


**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)**

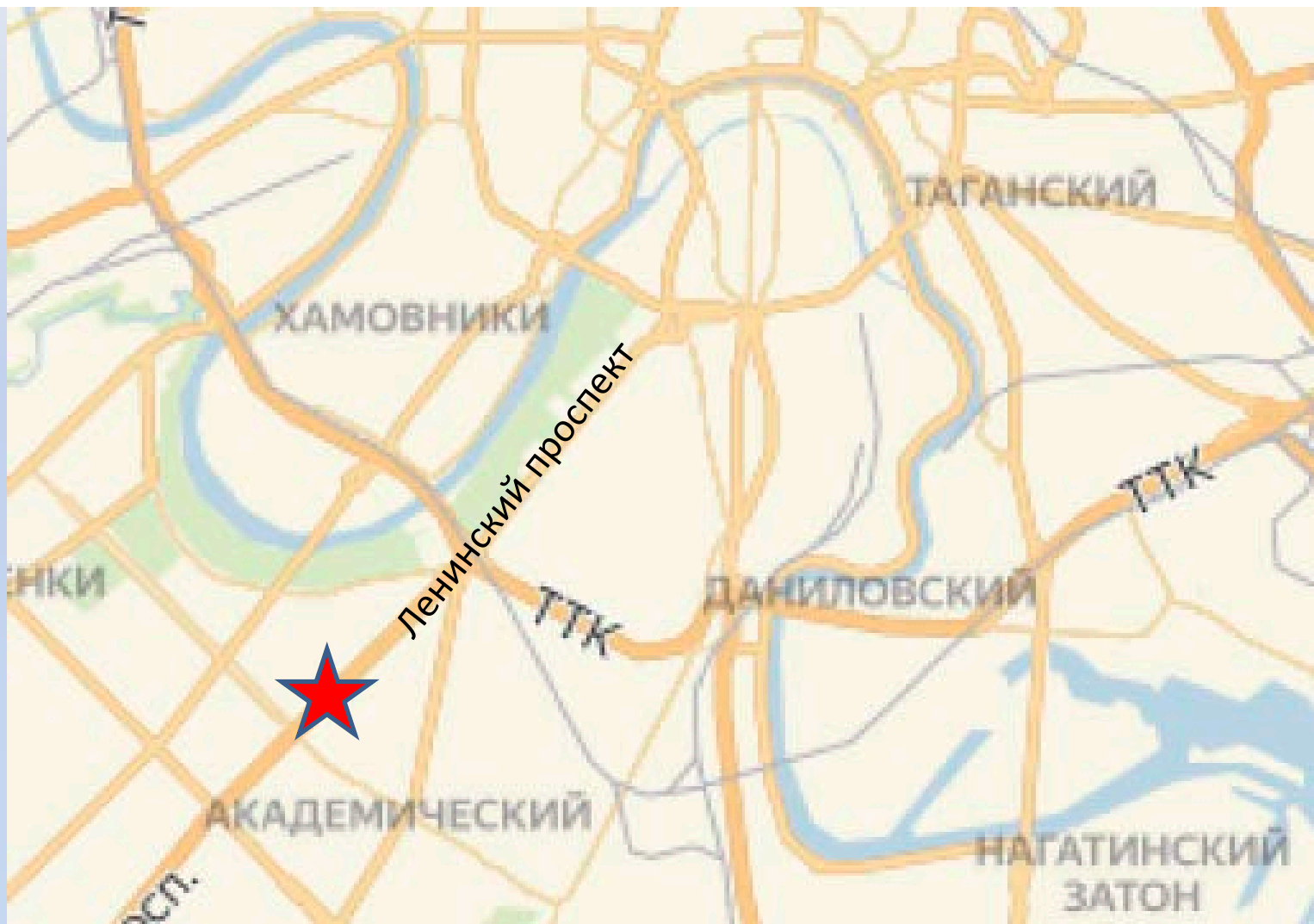


**Образовательная программа
Физика сверхпроводимости и
квантовых материалов**

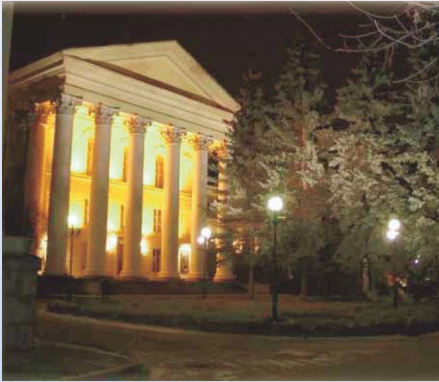
<https://gc.lebedev.ru/>

**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

тел: (499)132-6907, (499)132-6485

Зам. Рук. по науке: Кузьмичева Татьяна Евгеньевна
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

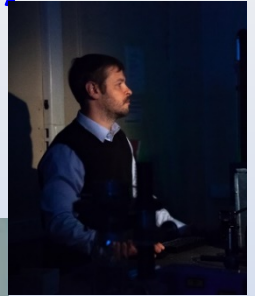


- **Каган М. Ю.**, член-кор. РАН, д.ф.-м.н.
Нетрадиционная сверхпроводимость



Преподаватели, лектора (обязательные курсы)

- **Кривобок В.С.** д.ф.-м.н., *Введение в физику квантоворазмерных систем*



- **Григорьев П.Д.**, д.ф.-м.н.

