



Leibniz-Institut
für Festkörper- und
Werkstoffforschung
Dresden



Lecții publice la Academia de Științe a Moldovei
11 februarie 2022
Chișinău, Republica Moldova

Rolul și importanța științei fundamentale în secolul XXI

Vladimir Fomin

Membru de Onoare al Academiei de Științe a Moldovei

Institut Leibniz de cercetări în domeniul corpului solid și științei materialelor, Dresda, Germania

Universitatea de Stat din Moldova, Chișinău, Republica Moldova



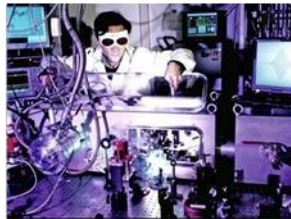
СОДЕРЖАНИЕ



1. **Международный год фундаментальных наук в интересах устойчивого развития**
 - **Определение фундаментальных наук**
 - **Яркие достижения фундаментальных наук**



2. **Роль фундаментальных исследований для решения актуальных задач человечества**



3. **Лейбниц-Институт твердого тела и материаловедения в Дрездене**



4. **Самоорганизованные наноархитектуры: революционные технологии, новые свойства и перспективные применения**

1. Международный год фундаментальных наук в интересах устойчивого развития

2 декабря 2021 года Генеральная Ассамблея ООН по предложению ЮНЕСКО провозгласила 2022 год Международным годом фундаментальных наук в интересах устойчивого развития (International Year of Basic Sciences for Sustainable Development – IYBSSD-2022). Проведение Международного года имеет своей целью подчеркнуть решающую роль фундаментальных научных исследований в устойчивом развитии всего мира, в частности, реализацию Целей устойчивого развития ООН на 2016-2030 годы. Среди них:

- **Здоровье и благополучие; Чистая вода и санитария;**
- **Доступная и чистая энергия;**
- **Действия по борьбе с изменением климата;**
- **Жизнь под водой; Жизнь на суше.**

Актуальнейшие для жизни человечества направления научных исследований по ЮНЕСКО:

- **Воздействие науки на будущие поколения;**
- **Взаимосвязи, существующие между различными формами жизни;**
- **Роль и ответственность человека в деле защиты окружающей среды, биосферы и биоразнообразия.**

Добиться прогресса в этих исследованиях невозможно без достижений фундаментальной науки.

Определение фундаментальных наук

Статус фундаментальных ЮНЕСКО присвоила исследованиям, которые способствуют открытию законов природы, пониманию взаимодействий между явлениями и объектами реальной действительности. Фундаментальные науки – **область познания, подразумевающая теоретические и экспериментальные научные исследования основополагающих явлений и поиск руководящих ими закономерностей**. Они формируют базовые принципы естественнонаучных и гуманитарных дисциплин и расширяют теоретические, концептуальные представления о мироздании во всех его проявлениях.

Традиционно фундаментальные исследования были соотносимы с естествознанием, с такими дисциплинами, как физика, математика, химия и биология. Это – устоявшееся **классическое понимание фундаментальных наук**. Однако все формы научного познания опираются на системы обобщений. Гуманитарные науки также обладают или стремятся обладать аппаратом, способным охватить и сформулировать общие фундаментальные принципы исследований. Это соответствует все более распространяющемуся **современному пониманию фундаментальных наук**. Хотя в задачи фундаментальной науки не входит скорая и неременная практическая реализация, в процессе решения фундаментальных проблем открываются новые возможности и методы решения практических задач.

