


**Образовательная программа
Физика сверхпроводимости и
квантовых материалов**

**На кафедре
физики и технологии
наноструктур:**

руководитель:
Чл.-кор. РАН Владимир Моисеевич Пудалов

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

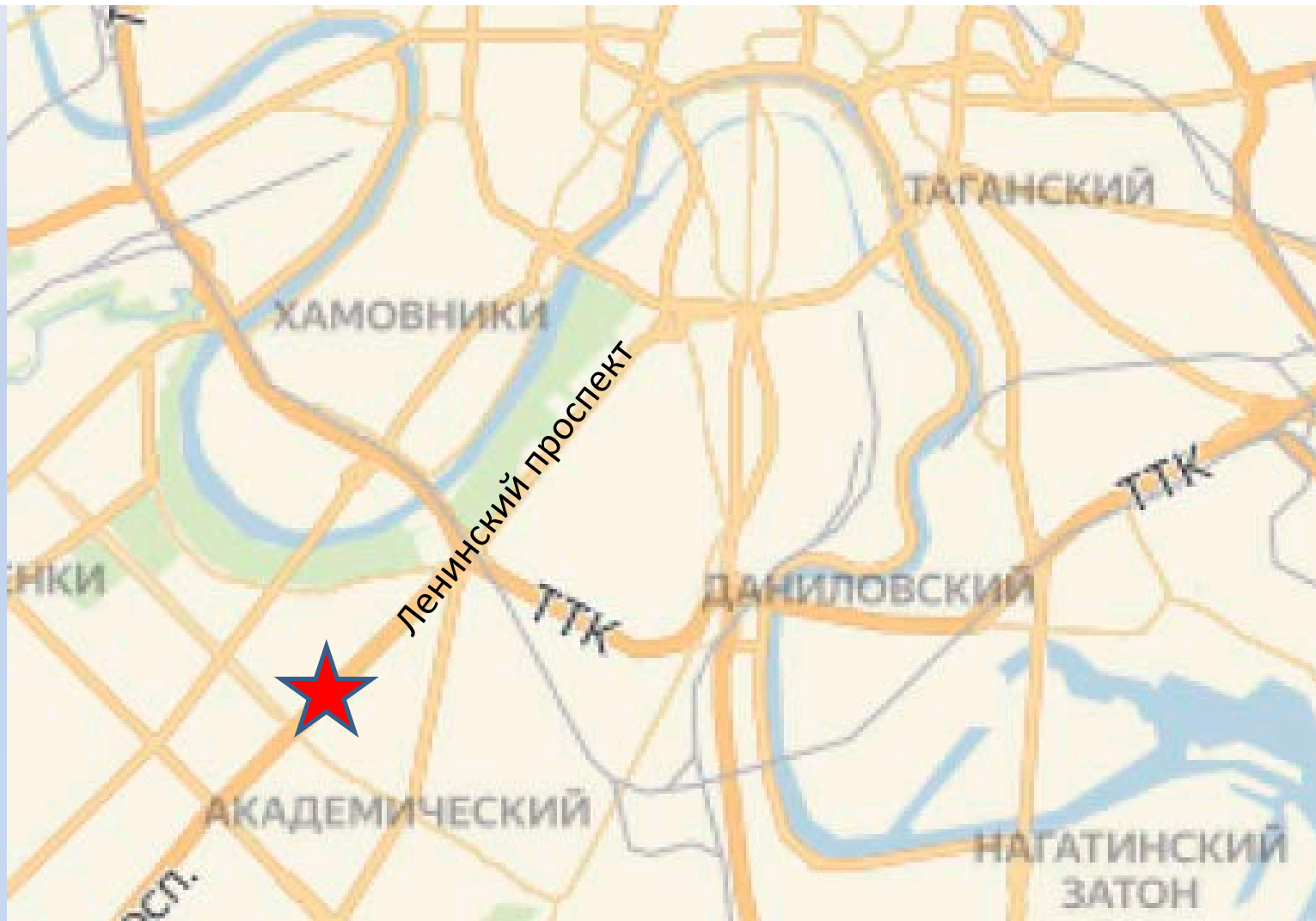


**Образовательная программа
Физика сверхпроводимости и
квантовых материалов**

<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: *Корпус №10 ФИАН*



Как называются Лаборатории:

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

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

<https://sites.lebedev.ru/ru/ovsisns/4065.html>

Руководитель: В.М. Пудалов

(pudalov@lebedev.ru), 7(499)132-6780

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

Сравнение базовых кафедр ЛФИ с похожим названием

Кафедра/ОП	место	Теор /эксп	Область 1	Область 2	Область 3
			Создание и исследование новых материалов и структур		
Физика ВТСП (СП) и квантовых материалов	Москва ФИАН	Эксп	<ul style="list-style-type: none"> ◆ СП вблизи 300К. ◆ Новые механизмы СП ◆ СП и магнетизм. ◆ Исслед. электронной зонной структуры и управление ей. ◆ Локальные состояния электронов на поверхности при мК. ◆ Квантовый транспорт заряда при мК. ◆ Квантовый транспорт в сверхсильных полях. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ топологические квантовые материалы и наноструктуры (топ. изоляторы, вейлевские и дираковские полуметаллы) ◆ Исследование их электронных свойств в магн. полях до 21Тесла и при Т до 10мК 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Сборка наногетероструктур из монослоев квантовых материалов. ◆ Оптические методы исследования и управления свойствами ◆ Электрич. управление свойствами квант. материалов и структур
Физика низких температур	Москва Ин-т. Физ. Пробл.	Эксп	Квантовые жидкости: ^4He и ^3He при мК-	Квантовый магнетизм	Криостаты $^4\text{He}/^3\text{He}$ для получения мК-температур

Сравнение базовых кафедр ЛФИ с похожим названием

Российский квантовый центр (РКЦ) 1	Москва МИСИС МФТИ	Э,Т	“СП кубиты и квантов. Вычислит. схемы” (Э) – Алекс Устинов. МИСИС Олег Астафьев	“Кореллир. квант системы” (Т)- Алексей Рубцов. МФТИ	“Квантовая поляритоника” (Т) Алексей Кавокин
Российский квантовый центр (РКЦ) 2	МФТИ, ФИАН	Эксп	“Оптика 2D-материалов и гетероструктур”. Оптика углеродных материалов. (Э). МФТИ Александр Чернов	“Квантовая оптика” (Э) Масалов, ФИАН	“Прецизионные квантовые измерения” (Э). Лазерное охлаждения атомов. Колачевский, ФИАН
Российский квантовый центр (РКЦ) 3	МГУ	Э	“Передовая фотоника”. Лазерная физика, нел.оптика Алекс Желтиков, МГУ	Теория многих тел (Т) Георг. Шляпников	
Квантовые наноструктуры, материалы и устройства	Черно-голова ИФТТ	Эксп	“СП/ФМ гибридные наноструктуры для электроники и спинтроники” (ИФТТ) В.Рязанов	СП-кубиты (МИСИС, МФТИ) О.Астафьев Зондовая микроскопия (МФТИ)-Столяров	“Оптика наноструктур”. Интерфейсы полупроводников. (ИФТТ) И.Кукушкин

Сравнение базовых кафедр ЛФИ с похожим названием

Фундаментальная и прикладная физика микро-и наноструктур	ВНИИА- (Росатом) - И МФТИ	Э, Т	квантовая и прикладная оптика (ВНИИА) -Андряш	Сверхпроводимость для квантовых вычислений (МФТИ)-Столяров	Вычислит. методы автоматизации, конструирования и проектирования (ВНИИА)
Фундаментальные и прикладные проблемы физики микромира	Дубна, ОИЯИ	Т			Жемчугов Алексей Сергеевич
Фундаментальные проблемы физики квантовых технологий	МФТИ	Т	Мюонный метод исследования вещества		Белоусов Юрий Михайлович

Преподаватели, лектора (обязательные курсы)

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



- **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



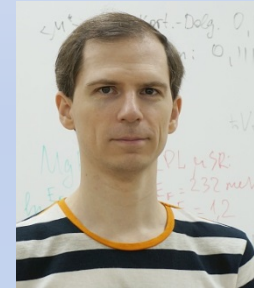
- **Семенов А.Г.**, к.ф.-м.н.

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*

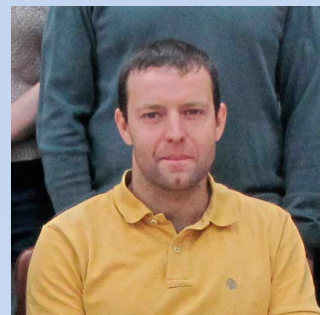


- **Смирнов А.И.**, проф., д.ф.-м.н. *Низкотемпературный магнетизм*



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

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

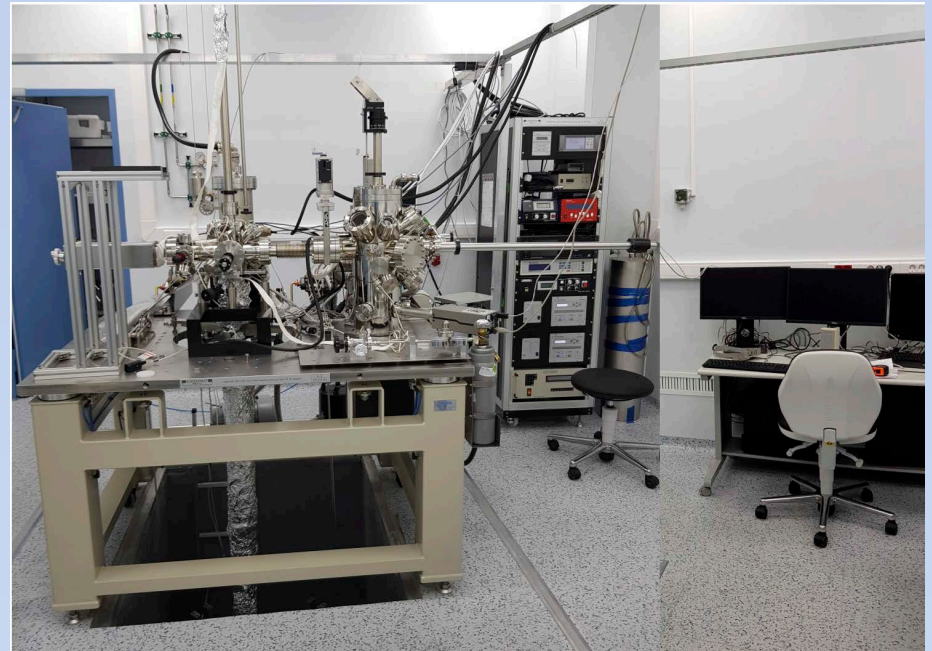
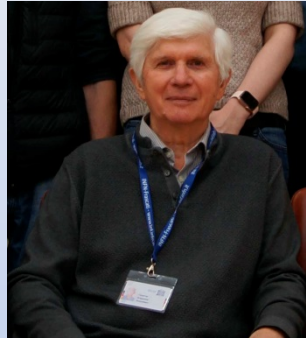


