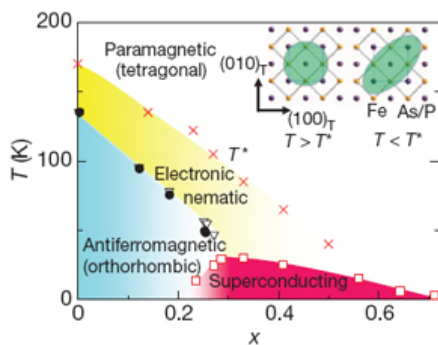


В этом выпуске:

## СВЕРХПРОВОДНИКИ

### Электронная нематичность в безмедных ВТСП

Электронная нематичность (однонаправленное самоорганизованное электронное состояние, нарушающее вращательную симметрию решетки) наблюдалась и в купратных, и в безмедных ВТСП. При этом в пниктидах нематичность обычно ассоциировалась с орторомбическим искажением элементарной ячейки. В работе [1] (Япония, США) при измерении крутящего момента  $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$  в магнитном поле однако обнаружено, что нематичность появляется при температуре гораздо выше температуры структурного перехода из тетрагональной в орторомбическую фазу (и сопутствующего ему антиферромагнитного перехода). Более того, она сохраняется в немагнитной сверхпроводящей области, в результате чего нематическая фазовая диаграмма пниктидов становится похожей на псевдощелевую диаграмму купратов (см. рис.). Не исключено, что псевдощель как-то связана с нематичностью.



Фазовая диаграмма  $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ . Кружки – температура антиферромагнитного перехода, треугольники – температура структурного перехода, квадраты – температура сверхпроводящего перехода. Крестики – температура появления нематичности. Вставка иллюстрирует нематичность вдоль оси  $[110]_T$ .

Л. Оленов

1. S.Kasahara et al., *Nature* **486**, 382 (2012).

### Высокотемпературная сверхпроводимость и квантовая критическая точка

В обоих семействах высокотемпературных сверхпроводников (купратных и безмедных) сверхпроводимость возникает в непосредственной близости к антиферромагнитному состоянию. Зависимость критической температуры  $T_c$  от концентрации носителей заряда при этом имеет куполообразный вид. Согласно ряду теоретических моделей, в сверхпроводящем куполе “прячется” квантовая критическая точка (ККТ), разделяющая магнитную и немагнитную фазы при  $T=0$  (рис. 1).

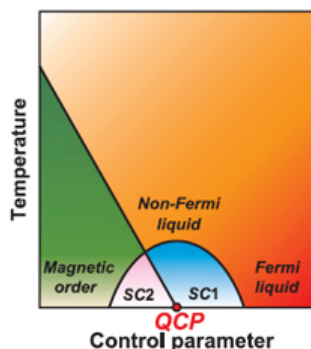


Рис. 1. Схематическое изображение фазовой диаграммы ВТСП. QCP – квантовая критическая точка.

В работе [1] (Япония, США, Великобритания) получены косвенные указания на существование такой ККТ в пниктиде  $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$  и на ее возможную при-

И далее ...

## КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

- 2 Долгоживущая квантовая память из ядерных спинов

Электрические диполи на магнитных монополях в спиновом льде

## ГРАФЕН

- 3 Сверхпроводимость в графен-оловянном нанокompозите

Изготовление суперконденсатора на основе графена с помощью лазера

## МАГНИТЫ

- 4 Прыгающие молекулярные магниты

## ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

- 5 Электрическое соединение нанотрубок с помощью молекулы фуллерена

- 6 Эндофуллерен  $\text{DySc}_2\text{N}@C_{60}$  – мономолекулярный магнит

- 7 УНТ усиливают рост клеток табака

## ВЕСТИ С КОНФЕРНЦИЙ

- 9 Выездная сессия Научного совета РАН

## НОВЫЕ ИЗДАНИЯ

- 9 Книги издательства БИНОМ

## КОНФЕРЕНЦИИ

- 10

частность к сверхпроводимости. Измерив глубину проникновения магнитного поля  $\lambda$  в кристаллы  $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$  с различными  $x$ , авторы [1] обнаружили острый пик на кривой  $\lambda^2(x)$  при  $x = 0.3$  (рис. 2).

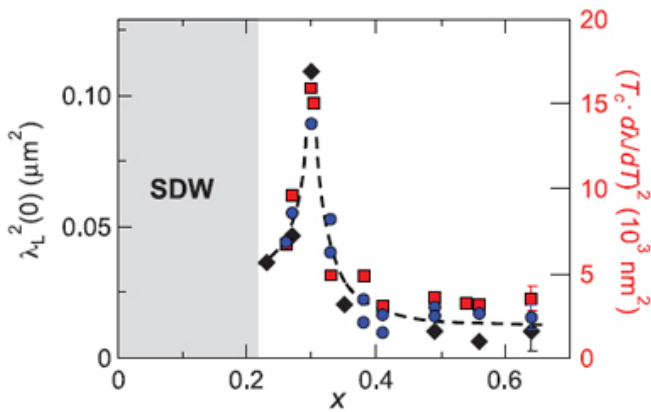


Рис. 2. Квадрат глубины проникновения магнитного поля в  $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ . Разные символы отвечают различным экспериментальным методикам.

Поскольку квадрат  $\lambda$  пропорционален эффективной массе носителей  $m^*$ , то максимум  $\lambda$  является, скорее всего, следствием максимума  $m^*$ , который, в свою очередь, обусловлен рассеянием носителей на квантовых критических флуктуациях в окрестности ККТ. Интересно, что при  $x=0.3$  максимальна и  $T_c$ , то есть те же самые флуктуации имеют отношение и к сверхпроводимости. Температурные зависимости  $\lambda$  по обе стороны от ККТ являются линейными, что говорит, во-первых, о наличии линии узлов у сверхпроводящего параметра порядка  $\Delta$  и, во-вторых, о незначительном изменении структуры  $\Delta$  при переходе через ККТ. В [1] высказано предположение, что справа от ККТ реализуется “чистое” сверхпроводящее состояние, а слева к нему подмешивается волна спиновой плотности.

