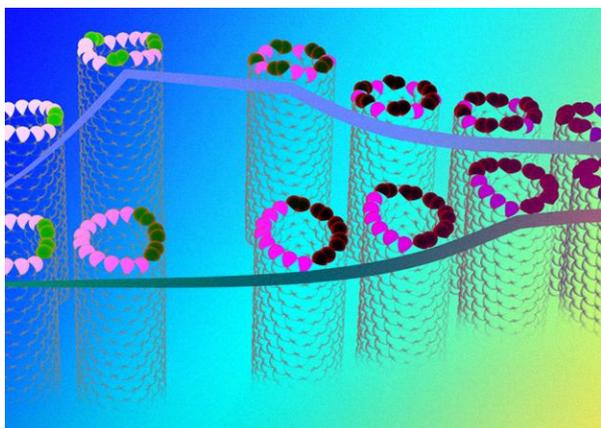




### Углеродные нанотрубки оказались «двуликими»



Ksenia Bets et al. / ACS Nano, 2019

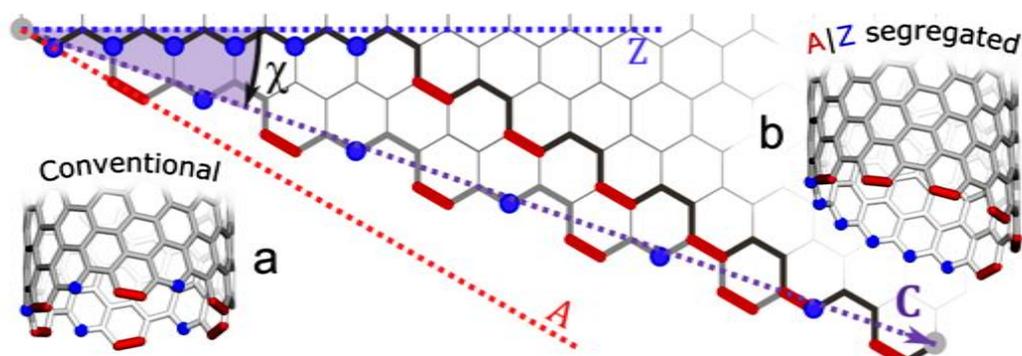
Физики из Университета Райса теоретически показали, что край нанотрубки, растущей на подложке, напоминает «Двуликого Януса»: сторона нанотрубки, повернутая к подложке, напоминает обломанные зубья пилы, тогда как на противоположной стороне атомы выстроены в зигзаг. Ранее считалось, что области такой формы периодически сменяют друг друга. Статья опубликована в ACS Nano.

Для того чтобы получить углеродную нанотрубку, нужно свернуть лист графена в цилиндр и склеить его края. Поскольку графен состоит из шестиугольных сот, такая склейка возможна только при определенных диаметрах трубки, при которых шестиугольники одного края в точности прилегают к шестиугольникам противоположной стороны. Поэтому склейка будет успешной только в том случае, если сворачивать лист вдоль вектора, построенного из целого числа векторов кристаллической решетки:  $C = na_1 + ma_2$ . Зная этот вектор, легко рассчитать

диаметр нанотрубки и угол спиральности (helicity angle – угол, под которым скручивают трубку).

Взаимодействие нанотрубки с другими материалами определяется формой ее края, которая зависит от способа сворачивания. В частности, от этой формы зависят электрические, механические и оптические свойства нанотрубки. Легко проверить, что край представляет собой ломанную линию, которая содержит  $m$  звеньев типа А, напоминающих обломанный зуб пилы, и  $(n-m)$  звеньев типа Z, в которых атомы выстроены зигзагообразно. Большинство теоретических исследований нанотрубок считают, что звенья смешиваются и постоянно сменяют друг друга, так что край получается простым обрезанием листа графена вдоль вектора C. Тем не менее на практике это соображение до сих пор никто не проверял.

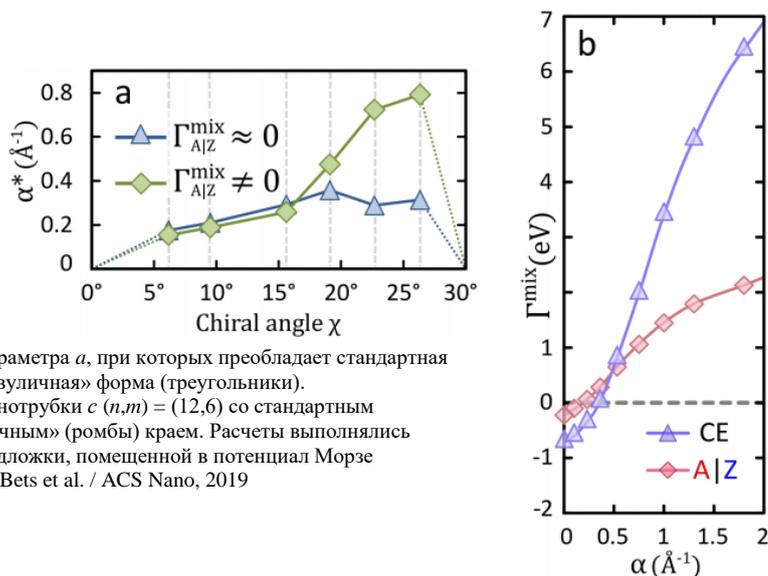
Группа ученых под руководством Бориса Якобсона впервые рассчитала форму, при которой край нанотрубки имеет минимальную энергию, и неожиданно обнаружила, что интуитивно верная форма является оптимальной только для свободной нанотрубки. Если же прикрепить ее к жесткой подложке, звенья перестроятся и полностью разделятся. В результате край превратится в «Двуликого Януса», который прикреплен к подложке звеньями типа А, а звенья типа Z свободно болтаются с противоположной стороны. По словам ученых, этот результат можно было ожидать, поскольку при такой форме края контакт между нанотрубкой и подложкой максимален, а следовательно, максимальна и энергия их связи. При этом от угла спиральности трубки зависело только число звеньев, но не способ их соединения.



Стандартная (а) и «двуличная» (б) форма края нанотрубки, а также схема отрезания атомов от края листа графена  
Ksenia Bets et al. / ACS Nano, 2019

Для того чтобы рассчитать энергию связи нанотрубки и подложки, ученые поместили атомы подложки в потенциал Морзе с характерной длиной взаимодействия  $a$ . Чем больше  $a$ , тем меньше допустимое отклонение атомов подложки, то есть тем она жестче. Оказалось, что для податливой подложки с  $a < 0,15$

ангстрем энергетически выгодна стандартная форма с чередующимися звеньями, однако в более реалистичном случае  $a > 0,15$  постепенно начинает побеждать «двулучный» край (сначала при нескольких углах спиральности, потом при всех). При этих расчетах физики считали субстрат непрерывным.



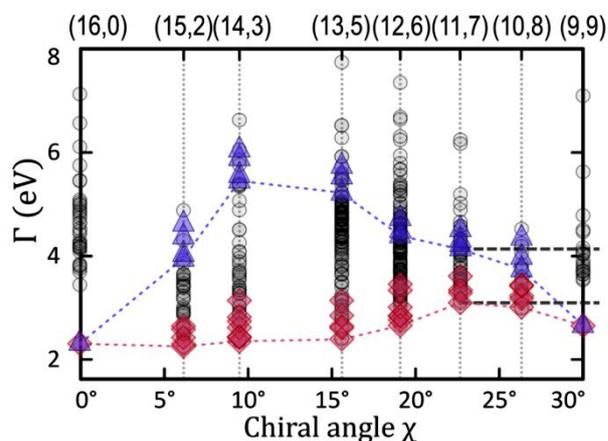
(а) Критические значения параметра  $a$ , при которых преобладает стандартная (ромбы) и «двулучная» форма (треугольники).  
(б) Энергия связи нанотрубки с  $(n,m) = (12,6)$  со стандартным (треугольники) и «двулучным» (ромбы) краем. Расчеты выполнялись для непрерывной подложки, помещенной в потенциал Морзе  
Ksenia Bets et al. / ACS Nano, 2019

Наконец, физики проверили оправданность последнего предположения, повторив расчеты для четырех реальных подложек – мягкой подложки из карбида вольфрама (WC) и трех жестких подложек из вольфрамида кобальта ( $\text{Co}_7\text{W}_6$ ), металлического никеля и кобальта. На этот раз исследователи численно рассчитывали энергию связи в рамках теории функционала плотности. Тем не менее эти расчеты подтвердили, что для всех твердых подложек и всех углов спиральности «двулучная» конфигурация энергетически выгоднее традиционного края. Единственным материалом, для которого закономерность была обратной, оказался мягкий карбид вольфрама.

Авторы статьи надеются, что их работа поможет лучше понять, как нанотрубки растут на катализаторах. Может быть, в будущем эти идеи даже помогут управлять ростом трубок.

В настоящее время физики активно исследуют возможности углеродных нанотрубок. Например, в сентябре 2016 г. физики из Университета Висконсина впервые изготовили из нанотрубок транзистор, который обошел по своим характеристикам современные кремниевые транзисторы. В октябре того же года ученые из Университета штата Пенсильвания научили нанотрубки ловить вирусы. В сентябре 2017 г. исследователи из Массачусетского технологического

института с помощью нанотрубок упростили процесс изготовления стеклоглуглерода. А в октябре 2018 г. физики из Китая, Японии, России и Австралии научились переключать свойства нанотрубок с металлических на полупроводниковые, растягивая и нагревая их с помощью электрических импульсов.



