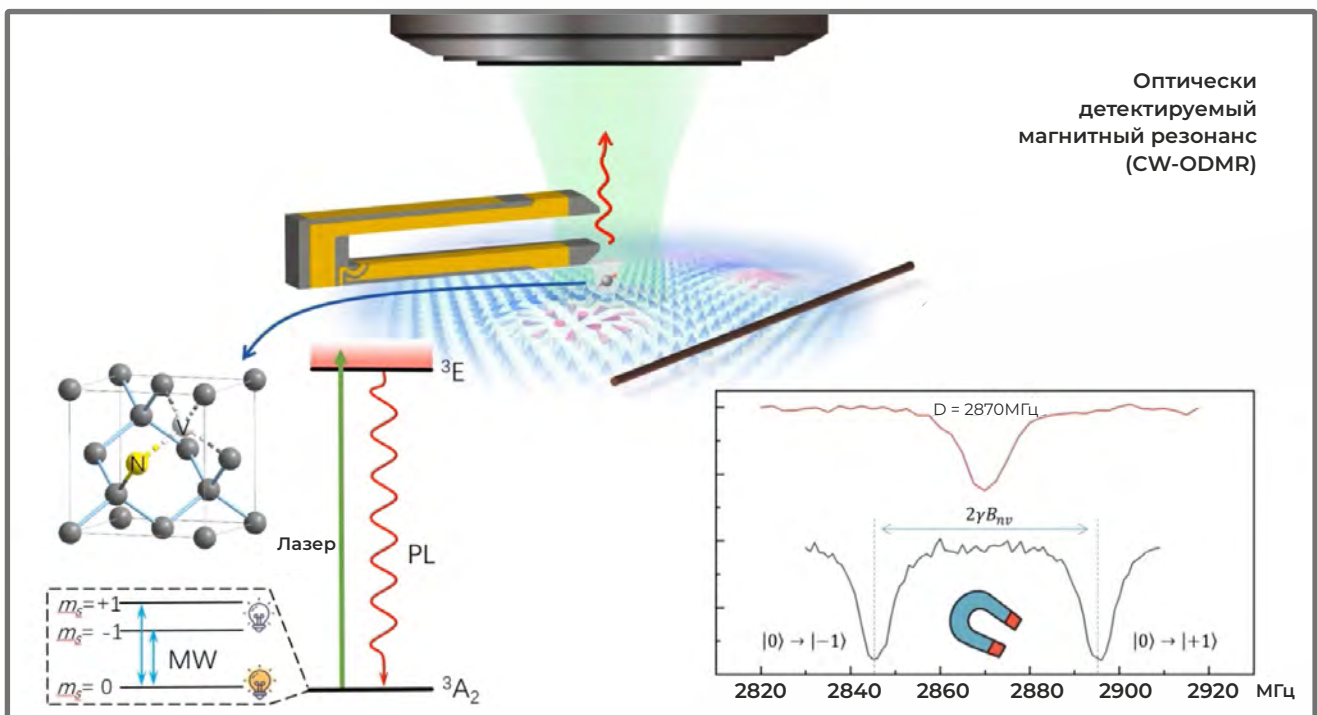


## КВАНТОВЫЙ NV-МАГНИТОМЕТР НА БАЗЕ АТОМНО-СИЛОВОГО МИКРОСКОПА



Квантовый NV-магнитометр на базе АСМ (QNVN) представляет собой прибор для получения магнитных изображений. Этот прибор совмещает в себе две технологии: магнитометрия с использованием NV-центров в алмазе (точечный дефект алмаза, представляющий собой атом азота и вакансию в соседнем узле кристаллической решетки) сканирование изображений методом АСМ. Благодаря наличию спин-зависимой флуоресценции в алмазном зонде магнитные свойства образцов измеряются не только качественно, но и количественно, при этом не оказывая влияния на сам образец. Обладая нанометровым пространственным разрешением и сверхвысокой чувствительностью измерений магнитного поля, QNVN имеет огромный потенциал как в науке, для исследований в области физики магнетизма (биомагнетизм, диагностика магнитных структур), так и в технике.