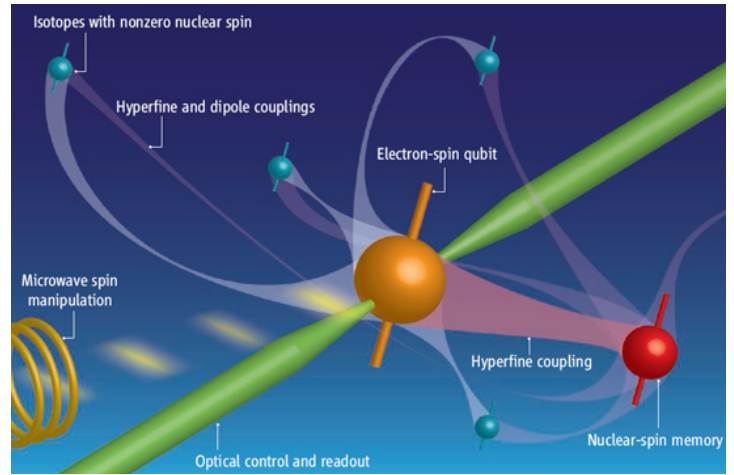
Л. Опенов

1. K.Hashimoto et al., *Science* **336**, 1554 (2012).

## КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

### Долгоживущая квантовая память из ядерных спинов

Для эффективной работы квантовых информационных устройств требуется надежная “квантовая память”, в которой квантовые состояния сохраняют когерентность в течение как можно более длительного времени. Основным кандидатом на роль такой памяти в твердотельных системах являются ядерные спины, которые, благодаря своим маленьким магнитным моментам, гораздо менее чувствительны к воздействию окружения, чем электронные спины. Доступ к информации, хранящейся в ядерных спиновых кубитах, осуществляется посредством их сверхтонкого взаимодействия с электронными спинами, которыми, в свою очередь, можно управлять оптическими методами (см. рис.).



В работах [1, 2] показано, что времена декогерентизации ядерных кубитов  $T_2$  могут достигать нескольких секунд и даже минут, если хорошенько очистить образец от изотопов с ненулевым ядерным спином. Авторы [1] (Канада, Великобритания, Германия) нашли  $T_2 \approx 3$  мин для спинов ядер  $^{31}\text{P}$  в изотопически чистом кремнии  $^{28}\text{Si}$  (при этом информация передается электронным спинам этих же доноров), а в работе [2] (США, Австралия) получили  $T_2 \approx 1.4$  с для спинов ядер  $^{13}\text{C}$  в алмазе (взаимодействующих с электронными спинами расположенных по соседству центров азот-вакансия) при комнатной температуре. Согласно сделанным в [2] оценкам, величину  $T_2$  можно увеличить до нескольких суток за счет дальнейшего повышения изотопической чистоты образцов и использования методики динамического подавления декогерентизирующих взаимодействий.

По материалам заметки  
C.Boehme, D.R.McCamey,  
“Nuclear-spin quantum memory  
poised to take the lead”,  
*Science* **336**, 1239 (2012)

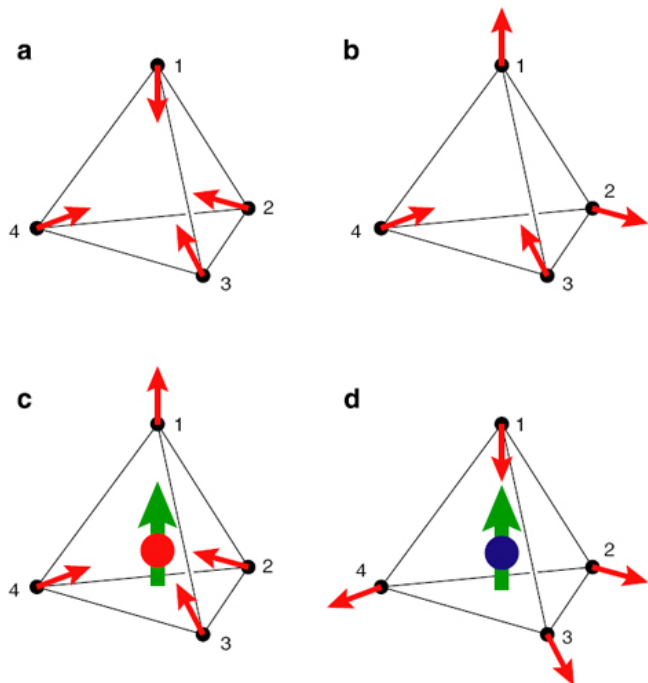
1. M.Steger et al., *Science* **336**, 1280 (2012).

2. P.C.Maurer et al., *Science* **336**, 1283 (2012).

### Электрические диполи на магнитных монополях в спиновом льде

Состояние так называемого спинового льда (spin ice) реализуется во фрустрированных системах, основными структурными элементами которых являются тетраэдры из магнитных атомов с эффективным ферромагнитным взаимодействием. Недавно [1, 2] было высказано предположение, что элементарные возбуждения спинового льда (см. рис.) аналогичны магнитным монополям, то есть обладают “магнитным зарядом”. В работе [3] показано, что каждый такой монополю имеет ещё и локальный электрический дипольный момент, который возникает либо из-за спин-зависимого перераспределения электронов между атомами тетраэдра, либо за счет магнитострикционного взаимодействия. А если так, то магнитными монополями можно управлять, используя не магнитное, а электрическое по-

ле. В частности, в неоднородном поле монополи и антимонполи должны пространственно разделяться. Взаимосвязь электрических и магнитных явлений, составляющая основу современной физики, оказывается глубже, чем можно было бы предположить: если электрон имеет электрический заряд и магнитный диполь (спин), то магнитный монополю – магнитный заряд и электрический диполь.



*a* – Возможные направления спинов (красные стрелки) в тетраэдре из четырех магнитных атомов; *b* – основное состояние спинового льда; *c* – монополю; *d* – антимонполю – элементарные возбуждения спинового льда. Зеленые стрелки – электрические диполи.

1. И.А.Рыжский, *ЖЭТФ* **128**, 559 (2005).
2. C.Castelnovo et al., *Nature* **451**, 41 (2008).
3. D.I.Khomskii, *Nature Commun.* **3**, 904 (2012).

## ГРАФЕН

### Сверхпроводимость в графен-оловянном нанокompозите

Химическая инертность графена и наличие в нем двумерного электронного газа с высокой подвижностью делают возможным изготовление из графена различных гетероструктур с контролируемыми электрическими характеристиками. В работе французских физиков [1] представлены результаты исследования композита графен/сверхпроводник, который представляет собой массив сверхпроводящих наночастиц олова ( $T_c = 3.7$  К), сформированный при напылении на графен слоя Sn толщиной 10 нм. Средний поперечный размер наночастиц составил 80 нм, а среднее расстояние между ними – 13 нм (рис. 1). Сверхпроводимость индуцируется в графене за счет эффекта близости. Композит в целом ведет себя как гранулярный сверхпроводник, демонстрируя переход сверхпроводник-диэлектрик, вызванный локализацией куперовских пар. Электри-

ческие свойства композита можно регулировать, изменяя концентрацию носителей в графене за счет управляющего напряжения (рис. 2).