Энергия связи нанотрубки со стандартным (треугольники), «двулучным» (ромбы) и смешанным (круги) краем, прикрепленной к подложке из  $\text{Co}_7\text{W}_6$ .  
Ksenia Bets et al. / ACS Nano, 2019

nplus1.ru



## Bloomberg: к 2040 году объем систем хранения энергии вырастет в 122 раза



Согласно новому отчету аналитиков Bloomberg, рынок хранения энергии ожидает взрывной рост. Это подстегнет развитие возобновляемой энергетики.

Аналитическая компания Bloomberg New Energy Finance обновила свой прогноз развития систем хранения энергии. Согласно новому отчету, к 2040 г. по всему миру будет установлено 1 095 ГВт аккумуляторов. Для сравнения сегодня эта цифра составляет всего 9 ГВт. Это значит, что отрасль ожидает 122-кратный рост. Лидерами по объему установки станут США и Китай, за которыми последуют Германия и Индия.

Предыдущий прогноз BNEF, опубликованный в ноябре прошлого года, был более осторожным и

предполагал, что через 20 лет по всему миру появится 942 ГВт накопителей энергии.

Основным локомотивом роста станет пятидесятипроцентное снижение стоимости литий-ионных батарей. Совсем недавно на рынке лития ожидался дефицит, однако крупнейшие производители, Австралия и Чили, заявили о расширении добычи. Кроме того, совершенствуются технологии переработки использованных батарей. В настоящее время стоимость лития уже снижается.

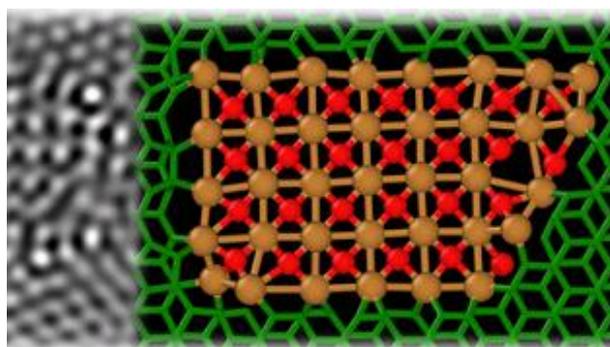
Другим фактором падения стоимости хранения энергии станет появление более совершенных аккумуляторов. Ожидается также развитие альтернативных технологий, включая батареи на основе цинка, гидроэнергетические хранилища энергии и системы на основе водорода. По расчетам BNEF, в течение следующих 20 лет инвестиции в сферу хранения энергии составят \$622 млрд.

Многokратное увеличение объемов хранения энергии будет означать революцию в возобновляемой энергетике. Выработка солнечных и ветровых установок сильно зависит от времени суток, однако эффективные аккумуляторы позволят накапливать энергию и использовать тогда, когда это необходимо. Это значительно увеличит популярность ВИЭ.

*hightech.plus*



## Новый способ стабилизации материалов при помощи графеновой матрицы сможет помочь двумерным материалам войти в состав квантовых компьютеров



Ученые из России и Японии придумали, как стабилизировать двумерные материалы на основе оксида меди (CuO) с помощью графена. Исследуемые материалы – одни из основных кандидатов на применение в спинтронике. Вполне возможно, они войдут в состав квантовых компьютеров, которые скоро появятся.

Результаты исследования опубликованы в журнале The Journal of Physical Chemistry C.

В последнее время семейство двумерных материалов пополнилось новым классом – это монослои оксидов и карбидов переходных металлов, которым

посвящено огромное количество как теоретических, так и экспериментальных исследований. Такие материалы интересны ученым благодаря их необычной прямоугольной атомной структуре и химико-физическим свойствам.

Чрезвычайно интересно для исследователей образование уникальной прямоугольной двумерной ячейки оксида меди, которой не существует в кристаллической (3D) форме, тогда как большинство уже известных или недавно открытых двумерных материалов имеют тип решетки, схожий с решеткой их кристаллических (3D) аналогов. Практическое применение перспективных монослоев пока ограничено их низкой стабильностью.

Команде ученых из МИСиС, ИБХФ, Сколтеха и Национального института материаловедения в Японии (NIMS) с помощью экспериментальных методов удалось увидеть 2D-материалы из оксида меди с необычной кристаллической структурой внутри матрицы из двухслойного графена.

«Важным является не только то, что монослой оксида меди с прямоугольной решеткой может быть стабильным при заданных условиях, но и то, что в нашем исследовании мы показали, как связывание и

образование общей границы оксида меди и графеновой нанопоры приводит к стабилизации небольшого двумерного кластера оксида меди с прямоугольной решеткой. В отличие от монослоя, в небольшом кластере оксида меди огромное влияние на его стабильность оказывают краевые эффекты (наличие границ), что приводит к его искривлению с последующим разрушением плоской 2D-структуры. Более того, нами было показано, что в случае чистой меди, чье существование невозможно в виде плоского кластера, соединение с двухслойным графеном улучшает стабильность металлического 2D-слоя», – рассказал

старший научный сотрудник Сколтеха Александр Квашнин.

Предпочтительность образования именно прямоугольной решетки оксида меди в биграфеновой нанопоре была показана путем проведения расчетов с помощью эволюционного алгоритма USPEX, разработанного профессором Сколтеха и МФТИ Артемом Огановым.

Исследования физических свойств полученных стабильных материалов показали, что такие 2D-материалы следует рассматривать в качестве кандидатов для применения в области спинтроники.

*naked-science.ru*



### Первый модернизированный комплекс водоочистки ТПУ заработает в Томской области



Специалисты Томского политехнического университета модернизировали комплексы водоподготовки и очистки, предназначенные для установки в отдаленных населенных пунктах Томской области в рамках губернаторской программы «Чистая вода». Локальные станции стали более ресурсоэффективными и компактными.

Первый комплекс из новой серии накануне отправился из Томска в деревню Латат Асиновского района.

Программа «Чистая вода» стартовала в регионе в 2017 г. В ее рамках в различных населенных пунктах Томской области начали устанавливать водоочистные комплексы. Последние полностью создавались силами специалистов Томского политеха – ученые и конструкторы вуза разработали технологию безреагентной очистки воды и необходимое оборудование. За первый год такие комплексы появились в 69 поселках региона. Благодаря им бесплатный доступ к доброкачественной питьевой воде получили 56,5 тыс. сельских жителей. В 2018 г. специалисты ТПУ собрали

47 станций. В 2019 г. планируется собрать еще 22 комплекса.

Каждая такая локальная станция водоочистки состоит из нескольких технологических узлов: бака-реактора с высокопроизводительной системой аэрации и озонирования, системы фильтрации, резервуара чистой воды с системой обеззараживания ультрафиолетовой лампой, пульта управления и автоматики. «Упаковано» оборудование в железные блок-боксы.

«На базе ТПУ создан единый информационный центр управления, в который поступает вся необходимая информация со станций. Например, какая вода поступает на очистку, в каком объеме жители ее потребляют, сколько электроэнергии расходует комплекс и так далее. Также мы получаем информацию обо всех поломках, а самое главное – об их причинах. Эта информация позволила нам создать новую, улучшенную серию станций», – сказал главный инженер проекта научно-производственной лаборатории ТПУ «Чистая вода» Андрей Матвеев.

Так, станции новой серии более ресурсоэффективны, меньше по размеру и при этом, по словам специалистов, могут обрабатывать воду с практически любыми особенностями, которые встречаются на территории Томской области.

«Больше всего электроэнергии станция потребляла на обогрев. За счет оптимизации размеров бокса и комплектации нам удалось сократить эти расходы примерно на 30 %. Также мы стали применять новые загрузки для фильтров и включили в базовую комплектацию станции блок для коагуляции. Он работает с органическими загрязнителями гуминовыми кислотами – это органика, которая содержится в почвах северных районов из-за близости Васюганского болота», – пояснил Андрей Матвеев.

Вторая станция из новой серии будет установлена в деревне Ларино Александровского района.

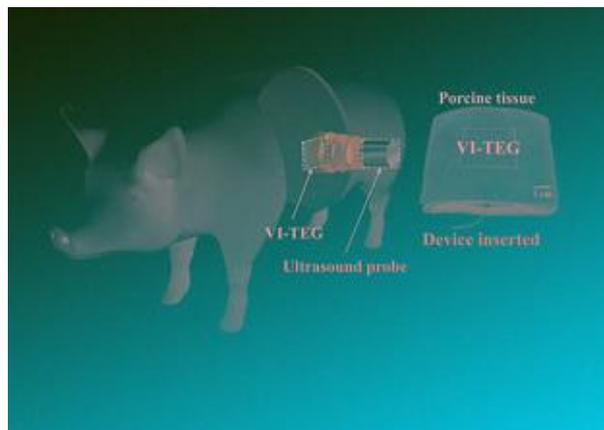
*Пресс-служба Томского политехнического университета*

*scientificrussia.ru*





## Имплантат с трибоэлектрическим генератором добыл себе энергию из ультразвука



Имплантируемые устройства, такие как электрокардиостимуляторы, имеют много преимуществ перед внешним медицинским оборудованием. Вместе с тем у них есть и заметный недостаток, связанный со сроком работы аккумулятора. Электрокардиостимулятора обычно хватает на несколько лет работы, после чего приходится проводить повторную операцию и заменять аппарат. Поскольку операции несут в себе потенциальную опасность, инженеры и ученые разрабатывают альтернативные способы снабжать имплатируемые устройства энергией, например, от сокращения сердечной мышцы.

