



Московский институт электроники и
математики им. А.Н. Тихонова

Научно-учебная Лаборатория Квантовой
Наноэлектроники

КВАНТОВЫЕ ЭФФЕКТЫ В НИЗКОРАЗМЕРНЫХ ГИБРИДНЫХ НАНОСТРУКТУРАХ

Конкурс «Зеркальные Лаборатории»

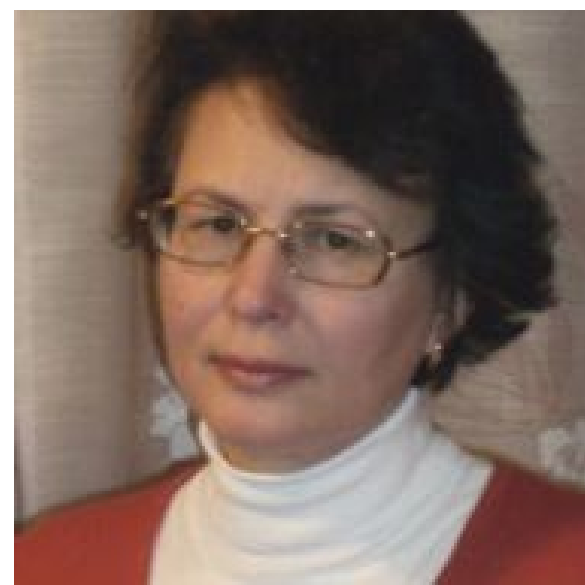
Москва, 2020



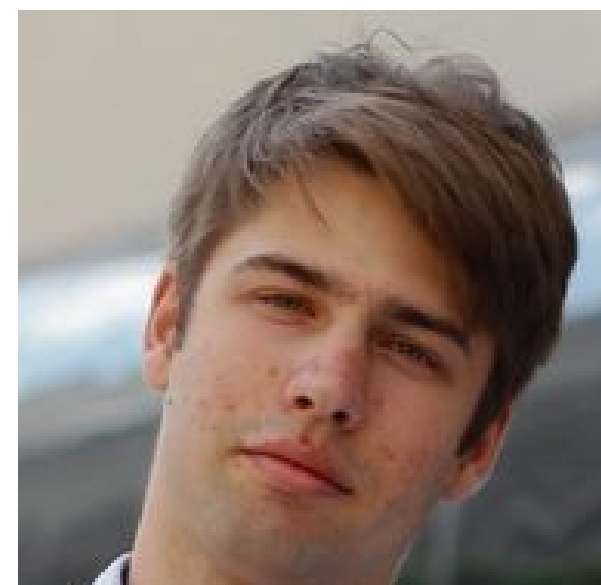
УЧАСТНИКИ ПРОЕКТА ЭКСПЕРИМЕНТ



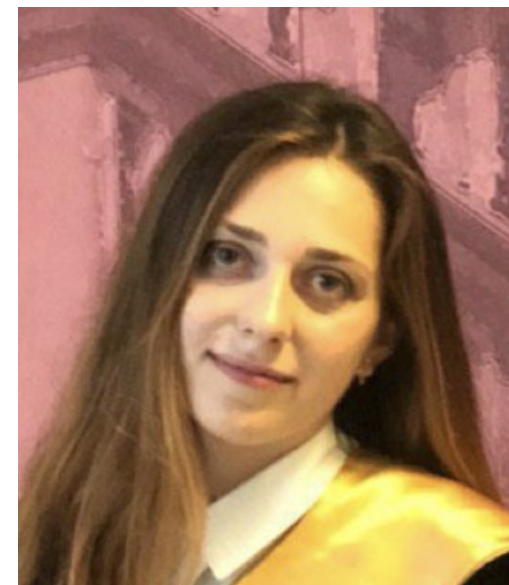
Арутюнов К. Ю.
профессор



Попова Е. А.