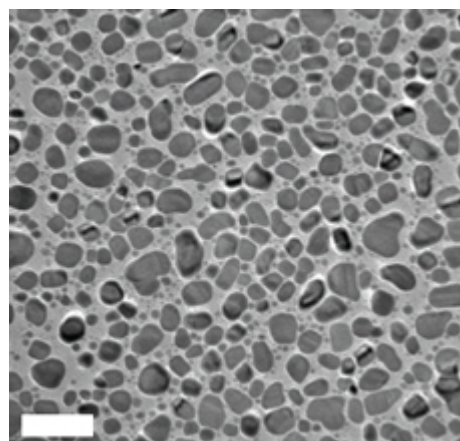


Рис. 1. Массив наночастиц Sn на графене (данные просвечивающей электронной микроскопии; длина масштабной линейки 200 нм).

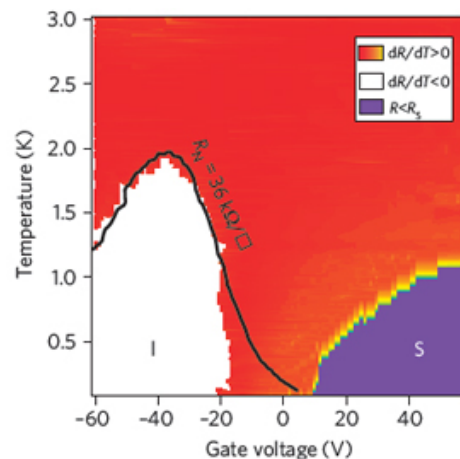


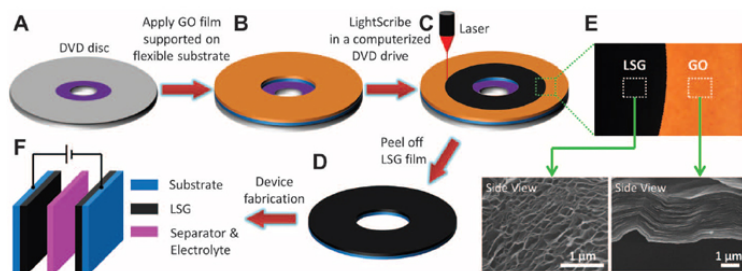
Рис. 2. Фазовая диаграмма композита графен/Sn, определенная по результатам измерения температурных зависимостей сопротивления  $R$  при различных величинах управляющего напряжения  $V$  (S – сверхпроводник, I – диэлектрик).

1. A.Allain et al., *Nature Mater.* **11**, 590 (2012).

### Изготовление суперконденсатора на основе графена с помощью лазера

Хотя суперконденсаторы (СК) или электрохимические конденсаторы характеризуются существенно более низкими величинами удельной запасаемой энергии по сравнению с обычными аккумуляторами (4-5 Вт·ч/кг против 20-150 Вт·ч/кг), эти устройства развивают существенно более высокую удельную мощность, что связано с более высокими ионными потоками. Для создания суперконденсатора с плотностью запасаемой энергии, сравнимой с соответствующей величиной для электрохимического аккумулятора требуется создать электроды, имеющие высокую удельную поверхность в сочетании с хорошей электропроводностью. В этом отношении весьма привлекательным представляется создание СК с электродами на основе графена, который, как

известно, характеризуется рекордной теоретической величиной удельной поверхности  $\approx 2600 \text{ м}^2/\text{г}$ . При полном использовании этой поверхности может быть достигнута удельная емкость на уровне 550 Ф/г. Однако, результаты многочисленных усилий исследователей, направленных на создание СК с электродами на основе графена, оказываются гораздо скромнее теоретических оценок. Это связано с тем обстоятельством, что обычно в макроскопическом образце имеет место достаточно плотная упаковка графеновых листов. Тем самым лишь относительно небольшая часть поверхности доступна для ионного потока, что не позволяет использовать основное преимущество графена, связанное с его чрезвычайно высокой удельной поверхностью. Достаточно эффективный подход к решению этой проблемы предложен группой исследователей из Univ. of California, Los Angeles (США) [1], которые обрабатывали графитовую пленку лучом лазера, входящего в состав лазерного записывающего устройства для DVD.



На рисунке схематически представлена процедура подготовки образца, согласно которой сначала пленку оксида графита наносят на поверхность DVD диска (B). Затем пленку подвергают лазерной обработке (C) в соответствии с компьютерной программой, в результате чего золотисто-коричневый цвет пленки изменяется до черного (E), что свидетельствует о восстановлении оксида. Как показывают наблюдения, выполненные с помощью сканирующего электронного микроскопа, процесс восстановления сопровождается расслоением пленки на отдельные слои, содержащие от одного до нескольких графеновых листов. Измерения показали, что удельная проводимость полученных образцов составляет  $1740 \text{ См}/\text{м}$ , что на 1-2 порядка превышает типичную величину для активированного угля, используемого в коммерческих СК. Наряду с этим, образцы демонстрируют повышенную гибкость, допуская до 1000 изгибов без существенного изменения проводимости. Образцы графена, имевшие весьма высокую ( $1520 \text{ м}^2/\text{г}$ ) удельную поверхность (сравнимую с лучшими коммерческими образцами активированного угля) использовали в качестве электродов СК, который содержал также ионный сепаратор и электролит (F). В демонстрационных опытах с СК в качестве электролита использовали  $1 \text{ М H}_3\text{PO}_4$ . Согласно измерениям, изготовленный СК способен запасать энергию на уровне 1.36

$\text{мВт}\cdot\text{ч}/\text{см}^3$ , что примерно втрое превышает соответствующий показатель для коммерческих СК на основе активированного угля. Удельная мощность, развиваемая этим устройством, достигает  $20 \text{ Вт}/\text{см}^3$ , что примерно в 20 раз выше, чем коммерческие СК, и на 3 порядка выше, чем тонкопленочные литиевые батареи данного класса. Учитывая низкую стоимость исходного оксида графита, многотоннажное производство которого уже давно освоено, можно считать изготовленный СК на основе графена весьма перспективным для использования в современной электронике.

*А.Елецкий*

*1. A.F. El-Kady et al., Science 335, 1326 (2012).*

## МАГНИТЫ

### Прыгающие молекулярные магниты

Когда-то давно один талантливый, но, к сожалению, оставшийся неизвестным, ученый из болотистой нидерландской Батавии ронял маленькие стеклянные капельки в холодную воду. Застывшие капельки “батавские слезки” были похожи на шарики с длинными причудливо изогнутыми хвостиками, которые были очень-очень крепкими при ударе кувалды, однако мгновенно взрывались, стоило отломить хвостик. Это загадочное явление объяснялось внутренним напряжением, которое создавалось внутри капли и давило на наружный слой. Если же нарушить поверхностный слой, то такую “стеклянную запяную” мгновенно разносит в пыль внутреннее давление. При взрыве, естественно, “батавские слезки” прыгали....