Инженеры под руководством Кима Сан У (Sang-Woo Kim) из Университета Сонгюнган создали электрогенератор для имплантируемых устройств, вырабатывающий электричество из ультразвуковых колебаний, источник которых может находиться за пределами организма. Устройство имеет квадратную форму с шириной стороны четыре сантиметра, в его основе лежит трибоэлектрический генератор, преобразующий кинетическую энергию в электрический ток с помощью трибоэлектрического эффекта и электростатической индукции. Он состоит из тонкой перфторалкисоловой пленки толщиной 50 микрон, медно-золотого рабочего электрода и медного контрольного электрода. Кроме того, в устройстве установлена плата управления и литий-ионный аккумулятор.

Южнокорейские инженеры разработали и испытали имплантируемое устройство, способное вырабатывать энергию с помощью ультразвука, испускаемого внешним источником. Как рассказали авторы статьи в Science, ультразвук возбуждает колебания трибоэлектрического генератора и обеспечивает выработку электрического тока на уровне 0,15 миллиампер, а его мощности достаточно для питания электрокардиостимулятора.

Разработчики провели успешные испытания устройства на модели, состоящей из тканей свиньи.

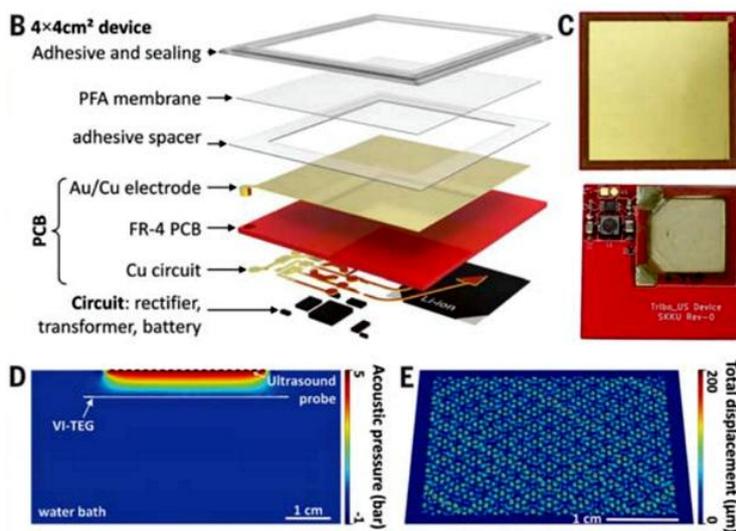


Схема устройства и симуляция колебаний трибоэлектрического слоя под действием ультразвука / Ronan Hinchet et al. / Science, 2019

Принцип действия генератора основан на том, что ультразвук с частотой 20 кГц вызывает большие и многомодовые колебания пленки. Во время колебаний пленка соприкасается с рабочим электродом, из-за чего на ней концентрируются отрицательные заряды, а на рабочем электроде – положительные. Ввиду этого между ним и контрольным

электродом возникает разница потенциалов. При удалении пленки от рабочего электрода возникает обратный процесс и вырабатывается ток обратной величины.

Инженеры проверили работу генератора в разных модельных условиях, в том числе в тканях свиньи. Инженеры располагали генераторы на глубине от



пяти до десяти миллиметров от поверхности кожи, к которой прислоняли ультразвуковой излучатель. На глубине пять миллиметров генератор вырабатывал электричество с силой тока до 156 микроампер и напряжением до 2,4 вольт. На глубине сантиметр

параметры снижались до 98 микроампер и 1,9 вольт. При этом авторы отмечают, что мощность выработки генератора составляет почти сто микроватт, что достаточно для питания многих имплантируемых электрокардиостимуляторов и нейростимуляторов.

*nplus1.ru*



### Найден новый способ извлечения соли из морской воды



Ученые из Национальной лаборатории имени Лоуренса в Беркли нашли способ сделать опреснение менее дорогим. Исследователи создали так называемые термически чувствительные ионные жидкости для отделения воды от соли. Статья, посвященная разработке, опубликована в журнале *Communications Chemistry*.

Ионные жидкости представляют собой жидкие соли, которые связываются с водой, что делает их полезными в прямом осмосе для отделения загрязняющих веществ от воды. Но термически чувствительные ионные жидкости представляются самым лучшим вариантом потому, что для своей работы поглощают тепловую энергию, а не электрическую.

«Современное опреснение обратным осмосом работает очень хорошо, но стоимость такого процесса

очень велика из-за затрат электроэнергии, – отметил один из соавторов статьи, Роберт Костецки. – Наше исследование показывает, что использование недорогого «бесплатного» тепла, такого как геотермальное, солнечное или генерируемое машинами, в сочетании с термочувствительными ионными жидкостями может компенсировать большую часть затрат, входящих в современные технологии опреснения обратным осмосом, которые полагаются исключительно на электроэнергию».

Новая работа ставила целью исследовать поведение ионных жидкостей в воде на молекулярном уровне. С помощью ядерной магнитно-резонансной спектроскопии и динамического рассеяния света, а также метода моделирования молекулярной динамики, команда сделала неожиданное открытие.

Долгое время считалось, что эффективное разделение ионной жидкости зависит от общего отношения органических компонентов (частей ионной жидкости, которые не являются ни положительно, ни отрицательно заряженными) к ее положительно заряженным ионам. Но ученые из лаборатории имени Лоуренса выяснили, что количество молекул воды, которое ионная жидкость может отделить от морской, зависит от близости ее органических компонентов к положительно заряженным ионам. Это новое свойство поможет создать лучшие системы опреснения морской воды.

*indicator.ru*



### Предложен способ в четыре раза повысить КПД солнечных батарей

Улавливание солнечного тепла с помощью углеродных нанотрубок сделает солнечные батареи намного более эффективными, чем сейчас, когда они генерируют энергию только за счет света. Исследователи из США провели теоретические расчеты и намерены претворить их в жизнь.

Сейчас жаркая погода значительно снижает эффективность солнечных панелей. Для того чтобы избежать потерь, необходимо охлаждать установку или отводить излишки тепла. Однако исследователи из Университета Райса разработали аль-

тернативное решение – не устранять тепло, а использовать.

Команда, о работе которой рассказывает *Clean Technica*, предложила дополнить панели пленкой из углеродных нанотрубок для перевода тепловой энергии нагретой панели в излучение в узкой спектральной области.

Так излишки тепла превратятся в свет, который обеспечит дополнительную генерацию электроэнергии. Согласно расчетам, такой подход доведет эффективность солнечных батарей до 80 %, что в четы-



ре раза выше, чем у большинства коммерчески доступных моделей.

Пока речь идет только о теоретической модели. Тем не менее заявленное увеличение производительности может совершить революцию в возобновляемой энергетике.

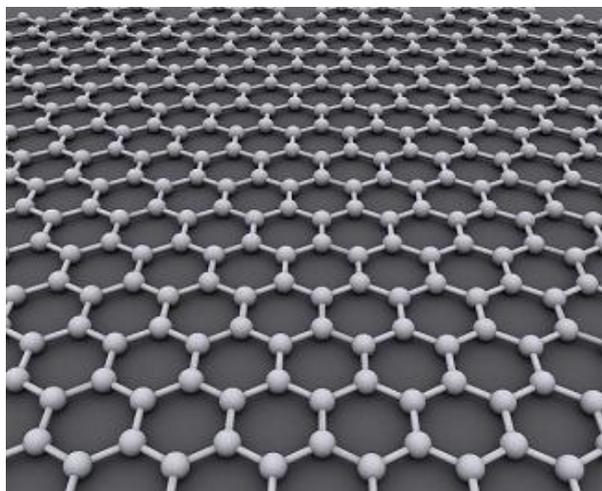
Даже современные солнечные установки, КПД которых далек от идеала, успешно конкурируют с грязными источниками энергии. Согласно недавнему исследованию, в Евросоюзе энергия солнца способна безболезненно заменить все угольные электростанции: не пострадают ни потребители, ни работники угольной отрасли.



*hightech.plus*



### Теоретические работы российских физиков предсказывают необычное поведение электронов в графене



Графен – это материал, который популярен благодаря своим уникальным электрическим, механическим и оптическим свойствам, а также теплопроводности. В будущем, возможно, этот материал получит широкое распространение в области нанoeлектроники.

С помощью этого материала ученые надеются создать энергоэффективные процессоры, способные обрабатывать большой объем данных при меньшем нагреве. Сотрудники теоретического отдела Института ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН (ИЯФ СО РАН) при изучении электрон-электронного взаимодействия в графене обнаружили весьма необычные свойства этого процесса, которые могут пролить свет на некоторые из свойств графена. Результаты опубликованы в журналах *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures* и *Physical Review B*.