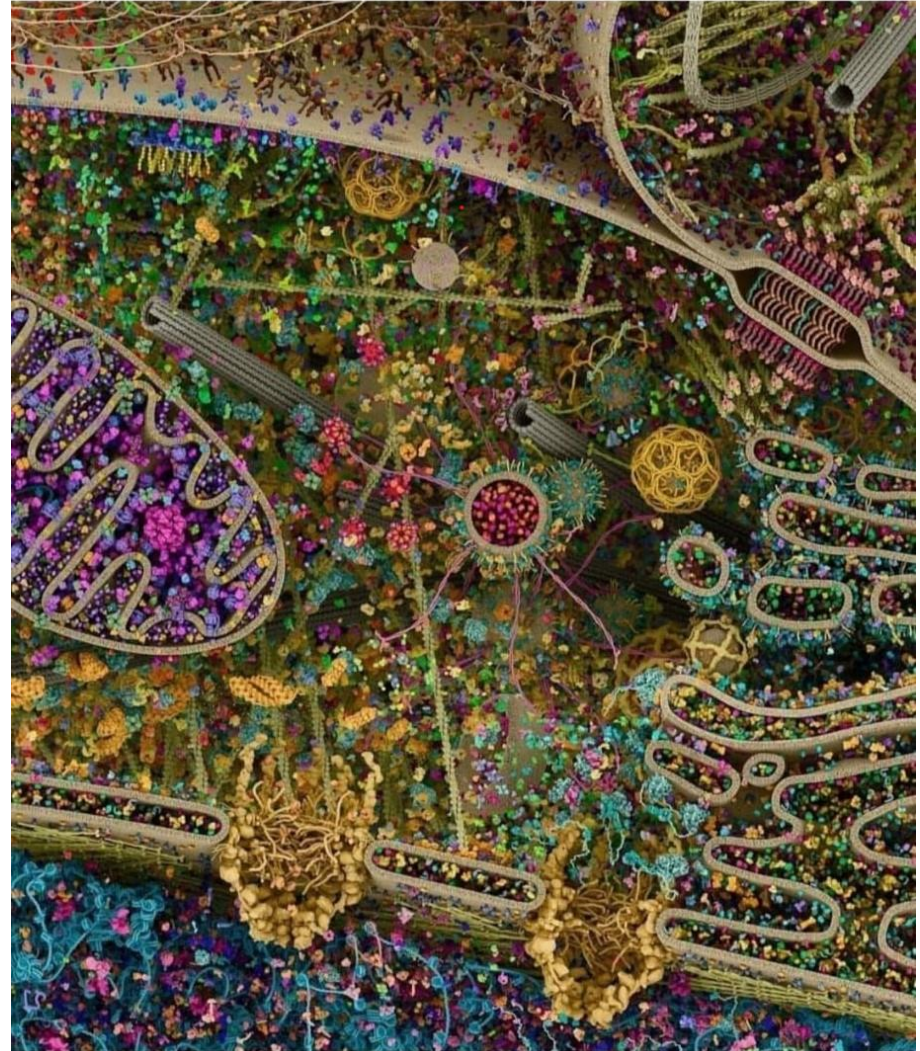
Яркие достижения фундаментальных наук

- Фундаментальные достижения в области физики твердого тела привели к изобретению полупроводниковых транзисторов, способных действовать подобно выключателям с электронным управлением с практически мгновенным переключением, на базе которых созданы и действуют современные персональные компьютеры, смартфоны, автомобили, серверы для центров обработки данных, игровые приставки.
- Всемирная паутина (WEB) была изобретена в 1980 году в CERN из-за необходимости глобального сотрудничества для экспериментов в фундаментальной физике и получила всемирное распространение благодаря разработке мощных алгоритмов.
- Прогресс в секвенировании ДНК, достигнутый благодаря фундаментальным разработкам в биологии, математике, химии и физике, в настоящее время ведет медицину к более эффективным методам индивидуального лечения.
- Производство и хранение возобновляемой энергии зависит от достижений в области фундаментальной физики и химии в содружестве с материаловедением.
- Открытие Квантового эффекта Холла, сделанное в лоне фундаментальной физики, было катализатором реформы системы единиц СИ, которая была введена в силу с 2019 года и определяет современные стандарты единиц не только в науке, но и в технике на всей Земле.

Самая детализированная на сегодняшний день модель человеческой клетки была создана с использованием комбинации наборов данных

- рентгенографии,
- ядерного магнитного резонанса,
- криоэлектронной микроскопии.

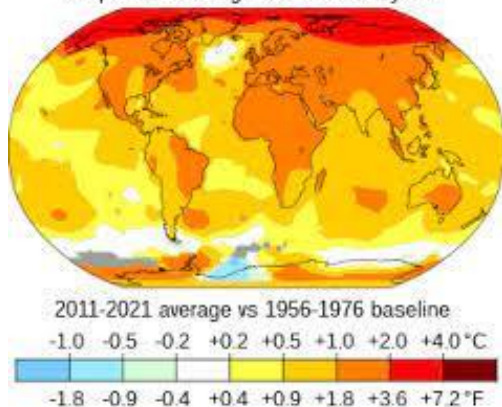
Цифровое изображение представляет собой пространственное распределение физических величин: каждый элемент изображения или пиксель соответствует элемент объема или воксель. Таким образом, в вычисленных томограммах, интенсивность пикселя увеличивается с коэффициентом затухания рентгеновских лучей в соответствующем вокселе.



<https://www.alnas.fr/actualite/sante/decouvrez-les-images-les-plus-detaillies-dune-cellule-humaine-a-ce-jour/> (February 16, 2021)

1. Роль фундаментальных исследований для решения актуальных задач человечества

Temperature change in the last 50 years



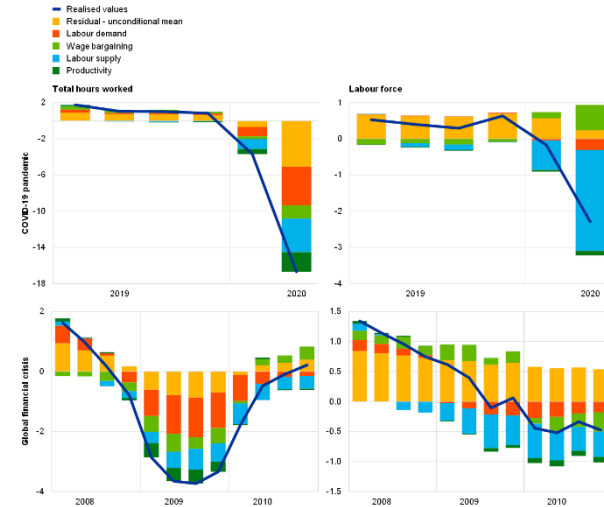
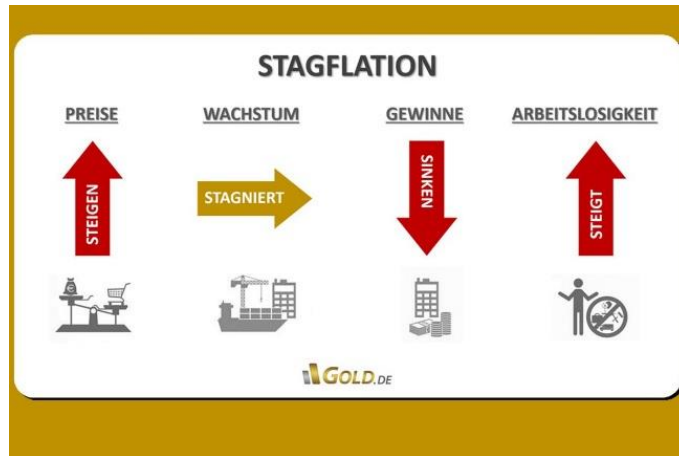
а) Само осознание опасности глобальных изменений климата и экологии было связано с выводами фундаментальных наук о последствиях ускоряющегося роста средней температуры, разрушения озонового слоя и других явлений на Земле. Сопутствующее таяние ледников и начало опаснейших процессов в вечной мерзлоте по механизму обратной связи приводят к дальнейшему подъему температуры. Хищническая вырубка тропических лесов привела к уменьшению их важнейшей регулирующей климат роли и к вымиранию целых видов флоры и фауны. Требуется широкая пропаганда и скорейшая реализация фундаментальной экологической концепции спасения планеты – в первую очередь, в рамках Парижского соглашения по климату, вступившего в силу в 2016 году, – которая создана и развивается на основе интердисциплинарных фундаментальных достижений геофизики и метеорологии, экологии, биологии и других наук.

1. Роль фундаментальных исследований для решения актуальных задач человечества



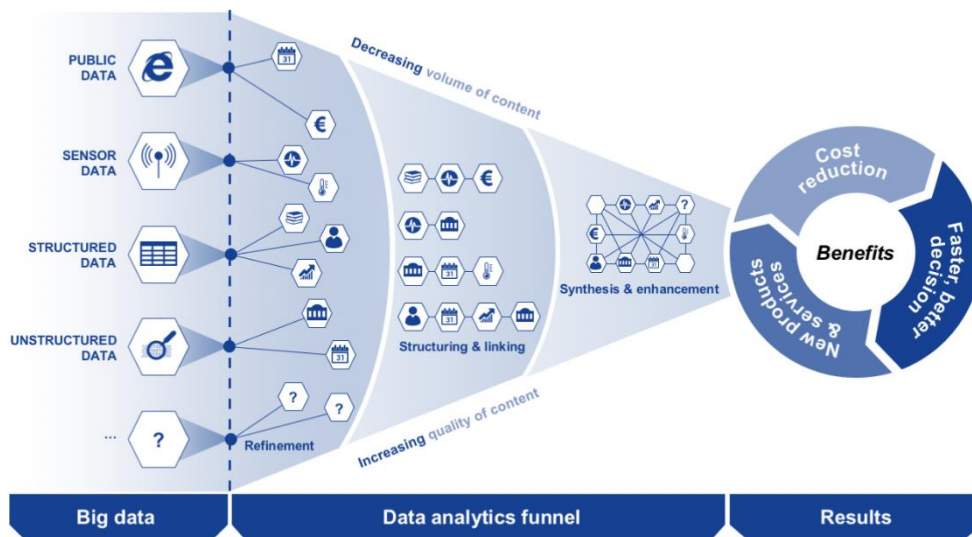
б) Энергетический кризис связан с постепенным прекращением использования привычных горючих ископаемых и ядерных материалов, все больше ощущается через рост тарифов на электроэнергию и тепло. Его преодоление требует решения фундаментальных задач: создания новых, еще более экономичных, способов получения дешевой энергии из возобновляемых, экологически чистых видов энергии с высоким к.п.д., ее надежного хранения (например, экологичные аккумуляторы и батареи) и транспортировки (например, сверхпроводниковые линии электропередач или генерация водорода, который можно перевозить на большие расстояния в качестве нового экологически чистого топлива), разработка экологически чистого транспорта (например, самолеты с двигателями на электрической энергии или на водороде – с нулевыми выбросами).

