемы из-за возникновения в плазме двух когерентных рентгеновских источников. Причем, изображения объектов могут быть получены с

очень высоким разрешением порядка 10 нм. "В этом направлении мы уже активно работаем", — говорит ученый. Во-вторых, это так называемый клоукинг — специальные покрытия, с помощью которых объекты делают невидимыми. "В оптике здесь достигнуты определенные успехи", — рассказывает Магницкий.

МАГНИТОПЛАЗМОННЫЕ КРИСТАЛЛЫ ПОЗВОЛЯЮТ УПРАВЛЯТЬ СВЕТОМ

Ученые физического факультета МГУ в международном коллективе ученых создали новый наноструктурированный плазмонный материал, в котором наблюдается новый магнитооптический эффект, а также значительно усиливаются уже известные магнитооптические эффекты Фарадея и Керра. Продемонстрирована модуляция интенсивности света на 24%. Это открывает уникальные возможности управления светом на частотах более 1 ГГц в современных устройствах интегральной оптики. Результаты работы были опубликованы в июне и июле 2013 года в двух статьях в журнале *Nature Communications* [Nature Communications, 4, 1599 (2013); 4, 2128 (2013)].

Управление светом посредством магнитного поля в настоящее время является одним из наиболее многообещающих методов модуляции интенсивности и поляризации света на субнаносекундных временных масштабах. Использование наноструктурированных материалов позволяет получить значительное усиление различных магнитооптических эффектов.

"Недавно нам удалось продемонстрировать уникальные свойства магнитоплазмонных кристаллов — специально спроектированных металло-диэлектрических гетероструктур, содержащих слой магнитного диэлектрика, на который нанесен тонкий золотой слой с решеткой щелей. При прохождении света через магнитоплазмонные кристаллы значительно усиливаются магнитооптические эффекты Фарадея и Керра", — утверждает один из авторов работ, доцент кафедры фотоники и физики микроволн физического факультета МГУ Владимир Белотелов. В таких материалах возможно возбуждение поверхностных плазмон-поляритонов и гибридных плазмонно-волноводных мод. Вблизи частот их возбуждения значительно увеличивается время взаимодействия света с магнитной пленкой, намагниченной вдоль направления

— "Теперь представьте, что в оптическом диапазоне все готово, достигнута невидимость каких-то вещей. Но если использовать рентгеновский источник излучения, то все они сразу станут видны.

Раньше казалось, что клоукинг в рентгене невозможен, поскольку эффект от него — по сути разновидность миража, а рентгеновских

миражей до нас никто не наблюдал. Теперь же наши результаты позволяют задуматься о таких покрытиях, которые сделали бы объекты невидимыми и в рентгене. Но клоукинг в рентгене — это перспектива весьма далекого будущего", — добавляет ученый.



падения света, что и приводит к увеличению эффекта Фарадея, т. е. к увеличению угла поворота плоскости поляризации света.

В то же время, если структура намагничена в плоскости и вдоль щелей золотой решетки, то наблюдается гигантский экваториальный эффект Керра. Он проявляется в том, что интенсивность прошедшего света изменяется при перемагничивании структуры. В данном случае основную роль играет смещение плазмонного резонанса, вызванное обращением намагниченности магнитной пленки.

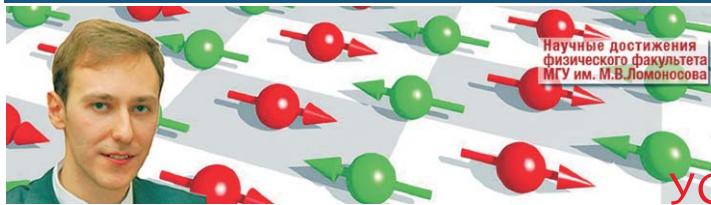
Владимир Белотелов заявил, что "важной особенностью разработанных магнитоплазмонных кристаллов является то, что в них не только усиливаются уже известные эффекты, но также возникают и новые эффекты, не наблюдаемые в однородных пленках".

При освещении ненамагниченного плазмонного кристалла светом, поляризованным перпендикулярно щелям решетки, возможно возбуждение гибридной плазмонно-волноводной моды. Если магнитоплазмонный кристалл намагнить в его плоскости и перпендикулярно щелям золотой решетки, то в структуре возможно возбуждение дополнительной волноводной моды, ортогональной

первой, что модифицирует оптические спектры образца и на резонансных частотах увеличивает коэффициент оптического пропускания.

Владимир Белотелов заявил: "В работе нам удалось достичь относительного увеличения коэффициента пропускания на 24%, что является рекордной величиной для магнитооптики, не использующей скрещенные поляризаторы". Расчеты предсказывают, что новый магнитооптический эффект может быть значительно увеличен путем использования магнитных пленок оптимальной толщины и с большими значениями магнитооптического параметра. Это делает его очень перспективным для прикладной нанофотоники. Кроме того, возникает возможность манипулировать волноводными модами структуры, включая или выключая волноводные моды, посредством внешнего магнитного поля.

Эта концепция была разработана международной командой исследователей, в состав которой вошли соудники лаборатории магнитооптики и фотоники, кафедры фотоники и физики микроволн физического факультета МГУ, где в течение последних семи лет проводились исследования плазмонных структур.



Александр Пятаков

НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УСТРОЙСТВ СПИНТРОНИКИ

Ученые физического факультета МГУ в международном коллективе ученых открыли новые перспективы для создания устройств спинтроники. Ими разработан дизайн магнитной текстуры в тонких пленках, который позволит регулировать работу устройств спинтроники [Nature Materials, 12, 641–646 (2013)].

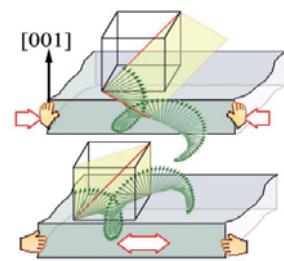
Пространственно модулированные спиновые структуры (спиновые циклоиды), формирующиеся в феррите висмута, веществе популярном среди исследователей сегнетоэлектричества и магнетизма, долгое время препятствовали реализации его богатых магнитных и магнитоэлектрических свойств.

Доцент кафедры физики колебаний физического факультета МГУ и член авторского коллектива А.Пятаков поясняет: "Однако, как показано в недавно опубликованной статье в журнале Nature Materials, эти магнитные текстуры могут быть использованы для настройки спектров магнонных

мод материала, а также величины магнетосопротивления в спиновых клапанах, что открывает новые перспективы для создания устройств спинтроники. Форма и ориентация спиновых циклоид зависит от механических напряжений, возникающих при эпитаксиальном росте пленки, что позволяет, подбирая величину и знак деформации, проектировать спиновые структуры и создавать материалы с заданными свойствами".

Эта концепция была разработана международной командой исследователей, включающей лабораторию фотоники и спинтроники кафедры физики колебаний физи-

ческого факультета МГУ, где в течение последних десяти лет проводились исследования спиновых структур в магнитоэлектрических материалах.



Дизайн магнитной текстуры в тонких пленках позволит регулировать работу устройств спинтроники.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДОБАВКА УЛУЧШАЕТ ПОЛИМЕРЫ ДЛЯ ПЛАСТИКОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Ученые физического факультета МГУ с сотрудничеством с российскими и немецкими коллегами с помощью молекулярной добавки улучшили структурный и электронный порядок полупроводникового полимера, используемого для создания пластиковой электроники. Результаты этой работы опубликованы в J. Phys. Chem. Lett. 4, 1298 (2013).

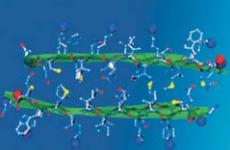
Полупроводниковые или со-пряженные полимеры считаются основой пластиковой электроники. Из них можно сделать легкие, гибкие и полупрозрачные дисплеи, пленочные светильники, солнечные батареи, микросхемы и многое другое. Одна из ключевых проблем в органической электронике — органические материалы с хорошими полупроводниковыми свойствами. На сегодня электрические свойства полупроводниковых полимеров далеко отстают от кристаллического кремния — главного полупроводника современной электроники. Тем не менее, основная электрофизическая характеристика полупроводника — подвижность зарядов — в лучших органических полупроводниках уже превосходит подвижность аморфного кремния, который применяется в каждом дисплее компьютера или мобильного телефона. Как правило, полимеры аморфны, что затрудня-

ет движение зарядов в них, поэтому важны подходы, позволяющие повысить упорядоченность полупроводниковых полимеров.

