



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

Гл. редактор: д.ф.-м.н., проф. А.П. Пятаков

ТОМ 17

декабрь 2016 г.

№4

Дорогие читатели!

*Магнитное общество поздравляет вас
с наступающим 2017 ГОДОМ!*

*Желаем вам в Новом году успехов
в личностном росте, а отечественной
экономике – «переполюсовки»
на позитивную динамику!*



Номер содержит отчет об успешно проведенной в 2016 году конференции EASTMAG в Красноярске, обзор и новости по актуальным вопросам магнетизма, а также информацию об основных магнитных конференциях наступающего 2017 года.

PS. В предыдущем поздравлении мы ожидали от нового года подорожавшего барреля и недорогого килограмма редкой земли. Пусть и не все, но пожелания исполняются. Надеемся, что и 2017 не подведет!

МАГНИТИНФОРМ

С 9 по 10 декабря в Екатеринбурге под руководством акад. В.В. Устинова, акад. Н.В. Мушников и проф. В.О. Васьковского прошла научная форсайт-сессия «Магнетизм XXI века: физика материалы, технологии». В ее работе приняли участие ведущие представители основных российских центров по магнетизму, а также известные зарубежные магнитологи. Целью сессии было наметить пути развития магнетизма России в виде «дорожной карты».

Более подробную информацию о мероприятии см. на сайте сессии: <http://km.ins.urfu.ru/foresight.html>

EASTMAG-2016

С 15 по 19 августа 2016 г. в Красноярске прошел шестой Европейско-азиатский симпозиум "Trends in magnetism" EASTMAG-2016. Организаторами симпозиума выступили ИФ СО РАН им. Л.В.Киренского и Сибирский федеральный университет. Общее число участников составило 460 человек, из них иностранных – 80. Приехали представители из 19 стран – Германии, Японии, Тайваня, Испании, Франции и др.



На симпозиуме были доложены и обсуждены результаты по широкому кругу направлений в современном магнетизме, от фундаментальных проблем до прикладных и материаловедческих задач.

В области фундаментальных исследований, кроме общих проблем физики магнитных явлений, следует выделить магнетизм сильно-коррелированных систем и взаимосвязь магнетизма и сверхпроводимости, а также низкоразмерный магнетизм.

Магнитные наноматериалы в виде гранулированных систем, наноструктур и наночастиц составили основу второго блока направлений, рассмотренных на симпозиуме и ориентированных на более прикладные исследования. Сюда же относятся секция по спиновой электронике и секция по магнитной памяти и сенсoram.

К третьему блоку можно отнести секции с упором на современные экспериментальные методы: магнитные резонансные методики, магнитооптика и рентгеновская спектроскопия, сверхбыстрый магнетизм.

Все направления магнетизма объединяются в секции биомагнетизм, связанной с актуальными проблемами человечества, таких как борьба с раком. Последнее направление было представлено пленарным докладом проф. Р. Коубёрна из Кембриджа, который стимулировал широкую дискуссию.



Участники конференции у «Царь-рыбы» (берег Енисея)

В каждой секции, включая новые – магноники и сверхбыстрого магнетизма, вклад российских ученых был весьма значительны. Также следует отметить доклад председателя российского Магнитного Общества проф. Н.С. Перова о стоящих перед МАГО задачах.

Редакция Бюллетеня МАГО благодарит проф. С.Г. Овчинникова и др. организаторов конференции за предоставленные материалы.

АКТУАЛЬНО

Магнитные микрокиллеры

Как можно видеть из предыдущей заметки, посвященной конференции EASTMAG, в последнее время набрало силу новое направление в терапии рака, основанное на механическом воздействии вращающихся магнитных частиц на клетки [1]. В отличие от уже используемой в клинической практике магнитожидкостной гипертермии с помощью магнитных наночастиц [2]–[4], в данном виде терапии воздействие осуществляется низкочастотными магнитными полями порядка 10 Гц, что исключает нежелательные побочные эффекты, вызванные индукционными токами в тканях организма, а также позволяет использовать источники переменного поля на механически вращающихся постоянных магнитах, так называемых сборках Хальбаха (рис.1).

