


**Образовательная программа  
Физика сверхпроводимости и  
квантовых материалов**

**На кафедре  
физики и технологии  
наноструктур:**

**руководитель:  
Чл.-кор. РАН В.М. Пудалов**

**Москва,  
Физический институт им П.Н.Лебедева РАН (ФИАН)**

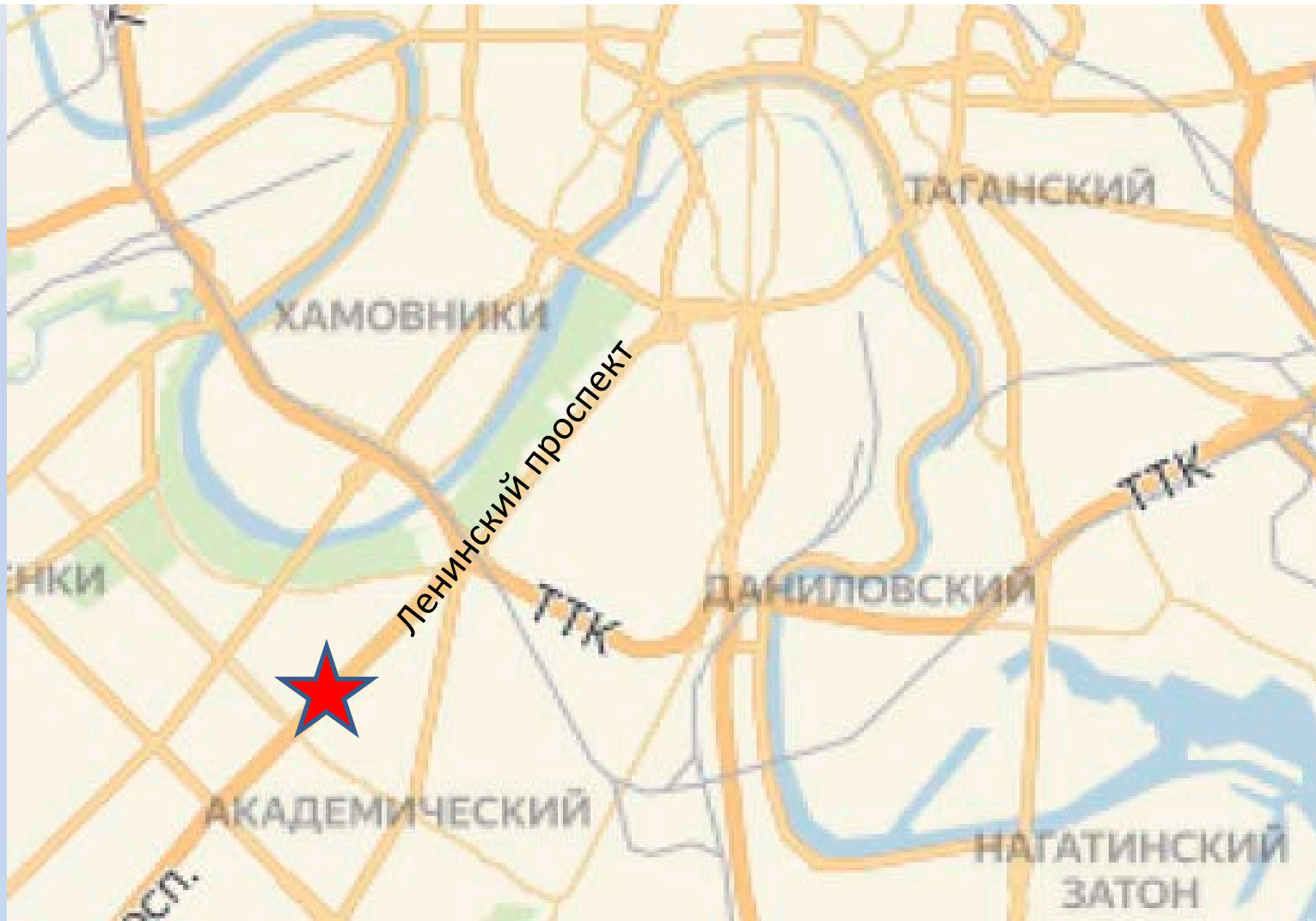


**Образовательная программа  
Физика сверхпроводимости и  
квантовых материалов**

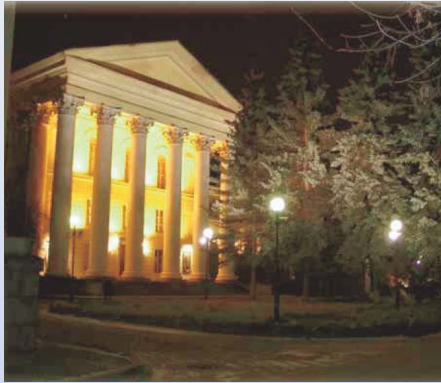
<https://gc.lebedev.ru/>

**Москва,  
Физический институт им П.Н.Лебедева РАН (ФИАН)**

**Где находится база: Москва, ФИАН**  
<https://www.lebedev.ru/>



# Где расположены Лаборатории: кампус ФИАН



## Центр высокотемпературной сверхпроводимости и квантовых материалов им. В.Л. Гинзбурга («Центр Гинзбурга»)

<https://gc.lebedev.ru/>

Зам. Рук. по образованию: Моргун Леонид Александрович  
[morgunla@lebedev.ru](mailto:morgunla@lebedev.ru)

тел: (499)132-6907, (499)132-6485

Зам. Рук. по науке: Кузьмичева Татьяна Евгеньевна  
[kuzmichevate@lebedev.ru](mailto:kuzmichevate@lebedev.ru)

## Преподаватели, лектора (обязательные курсы)

- **Пудалов В.М.**, член-кор. РАН, д.ф.-м.н.  
*Квантовая физика низкоразмерных систем*



- **Арсеев П.И.**, член-кор. РАН, д.ф.-м.н.  
*Диаграммная техника*



- **Каган М. Ю.**, член-кор. РАН, д.ф.-м.н.  
*Нетрадиционная сверхпроводимость*



## Преподаватели, лектора (обязательные курсы)

- Григорьев П.Д., д.ф.-м.н.

*Электронные свойства нормальных металлов*



- Заикин А. Д., д.ф.-м.н.

*Физические эффекты в сверхпроводящих наноструктурах*



- Рахманов А. Л., д.ф.-м.н.

*Топологические эффекты в современной физике твёрдого тела*



## Преподаватели, лектора (обязательные курсы)

- **Кунцевич А. Ю.**, к.ф.-м.н.

*Введение в симметрию кристаллов.*

*Семинар по научной литературе*



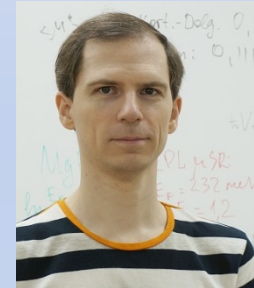
- **Семенов А.Г.**, к.ф.-м.н.

*Физика низкоразмерных сверхпроводников и сверхпроводниковых наноструктур*



- **Кузьмичев С. А.**, к.ф.-м.н.

*Введение в физику сверхпроводимости*



- **Кузьмичева Т. Е.**, к.ф.-м.н.

*Физика высокотемпературной сверхпроводимости. «Туннельные эффекты в сверхпроводниках»*



- **Усольцев А.С.**

*Практикум по автоматизации эксперимента*



## Преподаватели, лектора (вариативные курсы)

- **Кривобок В. С.**, к.ф.-м.н. *Введение в квантовую физику твердого тела*



- **Иоселевич А.С.**, проф., д.ф.-м.н. *Теория протекания и фракталы*

- **Гиппиус А.А.**, проф., д.ф.-м.н. *Низкотемпературный магнетизм*



- **Варлашкин А.В.**, к.ф.-м.н. *НИС "Технологии наноструктур"*

- **Прудкогляд В.А., Моргун Л.А.**, *Коллоквиум по экспериментальной физике*





# «Лаборатория синтеза новых материалов»

- Перваков К. С., Власенко В.А.