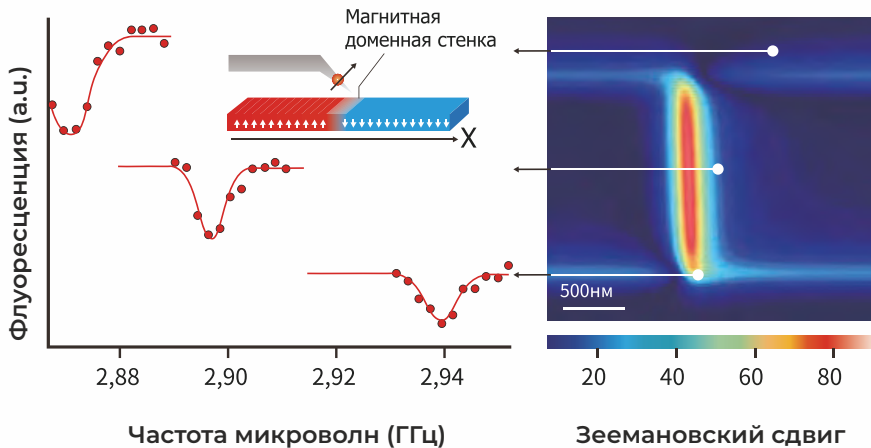
## Принцип работы



## Применение

Квантовый NV-магнитометр находит все более обширные возможности применения в материаловедении, биологии, медицине, физике и других областях магнитных явлений науки.

### ■ Наноразмерная магнитная визуализация



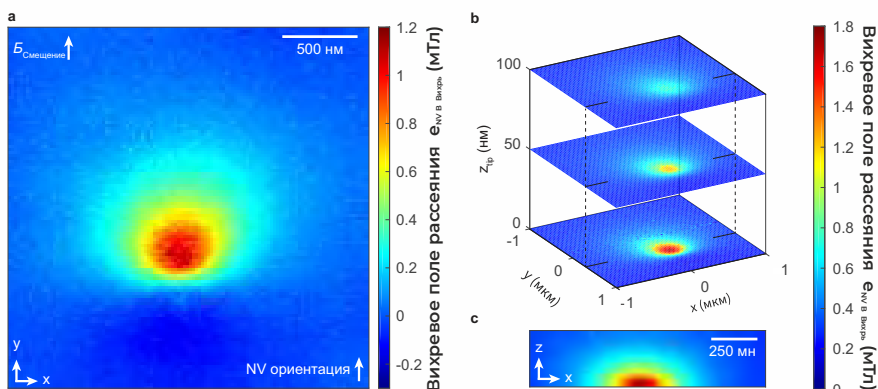
- определение структуры распределения спинов магнитных материалов. Эта информация является ключом к изучению и разработке новых магнитных устройств. Так, например, QNVM обеспечивает превосходную визуализацию доменной стенки с ультравысокой чувствительностью на наноуровне.

Магнитная визуализация доменной стенки Блоха

#### Reference:

Tetienne, J. P. et al. The nature of domain walls in ultrathin ferromagnets revealed by scanning nanomagnetometry. *Nature Communications* 6, 6733 (2015).

### ■ Визуализация сверхпроводникового вихря



Количественное картирование магнитного поля в одиночном вихре

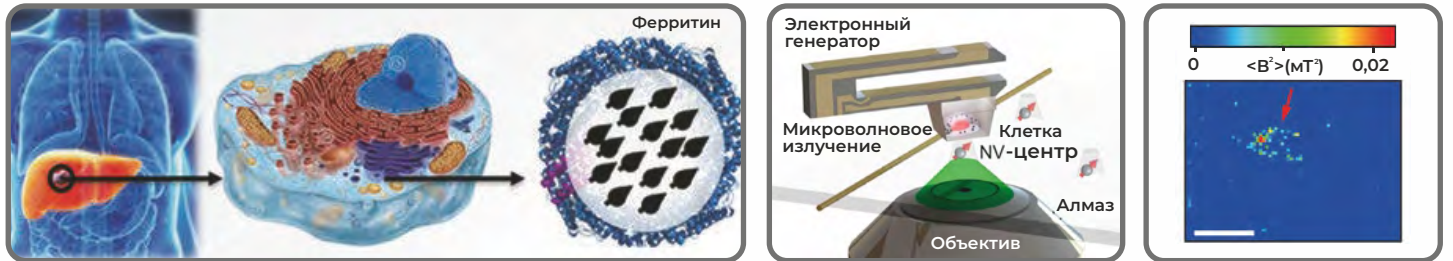
Микроскопические исследования сверхпроводниковых вихрей играют первостепенную роль в понимании механизмов, лежащих в основе сверхпроводимости. QNVM в криорежиме продемонстрировал возможность наблюдения одиночного вихря сверхпроводящего тока в сверхпроводнике по количественному измерению магнитного поля. Этот метод исследования может быть легко применен и к другим низкотемпературным объектам физики.