Квантовая физика твердых тел



- **Заикин А. Д.**, д.ф.-м.н., **Семенов А.Г.**, кфмн

Физика новых сверхпроводников и сверхпроводящих наноструктур



- **Рахманов А. Л.**, д.ф.-м.н.

Топологические эффекты в современной физике твёрдого тела



- **Гиппиус А.А.** д.ф.-м.н., *Квантовый магнетизм и методы исследования магнитной структуры*



Преподаватели, лектора (обязательные курсы)

- **Власенко В.А.** к.ф.-м.н.

Введение в физику конденсированного состояния.

- **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

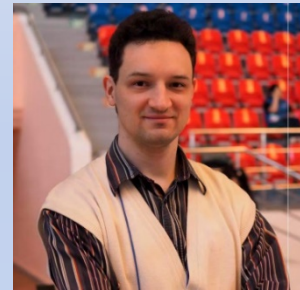
- **Усольцев А.С.** *Практикум по автоматизации эксперимента*

- **Перваков К.С.** *Физическое материаловедение*



Преподаватели, лектора (вариативные курсы)

- **Иоселевич А.С.**, проф., д.ф.-м.н.
Теория протекания и фракталы
- **Варлашкин А.В.**, к.ф.-м.н.
НИС "Технологии наноструктур"
- **Моргун Л.А.**, Введение в
вакуумную и криогенную технику
- **Борисов А.Э.**, *Методы измерений в
физике низких температур*
- **Кунцевич А. Ю.**, д.ф.-м.н.
Термодинамика низких температур.



Экскурсия по лабораториям Центра

Лаборатория синтеза новых материалов

■ Перваков К. С., Власенко В.А. к.ф.-м.н.

Синтез и рост кристаллов методами твердофазного синтеза

■ Шипулин И.А., к.ф.-м.н. – эпитаксия методом PLD



Синтез кристаллов новых ВТСП и квантовых материалов и характеристика



Экскурсия по лабораториям Центра

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



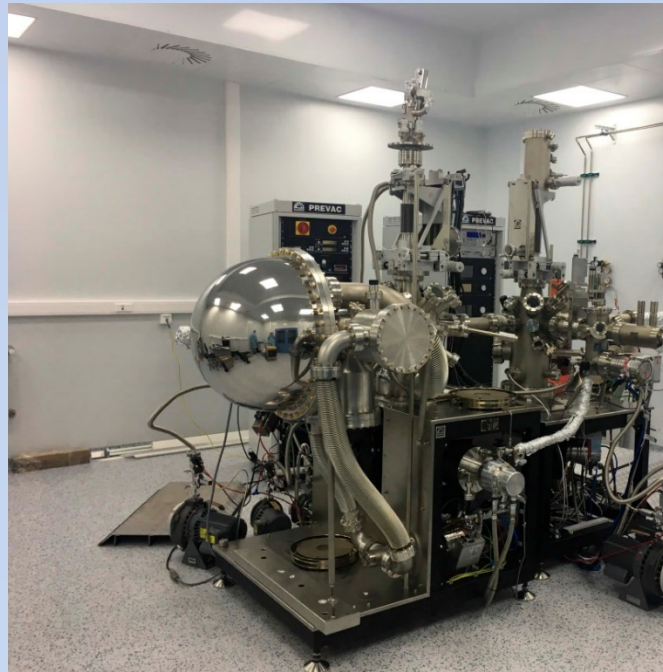
Экскурсия по лабораториям Центра

Лаборатории фотоэмиссионной спектроскопии с угловым разрешением «ARPES-Lab»

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

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

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



Экскурсия по лабораториям Центра

Лаборатории фотоэлектронной спектроскопии с угловым разрешением «ARPES-Lab»

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

Определение энергетического спектра электронов методом ARPES.