1. Роль фундаментальных исследований для решения актуальных задач человечества



с) Стагфляция - невиданная ранее в истории ситуация, в которой экономический спад и депрессивное состояние экономики (стагнация и рост безработицы) сочетаются с ростом цен – инфляцией, возникла в конце 1960-х годов, воспроизводится в разных проявлениях, в последние два годаотягощенных пандемией COVID-19. Требуется фундаментальное понимание этих процессов и разработка эффективной экономической стратегии.

1. Роль фундаментальных исследований для решения актуальных задач человечества



d) Качественно новые принципы мониторинга, анализа и принятия решений, создаются в рамках триады взаимосвязанных фундаментальных исследований по созданию искусственного интеллекта, обработке больших массивов данных и квантовых вычислений. Р. Фейнман, пионер в области квантовых компьютеров, опубликовал в 1982 году статью под названием «Моделирование физики с помощью компьютеров», в которой указал, что для моделирования квантовых систем потребуется построить квантовые компьютеры.

2. Лейбниц-Институт твердого тела и материаловедения в Дрездене

Материалы для технологий завтрашнего дня

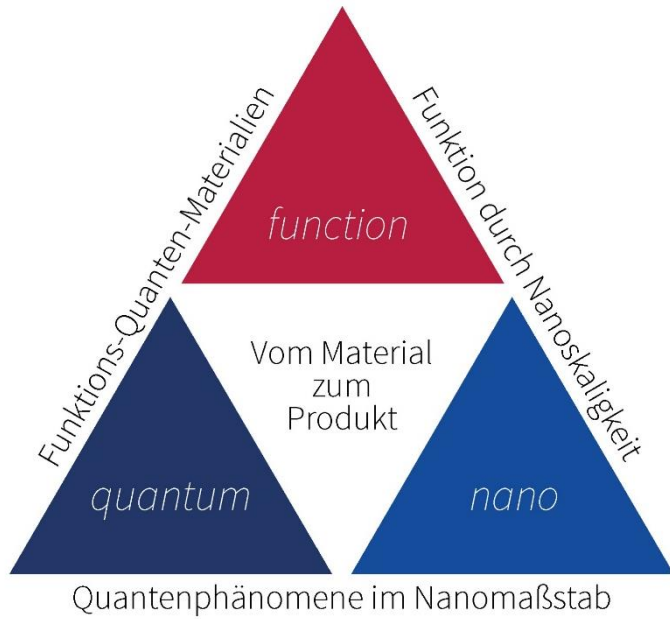
Институт объединяет поисковые исследования в области физики твердого тела, химии и материаловедения с технологическим развитием новых функций, материалов и компонентов

Сотрудники: около 500

- Институт исследований твердого тела
- Институт металлических материалов
- Институт комплексных материалов
- Институт интегративных нанонаук
- Институт теоретической физики твердого тела

<https://www.ifw-dresden.de/>

Структура исследований



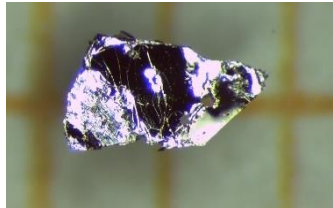
В институте исследуются явления и функции на уровне электронов, атомов, молекул и наноструктур.

Основные вопросы:

- Можно ли рассчитать, понять и в лучшем случае предсказать свойства материалов?
- Какая методология нужна, чтобы действительно понять материалы?
- Какие модификации должны быть сделаны, чтобы превратить материалы в компоненты устройств?

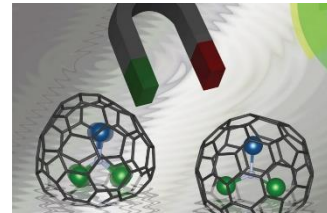
Направления исследований

Тема 1: Функциональные квантовые материалы



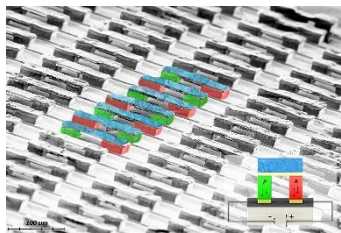
новые материалы, которые способны выполнять новые функции благодаря новым, нетрадиционным электронным свойствам, например, топологические изоляторы и топологические сверхпроводники

Тема 3: Квантовые явления на наноуровне



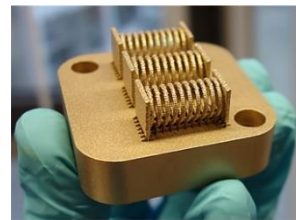
манипуляции с квантовыми материалами, новые концепции электронных, фононных и фотонных компонентов

