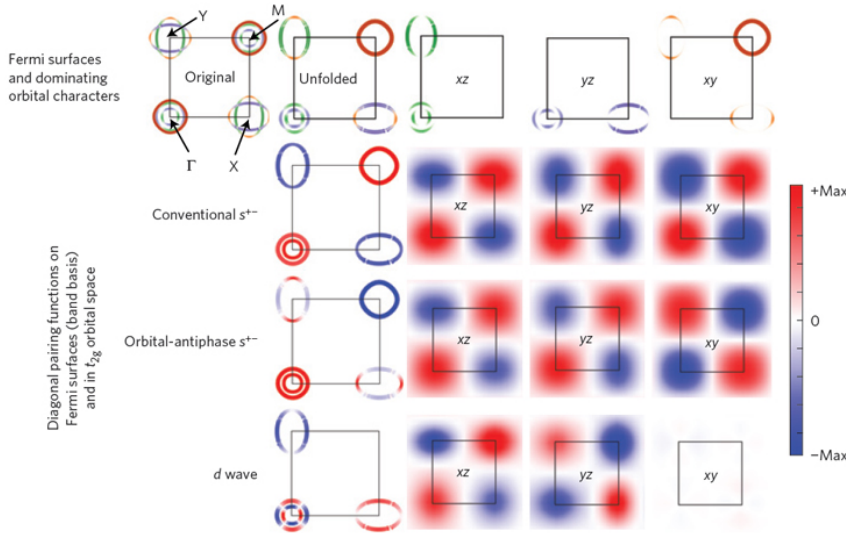


В этом выпуске:

СВЕРХПРОВОДНИКИ

Спиновая динамика и симметрия спаривания в безмедных ВТСП

Симметрия волновой функции куперовской пары – одна из важнейших характеристик сверхпроводника. В безмедных ВТСП на основе железа ее определение затруднено очень сложной многозонной структурой, вклад в которую дают различные *d*-орбитали атомов железа. В работе [1] спиновая динамика и симметрия параметра сверхпроводящего порядка Δ большого числа пниктидов и селенидов железа изучены теоретически с использованием первопринципного многочастичного подхода. Показано, что в безмедных ВТСП имеются как высокоэнергетические, так и низкоэнергетические соизмеримые (или почти соизмеримые) спиновые возбуждения, которые, возможно, ответственны за спаривание носителей заряда. Симметрия $\Delta(\mathbf{k})$ определяется относительной фазой орбитальных *x_y*, *x_z* и *y_z* компонент (см. рис.).



Поверхности Ферми и различные симметрии параметра сверхпроводящего порядка

При $\Delta_{xy} > 0$, $\Delta_{xz} > 0$, $\Delta_{yz} > 0$ имеет место s^{+-} симметрия, широко обсуждавшаяся в литературе. Может также существовать состояние с $\Delta_{xy} < 0$, $\Delta_{xz} > 0$, $\Delta_{yz} > 0$. Такую симметрию авторы называют орбитально-антифазовой s^{+-} симметрией. Она позволяет объяснить эксперименты по угловой зависимости сверхпроводящей щели в LiFeAs. А вообще симметрия Δ , по-видимому, различна в разных семействах безмедных ВТСП.

Л.Опенев

1. Z.P.Yin et al., *Nature Phys.* **10**, 845 (2014).

И далее ...

- 2 Асимметрия коллективных возбуждений в купратных сверхпроводниках с электронным и дырочным допированием

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

- 2 Спин-поляризованные зоны в полупроводнике с симметрией относительно инверсии
- 3 Усиление дальнедействующих корреляций в двумерной вихревой решетке с беспорядком

- 4 Фильтруйте шум

СНОВА К ОСНОВАМ

- 4 Квантовый эффект Холла без магнитного поля

НАНОМАТЕРИАЛЫ

- 5 Кубан в новом измерении

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

- 6 Что происходит с углеродными нанотрубками в водно-болотных экосистемах

ДЛЯ ПРАЗДНОГО УМА

- 7 Мемы в науке

КОНФЕРЕНЦИИ

- 8 Заседание секции “Магнетизм” Научного Совета РАН по физике конденсированных сред, 4 и 5 декабря 2014 г.

