

ISSN: 2782-5515



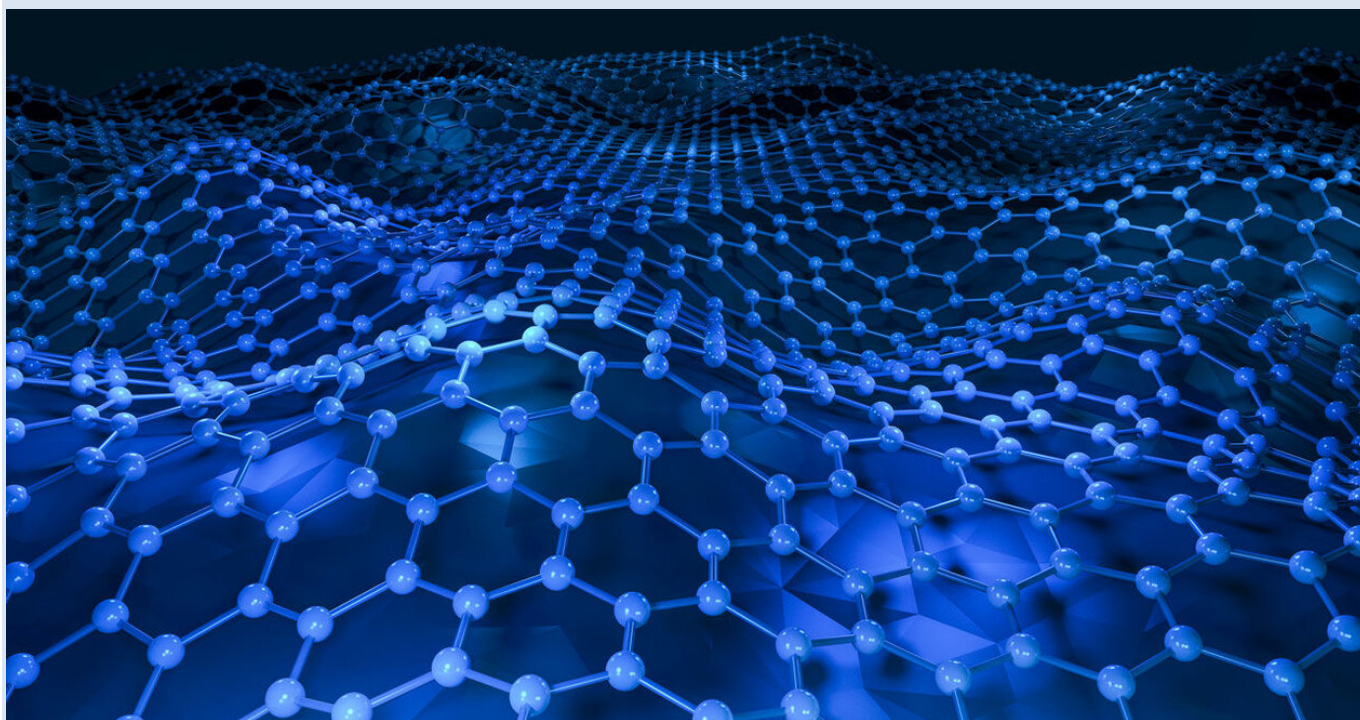
Перст

Информационный бюллетень

перспективные технологии
наноструктуры сверхпроводники фуллерены

Том 30, выпуск 4

апрель 2023 г.



Grafen/new-science.ru

Черноголовка

ГРАФЕН

Высококочувствительный пьезорезистивный гидрогель из пищевых водорослей и графена

Полимерные материалы широко применяются в гибких электронных устройствах, в частности, в пьезорезистивных датчиках давления, электрическое сопротивление которых изменяется при приложении механической деформации. Для изготовления таких сенсоров как правило используют вредные химические соединения, да и отработавшие свой срок устройства загрязняют окружающую среду. Современные исследования направлены на поиски безопасных биоразлагаемых аналогов.