Графен – двумерный материал, состоящий из атомов углерода, уложенных в шестиугольную решетку. Если посмотреть на грифель карандаша под мощным микроскопом, то можно увидеть, что он имеет слоистую структуру, где каждый слой и есть графен. Несмотря на то что теоретические исследования свойств

этого материала начались еще в 1947 г., синтезировать графен для экспериментальных исследований долгое время не получалось, поскольку двумерный кристалл в трехмерном пространстве нестабилен. Получить графен удалось лишь в 2004 г. После синтеза этого материала началось интенсивное изучение его свойств, например, было показано, что графен обладает уникальной электрической проводимостью, а движение носителей заряда напоминает движение релятивистских частиц. Кроме того, материал обладает уникальной теплопроводностью и прочностью. За работы по созданию и изучению графена в 2010 г. была присуждена Нобелевская премия.

Для того чтобы разобраться со свойствами графена и определить его место в прикладных областях науки и техники, необходимы как экспериментальные, так и теоретические исследования материала. Для понимания высокой проводимости требуется исследовать множество эффектов, таких как взаимодействие носителей заряда с примесями, с фононами (квазичастицами, описывающими колебания решетки) и между собой. Этими носителями заряда являются не обычные электроны, а конгломерат электронов, вовлеченных в движение благодаря взаимодействию между собой и с ионами кристаллической решетки. Этот конгломерат электронов (заряженная квазичастица) при учете зарядов ионов, имеет электрический заряд, равный заряду электрона, но совершенно другую, по сравнению со свободным электроном, зависимость энергии от импульса (то есть спектр). Вблизи нулевого импульса эта зависимость является линейной, то есть напоминает спектр частиц, движущихся со скоростью, близкой к скорости света.

«Высокая электрическая проводимость графена, которая и делает его перспективным для применения в нанoeлектронике, определяется тем, что спектр заряженных квазичастиц в графене существенно отличается от их спектра в металлах и полупроводни-

ках, – рассказал старший научный сотрудник ИЯФ СО РАН Иван Терехов. – Чтобы продвинуться в понимании свойств графена, мы сосредоточились на изучении взаимодействия носителей заряда в графене. При абсолютном нуле температуры заряженные квазичастицы занимают все состояния с энергиями ниже некоторой. Эта максимальная энергия называется энергией Ферми. Представим себе, что мы добавили еще две квазичастицы выше энергии Ферми. Наши результаты показали, что взаимодействие этих квазичастиц между собой зависит от разницы между их энергией и энергией Ферми».

Существенная разница между взаимодействием двух свободных электронов и двух квазичастиц состоит в том, что два свободных электрона отталкиваются, а между двумя квазичастицами может возникать эффективное притяжение и даже образование локализованного состояния, своего рода атома, состоящего из двух электрически одинаково заряженных квазичастиц.

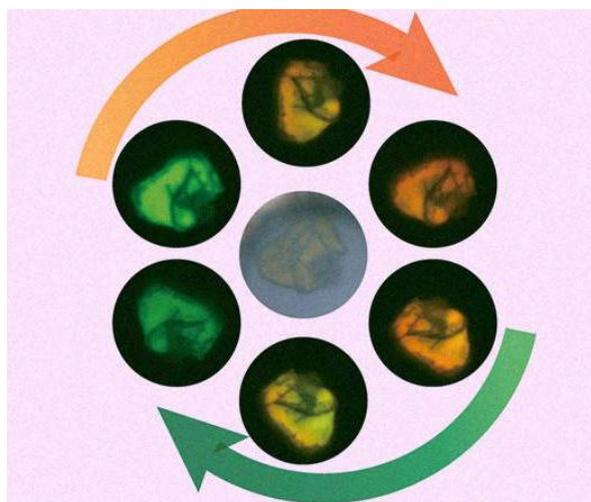
«Можно выделить два типа этих локализованных состояний. В первом случае локализованное состояние проявляет себя в виде долгоживущего резонанса, возникающего в процессе рассеяния одной квазичастицы на другой, – пояснил заведующий теоретическим отделом ИЯФ СО РАН, доктор физико-математических наук Александр Мильштейн. – Время жизни этого резонанса определяется разностью между энергией квазичастиц и энергией Ферми: чем больше эта разница – тем больше время жизни. Во втором случае время жизни локализованного состояния формально является бесконечным, но это состояние нельзя получить в процессе рассеяния, то есть требуется другой метод его рождения».

Таким образом, теоретические результаты сотрудников ИЯФ СО РАН, направленные на изучение поведения электронов в графене, могут не только пролить свет на понимание необычных свойств графена, но и открывают широкие возможности для экспериментального изучения необычных явлений, происходящих в этом материале.

[www.inp.nsk.su](http://www.inp.nsk.su)



### Перовскит-хамелеон покраснел при сжатии



Sheng Liu et al. / Science Advances, 2019

Физики из Китая и Сингапура изготовили перовскит, который фотолуминесцирует зеленым при нормальном давлении, а при сжатии до 35 тыс. атмосфер плавно изменяет цвет на красный. Такое изменение цвета ученые объясняют уменьшением глубины потенциальной ямы, в которой сидят электроны образца. Статья опубликована в Science Advances, кратко о ней сообщает Nature.

С тех пор как в 2009 г. группа японских физиков изготовила первые металлорганические солнечные батареи на основе перовскитов, ажиотаж вокруг этих соединений непрерывно растет. Перовскит – это минерал, обнаруженный в 1839 г. в Уральских горах и

названный в честь графа Льва Перовского; кристаллическая решетка перовскита состоит из атомов титана, кальция и кислорода, находящихся в вершинах кубов, кубооктаэдров и октаэдров соответственно. Для того чтобы получить из этой кристаллической решетки гибридное металлорганическое соединение, нужно заменить ионы титана ионами другого металла, атомы кальция – органическими катионами, а атомы кислорода – атомами галогенов (хлора, брома или иода). Особенно широко распространен вариант соединения, собранный из атомов свинца и молекул метиламмония.

Популярность перовскитов объясняется двумя ключевыми факторами: легкостью изготовления и легкостью настройки. Чтобы изменить оптические свойства перовскита, достаточно немного скорректировать его состав на этапе изготовления. Особенно сильно характеристики соединения зависят от атомов галогенов – например, перовскитные наноантенны с атомами иода светятся красным, а такие же наноантенны с атомами брома светятся синим. Поэтому физики часто используют перовскиты для изготовления солнечных батарей, разноцветных лазеров и светодиодов.

Кроме того, несколько лет назад ученые обнаружили, что свойства уже готовых перовскитов можно настраивать механически: если сжать свинцово-метиламмониевый перовскит до давления порядка 15 тыс. атмосфер, длина фотолуминесцентного излучения сдвинется почти на пятьдесят нанометров. Другими словами, если облучить образец лазе-



ром при нулевом давлении, он будет светиться на длине волны 807 нанометров, а при высоком давлении – на длине 850 нанометров. Впрочем, для практических применений этот промежуток слишком мал. Если же попытаться увеличить давление, структура соединения сильно изменяется, после чего оно быстро перестает светиться.

Группа физиков под руководством Цихуа Сюн (Qihua Xiong) придумала, как избавиться от этого недостатка и расширить доступный диапазон длин волн до половины видимого спектра. Для этого ученые заменили маленькие ионы метиламмония длинными цепочками ионов фенилэтиламмония, тем самым разделив атомы свинца в пространстве и превратив трехмерный кристалл в эффективно двумерную структуру. В качестве атомов галогена физики использовали атомы иода. Синтезированное соединение исследователи загрузили в алмазную ячейку и сжали до давления порядка 60 тыс. атмосфер. Для того чтобы уловить изменения внутренней структуры соединения, ученые применяли рентгеноструктурный анализ, а для наблюдений за оптическим излучением – рамановскую спектроскопию и фотолюминесцентную спектроскопию с разрешением по времени (time-resolved photoluminescence spectroscopy).

В результате физики обнаружили, что при повышении давления от нуля до 35 тыс. атмосфер длина волны излучения перовскита повышается с 521 (зе-

лений) до 602 нанометров (красный). В промежутке между крайними значениями кристалл светится желтым и оранжевым. Более того, в этих пределах изменение цвета полностью обратимо и мгновенно следует за изменением давления. Авторы подчеркивают, что таких значений давления легко можно добиться на практике без алмазной ячейки. При последующем сжатии до 62 тыс. атмосфер длина волны продолжает увеличиваться, однако интенсивность излучения экспоненциально быстро падает, а изменения становятся необратимыми. Одновременно с этим уменьшается и среднее время фотолюминесценции.

