

НАУКА **В мире**

Сокращенная версия

экспресс

№ 8 (1), 11 ноября 2014 г.

Сергей Морозов о настоящем и будущем графена как материала для наноэлектроники

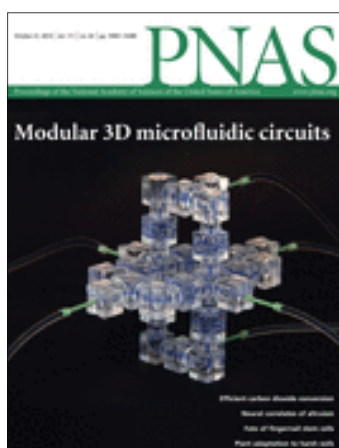
стр. 9

Как продукт гена *Plekha7* связан с повышенным артериальным давлением — комментарий Александра Старущенко

стр. 8

ТОП-10: краткий обзор десяти самых интересных научных публикаций недели в журналах Nature, PNAS, Science

стр. 5



Издание «НАУКА В МИРЕ. Экспресс» №8 (1)
Сокращенная версия журнала «НАУКА В МИРЕ»
11 ноября 2014 года
Издается еженедельно

УЧРЕДИТЕЛЬ

Общероссийская общественная организация
«Российская ассоциация содействия науке»
Свидетельство о регистрации СМИ:
Эл № ФС77-59570 от 10 октября 2014 года



ПРЕДСЕДАТЕЛЬ ПРЕЗИДИУМА RASCH

Евгений Павлович ВЕЛИХОВ,
академик РАН, Почетный секретарь
Общественной палаты РФ,
президент НИЦ «Курчатовский институт»

ПЛЕНУМ RASCH

Виктор Лазаревич АКСЕНОВ,
директор Петербургского института
ядерной физики им. Б.П. Константинова

Жорес Иванович АЛФЕРОВ,
академик РАН, вице-президент РАН,
член Комитета Государственной Думы
по науке и наукоемким технологиям

Лев Яковлевич БОРКИН,
почетный председатель Правления
Санкт-Петербургского союза ученых

Максим Валерьевич ВИКТОРОВ,
первый заместитель председателя
Президиума Российской ассоциации
содействия науке, председатель
Совета Фонда инвестиционных программ

Олег Васильевич ИНШАКОВ,
президент Волгоградского государственного
университета

Александр Николаевич КАНЬШИН,
председатель Совета Национальной ассоциации
объединений офицеров запаса
Вооруженных Сил РФ

Михаил Валентинович КОВАЛЬЧУК,
член-корреспондент РАН, директор
НИЦ «Курчатовский институт»

Николай Александрович КОЛЧАНОВ,
академик РАН, директор Института
цитологии и генетики СО РАН

Юрий Николаевич КУЛЬЧИН,
академик РАН, директор Института автоматики
и процессов управления ДВО РАН

Андрей Викторович ЛОГИНОВ,
заместитель руководителя Аппарата
Правительства РФ

Георгий Владимирович МАЙЕР,
Президент Национального исследовательского
Томского государственного университета,
член Совета Российского союза ректоров

Вера Александровна МЫСИНА,
старший научный сотрудник
Института общей генетики РАН

Валерий Александрович ТИШКОВ,
академик РАН, директор Института этнологии
и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая РАН

Валерий Александрович ЧЕРЕШНЕВ,
академик РАН, академик РАН,
председатель Комитета Государственной Думы
по науке и наукоемким технологиям,
член Консультативного совета Фонда «Сколково»

ИЗДАТЕЛЬ ЖУРНАЛА

Медиагруппа «Вся Россия» (ООО «ВР Медиа Групп»)

Генеральный директор

Сергей Валерьевич КАЛМЫКОВ,
руководитель Комиссии по информационной
политике RASCH

Административный директор

Светлана Александровна ХОЗИНСКАЯ

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор

Денис Сергеевич АНДРЕЮК,
руководитель Аналитической группы RASCH

Заместитель главного редактора

Евгения Борисовна МАХИЯНОВА

Старший научный редактор реферативной части

Вацлав Владимирович ПОЖАРСКИЙ

Редакторы-референты

Беляев А.В., Братцева А.Л., Ветрова Е.В., Герасимова О.В.,
Дедков Г.В., Дотолева К.С., Дронова А.М.,
Жармухамедов С.К., Колядко В.М., Корепанов А.П.,
Кутукова Е.А., Лим Д.А., Лупачева Н.В., Марыгин Р.А.,
Мещеряков М.В., Моисеев А.В., Мохосоев И.М.,
Ольховик А.Ю., Петрова Н.С., Пожарский В.В.,
Сварник О.Е., Сидоров Р.П., Суязова П.А.,
Ташкеев А.И., Черданцев В.Г., Шандарин И.Н.,
Шустикова Л.А., Якименко А.В., Ястребов С.А.

Корректор

Татьяна Александровна ПОЖАРСКАЯ

Адрес редакции (для переписки):

105066, г. Москва, ул. Спартаковская, 11-1.
e-mail: naukvmire@allrussia.ru
сайт RASCH: russian-science.com

Информационная продукция для детей,
достигших возраста двенадцати лет.

© ООО «ВР Медиа Групп». Все права защищены.
Любое использование материалов допускается
только с письменного разрешения редакции.

Читайте в этом номере:

Информационное поле

5 От редакции

Самое интересное в рефератах

Топ-10 статей текущего номера

6 Новости

Магматический торт

Как устроен супервулкан и какие угрозы скрывают кальдеры Тоба



Космос: взгляд из России

Российские ученые исследовали межгалактический газ и белых карликов



7 Комментарий эксперта

Давление генов

Выключение гена *Plekha7* избавило крыс от солезависимой гипертонии

8 От первого лица

Туннели графена

О настоящем и будущем графена как материала для нанoeлектроники рассказывает Сергей Морозов



Nature · PNAS · Science: рефераты статей

12 Естественные и точные науки

15 Медицинские науки и общественное здравоохранение

16 Гуманитарные науки

16 Техника и технологии

18 Социальные науки

18 Междисциплинарные исследования



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СВЕРХТВЕРДЫХ
И НОВЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ»
(ФГБНУ ТИСНУМ)

+7 (499) 272-23-14

РОССИЯ, 142190, Г. МОСКВА
Г. ТРОИЦК, УЛ. ЦЕНТРАЛЬНАЯ, 7А
INFO@NANOSCAN.INFO

СКАНИРУЮЩИЕ
НАНОТВЕРДОМЕРЫ

НаноСкан

 WWW.NANOSCAN.INFO



**ОПТИМАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ
ДЛЯ ЛАБОРАТОРИЙ
И ПРОИЗВОДСТВ**

БЕСПРЕЦЕДЕНТНО ШИРОКИЙ СПЕКТР
ИССЛЕДУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ:
ОТ МЯГКИХ ПОЛИМЕРОВ
ДО СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

ИССЛЕДУЕМЫЕ ОБЪЕКТЫ:
ОТ 100 НМ ДО 3 КГ *

НаноСкан-4D

- БОЛЕЕ 30 ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МЕТОДИК, ВКЛЮЧАЮЩИХ ВСЕ ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
- ГИБКАЯ МОДУЛЬНАЯ КОНФИГУРАЦИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
- ИНДИВИДУАЛЬНАЯ АДАПТАЦИЯ ПОД ЗАДАЧИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ
- ВЫСОКАЯ СТЕПЕНЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ИЗМЕРЕНИЙ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