Научные руководители, Лаборатории и основные направления исследований

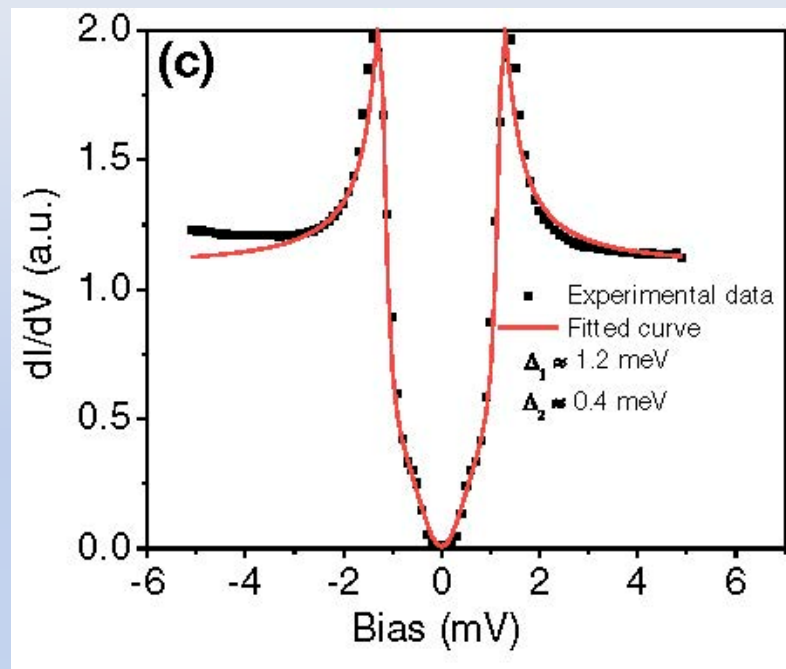
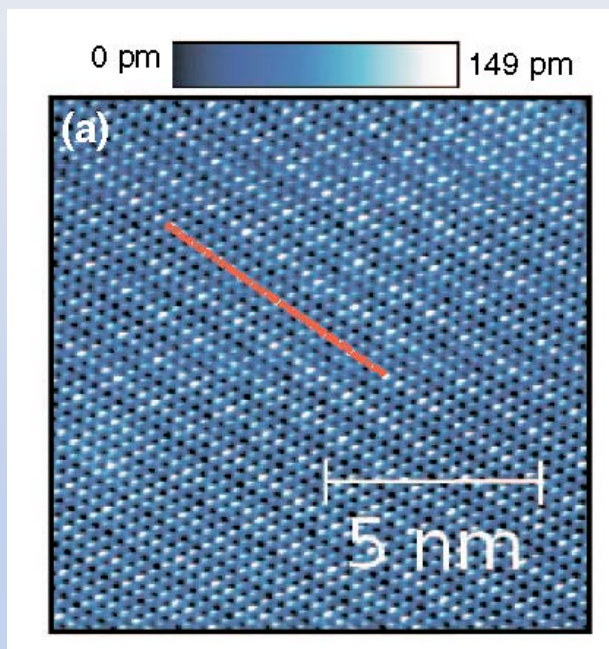
- *Пудалов В.М., д.ф.-м.н.;*
- *Усольцев А.С.*

Сканирующая туннельная спектроскопия и микроскопия электронных состояний в новых сверхпроводниках и топологических изоляторах при сверхнизких температурах

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



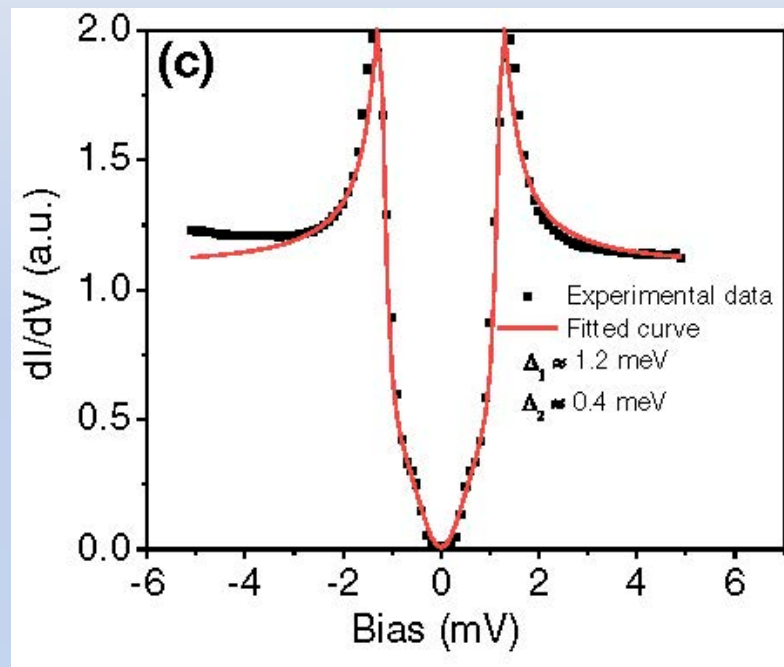
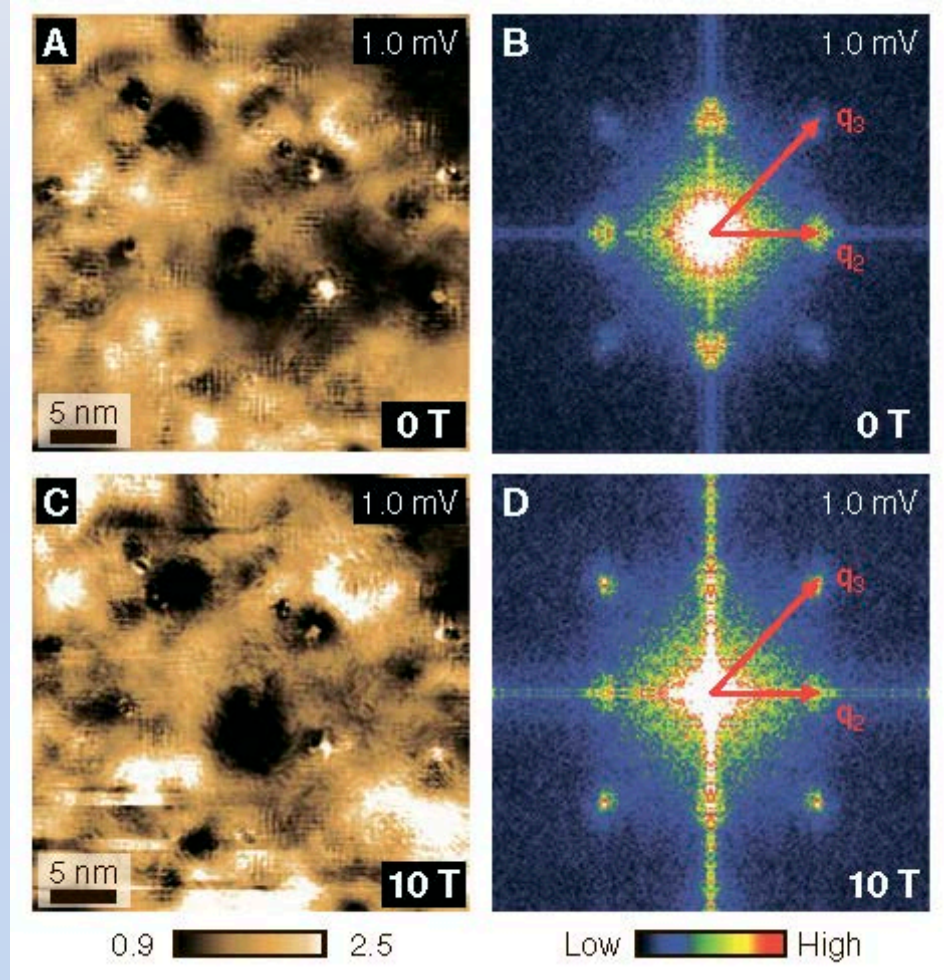
Сверхпроводник NbSe₂



Сверхпроводник NbSe₂

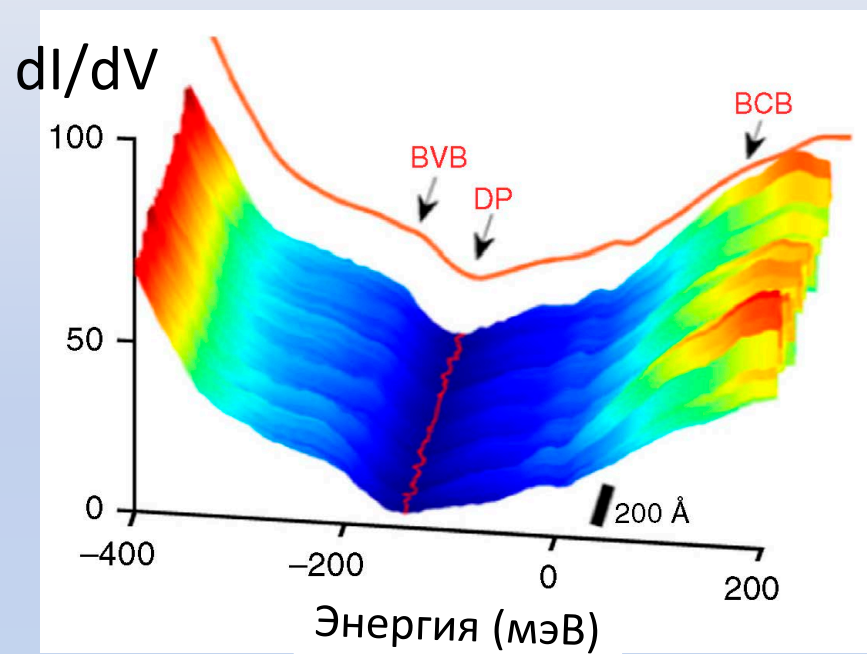
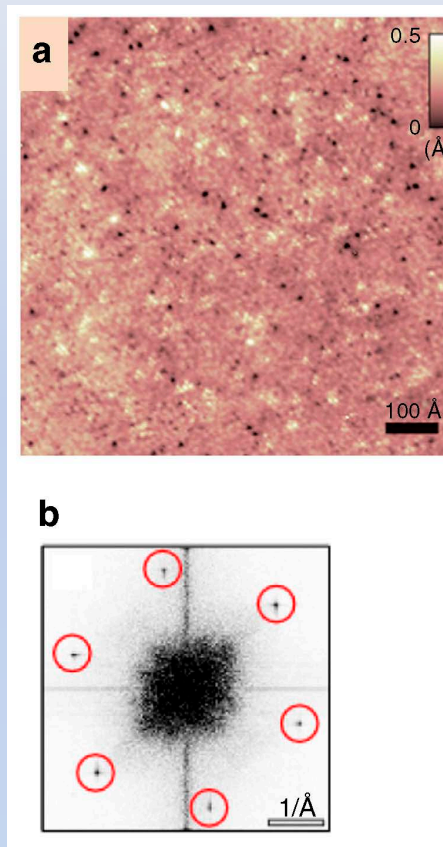
Карта dI/dV и ее Фурье преобразование

dI/dV усредненная по линии



Топологический изолятор Bi-SSTS

STM



Научные руководители, Лаборатории и основные направления исследований

- *Кунцевич А. Ю., д.ф.-м.н.*
Ван-дер-Ваальсовские
гетероструктуры на основе
топологических изоляторов
и сверхпроводников