В последних работах исследователей физфака МГУ под руководством доктора физ.-мат. наук Дмитрия Парашкука показано, что полупроводниковый полимер приобретает кристаллические (а значит и структурно упорядоченные) домены при добавлении в него определенных молекул с высоким электронным сродством (электронного акцептора). Для обнаружения кристалличности в тонкой полимерной пленке потребовались рентгеноструктурные измерения, проведенные немецким коллегой на синхротропе DELTA и московскими коллегами из Института кристаллографии РАН. Более того, добавка уменьшила концентрацию электронных дефектов, что было установлено с помощью ряда оптических ме-

тодов, один из которых был реализован немецким коллегой из Берлина.

Каков же механизм повышения порядка в полимере? Исследователи физфака МГУ с кафедры общей физики и волновых процессов, показали, что дело во взаимодействии добавки с пи-сопряженными электронами полимера [J. Phys. Chem. C 117, 6972, (2013)]. Молекулярная добавка (TNF) образует межмолекулярный комплекс с переносом заряда с полимером (МЕН-PPV), который буквально выпрямляет цепи полимера [J. Chem. Phys. 127, 104905, (2007)]. Причем молекулы добавки «прилипают» к цепи полимера не случайным образом, а доменами, так что цепи полимера в доменах напоминают бусы. Ожидается, что с помощью специальных добавок можно улучшать полупроводниковые свойства органических материалов.



Научные достижения
физического факультета
МГУ им. М.В.Ломоносова

ПРОВОДНИКИ ДЛЯ ГЕНОВ

В международном коллективе ученых, куда вошли исследователи физфака МГУ, разработаны уникальные наноструктуры для доставки лечебных генов в клетки. Результаты работы опубликованы в авторитетном журнале *Nature Nanotechnology*, 8(2), 130–6 (2013).

Генная терапия — это сравнительно новая область медицины, нацеленная на лечение наследственных болезней. Последнее время она развивается быстрыми темпами, в том числе испытываются схемы для лечения рака. Суть метода — ввести в организм генетический материал, который бы «все исправил». Но как внедрить в уже сформировавшийся геном чужеродную генетическую информацию? В некоторых случаях решение подсказывает сама природа, притом с помощью не самых лучших своих представителей. Печально известный ВИЧ представляет собой ретровирус — частицу, способную путем хитрых манипуляций встраивать свой геном в ДНК человека, и тем самым себя воспроизвести.

Ученые уже достаточно давно скопировали этот механизм и изобрели так называемые ретровирусные векторы — генетически модифицированные ретровирусы, несущие ген, который нужно встроить в клетку. Увы, у методики есть недостатки. Перенос генов от вектора к ДНК человека процесс физиологически не быстрый, кроме того часто не удается создать высокую концентрацию вирусных частиц. До недавних пор единственным разрешенным препаратом, который хоть как-то ускорял этот процесс, был ретронектин — белок, состоящий более чем из 500 аминокислотных остатков. Однако вполне возможно, что скоро все изменится. Короткий пептид всего из 12 аминокислотных остатков, перекрывающий ретронектин по своим возможностям, разработали в международном коллективе ученых, куда вошли исследователи из МГУ.

Ученые обнаружили, что пептид, названный ими EF-C, способен к самоорганизации в стержнеобразные наноструктуры (фибриллы) диаметром около 4 и длиной 100-400 нм, которые связываются с ретровирусными векторами и помогают им слиться с клеточной мембраной, после чего те могут

вбросить в клетку генетический материал.

В экспериментальных исследованиях пептид EF-C ускорял инфицирование клеток ретровирусами и оказался как минимум в 4 раза более эффективным, чем другие известные пептидные препараты, и при этом — малотоксичным. Кроме того, с ним оказалось гораздо проще и удобнее работать, чем с аналогами: EF-C соединяется с ретровирусами в обычном растворе, а в случае ретронектина требуются специально подготовленные поверхности.

Один из важнейших вопросов всей работы — какие структурные особенности помогают фибриллам быть настолько эффективными? На этот вопрос ответ нашли российские участники исследования. Они проведшие компьютерное моделирование самосборки фибрилл на суперкомпьютере МГУ «Ломоносов». «Когда было открыто ускорение доставки ретровирусных векторов в эукариотические клетки, сотрудники Медицинского центра Ульма, обнаружившие эффект, стали искать его молекулярные причины. Для этого нужно было сделать много измерений самыми разными методами, в том числе и то, что сделали мы — молекулярное моделирование самосборки пептидов», — рассказывает профессор МГУ академик Алексей Хохлов, руководивший этой частью исследования. — «Моделирование объяснило результаты, полученные экспериментальным путем. Позже это объяснение и предсказания компьютерного моделирования в свою очередь были проверены дополнительными экспериментами».

На суперкомпьютере «Ломоносов» ученые выяснили, что фибриллы закручиваются в спираль с длиной периода 28 нм. «Это имеет ключевое значение для их биологических свойств», — говорит научный сотрудник биологического факультета МГУ Алексей Шайтан.

Взаимодействие ретровирусных частиц (отрицательно заряженных) с клеточной мембраной (тоже отрицательно заряженной) возможно, если между ними сократить отталкивание. Например, к вирусным частицамцепляют положительно заряженные полимерные молекулы — получившиеся комплексы не отталкиваются от мембран. Такие молекулы заворачиваются вокруг вирусов, плотно закрывая его заряды, но тем самым утрачивая и свои; комплекс в итоге преимущественно электронейтрален. «Они обматывают вирусы как бусы», — комментирует Алексей Шайтан — Сколько зарядов на вирусе — примерно столько же бусин он на себя цепляет. Это теперь незаряженная частица, которая может сесть на мембрану, а может и не сесть: ведь бусы еще к тому же закрывают гликопротеины вируса, которыми он взаимодействует с наружными клеточными рецепторами».

С фибриллой все по-другому. По данным компьютерного моделирования она закручена в толстую спираль, вокруг оси которой со всех сторон располагаются положительные заряды. Поэтому если одной стороной спираль «прильнула» к вирусу, то другая — всегда свободна и заряжена положительно; это помогает комплексу притянуться к мембране, а в итоге приводит к большему захвату вирусных частиц клеткой. «Понятно, что жесткие фибриллы еще и не обматывают вирус — гликопротеины свободны, и могут взаимодействовать с рецепторами на поверхности клетки», — говорит Шайтан. Его компьютерный эксперимент также показал, что фибриллы сами по себе очень стабильны в растворе и могут в таком виде существовать сколь угодно долго, не распадаясь на исходные пептидные молекулы и не слипаясь между собой. «Не факт, что мы смогли бы говорить о перспективах для клинической практики, будь фибриллы неустойчивы», — считает Шайтан.

АКУСТИЧЕСКАЯ РАДИАЦИОННАЯ СИЛА

Олег Сапожников



Совместные исследования физиков из Московского государственного университета и университета штата Вашингтон открывают новые перспективы использования радиационной силы ультразвуковых волн [J. Acoust. Soc. Am., 133, 661-676 (2013)].

Волны любой природы переносят не только энергию, но и количество движения (импульс). Если волна при распространении встречает какой-нибудь рассеивающий или поглощающий объект, её количество движения изменяется, частично передаётся объекту, в результате чего на препятствие начинает действовать сила. Она называется "радиационной силой". Эта сила физикам хорошо известна, прежде всего применительно к оптическим волнам. Её величину легко оценить с использованием квантового языка, представляя свет в виде потока фотонов с энергией $\hbar v$ и импульсом $\hbar k = \hbar v/c$. Из этих простых выражений видно, что радиационная сила оказывается пропорциональной мощности волны, причём в случае одномерного распространения коэффициент пропорциональности равен $1/c$, где c — скорость волны. Скорость света велика, поэтому соответствующая радиационная сила относительно мала. Первым, кто экспериментально измерил оптическую радиационную силу (ещё в конце 19 века), был П.Н.Лебедев, памятник которому находится у входа на физический факультет МГУ. С появлением лазеров появилась возможность получения достаточно мощных световых пучков, и создавать световое давление на препятствия стало относительно просто. На этом принципе, в частности, основаны современные лазерные пинцеты.

А что же можно сказать про радиационную силу акустических волн? Примечательно, что упомянутый выше коэффициент $1/c$ для звука примерно на 5 порядков больше соответствующего светового коэффициента, т.е. получить заметную радиационную силу гораздо проще. Одной из наглядных демонстраций проявле-

ния эффекта радиационной силы является "акустический фонтан", т.е. возникновение струи на свободной поверхности жидкости при фокусировке на эту поверхность ультразвукового пучка (см. фото). Другим примером является метод измерения мощности ультразвуковых источников путём "взвешивания" излучаемого пучка: ультразвук направляют на поглощающий образец, лежащий на электронных весах; под действием радиационной силы вес меняется заметным образом, что позволяет измерить полную мощность падающей волны. За счёт радиационной силы удается реализовать левитацию мелких частиц и микропузьрей. Ещё одной иллюстрацией эффекта является возбуждение поглощающимся ультразвуковым пучком гидродинамических потоков в жидкости (так называемых акустических течений) или сдвиговых волн в гелеподобных материалах. Возможность дистанционного возбуждения сдвиговых волн уже нашла применение в медицине для ультразвуковой диагностики опухолевых образований в мягких биотканях.