Синтез и рост кристаллов новых ВТСП и квантовых материалов



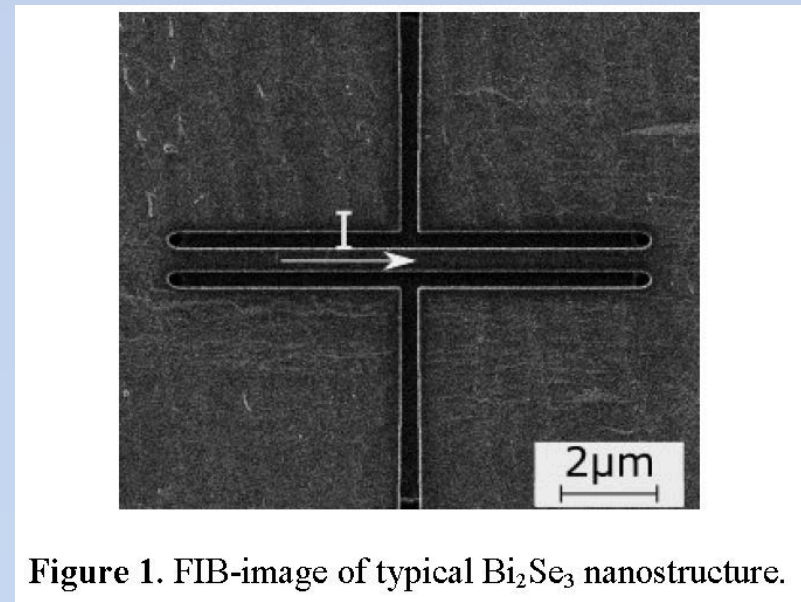
Характеризация кристаллов новых ВТСП и квантовых материалов



# Изготовление наноструктур

- Массалимов Б.И., Шуплецов А.В., Мартанов С.
- Седов Е.А., Борисов А.Э.

Изготовление наноструктур  
методами электронной литографии и  
фокусированного ионного пучка



# Изготовление наноструктур

- Варлашкин А.В., к.ф.-м.н., Массалимов Б.И., Седов Е.А.  
Борисов А.Э.

Методами оптической, электронной литографии и фокусированным ионным пучком

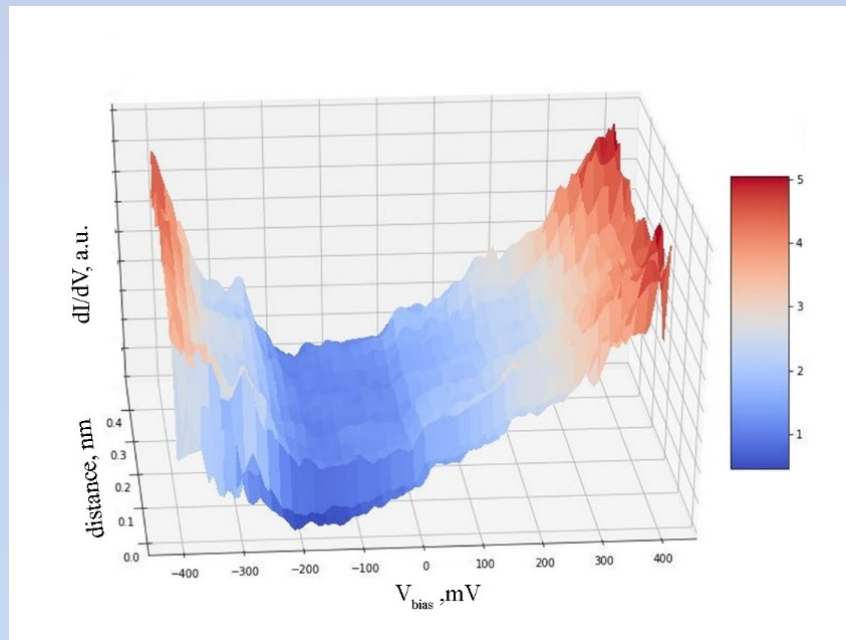


Панорама нескольких технологических установок в “чистой зоне” ISO-6

# Лаборатория низкотемпературной СТМ/СТС

- Пудалов В.М., д.ф.-м.н.; ч-к.РАН
- Усольцев А.С.

Сканирующая туннельная спектроскопия и микроскопия электронных состояний в сверхпроводниках, и квантовых материалах при сверхнизких температурах



Установка Unisoku USM-1300  
(0.3K, 15Тесла)



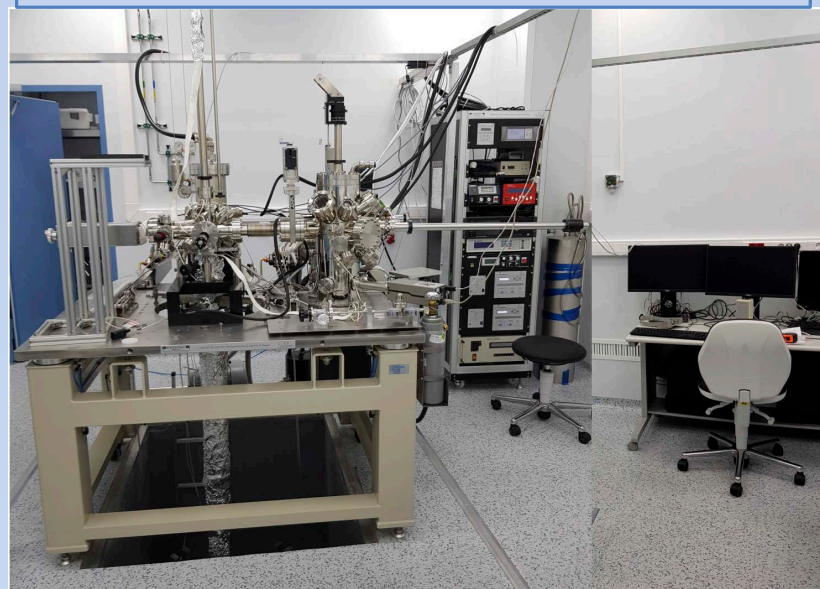
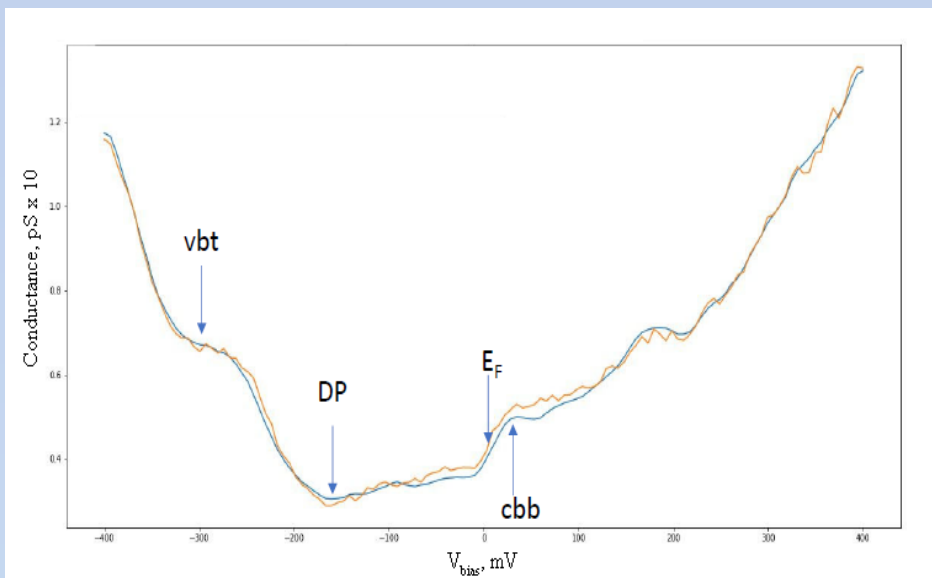
# Лаборатория низкотемпературной СТМ/СТС

- Пудалов В.М., д.ф.-м.н.; ч.-к.РАН
- Усольцев А.С.