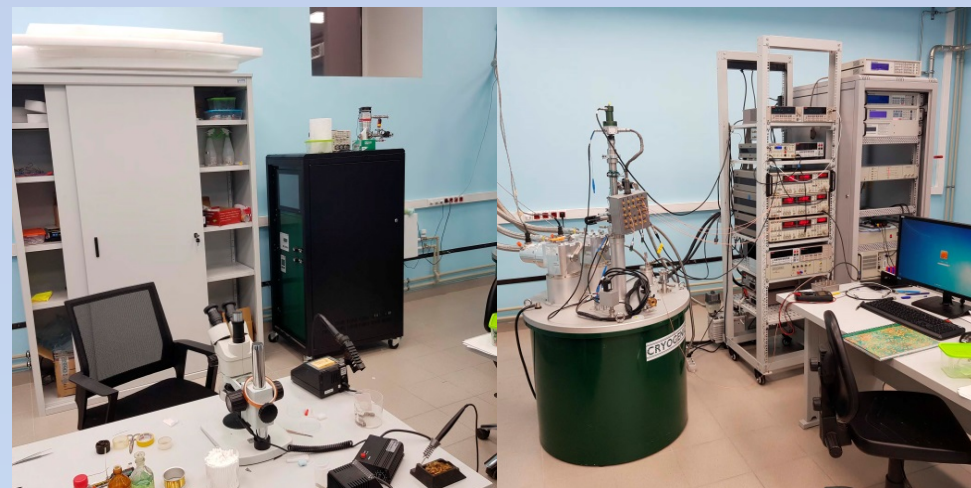
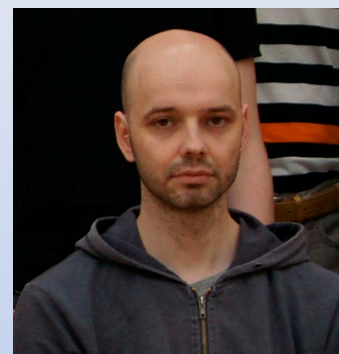


Научные руководители, Лаборатории и основные направления исследований

- Садаков А.В. к.ф.-м.н.
- Соболевский О.А. (аспирант)

Исследования новых ВТСП-материалов
и наноструктур в сильных магнитных
полях

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

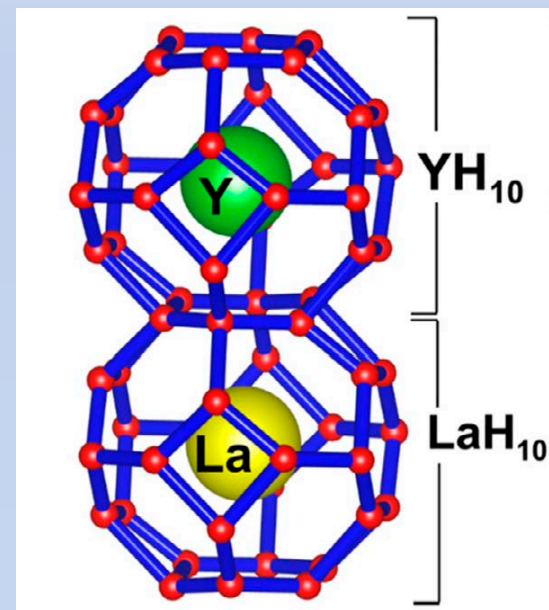
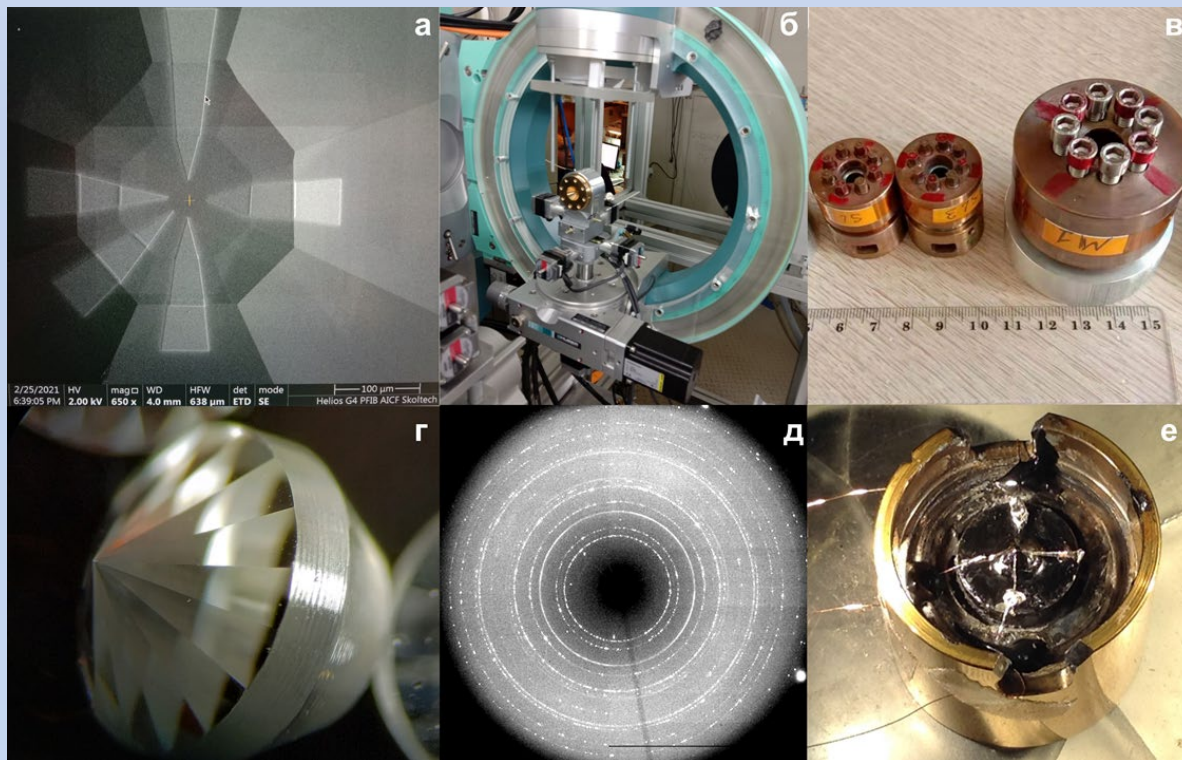
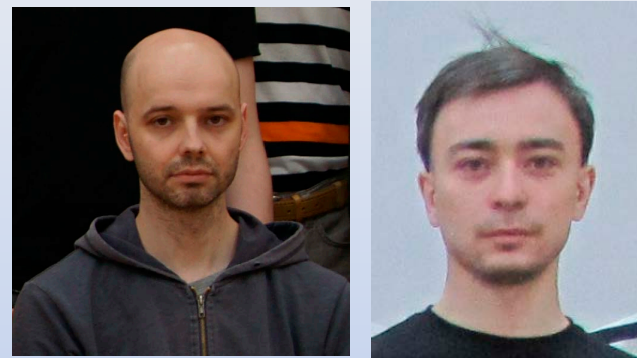


Установка CFMS-16

Научные руководители, Лаборатории и основные направления исследований

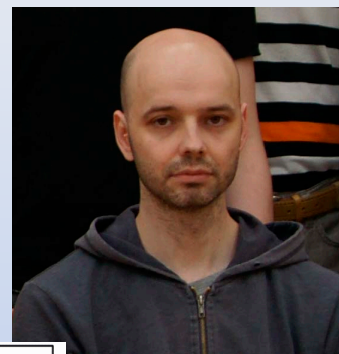
- Садаков А.В., к.ф.-м.н.
- Соболевский О.А., к.ф.-м.н.

КТСП-Супергидриды

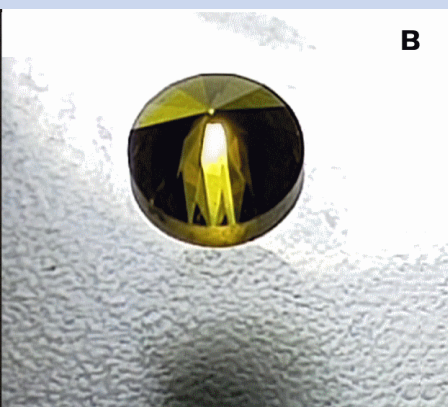


Научные руководители, Лаборатории и основные направления исследований

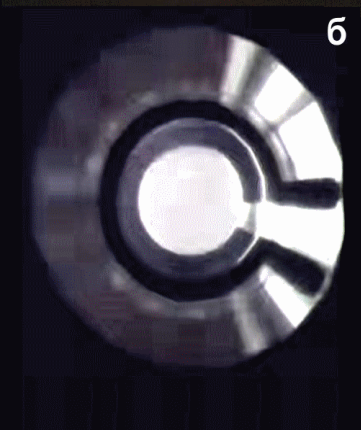
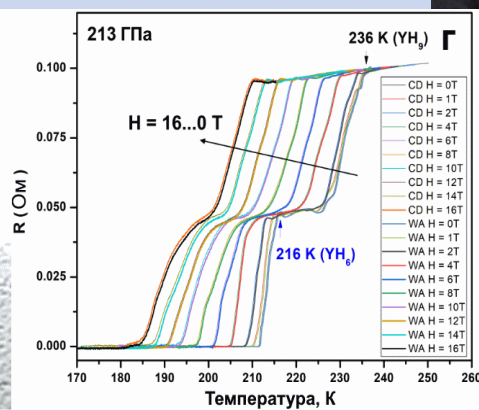
- Садаков А.В., к.ф.-м.н.
 - Соболевский О.А., к.ф.-м.н.
- КТСП-Супергидриды



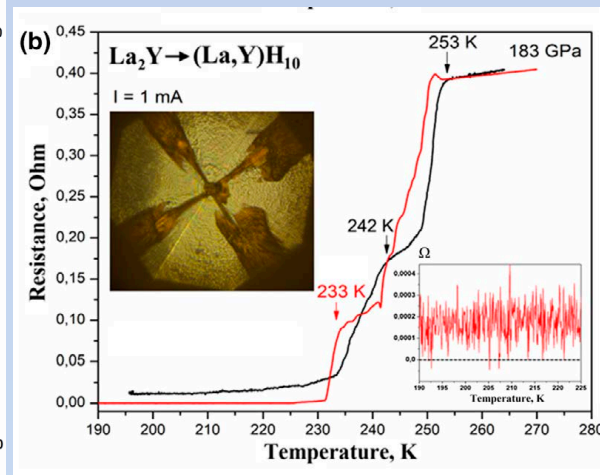
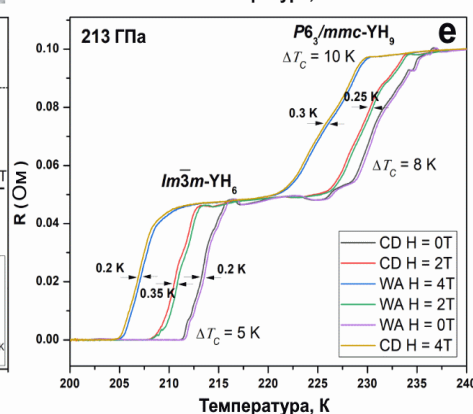
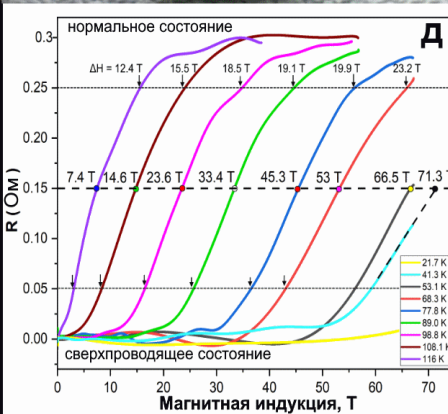
а