Как это часто бывает, рассуждения "на пальцах" помогают понять



причину явления, но не всегда позволяют описать эффект количественно. Именно такой является ситуация с расчётом акустической радиационной силы для реальных пучков и реальных рассеивающих объектов. Строгий расчёт радиационной силы требует умения решить трёхмерную задачу рассеяния и, используя это решение, рассчитать радиационную силу путём интегрирования тензора радиационных напряжений по поверхности, охватывающей рассеиватель. В вышедшей в начале 2013 г совместной статье д.ф.-м.н. О.А. Сапожникова (кафедра акустики) и Майкла Бейли (университет штата Вашингтон, США) разработан метод аналитического расчёта радиационной силы произвольного акустического пучка на упругую сферу произвольного размера. Авторы не только представили эффективный метод расчёта радиационной силы, но и применили его к описанию сил, которые можно прилагать к почечным камням в теле человека при использовании ультразвуковых источников в виде многоэлементных диагностических датчиков. Оказалось, что ультразвуковой пучок может толкать камень не только вдоль оси ультразвукового пучка, но и в других направлениях. В результате чего появляется возможность дистанционно манипулировать почечными камнями. В частности, можно подтолкнуть маленькие камни к выходу из почки, а большие камни, наоборот, задержать в почке во избежание закупорки мочеточника. Удачное технологическое решение вызвало огромный интерес у специалистов-урологов. В настоящее время ведутся разработки по созданию медицинского прибора, основанного на эффекте радиационной силы.

Михаил **УНИВЕРСАЛЬНАЯ
Городецкий ДИНАМИКА
ФОРМИРОВАНИЯ
И ШУМ КЕРРОВСКИХ**

ОПТИЧЕСКИХ ЧАСТОТНЫХ ГРЕБЕНOK В МИКРОРЕЗОНАТОРАХ

Оптические микрорезонаторы с модами шепчущей галереи, которые уникально сочетают малые размеры (порядка миллиметра и менее) и гигантскую добротность (до 10^{12}), были впервые продемонстрированы на физическом факультете МГУ в группе член-корр. РАН В.Б. Брагинского 1989 г. В 2007 г. было обнаружено, что в таких микрорезонаторах за счет эффектов каскадной гиперпараметрической генерации и четырехволнового смешения возможно формирование так называемых керровских оптических гребенок (излучения с широким плотным эквидистантным линейчатым спектром) при одночастотной накачке. Подобные гребенки произвели революцию в прецизионных измерениях и были отмечены Нобелевской премией 2005 г. (Т. Хэнш, Дж. Холл). Однако, они требуют громоздкого оборудования.

Использование генераторов гребенок на основе микрорезонаторов открывает возможность создания компактных малошумящих стабильных СВЧ генераторов при выделении на фотодетекторе сигнала биений, частота которого соответствует расстоянию между соседними фундаментальными модами резонатора (FSR) и равна обратному времени обхода светом резонатора. Но многочисленные исследования оптических гребенок в микрорезонаторах разной геометрии во многих лабораториях показали, что генерация широких частотных гребенок при увеличении мощности накачки сопровождается появлением в спектре биений на детекторе множества паразитных пиков и уширением линии. В сотрудничестве с группой Т. Киппенберга (EPFL, Швейцария) нами было теоретически и экспери-

ментально показано, что такое дополнительное уширение не связано с какими-либо термодинамическими или другими шумовыми процессами, а является следствием нелинейной динамики формирования гребенки, обусловленной балансом добротности с материальной и геометрической дисперсиями мод [Nature Photonics, 6, 480–487 (2012)]. Кроме того, было теоретически показано, что процесс генерации может начинаться не с ближайших соседних с накачкой мод, а с мод, отстоящих на целое число FSR. Прецизионные измерения оптических и СВЧ спектров гребенок на начальных этапах формирования в двух типах микрорезонаторов — двух выточенных из MgF_2 и двух в интегральном исполнении из Si_3N_4 — подтвердили универсальный характер полученных закономерностей.

ОРГАНИЧЕСКИЕ ТРАНЗИСТОРЫ НА МОНОСЛОЕ МОЛЕКУЛ



Исследователи физфака МГУ под руководством доктора физ.-мат наук Дмитрия Парашкува совместно с коллегами из Института синтетических полимерных материалов РАН (ИСПМ РАН) изготовили ультратонкие ОПТ, где монослой молекул толщиной в 3.5 нм нанесли методом Ленгмюра-Блоджетт [Appl.Phys.Lett. 103, 043310 (2013)].

Органическая электроника обещает широкий спектр устройств (дисплеи, микросхемы, датчики и т.д.), которые могут быть сверхтонкими, легкими, гибкими и прозрачными и при этом дешевыми. Открываются одновременно новые области их применения, недоступные традиционной кремниевой электронике. Преимущества органической электроники также в том, что электронные устройства могут быть созданы с помощью т.н. «мокрых» технологий, т.е. нанесены на подложку из раствора методом струйной печати, распыления из аэрозольного баллончика и др.

Одним из основных устройств органической электроники является органический полевой транзистор (ОПТ). Как и в обычном полевом транзисторе в нем есть три электрода: исток, сток и затвор. Электрический ток идет от истока к стоку, а его величина управляется с помощью третьего электрода — затвора, на который подается соответствующее напряжение, так что ток в активном слое меняется. Электрический ток в ОПТ идет главным образом по тонкому слою органической полупроводниковой пленки толщиной в несколько нанометров. Поэтому можно создать ультратонкие и эффективные ОПТ на слое

толщиной в одну молекулу, если удастся получить мономолекулярную пленку с хорошо упорядоченной структурой. Ранее эффективные монослойные ОПТ получали методом молекулярной самосборки (self-assembled monolayer, SAM). Для этого подложку надо было погружать в раствор, содержащий полупроводниковые органические молекулы и ждать много часов, чтобы молекулы «прилипли» к подложке и образовали упорядоченный слой.

Метод Ленгмюра-Блоджетт позволяет быстро наносить монослойные пленки — всего за несколько минут. Вначале мономолекулярный кристаллический слой

слой образуется на поверхности воды, а затем, не теряя внутренней высокоорганизованной структуры, переносится на подложку с электродами. Полученные таким методом ОПТ показали электрические характеристики не хуже, чем при использовании более затратной

по времени SAM. Важно, что в отличие от метода SAM, ленгмюровская пленка очень слабо связана с подложкой, что не мешает хорошей работе ОПТ. Изготовить интегральные схемы из большого числа ОПТ (инвертор и генератор), помогли немецкие коллеги из Института

Макса Планка в Майнце. Проделанная физиками МГУ работа открывает заманчивые перспективы производства ультратонкой электроники на основе метода Ленгмюра–Блоджетт.



Научные достижения
Физического факультета
МГУ им. М.В.Ломоносова

МИКРОТРУБОЧКА РАЗВИВАЕТ СИЛУ ДО 30 пН

Фазоил Атауллаханов

Ученые физфака МГУ со своими американскими коллегами выяснили роль микротрубочек в процессе деления хромосом [PNAS, 110, 7708-13 (2013)].

Одна из ключевых функций живой клетки — способность точно и своевременно разделить генетический материал (хромосомы) между двумя дочерними клетками. На сегодня, по крайней мере для некоторых организмов, известно, что роль основного двигателя, осуществляющего эту работу, выполняют микротрубочки. Эти клеточные полимеры, представляющие собой пустые трубы диаметром 25 нм, существуют в состоянии роста (сборки) или укорочения (разборки). В состоянии укорочения разбирающийся конец микротрубочки образован отгибающимися наружу нитями, которые за счет гидролиза ГТФ могут толкать присоединенный к ним груз и совершать механическую работу.

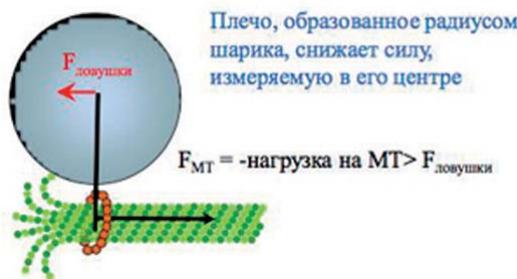
Считается, что во время деления клеток хромосомы присоединяются к концам микротрубочек и микротрубочки передвигают их, однако точный механизм такого

присоединения пока неизвестен. Кроме того, энергия гидролиза ГТФ во время разборки микротрубочки достаточна для развития 75 пН, однако в экспериментах не наблюдалось сил более 5 пН.