Сканирующая туннельная спектроскопия и микроскопия электронных состояний в сверхпроводниках, и квантовых материалах при сверхнизких температурах



Установка Unisoku USM-1300  
(0.3K, 15Тесла)



# Лаборатория «Топологические изоляторы и ВдВ структуры»

- *Кунцевич А. Ю., к.ф.-м.н.*  
Сборка и исследование Ван-дер-Ваальсовских гетероструктур из топологических изоляторов и сверхпроводников



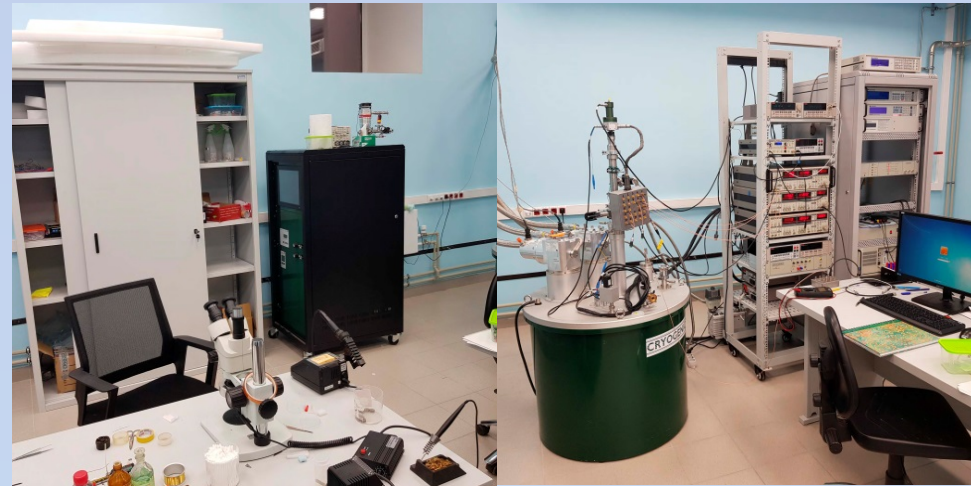
# Лаборатория высокотемпературной сверхпроводимости в супергидридах

- Садаков А.В. к.ф.-м.н.
- Соболевский О.А. к.ф.-м.н.



Исследования материалов и наноструктур в сильных полях и при МБ-давлениях

- ✓ намагниченность,
- ✓ магнитная восприимчивость,
- ✓ теплоемкость,
- ✓ критические поля,
- ✓ анизотропия крит. поля
- ✓ Анизотропия тензора магнитосопротивления

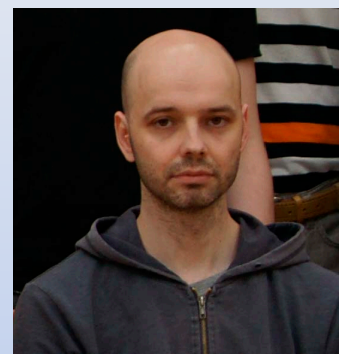


Установка CFMS-16

# «Сверхпроводимости при МБ давлениях»

- Садаков А.В., к.ф.-м.н.
- Соболевский О.А. к.ф.-м.н.

Исследования новых ВТСП-материалов и наноструктур в сильных полях (16Т)



## Superconductivity at 253 K in lanthanum-yttrium ternary hydrides

Dmitrii V. Semenov,<sup>1,\*</sup> Ivan A. Troyan,<sup>2,&</sup> Alexander G. Kvashnin,<sup>1,&\*</sup> Michael Hanfland,<sup>3</sup> Andrey V. Sadakov,<sup>4</sup>  
Oleg A. Sobolevskiy,<sup>4</sup> Kirill Pervakov,<sup>4</sup> Vladimir M. Pudalov, Denis Karimov,<sup>2</sup> Alexander Vasiliev,<sup>2,5</sup>  
Anna G. Ivanova,<sup>2</sup> Alexander G. Gavriiliuk,<sup>2,6</sup> Igor S. Lyubutin,<sup>2</sup> Ryosuke Akashi,<sup>7</sup> and Artem R. Oganov<sup>1,8,9,\*</sup>

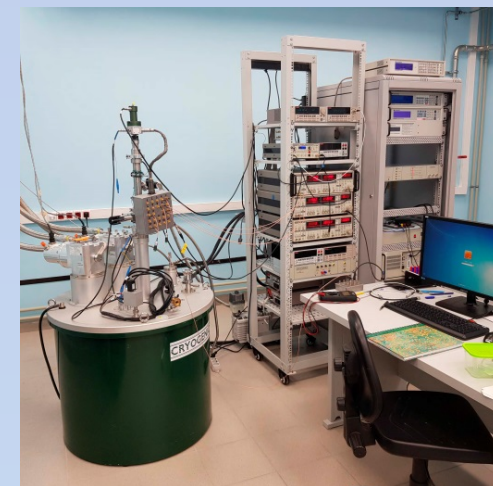
## Anomalous high-temperature superconductivity in YH<sub>6</sub> @ 224K

Ivan A. Troyan,<sup>1,&</sup> Dmitrii V. Semenov,<sup>2,&\*</sup> Alexander G. Kvashnin,<sup>2,&\*</sup> Andrey V. Sadakov,<sup>3</sup>  
Oleg A. Sobolevskiy,<sup>3</sup> Vladimir M. Pudalov,<sup>3</sup> Anna G. Ivanova,<sup>1</sup> Vitali B. Prakapenka,<sup>4</sup> Eran Greenberg,<sup>4</sup>



## Superconductivity at 161 K in thorium hydride ThH<sub>10</sub>: Synthesis and properties

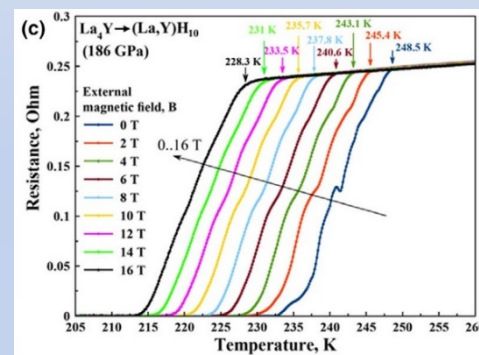
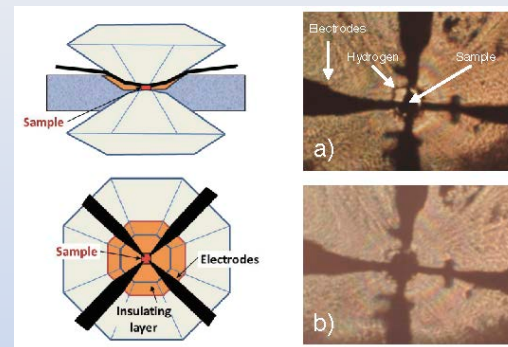
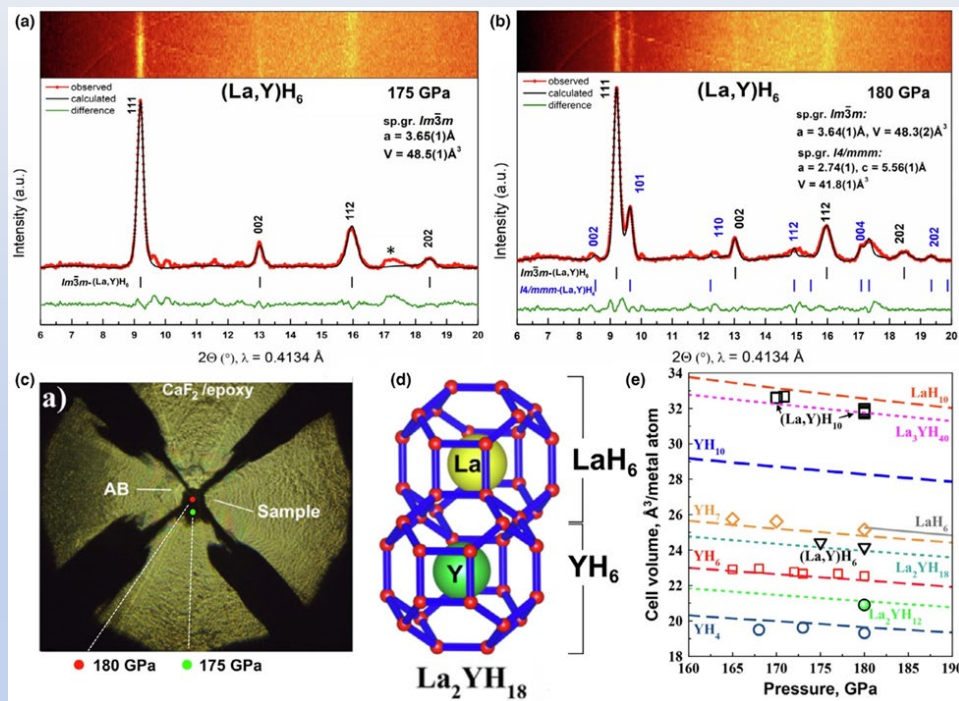
Dmitry V. Semenov<sup>1,\*†</sup>, Alexander G. Kvashnin<sup>1,2,†</sup>, Anna G. Ivanova<sup>3</sup>,  
Volodymyr Svitlyk<sup>4</sup>, Vyacheslav Yu. Fominski<sup>5</sup>, Andrey V. Sadakov<sup>6</sup>,  
Oleg A. Sobolevskiy<sup>6</sup>, Vladimir M. Pudalov<sup>6</sup>, Ivan A. Troyan<sup>3</sup>, Artem R. Oganov<sup>1,2,7,\*</sup>