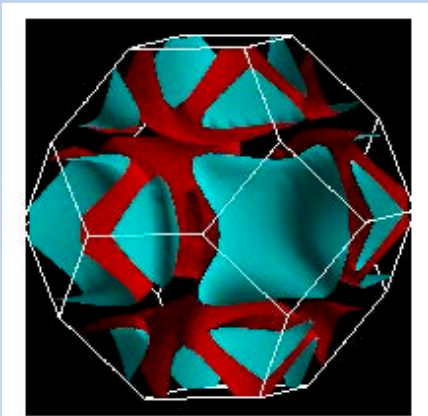
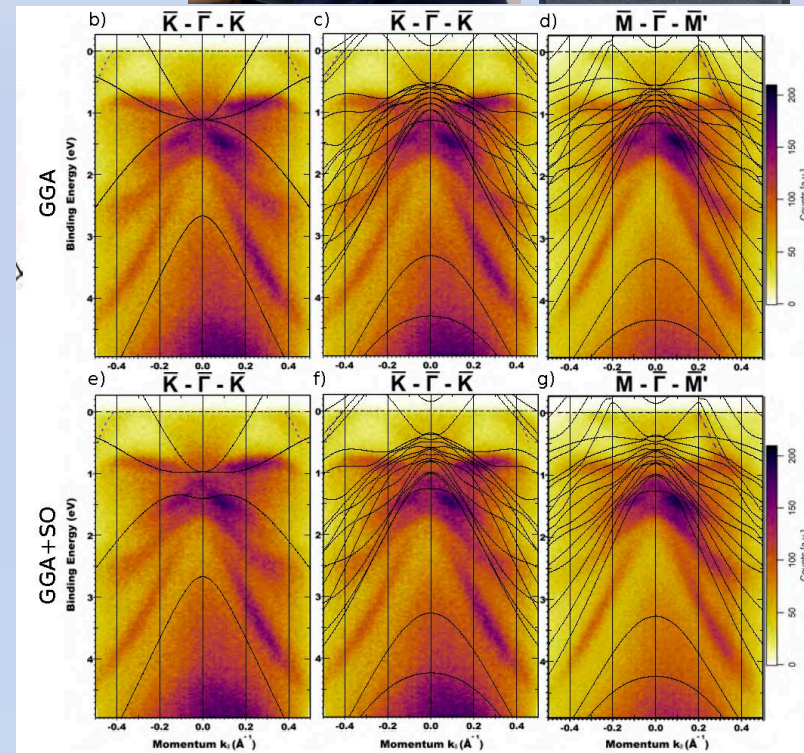
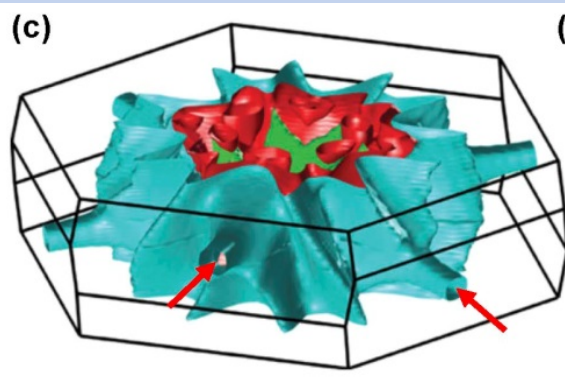


Figure 4 SnAs DFT/GGA calculated Fermi surface.



Изоэнергетические поверхности Ферми SnAs, Sn4As3 и зонная структура SnAs

Экскурсия по лабораториям Центра

Лаборатория технологии наноструктур

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

Изготовление наноструктур методами УФ, электронной литографии и фокусированным ионным пучком

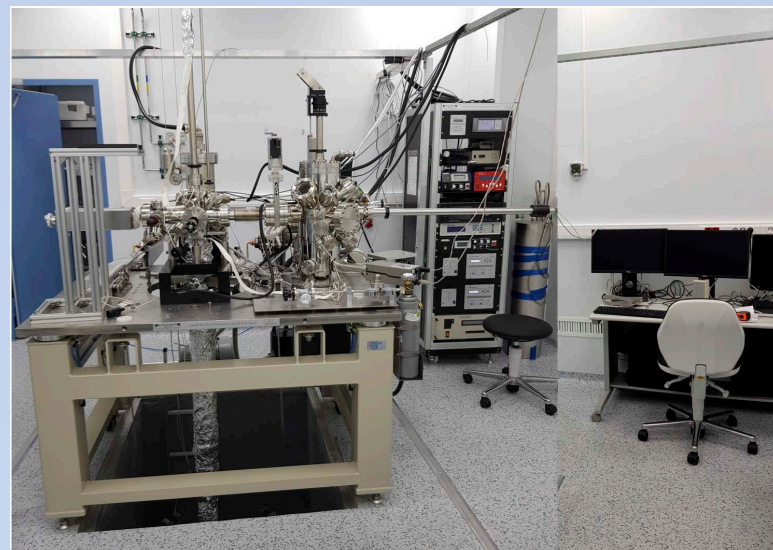
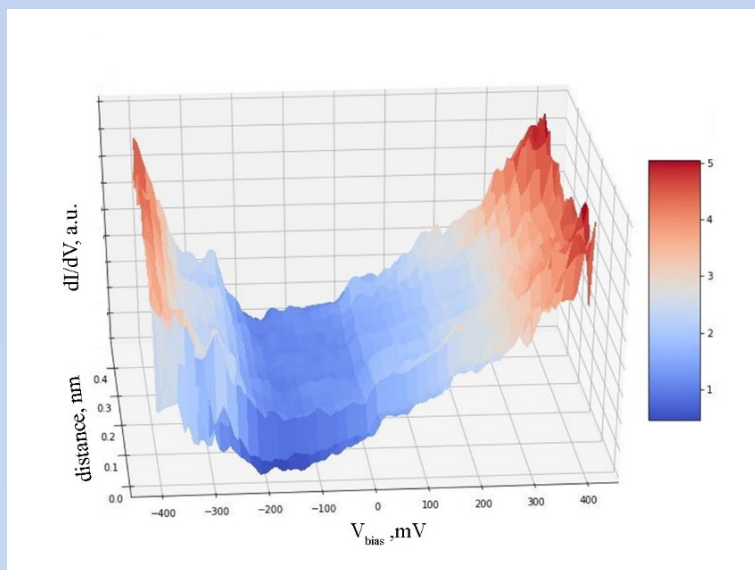


