



Гл. редактор: А.П. Пятаков

# МАГНИТНОЕ ОБЩЕСТВО

Магнитное общество – МООСМ "Магнитное Общество" – самостоятельная творческая профессиональная общественная организация, объединяющая на добровольных началах специалистов, связанных с решением научных, научно-технических и производственных задач магнетизма.

# БЮЛЛЕТЕНЬ

ТОМ 14

апрель 2013 г.

№1

**Дорогие читатели!**

**Перед вами весенний номер Бюллетеня**

**Магнитного Общества.**

Номер содержит подборку новостей со страниц ведущих мировых журналов и сайтов, посвященных новостям науки, а также информацию по основным магнитным конференциям 2013 года.

**Желаем, чтобы майские каникулы вознаградили за долгое ожидание весны!**

## НОВОСТИ МАГНИТНОГО МИРА



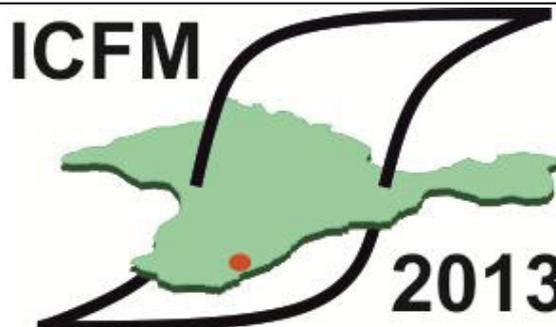
С 9 по 15 июня в Санкт-Петербурге пройдет международный симпозиум "Spin Waves 2013", который, начиная с 60-х годов прошлого века, раз в два года собирает специалистов по динамическим свойствам магнитоупорядоченных

материалов и спиновой динамике. Среди тем симпозиума такие недавно появившиеся направления как сверхбыстрая спиновая динамика, возбужденные состояния в фрустрированных магнетиках, спиновые волны на поверхностях раздела многослойных сред, магноники и магнитофотоники, терагерцовые методы исследования магнетизма, физические принципы спинтроники.

Заседания будут проходить в физико-техническом институте РАН (ул. Политехническая, д. 26).

Желаем участникам симпозиума успешной работы, интересных и плодотворных дискуссий!

Сайт конференции: [www.ioffe.ru/optics/SW2013](http://www.ioffe.ru/optics/SW2013)



Продолжается регистрация на конференцию Функциональные материалы (International Conference Functional Materials ICFM'2013), которая будет проходить в городе Партенит (Украина, Крым) с 29 сентября по 5 октября. Оргвзнос для участников из бывших республик СССР 55 евро (30 евро для студентов).

Язык представления: английский

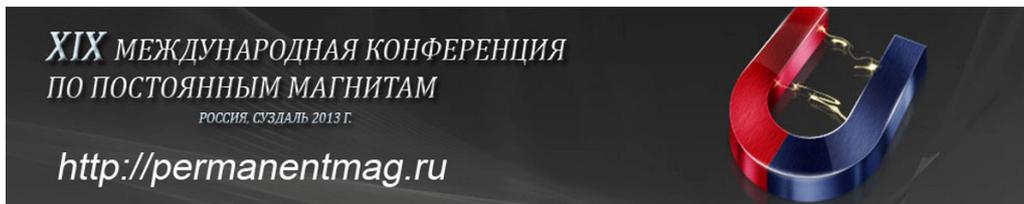
### Тематика конференции:

1. Fundamental Physics of Functional Materials
2. Hard & Soft Magnetic Materials
3. Materials for Spintronics & Photonics
4. Electrooptic & Magneto optic Materials
5. Multiferroics & Magnetoelectric Materials
6. Magnetoelastic & Adaptive Materials
7. Microwave & THz Materials. Metamaterials
8. Luminescent & Radiation Sensing Materials
9. Nanotechnologies for Functional Materials
10. Materials for Medical Applications. Biosensors
11. "Green" Materials & Technologies for Sustainable Development
12. New techniques and equipment for Materials Research

**Регистрация: до 30 апреля**

Последний срок подачи тезисов – до 31 мая.