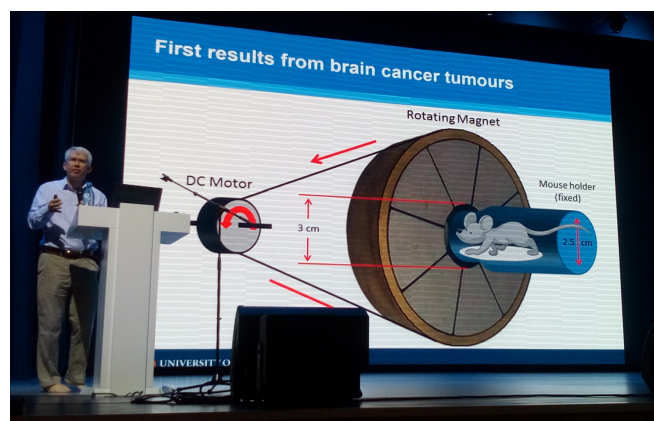


Рис.1. Рассел Коубёрн (R.P. Cowburn) рассказывает об испытаниях на мышах новой методики магнитной терапии (пленарный доклад на конференции EASTMAG 2016). Магнитное поле создается секторами из постоянных магнитов, намагниченных таким образом, чтобы создавать однородное поле внутри сборки.

Поскольку вращающий момент, действующий на частицу, пропорционален магнитному моменту частицы, то его величина для эффективного воздействия магнитного поля на частицы должна быть как можно больше. При этом в отсутствии поля магнитный момент частицы поля должен быть равен нулю, чтобы избежать слипания (агрегации) частиц. Удовлетворить таким противоречивым требованиям можно либо используя частицы с вихревым распределением

намагниченности [1], либо поликристаллические частицы с произвольным направлением намагниченности в каждой из гранул [5].

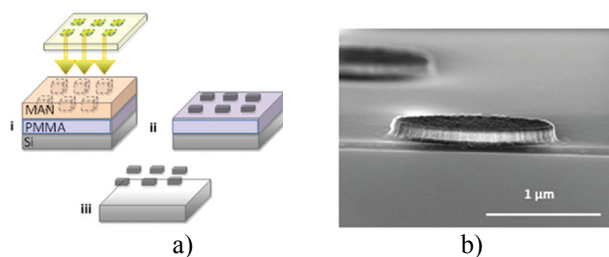


Рис.2. Изготовление магнитных микрочастиц:

а) фотолитографический процесс, состоящий из этапа облучения слоев фоторезиста (PMMA/MAN) сквозь маску (i), нанесение золотого и магнитных покрытий (ii), отделение от подложки (iii); б) микрочастица с вихревым распределением намагниченности на подложке из фоторезиста [5].

Большой индуцированный магнитный момент предполагает и значительный объем частиц, поэтому в данном виде магнитной терапии размер используемых частиц лежит, в основном, в микрометровом диапазоне. Метод изготовления частиц также отличается от тех, что приняты в магнитной гипертермии: это подход “top-down” с помощью фотолитографии (рис.2).

Здесь стоит отметить, что воздействие на клетки магнитных наночастиц тоже возможно, но это исключение лишь подтверждает правило: магнитные наночастицы собираются в агрегаты, на которые действует значительно больший вращающий момент или сила (в градиентном магнитном поле), чем в случае одиночных магнитных наночастиц [6].