Тема 2: Функция через наномасштаб



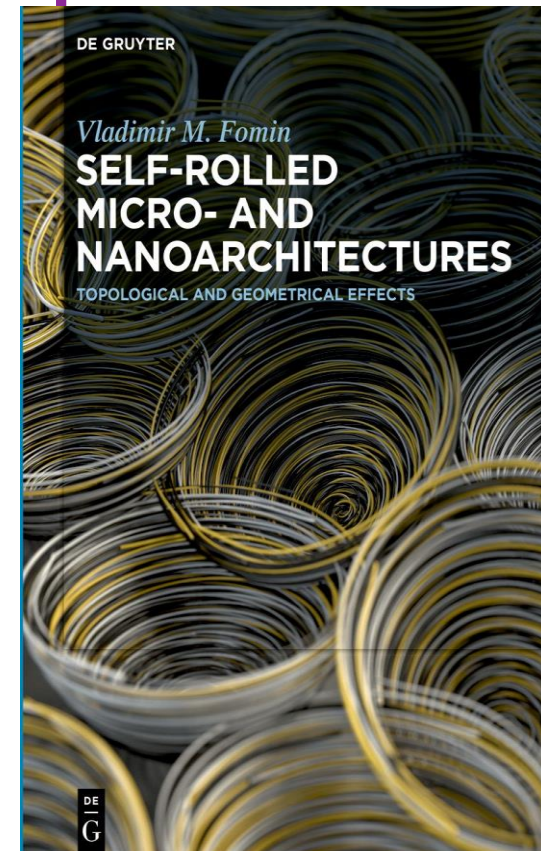
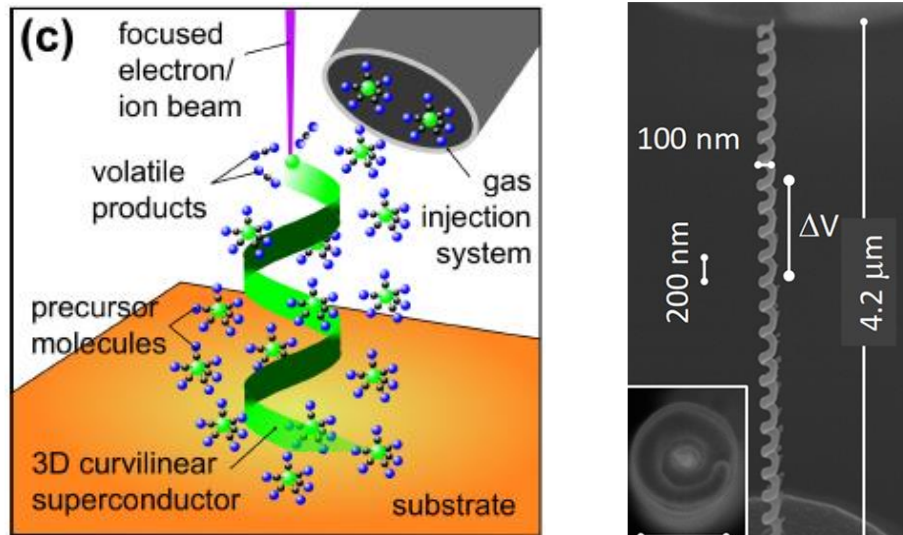
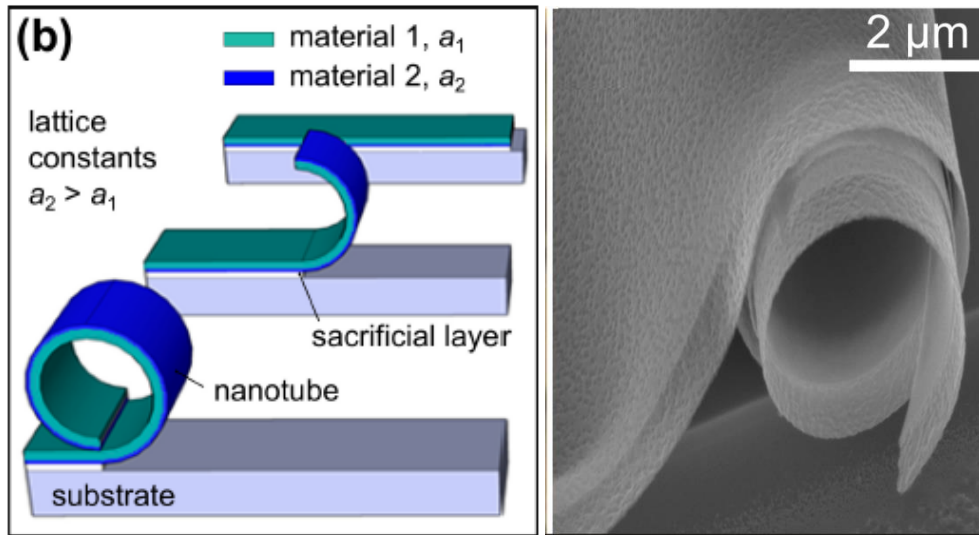
свойства и функции, возникающие в структурах на наноуровне: наномембраны, термоэлектрики, сплавы

Тема 4: От материала к продукту



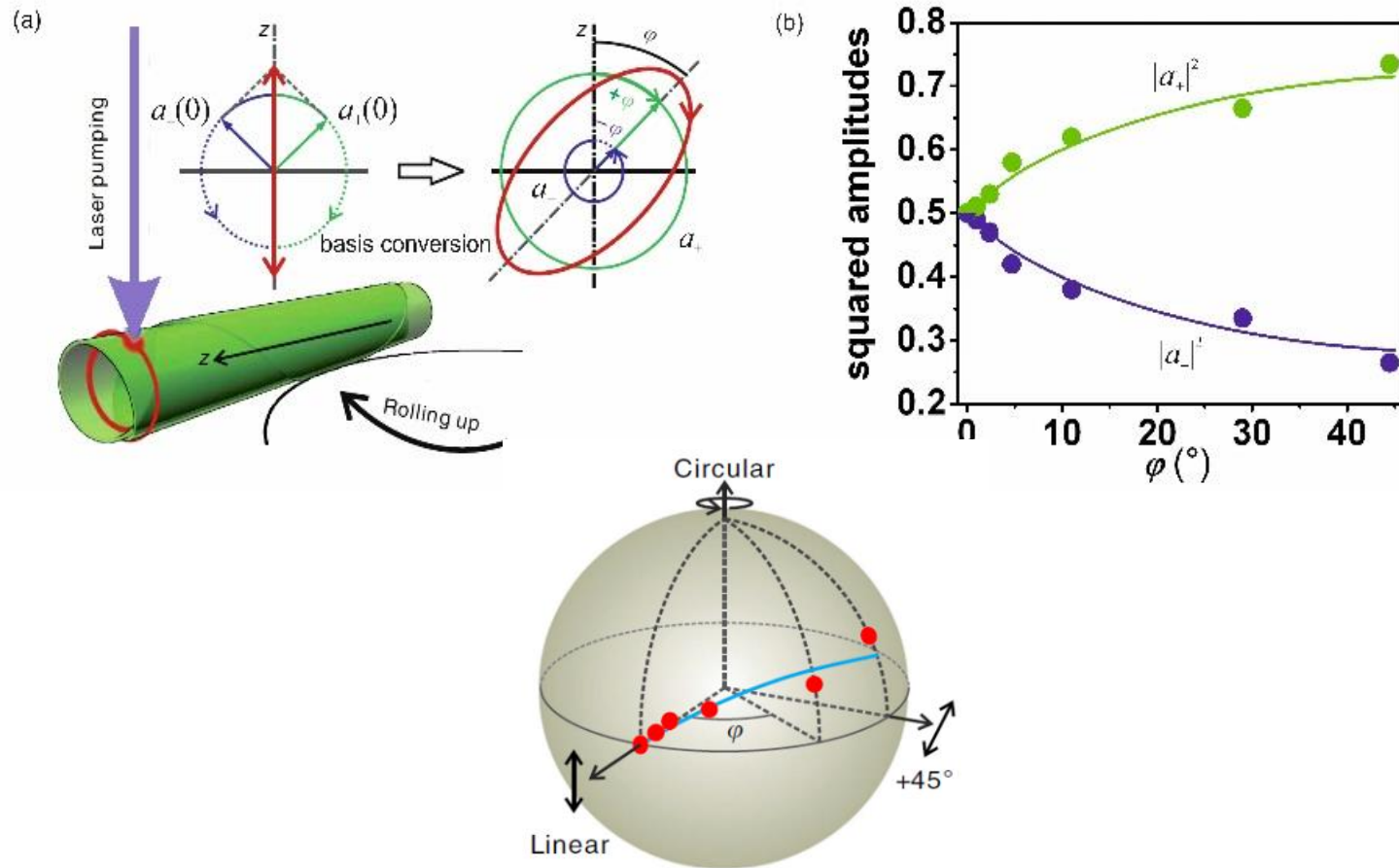
целевые прикладные исследования: поверхностные акустические волны, биомедицина, сверхпроводимость, гибкие магниты, хранение энергии...