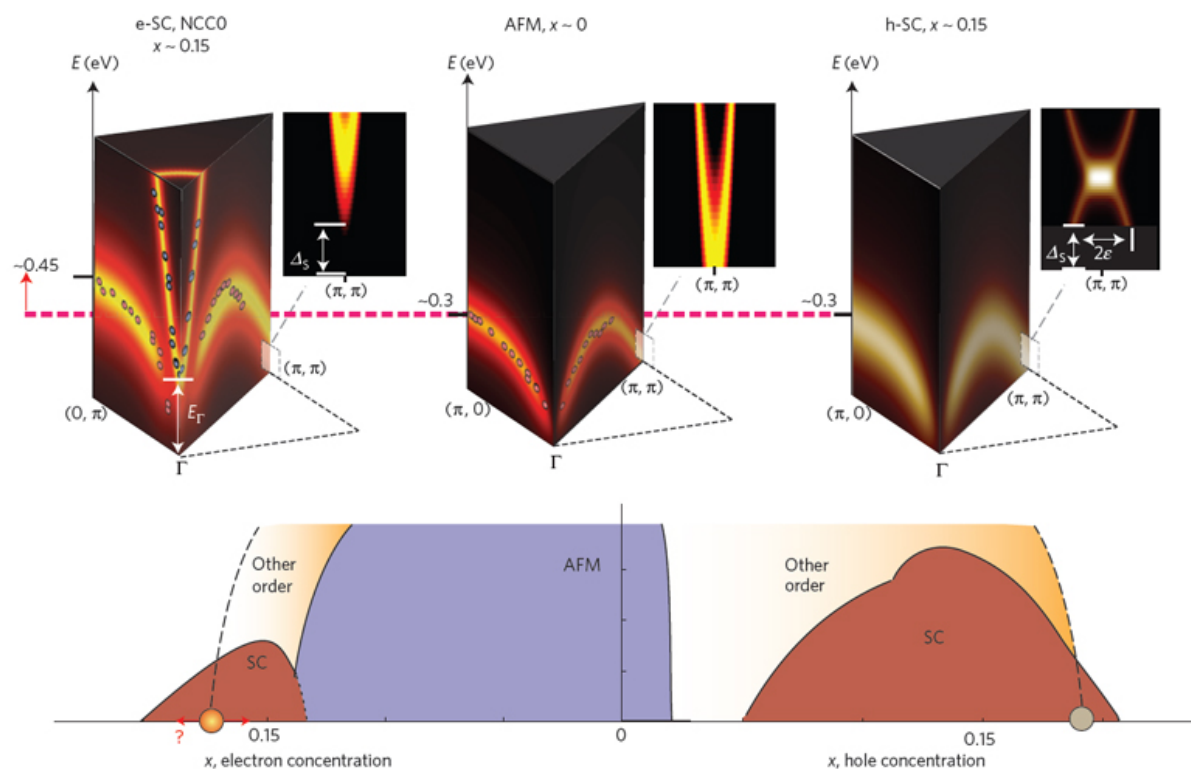
Семинар по магнетизму,
9 декабря 2014 г.

Семинар по физике
конденсированного состояния,
10 декабря 2014 г.

Асимметрия коллективных возбуждений в купратных сверхпроводниках с электронным и дырочным допированием

Сверхпроводимость купратных ВТСП возникает при добавлении свободных носителей заряда (либо дырок, либо электронов) в исходное антиферромагнитное соединение. Распространено мнение, что в купратах реализуется нефононный (магнитный) механизм спаривания носителей, а высокая (зашкаливающая за 100 К) критическая температура T_c является следствием большой энергии магнитных возбуждений (по сравнению с фононами).

Для проверки этой гипотезы представляет интерес провести сравнительный анализ спектров магнитных возбуждений в ВТСП с дырочным и электронным допированием. В работе [1] (США, Польша, Швейцария, Тайвань, Китай) методом резонансного неупругого рассеяния рентгеновских лучей изучены коллективные возбуждения в электронном купрате $Nd_{2-x}Ce_xCuO_4$ с $T_c = 25$ К. Оказалось, что характерная энергия магнитных возбуждений у этого купрата больше, чем у дырочных ВТСП (см. рис.), хотя величина T_c гораздо ниже. Как связать этот факт с упомянутой гипотезой, неясно.



Различный характер эволюции коллективных возбуждений при электронном и дырочном допировании купратов. На оси энергий отмечена ширина зоны магнитных возбуждений. Δ_s – Спиновая щель. Кружки – квантовые критические точки, отвечающие состояниям с нарушенной симметрией (“другой порядок”).

Л.Опенюв

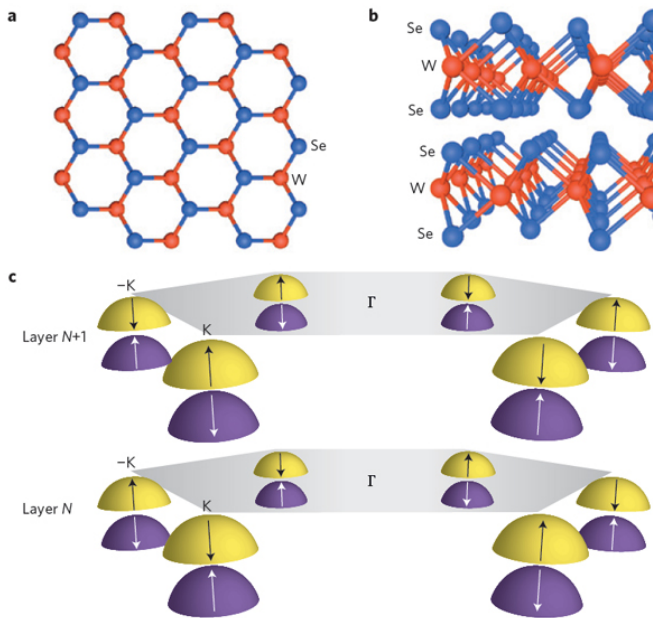
1. W.S.Lee et al., *Nature Phys.* **10**, 883 (2014).

КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ

Спин-поляризованные зоны в полупроводнике с симметрией относительно инверсии

Для изготовления квантовых устройств нового типа нужно научиться создавать спин-поляризованные электронные состояния в немагнитных твердых телах. В монослое дихалькогенида WSe_2 (рис. 1а) энергия электронов валентной зоны минимальна в двух точках импульсного пространства (долинах), K и $-K$. Так как симметрия относительно инверсии координат у монослоя нарушена, то спин-орбитальное взаимодействие приводит к поляризации долин по спину. В отличие от монослоя, объемный кристалл $2H-WSe_2$ инверсионно симметри-

чен, поскольку состоит из бислоев WSe_2 , повернутых друг относительно друга на 180° (рис. 1б). По этой причине эффект спиновой поляризации вроде бы должен быть пренебрежимо мал. Однако это не так. В работе [1] (Великобритания, Норвегия, Дания, Япония, Германия, Швеция, Таиланд) сообщается о наблюдении поляризации электронных спинов в объеме $2H-WSe_2$. Это объясняется тем, что в каждом слое зависящее от долины расщепление по спину достаточно сильное, чтобы подавить гибридизацию состояний соседних слоев. Как следствие, в каждой долине спины “вверх” локализованы в одном слое, а спины “вниз” – в другом (рис. 1с). Степень поляризации очень велика и превышает 90%. Можно ожидать, что в зоне проводимости эффект будет еще сильнее из-за отсутствия гибридизации слоев.

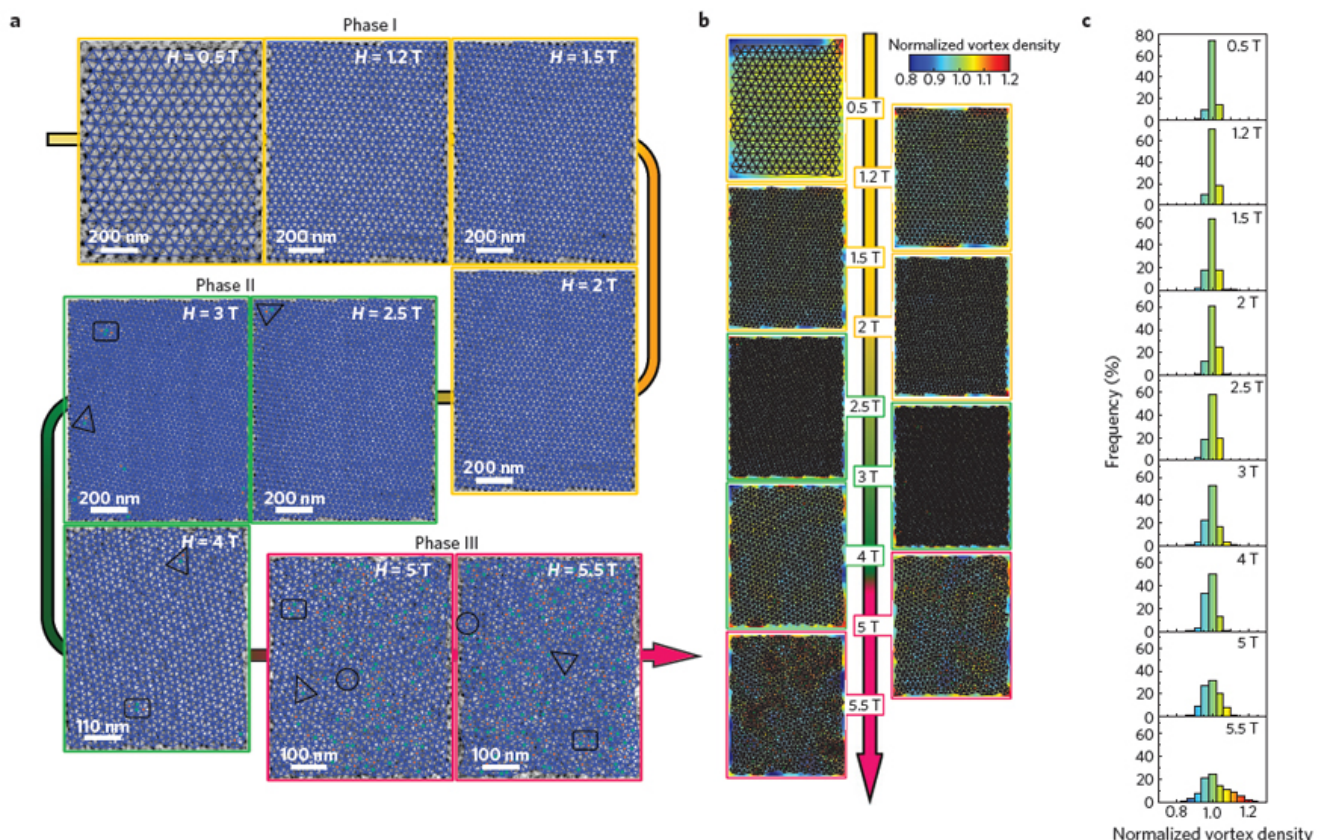


а – Структура монослоя WSe_2 ; б – иллюстрация симметрии объемного кристалла WSe_2 относительно инверсии на примере бислоя; с – поляризация электронных спинов в K и $-K$ долинах соседних слоев.