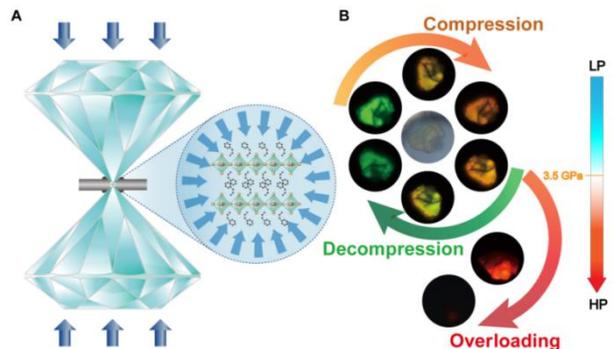
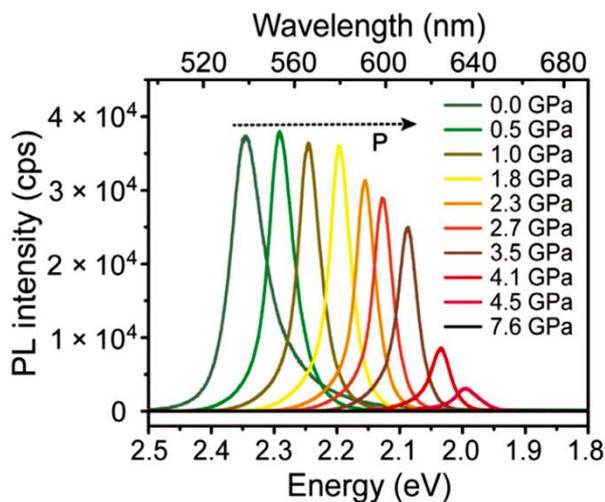
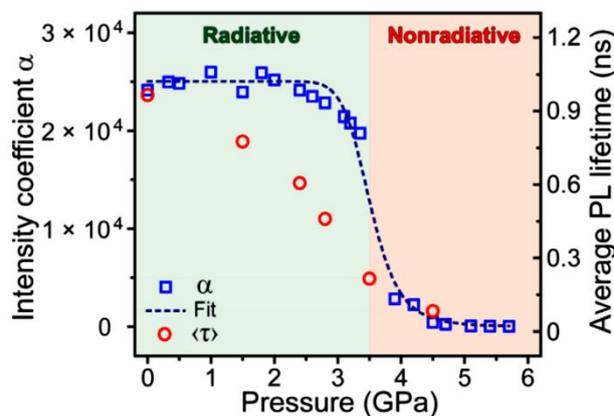


Схема эксперимента и кристаллической структуры перовскита (а), характерное изменение цвета при сжатии перовскита (b) Sheng Liu et al. / Science Advances, 2019



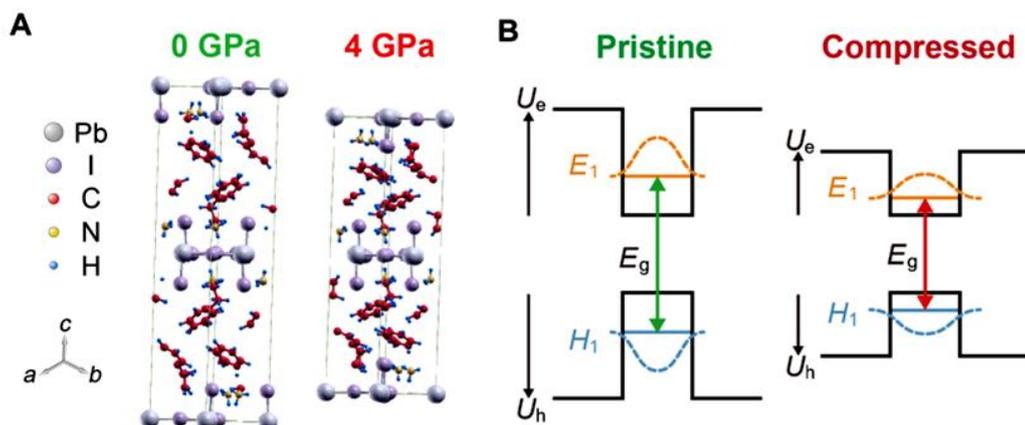
Изменение спектра излучения перовскита, которое сопровождается сжатие Sheng Liu et al. / Science Advances, 2019



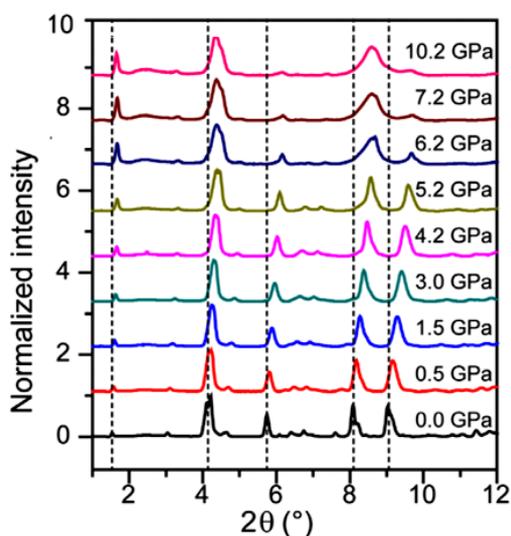
Уменьшение интенсивности (квадраты) и средней продолжительности (круги) излучения при увеличении давления Sheng Liu et al. / Science Advances, 2019

По словам ученых, изменение цвета фотолюминесценции объясняется перестройкой кристаллической структуры образца: чем больше давление, тем легче электроны отрываются от атомов, тем меньше их энергия и тем длиннее волна испускаемого при рекомбинации света. Для того чтобы подтвердить это предположение, ученые численно рассчитали в рамках теории функциона-

ла плотности кристаллическую структуру образца и глубину потенциальной ямы, в которой сидят электроны. Как и ожидалось, при повышении давления среднее расстояние между атомами и глубина потенциальной ямы уменьшаются. Измерение параметров кристаллической решетки с помощью рентгеноструктурного анализа подтверждает этот теоретический результат.



Изменение кристаллической структуры (a) и глубины потенциальной ямы электронов (b), сопровождающее сжатие от нуля до 40 тыс. атмосфер. Sheng Liu et al. / Science Advances, 2019



Положение дифракционных пиков в рентгеновском свете, измеренное при разных давлениях Sheng Liu et al. / Science Advances, 2019

Как правило, высокое давление сильно изменяет свойства веществ. Например, при давлении порядка нескольких миллионов атмосфер изменяется внутренняя структура осмия, азот превращается в жидкий металл, а водород становится твердым. Кроме того, при таких высоких давлениях формируются необычные химические соединения – в частности, перестраивается кристаллическая структура диоксида кремния, гелий соединяется с водородом и железом, появляются «невозможные» соли вроде  $\text{Na}_3\text{Cl}$ ,  $\text{NaCl}_3$  или  $\text{NaCl}_7$ .

*nplus1.ru*

### В MIT посчитали, как ввести углеродный налог, не навредив экономике



По мнению исследователей из MIT, это оптимальный способ достичь целей Парижского соглашения с минимальным ущербом для экономики. На примере Индии ученые посчитали, как сделать это

безболезненно и заложить основу для решения и более амбициозных задач по сокращению выбросов.

По мере того, как экономика Индии растет бурными темпами, увеличиваются и ее потребности в электричестве. При этом, согласно целям Парижского соглашения, к 2030 г. страна обязана снизить выбросы углекислого газа на 30–35 % по сравнению с 2005 г. и увеличить долю ВИЭ в генерации электроэнергии до 40 %.

Ответить на этот вопрос, сможет ли Индия достичь своих климатических целей, не ставя под угрозу экономический рост, решили исследователи из Массачусетского технологического института, которые разработали модель национальной экономики и протестировали на ней различные сценарии сокращения выбросов.

Согласно исследованию, именно введение налога на углерод будет наименее затратным способом дос-

тичь целей Парижского соглашения. И этот налог сократит выбросы не только в энергетическом секторе, но и во всей экономике.

Альтернативный вариант – введение квот на использование чистой энергии. Но стоить это будет в 10 раз дороже, в основном за счет роста цен на электричество. Комбинация этих двух подходов при нынешней цене на ВИЭ обойдется экономике немного дороже, чем один только углеродный налог. Однако, как указывают в МПТ, в будущем развитие технологий значительно снизит расходы на чистую энергию, что позволит Индии поставить более амбициозные климатические цели без риска для экономического роста.

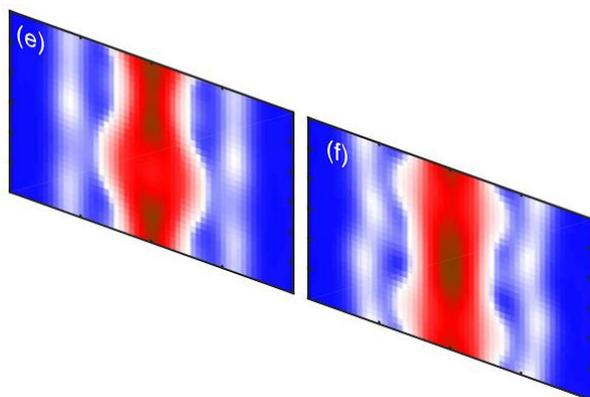
По словам авторов, исследование будет полезным и для других стран, которые заявили о приверженности целям Парижского соглашения, но пока не разработали политику по их достижению.

Лидером в борьбе с климатическими изменениями остается Евросоюз, однако даже здесь некоторые страны сильно зависят от угля и сопротивляются нововведениям. Согласно новым расчетам, солнечные электростанции могут полностью заменить угольные без ущерба для рабочих мест даже в Восточной Европе.

*hightech.plus*



### Физики превратили бозе-конденсат в сверхтекучее твердое тело



Gabriele Natale et al. / Physical Review Letters, 2019

Австрийские физики изготовили трехмерное сверхтекучее твердое тело из бозе-конденсата атомов эрбия, пойманных в оптическую ловушку. Образование необычного квантового состояния ученые отслеживали по спектру возбуждений, который они рассчитывали по интерференционной картине атомов и сравнивали с теоретическими предсказаниями. Статья опубликована в Physical Review Letters, кратко о ней сообщает Physics, препринт работы выложен на сайте arXiv.org.