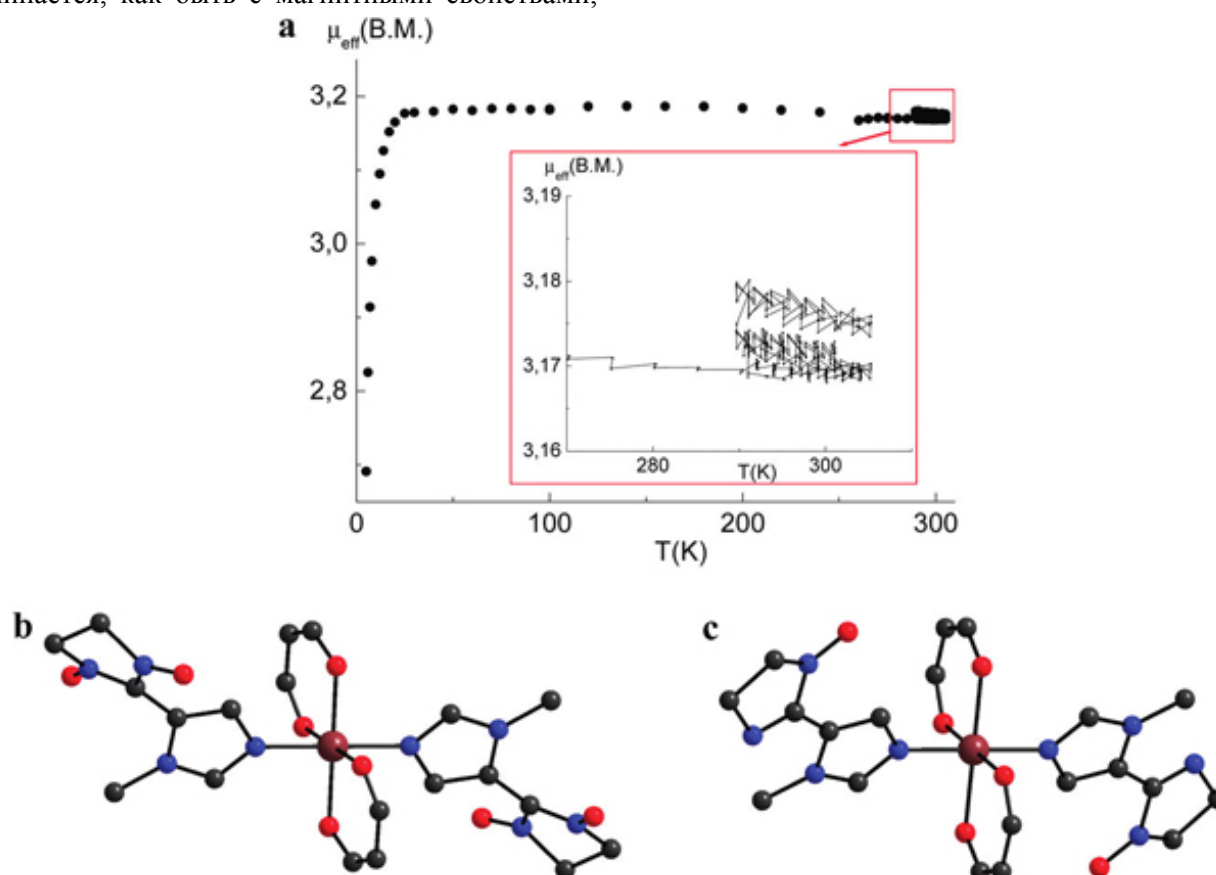
Оказывается, такая прыгучесть свойственна не только стеклянным шарикам, но и молекулярным магнетикам - кристаллам гетероспиновых комплексов ( $\text{M}(\text{hfac})_2\text{L}_2$ ) (где  $\text{M} = \text{Cu}, \text{Ni}, \text{Co}$ , или  $\text{Mn}$ ;  $\text{hfac} = \text{hexafluoroacetylacetonate}$ ; и  $\text{L} = \text{nitronyl nitroxide}, 4,4,5,5\text{-tetramethyl-2-(1-methyl-1H-imidazol-5-yl)-4,5-dihydro-1H-imidazole-3-oxide-1-oxyl}$ ) [1]. Твердые кристаллы ( $\text{Cu}(\text{hfac})_2\text{L}_2$ ) охотно прыгали в чашке Петри при комнатной температуре и полностью останавливались, когда их помещали в холодильник. Причем такое подпрыгивание было характерно только для маленьких кристаллов, для тяжеловесных крупных кристаллов, которые достигали в размерах более 1мм, такая суетливость не наблюдалась, они просто разлетались на фрагменты. Такое механическое движение мелких частиц, наблюдаемое в течение месяца, сопровождается появлением трещин и, в конце концов, приводит к разрушению кристаллов.

Авторы работы [1] придерживаются несколько иной точки зрения, предпочитая не вспоминать о “батавских слезках” и внутренних напряжениях. По их мнению, главной движущей силой является реактивная тяга при выделении кислорода. В работе [1] утверждается, что созданные вещества положили начало новым видам преобразователей термиче-

*ПерсТ, 2012, том 19, выпуск 13/14*

ской и оптической энергии в механическую, и что на этом принципе в будущем можно будет сделать макроскопические полезные устройства. Правда, не упоминается, как быть с магнитными свойствами,

которые в этих соединениях сводятся к парамагнетизму (наподобие, медного купороса или кремнезема) (см. рис.).



а – Зависимость эффективного магнитного момента от температуры для прыгающих магнитов (на врезке показаны стохастические скачки магнитного момента при растрескивании образцов); б, с – молекулы, обеспечивающие наличие спинов в прыгающих магнитах.

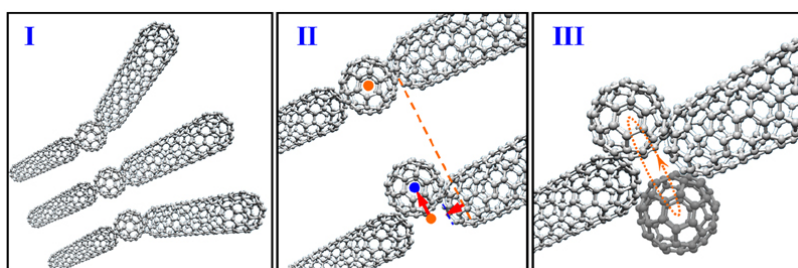
О.Коплак

*I. V.I.Ovcharenko, et al., Inorg. Chem. 50, 4307 (2011).*

## ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

### Электрическое соединение нанотрубок с помощью молекулы фуллерена

Углеродные наноструктуры (фуллерены, углеродные нанотрубки, графен) часто рассматривают в качестве элементов электронных схем или наноэлектромеханических устройств, сочетающих в себе миниатюрные размеры с эффективными рабочими характеристиками. При создании таких систем возникает проблема соединения различных элементов, которое бы обеспечивало механический и электрический контакт между ними. Примером успешного решения такой проблемы может служить работа, выполненная группой специалистов из Southeast Univ. (Китай) совместно с Univ. de Lyon, (Франция). Этим авторам удалось осуществить электрический и механический контакт между двумя углеродными нанотрубками (УНТ) с помощью молекулы фуллерена [1].