1. J.M.Riley et al., *Nature Phys.* **10**, 835 (2014).

Усиление дальнедействующих корреляций в двумерной вихревой решетке с беспорядком

Конкуренция порядка и беспорядка – одна из фундаментальных проблем физики конденсированного состояния вещества. Согласно теореме Мермина-Вагнера, в 2D системах с непрерывной группой симметрии дальний порядок при конечных температурах не существует из-за логарифмической расходимости флуктуаций на больших расстояниях. В работе [1] (Великобритания, Испания) обнаружено, что 1D модуляция толщины тонкой сверхпроводящей пленки (то есть беспорядок, нарушающий симметрию) приводит к резкому усилению дальних корреляций в расположении магнитных вихрей. Этот вывод сделан на основе данных по визуализации вихревой решетки посредством сканирующей туннельной микроскопии при $T = 0.1$ К (см. рис.).



а – Треугольная вихревая решетка при различных магнитных полях (черные точки – вихри; зеленые и оранжевые точки – вихри с 5 и 7 ближайшими соседями, соответственно; дислокации, образованные парами таких вихрей, изображены треугольниками, пары дислокаций – прямоугольниками, изолированные дисклинации – кружками); б – флуктуации плотности вихрей; с – гистограммы плотности вихрей.

Л.Опенев

1. I.Guillamon et al., *Nature Phys.* **10**, 851 (2014).

Фильтруйте шум

Стохастическое воздействие внешнего окружения (попросту говоря – шум) приводит к сбою унитарной эволюции квантовой системы и ее декогерентности. За последние годы было предложено много способов подавления квантовых ошибок последовательностями корректирующих импульсов. Большинство из них основано на предположении о квазистатическом характере шума, тогда как реальный шум в лабораторных условиях включает также высокочастотную и низкочастотную компоненты (см. рис.).

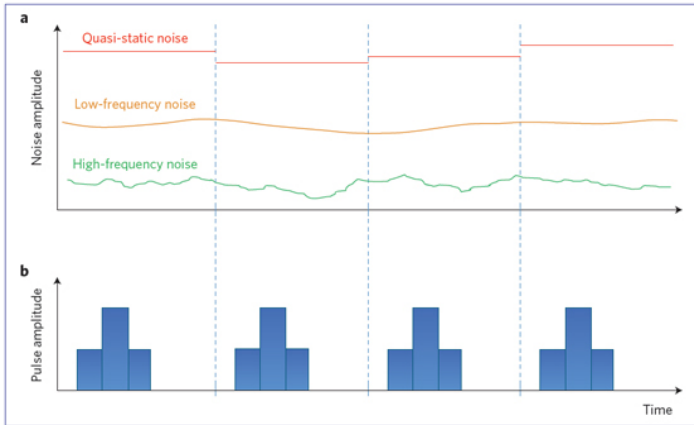


Иллюстрация различных типов шума (a) при повторяющейся последовательности импульсов (b).

В работе [1] на примере системы ионных кубитов $^{171}\text{Yb}^+$ продемонстрированы новые алгоритмы коррекции ошибок, использующие последовательности большого числа $0 \pm 6\pi$ импульсов и эффективно подавляющие низкочастотный шум. Отмечено, что в идеале каждый новый протокол должен основываться на анализе спектра шумов в конкретном эксперименте.

I. F. Soare et al., Nature Phys. 10, 825 (2014).

СНОВА К ОСНОВАМ

Квантовый эффект Холла без магнитного поля

На заряженную частицу, двигающуюся в магнитном поле, действует сила Лоренца, перпендикулярная как скорости частицы, так и направлению поля. В результате частица вращается по круговым орбитам, хиральность которых нарушает симметрию относительно обращения времени и приводит к необычным транспортным свойствам, таким как топологически защищенные “краевые состояния” (рис. 1a) и квантовый эффект Холла (КЭХ) – квантование напряжения при протекании тока по образцу, помещенному в очень сильное магнитное поле. В 1988 г. Ф.Д. Халдейн (F. Duncan Haldane) предложил модель [1], согласно которой КЭХ может иметь место даже в отсутствие магнитного поля и быть следствием специфической зонной структуры (рис. 1b). Тогда эта идея выглядела неожиданной и казалась довольно странной, тем более что никаких

экспериментальных подтверждений у нее не было. Сейчас мы понимаем, что главный ингредиент КЭХ – вовсе не магнитное поле, а так называемая кривизна Берри [2] – геометрико-топологическая характеристика квантовой системы.