В 1938 г. советский физик Петр Капица обнаружил, что при температуре ниже 2,17 кельвин жидкий гелий-4 переходит в сверхтекучее состояние, то есть его вязкость строго обращается в ноль. Качественно сверхтекучесть жидкости можно объяснить спонтанным нарушением непрерывной калибровочной симметрии, отдаленно напоминающим механизм Хиггса. Благодаря этому нарушению фазы волновых функций всех атомов «выпадают» в одно и то же значение, атомы становятся когерентными и превращаются в единый бозе-конденсат.

Другой известный пример нарушения непрерывной симметрии – это твердое тело, атомы которого «заперты» в кристаллической решетке, инвариант-

ной относительно трансляций на целое число векторов решетки. В июне 1969 г. советские физики Алексей Андреев и Илья Лифшиц (брат широко известного Евгения Лифшица) предложили совместить обе нарушенные симметрии и теоретически предсказали состояние сверхтекучего твердого тела – материала, который одновременно обладает свойствами кристалла и сверхтекучей жидкости. Изначально ученые предполагали, что в такое состояние будет переходить твердый гелий, сжатый до давлений порядка сотни атмосфер и охлажденный до температуры менее одного кельвина. Впрочем, около десяти лет назад физики показали, что на практике поведение такого гелия объясняется другими теоретическими моделями.

Тем не менее в позапрошлом году физики все-таки получили сверхтекучее твердое тело – результаты двух исследований, впервые независимо получивших необычное квантовое состояние, были напечатаны в журнале Nature в марте 2017 г. Для этого ученые использовали бозе-конденсат холодных атомных облаков, которые гораздо удобнее в настройке, чем жидкий гелий. Первая группа под руководством Тобиаса Доннера (Tobias Donner) работала с атомами рубидия и следила за движением атомов и состоянием газа с помощью двух зеркал. Вторая группа, возглавляемая Вольфгангом Кеттерле (Wolfgang Ketterle), наблюдала за распределением углового момента атомов натрия. В обоих случаях ученым удалось разглядеть периодическую кристаллическую структуру газа и подтвердить исчезновение вязкости. Впрочем, обе работы также страдали от существенных ограничений. В частности, полученное сверхтекучее твердое тело было одномерным, а образование кристаллической структуры доказывалось только по неявным признакам.

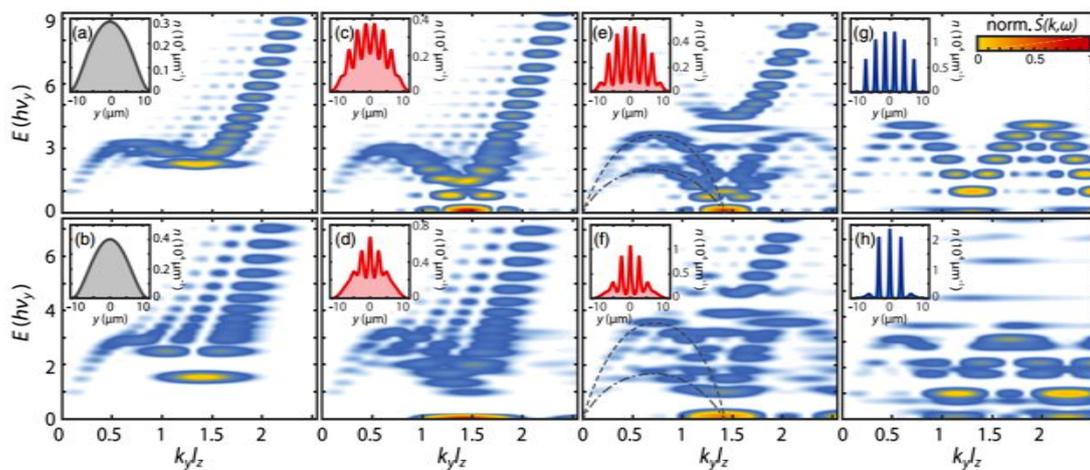
В новой работе группа исследователей под руководством Франчески Ферлаино (Francesca Ferlaino) получила трехмерное сверхтекучее твердое тело и



измерила спектр его возбуждений, который однозначно подтверждал теорию Андреева и Лифшица. На этот раз в качестве основы для необычного квантового состояния физики выбрали газ, состоящий из пятидесяти тысяч атомов эрбия-166, и поймали его в вытянутую оптическую ловушку. Затем ученые подавали на систему импульсы, которые резко сжимали газ, заставляли атомы интерферировать между собой, записывали полученную интерференционную картину и извлекали из нее спектр возбуждений газа.

Сначала ученые теоретически смоделировали происходящие процессы и рассчитали ожидаемый спектр возбуждений. Для этого физики численно решили уравнения Боголюбова – де Женна с учетом нелинейностей, дальнего диполь-дипольного взаимодействия и квантовых флуктуаций. В результате исследова-

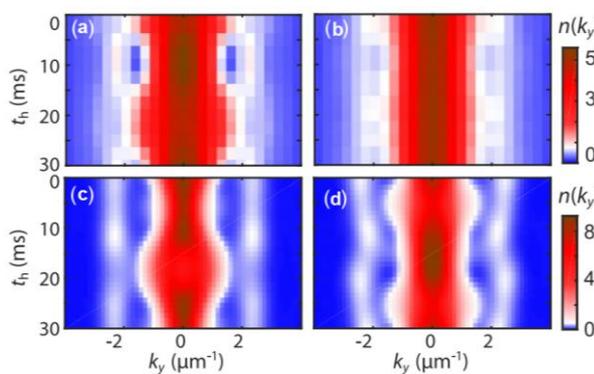
тели получили дискретный набор мод, описывающий колебания плотности газа, и динамический структурный фактор, который определяет отклик системы на внешнее воздействие. В зависимости от характерной длины взаимодействия, которую регулировало внешнее магнитное поле, ученые разглядели три состояния конденсата. При минимальной длине взаимодействия ученые увидели стандартную ветвь спектра, которая отвечала квазичастицам, возникающим в сверхтекучей жидкости (фононам и ротонам). При максимальной длине ученые зарегистрировали возбуждения, которые описывают туннелирование атомов между соседними узлами кристаллической решетки. Наконец, в промежуточном режиме обе ветви совмещались, что указывало на переход в состояние сверхтекучего твердого тела.



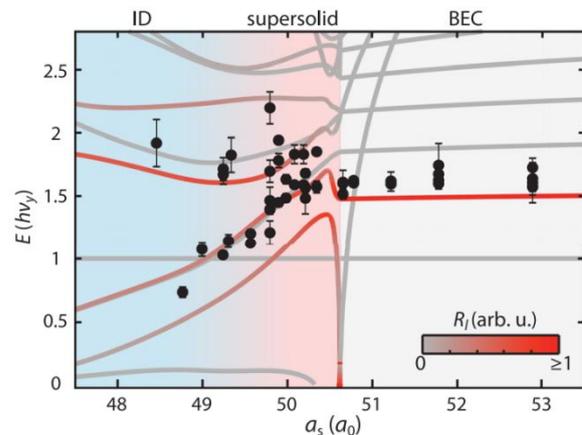
Теоретически рассчитанный спектр возбуждений для бозе-конденсата атомов диспрозия (верхний ряд) и эрбия (нижний ряд). Картинки (a), (b) отвечают сверхтекучести, картинка (g), (h) – кристаллу, картинка (c-f) – сверхтекучему твердому телу  
Gabielle Natale et al. / Physical Review Letters, 2019

Затем ученые воспроизвели результаты теоретических расчетов на практике. По словам исследователей, интерференционные картины, которые наблюдались в теории и эксперименте, практически совпадали, что

указывало на одинаковую картину возбуждений газа. Анализируя эти картины, физики рассчитали энергию мод и подтвердили, что конденсат переходит в состояние сверхтекучего твердого тела.



Эволюция плотности газа со временем: сравнение теории (нижний ряд) и эксперимента (верхний ряд).  
Gabielle Natale et al. / Physical Review Letters, 2019



Сравнение энергии мод, измеренной на практике (черные точки) с теоретическими предсказаниями (линии) для разных режимов  
Gabielle Natale et al. / Physical Review Letters, 2019

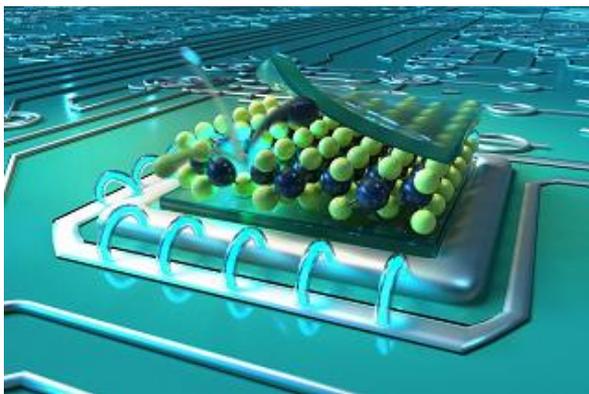
Поскольку с бозе-конденсатами холодных атомных газов, пойманных в оптическую ловушку, очень удобно работать, физики часто моделируют с их помощью сложные явления. Например, в августе 2016 г. израильский физик превратил бозе-конденсат в «глухую» черную дыру – акустический аналог черной дыры, а недавно повторил этот эксперимент и подтвердил тепло-

вую природу излучения Хокинга. В апреле 2018 г. исследователи из университета Мэриленда с помощью бозе-конденсата смоделировали инфляционное расширение Вселенной. А в октябре того же года физики из Нидерландов впервые получили «пространственно-временной кристалл» в бозе-конденсате холодных атомов натрия, пойманных в оптическую ловушку.