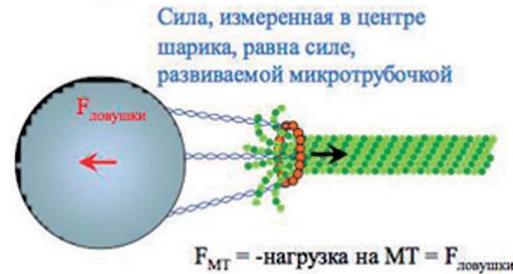
В последней работе исследователей с физфака МГУ совместно с коллегами из университетов Колорадо и Пенсильвании была сделана попытка ответить на оба этих вопроса. Авторы измеряли силу, с которой разбирающаяся микротрубочка смещает стеклянный шарик из центра лазерной ловушки, и выяснили, что на величину этой силы непосредственный эффект оказывает способ присоединения шарика к микротрубочке. Если шарик присоединен к микротрубочке сбоку с помощью коротких связей (<5 нм), то на центр шарика действует в среднем 3 пН. Если же шарик присоединен при помощи искусственных белковых нитей длиной около 100 нм, то в процессе

движения за концом микротрубочки он переориентируется в осевое положение за торцом микротрубочки и величина силы, измеренной в центре шарика, возрастает до 30 пН, что отлично согласуется с нашими теоретическими предсказаниями [PNAS, 104, 19017-22 (2007)]. Разница в величине силы объясняется тем, что при боковом закреплении ловушка действует на центр шарика, а микротрубочка — на его поверхность. В результате из-за эффекта плеча ловушки имеет огромное преимущество перед микротрубочкой (см. рис.). В случае осевого закрепления плечо отсутствует, что дает возможность впервые измерить реальную силу, развиваемую одной микротрубочкой.

A латеральное закрепление



Б торцевое закрепление



ВЫСТАВКИ / ПРЕЗЕНТАЦИИ

Визит Дмитрия Рогозина в МГУ

17 мая 2013 года вице-премьер РФ Дмитрий Рогозин познакомился с достижениями МГУ, встретился с сотрудниками и студентами физфака и других факультетов университета.

В ходе встречи вице-премьер предложил создать новый центр при МГУ, который должен обеспечить приток свежих сил в военную науку.



"Мы подумали о том, чтобы создать центр развития новых технологий и образования при Московском госуниверситете", — сказал он на встрече. По словам Рогозина, новая структура должна стать мощным связующим звеном между МГУ и всей российской

фундаментальной и практической военной наукой.

"Буду благодарен вам за новые идеи, за дерзость, которую вы будете проявлять в ваших работах. Мы в вас крайне заинтересованы", — сказал Рогозин, обращаясь к студентам университета.



ФИЗФАК ПРЕДСТАВИЛ СВОИ РАЗРАБОТКИ НА "ДНЕ ИННОВАЦИЙ" МИНОБОРОНЫ РФ

20 августа 2013 г. впервые в Москве в ЛФК ЦСКА прошел День инноваций Министерства обороны Российской Федерации. Физический факультет представил свои новейшие разработки.

Состоялся выставочный показ передовых достижений, инновационных технологий и разработок научных организаций и предприятий промышленности в интересах Вооруженных Сил Российской Федерации. Это мероприятие может стать эффективным инструментом в обеспечении реализации Министерством обороны России государственной политики в области инновационных исследований, разработок и технологий в интересах обороны и безопасности страны. Планируется, что выставка станет ежегодной основной площадкой демонстрации инноваций в военной области.

Московский университет принял участие в данном мероприятии с выставочной экспозицией "Технологии специального назначения". В экспозиции приняли участие физический, механико-математический, химический,

биологический и факультет психологии МГУ, а также НИИ механики и НИИЯФ МГУ. Подразделения МГУ представили как информационные стенды с описанием новейших разработок сотрудников по спецтематике, так и образцы оборудования.

В экспозицию физического факультета МГУ вошли новейшие боевые радиотехнические комплексы обеспечения информационной безопасности органов государственной власти, сверхвысокоскоростные системы связи и передачи данных с близкими к предельным характеристиками, сверхширокополосная радиолокационная система сверхвысокого разрешения, а также последние разработки приборов в области радиофизики, электроники нового поколения, новые глубоководные акустические антенны с радиусом действия в сотни километров и

принципиально новые устройства для гиперзвуковых полетов.

В экспозицию НИИ механики вошел комплекс робототехники в составе: экзоскелетон пассивный, экзоскелетон активный, робот и устройство для обезвреживания взрывоопасных предметов и робот «Кронус». Экспозицию факультета психологии составили полиграф «Диана- 4», установка для регистрации движений глаз (Eye Tracker "SMI RED 500"), портативные электроэнцефалографы-регистраторы, установка виртуальной реальности, комплект системы диагностики водителя.

Официальная делегация во главе с министром обороны Шойгу С.К. и заместителем министра обороны Остапенко О.Н. отметила высокий научный и практический уровень экспозиции Московского университета.



День

информационных технологий на физическом факультете МГУ при поддержке компании "ASUS"

14 мая 2013 г. на физическом факультете МГУ был проведен "День информационных технологий" при поддержке компании ASUS. Программа дня открылась вступительной лекцией зам. декана физического факультета МГУ, проф. В.Н. Задкова на тему "Влияние физики на прогресс информационных технологий". Кроме того,

в программу мероприятия входили выставка современного оборудования ASUS, игровая площадка с мощными ноутбуками, лекции от ведущих лидеров IT-рынка, увлекательные конкурсы, викторины и море призов. Главный приз в лотерее: ноутбук с сенсорным экраном в стильном металлическом корпусе ASUS VivoBook

S300CA! Вкусный сюрприз ожидал всех в финале мероприятия. Наряду со студентами и аспирантами факультета в Дне информационных технологий приняли самое активное участие и школьники старших классов школ, с которыми у физического факультета существуют тесные партнерские отношения.

Журнал "Вестник МГУ. Физика и астрономия."



По данным опубликованного в июне 2013 года Journal Citation Report (Thomson Reuters) за 2012 год журнал "Вестник Московского Университета. Серия 3. Физика и Астрономия" (Moscow University Physics Bulletin) снова увеличил свой импакт-фактор до 0.225 Впервые импакт-фактор у журнала был посчитан в 2010 году и с тех пор трехлетний тренд демонстрирует положительную динамику:

IF-2010=0.143, IF-2011=0.199 и IF-2012=0.225.

ИНФОРМАЦИЯ О ЖУРНАЛЕ

"Вестник Московского университета. Серия 3. Физика и астрономия" (издается с 1946 г.) — авторитетное научное издание, статьи и материалы журнала отражают тематику важнейших направлений теоретических и экспериментальных исследований по всему кругу научных вопросов, изучаемых на физическом факультете МГУ.

С "Вестником Московского университета" сотрудничают известные ученые физического

факультета МГУ. Печатаются работы, написанные по материалам выполненных и защищаемых в Московском университете докторских диссертаций, публикуется информация о научной жизни факультета, конференциях и дискуссиях, проходящих в университете, о книгах, учебниках и учебных пособиях, авторами которых выступают сотрудники. Журнал "Вестник Московского университета" рассчитан на научных работников, преподавателей высшей и средней школы, аспирантов, студентов, всех, кто интересуется достижениями российской науки.

Журнал издается один раз в два месяца (6 выпусков в год). Веб-сайт журнала:

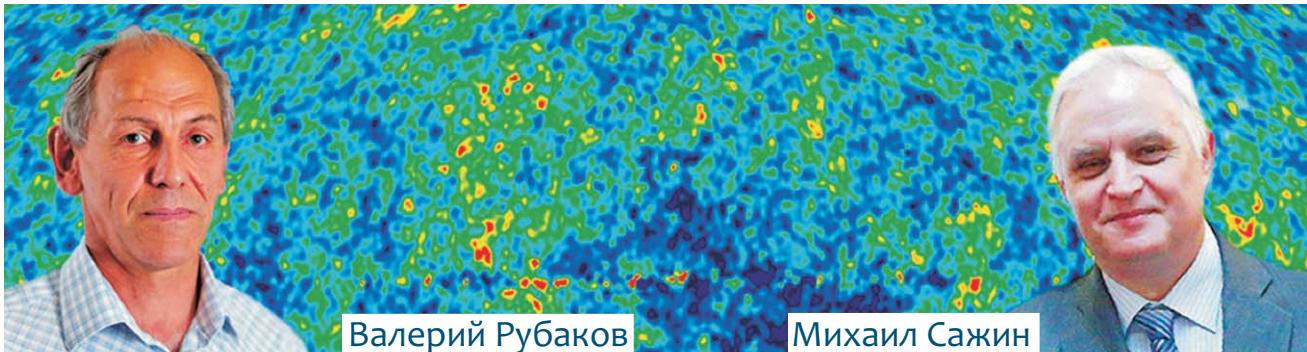
<http://vmu.phys.msu.ru/ru/>.