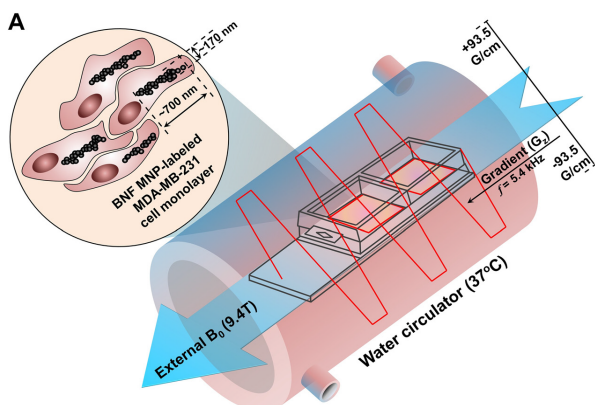


Рис.3. Магнитные наночастицы собираются в агрегаты при наличии постоянного сильного магнитного поля больше 9 Тесла от МРТ. Высокочастотное градиентное поле (100 Гс/см) вызывает возвратно-поступательное движение агрегатов наночастиц, что приводит к гибели клеток, содержащих в себе эти агрегаты. [6]

Поскольку при лечении важно не нанести вреда здоровых тканям, то нужно позаботиться о селективности воздействия, чтобы лекарство, по выражению одного из основоположников теории иммунитета Пауля Эрлиха, выполняли роль «волшебной пули», самонаводящейся на пораженные клетки. Селективность воздействия микрочастиц достигается за счет прикрепления к золотому покрытию белков-антител, «натасканных» на чужеродные белки. Например, это могут быть антитела к белку-антигену hCA9 [5], который является маркером гипоксии – недостатка кислорода, характерного для опухоли из-за нарушений в кровоснабжении пораженных тканей. С помощью метода потоковой цитометрии совмещенной с вибрационной магнитометрией ученым из Гренобля удалось оценить среднее количество микрочастиц, осаждаемых на клетках за счет данного механизма «самонаведения» – порядка тридцати микрочастиц на клетку [5].

Важно отметить, что воздействие магнитного поля при помощи микрочастиц, в отличие от случая гипертермии, приводит не к массовой гибели клеток (некрозу), а к *апоптозу* – регулируемому организмом процессу, при котором погибшие клетки полностью поглощаются клетками-макрофагами. При апоптозе, в отличие от некроза, не возникает воспалительных процессов и, как следствие, интоксикации. Как было показано командой исследователей из Гренобля [5] на клеточной линии почечной карциномы, за счет апоптоза уже по прошествии 6 часов наблюдалось 70% уменьшение численности раковых клеток. Апоптозный сценарий гибели клеток проявляется в активации фермента каспазы, играющей важную роль в процессах апоптоза, а также в появлении на внешней поверхности клеточной мембраны другого маркера апоптоза – фосфатидилсерина [5]. Как полагают авторы [5], механизмом, запускающим программируемую смерть клеток, становится активация ионных каналов, вызванная механическим натяжением мембраны клеток при вибрациях магнитных частиц. Возможны также иные сценарии, актуальные для частиц субмикронных размеров: наночастицы, проникшие внутрь клетки, повреждают ее органеллы, в частности, лизосомы (рис.4), отвечающие за процессы переваривания макромолекул внутри клетки [7].

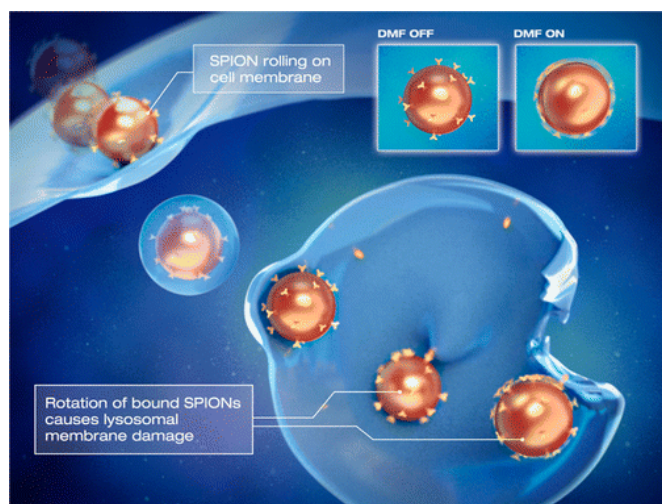


Рис.4. Механизм повреждения клеточных органелл: наночастица, проникшая в клетку, повреждает оболочку лизосомы. SPION – суперпарамагнитные оксидные наночастицы, DMF – динамическое (переменное) магнитное поле.