#### Reference:

Thiel, L. et al. Quantitative nanoscale vortex imaging using a cryogenic quantum magnetometer. *Nature Nanotechnology* 11, 677-681 (2016).

## Применение

### ■ Магнитное изображение одиночной клетки



In situ наноразмерная магнитная визуализация ферритинов в одиночной клетке

Схематический вид экспериментальной установки

Магнитное изображение  
Размер пикселя 43 нм

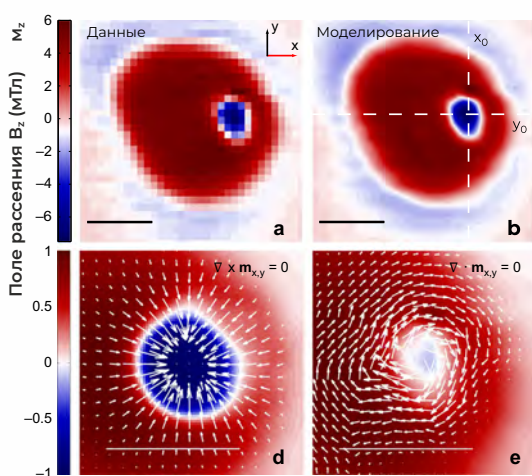
В биологии одной из сложных задач является измерение in situ биомолекул внутри одиночной клетки. Основным методом магнитной визуализации клетки - это метод магнитно-резонансной томографии (МРТ), который быстро и неинвазивно дает in vivo изображения спинов в клетке.

Метод МРТ практически не повреждает клетки, играет важную роль в патологических исследованиях, диагностике и лечении заболеваний. Однако имеет и недостатки. Так, разрешение традиционной МРТ превышает микроны, поэтому невозможно выполнить МРТ на молекулярном уровне в масштабе клетки. Преодолеть это ограничение можно с помощью QNVM, который позволяет, например, получать магнитные изображения ферритинов в единичной клетке с разрешением 10 нм.

#### Reference:

Wang, P. et al. Nanoscale magnetic imaging of ferritins in a single cell. Science advances 5, 8038 (2019).