Сайт конференции: [icfm@crimea.edu](mailto:icfm@crimea.edu)



Открыта регистрация участников на XIX Международную конференцию по постоянным магнитам (МКПМ-2013), которая пройдет в г. Суздаль с 23 по 27 сентября 2013 г.

Сайт конференции: <http://permanentmag.ru>

### Цель конференции

Конференция по постоянным магнитам призвана обеспечить квалифицированное обсуждение на представительном форуме последних достижений в области научных исследований, производства, применения и сертификации магнитотвердых материалов. Рабочими языками конференции являются русский и английский

### Тематика конференции

- Физика магнитных явлений, процессы перемангничивания и структура магнитотвердых сплавов Секция - А).
- Физические основы технологии изготовления постоянных магнитов (Секция - В).
- Магнитные измерения: физика, техника, метрология, сертификация (Секция - С).
- Расчёт и моделирование магнитных систем. Применение постоянных магнитов (Секция - D).
- Физические и физико-химические основы получения высокочистых материалов для постоянных магнитов.
- Переработка отходов производства постоянных магнитов (Секция - Е).

### Исполнительный Оргкомитет Конференции:

А.С. Лилеев – председатель, Москва, Россия.  
А.Г. Дормидонтов, П.А. Курбатов, А.М. Тишин,  
А.С. Перминов, И.Н. Чугуева, В.А. Сеин,  
А.С. Старикова, И.В. Щетинин – Москва, Россия

### Контрольные сроки

Предоставление тезисов – до 10 июня 2013 г (одна страница на русском и английском, без рисунков).  
Отправка регистрационной формы и оплата участия в конференции – до 15 июля 2013 г.  
Регистрация прибытия участников и предоставление экспонатов – 23 сентября 2013 г

### Проживание

Планируется, что все участники конференции будут размещены в гостинице или в мотеле г. Суздаля. Просьба в Регистрационной форме сделать соответствующую отметку.

### Транспорт

23 сентября для участников конференции будут организованы рейсы автобуса от ж/д вокзала г. Владимира до ГТК в г. Суздаль.

### Регистрационный взнос

Для участия в конференции необходимо оплатить регистрационный взнос: 4000 руб. (до 01.07.2013) и 4500 руб. (после 01.07.2013). При оплате по прибытии регистрационный взнос составит 5000 руб. Для студентов и аспирантов регистрационный взнос составляет 1000 руб. (до 01.07.2013) и 1500 руб. (после 01.07.2013). В сумму регистрационного взноса входит стоимость материалов конференции, кофе-брейков, мероприятий культурной программы, транспортного обслуживания.

### Реклама

В работе конференции предусмотрена возможность демонстрации рекламных экспонатов а также рекламы в сборнике Тезисов докладов конференции.

### Спонсорам

- Участие в XIX Международной конференции по постоянным магнитам в качестве спонсора дает Вам возможность закрепить престиж Вашей компании и повысить узнаваемость Вашей торговой марки среди участников рынка. Спонсорский пакет включает в себя Статус спонсора конференции МКПМ 13.
- Размещение бренда/логотипа Вашей организации на первой странице во всех материалах Конференции.
- Размещение цветной рекламы формата А5 во всех материалах Конференции.
- Выдача рекламных буклетов Вашей компании каждому участнику конференции.
- Размещение “визитной карточки компании” на сайте конференции (логотип, краткое описание, ссылка на корпоративный сайт).
- Выступление – презентация на конференции в первой половине дня (5 мин.).
- Участие представителя Вашей компании в работе оргкомитета конференции.
- Участие в работе конференции двух представителей.

### Контакты

Лилеев Алексей Сергеевич,  
119049, Москва, Ленинский пр., 4, МИСиС, ком.  
417, тел.: 8(495)638-46-38, +7(903)144-06-87

### Культурная программа

Планируется проведение экскурсий по историческим, художественным, архитектурным, природным и этнографическим музеям городов Владимира и Суздаля.