Первые испытания *in vivo* (в живых организмах) этой новой методики были проведены на лабораторных мышах при лечении глиомы – злокачественных новообразований в мозге [8]. Эксперименты показали, что воздействие магнитного поля частотой 20 Гц и амплитудой 10 мТл (условия, при которых можно пренебречь гипертермическим воздействием) приводит к существенному уменьшению опухоли, замедлению течения заболевания и более чем двукратному продлению времени жизни.

[1] D.-H. Kim, E. a Rozhkova, I. V Ulasov, S. D. Bader, T. Rajh, M. S. Lesniak, and V. Novosad, “Biofunctionalized magnetic-vortex microdisks for targeted cancer-cell destruction,” *Nat. Mater.*, vol. 9, no. 2, pp. 165–71, Feb. 2010.

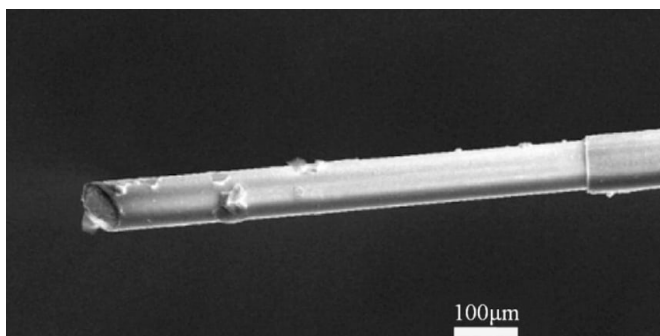
[2] M. Johannsen, U. Gneveckow, L. Eckelt, a. Feussner, N. WaldÖfner, R. Scholz, S. Deger, P. Wust, S. a. Loening, and a. Jordan, “Clinical hyperthermia of prostate cancer using magnetic nanoparticles: Presentation of a new interstitial technique,” *Int. J. Hyperth.*, vol. 21, no. 7, pp. 637–647, Jan. 2005.

- [3] S. Dutz and R. Hergt, “Magnetic particle hyperthermia – a promising tumour therapy?,” *Nanotechnology*, vol. 25, no. 45, p. 452001, 2014.
- [4] A. M. Tishin et al, “Developing Antitumor Magnetic Hyperthermia: Principles, Materials and Devices,” *Recent Pat. Anticancer. Drug Discov.*, vol. 11, pp. 360–375, 2016.
- [5] S. Leulmi, X. Chauchet, M. Morcrette, G. Ortiz, H. Joisten, P. Sabon, T. Livache, Y. Hou, M. Carrière, S. Lequien, and B. Dieny, “Triggering the apoptosis of targeted human renal cancer cells by the vibration of anisotropic magnetic particles attached to the cell membrane,” *Nanoscale*, vol. 7, pp. 15904–15914, 2015.
- [6] S. Hapuarachchige, Y. Kato, E. J. Ngen, B. Smith, M. Delannoy, and D. Artemov, “Non-temperature induced effects of magnetized iron oxide nanoparticles in alternating magnetic field in cancer cells,” *PLoS One*, vol. 11, no. 5, pp. 1–12, 2016.
- [7] E. Zhang, M. F. Kircher, M. Koch, L. Eliasson, S. N. Goldberg, and E. Renström, “Dynamic magnetic fields remote-control apoptosis via nanoparticle rotation,” *ACS Nano*, vol. 8, no. 4, 2014.
- [8] Y. Cheng, M. E. Muroski, D. C. M. C. Petit, R. Mansell, T. Vemulkar, R. A. Morshed, Y. Han, I. V. Balyasnikova, C. M. Horbinski, X. Huang, L. Zhang, R. P. Cowburn, and M. S. Lesniak, “Rotating magnetic field induced oscillation of magnetic particles for *in vivo* mechanical destruction of malignant glioma,” *J. Control. Release*, vol. 223, pp. 75–84, 2016.