Установка CFMS-16



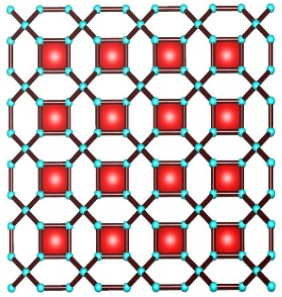
# Высокотемпературная сверхпроводимость в гидридах



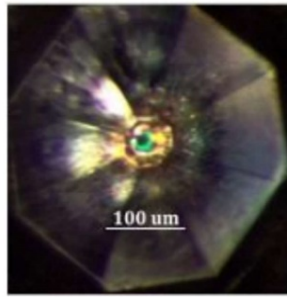
Обнаружена сверхпроводимость в  $LaYH_{10}$  с критической температурой  $-20$  градусов С ( $P > 1 \text{ Mb}$ ). Данный результат не только является мировым рекордом, но и доказывает возможность создания сверхпроводников для работы при температурах вблизи комнатной!

# Высокотемпературная сверхпроводимость в гидридах

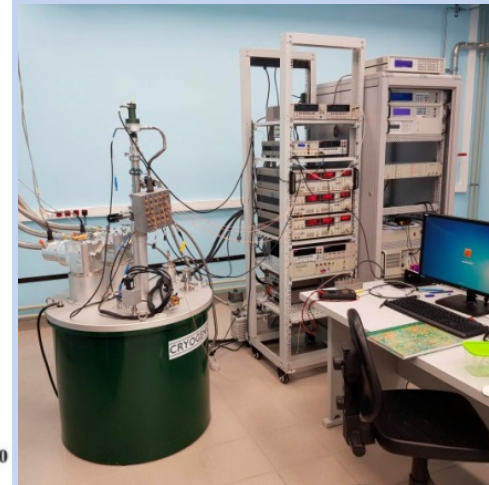
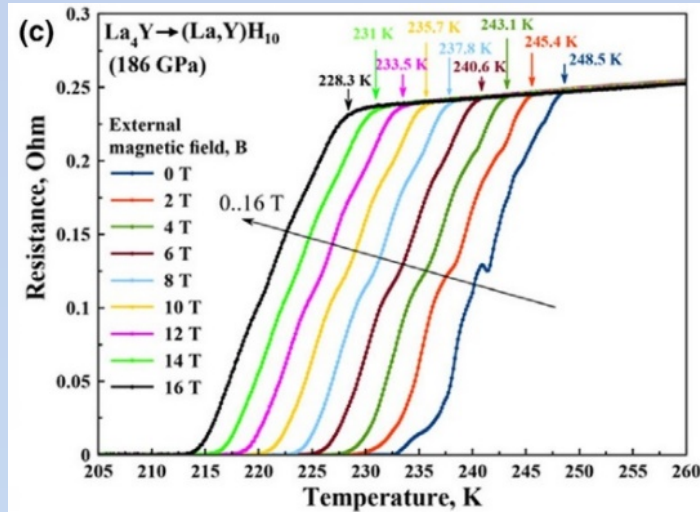
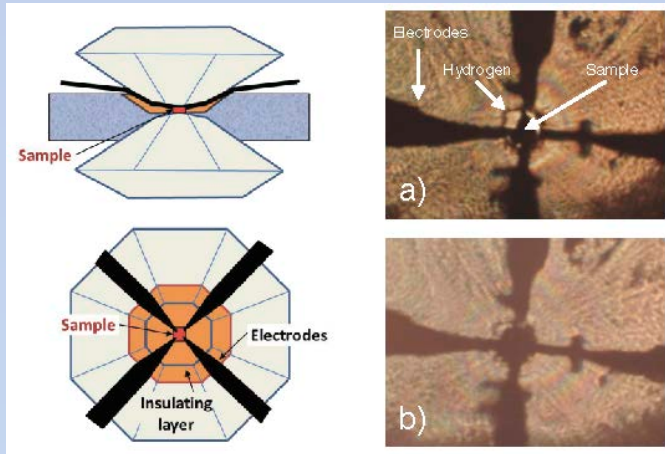
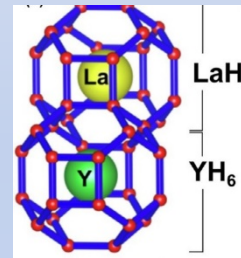
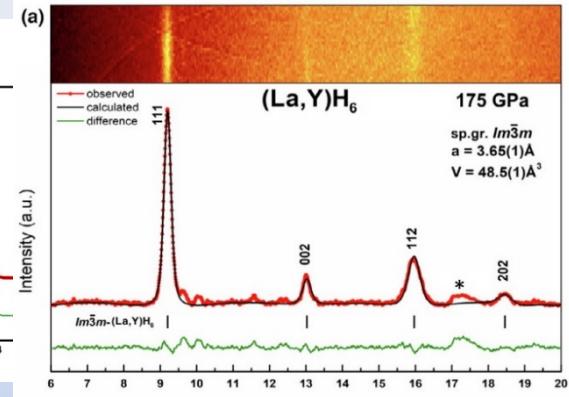
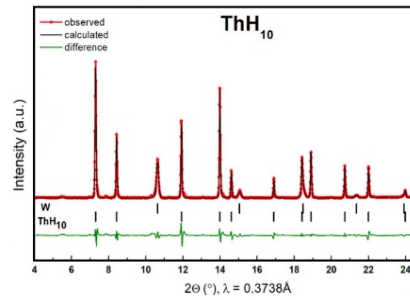
Computational prediction of new materials



Targeted experimental high-pressure synthesis



Experimental characterization of new materials



# Лаборатория «Высоких давлений/сверхсильных полей»

- Прудкогляд В.А., к.ф.м.н.  
Физические свойства новых квантовых материалов и наноструктур в сверхсильных магнитных полях (**21Т**), при давлениях до **30кб** и при температурах до **300мК**:



- ✓ Квантовые ямы 2D топологических изоляторов,
- ✓ Квазиодномерные органические кристаллы,
- ✓ Низкоразмерные кристаллы с упорядочением заряда и спина



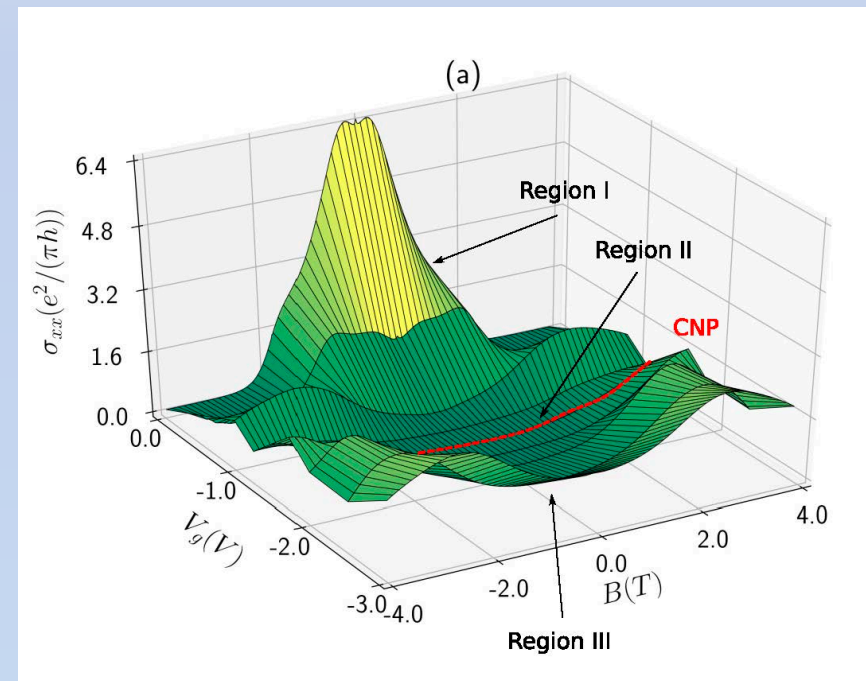
# Лаборатория «Высоких давлений/сверхсильных полей»

- Прудкогляд В. А.