**ЗАРУБЕЖНЫЕ ЖУРНАЛЫ И САЙТЫ**

**Магнитные наночастицы: дело не только в размере**

О магнитных наночастицах написано множество статей и обзоров. Однако все же примечательна статья корейских ученых из Университета Йонсей в Сеуле [1] посвященная влиянию формы, размера и структуры наночастицы на ее гистерезисные свойства. Нельзя сказать, что тема такая уж новая, но статья подкупает наглядной подачей материала и весьма поучительна: полезные сведения в ней могут найти не только студенты, но и специалисты.

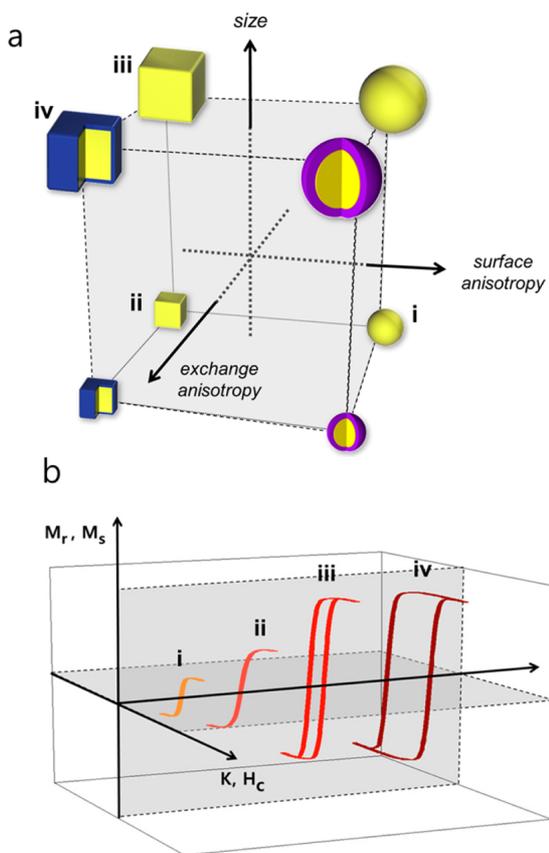


Рис.1 Влияние морфологии и структуры наночастицы на ее магнитные свойства:

а) вариации размера, формы (от кубической к шарообразной), и структуры наночастицы (однородные и композитные частицы с ядром из магнито жесткого материала и магнитомягкой оболочкой)

б) изменение петли гистерезиса при переходе по траектории, обозначенной римскими цифрами на рисунке а).

Сначала авторы [1] задались вопросом, изменятся ли магнитные характеристики наночастиц если содавать наночастицы не сферической формы, а в виде кубиков? Были синтезированы частицы  $Zn_{0.4}Fe_{2.6}O_4$  одинакового объема и измерены их петли гистерезиса. Как оказалось, вместе с формой меняется не только

намагниченность насыщения частицы, но и ее анизотропия: кубическая частица имеет меньшую анизотропию, но большую намагниченность. Эту зависимость от формы авторы связывают с отклонением ориентации намагниченности на поверхности частицы от направления намагниченности в объеме: зоны с «неправильной» ориентацией намагниченности для шарообразной частицы занимают в процентном отношении большую площадь, что подтверждается результатами численного моделирования (рис. 2).

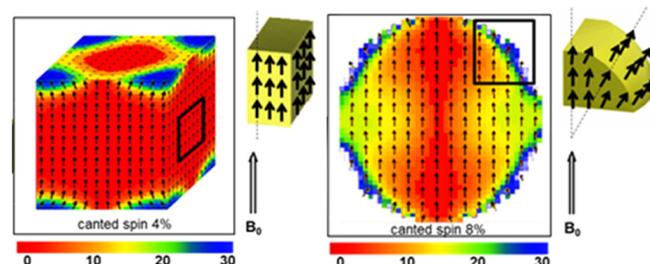


Рис.2 Распределение намагниченности в частицах (цветом показано отклонения спинов от направления намагниченности в ее объеме): для куба зоны с отклонением намагниченности на 30 градусов составляют 8% от площади поверхности, а для сферы – 12%.

Надо отметить, что в количественном аспекте эти различия не так уж велики: для наночастиц с объемом  $\sim 6 \cdot 10^{-24} \text{ м}^3$  (сторона куба 18 нм, и соответствующий диаметр сферы – 22 нм) намагниченность для куба увеличивается на 15% (с  $145 \text{ Гс см}^3/\text{г}$  для сферы до  $165 \text{ Гс см}^3/\text{г}$  для куба).