НОВОСТИ МИРОВОГО МАГНЕТИЗМА

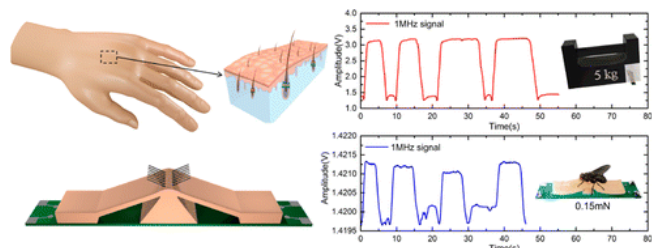
И муха мимо не пролетит

Большая часть усилий инженеров, разрабатывающих «электронную» кожу для роботов или протезов, сконцентрированы на том, какую начинку разместить *под кожей*, при этом забывая, что природа предусмотрела и дополнительный механизм увеличения чувствительности с помощью волосков, расположенных *над кожей*.



Микроскопическое изображение кобальтового волоска.

По этому пути решили пойти ученые из Харбинского политехнического университета. Они покрыли искусственную кожу волосками из ферромагнитной микропроволоки, которые реагируют на механическое давление.



Конструкция волосковых сенсоров и отклик на внешние воздействия.

Искусственная кожа, снабженная волосками, получила возможность работы в широком диапазоне давлений: чувствовать легкие дуновения ветра и муху, севшую на поверхность, и в то же время выдерживать давление килограммовых грузов.

[1] J. Zhang et al, Biomimic Hairy Skin Tactile Sensor Based on Ferromagnetic Microwires, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **8**, p. 33848 (2016)

15 декабря 2016/ Новостной сайт newatlas.com

gizmag

Самозаживляющиеся провода

Те, кто порядком устал от постоянно ломающихся проводов наушников и зарядных устройств, должны приветствовать разработанные в Университете Калифорнии магнитные чернила, которые позволяют печатать провода, способные, подобно биологическим тканям, к регенерации, [1].

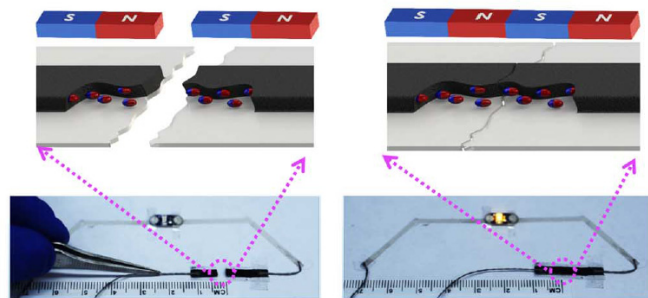


Рис.1 Самозаживляющийся провод на основе электропроводящих чернил с магнитными частицами. Вверху схематическое изображение, внизу – регенерация провода в действии.

Внутри проводящих чернил находятся магнитные микрочастицы из NdFeB, которые ориентируются во внешнем магнитном поле при нанесении чернил на поверхность. После того как чернила высыхают, чернильный след представляет собой одновременно и провод и полосовой магнит. При повреждении провода возникают дополнительные полюса в месте разрыва, которые, притягиваясь друг к другу, за долю секунды снова замыкают цепь (рис.1).

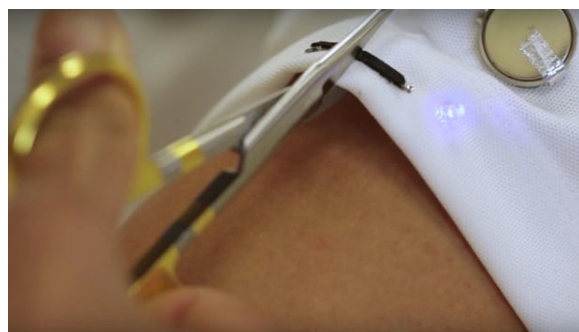


Рис. 2 Проверка изобретения на одежде: чернильный след, нанесенный на рукав (черная полоска), разрезается с помощью ножниц. Цепь из фотодиода (синий объект правее черной полоски) и батарейки (вверху) на мгновение размыкается, чтобы замкнуться вновь при самопроизвольном восстановлении контакта.