Физические свойства новых материалов и наноструктур в сверхсильных магнитных полях (21Т) и при высоких давлениях (30кб):



- ✓ Квантовые ямы 2D топологических изоляторов,
- ✓ Квазиодномерные органические кристаллы,
- ✓ Низкоразмерные кристаллы с упорядочением заряда и спина



# «Криомагнитная Лаборатория»

- Цветков А.Ю., к.ф.-м.н.
- Гаврилкин С.Ю.

Установка PPMS-9:

Поля до 9Т, температура до 0.4К

*Термодинамика и транспорт в новых ВТСП материалах:*

- ✓ критическое поле и его анизотропия,
- ✓ электронная теплоемкость,
- ✓ намагниченность,
- ✓ восприимчивость
- ✓ измерения магнитных свойств малых образцов с помощью СКВИД-магнитометров



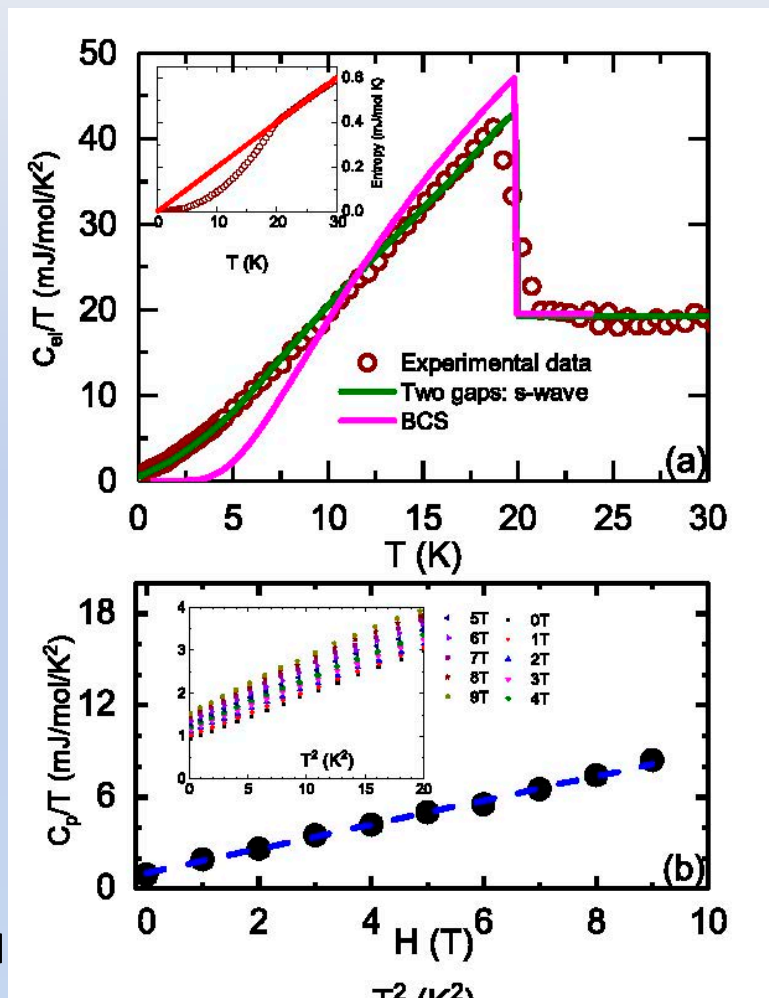
# «Криомагнитная Лаборатория»

- Цветков А.Ю., к.ф.-м.н.

- Гаврилкин С.Ю.

*Термодинамика и транспорт в новых ВТСП материалах:*

- ✓ критическое поле и его анизотропия,
- ✓ электронная теплоемкость,
- ✓ намагниченность,
- ✓ восприимчивость
- ✓ измерения магнитных свойств малых образцов с помощью СКВИД-магнитометров,
- ✓ анизотропия магнитопроводимости

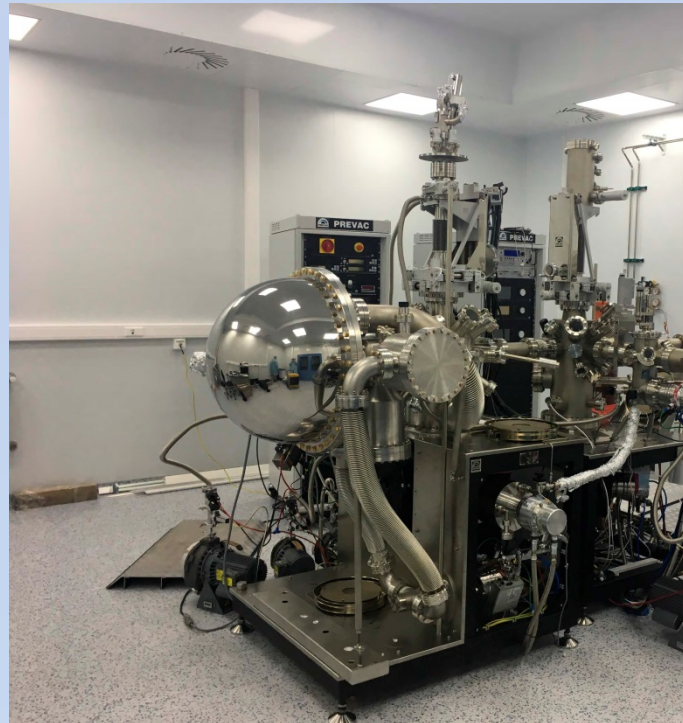


# Лаборатории фотоэлектронной спектроскопии с угловым разрешением «ARPES-Lab»

- Безотосный П. И., к.ф.-м.н.
- Дмитриева К.А. (аспирант)

Измерение энергетического спектра электронов методом фотоэлектронной спектроскопии с угловым разрешением (ARPES).

Установка  
Scienta R-4000  
 $T=5\text{K}$ ,  $h\nu=21, 42\text{eV}$



# Лаборатории фотоэлектронной спектроскопии с угловым разрешением «ARPES-Lab»

- Безотосный П. И., к.ф.-м.н.
- Дмитриева К.А. (аспирант)

Определение энергетического спектра электронов методом фотоэлектронной спектроскопии с угловым разрешением (ARPES).