На русском языке электронная версия журнала в настоящее время размещена на сайте физического факультета МГУ и находится в свободном доступе по адресу: <http://www.phys.msu.ru/rus/research/vmuphys/archive/>.

На английском языке журнал распространяется с 2007 года издательством Springer на платформе издательства по адресу:

<http://www.springerlink.com/content/0027-1349>.

ПРЕМИИ / НАГРАДЫ



Валерий Рубаков

Михаил Сажин

Ломоносовская премия первой степени за научную работу была присуждена в 2012 году заведующему кафедрой физики частиц и космологии физического факультета МГУ, профессору, академику РАН В.А. Рубакову и главному научному сотруднику Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга МГУ, профессору М.В Сажину за цикл работ

Реликтовое излучение и современная космология

Реликтовое микроволновое излучение служит одним из основных источников информации о свойствах нашей Вселенной на самых разных этапах ее эволюции. Оно представляет собой электромагнитные волны-фотоны — с планковским спектром излучения черного тела, характеризуемым температурой 2,725 К. Реликтом его называют потому, что оно было излучено на довольно ранней стадии расширения Вселенной, когда температура вещества в ней составляла 3000 К, а ее возраст равнялся 370 тысяч лет (для сравнения, возраст современной Вселенной — 13,8 млрд лет). В ту эпоху произошел переход вещества из состояния плазмы, непрозрачной для фотонов, в газообразное состояние, которое, наоборот, прозрачно. С тех пор реликтовые фотоны распространяются по Вселенной почти свободно, практически не испытывая взаимодействий с веществом (их длина волн увеличивается из-за растяжения пространства, а температура, соответственно, уменьшается). Таким образом, наблюдая реликтовое излучение, приходящее с разных направлений на небесной сфере, мы получаем фотографию (в буквальном смысле слова) Вселенной в возрасте 370 тыс. лет.

Реликтовое излучение не изотропно: fotoны, приходящие с различных направлений на небесной сфере, имеют несколько разные температуры, см. рис. 1. Связано это в первую очередь с тем, что наша Вселенная неоднородна: в ней есть галактики, скопления и сверхскопления галактик, а есть и

гигантские пустоты, в которых галактик очень мало. Все эти объекты образовались из первичных неоднородностей, которые существовали и тогда, когда были излучены реликтовые photoны. Только в то время амплитуды неоднородностей была совсем другими: их относительная величина составляла 10^{-4} – 10^{-5} . Такую же величину составляют вариации температуры реликтового излучения в зависимости от направления на небесной сфере, что и показано на рис. 1: отклонения температуры от средней лежат в диапазоне (-200 , $+200$) $\mu\text{K} = (-2 \cdot 10^{-4}, 2 \cdot 10^{-4})$ К при средней температуре 2,7 К.

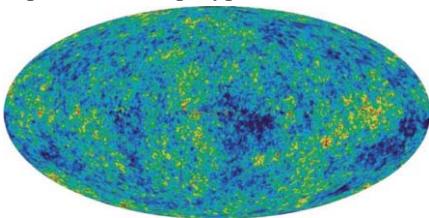


Рис. 1: Распределение температуры реликтового излучения по небесной сфере. Цвет показывает отклонение температуры от среднего значения.

Откуда взялись эти первичные неоднородности, столь необходимые для образования галактик и в конечном итоге для нашего существования? Каков механизм их образования в ранней Вселенной? Наиболее популярной теорией, дающей ответ на этот вопрос является теория космологической инфляции — чрезвычайно быстро, экспоненциального расширения Вселенной, предшествовавшего горячей стадии космологической эволюции. В соответствии с этой

теорией, первичные неоднородности — это усиленные вакуумные квантовые флуктуации поля, ответственного за инфляцию — инфлатона. Такая картина согласуется со всем, что мы сегодня знаем о Вселенной, в том числе она в деталях описывает наблюдаемые свойства реликтового излучения.

Однако помимо гипотетического поля инфлатона в природе существует и гравитационное поле. Его вакуумные квантовые флуктуации тоже должны усиливаться во время инфляции и превращаться в гравитационные волны. Современные длины этих волн должны находиться в очень широком диапазоне, захватывающем размер всей видимой части Вселенной, а их амплитуды определяются плотностью энергии во Вселенной в эпоху инфляции. Существование таких гравитационных волн — пожалуй, наиболее яркое предсказание инфляционной теории, отличающее ее от других сценариев начала эволюции Вселенной.

В 1982 г. В.А.Рубаков и М.В.Сажин, тогда молодые научные сотрудники, совместно со своим молодым коллегой А.В. Весякиным, сейчас работающим в Австралии, показали, что гравитационные волны, рожденные во время инфляции, приводят к специфическим вкладам в зависимость температуры реликтовых фотонов от направления на небесной сфере — анизотропии реликтового излучения. В то время анизотропия реликтового излучения еще не была открыта, имелись только ограничения на ее величину.

Тем не менее, исходя из этих ограничений авторами был сделан вывод о том, что плотность энергии во Вселенной в инфляционную эпоху была по крайней мере на шесть порядков меньше так называемой планковской плотности. Важность этого вывода связана с тем, что при планковской плотности обычные представления о пространстве и времени, так же как и уравнения теории гравитации перестают быть справедливыми: при таких плотностях должна работать квантовая теория гравитации, о которой не известно почти ничего. Вывод Рубакова, Сажина и Веряскина говорил о том, что инфляция происходила в режиме, далеком от квантовой гравитации, то есть результатам инфляционной теории можно доверять.

Значение обсуждаемой работы состоит в том, что она показала, что наиболее эффективным путем поиска гравитационных волн, образовавшихся на инфляционной стадии, является исследование свойств реликтового излучения. Именно этим путем идет сегодня наблюдательная космология во всем мире. Первое свидетельство существования анизотропии реликтового излучения было получено в российском спутниковом эксперименте Реликт. Одним из наиболее сложных и ответственных аспектов этого эксперимента, как и последующих экспериментов по исследованию реликтового излучения, была обработка

данных, получаемых со спутника. Важнейший вклад в эту работу был сделан М.В.Сажиным. Именно благодаря этой работе удалось выделить слабый сигнал, связанный с анизотропией реликтового излучения на больших угловых масштабах. Сегодня анизотропия реликтового излучения измерена в широком диапазоне угловых масштабов, от максимально больших (десятка градусов) до нескольких минут дуги, см. рис. 2.

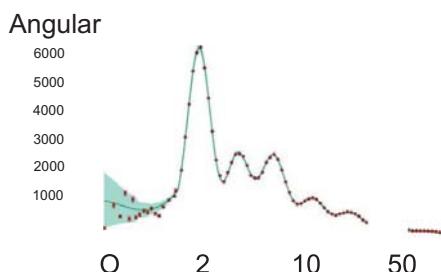


Рис. 2. Угловой спектр анизотропии реликтового излучения. Верхняя горизонтальная шкала показывает угловой масштаб, вертикальная шкала — величина анизотропии. Например, пик на масштабе 1 градус соответствует выраженным "горячим" и "холодным" пятнам с угловым размером около 1 градуса.

В реликтовом излучении закодирована информация не только о ранней Вселенной, но и об особенностях космологии на сравнительно поздних стадиях, включая современную. Здесь особый интерес представляет изучение темной энергии, обуславливающей ускоренное расширение Вселенной в современную эпоху. Среди гипотез, относящихся к

темной энергии, выделяется гипотеза об увеличении (!) плотности темной энергии по мере расширения Вселенной. Такой тип темной энергии называют фантомным. Долгое время считалось, что с теоретической точки зрения такая возможность является внутренне противоречивой.

Однако В.А. Рубаков с соавторами в 2006–2007 гг. предъявили конкретную модель теории поля, в которой реализуется фантомное поведение темной энергии. Характерной особенностью этой модели, как и других предложенных впоследствии, является рост неоднородностей на поздних временах, связанный с длинноволновыми неустойчивостями. Как показали В.А.Рубаков и М.В.Сажин с соавторами, эти неоднородности приводят к специфическим особенностям анизотропии и реликтового излучения на больших угловых масштабах. Их анализ привел к сильным ограничениям на параметры фантомной темной энергии и позволил исключить целый класс фантомных моделей.