Изобретение планируется использовать, прежде всего, в носимых устройствах (wearables), а также в будущей «умной» одежде, в которую будут вмонтированы электрические схемы.

[1] Bandodkar et al. *Sci. Adv.* **2**, e1601465 (2016)

2 ноября 2016/ Новостной сайт Phys.org

PHYS.ORG

Звук и стенки двигает

Предание гласит, что стены Иерихона пали от звуков труб. Для большинства практических целей стены можно не сокрушать, достаточно двигать. Это относится и к стенкам магнитных доменов.

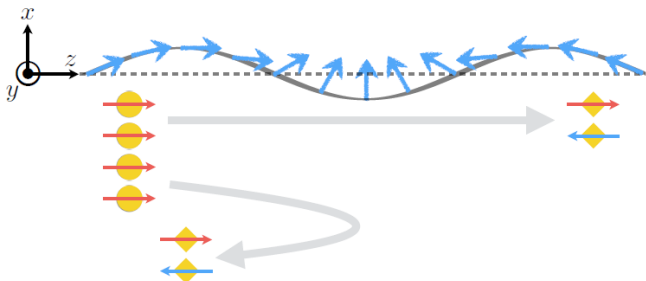


Рис. 1 Схематическое изображение эффекта: поперечная звуковая волна, бегущая по магнитной проволоке, показана серым цветом, толстыми стрелками – направление намагниченности в проволоке. Желтые кружки – падающие фононы, желтые ромбы – отраженные и прошедшие фононы. Тонкими стрелками показана циркулярная поляризация фононов.

В недавней работе ученых из Калифорнийского университета [1] предсказан эффект движения границ магнитных доменов в ферро- и антиферромагнетиках под действием поперечных звуковых волн, распространяющихся в магнитной проволоке. Циркулярно-поляризованные волны, рассеиваясь на магнитной доменной границе, изменяют свой момент импульса (рис.1). Как следует из закона сохранения момента количества движения, при этом они действуют моментом силы на границу, поворачивают намагниченность в ней, и, следовательно, вызывают перемещение доменной стенки.

Как показали авторы [1], линейно поляризованный звук также может двигать доменную стенку – за счет передачи импульса при отражении от границы. В отличие от перемещения спин-поляризованным током и электрическим полем [2], в данном случае направление движения не зависит от типа и киральности доменной границы.

[1] S.K. Kim et al, Mechanical actuation of magnetic domain-wall motion, *Phys. Rev. Lett.*, **117**, 237201 (2016)

[2] A.P. Pyatakov et al, Spin flexoelectricity and chiral spin structures in magnetic films, *JMMM*, **383**, 255-258 (2015)

3D-печать магнитов

Аддитивные технологии, или просто 3D-печать, осваивают все новые области человеческой деятельности. Если от печати внутренних органов, по оценкам специалистов нас отделяют лет тридцать, то простые устройства вроде динамика компьютера научились печатать уже три года назад [1].

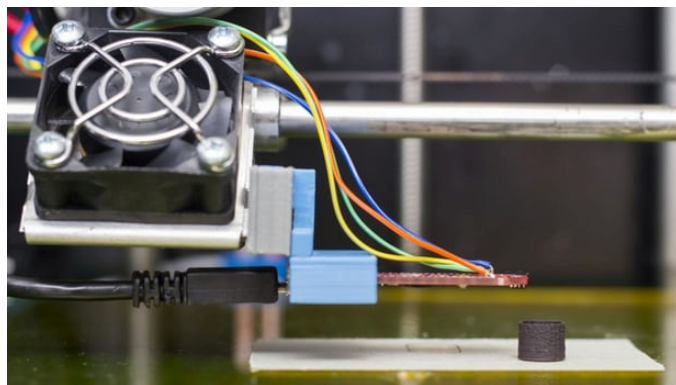


Рис. 1 Печать магнита на 3D-принтере

Одной из важных частей не только аудиоколонки, но и множества других устройств является магнит (рис.1). Созданию магнита и посвящена публикация [2] ученых из Венского технического университета.