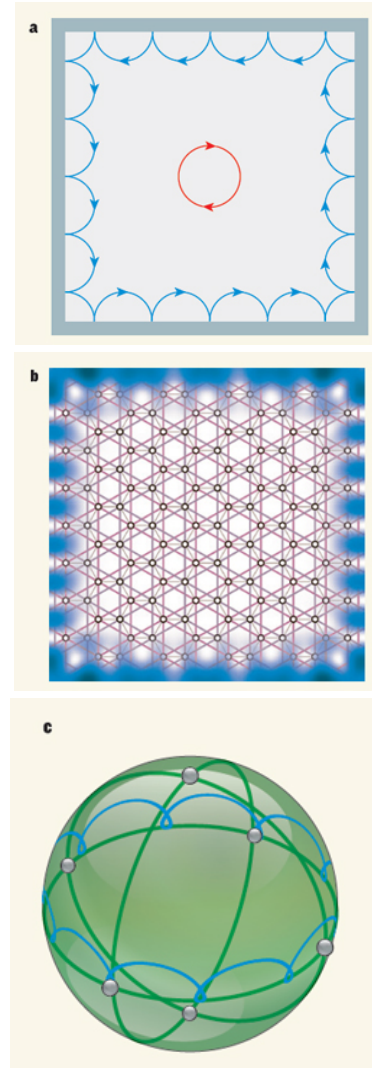


Рис. 1. Хиральная динамика. a - В перпендикулярном плоскости рисунка магнитном поле заряженная частица движется по круговым орбитам определенной хиральности (красный цвет). Наткнувшись на край образца, частица начинает “скакать” вдоль него (синий цвет). b - В модели Халдейна частица движется по гексагональной решетке (черные кружки) путем туннелирования между следующими за ближайшими узлами (пурпурные и фиолетовые линии), генерируя “искусственное магнитное поле”, которое изменяется в пределах каждой элементарной ячейки. Хотя внешнего магнитного поля нет, хиральный краевой канал движения частицы существует (синий цвет).

c - Для визуализации состояний кубита удобно использовать сферу Блоха, северный и южный полюс которой отвечают состояниям “0” и “1”, соответственно, а между полюсами расположены различные суперпозиционные состояния. Азимутальный угол определяет фазу кубита, полярный – относительный вес единицы и нуля (зеленые линии). Авторы [4] воздействовали на кубит таким образом, что его состояние начинало “шататься” по сфере (синяя линия). По форме и амплитуде этих шатаний была определена кривизна Берри.

В недавно опубликованных статьях [3, 4] представлены результаты первой экспериментальной реализации модели Халдейна и количественного определения кривизны Берри квантовой системы. В работе [3] (Швейцария) изучена система ультрахолодных атомов калия на гексагональной оптической решетке, туннелирование между узлами которой индуцировалось путем соответствующей модуляции координат узлов. О наличии в системе “искусственного магнитного потока” свидетельствует перпендикулярная направлению движения атома сила, возникающая при его смещении. Изменение направления движения на противоположное приводит к изменению направления силы, то есть эта сила нарушает симметрию относительно обращения времени, как и обычное магнитное поле. В работе [4] (США) на примере сверхпроводникового кубита (формально эквивалентного частице с заданным импульсом в гексагональной решетке) продемонстрирована методика определения кривизны Берри произвольной квантовой системы в каждой точке пространства ее параметров (рис. 1с). Авторы работы [4] пошли дальше и нашли кривизну Берри для двух взаимодействующих кубитов, которые уже не аналогичны частицам на решетке. В принципе, развитая методика допускает обобщение на многокубитные системы, так что о квантовых магнитах и даже о квантовых компьютерах можно рассуждать на языке кривизны Берри и топологических характеристик.

По материалам заметки
“Magnetic fields without magnetic fields”,
J.Simon, Nature 515, 202 (2014).

1. F.D.M.Haldane, *Phys. Rev. Lett.* **61**, 2015 (1988).
2. M.V.Berry, *Proc. Roy. Soc. Lond.* **392**, 45 (1984).
3. G.Jotzu et al., *Nature* **515**, 237 (2014).
4. P.Roushan et al., *Nature* **515**, 241 (2014).

НАНОМАТЕРИАЛЫ

Кубан в новом измерении

Ровно пятьдесят лет назад в 1964 г. американским химикам Итону и Коулу удалось получить удивительное углеводородное соединение – кубан C_8H_8 [1]. В этом кластере атомы углерода находятся в вершинах куба, поэтому углы между ковалентными связями C–C составляют 90° , в отличие от обычной для sp^3 -гибридизованных углеродных орбиталей величины 109.5° (как, например, у алмаза). Однако новый век открывает новые горизонты, точнее новые измерения. В работе [2] авторы рассмотрели, так называемый, углеводородный молекулярный аналог уже четырехмерного гиперкуба или тессеракта. Известно, что одна из проекций тессеракта на трехмерное пространство представляет собой два вложенных обыкновенных куба, соответствующие вершины которых связаны между собой отрезками (рис. 1).

ПерсТ, 2014, том 21, выпуск 22

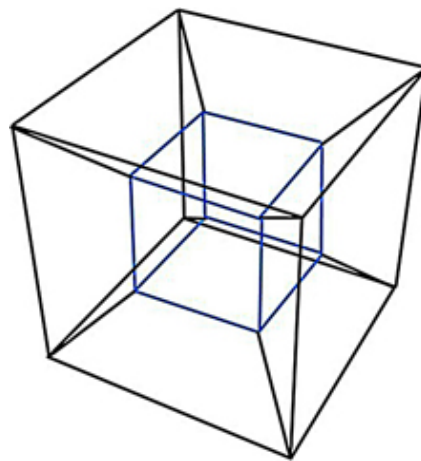
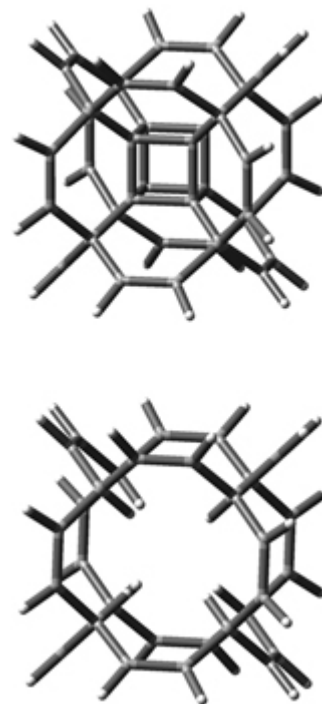


Рис. 1. Схематическое изображение четырехмерного гиперкуба или тессеракта в трехмерном пространстве.