Ученые из Univ. of Sussex и Univ. of Brighton (Великобритания) [1] сумели создать высококочувствительный пьезорезистивный графеновый гидрогель на основе пищевых водорослей. Вдохновила их молекулярная гастрономия, раздел науки, связанный с изучением физико-химических процессов, которые происходят при приготовлении пищи. Термин “молекулярная физическая гастрономия” (позже сокращенный до “молекулярной гастрономии”) ввели в 1988 году исследователи этих процессов английский физик Николас Курти, известный своими работами в области физики низких температур, и французский физико-химик Эрве Тис, который изобретал и продолжает изобретать научные (“на молекулярном уровне”) способы приготовления пищи. В молекулярной гастрономии для получения загустителей, гелеобразователей и средств для капсулирования часто используют альгинаты. Альгинаты – соли альгиновой кислоты, которую извлекают из красных и бурых водорослей (в том числе из ламинарии, “морской капусты”). Альгинаты натрия, калия, кальция используют в качестве пищевых добавок, а также широко применяют в медицине [2]. Если поместить альгинат натрия в ванночку с раствором, содержащим ионы кальция (например, хлорид кальция), то благодаря поперечному сшиванию образуется альгинат кальция, высокогидрофильный полимер, который в присутствии воды разбухает и превращается в стабильный нерастворимый гель (заметим, что хлорид кальция тоже разрешен для использования в пищевой промышленности). Авторы [1] использовали этот подход, но альгинат натрия предварительно смешали с водной суспензией нанопластинок графена разной концентрации (0.5-3.5 мг/мл). После просушивания при комнатной температуре образовались нанокомпозитные пленки из водорослей с графеном (Graphene Algae).

И далее ...

СНОВА К ОСНОВАМ

4 На пути к жидкосолевому реактору

ДЛЯ ПРАЗДНОГО УМА

5 Водяные пломбы или слесарь не нужен!

КОНФЕРЕНЦИИ

7 Четвертая российская конференция “Графен: молекула и 2D кристалл”, с 14 по 18 августа 2023 г., г. Новосибирск, Россия

Международная конференция “Функциональные материалы ICFM’2023”, 2 - 6 октября 2023 г., Алушта, Крым

International Symposium on the Industrial Applications of the Mössbauer Effect (ISI-AME2024), 1st–5th September 2024, Fukuoka, Japan

8 По ком звонит колокол....

Эти пленки поместили в ванночку с водным раствором хлорида кальция (0.8 мг/мл) и полу-

чили мягкий пористый электропроводный гидрогель. Процесс схематически показан на рис. 1.

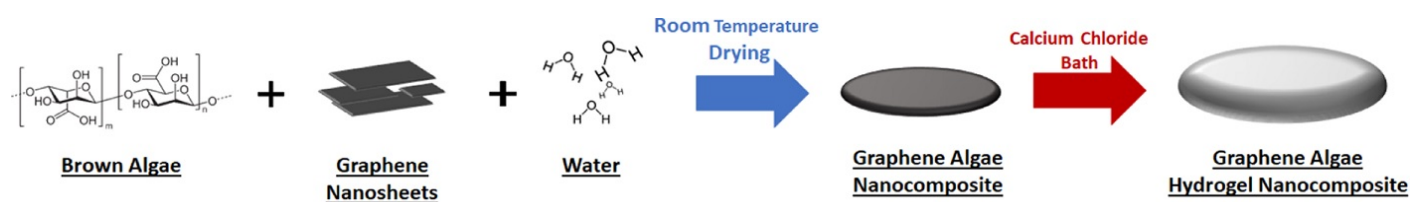


Рис. 1. Схема формирования геля Graphene Algae. Альгинат натрия, полученный из бурых водорослей, смешивают с водной суспензией нанопластинок графена; просушивают. Полученный нанокompозит обрабатывают в ванночке с хлоридом кальция.