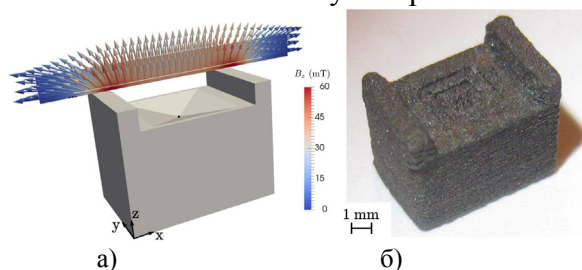


Рис.2 а) Расчетная форма магнита и конфигурация создаваемого им поля. б) конечный продукт

Магнитное поле, создаваемое постоянным магнитом, определяется не только материалом, из которого он сделан, но и его формой. Так, для того, чтобы создать поле с однородной вертикальной компонентой, магнит должен иметь форму параллелепипеда с пирамидальной выемкой (рис.2). Печать ее на 3D-принтере не составляет проблемы, надо только выбрать подходящие чернила – 50-микронные частицы NdFeB в матрице из полиамида.

[1] <http://newatlas.com/cornell-3d-printed-loudspeaker/30177>

[2] C. Huber et al, *Applied Physics Letters*, **109**, 162401 (2016)

Конференции и школы по магнетизму 2017 года, открытые для регистрации

Даты проведения (дедлайн)	Название конференции	Место проведения	Контактная информация
11-16 марта (31 декабря)	51-ая Школа по физике конденсированного состояния (ФКС-2017)	Санкт-Петербург (Курортный район)	http://fks2017.pnpi.spb.ru
24-28 апреля (6 января)	InterMag 2017	Дублин, Ирландия	http://intermag2017.com
27 марта-7 апреля (11 января)	Магнетизм 2017	Йорк, Великобритания	http://magnetism2017.iopconfs.org
27 марта-7 апреля (22 января)	48th IFF Spring School (<i>Topological Matter - Topological Insulators, Skyrmions and Majoranas</i>)	Юлих, Германия	http://www.fz-juelich.de/pgi/EN/Leistungen/SchoolsAndCourses/SpringSchool/node.html
3-6 сентября (17 февраля)	The 18 th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics	Шамони-Мон-Блан, Франция	http://isem2017.org
19-21 июля (28 февраля)	International conference on Advanced Nanomaterials (<i>Magnetic, Spintronics, Nano, Graphene and Polymer</i>)	Авейру, Португалия	www.anm2017.com
17-21 июля (1 марта)	International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (SCES 2017)	Прага, Чехия	http://www.sces2017.org
7-11 августа (31 марта)	Magnonics 2017	Оксфорд, Великобритания	https://magnonics2017.com
26-30 июня (1 марта)	The European Conference PHYSICS OF MAGNETISM 2017	Познань, Польша	www.ifmpan.poznan.pl/pm17
1-5 июля (1 апреля)	The Moscow International Symposium on Magnetism (MISM)	Москва	https://mism.magn.ru
2-6 июля (14 апреля)	Workshop MagIC2017 – Magnonics, Interactions and Complexity	Познань, Польша	http://magic2017.amu.edu.pl
9-20 октября (15 апреля)	2017 European School on Magnetism	Каржез, Корсика	http://magnetism.eu/66-esm-2017.htm
20-24 августа	International Baltic Conference on Magnetism 2017	Светлогорск	http://lnmm.ru/ibcm_2017
Сентябрь 2017	XXI Международная конференция по постоянным магнитам	Суздаль	http://permanentmagnet.ru



Выпуск подготовлен при поддержке компании ООО «Полимагнит» — одного из ведущих поставщиков магнитных материалов и технологий на российском рынке. 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, представляющей значительный интерес для членов общества. Работы просьба присылать по электронному адресу редакции: 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>