Таким образом, перед авторами стояла задача с помощью компьютерного моделирования (в рамках теории функционала плотности) найти способ соединить внутренний и внешний углеродный остовы прочными ковалентными связями. Традиционные простые мостики C–C не подходят для этой цели по “длине”. Поэтому в качестве прекурсора авторы выбрали молекулу октаметилкубана $C_8(CH_3)_8$, в которой были удалены атомы водорода метильных групп и добавлены двенадцать этиленовых фрагментов. Структуру, которая получилась в конечном итоге, исследователи назвали гиперкубаном (рис. 2).

Согласно проведенным расчетам гиперкубан термодинамически устойчив, имеет двухоболочечную структуру с ядром-кубом C_8 и обладает симметрией O_h , как и его “трехмерный” аналог. Авторы отмечают, что стабильны также и фторированный гиперкубан, в котором все атомы водорода замещены атомами фтора, и полый гиперкубан, из которого удалено ядро C_8 (рис. 2).

Рис. 2. Структура гиперкубана $C_{40}H_{24}$ (сверху) и полого гиперкубана $C_{32}H_{32}$ (снизу)



Полый гиперкубан рассматривается ими в качестве основы соединений типа “хозяин-гость” и создания, например, молекулярных моторов. Разумеется, непосредственный синтез гиперкубана – чрезвычайно трудная задача, однако авторы настроены оптимистически и надеются, что полученные в процессе исследования ЯМР-спектры помогут в дальнейшем

обнаружить предсказанные молекулы экспериментально.

М. Маслов

1. P.E.Eaton and T.W.Cole Jr., *J. Am. Chem. Soc.* **86**, 962 (1964).

2. F.Pichiерri, *Chem. Phys. Lett.* **612**, 198 (2014).

ФУЛЛЕРЕНЫ И НАНОТРУБКИ

Что происходит с углеродными нанотрубками в водно-болотных экосистемах

Ученые из Duke University (США) опубликовали результаты первых исследований поведения одностенных углеродных нанотрубок (ОСНТ) в водно-болотных экосистемах [1]. Использовали так называемые мезокосмы (“кусочки природы” в естественных, но контролируемых условиях). Можно сказать, что это – промежуточный вариант между полевыми и лабораторными исследованиями. Конструкция мезокосма была разработана авторами раньше [2] и представлена на рис. 1.

В прямоугольные водонепроницаемые, но открытые сверху коробки исследователи [1] насыпали слой грунта, налили подземной воды, добытой из университетского леса Duke Forest, и отнесли эти мезокосмы в лес. Наклон конструкции обеспечил наличие в одной части слоя воды над грунтом, в другой – влажной почвы. Объемы этих частей изменялись в зависимости от количества осадков в лесу.

На ферме Mellow Marsh Farm авторы приобрели несколько растений, характерных для заболоченных территорий – осоку *Carex lurida*, лобелию *Lobelia elongata*, прутьевидное просо *Panicum virgatum* и водоросли – ряску малую *Lemna minor* и элодею *Elodea canadensis* (рис. 1), и посадили их в мезокосмы за 148 дней до начала экспериментов, то есть введения ОСНТ.

Эксперименты начали в августе 2010 г. В воду через воронку в течение 10 минут добавили суспензию ОСНТ (конечная концентрация в воде 2,5 мг/л). Через 19 дней после этого в мезокосм поместили мелких (3-5 см) рыбок *Gambusia holbrooki*, или Москитных рыбок (они так называются, потому что охотно поедают водных личинок комаров). Этот интервал времени выдержали, чтобы рыбки не получили острого воздействия в момент ввода нанотрубок. Один мезокосм был контрольным, без ОСНТ. Цель работы – оценить транспорт нанотрубок в разные части мезокосма, их концентрацию и стойкость в данной среде, а также исследовать биоаккумуляцию в водной флоре и фауне.



Рис.1 Конструкция мезокосма [2] и изученные представители флоры и фауны.

Концентрацию ОСНТ в воде, донных отложениях, влажной почве и живых организмах (растениях, водорослях, биопленке, рыбах) определяли в течение года, анализируя спектры флуоресценции ОСНТ в ближнем ИК-диапазоне (NIRF спектры). Пробы донных отложений брали с помощью “песколовок” – трубок диаметром 5 мм, размещенных в разных местах еще до ввода ОСНТ. Оказалось, что нанотрубки уже через 2 дня практически уходят из воды (остается менее 1%) и аккумулируются в донных отложениях (рис. 2, 3). Во всех живых организмах ОСНТ обнаружены не были.