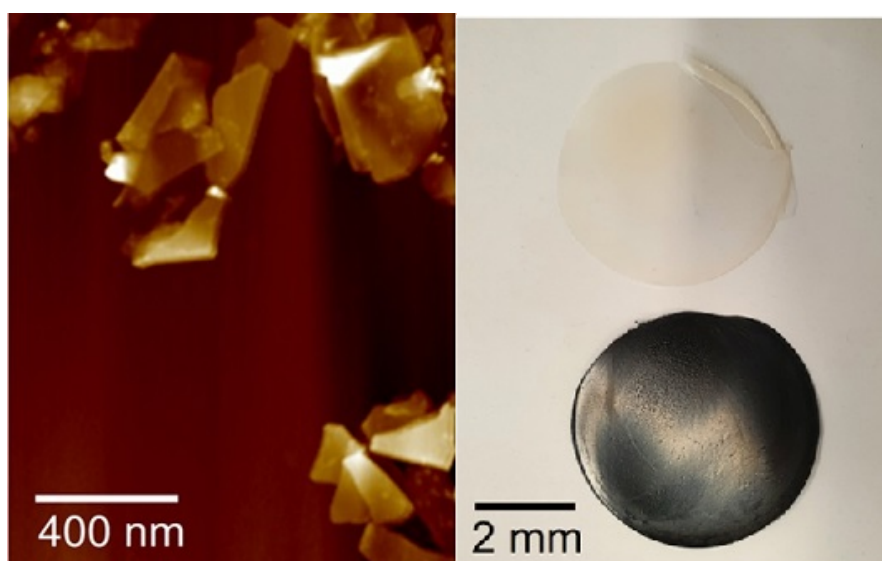


Рис. 2. Слева – нанопластины графена (атомно-силовая микроскопия). Справа – фотографии пленки на основе водорослей без графена (вверху) и нанокompозитной пленки с 9.6 об.% графена (внизу).

Пленки на основе водорослей непрозрачные, молочного цвета, а пленки с добавлением нанопластинок графена тёмно-серые, что характерно для графеновых нанокompозитов. Нанопластины состоят из нескольких слоев, средний размер в длину около 290 нм (рис. 2).

После обработки в хлориде кальция и пленка из водорослей без графена, и нанокompозитная пленка существенно увеличились в размерах, как по диаметру, так и по толщине (рис. 3). Пленка без графена стала прозрачной.

Интересно, что природная гидрофобность графена влияет на относительное изменение диаметра $\Delta D/D_0$ и веса $\Delta W/W_0$. С ростом содержания графена от 5 до 17 об.% оба эти параметра уменьшаются. Это подтверждает и сравнение рис. 3А и 3В. Диаметр образца с графеном заметно меньше. Удельная электропроводность, естественно, растет при увеличе-

нии содержания графена (от 10^{-9} См/м при 5 об.% до 10^{-6} См/м при 17 об.% графена).

В отличие от других нанокompозитов с графеном механические свойства геля Graphene Algae практически не зависят от концентрации графена и близки к свойствам геля без графена. Модуль Юнга чрезвычайно мал, $\sim 0,6$ Па. Это одно из самых низких известных значений для нанокompозитов. Таким образом, полученный гель является идеальным кандидатом для сенсоров, чувствительных к деформациям.

Действительно, проведенные измерения показали, что чувствительность, а именно отношение относительного изменения электрического сопротивления к механической деформации, очень высока. Гидрогели Graphene Algae дают быстрый пьезорезистивный отклик даже при падении на их поверхность объекта массой 2 мг – как капля дождя. Ученым [1] удалось найти способ создания безопасного биоразлагаемого

высококочувствительного пьезорезистивного сенсора из пищевых продуктов. Такие системы

нужны в разных областях, особенно в медицине как носимые устройства для контроля здоровья.