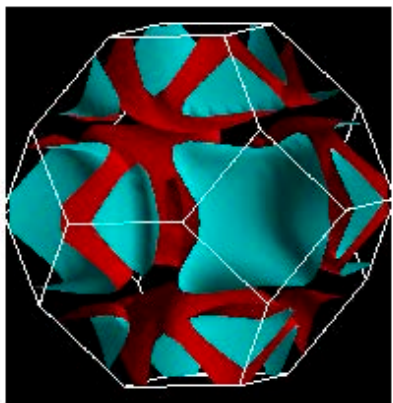
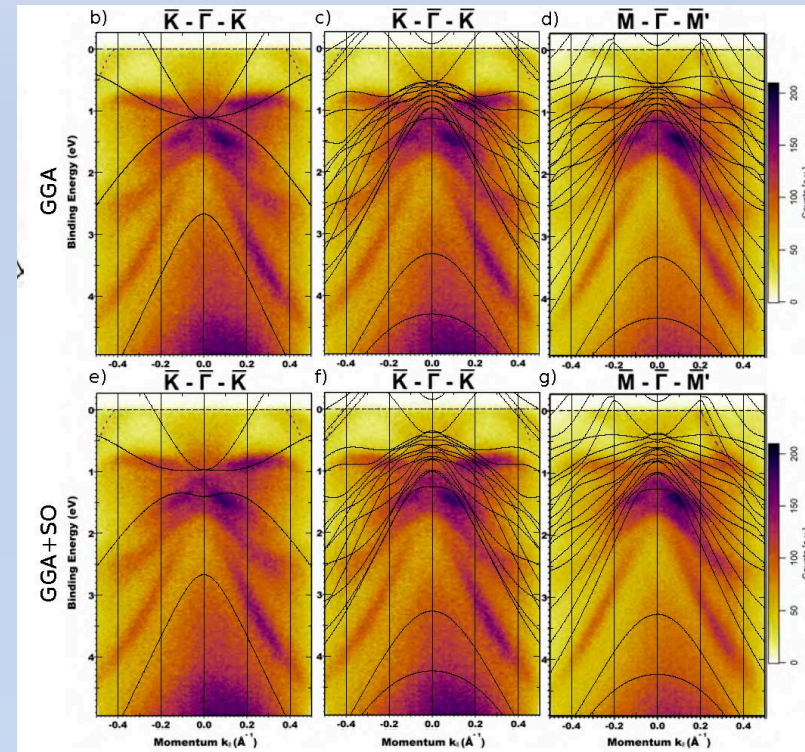
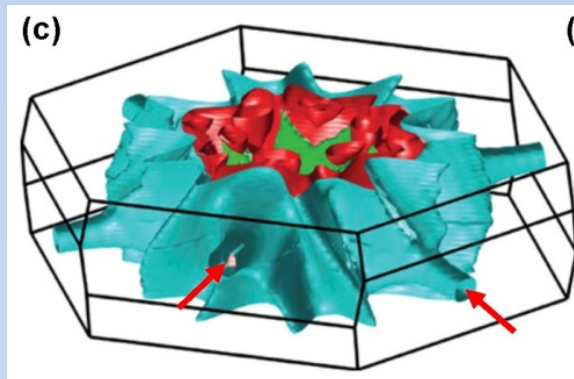


Figure 4. SnAs DFT/GGA calculated Fermi surface.

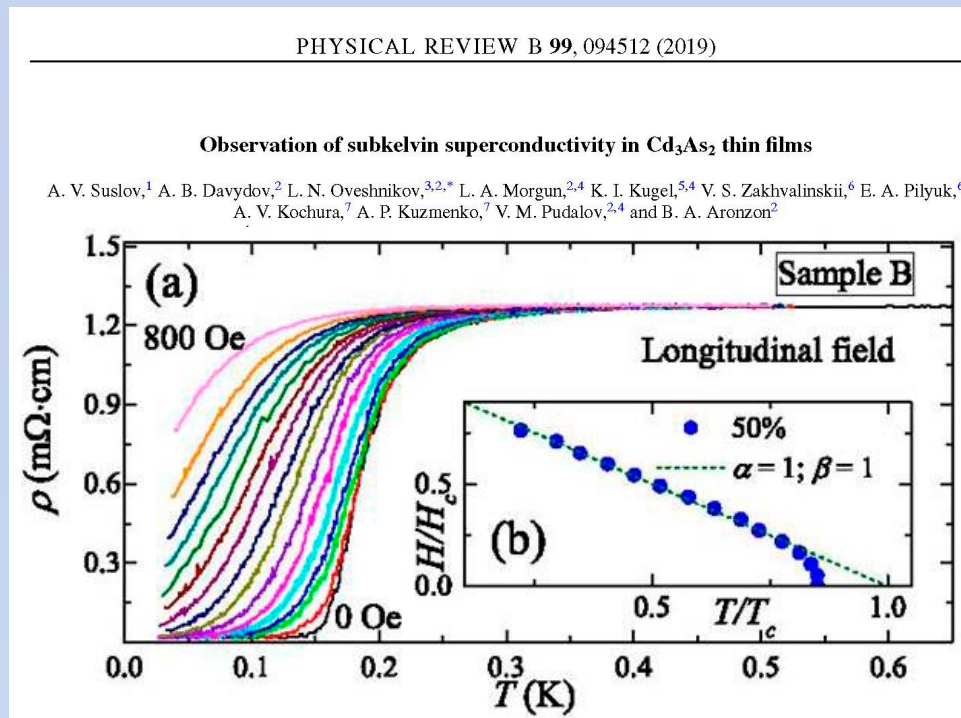


Изоэнергетические поверхности Ферми SnAs, Sn4As3 и зонная структура SnAs



# «Лаборатория сверхнизких температур и СВЧ наноструктур»

- Моргун Л.А., Борисов А. Э.  
Свойства квантовых материалов, сверхпроводников и наноструктур при сверхнизких температурах



Установка BF-250LD  
(температура 10мК)

# «Лаборатория сверхнизких температур и СВЧ наноструктур»

- Моргун Л. А.
- Борисов А.

Свойства квантовых материалов, сверхпроводников и наноструктур при сверхнизких температурах (10мК)



PHYSICAL REVIEW B 99, 094512 (2019)

## Observation of subkelvin superconductivity in Cd<sub>3</sub>As<sub>2</sub> thin films

A. V. Suslov,<sup>1</sup> A. B. Davydov,<sup>2</sup> L. N. Oveshnikov,<sup>3,2,\*</sup> L. A. Morgun,<sup>2,4</sup> K. I. Kugel,<sup>5,4</sup> V. S. Zakhvalinskii,<sup>6</sup> E. A. Pilyuk,<sup>6</sup> A. V. Kochura,<sup>7</sup> A. P. Kuzmenko,<sup>7</sup> V. M. Pudalov,<sup>2,4</sup> and B. A. Aronzon<sup>2</sup>

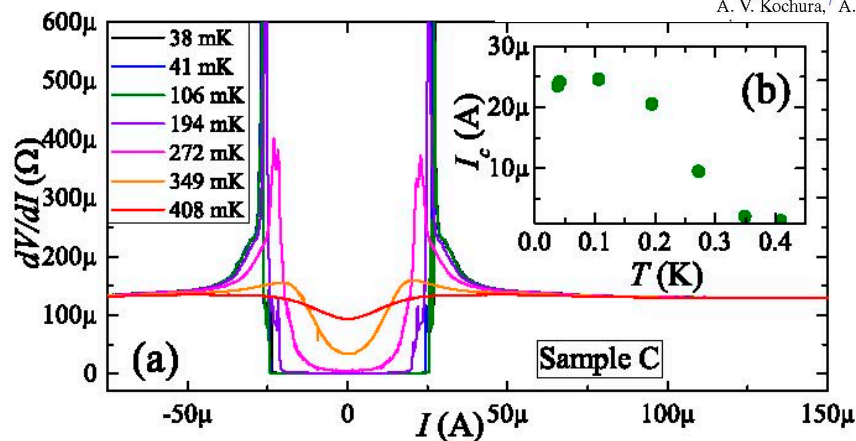


FIG. 4. (a) Differential resistance for sample C at various temperatures. (b) Corresponding temperature dependence of critical current  $I_c$ .

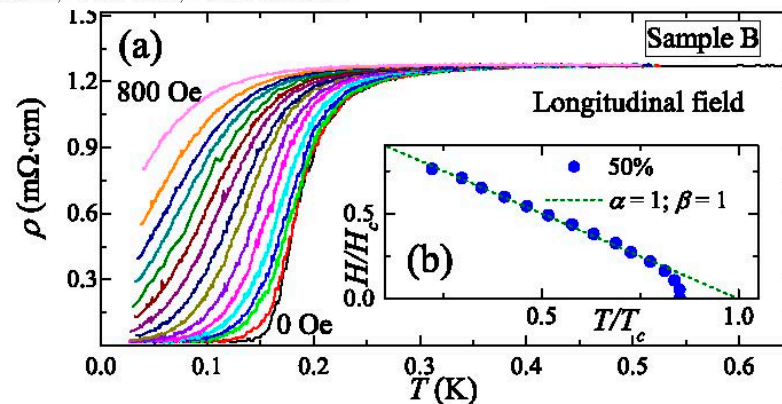
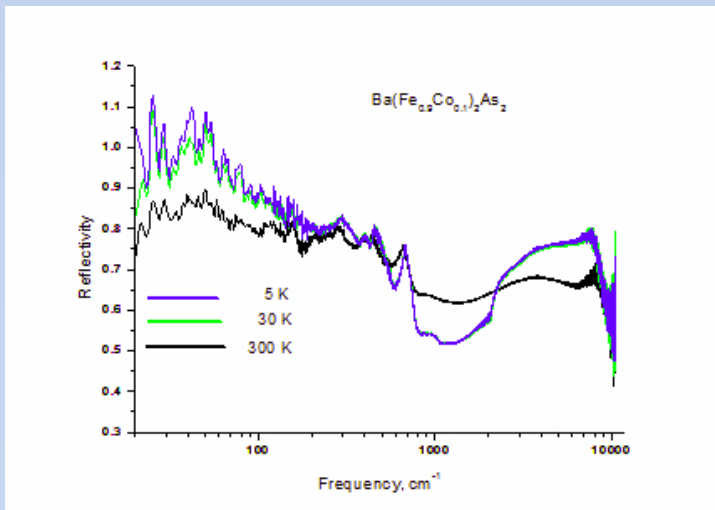


FIG. 3. (a) Temperature dependence of resistivity for sample B at various longitudinal magnetic fields. (b) Corresponding  $H_c$ - $T_c$  diagrams for the SC transition (midpoint). Fitting of experimental data by Eq. (1) is shown by the dashed line.