Экскурсия по лабораториям Центра

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



Unisoku USM-1300 (0.3K, 15Тл)

Экскурсия по лабораториям Центра

Лаборатория «Топологические изоляторы и ВдВ структуры»

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



Экскурсия по лабораториям Центра

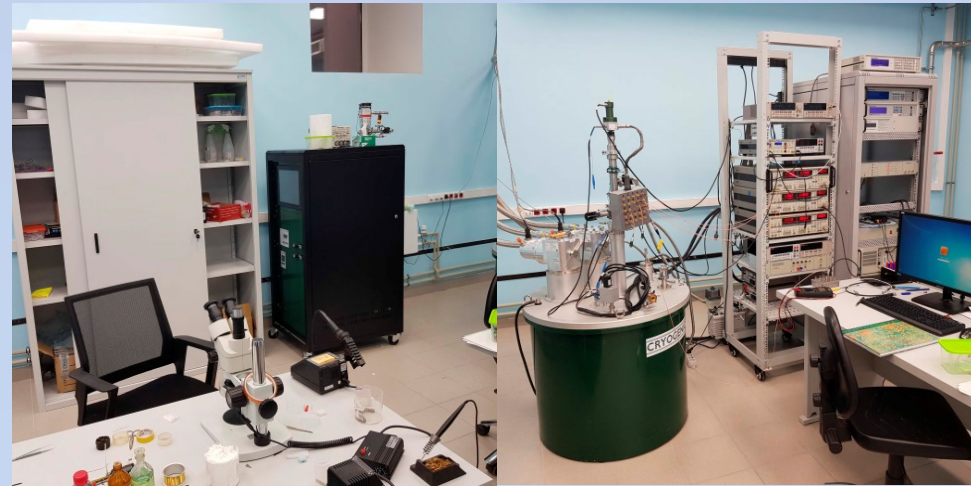
Лаборатория высокотемпературной сверхпроводимости при МБ-давлениях

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



Сильные поля (до 16Т) и МБ-давления

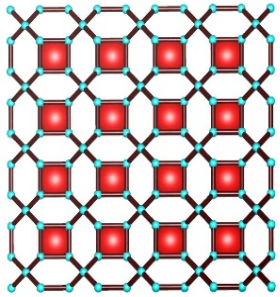
- ✓ намагниченность,
- ✓ магнитная восприимчивость,
- ✓ теплоемкость,
- ✓ критические поля,
- ✓ анизотропия крит. поля
- ✓ Анизотропия тензора магнитосопротивления