*nplus1.ru*



### Созданы первые квантовые источники света



Международная группа ученых смогла разместить источники света в атомарно тонких слоях материала с точностью всего в несколько нанометров.

В традиционных квантовых чипах носители информации – электроны. Но более быстрыми в плане передачи сигнала могут быть фотоны, которые способны перемещаться со скоростью света. Однако реализация передачи информации с помощью квантов света оказывается сложной при контроле точности передачи сигнала и количества фотонов, вылетающих в единицу времени.

Ученые из Мюнхенского технического университета совместно с коллегами из других стран попытались решить эту проблему. Они создали источники света толщиной в несколько атомов и смогли разместить их на поверхности с точностью в несколько нанометров. Критическим здесь стало именно контролируемое размещение источников света. Можно создавать квантовые источники света в обычных трехмерных материалах, таких как алмаз или крем-

ний, но они не могут быть точно помещены в эти структуры.

В качестве исходного материала физики использовали слой полупроводникового дисульфида молибдена ( $\text{MoS}_2$ ) толщиной всего в три атома. Они облучали его пучком ионов гелия, который фокусировался на площади поверхности менее одного нанометра. Это позволило точно выбить из материала один-два атома серы или молибдена и создать таким образом дефект. Такой дефект представляет собой ловушку для экситонов – квазичастиц, объединяющих электрон и дырку, – которые могут испускать фотоны при подаче электрического тока.

Команда ученых разработала модель, которая также теоретически описывает энергетические состояния, наблюдаемые в этих дефектах. В будущем исследователи хотят создать более сложные картины источника света – например, в боковых двумерных структурах решетки, – чтобы таким образом исследовать мультиэкситонные явления или экзотические свойства материалов.

По словам ученых, созданные ими источники света возможно применить не только в теоретических исследованиях, но и использовать в квантовых вычислениях. Поскольку источники света всегда имеют один и тот же основной дефект в материале, они теоретически неразличимы. Это позволяет делать их квантово запутанными. Как заявляют авторы работы, благодаря высокой чувствительности таких источников света они могут стать основой квантовых датчиков для смартфонов и чрезвычайно безопасных технологий шифрования для передачи данных.

*naked-science.ru*



### Сверхэффективную мембрану для очистки воды сделали из дерева

Вдохновившись системой циркуляции воды в деревьях, американские ученые придумали, как использовать в качестве мембраны опреснителя тонкий

лист древесины – он пропускает пар, но задерживает соль и другие вещества.





Нехватка питьевой воды – серьезная мировая проблема: по данным ООН, в этом году половина населения планеты проживает в скудных на водные ресурсы регионах по меньшей мере 1 месяц в году. Это число может возрасти с 3,6 млрд до 5,7 млрд к 2050 г. из-за климатических изменений и быстрой урбанизации. Получение пригодной для питья воды из морских, солоноватых или сточных вод могло бы помочь смягчить дефицит воды и спасти сотни тысяч жизней благодаря улучшению санитарных условий.

Большинство мембран для очистки соленой воды изготавливаются из полимеров, которые производят с применением ископаемого топлива и которые сложно перерабатывать. Как рассказал EurekAlert, древесина – более экологичный материал, а ее высокая пористость позволяет проводить пар и препятствует потере тепла.

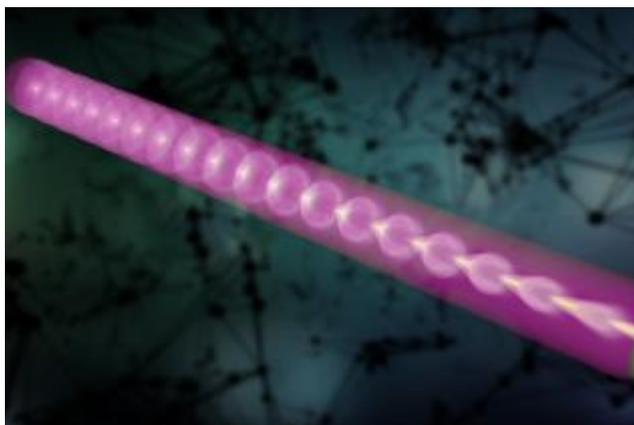
Инженеры из Принстонского университета разработали первую надежную мембрану для дистилляции воды из древесины. Пористость в пределах  $89 \pm 3\%$  и иерархическая структура пор обеспечивают перенос водяного пара. Теплопроводность в поперечном направлении остается при этом крайне низкой, а вдоль волокон – высокой, что облегчает эффективное рассеивание тепла. Все это приводит к тому, что мембрана демонстрирует отличную паропроницаемость и тепловой КПД около 70 % при 60 °С.

В проведенных командой исследователей экспериментах по опреснению воды новая деревянная мембрана показала себя на 20 % лучше, чем коммерческие образцы.

*hightech.plus*



### Физики приблизились к разгадке «неидеальной» проводимости двумерных топологических изоляторов



Ученый из Института теоретической физики имени Л.Д. Ландау РАН вместе с иностранными коллегами исследовал один из физических механизмов, ответственных за «неидеальную» проводимость двумерных топологических изоляторов. Это материалы толщиной в несколько десятков атомных слоев, имеющих одномерные проводящие каналы на поверхности, но при этом являющиеся изоляторами.

Работа опубликована в журнале *Physical Review Letters*.

Двумерные топологические изоляторы были теоретически предсказаны больше 10 лет назад. Самый известный из них – полупроводниковая гетероструктура из теллурида кадмия и теллурида ртути. По своей структуре он похож на торт «Наполеон»: слой теллурида кадмия, потом слой теллурида ртути, за-

тем снова слой теллурида кадмия и так далее. По поверхности топологического изолятора может протекать электрический ток (в случае двумерного топологического изолятора – по краю), а в глубине он протекать не может.

Ранее у двумерных топологических изоляторов проводили измерение электрического транспорта вдоль края поверхности. Эти измерения показали расхождения с предсказаниями теории. В новой работе международная группа ученых попыталась найти причину этой «неидеальности».

«Одна из гипотез связывает расхождение теоретического и экспериментального значений с наличием магнитных примесей. Слово «магнитные» в данном случае означает, что у примесных атомов есть магнитный момент – фактически тот же спин. Когда краевой электрон подлетает к атому примеси, он начинает обменным образом с ним взаимодействовать и может перевернуть не только импульс, но и спин – и, соответственно, поменять направление движения. Это значит, что такие отраженные назад электроны не будут вносить вклад в электрический ток, и в результате измеренное нами значение кондактанса (отношение протекшего тока к разности потенциалов) будет меньше ожидаемого», – объяснил один из соавторов работы, доктор физико-математических наук, заместитель директора ИТФ РАН Игорь Бурмистров.

Для того чтобы лучше понять, как рассеяние на магнитной примеси с «нестандартным» обменным взаимодействием влияет на электрический ток, авто-



ры новой работы решили рассмотреть вопрос о влиянии магнитных примесей на дробовой шум – случайные флуктуации электрического тока относительно среднего значения, обусловленные дискретностью носителей электрического заряда.

«Мы стали изучать, что происходит, если спин магнитной примеси больше минимально возможного спина  $1/2$  – учитывая, что, например, у иона марганца в этих материалах спин должен быть  $5/2$ . И оказалось, что спин  $1/2$  – это очень выделенный случай, – рассказал Игорь Бурмистров. – А во всех остальных случаях ситуация меняется. Снизу фактор Фано (коэффициент, пропорциональный заряду носителей) всегда оказывается больше единицы. А вот его значение сверху не ограничено: оно зависит от того, как устроено обменное взаимодействие. Для значения

спина  $1/2$  фактор Фано, действительно, не может быть больше двух. Для всех остальных значений спина можно найти такой вид обменного взаимодействия, что фактор Фано будет сколь угодно большим».

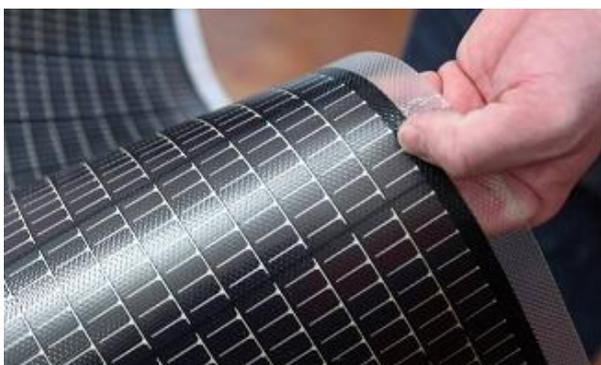
Как пояснил Бурмистров, большое значение фактора Фано физически соответствует тому, что электроны на магнитной примеси начинают отражаться назад группами.