Три типа контактов между УНТ, реализуемых с помощью молекул фуллерена: I – контакт имеет форму шарнира, позволяющего нанотрубкам совершать повороты и вращения; II – контакт допускает боковое движение конца УНТ; III – молекула фуллерена может вращаться вокруг области контакта.

Возможные конфигурации контактов схематически показаны на рисунке. С целью практической реализации контакта многослойные УНТ диаметром от нескольких нм до нескольких десятков нм и длиной в несколько сот нм наносили на поверхность золотой проволоки диаметром 2 мм, закрепленной на щупе ТЕМ-STM, который помещали в камеру микроскопа. Нанотрубку, прикрепленную к концу золотой проволоки, приводили в контакт с другой зо-

лотой проволокой, укрепленной на контрэлектроде. Импульс тока через нанотрубку вызывал ее термическое разрушение, которое сопровождалось образованием графеновых хлопьев и молекул фуллерена, которые осаждались вблизи точки разрыва УНТ. После этого фрагменты УНТ, образовавшиеся в результате ее разрыва, приводили в контакт через молекулу фуллерена, образуя тем самым мягкое соединение (шарнир). Общее количество полученных таким образом соединений достигало 50. Роль соединительного элемента во всех случаях играли одно- или двухслойные молекулы фуллерена с внешним диаметром  $2.5 \pm 0.1$  нм, что соответствует формуле  $C_{720}$ . Соединяемые фрагменты УНТ имели внешний диаметр от 3.3 до 4.4 нм и толщину  $1.2 \pm 0.1$  нм, что соответствует 4-5 слоям. Измерения вольтамперных характеристик этих соединений при температуре жидкого азота, показали, что при пропускании электрического тока электрический контакт сохраняется даже при движении УНТ относительно контакта, хотя в некоторых случаях это сопровождается уменьшением диаметра УНТ (до 30 %). В некоторых случаях наблюдается нарушение электрического контакта, что, видимо, связано с термическим разрушением УНТ. Типичная величина тока через контакт, наблюдавшаяся для всех типов соединений, составила около 7 мкА при напряжении 2 В. Это соответствует плотности тока, протекающего через молекулу фуллерена, на уровне  $9 \cdot 10^8$  А/см<sup>2</sup>.

Обработка вольтамперных характеристик соединений позволила оценить сопротивления контактов между двумя УНТ и между УНТ и молекулой фуллерена. Обе эти величины оказались в диапазоне между 100 и 1000 кОм, что соответствует удельному сопротивлению контакта на уровне  $\sim 10^{-8}$  Ом·см<sup>2</sup>, что на несколько порядков ниже известных из литературы величин удельного сопротивления контактов УНТ–металл ( $10^{-6}$  Ом·см<sup>2</sup>), металл–металл ( $10^{-5}$  Ом·см<sup>2</sup>) и УНТ–полупроводник ( $10^{-6}$  Ом·см<sup>2</sup>).

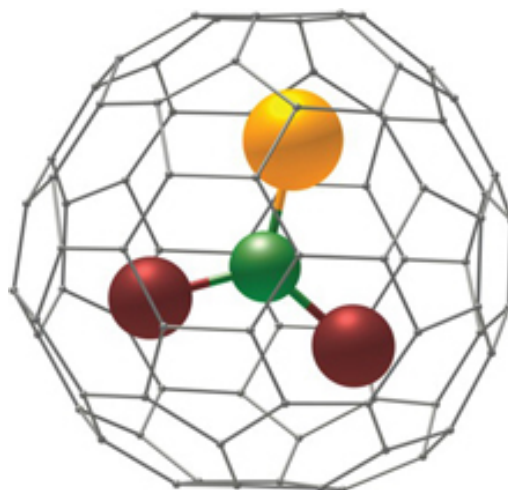
*А.Елецкий*

*1. N. Wan et al., Appl. Phys. Lett. 100, 193111 (2012).*

### **Эндофуллерен $DySc_2N@C_{60}$ – мономолекулярный магнит**

Молекулярные магниты представляют собой металлоорганические кластеры, в составе которых присутствуют ионы металлов с неспаренными электронами. Такие системы ведут себя как отдельные магниты что делает их перспективными кандидатами для приложений спинтроники, а также реализации квантовых вычислений и создания систем накопления и хранения данных высокой плотности. Одним из способов получения молекулярных магнитов является внедрение атомов редкоземельных металлов в фуллереновую клетку. В работе [1] при помощи серии химических реакций авторам уда-

лось синтезировать соединение  $DySc_2N@C_{80}$  (см. рис.) и показать, что полученный эндофуллерен демонстрирует длительные времена магнитной релаксации.



Химическая структура эндофуллерена  $DySc_2N@C_{60}$ : зеленым цветом обозначен атом азота, красным – атомы скандия, желтым – атом диспрозия.

Исследователи подробно изучили магнитные свойства образцов с помощью рентгеновского излучения (магнитный круговой дихроизм) и сверхчувствительного СКВИД-магнетометра. При этом СКВИД-измерения проводили как с использованием чистых образцов, так и “разбавленных” фуллеренами  $C_{60}$ . Целью такого “разбавления” было увеличение расстояния между атомами редкоземельных металлов и, как следствие, уменьшение межмолекулярного диполь-дипольного взаимодействия. Из анализа полученных кривых намагничивания авторы сделали выводы о том, что магнитное поведение эндофуллеренов целиком обусловлено ионами диспрозия в диамагнитной углеродной клетке. При этом время магнитной релаксации в нулевом поле при температуре 2 К чистых образцов составляет около 40 мин, в то время как “разбавленных” – в 9 раз дольше (более 5 часов). Авторы также отмечают, что при температуре 4 К и поле 0.3 Тл и те, и другие образцы демонстрируют приблизительно одинаковые времена релаксации. Разумеется, при увеличении температуры времена релаксации резко уменьшаются. Будем надеяться, что дальнейшие исследования в области эндодральных мономолекулярных магнитов помогут решить эту проблему.