доцент



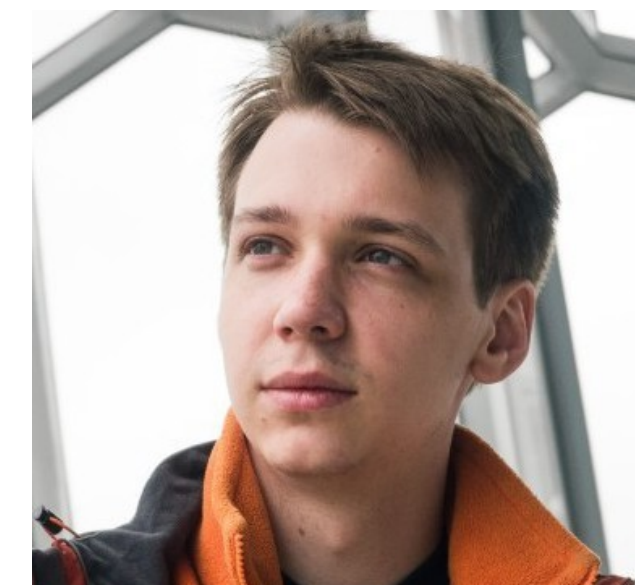
Седов Е. А.
аспирант



Заруднева А. А.
студент



Емельянова В. О.
студент

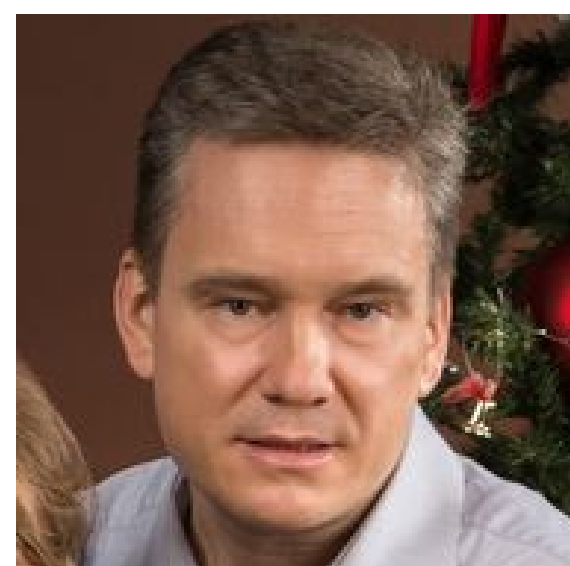


Шейн К. В.
студент



Трефилов Д. О.
студент

ТЕОРИЯ



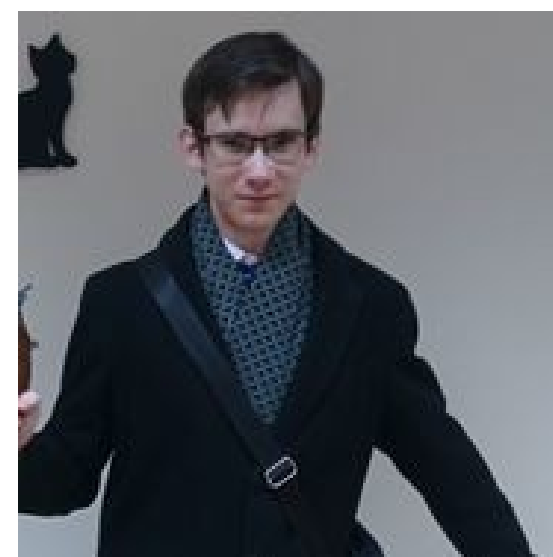
Васенко А. С.
профессор



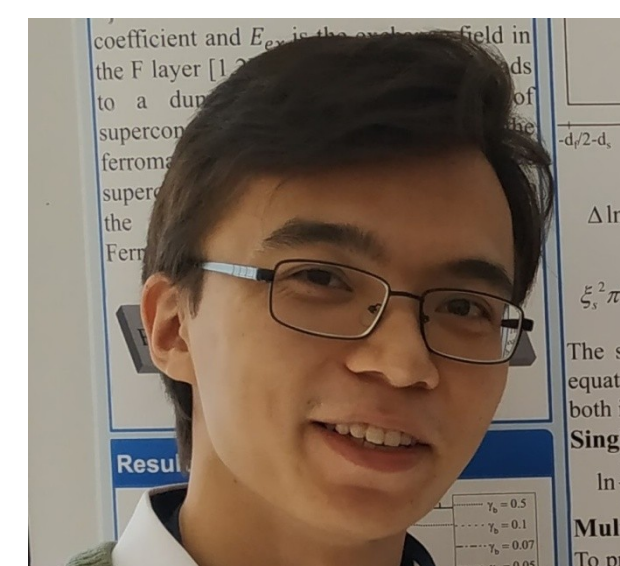
Пугач Н. Г.
доцент



Ихсанов Р. Ш.
доцент



Яговцев В. О.
аспирант



Карабасов Т. И.
студент