* ПРИВЕДЕНЫ МИНИМАЛЬНЫЙ ХАРАКТЕРНЫЙ РАЗМЕР ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМАЯ МАССА ОБРАЗЦА

Топ-10 научных публикаций в свежих номерах Nature, Science, PNAS

1. **Канал из нанотрубки.** Ионные каналы в мембране живой клетки — основной путь обмена веществами с внешней средой. Они играют ключевую роль в управлении информационными потоками и энергетическом балансе клетки. Авторы разработали простую методику встраивания углеродных нанотрубок в синтетические липосомы и в живые клетки и показали, что такие искусственные каналы по биофизическим характеристикам похожи на белковые ионные каналы. *Nature*. 2014. Vol. 514. No 7524. P. 612–615.
2. **Фермионы Майораны.** В середине XX века было теоретически предсказано существование элементарных частиц, которые имеют свойства материи и антиматерии одновременно, — так называемых «фермионов Майораны». В начале нашего века были сделаны расчеты и получено косвенное подтверждение возможности возникновения таких частиц при контакте проводника и сверхпроводника. В данной работе фермионы Майораны удалось напрямую зарегистрировать на концах нанопровода из атомов железа на свинцовой подложке с помощью сканирующего туннельного микроскопа. *Science*. 2014. Vol. 346. No 6209. P. 602–607.
3. **Спиральность в вихре.** Отталкиваясь от визуализации спиральных вихрей в потоке воды, авторы развили теорию спиральности как универсальной характеристики, наподобие энергии или импульса. Теоретические выкладки могут оказаться полезными для самых разных научных дисциплин, таких как гидродинамика, гео- и астрофизика, физика плазмы и многих других. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15350–15355.
4. **CO₂ в тысячелетиях.** Построена подробная временная карта содержания углекислого газа в атмосфере на основании исследований льда в Антарктиде. В период с 21 по 7 века до н. э. произошло 3 скачка концентрации CO₂. При каждом таком скачке концентрация увеличивалась за 100–200 лет на столько же, насколько в обычные периоды за 1000 лет. *Nature*. 2014. Vol. 514. P. 616–619.
5. **Митохондрии по наследству.** Митохондриальный геном наследуется преимущественно по материнской линии. Поскольку новый организм приобретает митохондриальные гены только из одной клетки матери, предполагалось, что это может приводить к эффекту «бутылочного горлышка» (накоплению отдельных мутаций). Оказалось, что эффект не так велик, как ожидалось, а вот возраст матери, действительно, влияет на уровень потенциально опасных мутаций в митохондриях ребенка. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15474–15479.
6. **Свинец в океане.** Свинец попадает в мировой океан преимущественно за счет деятельности человека. В работе исследовали распределение свинца в Индийском океане и показали вклад отдельных регионов в глобальное загрязнение планеты. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15328–15331.
7. **Папилломавирус и рак.** Вирус папилломы человека способен вызывать опухоли головы и шеи. В работе исследовали, как именно вирус способствует развитию опухоли, когда он встроен в геном клеток-хозяев. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15544–15549.
8. **Органика в метеоритах.** В работе исследовали органические включения в образцах межпланетной пыли. Найдены следы достаточно сложного органического синтеза. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15338–15343.
9. **Экономика пожертвований.** Некоммерческим организациям (НКО) на управление и на сбор средств необходимо закладывать некий процент от поступлений, но люди отказываются жертвовать, если видят, что часть их пожертвований уходит управленцам. Авторы предложили оригинальную модель — брать управленческий процент с одного крупного донатора, а всем остальным предложить жертвовать непосредственно на уставную деятельность НКО. *Science*. 2014. Vol. 346. No 6209. P. 632–635.
10. **Физиология несправедливости.** Авторы исследовали изменение гемодинамики мозга при разных вариантах оплаты труда. При справедливом варианте, когда оплата была пропорциональна затраченным усилиям, изменений в мозгу не происходило. А на несправедливую оплату возникала четкая нейрофизиологическая реакция. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15368–15372.

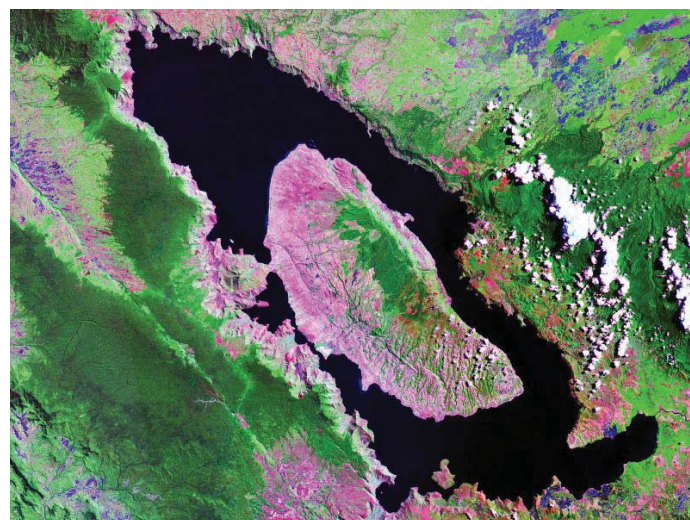
Магматический торт

Российские ученые изучили внутреннее строение индонезийского супервулкана

Находящийся на Суматре вулкан Тоба — причина одной из величайших катастроф в истории человечества. Около 70 тысяч лет назад его мощное извержение привело к глобальному похолоданию и наступлению вулканической зимы, имевшей серьезные последствия для всей биосферы. По мнению некоторых исследователей, в те годы популяция людей сократилась до минимума — есть даже версия, что пережить извержение Тоба смогли не более 10 тысяч человек. Неудивительно, что сегодня вулкан привлекает огромное внимание исследователей, которые пытаются лучше разобраться в механизмах подобных «суперизвержений» — и, конечно, научиться предсказывать их в будущем.

Ведущая роль в новом исследовании вулкана Тоба, результаты которого опубликованы в последнем номере журнала Science, принадлежит ученым из России. Авторы работы апробировали сравнительно новый метод шумовой томографии, предложенный несколько лет назад Николаем Шапиро. Суть его состоит в анализе непрерывного «естественного шума» и выделении из него сейсмических волн, несущих информацию о глубинном строении земной коры как по вертикальному, так и по горизонтальному направлению.

Такой подход позволил заглянуть далеко под поверхность кальдеры Тоба и обнаружить, что на глубине более 7 км кора имеет слоистую структуру. Коренные породы чередуются с горизонтальными и вертикальными внедрени-



Сегодня кальдеру вулкана Тоба покрывает вода одноименного озера. Фотография: NASA

ями магмы, как в слоеном торте. «Это подтверждает предположения других авторов, которые считают, что слоистая структура магматического очага является единственно возможной под супервулканами», — говорят ученые. Теперь метод может быть использован для анализа других потенциальных «супервулканов» — скажем, Йеллоустоунской кальдеры в США. Это позволит лучше понять механизмы их работы и процессы, которые могут служить предвестниками грядущего «суперизвержения».

Источник: A large magmatic sill complex beneath the Toba caldera. K. Jaxybulatov, et al. Science. 2014. Vol. 346. No 6209. P. 617–619.

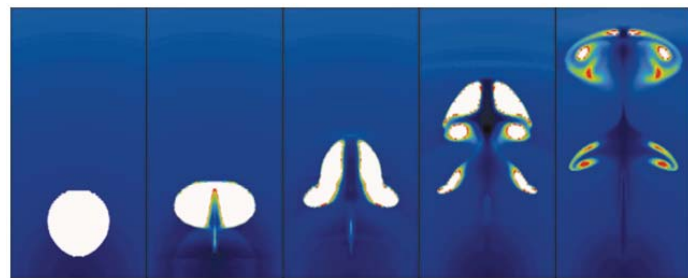
Космос: взгляд из России

В новом номере журнала Nature российские астрофизики отметились сразу двумя публикациями

Группа ученых из Института космических исследований (ИКИ) РАН и их зарубежные коллеги исследовали механизмы энергетической «подпитки» горячего газа в скоплениях галактик. Если не учитывать темную материю, именно на этот газ приходится основная масса скоплений. Он активно излучает и теряет энергию, но при этом практически не охлаждается — судя по всему, некие процессы постоянно подогревают газ внутри галактических скоплений.

Наблюдения за близкими скоплениями в созвездиях Персея и Девы ученые из ИКИ и их партнеры вели с помощью космической рентгеновской обсерватории Chandra. Они сумели измерить амплитуду флуктуаций плотности горячего газа и выяснить скорость его движения. Эта работа подтвердила самую популярную версию о механизме подогрева газа в скоплениях — версию, которая отводит ведущую роль сверхмассивным черным дырам. Активность дыры создает пузыри раскаленной релятивистской плазмы и, такие пузыри, всплывая в газе, создают волны турбулентности, отдавая часть своей энергии. Расчеты показали, что этой энергии достаточно для поддержания газа в разогретом состоянии.