3. Самоорганизованные наноархитектуры: новейшие технологии, необыкновенные свойства и перспективные применения



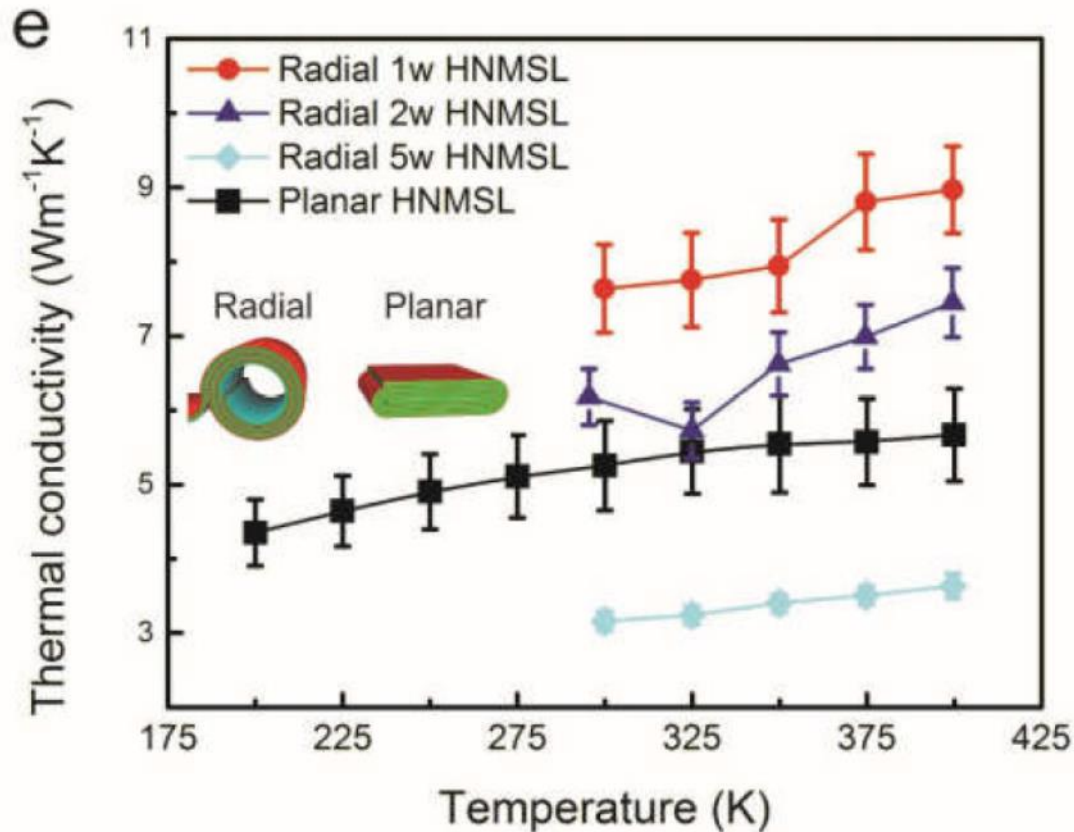
V. M. Fomin, *Self-rolled Micro- and Nanoarchitectures: Topological and Geometrical Effects*, De Gruyter, Berlin-Boston, 2021.

Оптическая спин-орбитальная связь в асимметричных самосвернутых резонаторах



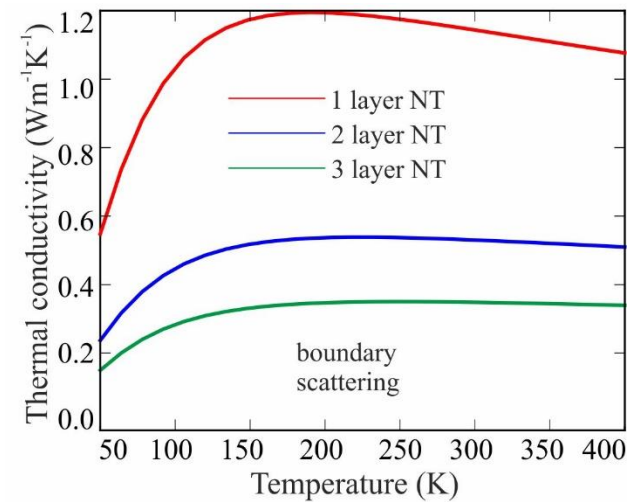
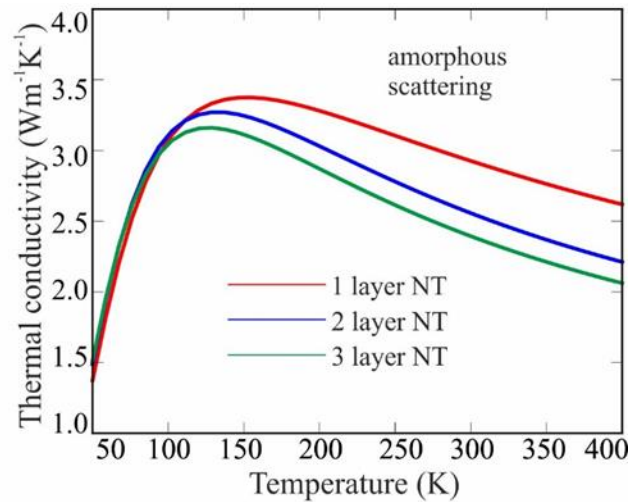
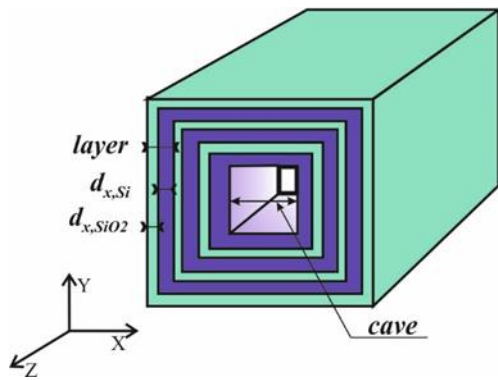
L. B. Ma, S. L. Li, V. M. Fomin, M. Hentschel, J. B. Götte, Y. Yin, M. R. Jorgensen, O. G. Schmidt, Nature Communications 7, 10983 (2016).