в



б



Научные руководители, Лаборатории и основные направления исследований

- **Прудкогляд В. А.**

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



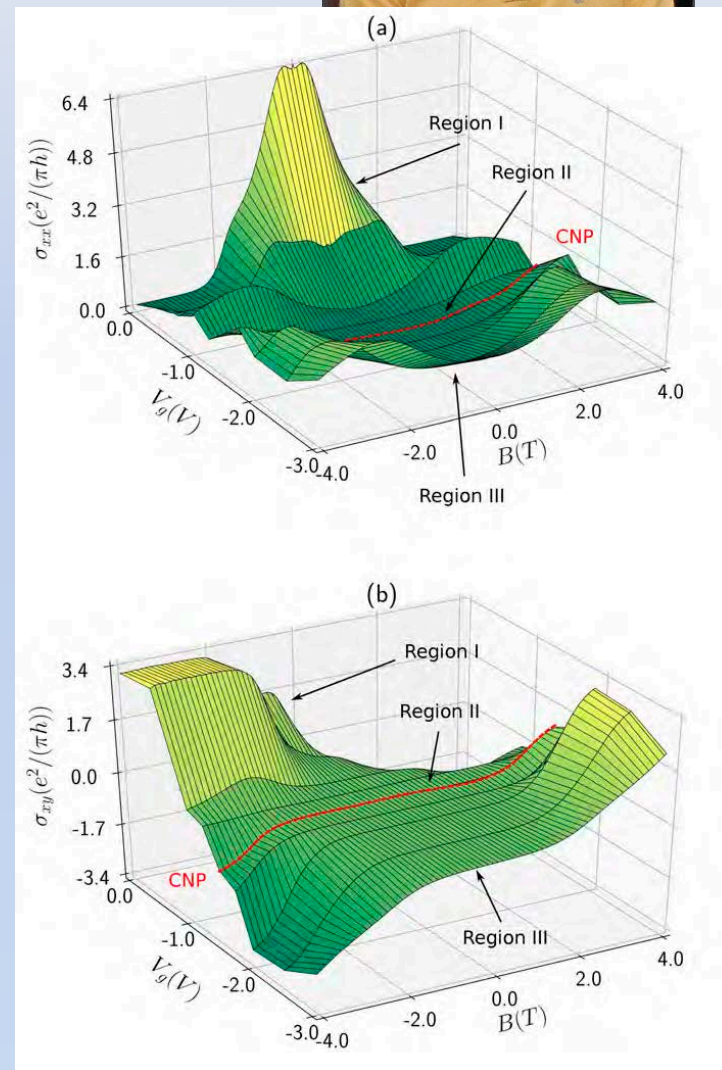
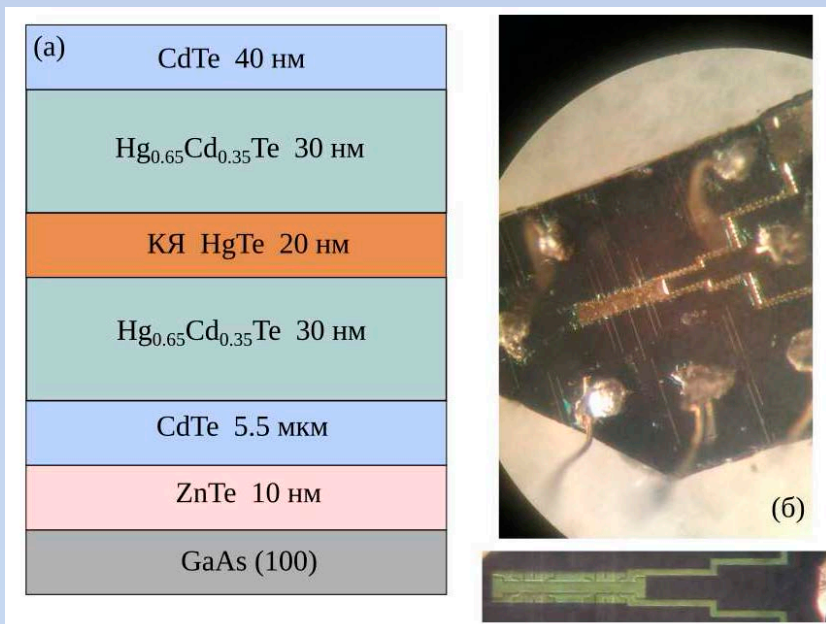
- ✓ Квантовые ямы 2D топологических изоляторов,
- ✓ Квазиодномерные органические кристаллы,
- ✓ Низкоразмерные кристаллы с упорядочением заряда и спина



Научные руководители, Лаборатории и основные направления исследований

• Прудкогляд В. А.

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

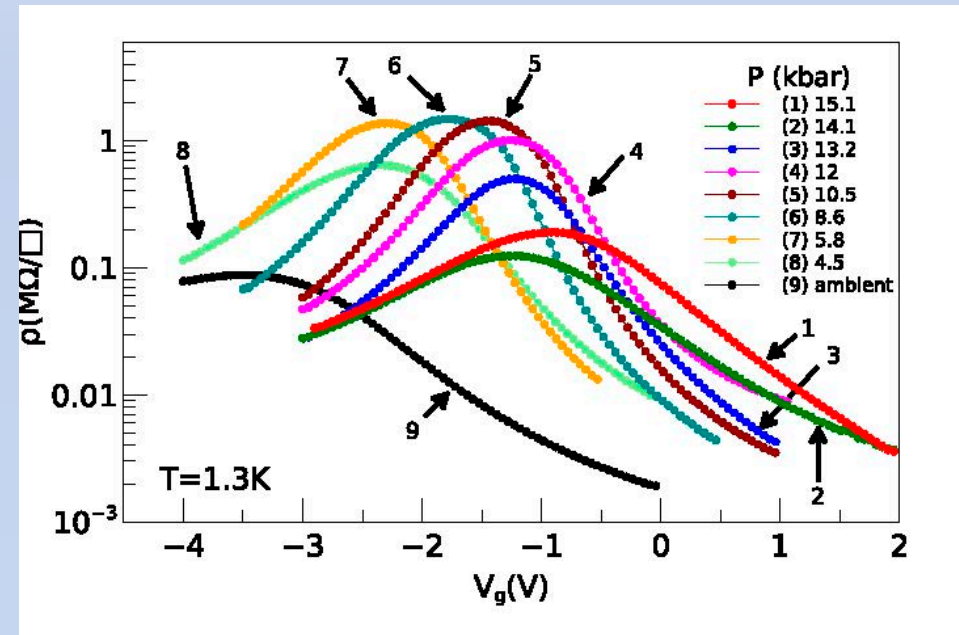


Научные руководители, лаборатории и основные направления исследований

- Прудкогляд В. А.

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

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



Научные руководители, лаборатории и основные направления исследований

• 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

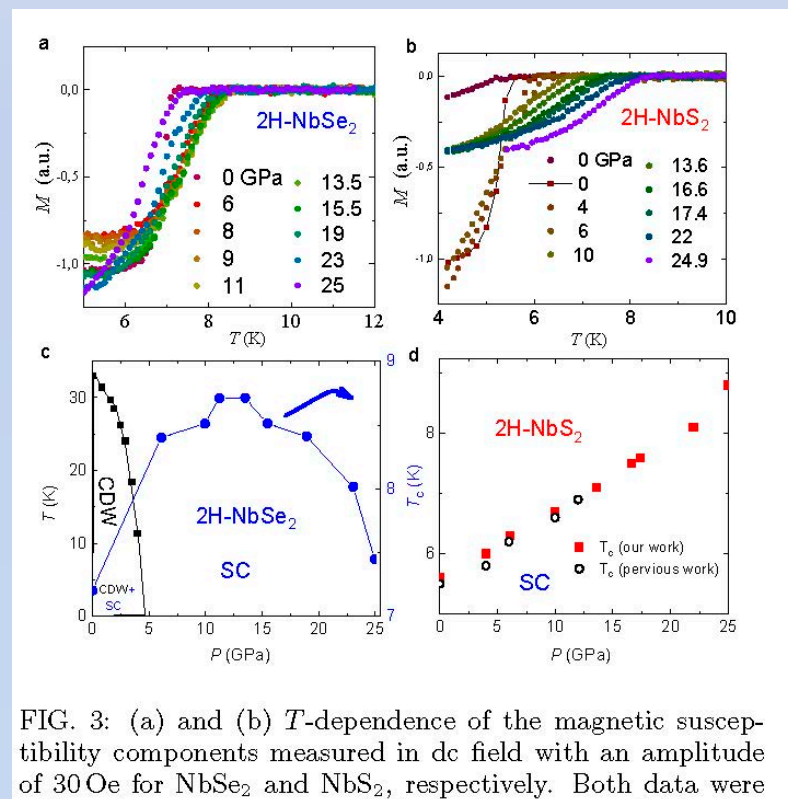
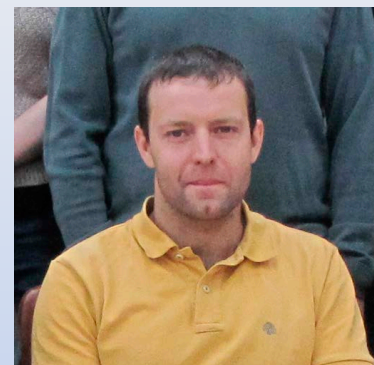


FIG. 3: (a) and (b) T -dependence of the magnetic susceptibility components measured in dc field with an amplitude of 30 Oe for $NbSe_2$ and NbS_2 , respectively. Both data were

Научные руководители, Лаборатории и основные направления исследований

- Цветков А.Ю., к.ф.-м.н.

- Гаврилкин С.Ю.