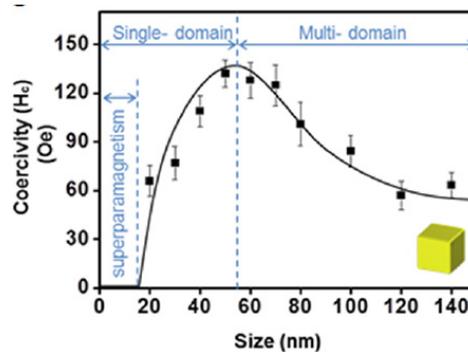


Рис. 3 Зависимость коэрцитивной силы от размера частицы: в суперпарамагнитном состоянии она равна нулю, а на границе монодоменного и многодоменного состояний достигает максимума.

Увеличение размера частицы приводит как к росту намагниченности насыщения (до величины  $M_s \sim 200 \text{ Гс см}^3/\text{г}$  для объемных образцов), так и к уширению петли гистерезиса, что является хорошо известным фактом. Действительно, при увеличении размеров частица переходит от суперпарамагнитного состояния (с нулевой коэрцитивностью) в ферримагнитное. Интересно, что зависимость для коэрцитивной силы не

монотонная, она начинает убывать с размером при переходе частицы в многодоменное состояние (рис. 3).

Еще одной возможностью перестраивать магнитные свойства наночастиц является изменение их структуры: частица становится композитной, т.е. состоящей из магнитных ядра и оболочки, обменно связанных друг с другом. Так покрытие частиц оболочкой из  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  толщиной несколько нанометров позволяет более чем на порядок увеличить коэрцитивную силу и, соответственно, площадь петли гистерезиса (рис. 4). Данный эффект достигается за счет того, что обе компоненты оказываются жестко связанными друг с другом: магнитомягкое ядро перемагничивается только тогда, когда изменится направление намагниченности в магнито жесткой оболочке.

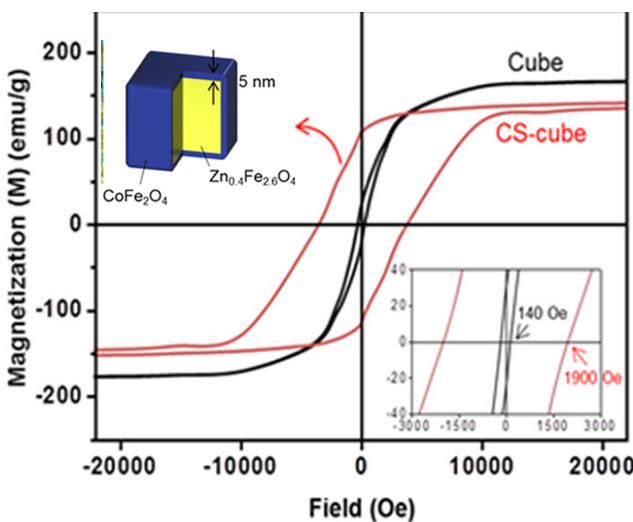


Рис. 4 Изменение формы петли гистерезиса и коэрцитивной силы при изменении структуры наночастицы на составную: с ядром и оболочкой (core-shell, CS).

Может возникнуть вопрос, зачем стремиться увеличить площадь петли гистерезиса, а, следовательно, и потери на перемагничивание? Однако существуют ситуации, когда потери оказываются полезными: при разогреве частиц с помощью магнитного поля, что используется для лечения злокачественных образований (методика гипертермии). Выделяют три механизма разогрева: релаксационные для суперпарамагнитной частицы (потери максимальны на частоте, обратной характерному времени релаксации) и потери на гистерезис для ферро и ферри-магнитных состояний. Релаксационные механизмы, в свою очередь, делятся на неелевский, при котором вектор намагниченности вращается относительно частицы, и броуновский, при котором под действием магнитного поля поворачивается сама частица (рис.5). Все они вносят свой вклад в

тепловыделение, но как показывают исследования, наибольшее тепловыделение достигается в обменно связанных ферримагнитных частицах (рис.6).