Губина А. С.
студент



Джепаров Д.И.
студент



Наши партнеры

Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы
Лаборатория «Наноэлектроника перспективных материалов»

Состав команды проекта:

Заведующий лабораторией:

Профессор Лачинов А.Н. (индекс Хирша – 22, 12 патентов РФ)

Д.ф.-м.н. Корнилов В.М. (150 науч. трудов)

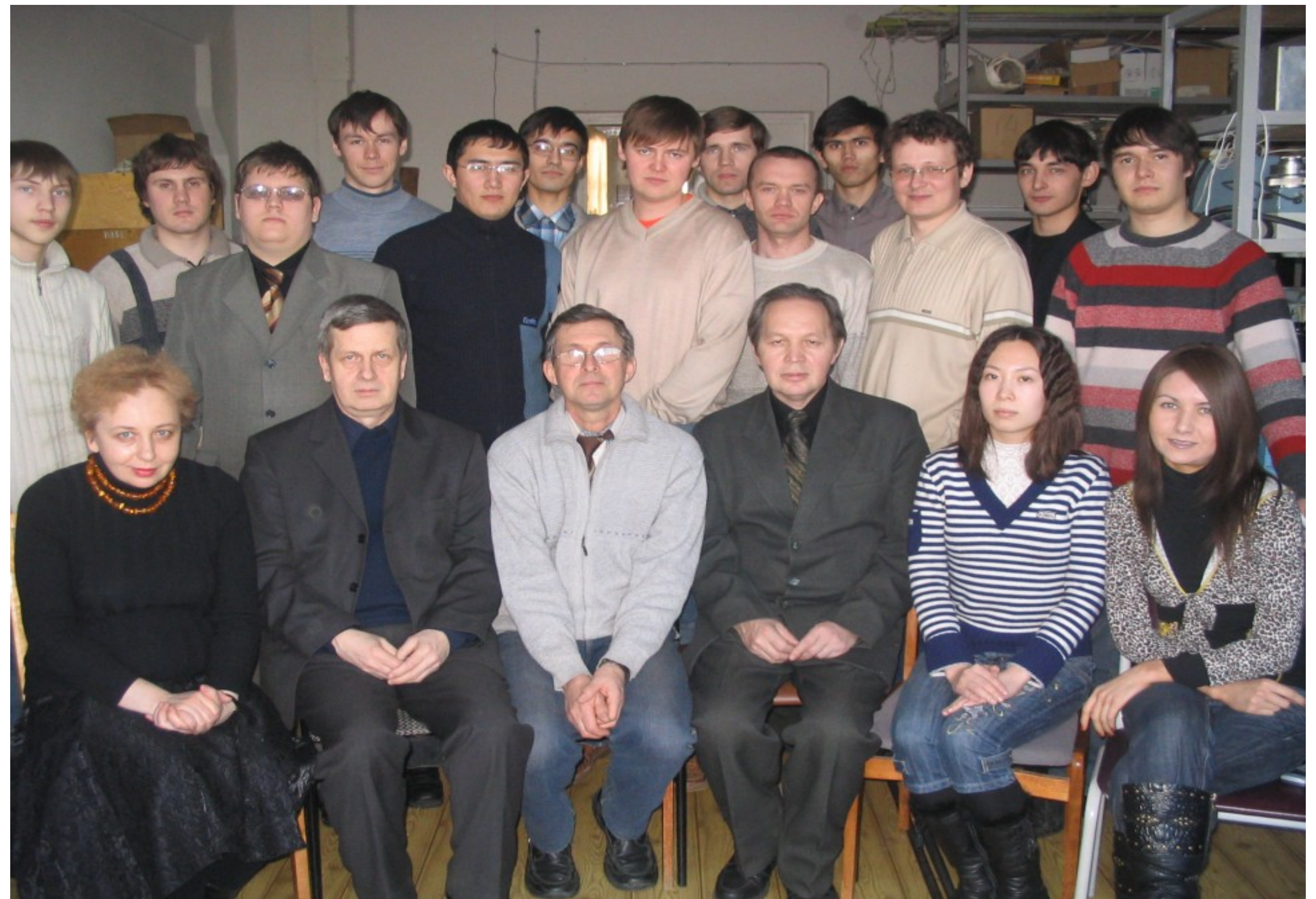
Профессор, д.ф.-м.н. Екомасов Е.Г. (116 науч. трудов)