Таким образом, работы В.А.Рубакова и М.В.Сажина служат хорошей иллюстрацией того, что исследование свойств реликтового излучения является ключом к разгадке многих тайн нашей Вселенной. Неудивительно, что эта область активно развивается во всем мире. Достойный вклад в ее развитие вносят сотрудники физического факультета и ГАИШ МГУ.

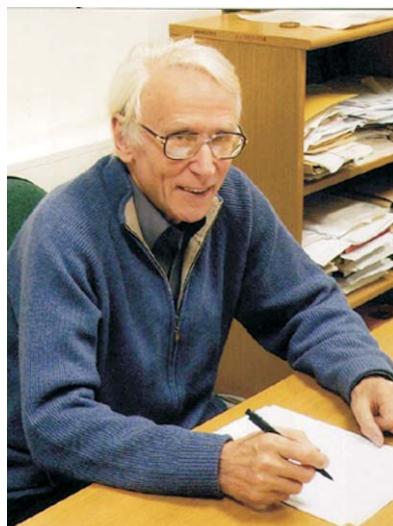
Андрей Алексеевич Славнов — лауреат премии Померанчука 2013 г.

математических наук, профессор Андрей Алексеевич Славнов.

Премия имени Исаака Яковлевича Померанчука присваивается ежегодно за выдающиеся достижения в области теоретической физики Международным комитетом Премии, формируемым с участием Научно-технического совета Института теоретической и экспериментальной физики.

Лауреатами Премии за 15 лет ее существования были такие выдающиеся ученые, как Е.Л.Фейнберг, Л.Д.Фаддеев, Л.Б.Окунь, В.А.Рубаков, F. Dyson, J. Maldacena и др.

А.А. Славнов — выдающийся российский физик-теоретик, действительный член РАН и Международной ассоциации математической физики, лауреат Государственной премии России, других российских и международных премий. Основные труды — в области квантовой теории поля. Он руководит отделом теоретической физики Математического института им. В.А. Стеклова РАН, заведует кафедрой теоретической физики физического факультета МГУ им.М.В.Ломоносова.



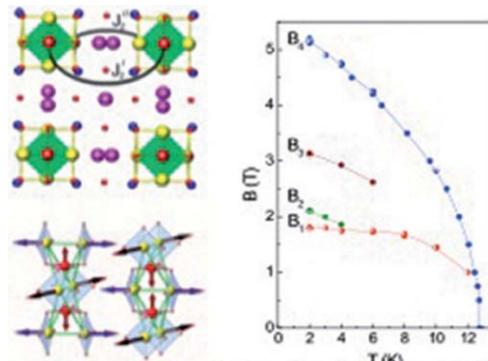
По решению Международного комитета лауреатом премии И.Я. Померанчука в 2013 г. стал академик РАН, доктор физико-

**Ольга
Волкова —
лауреат премии I степени
на конкурсе Молодых ученых МГУ 2013**

Цикл научных работ "Квантовые кооперативные явления в твердых телах" старшего научного сотрудника кафедры физики низких температур и сверхпроводимости физического факультета, к.ф.-м.н. Ольги Сергеевны Волковой, удостоенный 1-й премии на конкурсе работ молодых ученых МГУ 2013 года, охватывает широкий спектр физических явлений, реализующихся в спиновых жидкостях и низкоразмерных магнетиках в широком интервале температур и в сильных магнитных полях.

Среди наиболее ярких научных результатов представленного цикла можно отметить следующие:

- Установление квантового основного состояния системы $\text{Ba}_3\text{Cu}_3\text{In}_4\text{O}_{12}$ с уникальной топологией магнитной подсистемы, составленной из "бумажных цепочек" меди $S = 1/2$, с общей архитектурой трехмерной решетки Шастри-Сазерленда.
- Установление базовых характеристик нитрозония нитрата меди $(\text{NO})[\text{Cu}(\text{NO}_3)_3]$ вблизи квантовой критической точки Нерсесяна – Цвелика.
- Обнаружение низкоразмерных антиферромагнетиков $\text{Li}_2\text{CuZrO}_4$, AgFeO_2 , $\text{Cr}_3(\text{PO}_4)$, $\text{Cu}_2\text{As}_2\text{O}_7$ с потенциалом мульти-ферроэлектрических свойств.



Фрагмент кристаллической и магнитной структур.
Магнитная фазовая диаграмма $\text{Ba}_3\text{Cu}_3\text{In}_4\text{O}_{12}$.

**Профессор Анатолий Петрович Сухоруков
награжден
орденом Дружбы**

В соответствии с указом Президента РФ № 491 от 18 мая 2013 года за "заслуги в области образования и многолетнюю плодотворную работу" заведующий кафедрой фотоники и физики микроволн физического факультета МГУ профессор





Л.А. Осминкина — к.ф.м.н., ассистент кафедры общей физики и молекулярной электроники физического факультета МГУ, специалист в области физики низкоразмерных структур, твердотельной оптоэлектроники, сенсорики, а также в области биомедицинских приложений твердотельных нанообъектов.

Она внесла значительный вклад в разработку научных основ методов получения новых уникальных видов нетоксичных и биодеградируемых нанокомпозитных материалов на основе кремни-

Любовь Осминкина — СТИПЕНДИАНТ КОНКУРСА Л'ОРЕАЛЬ 2012

Л.А.Осминкина стала стипендиатом конкурса 2012 года "Для женщин в науке", учрежденным Л'Ореаль Россия при поддержке комиссии Российской федерации по делам Юнеско и Российской Академией Наук.

евыхnanoструктур, которые предназначены для использования в сенсорике и биомедицине, в том числе для диагностики и лечения социально-значимых заболеваний.

В ее работах проведены комплексные фундаментальные исследования физико-химических свойств и биосовместимости наночастиц кремния, предложены и реализованы физические методы активации наночастиц для использования в медицине.

Ею впервые было предложено использовать биосовместимые кремниевые наночастицы как усилители действия ультразвука (соносенсилизаторы) для уничтожения раковых клеток, и доказана эффективность предложенного метода в сериях физических и биологических эксперимен-

тах. Также впервые было продемонстрировано противовирусное действие наночастиц кремния по отношению к вирусам иммунодефицита человека (ВИЧ) и респираторных заболеваний (РСВ вирус) и предложено использовать кремниевые наночастицы в качестве антивирусных агентов, препятствующих передаче ВИЧ и РСВ.Л.А. Осминкина автор 37 статей в реферируемых журналах, в том числе с высоким рейтингом, 62 опубликованных тезисов докладов на российских и международных конференциях, 1 патента РФ и 3 заявок на патент.

Проводимые Л.А. Осминкиной работы были неоднократно поддержаны российскими и международными грантами.

ДИССЕРТАЦИИ



В июне 2012 г. состоялась защита докторской диссертации доцента кафедры акустики

Веры Александровны Хохловой

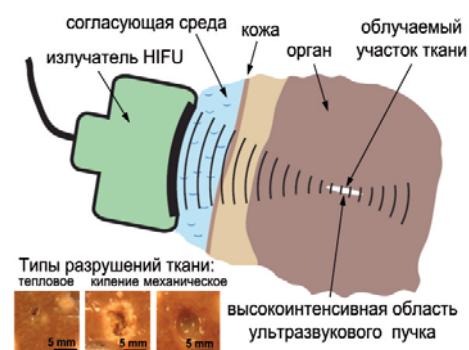
на тему

**"ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СЛАБЫХ УДАРНЫХ ВОЛН
В ДИССИПАТИВНЫХ
И СЛУЧАЙНО-НЕОДНОРОДНЫХ СРЕДАХ
ПРИМЕНITЕЛЬНО К ЗАДАЧАМ
МЕДИЦИНСКОЙ И АТМОСФЕРНОЙ АКУСТИКИ".**

В диссертационной работе рассматриваются нелинейно-дифракционные волновые явления в акустических средах со сложным частотным законом поглощения и случайно-неоднородных средах. Основные области приложений полученных результатов — медицинский ультразвук и аэроакустика. На сегодняшний день именно в этих областях науки результаты фундаментальных исследований по нелинейной акустики успешно реализуются на практике. Так, в

последние годы интенсивно развивается направление неинвазивной ультразвуковой хирургии с использованием фокусированного ультразвука большой интенсивности (рис. 1).

Рис. 1. Фокусировка нелинейных волн в поглощающих средах типа биологической ткани. Практические приложения: медицинские приложения ультразвука, например, разрушение биоткани мощным фокусированным ультразвуком.