Вторая работа, выполненная при участии ученых Специальной астрофизической обсерватории РАН, а также Пулковской и Крымской обсерваторий, посвящена исследова-



Моделирование всплывающих пузырей релятивистской плазмы в центрах скоплений галактик. Иллюстрация: Евгений Чуразов, ИКИ РАН

нию белых карликов — компактных и плотных звезд. Такие звезды давно выработали запасы термоядерного топлива и практически утратили интенсивность излучения, но предлагают астрономам целый ряд интересных задач.

В частности, известен феномен: старые и холодные белые карлики имеют сильное магнитное поле — в противоположность молодым. Проведя анализ спектрополяриметрических и фотометрических наблюдений, ученые показали, что присутствие магнитного поля останавливает процессы конвекции под поверхностью звезды, существенно замедляя ее остывание. Кроме того, показано, что белые карлики с экстремально сильными полями являются одними из самых старых звезд Галактики.

Источники: Turbulent heating in galaxy clusters brightest in X-rays. I. Zhuravleva, et al. Nature. 2014. No 515. P. 85–87. Suppression of cooling by strong magnetic fields in white dwarf stars. G. Vayavin, et al., Nature. 2014. No 515. P. 88–91.

Давление генов

Выключение гена *Plekha7* избавило крыс от солезависимой гипертензии

Выключением определенного гена ученым удалось предотвратить повышенное артериальное давление у лабораторных крыс. О роли гена *Plekha7* и о том, как его удалось «нокаутить», журналу «Наука в мире» рассказал один из авторов работы, доктор биологических наук профессор физиологии Медицинского колледжа штата Висконсин Александр Старуценко.

— Эта работа началась с полигеномного поиска ассоциаций (*genome-wide association studies — Ped.*), — ряда исследований, в ходе которых были выявлены и описаны многочисленные гены-кандидаты, возможно, вовлеченные в развитие многих болезней человека. В пяти таких независимо проведенных работах было показано, что ген *Plekha7* (*Pleckstrin Homology Domain Containing, Family A Member 7 — Ped.*) может участвовать в регуляции кровяного давления и развитии гипертензии. Однако о функциональной роли этого гена практически ничего не было известно.

По теме были проведены лишь предварительные исследования, которые показали, что белок, продуцируемый геном *Plekha7*, участвует в формировании контактов между клетками эпителия, а его дисфункция приводит к нарушению этих контактов. Поскольку не было уверенности, что белок действительно участвует в развитии гипертензии, нельзя было ничего сказать и о его роли в этом процессе. В ранее опубликованных работах делались только предположения. Изучение этих вопросов и стало целью нашей работы.

В качестве экспериментальной модели использовалась линия крыс с солезависимой гипертензией, у которых мы, используя метод генетической модификации с помощью «цинковых пальцев», сумели добиться полного «нокаута», отключения гена *Plekha7*. Эти модельные организмы стали достоинством работы: сегодня получить любую точечную мутацию либо «нокаут» гена у мышей или более «низших» организмов стало достаточно просто. Но модельные организмы зачастую не отражают полностью механизмов развития болезни у человека. А вот крысы в качестве модельных организмов оказываются более близки человеку. В любом случае, сама возможность модифицировать геном крыс появилась лишь недавно, несколько лет назад, —

во многом именно благодаря использованию «цинковых пальцев».

Кстати, первая подобная работа была проделана около пяти лет назад в нашем Медицинском колледже: с помощью «цинковых пальцев» авторам впервые удалось внедрить в ДНК крысы ген флуоресцентного белка, продемонстрировав возможности данного подхода. С тех пор метод значительно прогрессировал, появились новые подходы по изменению генома крысы, так что сегодня этим и схожими путями созданы уже сотни модельных линий животных.

В нашем случае именно крысы как модельные животные позволяют исследовать болезнь, картина развития которой довольно близка к ее течению в организме человека. Мы использовали *Dahl*-линию крыс: на низкосолевого диете эти животные чувствуют себя вполне нормально, однако при переводе на высокосолевого у них начинает развиваться сильнейшая гипертензия и многочисленные нарушения работы внутренних органов.

С помощью «цинковых пальцев» наши коллеги сумели полностью отключить у этих крыс ген *Plekha7*. Создав «модельных» крыс с отключенным белком *Plekha7*, мы исследовали различные их фенотипические особенности, что и позволило понять роль данного белка в развитии гипертензии.

Всего в проекте участвовали четыре исследовательские группы. Задача нашей лаборатории состояла в физиологическом анализе клеток кровеносных сосудов с помощью двухфотонной микроскопии.

В результате исследования обнаружилось, что выключение гена *Plekha7* активизирует многие защитные механизмы организма. У крыс с выключенным геном негативные эффекты гипертензии заметно подавлены, в отличие от представителей той же *Dahl*-линии с нормальным, работающим

Plekha7. В частности, после трех недель на высокосолевого диете давление крови у животных контрольной группы повышалось до 180 мм ртутного столба, а у «нокаутных» крыс — только до 140 мм. Аналогично, были обнаружены значительные улучшения в работе почек и сердца, основных органов, участвующих в регуляции кровяного давления в организме.

i СПРАВКА «НАУКИ В МИРЕ»:

«Цинковый палец» (*zinc finger*) — определенный вид структуры белков длиной около 20 аминокислот. Форма ее стабилизируется 1–2 ионами цинка, скоординированными с двумя остатками цистеина и двумя — гистидина. «Цинковые пальцы» опосредуют взаимодействие белков с другими молекулами, прежде всего, РНК и ДНК. Они играют ключевую роль в работе многих ДНК-связывающих ферментов.

Также было показано, что у крыс при гипертензии нарушаются внутренние процессы контроля над уровнем кальция в клетке, опосредованные различными гормонами и сигнальными белками. Это вызывает дальнейшее ингибирование продукции оксида азота (вещества, также вовлеченного в регуляцию кровяного давления — *Ped.*) и негативные последствия работы эндотелиальных и гладкомышечных клеток сосудов, что приводит к атеросклерозу и повышению давления крови. У животных удаление гена *Plekha7* повышает уровень оксида азота и стабилизирует кальциевый сигнал в клетках эндотелия, что определяет положительный эффект в работе гладкомышечной мускулатуры сосудов и стабилизации артериального давления.

Таким образом, нам удалось подтвердить критическую роль белка-продукта *Plekha7* в регуляции давления крови, а также указать на механизм реализации этой функции. Причем проделали мы это на модели, близкой к солезависимой гипертензии человека.

Публикация: Mutation of *Plekha7* attenuates salt-sensitive hypertension in the rat. Endres B., et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 35. P. 12817–12822.

Туннели графена

Сергей Морозов: «Мы должны показать путь, по которому можно двигаться дальше. Это и есть задача для науки»

Графен — материал удивительный, но капризный. Его многообещающее будущее у всех на слуху, его поразительные возможности радуют физиков, но еще больше ставят вопросов. С одной стороны, графен почти идеален для нанoeлектроники будущего; с другой — он не слишком подходит для создания транзисторов и микросхем.

О том, как идут исследования графена в России и в мире и какие элегантные способы найдены, чтобы приручить этот капризный материал, нам рассказал один из ведущих мировых специалистов в этой области, многолетний коллега и соавтор нобелевских лауреатов Андрея Гейма и Константина Новоселова, заведующий лабораторией физики полупроводниковых наноструктур Института проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов РАН *Сергей Владимирович Морозов*.

— Основная тема работы вашей лаборатории заявлена как «физические принципы создания элементной базы нанoeлектроники, квантовых компьютеров». Каким образом с ней связан графен?

— Мы в своей работе вовсе не стараемся подстраиваться под общие темы или направления, а движимы естественной логикой самого процесса исследования. Но так получилось, что именно к нанoeлектронике графен имеет самое непосредственное отношение. Хотя для начала стоит сказать пару слов о самом графене.

Графен — пожалуй, самый яркий представитель пока еще нового для нас класса материалов, двумерных кристаллов. Впервые он привлек к себе внимание благодаря своей необычной электронной структуре. Электроны в нем обладают очень высокой подвижностью — именно этим обусловлены надежды на создание новых, исключительно быстродействующих электронных компонентов.