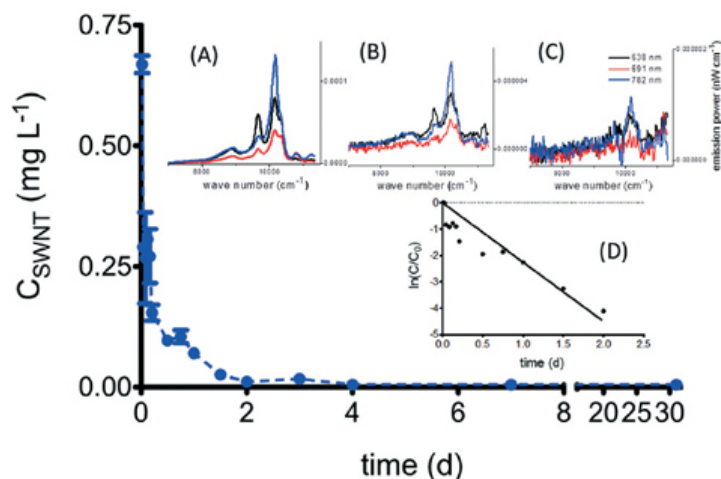


Рис. 2. Изменение концентрация ОСНТ в воде на глубине 10 см в течение 1 месяца. Врезки – NIRF спектры через 0,5 ч (А), 3 дня (В) и 7 дней (С).

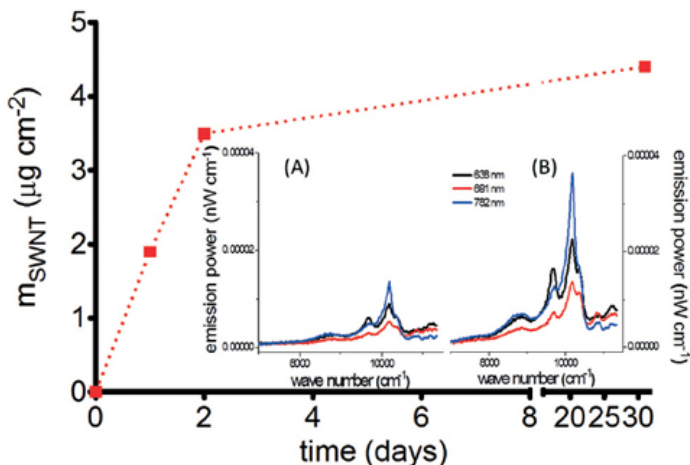


Рис. 3. Аккумуляция ОСНТ в донных отложениях (масса нормирована на площадь песколоски). Врезки – NIRF спектры ОСНТ через 1 день (А) и 30 дней (В).

Через 10 месяцев авторы взяли пробы донных отложений (А) и почвы (Т) из разных мест мезокосма на глубине 0-1 см от поверхности грунта (рис. 4). Как видно, диапазон концентраций ОСНТ велик – от 1,9 до 61,2 мкг/г в донных отложениях и <0,5 мкг/г на почве.

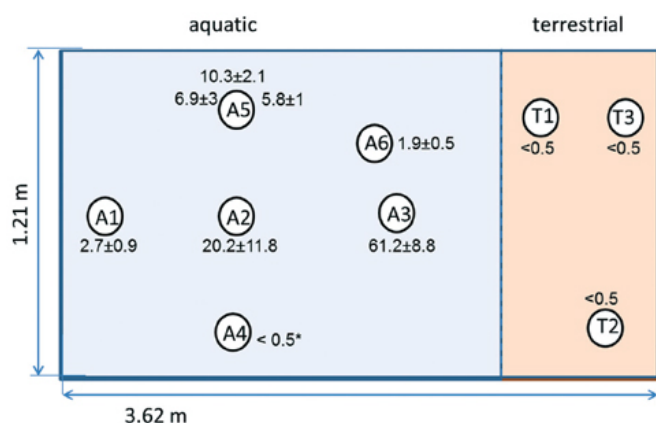


Рис. 4. План расположения мест взятия проб и концентрация ОСНТ (мкг/г сухого грунта).

Воздействие синтезированных наноматериалов на морские экосистемы изучали в разных лабораториях (см., например, ПерсТ [3]). Казалось бы, что исследования в болотах – не самая актуальная задача. Но на самом деле водно-болотные угодья (пруды, болота, торфяные земли, озера и др.) осуществляют важные функции – пополнение почвенных вод, накопление осадочных пород и питательных веществ, очистка воды, сохранение рыб, птиц, различных растений. Россия обладает самыми большими в мире ресурсами водно-болотных угодий. На долю озер и болот приходится около 15% территории. Площадь заболоченных лесов в России оценивается примерно в 1,5 млн. кв. км. Водно-болотные угодья России (наряду с российскими лесами и бразильской сельвой) являются основными регенераторами кислорода на Земле, а болота – одним из основных резервуаров связанного углерода [4]. Как показали авторы работы [1], углеродные нанотрубки быстро аккумулируются в донных отложениях и способны

сохраняться там длительное время. Эти результаты очень важны для оценки риска загрязнения водно-болотных экосистем синтезированными наноматериалами.