# Лаборатория ИК- и УФ- спектроскопии поверхности

- Алещенко Ю. А., д.ф.-м.н.
- Ковалева Н.В., к.ф.-м.н.
- Муратов А.В.

Спектроскопия  
сверхпроводников и  
квантовых материалов в  
диапазоне 190нм -1мм



# Лаборатория “андреевской” спектроскопии сверхпроводников

• Кузьмичева Т. Е., к.ф.-м.н.

• Кузьмичев С.А., к.ф.-м.н.

Андреевская спектроскопия

новых сверхпроводников: определение

структуры сверхпроводящего параметра порядка

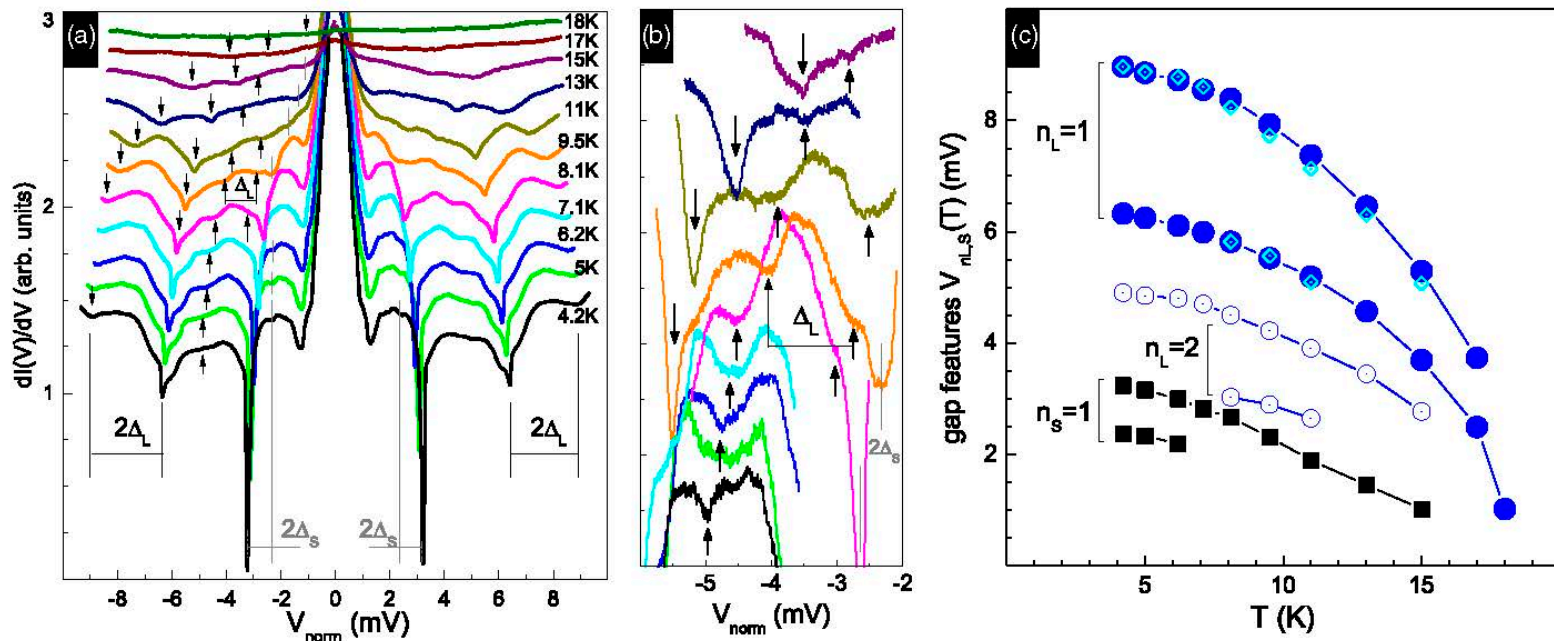
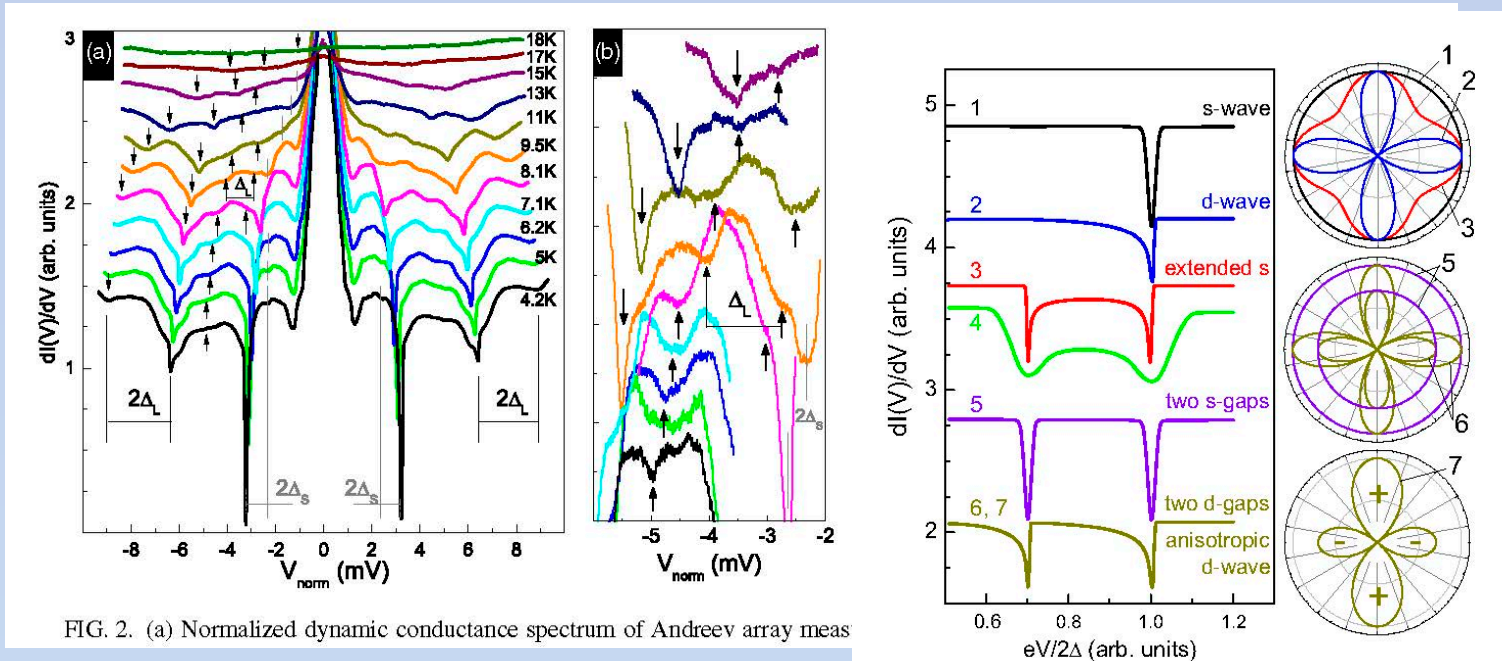


FIG. 2. (a) Normalized dynamic conductance spectrum of Andreev array measured at  $T = 4.2\text{--}18$  K. The  $dI(V)/dV$  curves are offset

# Лаборатория “андреевской” спектроскопии сверхпроводников

- Кузьмичева Т. Е., к.ф.-м.н.
- Кузьмичев С.А., к.ф.-м.н.