Доцент, к.ф.-м.н. Юсупов А.Р. (25 науч. трудов)

Молодые сотрудники:

К.ф.-м.н. Калимуллина Л.Р. (9 науч. трудов)

К.ф.-м.н. Карамов Д.Д. (10 науч. трудов)



Составные части проекта

анализ

изготовление
дизайн

электронный
транспорт

магнитные и термо-
динамические
свойства

низкие температуры!

квантовая физика
конденсированного
состояния

ТЕХНОЛОГИЯ

эксперимент

ТЕОРИЯ

МЭНЕДЖМЕНТ





Содержание научного проекта

Лаборатория Квантовой Наноэлектроники МИЭМ

Планируется изучить ряд явлений в низкоразмерных гибридных системах, в которых квантовые особенности электронного транспорта проявляются наиболее ярко, приводят к качественно новым эффектам и могут быть использованы для конструирования элементов наноэлектронных устройств нового поколения. С этой целью будет проведено экспериментальное и теоретическое исследование низкоразмерных гибридных наноструктур, включающих функциональные полимеры, магнитные материалы, сверхпроводники, диэлектрики, и топологические изоляторы.

Работы можно условно разделить на пять взаимосвязанных процессов, выполняемых силами обеих лабораторий:

- Дизайн и изготовление объектов исследования (гибридных микро- и наноструктур).
- Характеризация и микроскопический анализ образцов.
- Исследование транспортных характеристик квантовых наноэлектронных систем пониженной размерности в широком температурном диапазоне (вплоть до 15 мК) и в магнитных полях до 8 Тл.
- Разработка теоретических моделей, описывающих транспортные характеристики низкоразмерных квантовых наноэлектронных систем.
- Исследование термодинамических и оптических свойств низкоразмерных металлооксидных соединений.
- Разработка рекомендаций по созданию прототипов наноэлектронных устройств и использованию результатов исследований.

Направления совместной деятельности НУЛ КНЭ и ЛНПМ БГПУ условно можно разделить на три параллельных и взаимодополняющих направления:

- научная деятельность;
- педагогическая работа;
- передача научного и педагогического опыта.

Тематика проекта соответствует направлению «Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта» Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, приоритетному направлению развития науки, технологий и техники Российской Федерации «Индустрия наносистем и материалов», перечню критических технологий Российской Федерации «Нанотехнологии и наноматериалы» и «Технологии создания электронной компонентной базы», отвечает требованиям Указа Президента Российской Федерации от 01.12.2016 № 642 (п.2) «Поддержка фундаментальной науки как системообразующего института долгосрочного развития нации является первоочередной задачей государства», приоритетам развития региональной политики РФ, обозначенным в Указе Президента Российской Федерации от 16.01.2017 г. № 13 "Об утверждении Основ государственной политики регионального развития Российской Федерации на период до 2025 года", дорожной карте РФ по развитию квантовых вычислений, передачей и обработкой информации с применением методов квантовой логики и криптографии.