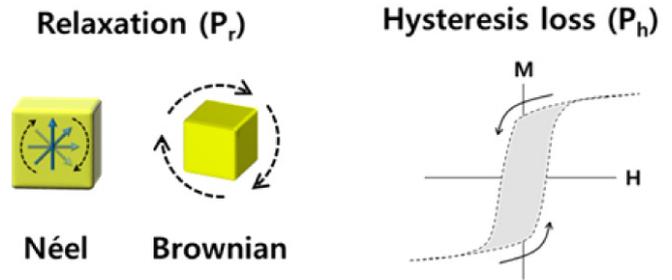


Рис. 5 Механизмы тепловых потерь при перемагничивании: неелевский, броуновский и потери на гистерезис.

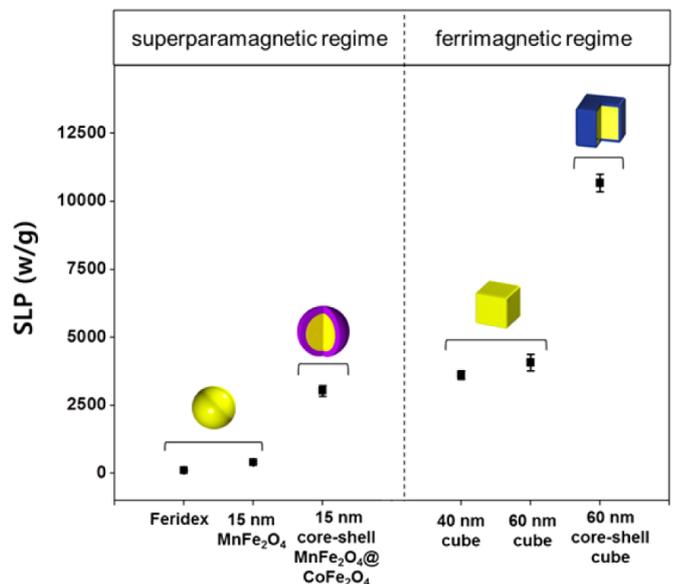


Рис. 6 Величины удельных потерь (Specific Loss Power, SLP) от размеров, формы и структуры наночастицы.

А. Пятаков

### Литература

1. S.-H. Noh, W. Na, J.-t. Jang, J.-H. Lee, E. J. Lee, S. H. Moon, Y. Lim, J.-S. Shin, J. Cheon, Nanoscale Magnetism Control via Surface and Exchange Anisotropy for Optimized Ferrimagnetic Hysteresis, Nano Lett. 2012, 12, 3716–3721

### Охотники за монополями

Магнитный монополю подобен снежному человеку – о нем часто пишут, но достоверных свидетельств его существования не существует (оговоримся, что речь идет об элементарной частице, поскольку существование монополей как квазичастиц – возбужденных состояний в твердом теле, доказано экспериментально в спиновом льду [1], подробнее см. следующую заметку).

Как следует из модели Великого Объединения, магнитный монополю – это частица с

массой 1016 масс протона. Они возникли на ранних стадиях развития Вселенной и могли сохраниться до наших дней в составе атомных ядер с магнитным моментом. Исходя из этого факта международная команда исследователей из Швеции, Швейцарии, Исландии, Англии, США и Дании предлагает поискать монополю ... в горных породах, но не где попало, а в горах Гренландии [2].



Чем обусловлен такой выбор? Как полагают авторы [2], в те времена, когда земная твердь находилась в расплавленном состоянии, ядра отягощенные монополями, должны были оседать в более глубокие слои планеты. Внутри мантии они, двигаясь с конвективными потоками, постепенно накапливались вблизи магнитных полюсов Земли. Поэтому на высоких широтах в местах вулканической активности можно ожидать в шесть раз большую концентрацию монополей, чем в других местах планеты. Хотя поиски пока не увенчались успехом, они получили горячую поддержку от таких же энтузиастов по всему миру, ищущих монополи в метеоритах, космических лучах и в пучках адронного коллайдера [3].