*М. Маслов*

*1. R. Westerström et al., J. Am. Chem. Soc. 134, 9840 (2012).*

## УНТ усиливают рост клеток табака

Развитие нанобиотехнологий невозможно без изучения механизмов воздействия наноматериалов на растения. Результаты, полученные до сих пор, достаточно противоречивы. Учёные показали, что одностенные (ОСНТ) и многостенные углеродные нанотрубки (МСНТ) могут проходить через прочные клеточные стенки растений. В результате этого, как установлено на примере риса, МСНТ, накапливаясь в зёрнах и корнях, мешают поступлению воды и питательных веществ и замедляют развитие растений. Однако другие данные, полученные для томатов, говорят о положительном влиянии МСНТ на прорастание семян и развитие рассады. Было также обнаружено вредное воздействие (окислительный стресс) ОСНТ на листья и протопласты (клетки, лишённые стенки, но с клеточной мембраной) арабидопсиса и риса. Подробнее об этих и других исследованиях можно прочесть в *ПерсТе* [1-3].

Авторы новой работы [4], учёные из Univ. of Arkansas at Little Rock (США), убеждены, что взаимодействие углеродных нанотрубок и растений необходимо изучать на всех уровнях организации растения, включая клетку, молекулы РНК, белки. По их мнению, воздействие МСНТ может влиять на экспрессию специфических генов\* и образование белков, ответственных за конкретный фенотип\*\* (рис. 1).

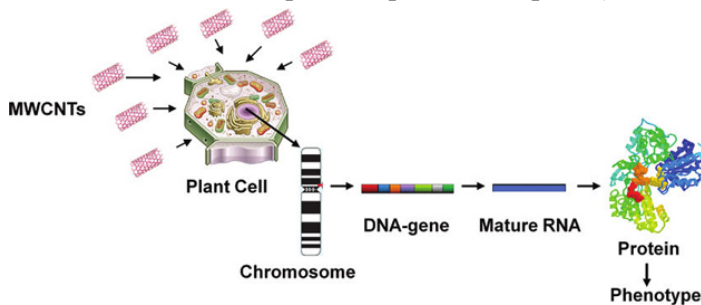


Рис. 1. Схематическое представление воздействия МСНТ на клеточном и молекулярном уровне в растениях (клетка → хромосома → ДНК-ген → зрелая РНК → белок → фенотип).

В качестве объекта исследований учёные выбрали клеточные культуры каллюса\*\*\* табака. Они прорастили семена табака *cv. Havana*, через 3 недели с сеянцев срезали листья и поместили их в специальную среду для образования каллюса. (Листья табака – классический объект для получения каллюсной ткани и дальнейших ее исследований). Полученную культуру каллюса – недифференцированные клетки табака – исследователи поместили в питательную среду, содержащую углеродные нанотрубки (рис. 2) или активированный уголь (АС) для сравнения. Использовали бездефектные МСНТ диаметром 20 нм и длиной 0.5-1 мкм.

Исследователи впервые продемонстрировали положительное влияние углеродных нанотрубок на деление клеток. Добавление МСНТ в диапазоне концентраций 5-500 мкг/мл увеличило рост клеток

на 55-64% (рис. 3). Для АС максимальное увеличение (на 16%) наблюдали только при концентрации 5 мкг/мл. Высокие концентрации АС (100, 500 мкг/мл) привели к существенному снижению роста клеток. Возможно, это связано с неселективной адсорбцией питательных веществ из среды роста.

Рамановская спектроскопия и ТЕМ показали, что МСНТ находятся внутри клеток табака (рис. 2С, 2D). Интересно, что нанотрубки были обнаружены и в клетках, взятых из верхней части биомассы каллюса, которая не имела прямого контакта с питательной средой. Это означает, что начальные клетки, помещенные в среду роста, поглотили большое количество МСНТ, а затем, при делении, передали их следующим поколениям.

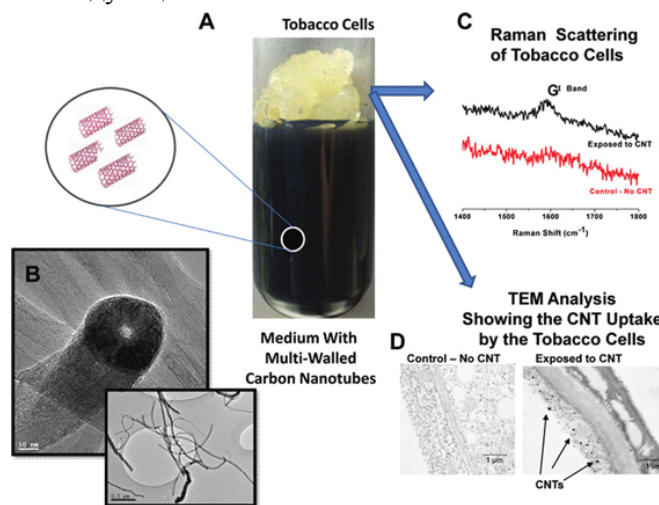


Рис. 2. А – рост клеток табака на питательной среде с добавлением 100 мкг/мл МСНТ. Б – ТЕМ изображения МСНТ. В – спектры рамановского рассеяния (вверху – для среды с МСНТ, внизу – контроль). Д – ТЕМ изображения клеток с МСНТ (вверху) и контрольных (внизу).



В предыдущей работе этого же коллектива было показано, что при добавлении в питательную среду сравнительно небольших количеств МСНТ (10-40 мкг/мл) семена томатов прорастали гораздо быстрее, и растения развивались лучше [5]. Авторы с помощью рамановской спектроскопии и просвечивающей электронной микроскопии продемонстрировали, что углеродные нанотрубки попали в клетки, и предположили, что они могут влиять на мембранные водные каналы – аквапорины\*\*\*\*. Новые результаты [4] подтвердили эту гипотезу. Специальные эксперименты, анализирующие экспрессию генов в режиме реального времени, показали, что МСНТ способны увеличить образование мембранных каналобразующих белков, то есть, регулировать рост растений.