Теплопроводность радиальных и планарных гибридных наномембранных сверхрешеток Si/SiO_x



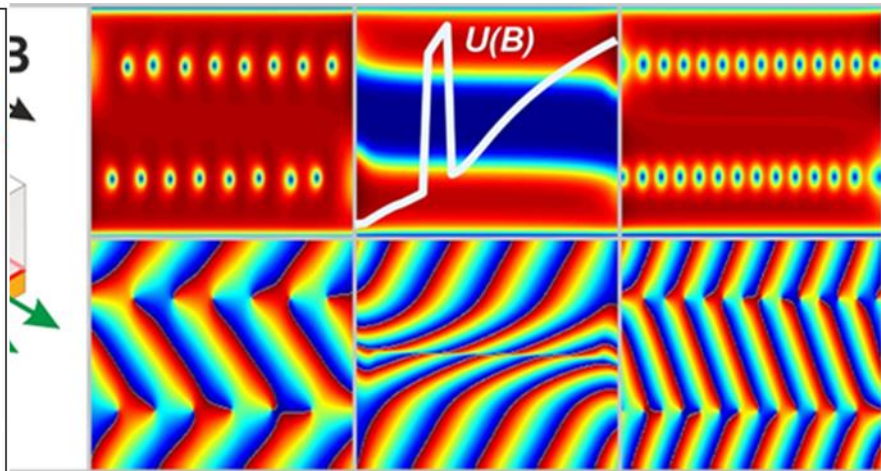
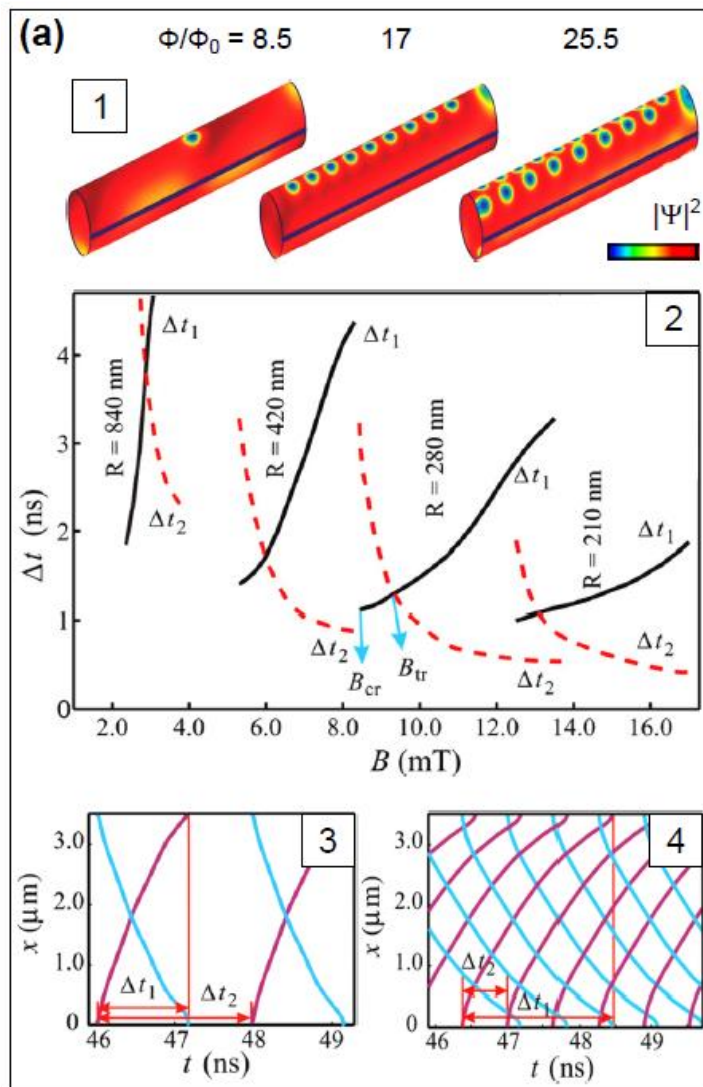
G. Li, M. Yarali, A. Cocemasov, S. Baunack, D. L. Nika, V. M. Fomin, S. Singh, T. Gemming, F. Zhu, A. Mavrokefalos, O. G. Schmidt, ACS Nano 11, 8215 (2017).

Атомистический анализ фононов в многослойных нанотрубках



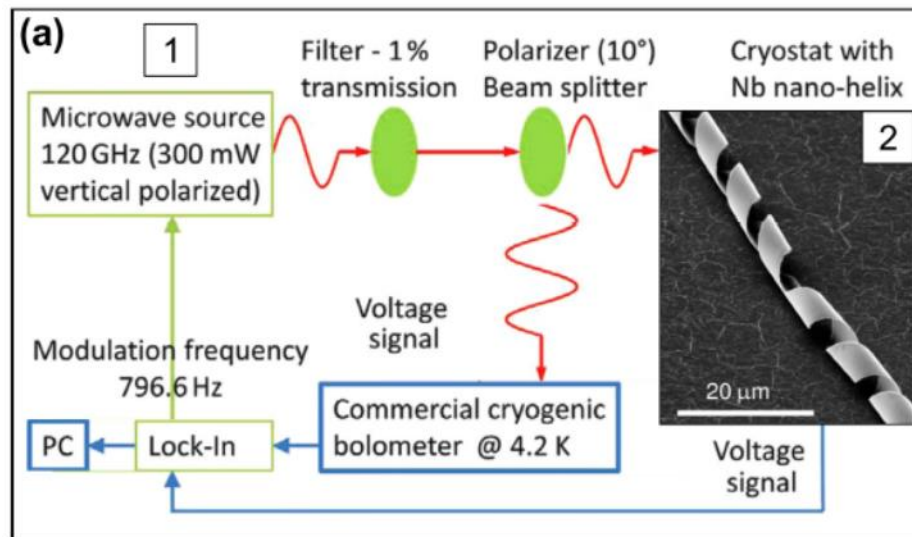
C. Isacova, A. Cocemasov, D. Nika, V. M. Fomin, Applied Sciences 11, 3419 (2021).