Специфическая зависимость фактора Фано от значения спина дает потенциальную возможность различить, какая именно это магнитная примесь. Работа показала, что спин атомов влияет на свойства электрического тока в топологическом изоляторе, так что информацию о магнитном состоянии примесного атома можно получить, измерив изменение тока во времени при помощи вольтметра.

*indicator.ru*



### Создана ткань со вшитыми солнечными панелями



Немецкие исследователи разработали мягкие и эластичные солнечные панели на тканевой основе – их будут печатать в рулонах, а потом покрывать грунтовкой вместо брезента или фасады домов.

Как пишет Engineer, «Солнечную ткань» разработали ученые из Фраунхоферского института и их партнеры из проекта PhotoTex. Ключевой элемент изобретения – промышленный процесс производства эластичных солнечных панелей. Благодаря этому, надеются создатели, эти панели будут востребованы даже со своим скромным КПД.

«Кажется, что это просто, – говорит Йонас Сундквист, специалист по тонкопленочным технологиям Ин-

ститута, – но станки в текстильной промышленности предназначены для производства огромных рулонов ткани – пять или шесть метров шириной и до 1 000 метров длиной. А во время процесса нанесения покрытия ткани должны выдерживать температуры около  $200^{\circ}\text{C}$ . Другие факторы тоже играют важную роль: материал должен соответствовать противопожарным требованиям, иметь высокий предел прочности на разрыв и быть дешевым в производстве».

Все эти свойства сочетает оптоволоконная ткань. Следующим шагом команды стало соединение тонких электродов снизу с фотогальваническим слоем и электродами на поверхности ткани. Для этого они использовали технологию декалькомани – перенесения печатных оттисков при помощи высокой температуры или давления. Все технологические процессы адаптированы и соответствуют стандартам производства текстильной индустрии.

Главная проблема – низкая эффективность материала. Сейчас она составляет от  $0,1\%$  до  $0,3\%$ . В дальнейшем ученые собираются повысить КПД до  $5\%$ . Несмотря на то, что производительность кремниевых фотоэлементов выше, они надеются, что и их подход найдет свою нишу, и продажи могут начаться в течение пяти лет.

*hightech.plus*



### Оригами-ровер вырвет ямку в реголите и очистит солнечные панели сжатым газом

Компания Honeybee Robotics разработала для компактного оригами-ровера PUFFER систему распыления сжатого газа РОССЕТ, которая может использо-

ваться для рытья ямок в реголите, а также для очистки солнечных панелей и других поверхностей от пыли. Демонстрационное видео опубликовано на YouTube.





HoneybeeRoboticsLtd / YouTube

Пыль на поверхности других небесных тел может существенно мешать работе. С этой проблемой уже сталкивались космонавты на Луне (им пришлось чинить крыло лунного вездехода с помощью скотча), а также техника на Марсе – именно пылевая буря окончательно вывела из строя марсоход «Оппортьюнити», который к тому времени проработал 5 111 сол вместо запланированных 90. Впрочем, на Красной планете ветер иногда сдувает пыль с солнечных панелей, улучшая выработку электроэнергии.

Кроме вывода техники из строя пыль и реголит могут мешать и научной работе аппаратов. Под слоем реголита могут скрываться интересные объекты, а ветер может замести пылью образец, который уже начали изучать специалисты миссии.

Инженеры из робототехнической компании Honeybee Robotics разработали пневмоочиститель, который для работы использует сжатый углекислый газ и может использоваться как для очистки техники (в том числе солнечных батарей), так и для рытья небольших ямок в реголите, что может помочь в поиске интересных образцов для изучения.

Пневмоочиститель РОССЕТ сконструирован специально для компактных оригами-роверов PUFFER, которые разрабатывались Лабораторией реактивного движения NASA. Такие роверы предлагалось в сложном компактном виде доставлять на другую планету на борту более крупного материнского ровера или стационарной станции, вокруг которой PUFFER будет исследовать поверхность, возвращаясь на подзарядку и передачу образцов для дальнейшего изучения.

Вся система РОССЕТ (PUFFER-Oriented Compact Cleaning and Excavation Tool) весит меньше 280

граммов и собрана в основном из доступных в широкой продаже комплектующих, поэтому в будущем массу пневмоочистителя можно будет еще уменьшить. Ровер PUFFER с установленным пневмоочистителем весит 540 граммов.

Очищенный от реголита камень  
HoneybeeRoboticsLtd / YouTubeСолнечные панели, очищенные от пыли  
HoneybeeRoboticsLtd / YouTube

Систему, установленную на ровер, испытали в вакуумной камере (давление 0,013 атмосферы) с имитацией лунного реголита. PUFFER, оборудованный пневмоочистителем, успешно нашел под слоем реголита лед и камни, а также очистил покрытую пылью солнечную панель.

Это не первая космическая разработка Honeybee Robotics. Ранее компания продемонстрировала концепт космического ружья для стрельбы по астероидам, а также в партнерстве с Orbit Beyond должна была участвовать в программе NASA по привлечению коммерческих компаний в лунную программу CLPS – впрочем, Orbit Beyond уже успела отказаться от участия в этой программе.

nplus1.ru



### Найден способ улучшить термоядерный реактор

Ученые из Принстонской лаборатории физики плазмы обнаружили доказательства наличия ошибок в форме полей в ходе первого 10-недельного запуска

эксперимента NSTX-U – флагманского токамака лаборатории – и предложили способы их исправления. Об этом ученые сообщили в журнале Nuclear Fusion.





Для создания термоядерного реактора на Земле необходимы магнитные поля очень большой мощности и высокая температура. Но ошибки в форме таких полей могут существенно снизить их мощность. Такие ошибки приводят к отклонениям от симметричной формы полей в термоядерных установках с токамаком, что может оказать разрушительное воздействие на стабильность и удержание горячей плазмы.

В Принстонской лаборатории физики плазмы исследователи собрали комбинацию экспериментальных данных, детального измерения положения маг-

нитов и компьютерного моделирования отклика плазмы, чтобы найти источник ошибок в полях эксперимента NSTX-U. Анализ выявил спектр малых полей с ошибками – неизбежный результат того, что токамак не может быть абсолютно симметричным, – но большинство из них оказывало легко корректируемое воздействие на плазму.

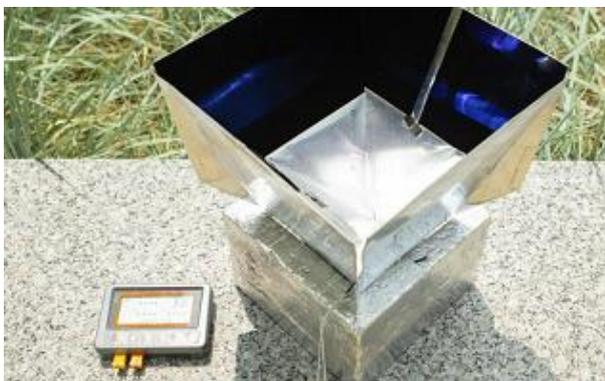
Тем не менее, по словам ученых, они обнаружили, что даже небольшое смещение магнитных катушек, которые проходят по центру токамака и создают магнитные поля, может породить ошибки, которые отражаются на поведении плазмы. Среди возникших проблем были эффекты магнитного торможения и блокировки, которые не позволяли вращаться внешнему краю плазмы и увеличивали локальный нагрев на плазменных компонентах внутри токамака.

После обнаружения ошибки работу экспериментальной установки приостановили во избежание отказа катушек. Результаты исследования в настоящее время используются «для разработки новых требований к допускам для NSTX-U по мере его модернизации». Благодаря работе ученых были улучшены требования к строению токамака и после еще одной модернизации его мощность может существенно возрасти.

*indicator.ru*



### «Тепловые прожекторы» охладят города без затрат энергии



Американские инженеры предложили новую систему пассивного охлаждения, идеально подходящую для плотной застройки. Устройства из специальной пленки улавливают тепло зданий, но не рассеивают его вокруг, а отправляют в космос.

Революционная система охлаждения зданий создана специалистами из Университета штата Нью-Йорк в Баффало. Эта система состоит из недорогой полимерно-алюминиевой пленки, которой выстилают дно специально разработанного солнечного короба. Алюминий отражает солнечные лучи, а полидиметилсилоксан абсорбирует тепло из воздуха.

Как написал Science Daily, инженеры поместили этот материал на дно коробки из пены, поверх которой построили солнечный «ковш» со скошенными стенками.

Такая архитектура служит двум целям: во-первых, она впитывает солнечный свет. Во-вторых, форма стенок и центрального конуса позволяют направлять эту энергию через атмосферу Земли в космос.

«Рассеивая тепло, полимер остается холодным и может охлаждать окружающую среду, – объяснил один из руководителей проекта Лю Чжоу. – Это называется радиационным или пассивным охлаждением и интересно тем, что такой системе не нужна батарея или иной источник электричества».

Одно из важных отличий этой системы – способность целенаправленно направлять тепловое излучение вверх. Обычно при пассивном охлаждении оно расходуется во всех направлениях, но ученые нашли способ сузить луч. Это как раз то, что надо, для плотной городской застройки.

Вся конструкция высотой 46 см, а в ширину и длину – около 25 см. Для охлаждения здания нужно установить несколько таких коробов на крыше. Днем такая система радиационного охлаждения позволяет понизить температуру воздуха вокруг здания на 6 °С, а ночью – на 11.

*hightech.plus*