Физические свойства
новых ВТСП материалов:

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



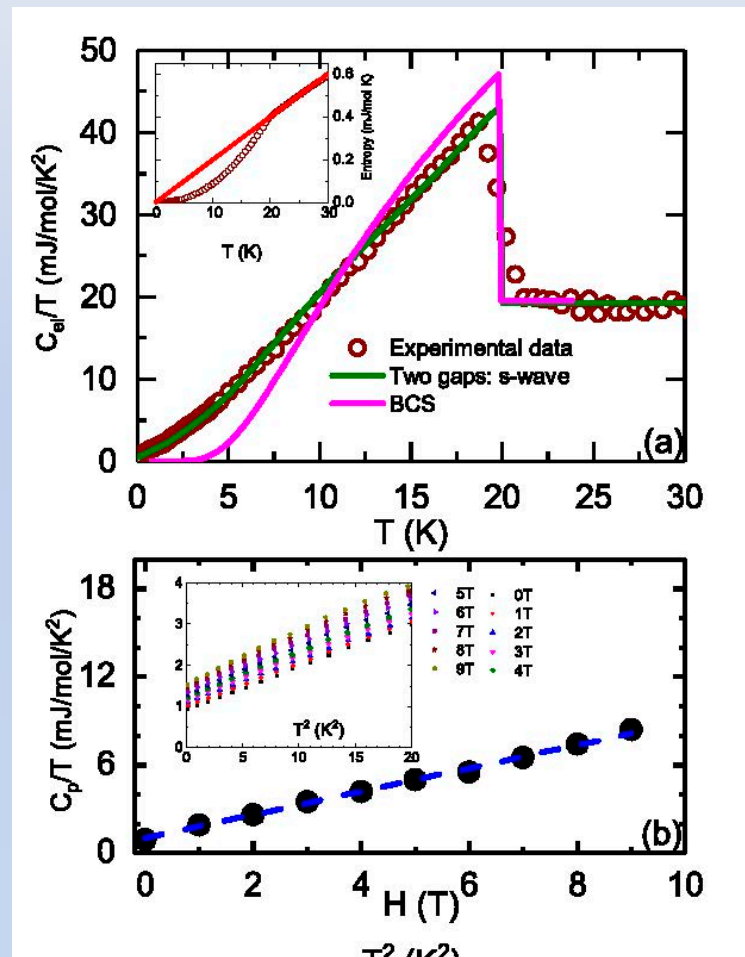
Научные руководители, Лаборатории и основные направления исследований

- Цветков А.Ю., к.ф.-м.н.

- Гаврилкин С.Ю.

Физические свойства
новых ВТСП материалов:

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

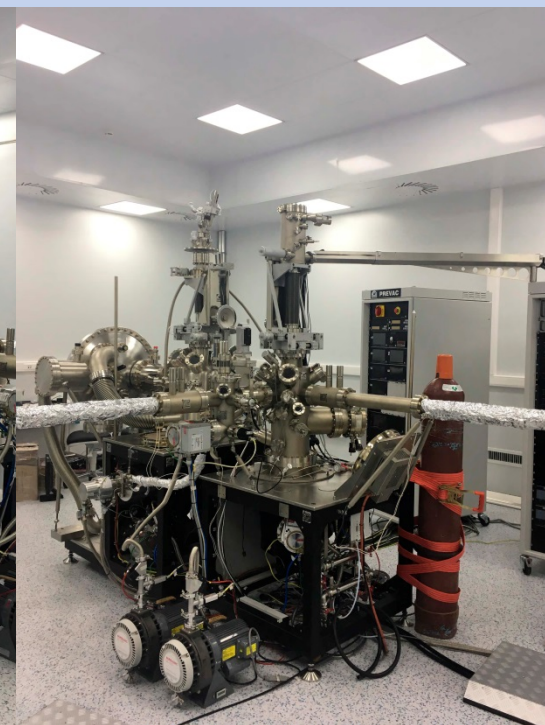
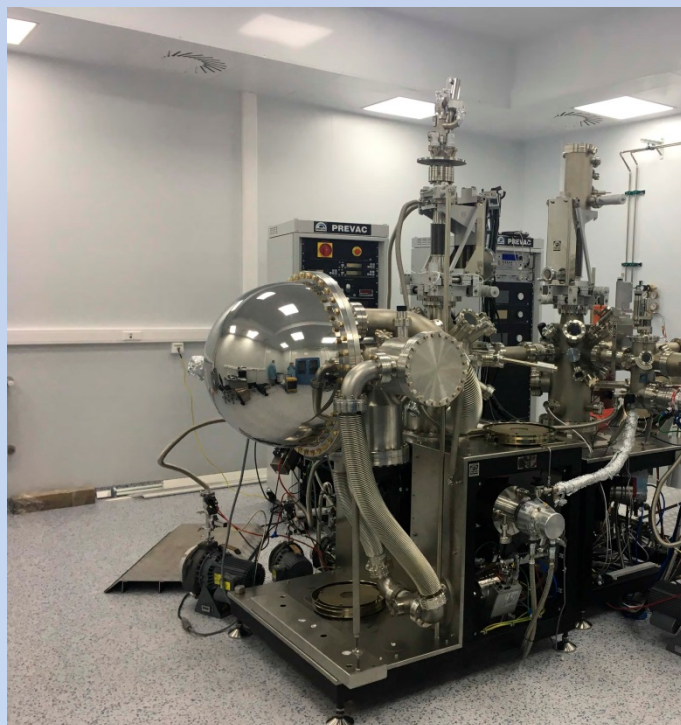
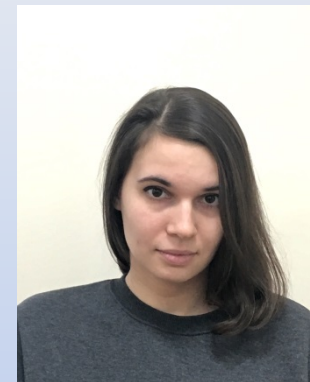


Научные руководители, Лаборатории и основные направления исследований

- **Безотосный П. И.**
- **Дмитриева К.А. (аспирант)**

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

Установка
Scienta R-4000



Научные руководители, лаборатории и основные направления исследований

- **Безотосный П. И.**
- **Дмитриева К.** (аспирант)

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

На фото: Президент РАН Сергеев А.М. дает интервью Брилеву С.Б. (телеканал “Россия”)



Научные руководители, Лаборатории и основные направления исследований

- Безотосный П. И.
- Дмитриева К.А. (аспирант)

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

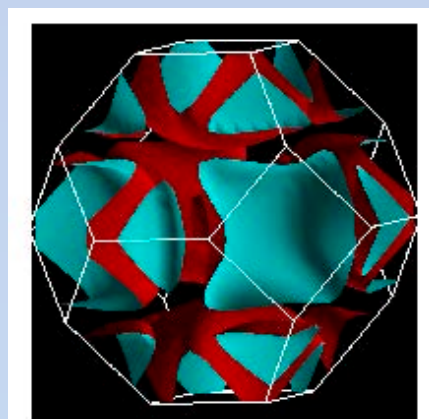
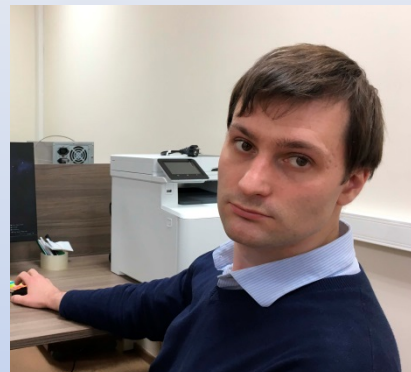
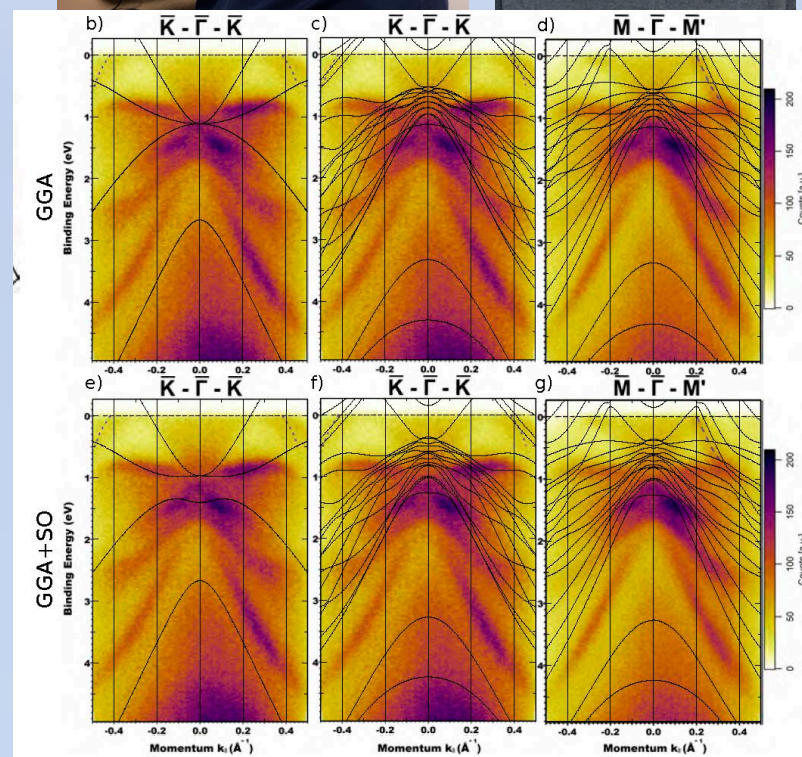
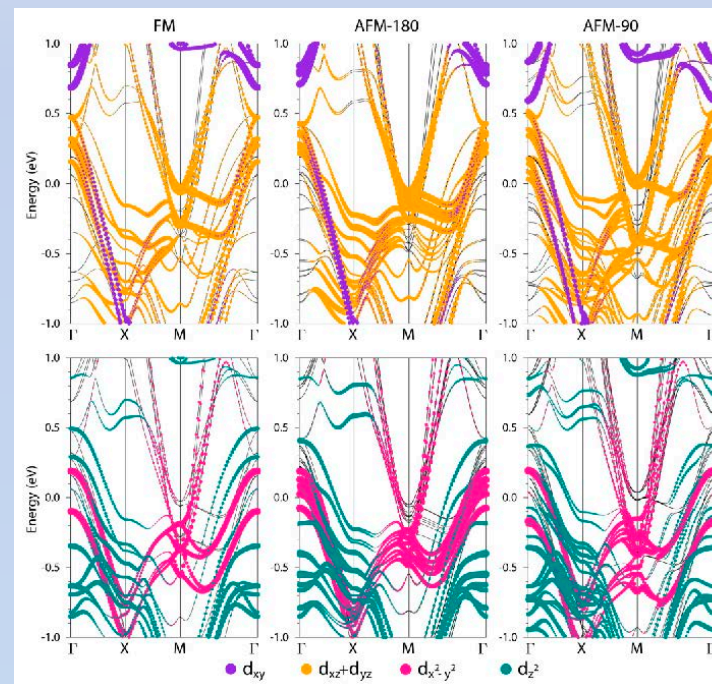
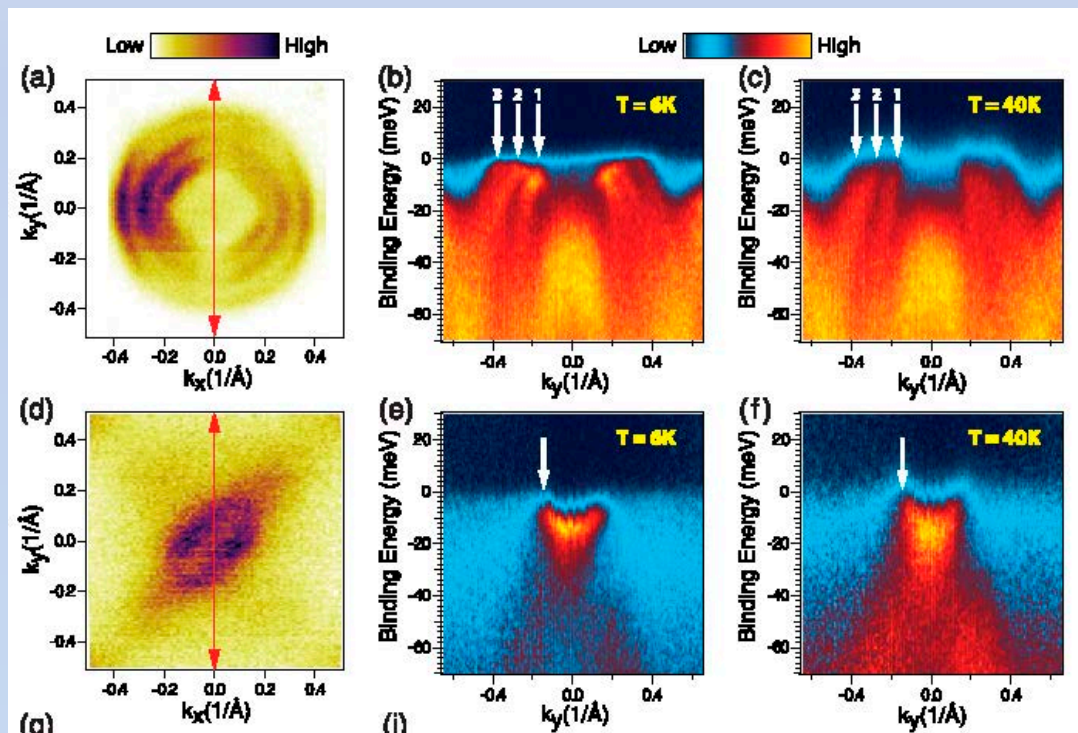
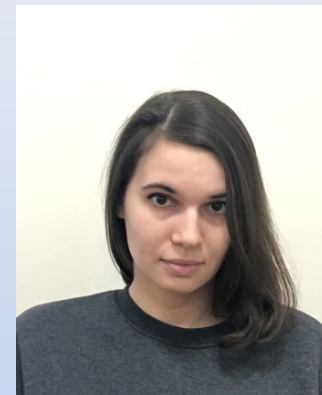