О.Алексеева

1. A. Schierz et al., *Environ. Sci.: Nano* **1**, 574 (2014).
2. G.V.Lowry et al., *Environ. Sci. Technol.* **46**, 7027 (2012).
3. [ПерсТ 19, вып.7, с.5 \(2012\).](#)
4. www.wetlands.org/russia

ДЛЯ ПРАЗДНОГО УМА

Мемы в науке

С тех пор, как в середине шестидесятых появились первые работы, посвященные публикационной активности ученых и методам ее измерения, “наука о науке” превратилась в самостоятельное поле исследований с мощным инструментарием, обеспеченным современными информационными технологиями. К ее услугам также наработки в области социологии, биологические и экологические концепции, так, например, в мировой науке были прослежены ... “пищевые цепочки”. Не могло остаться незамеченным и популярное нынче в Интернете словечко “мем”. Данное понятие было введено биологом Ричардом Докинзом в его наделавшей в свое время много шума и неоднократно переиздававшейся книге “Эгоистичный ген” [1] и означает – единицу культурной информации, которая, подобно гену, способна к воспроизводству и подвержена естественному отбору. В ноябрьском номере междисциплинарного журнала *Physical Review X* вышла статья [2], в которой авторы анализируют мемы в науке.

Авторы [2] сначала уточняют определение научного мема, как короткой последовательности слов, встречающейся в данной публикации и воспроизводимой в других публикациях, ссылающихся на данную. Эти публикации, наследующие мем, являются аналогом организмов-потомков. Подобием естественного отбора служит конкуренция мемов за внимание ученых – ресурс обширный, но все же ограниченный. Для количественного описания мемов была введена мера распространенности, определяемая как отношение частоты встречаемости мема в публикациях, цитирующих данную работу, содержащую мем, к частоте встречаемости того же сочетания слов в работах, не состоящих с данной в “родственной связи”.

В результате анализа миллиона библиографических записей семейства журналов *Physical Review* с 1893 г. до наших дней, авторам удалось выделить действительно значимые научные мемы и отсеять часто встречающиеся в научных статьях сочетания слов, такие как “методика эксперимента”, а также устойчивые грамматические конструкции вроде “of the”, не прибегая к лингвистическому анализу или к ис-

пользованию специальных фильтров. В десятку наиболее значимых мемов за всю историю физики наряду с черными дырами попали углеродные нанотрубки (в то время как относительно молодой, но сверхпопулярный графен оказался на двадцать шестом месте, а ветераны среди углеродных наноструктур – фуллерены и вовсе в третьем десятке). Неожиданно “живучими” оказались мемы содержащие слова “Rashba” и “spin Hall” (12 и 16 места, соответственно), указывающие на явления, связанные со спин-орбитальным взаимодействием и расщеплением электронных состояний по спину, открытым Э.И. Рашбой.

Авторами [2] также был проведен анализ 46 миллионов записей в базе Web of Science – там графен уже занимает почетное третье место, что объясняется междисциплинарным характером исследований с его использованием. Существенно меньше в Web of Science космологических терминов вроде “темной материи”. При этом мем “фотонные кристаллы”, которые многие склонны считать вирусным, не попал ни в один из рейтингов. Повидимому, подходы к изучению научных мемов еще будут неоднократно меняться и совершенствоваться, но важный шаг на этом пути уже сделан.

А. Пятаков

1. R.Dawkins, *The Selfish Gene* (Oxford: Oxford University Press, 1976).

2. T.Kuhn et al., *Phys. Rev. X* 4, 041036 (2014).

КОНФЕРЕНЦИИ

Заседание секции “Магнетизм” Научного Совета РАН по физике конденсированных сред, 4 и 5 декабря 2014 г.

(конференц-зал ИФП им. П.Л. Капицы РАН, ул. Косыгина, 2).

Программа

4 декабря (14-00) – I. Отчет о работе Секции “Магнетизм” председателя Секции член-корр. РАН Л.А. Прозоровой, выступления председателей подсекций.

II. Разное.

III. Научная сессия

5 декабря – (10-00) – Научная сессия

Семинар по магнетизму, 9 декабря 2014 г.

(17-00, конференц-зал ИФП им. П.Л. Капицы РАН, ул. Косыгина, 2).

Программа

С.О. Демокритов (Мюнстеровский Университет, Германия) – “Возбуждение магнитной динамики чистыми спиновыми токами”

Семинар по физике конденсированного состояния, 10 декабря 2014 г.

(17.00, многофункциональный зал библиотеки физического факультета МГУ, 5 этаж)

Александр Иванович Смирнов (Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН, Москва) – “Магнитный резонанс в квантовых магнетиках”

Пропуск на физический факультет слушателей семинара будет осуществляться по предъявлению паспорта.

Предварительная запись на семинар на сайте <http://nano.msu.ru/education/seminars> (до 15:00 дня семинара).

Для расширения возможностей участия в семинаре предполагается обеспечить прямую он-лайн трансляцию заседаний через сайт <http://nano.msu.ru/video.php>

Видеозапись семинара впоследствии будет доступна на сайтах <http://cm.phys.msu.ru?q=seminar> или <http://nano.msu.ru/research/seminars/condensed/seminars>

Дополнительная информация:

тел. +7(495)939-1151

E-mail: khokhlov@mig.phys.msu.ru

Экспресс-бюллетень ПерсТ издается совместной информационной группой
ИФТТ РАН и НИЦ «Курчатовский институт»

Главный редактор: И.Чугуева, e-mail: irina@issp.ras.ru

Научные редакторы К.Кугель, Ю.Метлин

В подготовке выпуска принимали участие О.Алексеева, М.Маслов, Л.Опенев, А.Пятаков

Выпускающий редактор: И.Фурлетова

Адрес редакции: 119296 Москва, Ленинский проспект, 64^а