Широко используются нелинейные методы ультразвуковой медицинской диагностики, основанные на генерации в среде высших гармоник. Задачи, связанные с развитием различных моделей случайно-неоднородных сред и исследованием распространения волн в турбулентной атмосфере привлекают к себе повышенное внимание в связи с развитием сверхзвуковой гражданской авиации и проблемы звукового удара (рис. 2).

Особенностью работы является использование численного моделирования как инструмента в решении рассматриваемых

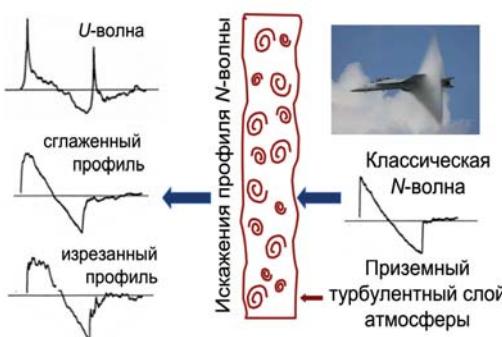


Рис. 2. Распространение нелинейных волн в случайно-неоднородных средах. Практические приложения: проблемы шумовой экологии, например, задача о распространении звукового удара от сверхзвуковых самолетов в турбулентной атмосфере.

задач в комплексе с физическими экспериментами. Такой подход в совокупности с разработанными под конкретные экспериментальные установки численными алгоритмами позволил не только существенно расширить круг поддающихся решению задач, но и обеспечить новый, более высокий уровень исследований в областях терапевтического ультразвука и аэроакустики.

В мае 2012 г. состоялась защита докторской диссертации доцента кафедры общей физики и волновых процессов

Ольги Григорьевны Косаревой

на тему

"ФИЛАМЕНТАЦИЯ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРОЗРАЧНЫХ СРЕДАХ".

В диссертационной работе рассматривается явление филаментации мощного фемтосекундного лазерного излучения, которое состоит в локализации энергии светового поля в тонкой протяженной нити филамента под действием самофокусировки в среде и нелинейности в самонаведенной лазерной плазме, ограничивающей коллапс пучка. Теоретические исследования автора выполнены совместно с рядом экспериментальных групп из России и других стран.

В работе исследованы как фундаментальные, так и прикладные аспекты явления. Автором построена физическая картина формирования одного филамента и их множества, признанная в настоящее время во всем мире. Проведены фундаментальные исследования самокомпрессии импульса в узкой приосевой области фемтосекундного филамента, пока-зана возможность генерации импульсов длительностью около 5 фс.

Такие высокоинтенсивные импульсы ($100 \text{ ТВт}/\text{см}^2$) из нескольких колебаний светового поля являются эффективным средством для генерации высших гармоник, лежащих в ультрафиолетовом и рентгеновском спектральных диапазонах, и аттосекундных импульсов.

Автором проведены фундаментальные исследования наведенного сильным полем филамента двулучепреломления. Фундаментальные закономерности этого явления, открытые автором, представляют значительный интерес с точки зрения генерации терагерцового излучения за счет смешения основной и второй гармоник излучения.

Прикладные исследования, представленные в работе, связаны, в первую очередь, с удаленным экологическим зондированием атмосферы. Сверхширокий спектр излучения суперконтинуума, сопровождающего филаментацию фемтосекундного излучения, после прохождения слоев атмосферы несет информацию о ее составе.



Спектральный анализ суперконтинуума позволяет оценить уровень загрязнения атмосферы. Для такой же функции может быть использована флуоресценция лазерной плазмы филаментов. Автором предложен ряд методов увеличения сигнала этой флуоресценции. В настоящее время О.Г. Косарева ведет исследования в области нелинейной оптики фемтосекундных филаментов, т.е. совокупности явлений, протекающих в филаменте, который может рассматриваться для них нестационарной средой. Совместно с научным сотрудником МЛЦ Н.А. Пановым, студентами В.А. Андреевой и Д.Е. Шипило она получила ряд важных результатов в области генерации перестраиваемого оптического и терагерцового излучения, двулучепреломления и др.

ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ 2013 по физике

15–19 апреля 2013 года на физическом факультете МГУ работала Секция физики конференции "Ломоносовские чтения 2013". Конференция проводится в МГУ ежегодно и традиционно приурочена к дням торжественного открытия занятий в Московском университете при его основании. На физфаке по итогам конференции издается сборник расширенных тезисов докладов Секции, электронная версия которого публикуется также на сайте факультета.

На Секции в течение пяти дней было прочитано 57 докладов, работало 8 подсекций под руководством профессоров факультета. В работе конференции приняло участие более 120 преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и студентов физического факультета. Были представлены, среди прочих, доклады по материалам практически завершенных докторских диссертаций, а также работы, выдвигаемые на соискание Премии имени М.В.Ломоносова за лучшую научную работу.



10 апреля 2013 года на физическом факультете МГУ работала Секция "Физика" XX Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных "Ломоносов". Конференция проводилась в рамках Международного научного молодежного форума "Ломоносов-2013". Тезисы докладов Секции представлены на сайте

ХХ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ "ЛОМОНОСОВ"

Международного научного портала "Ломоносов", а также на сайте физического факультета.

В рамках Секции работало 16 тематических подсекций, а также подсекция стендовых докладов. Всего было прочитано около 300 докладов, на стендовой подсекции представлено 40 докладов. Для участия в работе Секции зарегис-

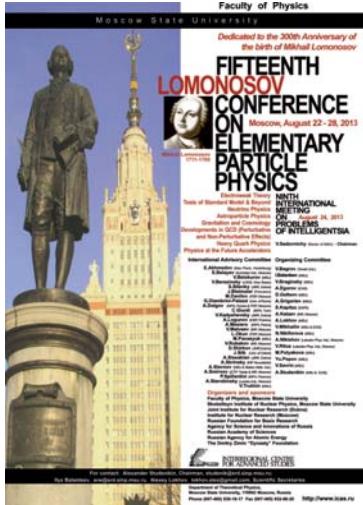
трировались 408 человек. Среди участников 227 представителей Москвы и 149 человек из других городов России, 32 человека из стран СНГ и дальнего зарубежья. Из общего числа всех участников 162 человека являются студентами, аспирантами и молодыми учеными Московского университета.

9-я Всероссийская конференция "Нитриды галлия, индия и алюминия: структуры и приборы"

13–15 июня 2013 года в Москве на физическом факультете МГУ совместно с ФТИ имени А.Ф.Иоффе РАН была проведена 9-я Всероссийская конференция "Нитриды галлия, индия и алюминия: структуры и приборы". Конференция продолжила традиции Рабочих Совещаний (1997–2000 гг.) и Всероссийских конференций (2001–2011 гг.), проводившихся поочередно в Москве и Санкт-Петербурге.

На конференции в течение трех дней было прочитано 55 докладов, представлено 75 докладов. В рамках конференции прошел круглый стол "Промышленное применение технологий нитридных полупроводников". Всего в работе конференции приняло участие более 200 представителей научно-исследовательских институтов, университетов, КБ, НПО, компаний и предприятий из России и зарубежных стран.





В МГУ им. М.В.Ломоносова с 22 по 28 августа 2013 г. прошла 16-я Международная Ломоносовская конференция по физике элементарных частиц. Данная серия конференций проводится в МГУ с 1992 года под патронажем ректора МГУ академика В.А. Садовничего. Мероприятие было посвящено 80-летию физического факультета МГУ.

В научную программу конференции вошло более 150 докладов известных ученых из 23 стран. Были охвачены актуальные проблемы физики элементарных частиц и высоких энергий, гравитации и космологии. Центральное место в программе было отведено бозону Хиггса, недавно зарегистрированному на Большом

16-я Международная Ломоносовская конференция по физике элементарных частиц

адронном коллайдере (БАК) в ЦЕРНе.

Открытие конференции состоялось 22 августа в день столетия со дня рождения всемирно известного ученого академика Бруно Максимовича Понтекорво (1913-1993), внесшего определяющий вклад в развитие физики нейтрино. Он более сорока лет работал в Объединенном институте ядерных исследований (Дубна) и почти 20 лет возглавлял кафедру физики элементарных частиц физического факультета МГУ.

Значительная часть конференции была посвящена обсуждению новейших достижений в физике нейтрино. Юбилей со дня рождения Бруно Понтекорво был также отмечен проведением на конференции круглого стола на тему "Удивительное нейтрино: от Паули, Ферми и Понтекорво до перспектив сегодняшнего дня". На конференции состоялся премьерный показ художественно-публицистического фильма известного итальянского продюсера Джузеппе Мускарди "Максимович. Жизнь Бруно Понтекорво".