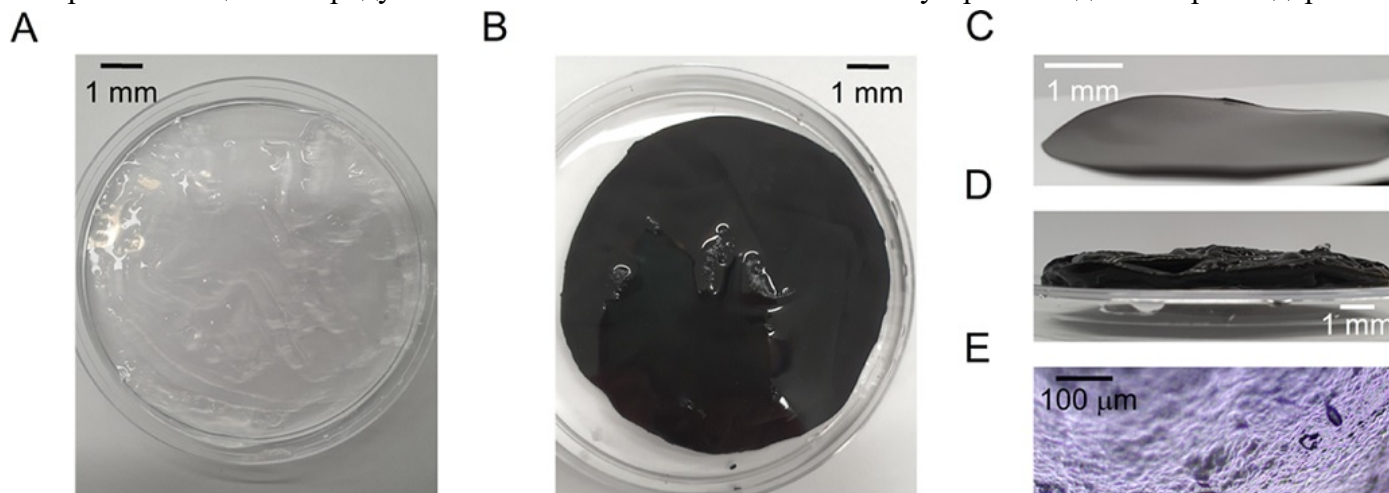


Рис. 3. Фотографии пленок после отверждения в ванночке с хлоридом кальция: А – гель, полученный из водорослей; В – гель из нанокompозита водоросли–9,6 об.% графена; С, D – вид сбоку графеновой пленки до и после обработки в ванночке с хлоридом кальция; Е – изображение поверхности гидрогеля из нанокompозита водоросли–9,6 об.% графена (оптическая микроскопия).

О. Алексеева

1. A.A.K. Aljarid et al. *ACS Sustainable Chem. Eng.* **11**, 1820 (2023).

2. А.Л. Ишевский и др. *Известия СПбГТИ(ТУ) №50(76) с. 61* (2019).