Направления в развитии следующего поколения сверхпроводящих устройств



Можно разработать новые элементы для квантовой обработки информации и квантовых компьютеров, например, самоорганизованные массивы Джозефсоновских контактов, параметрические усилители, элементы памяти, сверхпроводниковые кубиты и генераторы частот, основанные на устойчивых двойных флюксонных линиях передачи в открытых нанотрубках.

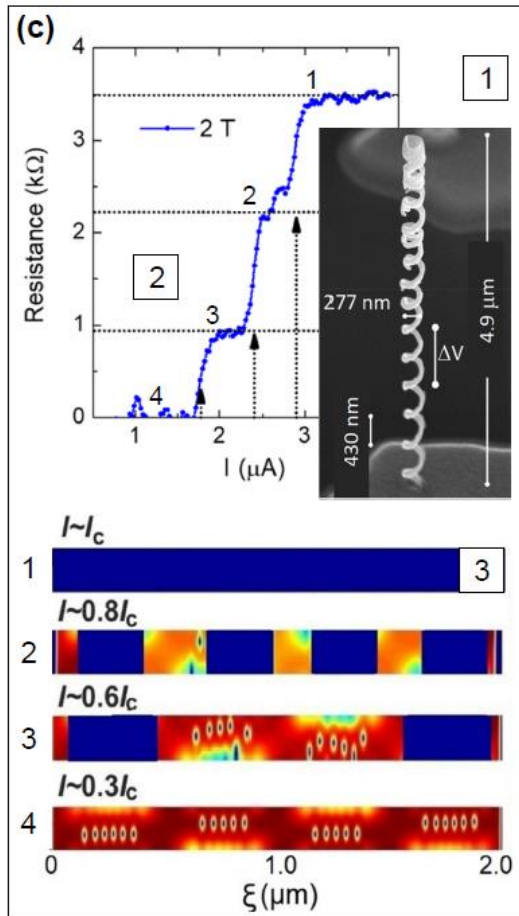
3D Nb сверхпроводящие микроархитектуры



Можно разработать устойчивые сверхпроводящие наноструктурированные болометры и ТГц-детекторы, обладающие значительно улучшенной чувствительностью и уменьшенным шумом по сравнению с имеющимися. Эквивалентная мощность шума понижена на 4 порядка по сравнению с рыночными болометрами!

S. Lösch, A. Alfonsov, O. V. Dobrovolskiy, R. Keil, V. Engemaier, S. Baunack, G. Li, O.G. Schmidt, D. Bürger, ACS Nano, 13, 2948 (2019).

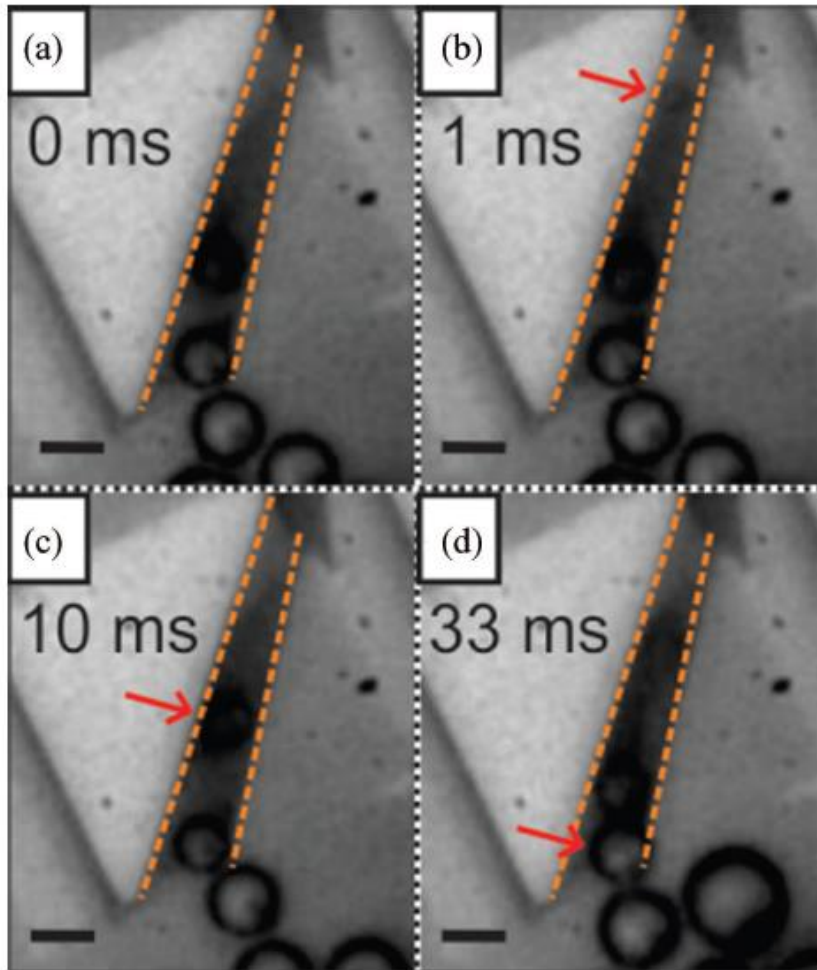
3D сверхпроводящие наноспирали из карбида вольфрама



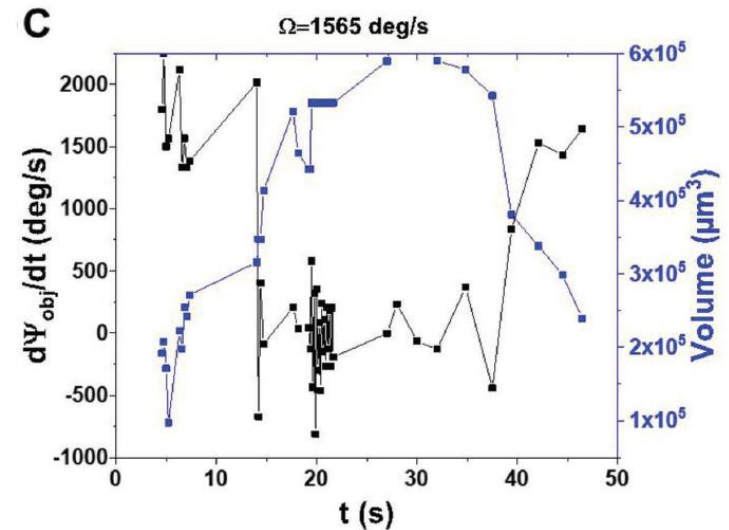
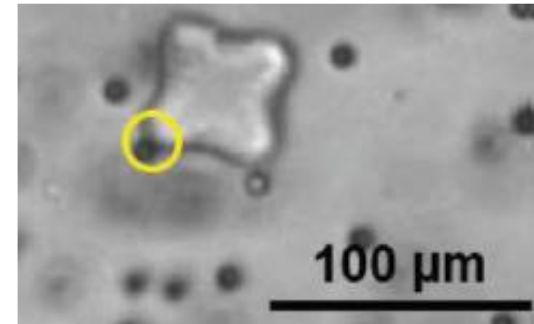
Можно повысить на порядки величины чувствительность сверхпроводниковых наносенсоров магнитного поля и разработать инновационные сверхпроводниковые фильтры с квантовой интерференцией и переключатели.