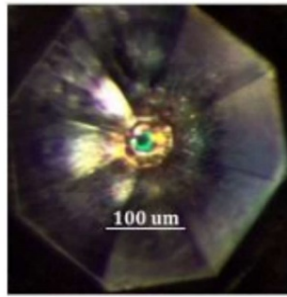
Установка CFMS-16

Высокотемпературная сверхпроводимость в гидридах

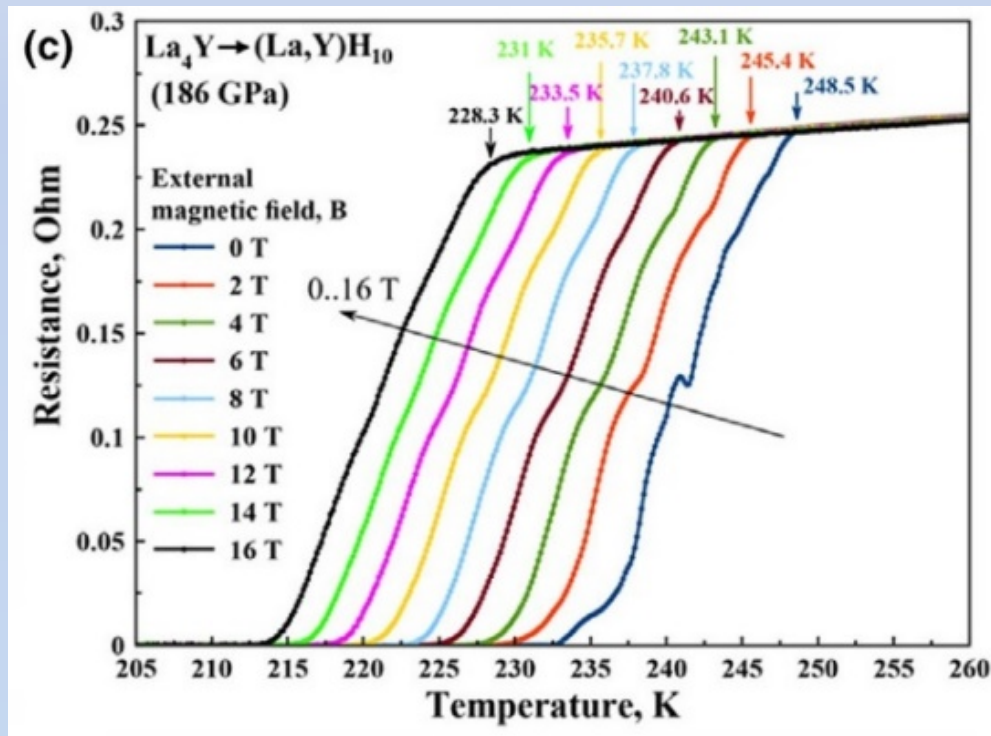
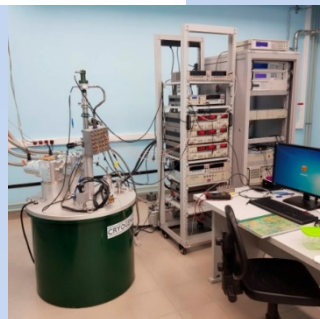
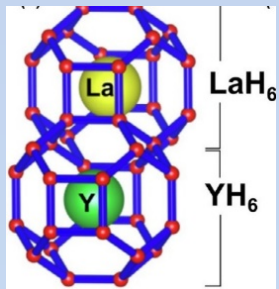
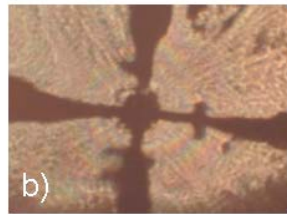
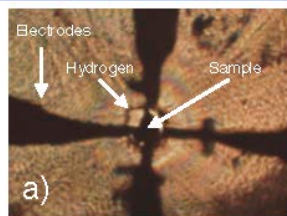
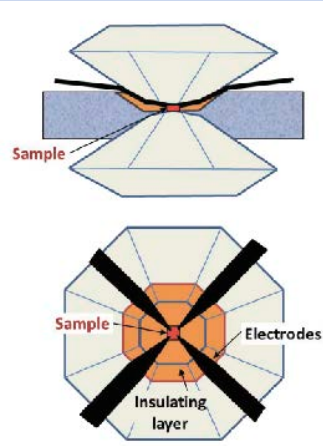
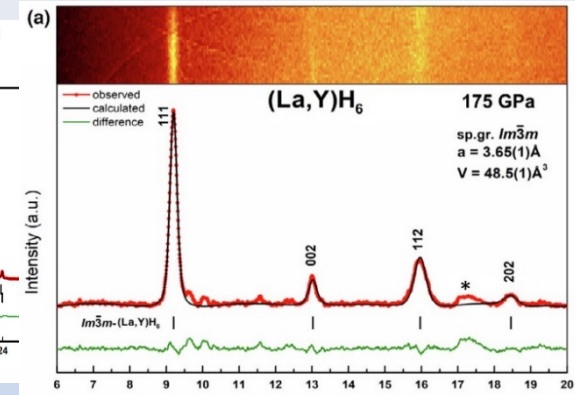
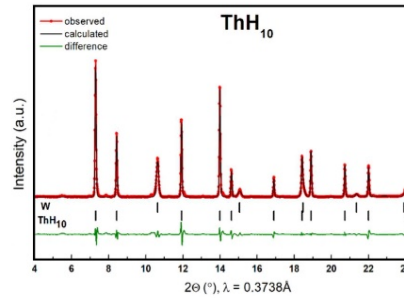
Computational prediction of new materials