### ■ Топологические магнитные структуры

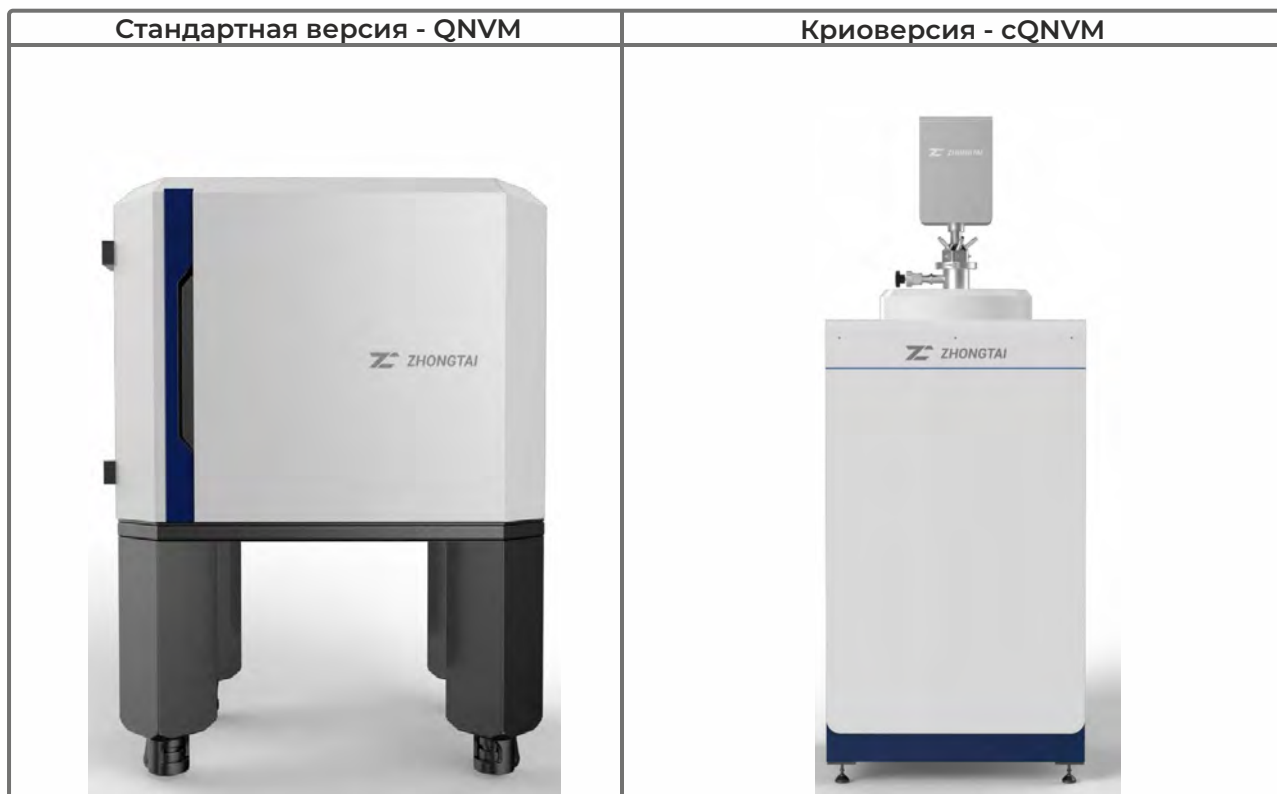


В проводящих электрический ток пленках толщиной несколько ангстрем, при воздействии магнитного поля образуются завихрения, называемые скирмионами. Исследование необычных физических свойств скирмиона позволит, как полагают ученые, создать устройства для хранения и передачи информации более эффективные, чем жесткие диски (устройства с высокой плотностью, низким энергопотреблением и тд). Вместе с тем, наблюдение единичного скирмиона при комнатной температуре является весьма непростой задачей. Непревзойденная чувствительность и разрешение QNVM позволили решить данную проблему. Удалось воссоздать локальную спиновую структуру скирмиона из измеренного поля рассеяния.

#### Reference:

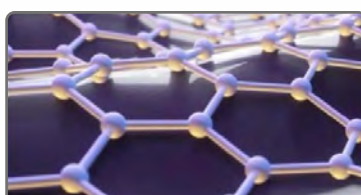
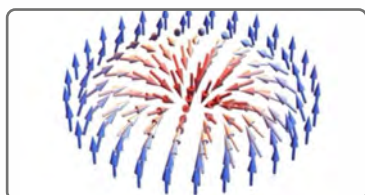
Dovzhenko, Y. et al. Magnetostatic twists in room-temperature skyrmions explored by nitrogen-vacancy Nature Communications 9, 2712 (2018).




## Характеристики



| Параметр  | QNVM                               | cQNVM  |
|---|------------------------------------|--|
| Рабочая температура                                   | 300 К                              | 2 К-300 К  |
| Чувствительность измерения магнитного поля            | $\leq 2$ мк Тл / Гц <sup>1/2</sup> | $< 5$ мк Тл / Гц <sup>1/2</sup>  |
| Пространственное разрешение по магнитному изображению | 20 - 30 нм                         |  |
| Диапазон микроволнового излучения                     | 0,7 - 4,0 ГГц                      |  |
| Детектор  | 300 К                              | 2 К-300 К  |
| Лазер   | $< 2$ мк Тл / Гц <sup>1/2</sup>    | $< 5$ мк Тл / Гц <sup>1/2</sup>  |
| Сверхпроводящий магнит                                |                                    | 1/1/1 T-LH, 3/1/1T-LH, 3/3/3 T-LH<br>1/1/1 T-HF, 3/1/1T-HF, 3/3/3 T-HF<br>9/1/1T-HF* |

\* LH - охлаждение жидким гелием, HF - Система возврата паров гелия (Helium Free System)



 Москва  
 Екатеринбург  
 Новосибирск

**+7 (800) 250-34-64**  
[www.element-msc.ru](http://www.element-msc.ru)  
[info@element-msc.ru](mailto:info@element-msc.ru)