P.S. Если бы статья не была опубликована в Phys. Rev. Lett. в марте, ее можно было бы считать первоапрельской шуткой.

[1] C. Castelnovo, R. Moessner, S. L. Sondhi, *Magnetic monopoles in spin ice*, Nature, **451**, 42 (2008)

[2] K. Bendtz, D. Milstead, H.-P. Hächler, A. M. Hirt, P. Mermoud, P. Michael, T. Sloan, C. Tegner, and S. B. Thorarinsson, *Search for Magnetic Monopoles in Polar Volcanic Rocks*, Phys. Rev. Lett. **110**, 121803 (2013)

[3] C. Tegner, *New search for hypothetical particle focuses on old rocks where monopole abundance should be higher*. Physics **6**, 34 (2013)

## Искусственный спиновый лед

Тема спинового льда, о котором писалось в Бюллетене [1], остается на повестке дня. Получив данное магнитное состояние на масштабах кристаллической ячейки ученые, вероятно, руководствуясь методическими соображениями, стремятся теперь создать подобные объекты на больших масштабах: в решетке магнитных наночастиц [2] или даже в виде настольной демонстрационной модели [3].

Напомним, что спиновым льдом, называют фрустрированное состояние магнитоупорядоченного вещества, в котором магнитные моменты ионов кристаллической решетки, образующие тетраэдры, подчиняются следующему правилу: два из них смотрят к центру тетраэдра, два наружу (по аналогии с обычным льдом, где такому же правилу подчиняются смещения атомов водорода от позиций в вершинах идеального тетраэдра рис. 1).

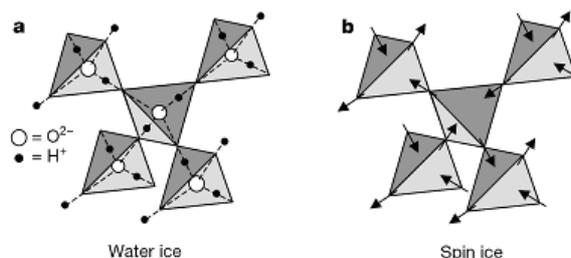


Рис 1 Лед: а) обычный и б) спиновый.

Локальные возмущения в таком упорядочении представляют собой квазичастицы-монополи: там, где к центру смотрят три спина, образуется положительный магнитный заряд, там, где три смотрят наружу – отрицательный (рис.2). Подобно дыркам и электронам, они свободно гуляют по кристаллу и рекомбинируют при встрече.

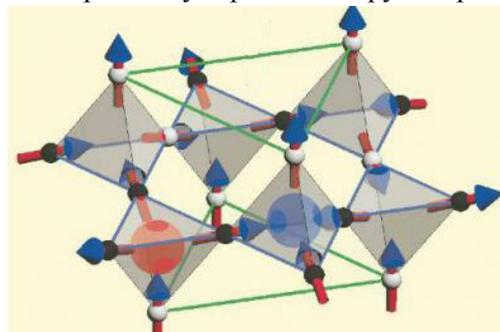


Рис.2 Образование пары монополей с противоположными магнитными зарядами. В левый нижний тетраэдр число «выходящих» спинов превышает число входящих, что приводит к появлению монополя (обозначен красным шаром). Аналогично в соседнем тетраэдре (центральный нижний тетраэдр) образуется монополь противоположного знака.

Для создания демонстрационной модели, которую можно показывать учащимся, целесообразно размеры системы увеличить, а размерность – понизить: так и поступили ученые из Гарварда разместив на плоскости матрицу, в каждом узле которой стоит вертушка с тремя магнитами (рис. 3 а). Она эквивалентна гексагональной решетке из магнитных стрелок (рис. 3 б). Правда, в этом случае правило льда модифицируется: состояния «две входят в узел – одна выходит» и «две выходят одна входит» становятся равновероятными. В результате монополю из экзотики в таких системах превращается в необходимость: в каждом узле решетки локализован либо отрицательный, либо положительный магнитный заряд. Но не монополи являлись главной целью демонстрации, а возможность показать процесс установления структуры и ее случайный характер: сначала система помещается в сильное магнитное поле, которое ориентирует все магниты, а потом после его выключения, оказывается предоставленной самой себе: вертушки начинают отчаянно вращаться в магнитных полях друг друга и после нескольких секунд устанавливается в равновесное положение, соответствующее фрустрированному состоянию (рис. 3б, эффектные видео процесса установления можно посмотреть на Интернет-странице [4]).