Но это только в первую очередь. Графен обладает множеством замечательных свойств. Он прозрачен для видимого света, имеет превосходные прочностные характеристики, высокую теплопроводность, которые можно использовать и по отдельности, и в сочетаниях. Ну а какие свойства графена первыми найдут практическое при-

СПРАВКА «НАУКИ В МИРЕ»:

Графен — одна из аллотропных модификаций углерода, представляющая собой двумерную кристаллическую решетку толщиной в один атом. Исследования последних лет позволили не только получать графен в лаборатории, но и показали целый ряд удивительных свойств этого материала, включая высочайшую механическую прочность, значительную тепло- и электропроводность. Эти особенности делают графен чрезвычайно перспективным материалом для множества применений — от строительства до нанoeлектроники.

менение, зависит от экономической ситуации; от того, насколько то или иное решение будет целесообразно и практично, дешево и доступно. Думаю, что в некоторых сферах графен будет использоваться в самом скором времени — появления графеновых сенсорных дисплеев можно ждать уже в ближайшие годы.

«В некоторых сферах графен будет использоваться в самом скором времени — появления графеновых сенсорных дисплеев можно ждать уже в ближайшие годы».

Если же возвращаться к микроэлектронике, она выдвигает довольно высокие требования по части чистоты и качества материала, технологичности его производства, совместимости с другими материалами. На этом пути еще очень много работы.

— Но из всех замечательных свойств графена вы исследуете именно электрические. Расскажите, пожалуйста, об этой его стороне?

— Электроны в графене подобны релятивистским частицам, но обусловлено это не околосветовыми скоростями, а симметрией его кристаллической решетки. Поэтому электронный транспорт в графене имеет ряд особенностей, отличающих его

от традиционных металлов или полупроводников — такие особенности и интересуют нас. Если говорить упрощенно, мы рассматриваем, как в этом материале переносится ток, как можно этими особенностями воспользоваться, какие приборы на их основе сконструировать.

Но даже у графена есть и недостатки. Действительно, из-за высокой подвижности электронов по сравнению с обычными полупроводниками этот материал обладает высоким потенциалом для создания быстродействующих аналоговых приборов. То есть, если рассматривать традиционный полевой транзистор на графене, для цифровой электроники он малоперспективен.

Дело в том, что, в отличие от традиционного полупроводника, подвижные электроны в графене не имеют запрещенной зоны и не позволяют полностью запереть транзистор. Они могут находиться, в принципе, в любом энергетическом состоянии, поэтому при комнатной температуре (а это температура, по меркам микромира, достаточно высокая) в нем остается масса термически активированных электронов. Они не позволяют полностью запереть графеновый канал, перекрыв транзистор. Сопротивление такого транзистора в закрытом состоянии будет выше, чем в открытом, максимум в десятки раз. Для использования в цифровых схемах этого недостаточно. Пусть и немного, но он всегда будет открыт — для графена это принципиальное ограничение. Кроме того, такие транзисторы будут обладать непозволительно высоким тепловыделением.

Между тем, именно в последние годы интенсивно развиваются исследования других двумерных кристаллов. Спектр веществ, из которых их можно получить, достаточно широк — от полупроводников до диэлектриков. Такие исследования позволяют составлять — буквально из отдельных атомных плоскостей различных материалов — новые, не существовавшие до тех пор в природе кристаллы.

В результате акцент подобных работ сместился к использованию комбинаций двумерных кристаллов — графена плюс какого-нибудь иного, — соче-

тая их свойства так, чтобы добиваться нужного результата. Так действовала и команда Андрея Гейма и Константина Новоселова совместно с нами, когда в 2012 году создала вертикальный транзистор, использующий туннельный эффект (см., например, Field-effect tunneling transistor based on vertical graphene heterostructures. L. Britnell et al. Science. 2012. Vol. 335. No 6071. P. 947–950. — *Ред.*).

В вертикальном туннельном транзисторе фоновый ток можно уменьшить за счет особой конструкции. Расположив между двумя слоями графена двумерный кристалл диэлектрика, фоновый ток можно уменьшить до пренебрежимо малых величин — и при этом добиться, чтобы в открытом состоянии появлялся достаточно заметный «рабочий» ток. Иначе говоря, в таком вертикальном транзисторе, «бутерброде» из нескольких слоев двумерных кристаллов, уже можно достичь высокого отношения сопротивлений в открытом и закрытом состояниях.

Таким образом, мы устраняем проблему с высоким тепловыделением и получаем действующее устройство. Эти гибридные транзисторы уже вполне можно использовать в электронике. Хотя пока работы лишь демонстрируют принцип, и прежде чем будут найдены необходимые для производства технологии, предстоит решить массу проблем.

СПРАВКА «НАУКИ В МИРЕ»:

Туннелирование — квантовое явление, при котором частица преодолевает барьер, несмотря на то, что ее полная энергия меньше энергии преодоления этого барьера. Туннелирование обуславливает множество процессов в атомной физике и может найти применение в квантовых компьютерах будущего. Туннельные транзисторы должны работать быстрее и требовать намного меньше энергии, чем традиционные полевые. Именно особенности зонной структуры электронов в графене делают возможным создание туннельных транзисторов на его основе. Действующие прототипы изготовлены из гетероструктур, состоящих из слоев графена, разделенных прослойками двумерных кристаллов — нитрида бора, дисульфида молибдена и т. д.

— Какую функциональную роль в этой конструкции играют «дополнительные» двумерные кристаллы — нитрид бора и другие?

— Они служат тем самым барьером, сквозь который туннелируют электроны. Важно, что используется диэлектрик или полупроводник толщиной в несколько атомных слоев, при этом такие кристаллы сохраняют превосходные диэлектрические свойства. Использование атомарно-тонких слоев диэлектрика и особенностей зонной структуры графена позволяет менять эффективную величину потенциального барьера для туннелирующих электронов с помощью управляющего электрода.

і «Невозможно объять необъятное, и мы стараемся заниматься тем, чем и должны — физикой».

Прозрачность этих барьеров изменяется экспоненциально, и туннельный ток может меняться очень резко, на 5–6 порядков. Получается, что отношения сопротивлений в открытом и закрытом состоянии у нашего туннельного транзистора — около миллиона, что для цифровой электроники уже совершенно достаточно.

— Эту тему вы разрабатываете совместно с Андреем Геймом и Константином Новоселовым. Как развивалось ваше сотрудничество и какую часть общей работы вы выполняете?

— Это, конечно, совместная работа. И хотя лаборатория в Манчестере — признанный лидер в этой области (Лаборатория физики конденсированного состояния в Манчестерском университете, которую возглавляют Нобелевские лауреаты российского происхождения Андрей Гейм и Константин Новоселов — *Ред.*), мы делаем свою часть дела. В разные периоды времени значимость того, что выполнялось у них и у нас, менялась. Какие-то элементы технологии лучше реализовывались здесь, какие-то — там.

Хотя стоит сказать, что в последние годы в Манчестере все развивается

очень динамично, и они во многом ушли вперед: темп исследований совершенно разный, и они движутся намного быстрее. Поэтому сегодня мы, скорее, помогаем им, проводя часть измерений, реализуя какие-то решения. Но и мне сейчас приходится значительную часть года проводить, работая в Манчестере.

— И в каком направлении сейчас развивается работа?

— Получив вертикальный туннельный транзистор на основе графена, мы ведем поиск оптимальных материалов и конструкций для него. Кроме того, исследуются разные аспекты происходящих в нем процессов: как идет рассеяние носителей тока, какие у него оптические свойства.

Технологии тут, пожалуй, вторичны — мы не рассматриваем это как главную цель, и такой конечной задачи, как создание элементной базы будущих компьютеров, все-таки, мы себе не ста-

вим. Скорее, хочется попробовать тот или иной метод, преодолеть различные возникающие проблемы... Конечно, по мере решения физических задач мы время от времени вынуждены решать и задачи технологические. Но внимание наше сконцентрировано на поиске и изучении физических явлений, которые обнаруживают новые материалы и гетероструктуры из них. Невозможно объять необъятное, и мы стараемся заниматься тем, чем и должны — физикой.