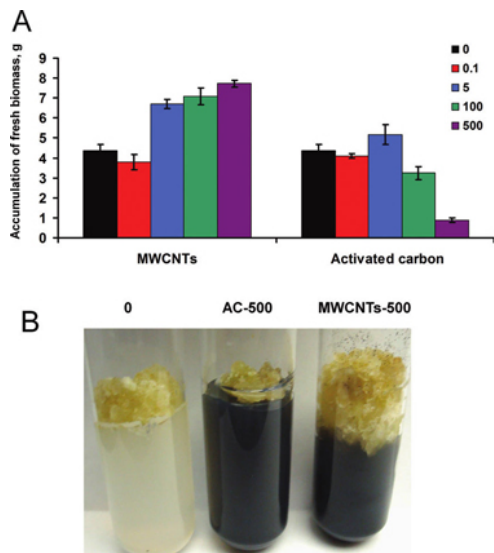


Рис. 3. Влияние МСНТ и АС на рост биомассы клеточной культуры табака. А – аккумуляция свежей биомассы для разных концентраций МСНТ (слева) и АС (справа) в диапазоне 0-500 мкг/мл. В – (слева направо) фотографии пробирок с контрольной средой, с добавлением 500 мкг/мл АС и МСНТ.

Кроме того, исследователи продемонстрировали усиление экспрессии генов, вовлечённых в процессы деления клеток (*CucB*), и растяжения клеток и образования клеточных стенок (*NtLRX1*). Например, экспрессия гена *CucB* в клетках, культивируемых в среде с добавлением 100 мкг/мл МСНТ, выросла в 35 раз через 6 ч инкубации (рис. 4). Для контрольной питательной среды усиление в 15 раз наблюдали только на 4 день, для АС экспрессия была минимальной. Экспрессию генов активировали даже очень малые количества нанотрубок (5 мкг/мл).

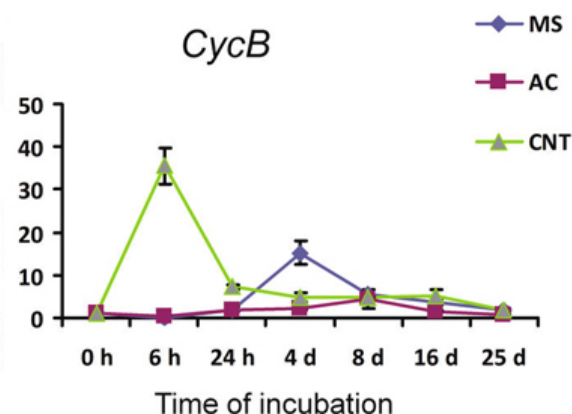


Рис. 4. Экспрессия гена *CucB* (относительные единицы) в табачных клетках, культивируемых в среде с добавлением 100 мкг/мл МСНТ, АС и в контрольной среде

Важно подчеркнуть, что даже очень высокие (500 мкг/мл) концентрации МСНТ не вызвали токсичного действия, а наоборот, стимулировали рост клеток. Противоречия в экспериментальных данных, полученных в разных лабораториях, могут быть обусловлены различиями в нанотрубках (размер, степень агломерации и др.), длительностью инкубации, концентрацией нанотрубок, а также типом и возрастом растения. Учитывая способность МСНТ

легко проникать через клеточные стенки, можно предположить, что растения воспринимают нанотрубки как факторы стресса – как патогены. Однако в [4] продемонстрированы новые положительные эффекты. Авторы работы полагают, что существует уникальный молекулярный механизм, с помощью которого углеродные нанотрубки могут регулировать деление клеток и рост растений. Этот механизм связан с активацией водных каналов (аквапоринов) и основных генов, регулирующих деление и растяжение клеток, формирование клеточной стенки. Полученные результаты могут быть полезны для развития фундаментальных представлений и также использованы в фармацевтике, агробιοтехнологии. Тем не менее, как подчеркивают авторы, до внедрения в продовольственный сектор сельского хозяйства необходимо оценить возможные риски. Воздействие МСНТ на клетки очень сложное и требует дальнейших исследований.

О.Алексеева

\*Экспрессия генов – процесс, в ходе которого наследственная информация от гена (последовательности нуклеотидов ДНК) преобразуется в функциональный продукт – РНК и (или) белок.

\*\*Фенотип – совокупность свойств организма, которые появляются в процессе его развития (генотип, в отличие от фенотипа, представляет унаследованные и врожденные структуры организма).

\*\*\*Каллус (каллус) в биологии растений – клетки, образующиеся в местах повреждений растения; каллюсная ткань способствует зарастанию ран, срастанию прививок. Каллус в биотехнологии – недифференцированные клетки, способные дать начало целому растению; объект генетической инженерии.

\*\*\*\*Аквапорины – мембранные каналобразующие белки, которые обеспечивают транспорт воды через клеточные мембраны. За открытие (в 1988 г.) и исследование аквапоринов американский ученый Питер Эгр (Peter Agre) получил в 2003 г. Нобелевскую премию по химии.

1. [ПерсТ 16, вып. 9, с. 6 \(2009\).](#)
2. [ПерсТ 17, вып. 5, с. 5 \(2010\).](#)
3. [ПерсТ 17, вып. 23, с. 6 \(2010\).](#)
4. M.Khodakovskaya et al., ACS Nano 6, 2128 (2012).
5. M.Khodakovskaya et al., ACS Nano 3, 3221 (2009).



## ВЕСТИ С КОНФЕРНЦИЙ

### Выездная сессия Научного совета РАН

Ежегодно роль науки возрастает, именно от науки и от её развития напрямую зависит будущее России. Научные советы РАН обеспечивают координацию фундаментальных исследований в стране, высокий уровень общения в научном сообществе. Одной из форм работы Научных советов является проведение выездных сессий.

Очередная выездная сессия Научного совета РАН по физике конденсированных сред состоялась с 13 по 16 июня 2012 г. в г. Саратове, на базе Саратовского государственного университета им. Н.Г.Чернышевского и Саратовского филиала ИРЭ РАН. Было заслушано и обсуждено 22 обзорных доклада, отражающих состояние научных исследований в данной области физики. Участники семинара посетили факультеты университета, его кафедры и учебные центры; состоялась интересная встреча с сотрудниками Саратовского филиала ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, наибольший интерес вызвали лаборатории СФ-8 (нанопотоника) и СФ-1 (микро и наноэлектроника).

Хотелось бы отметить высокий уровень результатов научных исследований, представленных на сессии. Повышенный интерес научного сообщества вызвали доклады С.А. Никитова “Кристаллы нового поколения”, В.В. Кведера “Кремний и инженерия дефектов для солнечной энергетики”, В.Н. Курлова “Профилированные кристаллы сапфира для лазерной терапии, хирургии и диагностики”. Следует также отметить доклады: К.М. Салихова “Измерения расстояний 1-8 нм в твердых телах с помощью импульсных методов ЭПР”, А.С. Сигова “Тонкие сегнетоэлектрические пленки – свойства и применения”, А.В. Скрипаля “Фотонные кристаллы СВЧ диапазона и их применение для определения электрофизических свойств полупроводниковых и металлических наноструктур и нанокomпозитов”, О.Е. Глуховой и ее коллег “Эмиссионная электроника на основе углеродных нанотрубок и наноструктур”.