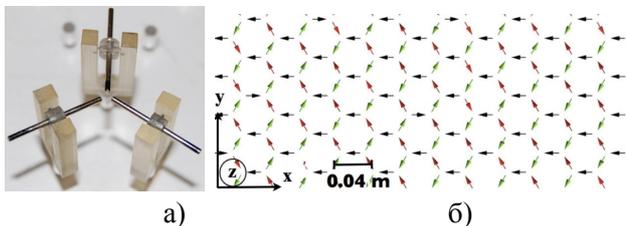


Рис.3 Демонстрационная модель фрустрированных состояний в магнетиках: в каждом узле решетки – вертушка с тремя магнитами [3].

Другим путем предлагают пойти авторы статьи [2]: создать искусственный материал, представляющий собой решетку из магнитных полосок субмикронных размеров, каждая из которых находится в однодомном состоянии (рис.4). Поскольку в каждом узле решетки сходятся четыре магнитные стрелки, такой материал с большим основанием, чем описанный выше, можно называть моделью спинового льда, поскольку состоянию с минимальной энергией будет соответствовать правило льда: две стрелки входят в узел, две выходят. А возбужденные состояния, в которых число входящих и выходящих стрелок не уравновешено, будут соответствовать магнитным монополям.

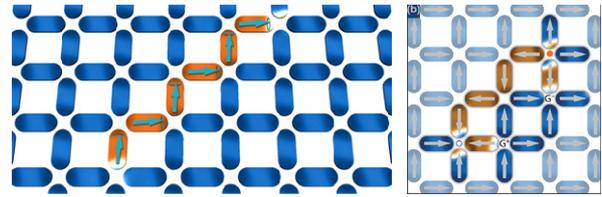


Рис.4 Матрица из однодомных магнитных частиц: справа показано образование монополей [2].

Как показали с помощью численных расчетов авторы [2], топологические возмущения, соответствующие магнитным монополям будут проявляться в виде характерной структуры спектров возбуждения материала в микроволновом диапазоне.

[1] Бюллетень МАГО: 2012, вып. 2-3;  
 [2] S. Gliga, A. Kákay, R. Hertel, O. G. Heinonen, Spectral Analysis of Topological Defects in an Artificial Spin-Ice Lattice, Phys. Rev. Lett. **110**, 117205 (2013)  
 [3] P. Mellado, A. Concha, L. Mahadevan, Macroscopic Magnetic Frustration, Phys. Rev. Lett. **109** 257203 (2012)  
 [4] <http://physics.aps.org/articles/v5/140>

### Что заставляет полюса Земли возвращаться на место?

Physicsworld.com

Согласно данным палеомагнетизма магнитные полюса Земли не стоят на месте, и даже время от времени (с интервалами от десятков тысяч до десятков миллионов лет) меняются местами.

Хотя само блуждание полюсов парадоксально и загадочно, не меньшего внимания заслуживает периодическое их возвращение на место. В недавней статье в Nature [1] исследователи из Гарварда предложили два механизма возвращающей силы. Первый связан с утолщением Земли вблизи экватора, которое даже превосходит то, что должно возникать вследствие центробежных сил. Вторая причина кроется в упругой энергии, запасаемой в литосферных плитах: так при образовании суперконтинентов, таких как Пангея, возникает огромная возвращающаяся сила, стремящаяся растолкнуть континенты и вернуть полюса на место.

Стоит отметить, что существует и альтернативная точка зрения: обратная намагниченность горных пород вызвана не геофизическими причинами, а чисто физическим механизмом самообращения намагниченности во внешнем поле, наблюдаемом в ферритмагнетиках [2].