На моей памяти развивалась похожая история, когда в 1990-х годах активно велась разработка транзисторов на основе нового тогда материала — нитрида галлия. Результаты выглядели очень многообещающе: в сравнении с аналогами производительность удавалось поднять процентов на пятьдесят. И хотя часть авторов той работы (а я также входил в эту команду) призвала подождать с публикацией, добившись увеличения еще хотя бы на несколько процентов, руководитель объяснил, что это делать абсолютно незачем: технологи, работающие в промышленности, решат эту задачу и быстрее, и лучше.

Мы должны показать путь, по которому можно двигаться дальше. Это и есть задача для науки.

— Можете ли Вы предсказать, вытеснит ли эта графеновая электроника

традиционную кремниевую, а если вытеснит — то когда?

— Нет, конечно. Думаю, что традиционная электроника так и останется с нами, хотя бы в силу своей технологичности и дешевизны. Впрочем, после появления методов, позволяющих производить графен в промышленных масштабах, на перспективы графеновой электроники я смотрю достаточно оптимистично. Но она вряд ли будет находить применение сразу по всем возможным направлениям. Сперва будет использоваться в какой-то одной области, например, в тех же жидкокристаллических дисплеях, как прозрачная и хорошо проводящая обкладка.

Микросхемам же требуется совершенно другой уровень качества материала и технологий работы с ним. Поэтому если они и появятся, то не сегодня и не завтра. Думаю, лет через 15–20, но и тогда графен вряд ли полностью вытеснит кремниевую электронику. Скорее, он будет использоваться в своей определенной нише, как дорогие арсенид-галлиевые микросхемы, которые сегодня нашли применение лишь в тех областях, где не справляется кремний. Возможно, с этого начнется в будущем и графеновая электроника.

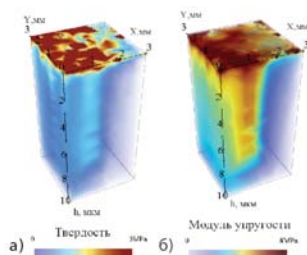
Беседовал Роман Фишман



СПРАВКА «НАУКИ В МИРЕ»

Сергей Владимирович Морозов — доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией физики полупроводниковых наноструктур Института проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов РАН; один из ведущих специалистов в области исследований графена. В 2014 г. стал самым цитируемым российским физиком последнего десятилетия по данным Web of Science.

ТОМОГРАФИЯ ТВЁРДОСТИ И МОДУЛЯ УПРУГОСТИ



НОВОЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

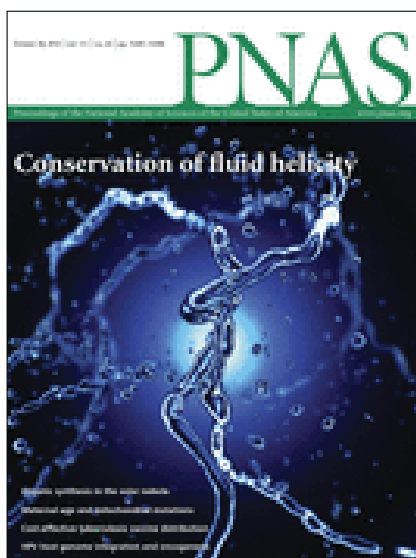
Объемная карта распределения твердости (а) и модуля упругости (б) в переходной области между двумя полимерными пленками

В нанотвердомерах «НаноСкан-4D» реализован метод построения томограммы твердости и модуля упругости приповерхностного слоя образца. Метод основан на сочетании двух методов: многоциклового нагружения с частичной разгрузкой (partial unload technique, PUL) и метода картирования (нанесение серии индентов по сетке), что позволяет получать распределение механических свойств материала в объеме (томограмму). Томограмма может быть построена по поверхности образца размером до 100 мм и на глубину до 100 мкм.

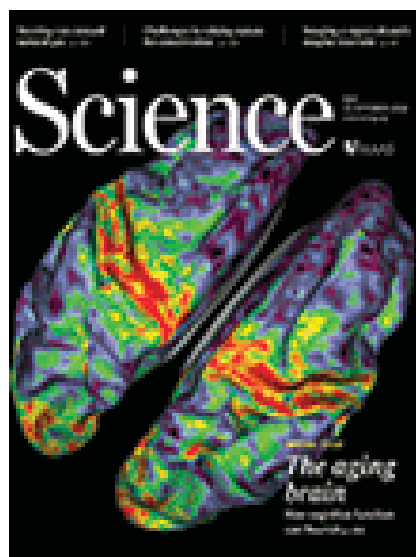
Vol. 514. No 7524
30 октября 2014 года



Vol. 111. No 43
28 октября 2014 года



Vol. 346. No 6209
31 октября 2014 года



Nature · PNAS · Science: заголовки статей

**Естественные
и точные науки**

- 12** Физика
и астрономия
- 12** Химические
науки
- 12** Биологические
науки
- 14** Науки о Земле
и смежные
экологические
науки

**Медицинские науки
и общественное
здравоохранение**

- 15** Фундаментальная
медицина
- 16** Клиническая
медицина

**Гуманитарные
науки**

- 16** История
и археология

**Техника
и технологии**

- 16** Электротехника,
электронная
техника,
информационные
технологии
- 16** Энергетика
и рациональное
природопользование
- 17** Медицинские
технологии
- 17** Нанотехнологии
- 17** Технологии
материалов
- 17** Химические
технологии
- 17** Экологические
технологии

Социальные науки

- 18** Психологические
науки
- 18** Социологические
науки
- 18** Экономика и бизнес

**Междисциплинарные
исследования**

- 18**

Nature · PNAS · Science: заголовки статей

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТОЧНЫЕ НАУКИ

Физика и астрономия

Распределение импульса в несбалансированных Ферми-системах

Momentum sharing in imbalanced Fermi systems. O. Hen, M. Sargsian, L. B. Weinstein, E. Piasetzky, et al. *Science*. 2014. Vol. 346. No 6209. P. 614–616.

Ранняя аккреция воды во внутренней области Солнечной системы посредством углеродистых хондритов

Early accretion of water in the inner solar system from a carbonaceous chondrite-like source. Adam R. Sarafian, Sune G. Nielsen, Horst R. Marschall, Francis M. McCubbin, Brian D. Monteleone. *Science*. 2014. Vol. 346. No 6209. P. 623–626.

Квантовая томография электрона

Quantum tomography of an electron. T. Jullien, P. Roulleau, B. Roche, A. Cavanna, Y. Jin, and D. C. Glattli. *Nature*. 2014. Vol. 514. No 7524. P. 603–607.

Возможное образование планет в молодой кратной звездной системе GG Tau A, имеющей небольшую массу

Possible planet formation in the young, low-mass multiple stellar system GG Tau A. Anne Dutrey, Emmanuel Di Folco, Stephane Guilloteau, Yann Boehler, Jeff Bary, Tracy Beck, et al. *Nature*. 2014. Vol. 514. No 7524. P. 600–602.

Наблюдение фермионов Майораны в ферромагнитных атомных цепочках на поверхности сверхпроводника

Observation of Majorana fermions in ferromagnetic atomic chains on a superconductor. Stevan Nadj-Perge, Ilya K. Drozdov, Jian Li, Hua Chen, Sangjun Jeon, Jungpil Seo, Allan H. MacDonald, B. Andrei Bernevig, Ali Yazdani. *Science*. 2014. Vol. 346. No 6209. P. 602–607.

Пространственная структура магнитного поля в диске звезды T Tauri

Spatially resolved magnetic field structure in the disk of a T Tauri star. Ian W. Stephens, Leslie W. Looney, Woojin Kwon, Manuel Fernandez-Lopez, A. Meredith Hughes, Lee G. Mundy, Richard M. Crutcher, Zhi-Yun Li, Ramprasad Rao. *Nature*. 2014. Vol. 514. No 7524. P. 597–599.

Следы органического синтеза в жидкой среде, сохранившиеся во внеземных частицах пыли метеоритов в солнечной туманности

Fluid-induced organic synthesis in the solar nebula recorded in extraterrestrial dust from meteorites. Christian Vollmer, Demie Kepaptsoglou, Jan Leitner, Henner Busemann, Nicole H. Spring, Quentin M. Ramasse, Peter Hoppe, Larry R. Nittler. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15338–15343.

Сохранение спиральности при масштабном переносе в процессе пересоединения вихрей типа звеньев и узлов

Helicity conservation by flow across scales in reconnecting vortex links and knots. Martin W. Scheeler, Dustin Kleckner, Davide Proment, Gordon L. Kindlmann, William T. M. Irvine. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15350–15355.