Targeted experimental high-pressure synthesis

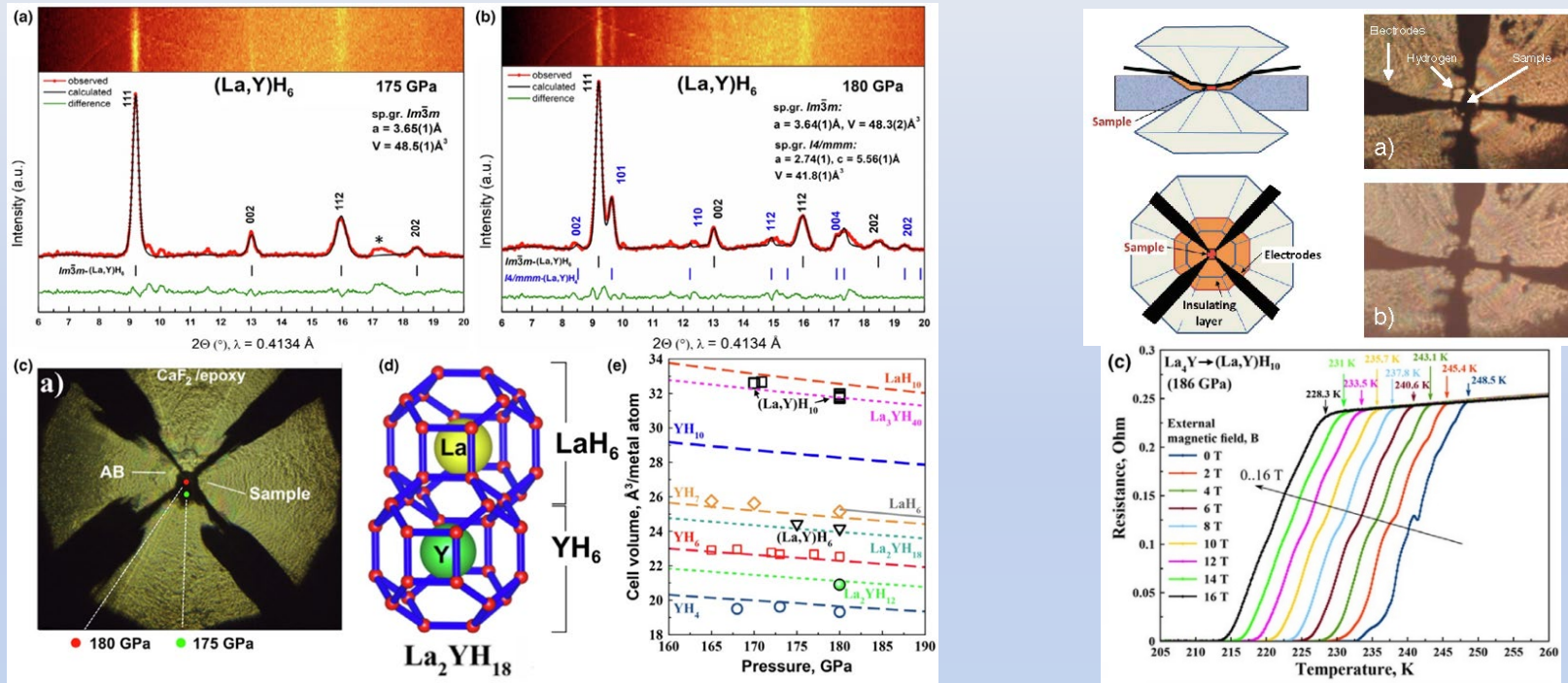


Experimental characterization of new materials



Экскурсия по лабораториям Центра

Высокотемпературная сверхпроводимость в гидридах



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

Экскурсия по лабораториям Центра

«Сверхпроводимость 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,^{1,*} Ivan A. Troyan,^{2,&} Alexander G. Kvashnin,^{1,&*} Michael Hanfland,³ Andrey V. Sadakov,⁴
Oleg A. Sobolevskiy,⁴ Kirill Pervakov,⁴ Vladimir M. Pudalov, Denis Karimov,² Alexander Vasiliev,^{2,5}
Anna G. Ivanova,² Alexander G. Gavriiliuk,^{2,6} Igor S. Lyubutin,² Ryosuke Akashi,⁷ and Artem R. Oganov^{1,8,9,*}

Anomalous high-temperature superconductivity in YH₆ @ 224K

Ivan A. Troyan,^{1,&} Dmitrii V. Semenov,^{2,&*} Alexander G. Kvashnin,^{2,&*} Andrey V. Sadakov,³
Oleg A. Sobolevskiy,³ Vladimir M. Pudalov,³ Anna G. Ivanova,¹ Vitali B. Prakapenka,⁴ Eran Greenberg,⁴



Установка CFMS-16

ELSEVIER

Superconductivity at 161 K in thorium hydride ThH₁₀: Synthesis and properties

Dmitry V. Semenov^{1,*,†}, Alexander G. Kvashnin^{1,2,†}, Anna G. Ivanova³,
Volodymyr Svitlyk⁴, Vyacheslav Yu. Fominski⁵, Andrey V. Sadakov⁶,
Oleg A. Sobolevskiy⁶, Vladimir M. Pudalov⁶, Ivan A. Troyan³, Artem R. Oganov^{1,2,7,*}

RESEARCH: Original Research

Экскурсия по лабораториям Центра

Лаборатория «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

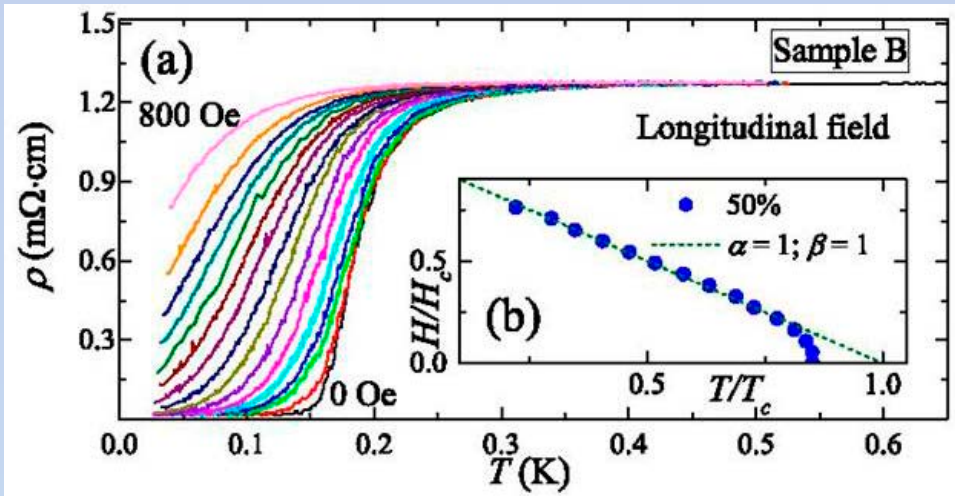
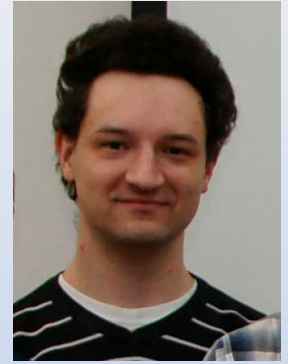