Андреевская спектроскопия высокотемпературных сверхпроводников:  
✓ определение структуры сверхпроводящего параметра порядка и типа симметрии

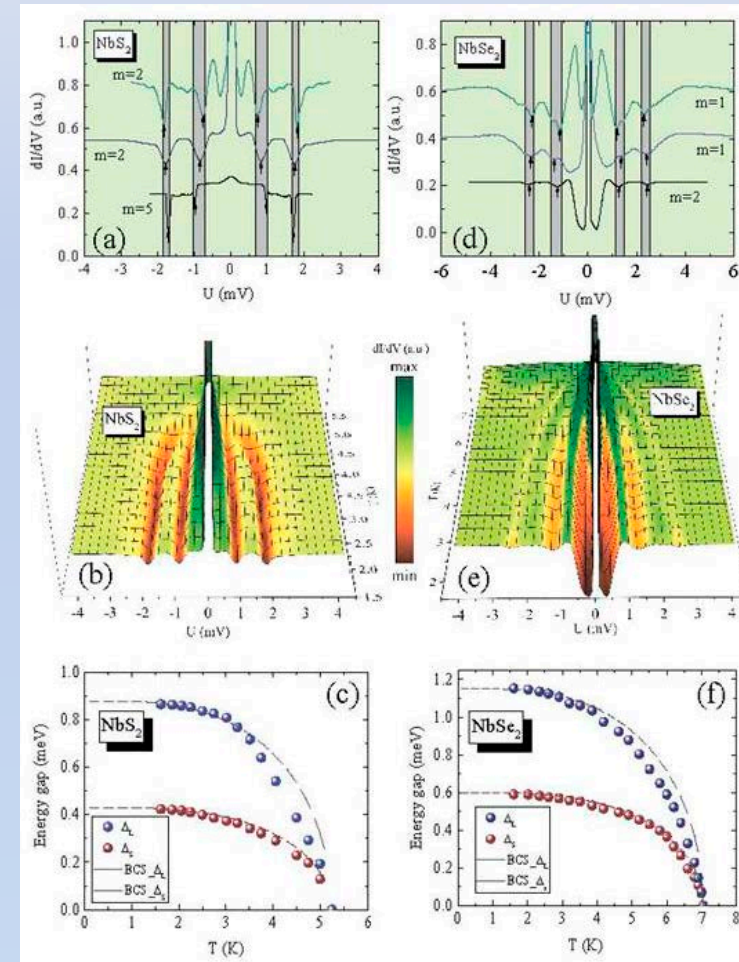
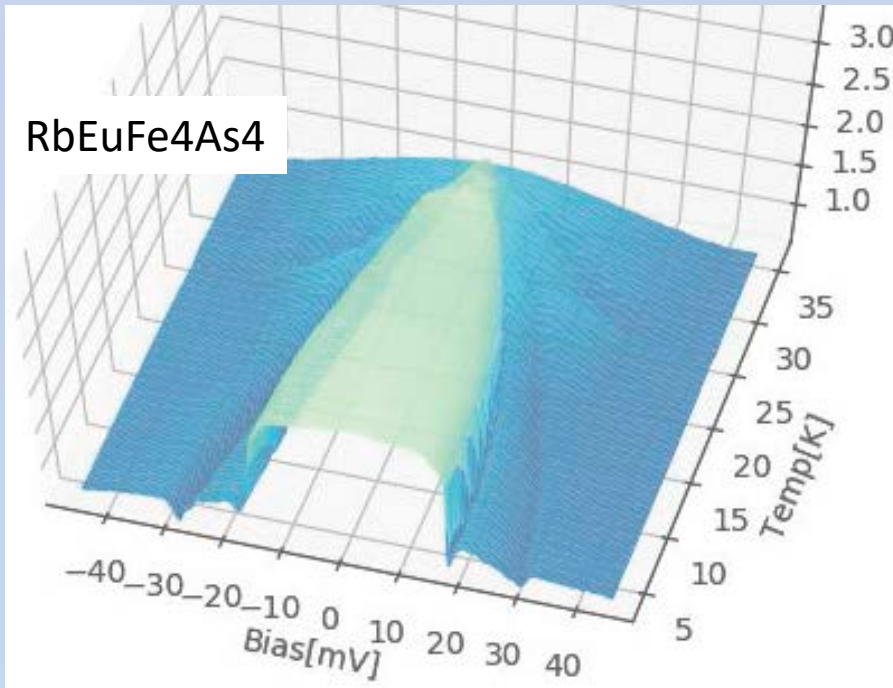


# Лаборатория спектроскопии низкотемпературных сверхпроводников

• Усольцев А.С.

Андреевская спектроскопия низкотемпературных  
сверхпроводников:

Температура до 1,4К, поле до 4Т



## “Горячие” научные темы:

- ✓ Сверхпроводимость в супергидридах ( $T_c > 273\text{K}$ )
- ✓ **Эффект Мейсснера** в СП супергидридах (в DAC!)
- ✓ Поиск и изучение **фермионов Майорана** (STM)
- ✓ СП в топологических изоляторах (TI)
- ✓ СП при нарушении R-, T- симметрии и т.п.
- ✓ Сборка и изучение наноструктур из монослоев
- ✓ Свойства гибридных наноструктур из СП и TI
- ✓ Фермионы Майорана на границе TI и СП

## Что имеют студенты ОП, обучающиеся в Центре:

- ✓ Надбавка за участие в проекте (10-30тр/мес)
- ✓ Авторы научной публикации получают еще ежемесячную надбавку к з/п (20 -40тр/мес, зависит от уровня и кол-ва публикаций)
- ✓ Аспирантура ФИАН
- ✓ Трудоустройство в Центре, начиная с 5-8 семестра
- ✓ Жилищные сертификаты молодым к.н.
- ✓ **Бронь как сотруднику ФИАН**
- ✓ Работа в коллективах мирового уровня
- ✓ Опыт работы с **самой современной техникой**
- ✓ Стажировки, поездки в зарубежные лаборатории
- ✓ Поездки на научные конференции



## **Текущее сотрудничество и стажировки:**

- **IFW, Dresden, Германия**
- **Lancaster University (Англия)**
- **Advanced Light Source, Didcot (Англия)**
- **Yale University (США)**

# Что нужно для того, чтобы попасть на нашу ОП

## *Желательно:*

- Посещать наши лекции «Горизонты физики»
- Побывать на экскурсии в лабораториях
- Попробовать поработать (в каникулы) в одной из лабораторий и поучаствовать в экспериментах

## *Необходимо:*

- Иметь желание и способности к работе руками и головой
- Ознакомиться с направлениями исследований ([gs.lebedev.ru](http://gs.lebedev.ru)) и выбрать желаемое(ые)
- Пройти собеседование с руководителем лаборатории

**Вместо того, чтобы слушать, лучше посмотреть глазами и поработать руками в современных научных  
Лабораториях мирового уровня**

**Настоятельно рекомендуем студентам:**

- ✓ Экскурсия в лаборатории Центра (по запросу)
- ✓ Практика в лабораториях Центра в каникулы

**Запись на экскурсию и практику:**

**Моргун Леонид Александрович**

**+7(499)132-69-07, 64-85**

**[morgunla@lebedev.ru](mailto:morgunla@lebedev.ru)**

**Telegram: <https://t.me/morgunl>**

**Или через деканат школы ЛФИ**

***До встречи в ФИАН!***

# Где расположены Лаборатории: *Корпус №10 ФИАН*



## Как называются Лаборатории:

**Центр высокотемпературной  
сверхпроводимости и квантовых материалов  
им. В.Л. Гинзбурга («Центр Гинзбурга»)**

**<https://gc.lebedev.ru/>**

**Руководитель: В.М. Пудалов, чл.-кор. РАН**

**[pudalov@lebedev.ru](mailto:pudalov@lebedev.ru) Тел: +7(499)132-67-80**

**<https://sites.lebedev.ru/ru/pudalov/>**