Химические науки

Образование нейтральных молекулярных кластеров серной кислоты и диметиламина, наблюдаемое в реальном времени при атмосферных условиях

Neutral molecular cluster formation of sulfuric acid–dimethylamine observed in real time under atmospheric conditions. Andreas Kürten et al. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 42. P. 15019–15024.

Биологические науки

Зависимость морфогенеза дендритов от относительных уровней межклеточных сигналов через нейротрофин-3 (NT-3) и тропомиозин-рецепторную киназу C (TrkC)

Dendrite morphogenesis depends on relative levels of NT-3/TrkC signalling. William Joo, et al. *Science*. 2014. Vol. 346. No 6209. P. 626–629.

Spaetzle-подобная роль фактора роста нервов β у позвоночных при формировании иммунитета к *Staphylococcus aureus*

A Spaetzle-like role for nerve growth factor β in vertebrate immunity to *Staphylococcus aureus*. Lucy Hepburn, et al. *Science*. 2014. Vol. 346. No 6209. P. 641–646.

Связывание малого комплекса кадгерин-катенин с нитями актина под нагрузкой

The minimal cadherin-catenin complex binds to actin filaments under force. C. D. Buckley, et al. *Science*. 2014. Vol. 346. No 6209. P. 1254211-1–1254211-8.

Специфичность транспорта везикул к аппарату Гольджи закодирована в суперспирализованных белках гольджиных

The specificity of vesicle traffic to the Golgi is encoded in the golgin coiled-coil proteins. Mie Wong et al. *Science*. 2014. Vol. 346. No 6209. P. 601–612.

Биологические науки

Неравный вклад материнских и отцовских геномов в ранний эмбриогенез растений

Non-equivalent contributions of maternal and paternal genomes to early plant embryogenesis. Gerardo Del Toro-De Leon, et al. *Nature*. 2014. Vol. 514. No 7524. P. 625–627.

Значение транскрипции антисмысловых последовательностей РНК для циркадного ритма

Transcriptional interference by antisense RNA is required for circadian clock function. Zhihong Xue, et al. *Nature*. 2014. Vol. 514. No 13671. P. 650–653.

Открытие гена ParaHox и динамика экспрессии NK-генов у известковых губок

Calcisponges have a ParaHox gene and dynamic expression of dispersed NK homeobox genes. Sofia A. et al. *Nature*. 2014. Vol. 514. No 7524. P. 620–623.

Кристаллическая структура убиквитинирующего модуля PRC1 ограничена нуклеосомой

Crystal structure of the PRC1 ubiquitylation module bound to the nucleosome. Robert K. McGinty, et al. *Nature*. 2014. Vol. 514. No 7524. P. 591–608.

Расчеты потерь конформационной энтропии при укладке белков с использованием реалистичных ансамблей и их значение для ЯМР-спектроскопии биомолекул

Loss of conformational entropy in protein folding calculated using realistic ensembles and its implications for NMR-based calculations. Michael C. Baxa, et al. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15396–15401.

Суперспирализация ДНК является регуляторным сигналом для репрессора бактериофага λ

DNA supercoiling: A regulatory signal for the λ repressor. Yue Ding, Carlo Manzo, Geraldine Fulcrand, Fenfei Leng, David Dunlap, Laura Finzi. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15402–15407.

Действие механических сил на двухцепочечную РНК: сходства и различия с двухцепочечной ДНК

Double-stranded RNA under force and torque: Similarities to and striking differences from double-stranded DNA. Jan Lipfert, et al. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15408–15413.

Изучение конформационного перехода серпинов в латентное состояние при атомном разрешении

Serpin latency transition at atomic resolution. Giorgia Cazzolli, et al. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15414–15419.

Взаимодействие между белковым партнером и лигандом облегчает свертывание и связывание внутренне дезорганизованного белка

Interplay between partner and ligand facilitates the folding and binding of an intrinsically disordered protein. Joseph M. Rogers, et al. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15420–15425.

Количественное описание переносимости переключения заданной специфичности белка выявило обширный эпистаз в молекулярном распознавании

Quantification of the transferability of a designed protein specificity switch reveals extensive epistasis in molecular recognition. Cristina Melero, et al. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15426–15431.

Координация базолатеральной рециркуляции клатрин-независимого транспорта через эндосомальные трубочки с помощью SEC-10 и RAB-10 у нематод *Caenorhabditis elegans*

SEC-10 and RAB-10 coordinate basolateral recycling of clathrin-independent cargo through endosomal tubules in *Caenorhabditis elegans*. Sanyou Chen, et al. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15432–15437.

Реакционно-диффузная модель морфогенеза волоскового пучка

Reaction–diffusion model of hair-bundle morphogenesis. Adrian Jacobo, A. J. Hudspeth. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15444–15449.

Периодический гомолог гена *lin-42* регулирует время гетерохронной экспрессии микроРНК *Caenorhabditis elegans*

Caenorhabditis elegans period homolog *lin-42* regulates the timing of heterochronic miRNA expression. Katherine A. McCulloch and Ann E. Rougvie. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15450–15455.

Возраст матери и выраженная критическая точка в наследовании митохондриальной ДНК у человека

Maternal age effect and severe germ-line bottleneck in the inheritance of human mitochondrial DNA. Boris Rebolledo-Jaramillo, et al. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15474–15479.

Морфологическая эволюция микроспоридий опередила упрощение их генома

Evolution of a morphological novelty occurred before genome compaction in a lineage of extreme parasites. Karen L. Haag, et al. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15480–15485.

Открытие ископаемой личинки миноги из раннего мелового периода

Discovery of fossil lamprey larva from the Lower Cretaceous reveals its three-phased life cycle. Mee-mann Chang, et al. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15486–15490.

Роль пируваткиназы M2 в регуляции транскрипции, приводящей к эпителиально-мезенхимальному превращению

Role of pyruvate kinase M2 in transcriptional regulation leading to epithelial–mesenchymal transition. Atsushi Hamabe, et al. *PNAS*. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15526–15531.

Биологические науки

Регуляция факторов вирулентности *Pseudomonas aeruginosa* двумя новыми РНК-термометрами

Regulation of *Pseudomonas aeruginosa* virulence factors by two novel RNA thermometers. María Victoria Grosso-Becerra, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15562–15567.

Экспрессия LIMP-2 критически важна для β -глюкоцереброзидазной активности и клиренса α -синуклеина

LIMP-2 expression is critical for β -glucocerebrosidase activity and α -synuclein clearance. Michelle Rothaug, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15573–15578.

Функциональная специализация устьичных факторов транскрипции bHLHs за счет модификации связывания ДНК и потенциала фосфорилирования

Functional specialization of stomatal bHLHs through modification of DNA-binding and phosphoregulation potential. Kelli A. Davies and Dominique C. Bergmann. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15585–15590.

Взаимодействие АДФ и АТФ с двухвалентным магнием и его влияние на клеточное дыхание

Interplay of Mg^{2+} , ADP, and ATP in the cytosol and mitochondria: Unravelling the role of Mg^{2+} in cell respiration. Elisabeth Gout, Fabrice Rébeillé, Roland Douce, Richard Bligny. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. E4560–E4567

Структурная основа обмена тимозин- β 4/профилин, приводящая к полимеризации нитей актина

Structural basis of thymosin- β 4/profilin exchange leading to actin filament polymerization. Bo Xuea, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. E4596–E4605.

Механизм расширения капсида бактериофага T7, выявленный с помощью атомных моделей с большим числом состояний, полученных на основе реконструкций данных криоэлектронной микроскопии

Capsid expansion mechanism of bacteriophage T7 revealed by multistate atomic models derived from cryo-EM reconstructions. Fei Guo Zheng Liu, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. E4606–E4614.

Динамическая архитектура протеинкиназы

Dynamic architecture of a protein kinase. Christopher L. McClendon, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. E4623–E4631.

Лишенная пирролизина глицин-бетаин метилтрансфераза входит в состав широко распространенного семейства триметиламин трансфераз

A nonpyrrolysine member of the widely distributed trimethylamine methyltransferase family is a glycine betaine methyltransferase. Tomislav Ticak, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. E4668–E4676.