Важнейшим научным событием конференции явилось обнародование в заключительном докладе профессора Митсуаки Нозаки (Национальная лаборатория физики высоких энергий — КЕК, Япония) окончательного решения японского правительства о месте строительства будущего Международного линейного коллайдера (ILC), который должен быть введен в эксплуатацию после окончания работы БАК в ЦЕРНе. В докладе было объявлено, что Международный линейный коллайдер будет размещен в Китаками (департамент Тохоку).

Ещё одним кульминационным событием конференции стал доклад директора Департамента науки и технологий Министерства образования и науки РФ С.В.Салихова, в котором был дан обзор важнейших международных проектов в области физики высоких энергий. Участие в этих проектах российских ученых осуществляется при значительной финансовой поддержке министерства.

ФИЗФАК – ШКОЛЕ



ЛЕТНЯЯ ШКОЛА УЧИТЕЛЕЙ

С 26 по 28 июня 2013 г. на физическом факультете состоялась III Всероссийская летняя школа учителей физики. На школу приехали 169 учителей из 22 регионов Российской Федера-

ции. Помимо Москвы и Московской области были представлены города Великий Новгород, Владимир, Тула и Чита, Волгоградская, Курская и Нижегородская области, республики Ка-

релия, Чувашия и Татарстан, Кировская, Ростовская, Самарская и Свердловская области, республики Башкортостан, Мордовия и Удмуртия, Пермский и Ставропольский края и другие.

Особые приглашения были высланы учителям, которые стали победителями конкурса учителей олимпиады "Ломоносов" по физике — подготовили наибольшее количество победителей и призеров отборочного этапа этой олимпиады в 2012–2013 учебном году.

После заключительного этапа олимпиады лучшим учителям по решению Ученого совета физического факультета были вручены свидетельства, удостоверяющие высокий уровень подготовки учеников по физике.

Все три дня на школе велась очень насыщенная работа.

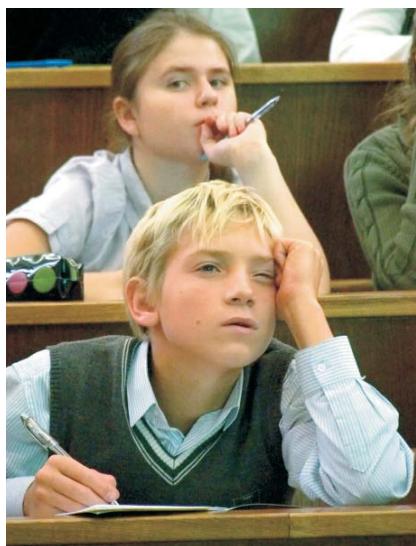
Ведущими учеными и препода-

вателями физфака были прочитаны лекции по актуальным проблемам современной физики и астрономии: космологии, биофизике, синергетике, лазерным и нано- технологиям. Кроме того, был прочитан цикл лекций по методикам преподавания различных разделов физики, подготовки школьников к олимпиадам и организации их исследовательской и проектной деятельности.

Для участников школы состоялись экскурсии в Государственный астрономический институт имени П.К.Штернберга, НИЦ "Курчатовский институт", ботанический сад и музей землеведения МГУ. Перед

учителями выступили зав. астрономического отделения академик А.М.Черепашук, зав. кафедрой физики наносистем чл.-корр. РАН М.В.Ковальчук, зав. кафедрой общей физики профессор А.М.Салецкий, зав. кафедрой биофизики профессор В.А.Твердислов, зам. декана физического факультета профессор А.А.Федянин и многие другие сотрудники факультета.

Школа прошла очень успешно, и физический факультет будет продолжать и развивать сотрудничество с сообществом учителей физики на благо российского образования.



Центр дистанционного образования был создан на физическом факультете МГУ в 2007 г. в рамках "Инновационные технологии в образовании". Целью создания центра является внедрение современных технологий дистанционного обучения в образовательный процесс.

На сегодняшний день дистанционное обучение является одним из наиболее перспективных инновационных направлений в сфере профессионального повышения квалификации и совершенствования мастерства специалистов.

В сравнении с традиционным такой вид образования обладает рядом преимуществ, главными из которых являются экономия времени и средств, обучение без отрыва от основной деятельности, индивидуальный подход к каждому слушателю и возможность выбрать удобный темп обучения.

ЦЕНТР ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ФИЗИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ

На протяжении нескольких лет Центр дистанционного образования МГУ в рамках своей деятельности проводит курсы повышения квалификации школьных учителей по различным направлениям.

Курсы краткосрочного повышения квалификации разработаны лучшими преподавателями факультетов МГУ и направлены на знакомство учителей с актуальными вопросами в предметных областях. Кроме того, на курсах рассматриваются современные психолого-педагогические проблемы, что позволяет расширить методическую базу учителя. Программы курсов затрагивают не только общеобразовательные предметы, но и межпредметные области, и могут быть интересны учителям различного профиля.

Центр дистанционного образования физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова предлагает школьным учителям обучение по следующим программам повышения квалификации:

- учитель физики в современной информационной среде;
- учитель физики в системе дополнительного образования;
- создание дистанционных курсов в системе Moodle;

— УМК по физике как средство достижения предметных и метапредметных результатов освоения основной образовательной программы образовательного учреждения (УМК "Физика" А.В. Прышкина).

Особое внимание стоит уделить совершенно новому курсу "Создание дистанционных курсов в системе Moodle".

Система Moodle предназначена для организации дистанционного взаимодействия преподавателя с учениками и на текущий момент активно используется в более чем 200 странах мира. В курсе рассмотрены основные возможности и компоненты системы Moodle, ориентированной прежде всего на организацию взаимодействия между преподавателем и учениками и подходящей как для организации традиционных дистанционных курсов, так и для поддержки очного обучения в формате смешанного образования.

Следующее направление развития дистанционного образования в ЦДО МГУ — подготовительные курсы. Цель ЦДО помочь школам в дополнительной подготовке школьников по физике (Механика, Молекулярная физика

Оптика), математике (Алгебра и Тригонометрия) и астрономии (5–11 классы). Для этого разработаны специальные программы обучения, позволяющие слушателям дистанционного образования просматривать подготовленные интерактивные курсы физических демонстраций и обучаться по специально подготовленным лекциям, участвовать удаленно в семинарах, решая задачи под контролем ведущих преподавателей физического факультета. Слушатель дистанционных курсов может проходить обучение, используя подключение в интернет из компьютерных классов школы или из дома, в любое время свободное от основных школьных занятий. При этом на выполнение семинарских заданий преподавателями курсов отводится ограниченное время с учетом школьной занятости слушателя.

Все это направлено на увеличение общей подготовки школьников, расширению их кругозора, а также на преодоление проблем школ, связанных с демонстрационным оснащением учебных кабинетов, проведением олимпиад по физике и математике регионального и всероссийского масштаба.

Интенсивная учебная работа направлена также и на подготовку школьников к вступительным олимпиадам и экзаменам в ведущие вузы страны, в том числе на подготовку к Московской олимпиаде для школьников и Олимпиаде Ломоносова по физике, заочный отборочный тур которой также проходит на портале ЦДО distant.phys.msu.ru. В 2012–2013 учебном году в дистанционной олимпиаде приняло участие более 5000 участников.

Дистанционные курсы создавались в расчете не только на индиви-

дуально записавшихся слушателей, но и на школьные образовательные учреждения, которые вступили в сотрудничество с физическим факультетом МГУ. Физфак МГУ уже давно ведет работу со школами различных городов России. Партнерство со школами — это работа факультета с учителями, с конкретными учениками, которых направляют на обучение школы. Происходит обмен опытом, повышение квалификации учителей. Школы получают доступ к методическим материалам и пособиям, а учащиеся — возможность обучаться на курсах МГУ.

Совсем недавно Центр дистанционного образования МГУ совместно с Алтайским государственным техническим университетом им. И.И. Ползунова и Тюменским политехническим университетом в целях внедрения в учебный процесс современных информационных интерактивных технологий создали межуниверситетский учебно-исследовательский ресурсный центр "Современная физика". Основные направления данного ресурса — обеспечение доступа участников проекта к размещенным в центре информационным ресурсам, проведение научно-исследовательских работ по созданию и внедрению современных информационных интерактивных технологий, обладающих мультимедийной насыщенностью, в образовательный процесс.





Научное издание

Бюллетень "НОВОСТИ НАУКИ"

Физический факультет МГУ

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

Дизайн и верстка: И.А. Силантьева

Фотограф С.А. Савкин

Подписано в печать 16.10.2013. Тираж 500 экз.
Заказ №

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

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии МГУ имени М.В.Ломоносова