[1] J. R. Creveling, J. X. Mitrovica, N.-H. Chan, K. Letychev & I. Matsuyama, Mechanisms for oscillatory true polar wander, Nature 491,244-248 (2012)  
 [2] В.И. Трухин, Н.С. Безаева, Самообращение намагниченности природных и синтезированных ферритмагнетиков, УФН, **176** 507–535 (2006)

## Конференции по магнетизму в 2013 году

Даты проведения (дедлайн)	Название конференции	Место проведения	Контактная информация
15-20 сентября <b>(30 апреля)</b>	<i>EASTMAG-2013: V Euro-Asian Symposium Trends in MAGnetism: Nanomagnetism</i>	Владивосток	<a href="http://eastmag.wl.dvfu.ru">http://eastmag.wl.dvfu.ru</a>
29 сент-5 окт <b>(30 апреля)</b>	<i>International Conference "Functional Materials"</i>	Партенит, Украина, Крым	<a href="http://www.icfm.crimea.edu">http://www.icfm.crimea.edu</a>
9-13 Сентября <b>(30 апреля)</b>	<i>Donostia International Conference on Nanoscaled Magnetism and Applications (DICNMA)</i>	Сан-Себастьян, Испания	<a href="http://www.dicnma.com">http://www.dicnma.com</a>
02– 06 сентября <b>(1 мая)</b>	<i>International Conference on Nanoscale Magnetism (ICNM-2013)</i>	Стамбул, Турция	<a href="http://www.icnm2013.org/">http://www.icnm2013.org/</a>
25-30 августа <b>(6 мая)</b>	<i>Joint European Symposia on Magnetism (JEMS 2013)</i>	Родос, Греция	<a href="http://www.jems2013.org">http://www.jems2013.org</a>
9-13 Сентября <b>(15 мая)</b>	<i>Donostia international conference on nanoscaled magnetism and applications</i>	Сан-Себастьян, Испания	<a href="http://www.dicnma.com">http://www.dicnma.com</a>
23- 27 сентября <b>(10 июня)</b>	<i>XIX Международная конференция по постоянным магнитам (МКПМ-2013)</i>	Суздаль	<a href="http://www.permanentmag.ru">http://www.permanentmag.ru</a>
2-5 сентября <b>(17 мая)</b>	<i>International Conference on Magnetic and Superconducting Materials</i>	Хаммамет, Тунис	<a href="http://msm-2013.com">http://msm-2013.com</a>
1-3 июля <b>(31 мая)</b>	<i>InMRAM: Introductory course on Magnetic Random Access Memory</i>	Гренобль, Франция	<a href="http://www.inmram.com">http://www.inmram.com</a>
24-28 сентября <b>(15 июня)</b>	<i>International Conference Modern Development of Magnetic Resonance-2013</i>	Казань	<a href="http://www.kfti.knc.ru/magnetic_resonance2013">http://www.kfti.knc.ru/magnetic_resonance2013</a>
4-8 ноября, <b>(26 июня)</b>	<i>58th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials</i>	Денвер (США, Колорадо)	<a href="http://www.magnetism.org">http://www.magnetism.org</a>
Август 18-23, <b>(21 июля)</b>	<i>Spin Dynamics in Nanostructures</i>	Гонконг, Китай	<a href="http://www.grc.org/program.s.aspx?year=2013&amp;program=spindyn">http://www.grc.org/program.s.aspx?year=2013&amp;program=spindyn</a>



Выпуск подготовлен при поддержке компании ООО «Полимагнит» — одного из ведущих поставщиков магнитных материалов и технологий на российский рынок. Сайт компании: <http://www.amtc.ru>

### Редколлегия:

Главный редактор: А.П. Пятаков

Научные редакторы: М.П. Шорыгин, В.А. Сеин, А.М. Тишин

Худ. редактор и корректор: З.А. Пятакова

Информация для авторов: редакция Бюллетеня осуществляет быструю публикацию информации, представляющих значительный интерес для членов общества. Работы просьба присылать по электронному адресу редакции: [bulletin.mago@gmail.com](mailto:bulletin.mago@gmail.com) Редакция осуществляет рецензию полученных работ и оставляет за собой окончательное решение об их публикации в Бюллетене.

Электронный архив бюллетеня расположен на сайте: <http://www.amtc.ru/news/bulluten>