Науки о Земле и смежные экологические науки

Концентрация кислорода в атмосфере в среднем протерозое и отсроченная эволюция животных

Low Mid-Proterozoic atmospheric oxygen levels and the delayed rise of animals. Noah J. Planavsky, et al. Science. 2014. Vol. 346. No 6209. P. 635–638.

Изменение уровня моря и мирового объема льда от последнего ледникового периода до Голоцена

Sea level and global ice volumes from the Last Glacial Maximum to the Holocene. Kurt Lambeck, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15296–15303.

Современное распределение свинца в водах Индийского океана отражает влияние региональных выбросов

Recent distribution of lead in the Indian Ocean reflects the impact of regional emissions. Yolanda Echevoyen, Edward A. Boyle, Jong-Mi Lee, Toshitaka Gamo, Hajime Obata, and Kazuhiro Norisuye. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15328–15331.

Длительное воздействие повышенных концентраций CO_2 стабилизирует разнотравные растительные сообщества путем подавления доминирующих видов

Long-term exposure to elevated CO_2 enhances plant community stability by suppressing dominant plant species in a mixed-grass prairie. Tamara Jane Zelikova, Dana M. Blumenthal, David G. Williams, Lara Souza, Daniel R. LeCain, Jack Morgan, Elise Pendall. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15456–15461.

Изменения глобального цикла углерода в масштабе столетий после последнего ледникового периода

Centennial-scale changes in the global carbon cycle during the last deglaciation. Shaun A. Marcott, Thomas K. Bauska, Christo Buizert, Eric J. Steig, Julia L. Rosen, Kurt M. Cuffey, T. J. Fudge, Jeffery P. Severinghaus, Jinho Ahn, Michael L. Kalk, Joseph R. McConnell, Todd Sowers, Kendrick C. Taylor, James W. C. White, Edward J. Brook. NATURE. 2014. Vol. 514. P. 616–619.

Медицинские науки и общественное здравоохранение · Фундаментальная медицина

Вклад мезенхимально-эндотелиального превращения в новообразование сосудов миокарда

Mesenchymal–endothelial transition contributes to cardiac neovascularization. E. Ubil, et al. Nature. 2014. Vol. 514. No 7524. P. 585–590.

In vivo для IRES-зависимой инициации трансляции необходимо спаривание оснований РНК вируса гепатита С и 18S рРНК

Base pairing between hepatitis C virus RNA and 18S rRNA is required for IRES-dependent translation initiation in vivo. Daiki Matsuda, Vincent P. Mauro. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15385–15389.

Прямая активация RIP3/MLKL-зависимого некроза белком ICP6 вируса простого герпеса (ВПГ-1) запускает антивирусную защиту хозяина

Direct activation of RIP3/MLKL-dependent necrosis by herpes simplex virus 1 (ВПГ-1) protein ICP6 triggers host antiviral defense. Xing Wang, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15438–15443.

Генетический анализ фенотипической гетерогенности и антиципации при синдроме предрасположенности к развитию злокачественных опухолей Ли–Фраумени

Whole-genome sequencing analysis of phenotypic heterogeneity and anticipation in Li–Fraumeni cancer predisposition syndrome. Hany Ariffin, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15497–15501.

Расщепление центрального домена ИЛ-33 протеазами тучных клеток приводит к усилению активации врожденных лимфоидных клеток группы 2

Central domain of IL-33 is cleaved by mast cell proteases for potent activation of group-2 innate lymphoid cells. Emma Lefrançois, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15502–15507.

Образование трубочек фагосомами в дендритных клетках, опосредованное TLR-рецепторами, способствует взаимодействию фагосом для улучшения презентации антигенов МНС-II

TLR-dependent phagosome tubulation in dendritic cells promotes phagosome cross-talk to optimize MHC-II antigen presentation. Adriana R. Mantegazza, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15508–15513.

Активация инфламмосом приводит к опосредованному каспазой-1 повреждению митохондрий и блокированию аутофагии

Inflammasome activation leads to Caspase-1–dependent mitochondrial damage and block of mitophagy. Jiujiu Yu, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15514–15519.

XAF1 направляет апоптотическое переключение белка p53 посредством активации HIPK2 и ZNF313

XAF1 directs apoptotic switch of p53 signaling through activation of HIPK2 and ZNF313. Min-Goo Lee, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15532–15537.

Ожирение ускоряет эпигенетическое старение печени человека

Obesity accelerates epigenetic aging of human liver. Steve Horvath, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15538–15543.

Описание взаимодействия между вирусом папилломы человека и геномом человека при первичных злокачественных опухолях головы и шеи

Characterization of HPV and host genome interactions in primary head and neck cancers. Michael Parfenov, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15544–15549.

Противоположность сигналов меланопсин-опосредованных фоторецепторных клеток и S-колбочек в реакции зрачков человека на свет

Opponent melanopsin and S-cone signals in the human pupillary light response. Manuel Spitschan, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15568–15572.

Роль пируваткиназы и аспартат-глутаматного переносчика в метаболических связях между нейронами и глиальными клетками сетчатки

Pyruvate kinase and aspartate–glutamate carrier distributions reveal key metabolic links between neurons and glia in retina. Ken J. et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15579–15584.

Мутации в «горячей точке» супероксиддисмутазы G93 способствуют агрегации, воспроизводя клинический фенотип бокового амиотрофического склероза

Aggregation propensities of superoxide dismutase G93 hotspot mutants mirror ALS clinical phenotypes. Ashley J. Pratt, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. E4568–E4576.

Расположение складок Sup35p прионного домена инфекционного амилоида в виде параллельной β-структуры

Locating folds of the in-register parallel β-sheet of the Sup35p prion domain infectious amyloid. Anton Gorkovskiy, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. E4615–E4622.

Фундаментальная медицина

Селезенка поддерживает пул подобных врожденным В-лимфоцитов в белой жировой ткани, защищающих от резистентности к инсулину, обусловленной ожирением

Spleen supports a pool of innate-like B cells in white adipose tissue that protects against obesity-associated insulin resistance. Lan Wu, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. E4638–E4647.

Специфический для фибробластов сигнальный путь Tpl2-Cox-2-PGE2 связывает врожденную чувствительность с гомеостазом эпителия кишечника

Intestinal myofibroblast-specific Tpl2-Cox-2-PGE2 pathway links innate sensing to epithelial homeostasis. M. Roulis, C. et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. E4658–E4667

Молекулярные основы антиген-презентирования микобактериальных жировых антигенов с помощью CD1c и их распознавания $\alpha\beta$ Т-лимфоцитами

Molecular basis of mycobacterial lipid antigen presentation by CD1c and its recognition by $\alpha\beta$ T cells. Sobhan Roy, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. E4648–E4657.

Клиническая медицина

Лечение расстройств аутистического спектра сульфорафаном

Sulfaphane treatment of autism spectrum disorder (ASD). Kanwaljit Singh, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15550–15555.

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ ·

История и археология

Найдены три вида истинных харамиид юрского периода, способствовавших ранней дивергенции млекопитающих

ThreenewJurassic euharamiyidan species reinforce early divergence of mammals. Shundong Bi, et al. Nature. 2014. Vol. 514. No 13671. P. 579–594.

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ · Электротехника, электронная техника, информационные технологии

Обнаружение топологических токов в графеновых сверхрешетках

Detecting topological currents in graphene superlattices. R.V. Gorbachev, J.C.W. Song, G.L. Yu, A.V. Kretinin, F. Withers, Y. Cao, A. Mishchenko, I.V. Grigorieva, K.S. Novoselov, L.S. Levitov, A.K. Geim. Science. Vol. 346. No 6208. P. 448–451.

Универсальность в численных алгоритмах со случайными данными

Universality in numerical computations with random data. Percy Deift, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 42. P. 14873–1478.

Энергетика и рациональное природопользование

Фуллеропирролидиновые прослойки: обработка электродов для повышения эффективности органических солнечных батарей

Fulleropyrrolidine interlayers: Tailoring electrodes to raise organic solar cell efficiency. Zachariah A. Page, Yao Liu, Volodymyr V. Duzhko, Thomas P. Russell, Todd Emrick. Science. Vol. 346. No 6208. P. 441–444.