СНОВА К ОСНОВАМ

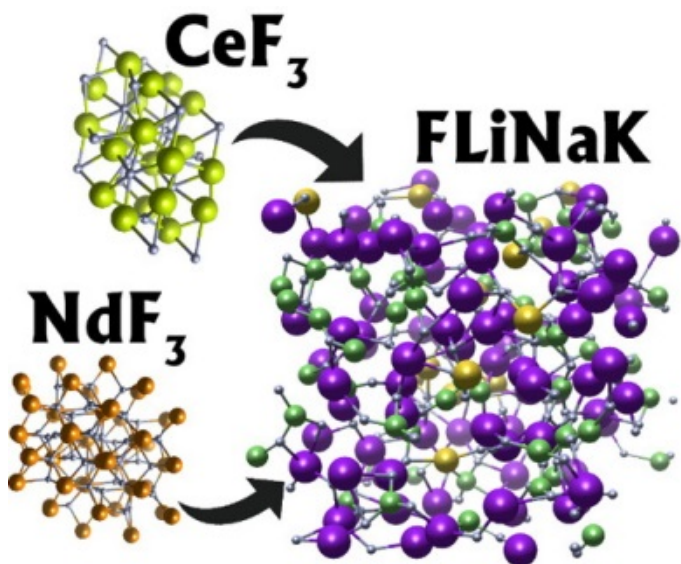
На пути к жидкосолевому реактору

Концепция жидкосолевого реактора (ЖСР) зародилась в 60-х годах прошлого века, однако промышленная технология их создания, к сожалению, не реализована до сих пор. ЖСР является одним из видов ядерных реакторов деления. Топливо такого реактора состоит из носителя, представляющего собой смесь расплавленных фтористых солей, и растворенного в этой смеси делящегося материала. Расплавы солей должны обладать некоторыми обязательными требованиями, такими как низкое сечение захвата нейтронов, низкая температура плавления, обеспечивающая рабочую температуру реактора, низкая коррозионная активность, высокая теплоемкость и электропроводность, низкая вязкость и т.д. В качестве солей-носителей преимущественно рассматриваются смеси фторидов щелочных и щелочноземельных металлов, таких как LiF-BeF₂ (FLiBe) и LiF-NaF-KF (FLiNaK). Как FLiBe, так и FLiNaK обладают подходящими физико-химическими характеристиками, однако смеси бериллия требуют особого обращения из-за высокой токсичности. По этой причине FLiNaK часто рас-

сматривается в качестве альтернативы FLiBe. Кроме того, FLiNaK имеет еще одно важное преимущество – высокую растворимость делящихся материалов.

В работе группы российских ученых из МИФИ и ИВТЭ УрО РАН [1] представлены результаты, полученные как с помощью компьютерного моделирования в рамках метода молекулярной динамики, так и в эксперименте по изучению кинетических свойств расплава FLiNaK с добавкой фторидов лантаноидов CeF₃ и NdF₃ (см. рис.). По мнению авторов, последние способны заменить потенциально опасные фториды актиноидов тория и урана, а полученная смесь сможет обеспечить ускоренное разложение радиоактивных элементов и хороший теплоотвод. Молекулярно-динамические расчеты исследователи проводили с использованием классического потенциала Борна-Хаггинса-Майера, параметры которого для взаимодействия CeF₃ или NdF₃ с компонентами FLiNaK рассчитывали с помощью теории функционала плотности на уровне теории GGA-PBE с учетом поправок Грима для слабого ван-дер-ваальсового взаимодействия.

В процессе проведения экспериментального анализа контроль за элементным составом расплава осуществляли с помощью рентгенофлуоресцентного анализа. Сдвиговую вязкость расплавов авторы определяли методом ротационной вискозиметрии.



Изображение расплава FLiNaK с добавкой фторидов лантаноидов CeF_3 и NdF_3

В результате удалось добиться прекрасного соответствия рассчитанных и измеренных физико-химических характеристик растворов фторидов церия и неодима в расплавленных солях, в первую очередь, температурных зависимостей коэффициента самодиффузии и сдвиговой вязкости. Показано, что коэффициенты самодиффузии ионов в расплавленном FLiNaK зависят не только от их атомных весов, но и от концентрации компонентов в расплаве. В частности, высокая величина коэффициента самодиффузии для ионов фтора как раз обусловлено их высокой концентрацией в FLiNaK. Кроме того, подтверждена необходимость корректировки формулы Стокса-Эйнштейна, связывающей сдвиговую вязкость с коэффициентом самодиффузии, применительно к компонентам расплава FLiNaK. Кроме того, авторы предложили аналитическую аппроксимацию температурной и концентрационной зависимостей вязкости расплавленного FLiNaK и рассчитанных коэффициентов самодиффузии составляющих ее элементов.

Отметим, что поскольку исследования проводили в температурном интервале, охватывающем рабочие температуры ЖСР, и при соответствующих концентрациях добавок, разработанные межатомные потенциалы и полученные данные могут быть использованы для проектирования жидкосольевых реакторов и моделирования их функционирования.

М. Маслов

I. A.Y. Galashev et al., J. Phys. Chem. B 127, 1197 (2023).

ДЛЯ ПРАЗДНОГО УМА

Водяные пробки или слесарь не нужен!