Figure 4 SnAs DFT/GGA calculated Fermi surface.



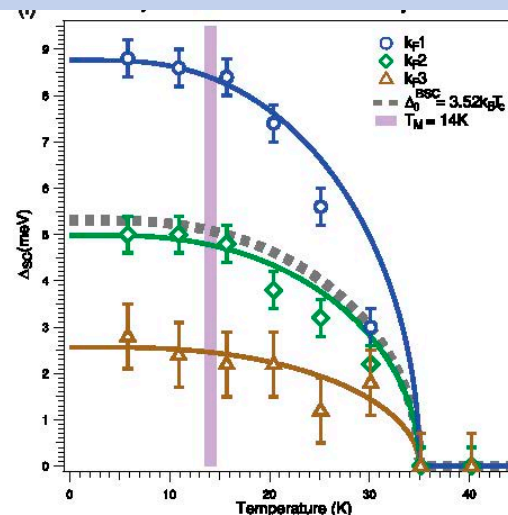
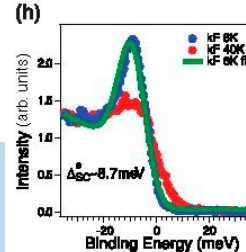
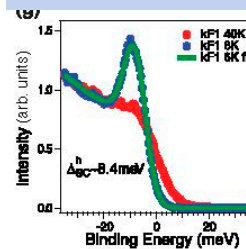
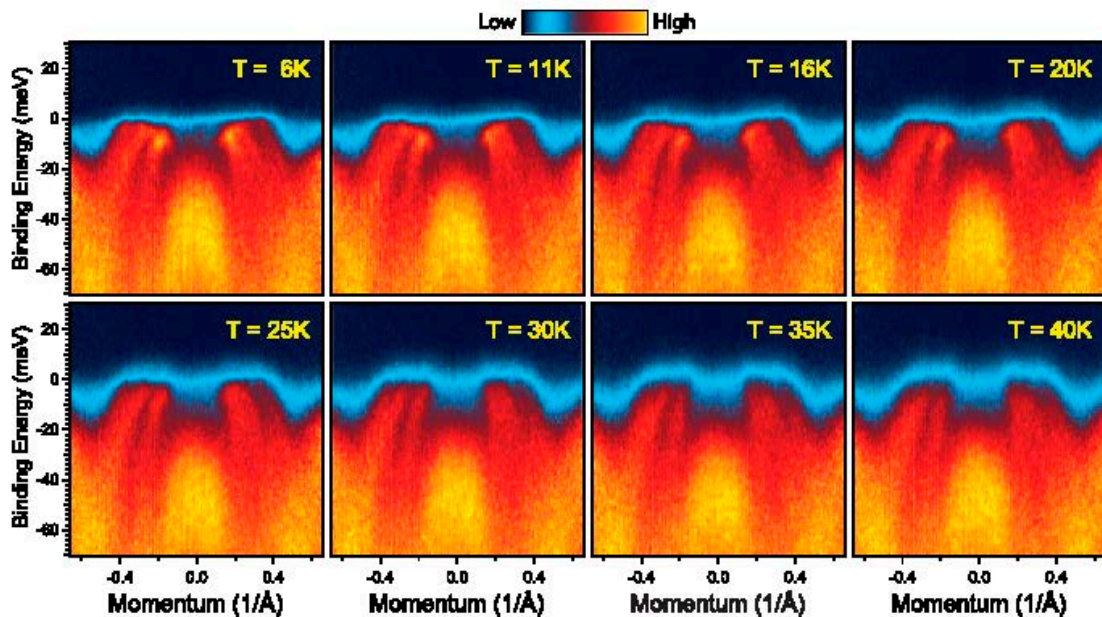
Научные руководители, Лаборатории и основные направления исследований

- Безотосный П. И.
- Дмитриева К.А. (аспирант)
- Лев Л.Н. (к.ф.-м.н.)



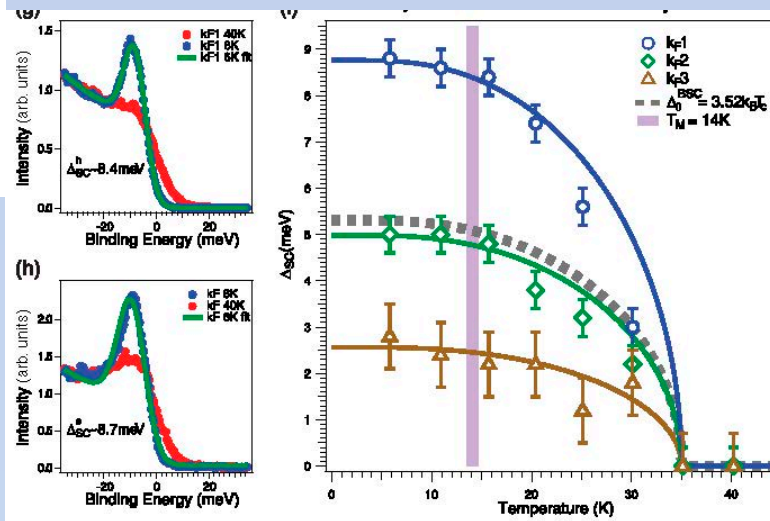
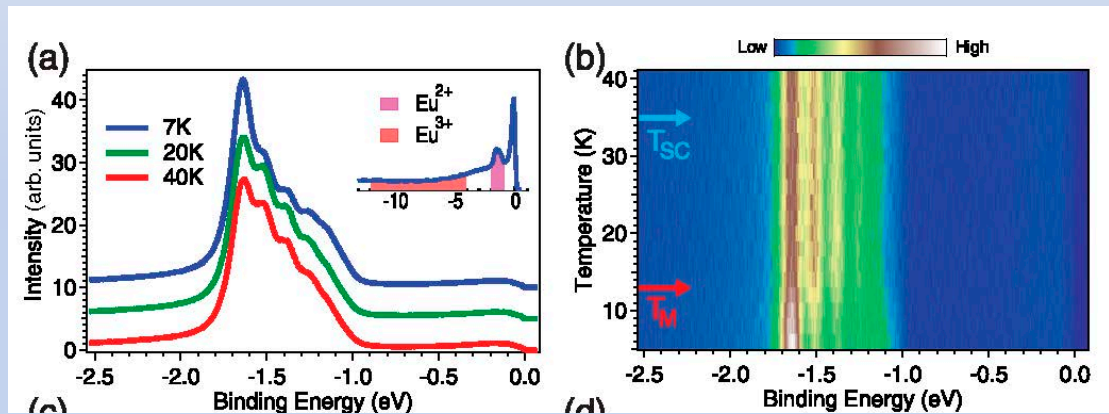
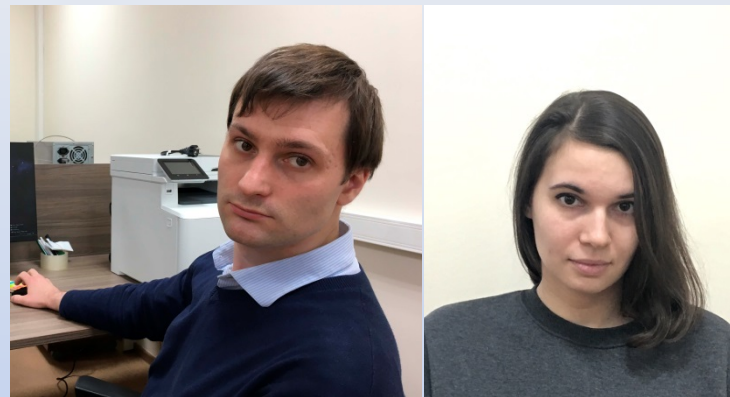
Научные руководители, Лаборатории и основные направления исследований

- Безотосный П. И.
- Дмитриева К.А. (аспирант)
- Лев Л.Н. (к.ф.-м.н.)



Научные руководители, Лаборатории и основные направления исследований

- Безотосный П. И.
- Дмитриева К.А. (аспирант)
- Лев Л.Н. (к.ф.-м.н.)



Научные руководители, Лаборатории и основные направления исследований

- Моргун Л. А.
- Борисов А.