Нефтяные платформы у берегов Калифорнии являются одной из самых продуктивных морских сред обитания в мире

Oil platforms off California are among the most productive marine fish habitats globally. Jeremy T. Claisse, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15462–15467.

Медицинские технологии

Нелинейная микроскопия в диагностике заболеваний молочной железы

Assessment of breast pathologies using nonlinear microscopy. Yuankai K. Tao, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15304–15309.

Закон морфофункционального подобия животных и человека как инструмент для оценки тяжести повреждения тканей мозга при воздействии взрывной волны

An animal-to-human scaling law for blast-induced traumatic brain injury risk assessment. Aurélie Jeana, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15310–15315.

Компьютерное проектирование красной флуорофор-лигазы для сайт-специфической маркировки белков в живых клетках

Computational design of a red fluorophore ligase for site-specific protein labeling in living cells. Daniel S. Liu, Lucas G. Nivón, Florian Richter, Peter J. Goldman, Thomas J. Deerinck, Jennifer Z. Yao, Douglas Richardson, William S. Phipps, Anne Z. Ye, Mark H. Ellisman, Catherine L. Drennan, David Baker, Alice Y. Ting. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 45551–45559.

Упрощение подсчета и сборки последовательностей с помощью шаблонного мутагенеза

Facilitated sequence counting and assembly by template mutagenesis. Dan Levy and Michael Wigler. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. E4632–E4637.

Низкочастотные кальциевые осцилляции нейронов сопровождаются осцилляциями дезоксигемоглобина крови в соматосенсорной коре крыс

Low-frequency calcium oscillations accompany deoxyhemoglobin oscillations in rat somatosensory cortex. Congwu Du, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. E4677–E4686.

Нанотехнологии

Стохастический транспорт ионов и молекул через углеродные нанотрубки, проходящие через липидные бислои и клеточные мембраны

Stochastic transport through carbon nanotubes in lipid bilayers and live cell membranes. Jia Geng, et al. Nature. 2014. Vol. 514. No 7524. P. 612–615.

Поиск оптимального размера нанолечевых средств для борьбы с раком

Investigating the optimal size of anticancer nanomedicine. Li Tang, Xujuan Yang, Qian Yin, Kaimin Cai, Hua Wang, Isther Chaudhury, Catherine Yao, Qin Zhou, Mincheol Kwon, James A. Hartman, Iwona T. Dobrucki, Lawrence W. Dobrucki, Luke B. Borst, Stéphane Lezmi, William G. Helferich, Andrew L. Ferguson, Timothy M. Fan, and Jianjun Cheng. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15344–15349.

Технологии материалов

Фотоиндуцированная металлоподобная моноклинная фаза в VO₂, выявленная сверхбыстрой дифракцией электронов

A photoinduced metal-like phase of monoclinic VO₂ revealed by ultrafast electron diffraction. Vance R. Morrison, Robert. P. Chatelain, Kunal L. Tiwari, Ali Hendaoui, Andrew Bruhcs, Mohamed Chaker, Bradley J. Siwick. Science. 2014. Vol. 346. No 6208. P. 445–448.

Химические технологии

Ультразэффективный гомогенный катализатор электрохимического превращения CO₂ в CO

Ultraefficient homogeneous catalyst for the CO₂-to-CO electrochemical conversion. Cyrille Costentin, Guillaume Passard, Marc Robert, Jean-Michel Savéant. PNAS. 2014. Vol. 111. No 42. P. 14990–14994.

Энантиоселективное C–H-йодирование при комнатной температуре путем кинетического оптического расщепления

Room-temperature enantioselective C–H iodination via kinetic resolution. Ling Chu, Kai-Jiong Xiao, Jin-Quan Yu. Science. 2014. Vol. 346. No 6208. P. 451–455.

Экологические технологии

Наблюдаемое вторжение патогенных хитридиевых грибов представляет опасность для западнопалеарктических саламандр

Recent introduction of a chytrid fungus endangers Western Palearctic salamanders. A. Martel et al. Science. 2014. Vol. 346. No 6209. P. 630–631.

СОЦИАЛЬНЫЕ НАУКИ - Психологические науки

Связанные нейронные системы лежат в основе генерации и понимания естественной повествовательной речи

Coupled neural systems underlie the production and comprehension of naturalistic narrative speech. Lauren J. Silbert, Christopher J. Honey, Erez Simony, David Poeppel, Uri Hasson. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. E4687–E4696.

Социологические науки

Репутация и ее влияние на академическую карьеру

Reputation and impact in academic careers. Alexander Michael Petersen, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15316–15321.

Экономика и бизнес

Как сгладить эффект неприятия накладных расходов в благотворительности

Avoiding overhead aversion in charity. Uri Gneezy, Elizabeth A. Keenan, Ayelet Gneezy. Science. 2014. Vol. 346. No 6209. P. 632–635.

Теория справедливости и справедливое неравенство: нейроэкономическое исследование

Equity theory and fair inequality: a neuroeconomic study. Alexander W. Cappelen, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15368–15372.

Значение и рентабельность новых вакцин против туберкулеза в странах с низким и средним доходом

Impact and cost-effectiveness of new tuberculosis vaccines in low- and middle-income countries. Gwenan M. Knight, et al. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15520–15525.

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Вклад различных собственников в снижение темпов исчезновения лесов бразильской Амазонии

Actor-specific contributions to the deforestation slowdown in the Brazilian Amazon. Javier Godar, Toby A. Gardner, E. Jorge Tizado, Pablo Pacheco. PNAS. 2014. Vol. 111. No 43. P. 15328–15331.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Технологии нанотвердомерии*

**Алексей Усеинов:**

Более 20 лет «Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов» занимается разработкой оборудования и методик для исследования механических свойств и других характеристик поверхности материалов. В России и за рубежом хорошо известны наши нанотвердомеры серии «НаноСкан». По своим

техническим возможностям они успешно конкурируют с лучшими мировыми аналогами, а по уровню сервиса и методической поддержки не имеют себе равных.

Мы с удовольствием информируем Вас о начале серийного выпуска нового сканирующего зондового микроскопа-нанотвердомера «НаноСкан-4D». В приборе «НаноСкан-4D» реализовано более 30 различных измерительных методик, охватывающих все основные виды измерений физико-механических свойств на субмикронных и нанометровых масштабах линейных размеров. Прибор применяется для измерения локальных значений модуля упругости и твердости однородных и наноструктурированных материалов, определения механических характеристик элементов микроэлектромеханических систем (МЭМС), исследования тонкослойных функциональных покрытий и гетерогенных структур.

Отличительной особенностью «НаноСкан-4D» является высокая степень автоматизации проводимых измерений. Модульная конструкция прибора и современное управляющее программное обеспечение позво-

ляют сконфигурировать практически любой набор измерительных процедур, после чего заданная последовательность испытаний выполняется без участия оператора.

Новый прибор получил высокую оценку профессионального экспертного сообщества: в октябре 2014 года сотрудник ФГБНУ ТИСНУМ Константин Кравчук стал победителем Российской молодежной премии в области наноиндустрии за участие в разработке сканирующего нанотвердомера «НаноСкан-4D»

Мы предлагаем рассмотреть возможность организации совместных исследовательских проектов. Будем рады лично представить Вам возможности нового прибора на базе отдела исследования физико-механических свойств ФГБНУ ТИСНУМ (г. Москва, г.о. Троицк) и провести тестовые измерения на Ваших образцах!

За дополнительной информацией обращайтесь к заведующему отделом Усеинову Алексею (тел.: +7(499) 272-23-14, доб. 240, info@nanoscan.info); руководителю проектов Мезеневой Ирине (sales@nanoscan.info)

* Информация предоставляется на правах рекламы.

Подписка на полную версию журнала

Шаг 1. Выберите удобный для вас период подписки.

<i>Период подписки</i>	<i>Количество выпусков</i>	<i>Стоимость</i>
Подписка на 12 месяцев	50	125 000,00р.
Подписка на 6 месяцев	25	70 000,00р.

Шаг 2. Направьте запрос на адрес rasn@allrussia.ru в свободной форме.

В тексте запроса укажите название вашей организации, реквизиты, контактное лицо и телефон для связи.

Шаг 3. Мы пришлем вам договор и счет. Подпишите документы, оплатите счет и получайте журнал «Наука в мире» с любого месяца.