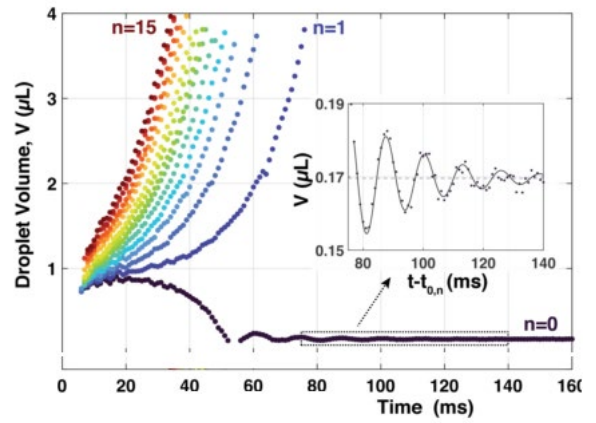
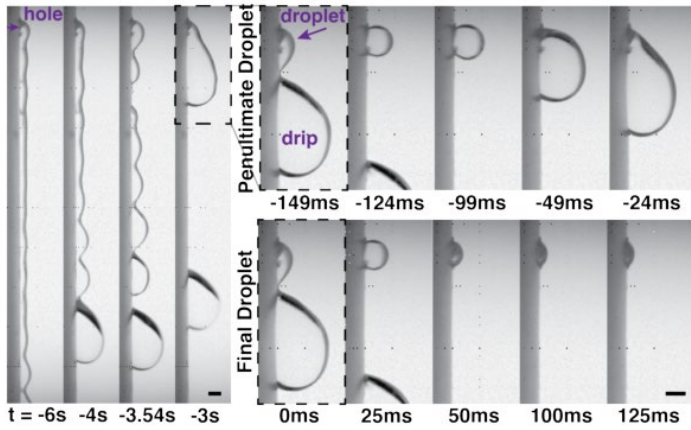
Всем дачникам известен неприятный эффект, возникающий при небольшом наклоне лейки, когда вода стекает тонкой струйкой по носику: любителям городского уюта, а также физикам он знаком как “эффект чайника”. Намного менее изученным остается другое явление, также связанное с поверхностным натяжением и малыми потоками воды: вода, стекающая тонкой струйкой по стенке сосуда из небольшой дырочки, разбивается на капли, а затем и вовсе перестает течь, даже в том случае, когда дырочка расположена ниже уровня ватерлинии.

Это явление было недавно тщательно изучено учеными из Williams College, Williamstown, MA (США), а его результаты представлены на весеннем собрании Американского химического общества [1], а также в бюллетене Physics Американского физического общества [2].

Камера с временным разрешением 1000 кадров в секунду и светодиод подсветки, позволяющие получить изображения (рис. 1а), а также лабораторные весы для определения объема капель – вот основное оборудование, необходимое для исследований.

Динамика последней капли кардинально отличается от всех предыдущих: небольшое увеличение объема сменяется его резким уменьшением и затухающими колебаниями вблизи отметки 0.2 микролитра, в то время как предшествующие капли монотонно увеличивали объем (рис. 1б).

Теоретическое рассмотрение явления с учетом сил, создаваемого гидростатическим давлением (над самозакупоренной дырочкой еще остается столб воды высотой немногим меньше 25 мм) и поверхностным натяжением, объясняет такое необычное поведение капель. Оказывается, давление Лапласа за счет сил поверхностного натяжения является немонотонной функцией объема, за счет чего возникает неоднозначность: капля, не превысившая объем одного микролитра находится на устойчивой нижней ветке и стремится к равновесному объему, в то время как капли, превышающие критический объем, продолжают расширяться (рис. 2а).