Свойства квантовых материалов,
сверхпроводников и наноструктур
при сверхнизких температурах



Установка BF-250LD
(температура 10мК)



Научные руководители, лаборатории и основные направления исследований

- 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 Cd₃As₂ thin films

A. V. Suslov,¹ A. B. Davydov,² L. N. Oveshnikov,^{3,2,*} L. A. Morgun,^{2,4} K. I. Kugel,^{5,4} V. S. Zakhvalinskii,⁶ E. A. Pilyuk,⁶
A. V. Kochura,⁷ A. P. Kuzmenko,⁷ V. M. Pudalov,^{2,4} and B. A. Aronzon²

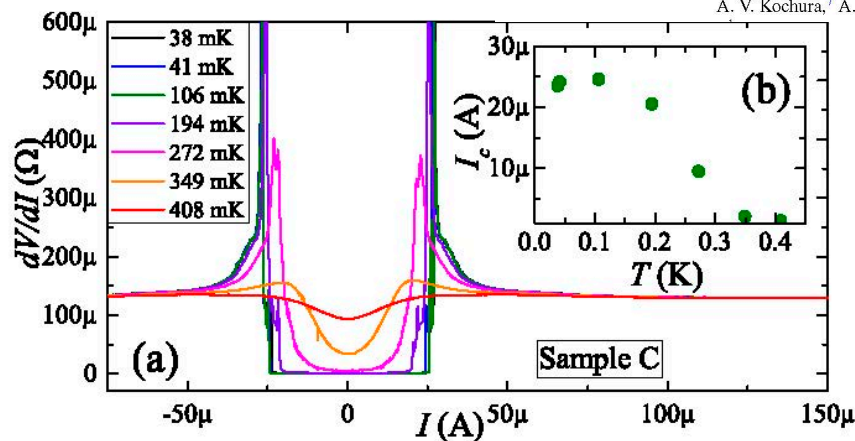


FIG. 4. (a) Differential resistance for sample C at various temperatures. (b) Corresponding temperature dependence of critical current I_c .

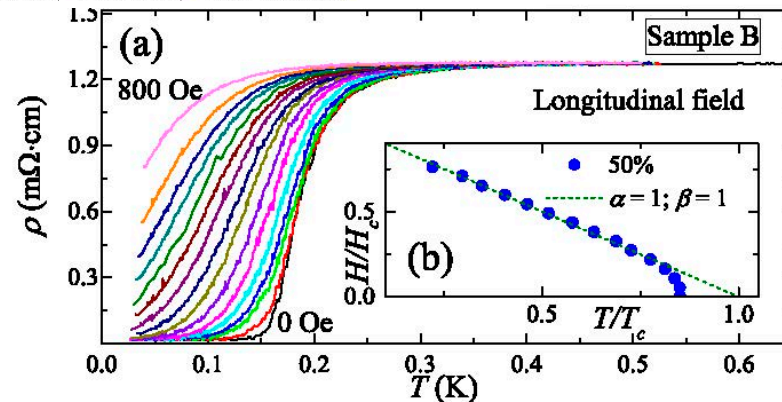


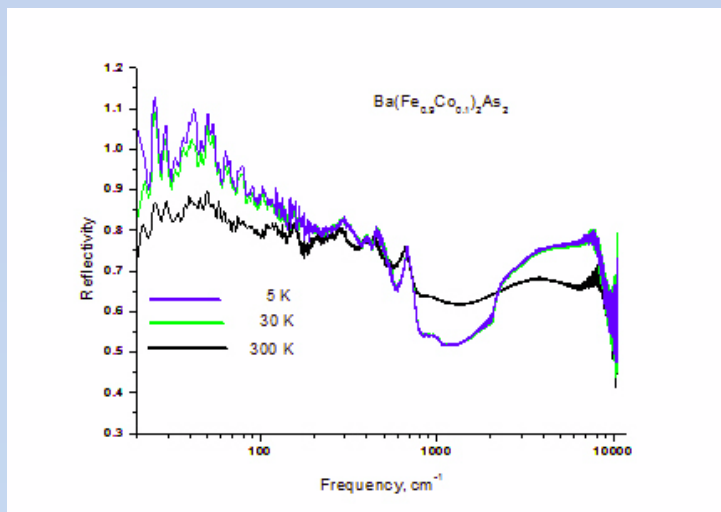
FIG. 3. (a) Temperature dependence of resistivity for sample B at various longitudinal magnetic fields. (b) Corresponding H_c - T_c diagrams for the SC transition (midpoint). Fitting of experimental data by Eq. (1) is shown by the dashed line.

Научные руководители, Лаборатории и основные направления исследований

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



Спектры отражения ВТСП и квантовых материалов в диапазоне 190нм -1мм



Научные руководители, Лаборатории и основные направления исследований

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

Андреевская спектроскопия
новых ВТСП: определение структуры
сверхпроводящего параметра порядка

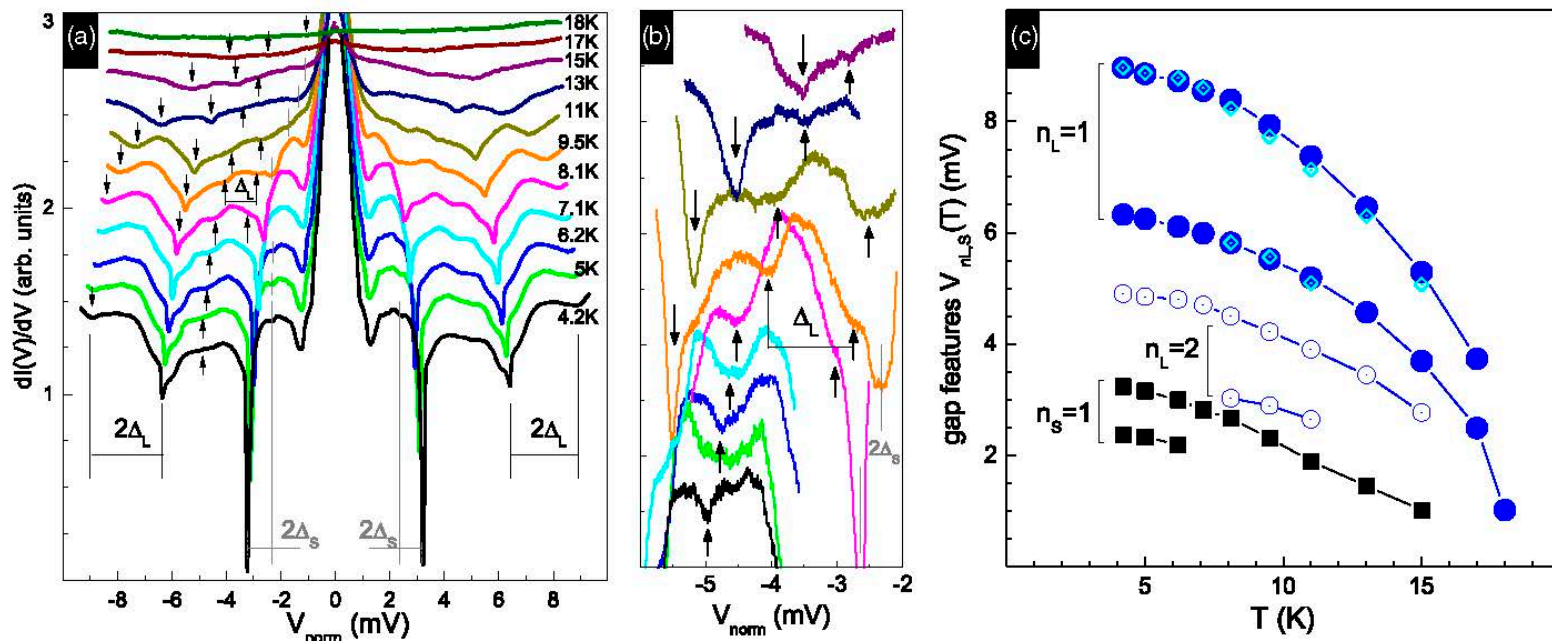


FIG. 2. (a) Normalized dynamic conductance spectrum of Andreev array measured at $T = 4.2\text{--}18$ K. The $dI(V)/dV$ curves are offset