Экскурсия по лабораториям Центра

Лаборатория сверхнизких температур и СВЧ наноструктур

• Моргун Л.А., Борисов А. Э.

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



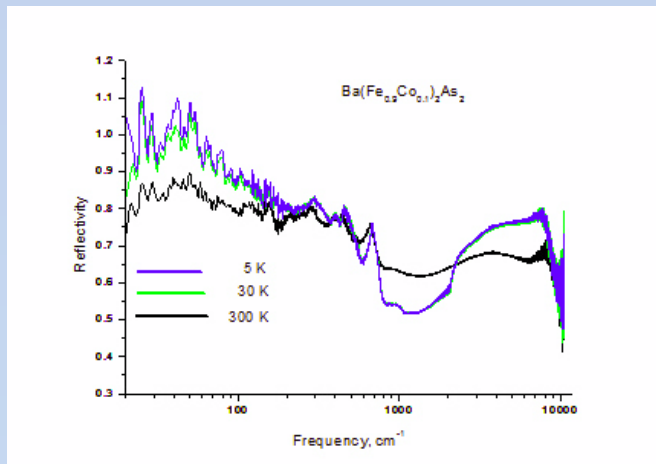
Установка BF-250LD
(температура 10мК)

Экскурсия по лабораториям Центра

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



Экскурсия по лабораториям Центра

Лаборатория 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

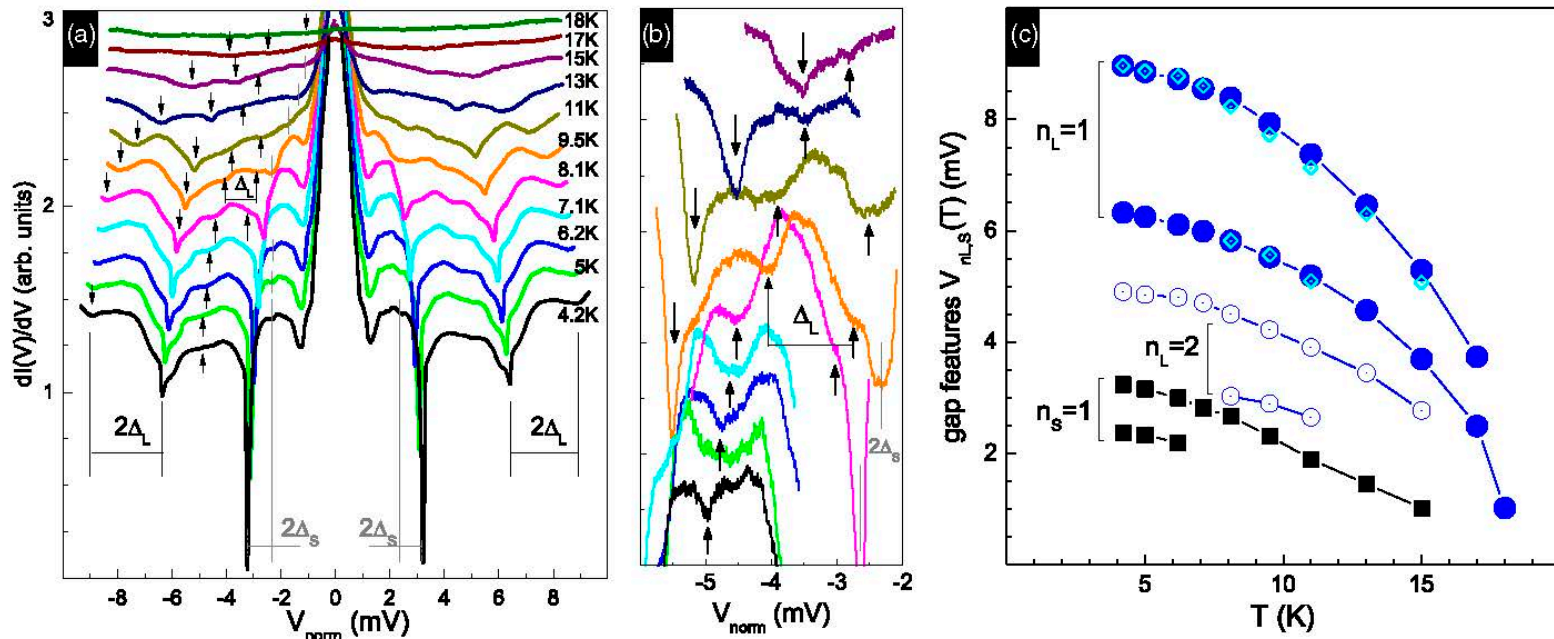


FIG. 2. (a) Normalized dynamic conductance spectrum of Andreev array measured at $T = 4.2\text{--}18$ K. The $dI(V)/dV$ curves are offset