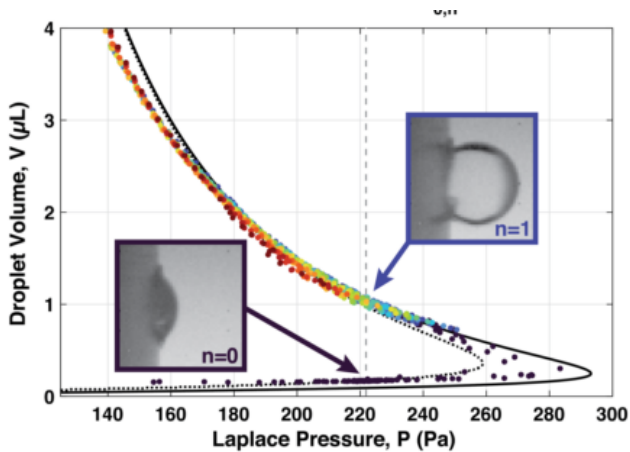
a

б

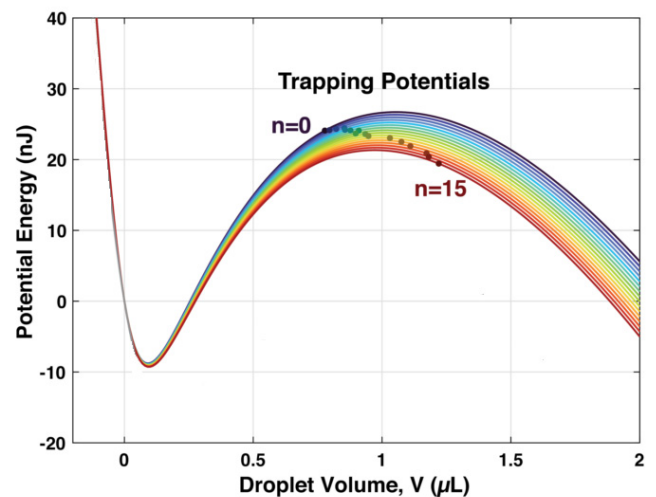
Рис. 1. Самопломбирование протечки:

a - фотографии струйки воды в моменты, предшествующие остановке течи: с шестой по третью секунду до остановки течи (на вставках детали процесса с большим временным и пространственным разрешением; масштабный отрезок соответствует 0.8мм);

б - зависимость объема капли от времени для последних 15-ти капель, при нумерации используется обратный отсчет (на вставке показаны осцилляции объема последней “нулевой” капли) [1].



a



б

Рис. 2. Силы Лапласа, действующие на капли: *a* - неоднозначная зависимость объема от величины давления Лапласа: одно значение давление соответствует двум значениям объема; *б* - зависимость эффективного потенциала с учетом гидростатического и лапласова давления от объема капли.

Соответствующий потенциал для статических капель представлен на рисунке 2б. Физик, специализирующийся в любой области от элементарных частиц и космологии до физики твердого тела найдет соответствующие аналогии (рождающаяся Вселенная, возникновение зародыша новой фазы и т.п.). Поучительно здесь и то, что в данном случае мы имеем не статическую, а динамическую стабилизацию объема капель, т.е. полное рассмотрение предполагает

учет конечной амплитуды колебаний и усреднение величины энергии за период.

А. Пятаков

1. C.D.Tally et al., “How a leak can stop itself,” arXiv:2202.02644v1.

2. R.Berkowitz, *Physics* 16, 60 (2023).

КОНФЕРЕНЦИИ

Четвертая российская конференция “Графен: молекула и 2D кристалл”, с 14 по 18 августа 2023 г., г. Новосибирск, Россия

Научные направления конференции:

- Развитие методов синтеза графена и родственных материалов
- Химическая модификация графена, низкоразмерных и гибридных 2D материалов
- Диагностика графена и низкоразмерных материалов
- Теория, строение и моделирование свойств графена и низкоразмерных материалов
- Электронные, механические, каталитические, электрохимические и другие свойства и приложения графена и других 2D материалов

Ключевые даты:

Прием заявок - **1 мая 2023**

Прием тезисов - **1 мая 2023**

Оплата оргвзноса - **1 июня 2023**

Контакт:

Тел./Факс: +7 (383) 330-53-52

E-mail: graphene@niic.nsc.ru

Web site: <http://grapheneconf.nsu.ru>

Международная конференция “Функциональные материалы ICFM’2023”, 2 - 6 октября 2023 г., Алушта, Крым



На конференции “Функциональные материалы ICFM’2023” будут рассмотрены различные аспекты физики, технологий и применения новых материалов и структур с определенными функциональными свойствами. В рамках ICFM’2023 будет открыта площадка для выставки новых функциональных материалов, приборов и устройств, научных и учебных изданий. Пройдет конкурс лучших работ молодых ученых и студентов.