Научные руководители, лаборатории и основные направления исследований

- 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

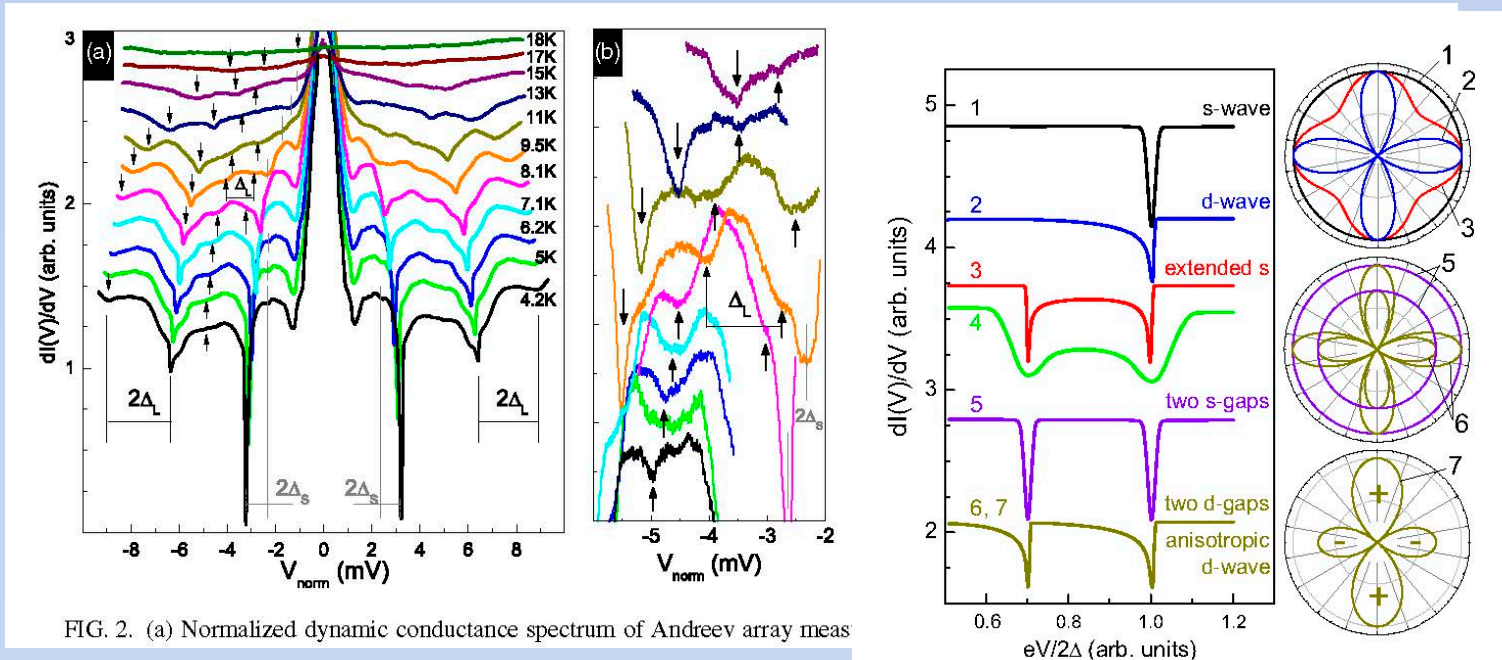
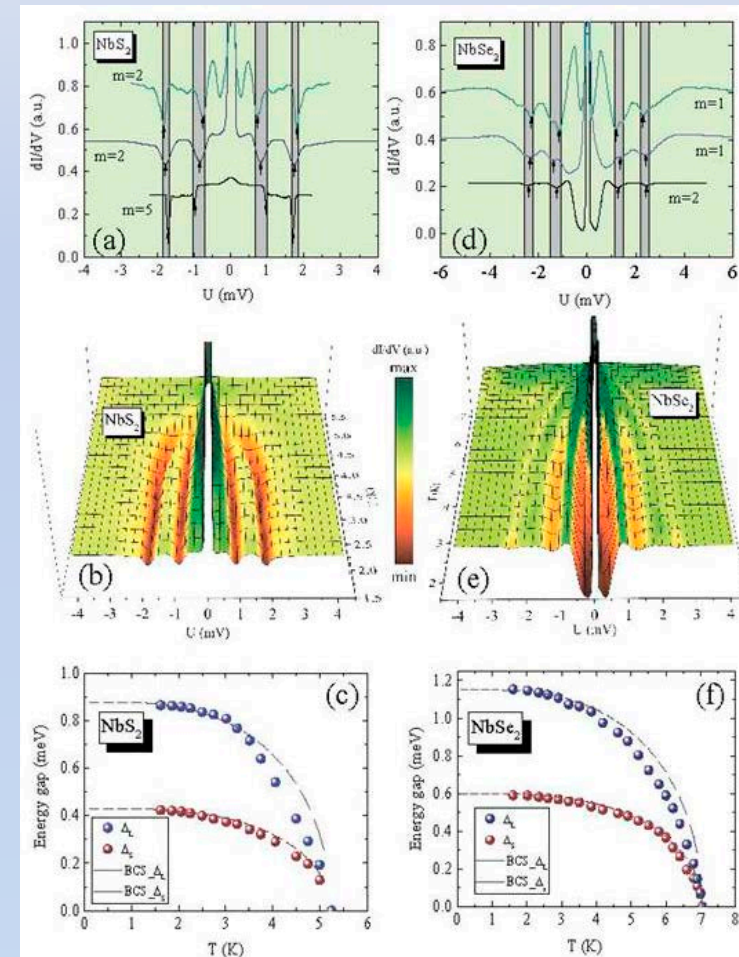
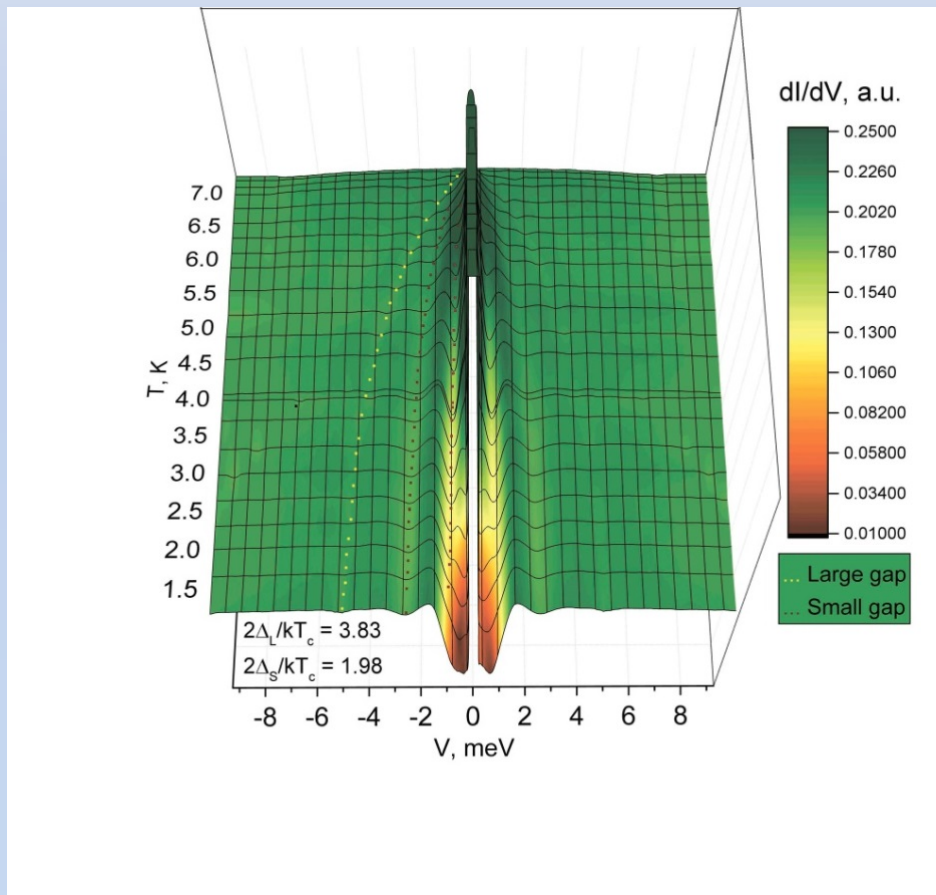


FIG. 2. (a) Normalized dynamic conductance spectrum of Andreev array meas

Научные руководители, лаборатории и основные направления исследований

• Усольцев А.С.

Андреевская спектроскопия низкотемпературных
сверхпроводников:



Научные руководители, Лаборатории и основные направления исследований

- Варлашкин А.В., к.ф.-м.н.,
- Массалимов Б. И.

Изготовление наноструктур
методами лазерной, электронной
Литографии, фокусированным
ионным пучком и плазмохимии



Панорама нескольких технологических установок в “чистой зоне” ISO-5

Научные руководители, Лаборатории и основные направления исследований

- Варлашкин А.В., к.ф.-м.н.,
- Массалимов Б. И.

Изготовление наноструктур
методами электронной литографии и
фокусированного ионного пучка

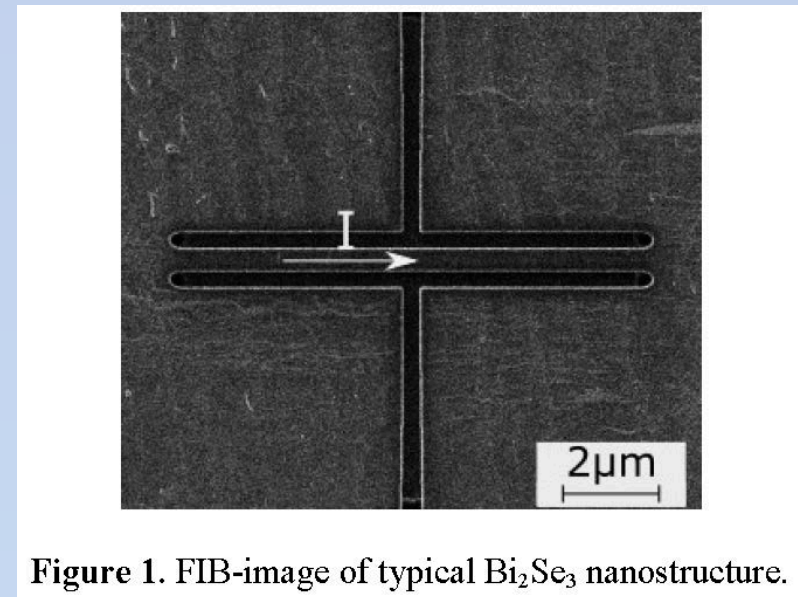


Figure 1. FIB-image of typical Bi_2Se_3 nanostructure.

Научные руководители, лаборатории и основные направления исследований

- **Перваков К. С., Власенко В.А.**

Синтез и рост кристаллов новых ВТСП и квантовых материалов



Характеризация кристаллов новых ВТСП и квантовых материалов



Примеры тем бакалаврских, магистерских и аспирантских работ

Бакалавр Гузовский Е.Ю. “Электронные свойства топологических изоляторов на основе халькогенидов висмута” (2022)

Магистр О.А. Соболевский “Исследование зависимости магнитосопротивления 2D газа в кремниевых МДП структурах в параллельном магнитном поле” (2014)

Магистр А.В. Шилов. “ВИСМУТ-СОДЕРЖАЩИЕ СВЕРХПРОВОДНИКИ И ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ: СИНТЕЗ И СВОЙСТВА” (2022)

Аспир. О.А. Соболевский “Исследование сверхпроводимости в гидридах переходных металлов, пниктидах и халькогенидах железа” (2020)

Аспир. Шуплецов А.В. “Транспортные свойства гибридных Ван-дер Ваальсовых гетероструктур” (2023)

План лекций. Нобелевские и шнобелевские открытия в физике конденсированного состояния

- 1. Представление ОП , что и как мы исследуем в Центре
- 2. Введение в сверхпроводимость
- 3. История открытий в области сверхпроводимости
- 4. История и принцип работы ARPES
- 5. История и принцип работы СТМ
- 6. Диффузионный классический и квантовый транспорт. Интерференция электронных волн.
- 7. Прыжковый транспорт
- 8. Баллистический квантовый транспорт
- 9. Баллистический квантовый транспорт в магнитном поле и введение в квантовый эффект Холла
- 10. История Нобелевских премий в области конденсированного состояния.

План лекций:

- 11. Симметрия и топология в физике конденс. состояния
- 12. Туннельные эффекты в сверхпроводниках. Эффект Джозефсона и его применение.
- 12. Как устроены квантовые эталоны Ома и Вольта. Ампер ?
- 13. Дробный квантовый эффект Холла
- 14. Композитные фермионы: как электроны объединяются с квантами потока и меняют свой гендер
- 15. Корреляции в жидкостях. Ван-дер-ваальсовское взаимодействие. Почему металлы – пластичны, а диэлектрики- хрупкие.

Лучше посмотреть своими глазами и поработать руками в СУПЕРсовременной научной Лаборатории мирового уровня

Настоятельно рекомендуем студентам:

- ✓ Экскурсия в Лаборатории Центра (до 10 чел/день)
- ✓ 1-2 недельная практика в Лабораториях Центра в каникулы (конкурсный отбор до 10 кандидатур)

Запись на экскурсию:

Моргун Леонид Александрович

+7(499)1326907, 64-85

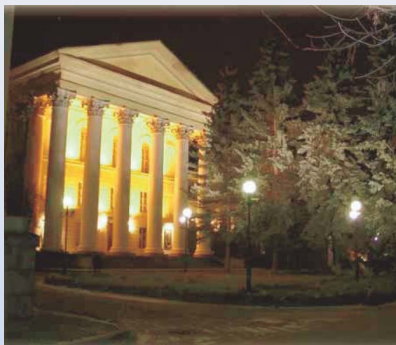
morgunla@lebedev.ru

morgun@gmail.com

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://sites.lebedev.ru/ru/ovsisns/4065.html>

Зам. Рук. по орг. вопросам: Моргун Леонид Александрович
morgunla@lebedev.ru тел: (499)1326907, (499)1326485
Telegram-канал: **Горизонты ФСиКМ**

Зам. Рук. ОП:

Кузьмичева Татьяна Евгеньевна

kuzmichevate@lebedev.ru