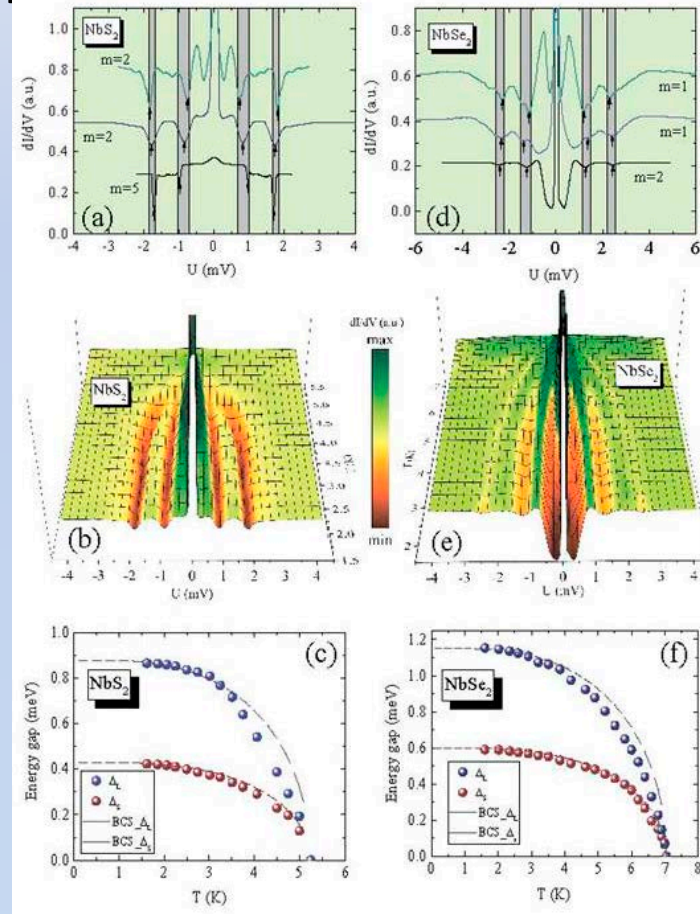
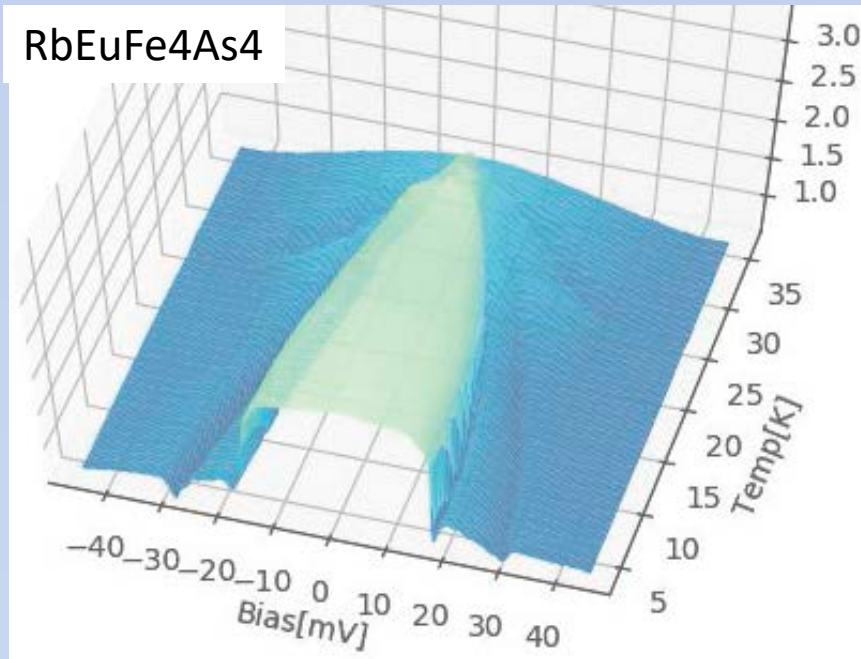
Экскурсия по лабораториям Центра

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, МФТИ, ВШЭ
- ✓ 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)**
- **Китай**

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) и выбрать желаемое(ые)
- Пройти собеседование с руководителем лаборатории

(см. на сайте gc.lebedev.ru)

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 нано-гетероструктур 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

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

Фундаментальная и прикладная физика микро-и наноструктур	ВНИИА- (Росатом) - И МФТИ	Э, Т	квантовая и прикладная оптика (ВНИИА) -Андрияш	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

**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

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

Или через деканат школы ЛФИ

До встречи в ФИАН!