R. Córdoba, D. Mailly, R. O. Rezaev, E. I. Smirnova, O. G. Schmidt, V. M. Fomin, U. Zeitler, I. Guillamón, H. Suderow, J. M. De Teresa, Nano Letters 19, 8597 (2019).

Плавающие самодвижущиеся микророботы



Poly(N-isopropylacrylamide)-AB
Магнитное покрытие 3 nm Ti
и 10 nm Fe

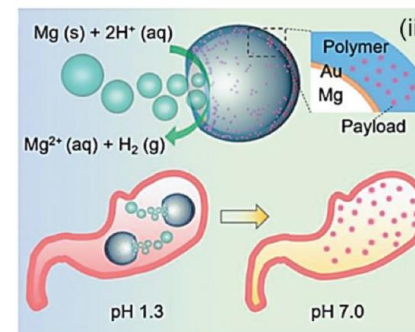
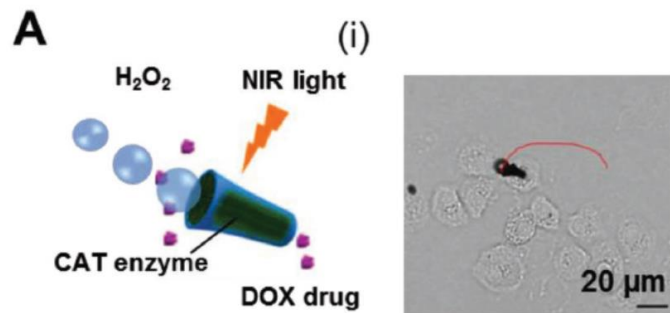


Плавающие самодвижущиеся микророботы: мягкие, реконфигурируемые и «умные»

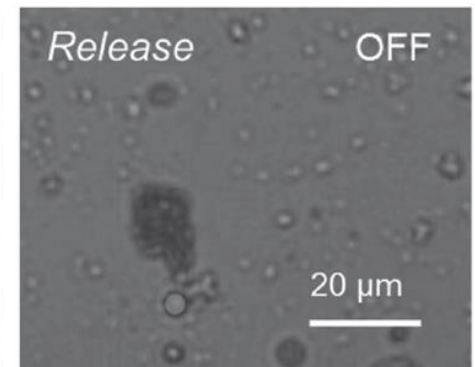
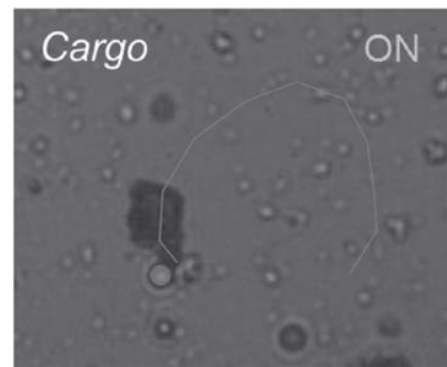
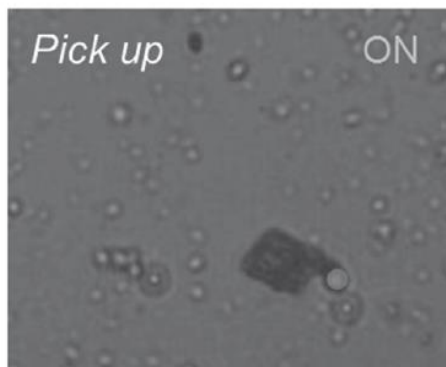
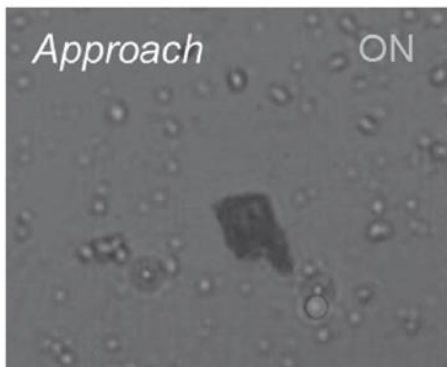
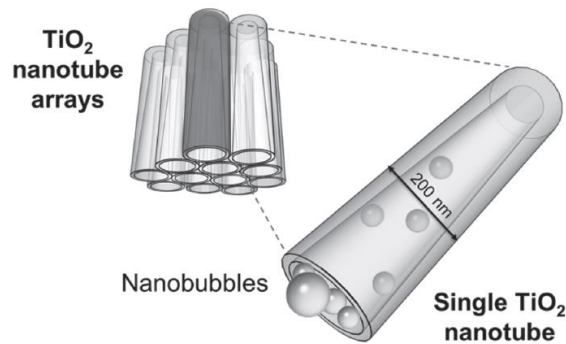
Используя материалы со свойствами, аналогичными свойствам клеток и микроорганизмов, были разработаны мягкие и «умные» микророботы с повышенной адаптивностью и гибкостью для приложений *in vivo*:

- неинвазивная микрохирургия;
- диагностика и терапия в сложных условиях.

Они способны выполнять такие функции, как: захват, биопсия, удаление небольших опухолей, доставка молекул, клеток или стимуляторов контролируемым образом, сводя к минимуму повреждения окружающих тканей.



Светоиндуцированное движение микромоторов на основе микроматриц нанотрубок TiO_2



M. Enachi, M. Guix, V. Postolache, V. Ciobanu, V. M. Fomin, O. G. Schmidt, I. Tiginyanu, *Small* 12, 5497-5505 (2016).



Платформа АН Республики Молдова "Фундаментальные науки для устойчивого развития общества" направлена на реализацию целей и задач Международного года:

<https://asm.md/stiintele-fundamentale-pentru-dezvoltarea-durabila-societatii>

Спасибо за внимание