Тематика секций:

- Фундаментальная физика функциональных материалов.
- Ферро- и антиферромагнитная спинтроника, магноника.
- Плазмоника и нанофотоника.
- Сверхбыстрый магнетизм и спиновая динамика.
- Материалы для квантовых технологий.
- Топологические материалы.

- Мультиферроики и магнитоэлектрические материалы.
- Наноструктурированные материалы и композиты.
- Материалы медицинского назначения. Биосенсоры.
- Материалы и технологии для устойчивого экологического развития.

Официальные языки конференции – русский, английский.

По соглашению с редакцией журнала “Физика металлов и металловедение” рекомендованные Оргкомитетом ICFM’2023 материалы будут опубликованы в тематическом выпуске журнала “Магнитные функциональные материалы”

Важные даты и сроки:

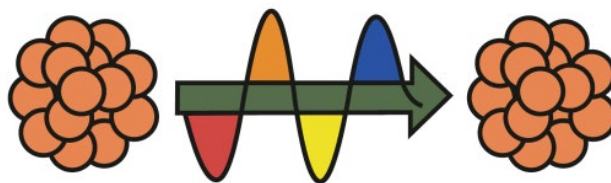
Предварительная регистрация: **31 мая 2023 г.**

Представление тезисов: **15 июня 2023 г.**

Контакты

Назар Викторovich Луговской, Тел.: 8 978 766 57 30, e-mail: icfm@cfuv.ru

Сайт конференции: <https://icfm-crimea.ru/>



International Symposium on the Industrial Applications of the Mössbauer Effect (ISIAME2024), 1st–5th September 2024, Kitakyushu International Conference Center (KICC), Fukuoka, Japan

ISIAME (International Symposium on the Industrial Applications of the Mössbauer Effect) has been held every 4 years since the first conference was organized by Prof. John G. Stevens in Honolulu (1984). Fifteen topics of ISIAME2024 cover different applications of Mössbauer spectroscopy (MS), including potential ones, in several industrial fields. We expect this symposium will bring force new opportunities of collaborations by colleagues and industry peoples with industries. It is also expected that ISIAME2024 could motivate “younger” colleagues who are going to utilize MS in their present and future studies.

Conference Topics

T1 - Battery & Energy

T2 - Corrosion

T3 - Environmental

T4 - Advanced Materials
T5 - Catalyst
T6 - Glass & Amorphous
T7 - Inorganic Materials & Rare Earth
T8 - Magnetic Materials & Magnetism
T9 - Metal & Alloys
T10 - Nanomaterials & Nanotechnology
T11 - Pharmaceutical & Bioscience
T12 - Superconductors & Lattice Dynamics
T13 - Ion Implantation
T14 - Methodology & Instrumentation
T15 - Synchrotron Radiation
The official language is English.

Important Dates

Abstract submission: **1/4/2024–31/7/2024**

Payment: **1/4/2024–30/6/2024** (early bird)

1/7/2024–15/8/2024 (standard)

Conference Website

Detailed information will be available from the Conference Website which is now under construction.

<https://www.omenscilab.org/isiname2024/>

Organizers:

Nobuto OKA; Kindai University,

nobuto.oka@fuk.kindai.ac.jp

Tetsuaki NISHIDA; Environmental Materials Institute,

tnishida3730@gmail.com

По ком звонит колокол....

4 апреля ушла из жизни Светлана Тимофеевна Корецкая, основательница и многолетний главный редактор ПерсТа. Благодаря её энтузиазму и эрудиции ПерсТ приобрёл всероссийскую (и не только) популярность.

Природа одарила Светлану Тимофеевну прекрасными качествами: доброжелательностью, мудростью, интеллигентностью, порядочностью и умением сопереживать. С ней всегда было интересно работать и общаться. Именно такой она останется в наших сердцах и нашей памяти.



**Информационный бюллетень ПерсТ
издается информационной группой ИФТТ РАН**

Главный редактор: И. Чугуева, e-mail: ichugueva@yandex.ru

Научные редакторы К. Кугель, Ю. Метлин

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

Выпускающий редактор: И. Фурлетова

Адрес редакции: 119296 Москва, Ленинский проспект, 64