Большой интерес участников сессии вызвала лаборатория “Метаматериалы”, созданная в рамках Гранта Правительства РФ для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых. Создание лаборатории является важным шагом на пути возрождения Научно-исследовательского института механики и физики, успешно работавшего в советское время (сегодня лабораторию возглавляет член-корр. РАН С.А. Никитов). В настоящее время в лаборатории четыре направления исследований: фотонные кристаллы (руководитель Д.А. Усанов), фононные кристаллы (руководитель С.Г. Сучков), плазмонные кристаллы (руководители В.В. Попов и Н.Г. Хлебцов), магنونные кристаллы (руководитель Ю.П. Шараевский). Лаборатория оснащена новейшим

оборудованием, некоторые образцы которого являются уникальными и выпущены в единичных экземплярах. Открытие такой лаборатории – это знаковое событие не только для университета, но и для Российской академии наук. Будем надеяться, что получение “Мегагранта” и создание в университете совместно с РАН лаборатории “Метаматериалы” позволит проводить уникальные исследования в области наноэлектроники и нанотехнологий, а молодым учёным даст широкое поле для открытий.

Информацию о Выездной сессии Совета можно посмотреть на сайте <http://sovetfks.issp.ras.ru>.

## НОВЫЕ ИЗДАНИЯ

### Книги издательства БИНОМ

#### Моделирование 3D наносхемотехники



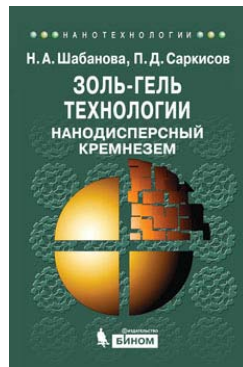
Автор: **Трубочкина Н.К.**

Год издания: 2012

Книга знакомит читателей с теорией переходной схемотехники, знание которой позволяет решать научно-исследовательские и инженерные задачи в области разработки новой элементной базы для суперкомпьютеров.

#### Золь-гель технологии.

#### Нанодисперсный кремнезем



Авторы: **Шабанова Н.А., Саркисов П.Д.**

Год издания: 2012

Монография обобщает научный и практический опыт, накопленный в области химии и технологии нанодисперсного кремнезема в нашей стране и в мировой практике. Внимание авторов направлено на рассмотрение коллоидно-химических основ золь-гель технологий синтеза гибридных органо-неорганических наночастиц и пористых материалов, частиц с полый структурой, легированных оксидами элементов и металлами, покрытий, мембран, объемных непористых тел.

#### Экология наноматериалов



Авторы: **Годымчук А.Ю., Савельева Г.Г., Зыкова А.П.**

Год издания: 2012

В данном учебном пособии рассмотрены потенциальные и реальные экологические риски, возникающие при

взаимодействии наноматериалов с окружающей средой. Анализ проведен на основании экспериментального изучения миграции и путей попадания наноматериалов в экосистему (атмосфера, гидросфера, литосфера), физико-химических свойств наноразмерных золь.

Более подробную информацию можно посмотреть на сайте издательства БИНОМ <http://www.lbz.ru/>

## КОНФЕРЕНЦИИ

### **Международная молодежная научная школа “Современная нейтронография”, 24-28 сентября 2012 г., Дубна, Россия**

Участники Школы:

Молодые ученые и специалисты, аспиранты и студенты высших учебных заведений до 35 лет, желающие повысить свою квалификацию. Количество участников школы ограничено. Отбор участников будет производиться Оргкомитетом на основании полученных материалов.

Срок подачи заявок на участие до **5-го сентября 2012 года**

Е-mail: [schoolnano@jinr.ru](mailto:schoolnano@jinr.ru)

Сайт: <http://flnp.jinr.ru/24/>

### **Конференция стран СНГ**

#### **по росту кристаллов, 1–5 октября 2012 г., Харьков, Украина**

Конференция является продолжением серии конференций – Национальной конференции по росту кристаллов (Россия), Международной конференции “Crystal Materials” (Украина), Международной конференции “Кристаллофизика XXI века”, посвященной памяти М.П. Шаскольской (Россия). Целью конференции является развитие сотрудничества стран СНГ в области физики, химии и технологии получения кристаллов, нано- и биотехнологий, создания и применения новых неорганических, биоорганических, гибридных и других кристаллических материалов, инновационных разработок на их основе.

#### **Программа конференции:**

Создание и исследование кристаллических материалов:

- фундаментальные проблемы образования и роста кристаллов;

- функциональные кристаллические материалы – рост и физические свойства;

Интегрированные технологии (нано-, био-, информационные и когнитивные технологии):

- низкоразмерные структуры (гибридные структуры, поверхностные слои и пленки, жидкие кристаллы и др.);

- нанокристаллы и наносистемы – формирование, строение и свойства;

- биокристаллы и биоподобные материалы;

Вопросы коммерциализации технологий:

- современные методы характеристики и сертификации кристаллических материалов;

- инновационные разработки в области создания и применения кристаллических материалов.

#### **Важные даты:**

Регистрация и прием тезисов докладов – до 3 сентября 2012 г.

Е-mail: [pritula@isc.kharkov.ua](mailto:pritula@isc.kharkov.ua)

Е-mail: [nccg15@yandex.ru](mailto:nccg15@yandex.ru)

Сайт: <http://isc.kharkov.ua/info/page-ccgc2012.html>

### **2nd International School on Surface Science “Technologies and Measurements on Atomic Scale”, 1-7 October 2012, Khosta (Sochi), Russia**

#### **Topics**

- Surface Magnetism on Atomic Scale
- Vibrational Spectroscopy and Chemistry of Single Molecules with STM Inelastic Tunneling
- Model Heterogeneous Catalysis (Nanocatalysis)
- Structural Phase Transitions on Surface
- Superconducting and Strong-correlation Systems
- Low-dimensional Systems including Carbon Materials
- Quantum Communications

#### **Important dates**

Registration and abstract submission deadline: **July 22, 2012**

Е-mail: [organizers@sss-tmas.org](mailto:organizers@sss-tmas.org)

Web: <http://sss-tmas.org>

Экспресс-бюллетень ПерсТ издается совместной информационной группой ИФТТ РАН и НИЦ “Курчатовский институт”

Главный редактор: И.Чугуева, e-mail: [irina@issp.ras.ru](mailto:irina@issp.ras.ru)

Научные редакторы К.Кугель, Ю.Метлин

В подготовке выпуска принимали участие О.Алексеева, А.Елецкий, О.Коплак, М.Маслов, Л.Опенов

Выпускающий редактор: И.Фурлетова

Адрес редакции: 119296 Москва, Ленинский проспект, 64<sup>а</sup>