Предполагаемые формы проведения совместного научного исследования

Научное сотрудничество предполагается вести по нескольким взаимосвязанным направлениям:

- передача опыта ведения научной и преподавательской деятельности;
- обмен научной информацией, конкретными знаниями и методиками;
- обмен образцами для экспериментального исследования;
- обмен студентами и научными сотрудниками;
- обмен спецкурсами и лекторами;
- выполнение совместной научной работы;

Исходя из двух основных научно-педагогических задач проекта:

- привлечение к работе и обучению в совместном проекте талантливой молодежи, интересующейся современными вопросами квантовой электроники, информатики и телекоммуникаций;
- развитие научной школы в ЛНПМ БГПУ и вывод ее на международный научный уровень по различным направлениям современной нанoeлектроники.

Для реализации научного сотрудничества и передачи опыта будут задействованы все подходящие формы, принятые в научном сообществе, а именно:

- Организация и проведение совместных семинаров проведение международного воркшопа на базе МИЭМ НИУ ВШЭ и БГПУ. Совместные семинары будут организованы как в Москве на базе МИЭМ НИУ ВШЭ, так и в Уфе в Башкирском государственном педагогическом университете им. М. Акмуллы.
- Проведение онлайн-семинаров и совещаний в малых группах на платформах Zoom, Jitsi или Skype.
- Вовлечение студентов и аспирантов обоих университетов в проектную и научную деятельность в рамках совместного научного исследования
- Стажировки студентов и научных сотрудников ЛНПМ БГПУ в МИЭМ НИУ ВШЭ и наоборот, с целью обмена научными знаниями.
- Взаимные выступления на семинарах принимающей лаборатории.
- Обмен миникурсами и онлайн-курсами.
- Совместные публикации в высокорейтинговых научных журналах
- Представление результатов на международных и российских конференциях.
- Популяризация достижений участников проекта в средствах массовой информации ВУЗов участников и других, в том числе центральных.

План работ совместного научного исследования

Перечень работ, выполняемых за счет средств НИУ ВШЭ	Перечень работ, выполняемых за счет Университета-партнера
2020 г.	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Установление экспериментальной зависимости критической температуры T_c сверхпроводящей пленки алюминия от толщины и, вероятно - некой корреляции между T_c и подложкой и/или структурой пленки. 2. Разработка формализма для описания влияния размерных эффектов на T_c сверхпроводящих пленок. 3. Расчет обратного эффекта близости (наведенной намагниченности) в бислое сверхпроводник-сильно-ферромагнитный металл. 4. Расчёт критической температуры в структурах сверхпроводник - топологический изолятор с наведённой геликоидальной намагниченностью. 5. Экспериментальные исследования оптических свойств R_2BaNiO_5 6. Проведение вебинара и 2х рабочих on-line совещаний (со стороны НИУ ВШЭ), организация визита Зав. ЛНПМ БГПУ в МИЭМ НИУ ВШЭ (частично) и семинара с приглашением сторонних докладчиков, визит сотрудников НУЛ КНЭ, студентов или аспирантов МИЭМ НИУ ВШЭ в БГПУ (по возможности, в зависимости от эпидемиологической обстановки) 7. Публикация статей и тезисов докладов 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оптимизация технологии изготовления гибридных металл/органических пленок при вариации толщин металла и органического материала, определение морфологии поверхности образцов и надмолекулярной структуры. 2. Исследование проводимости при температурах выше 6К. 3. Расчет концентрации и подвижности собственных носителей заряда в рамках инжекционной модели. 4. Расчет вынужденных осцилляций связанных магнитных вихрей и влияние размеров наностолбчатой структуры, поляризованного тока и внешнего магнитного поля на основные моды и пороги их возбуждения. 5. Проведение вебинара и 2х рабочих on-line совещаний (со стороны БГПУ). 6. Организация семинара с приглашением молодых ученых, студентов, ведущих ученых (по возможности, в зависимости от эпидемиологической обстановки). 7. Публикация статей и тезисов докладов
2021 г.	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Измерение гальваномагнитных характеристик сдвигей сверхпроводник-изолятор-сверхпроводник-изолятор -... Экспериментальное определение критической температуры сверхпроводящего перехода. 2. Расчет нормальной и аномальной функций Грина в тонкой сверхпроводящей пленке, решение уравнений Горькова с учетом рассеяния электронов на границах кристаллитов и других дефектах кристаллической решетки, а также квантового размерного эффекта. 3. Расчёт вольт-амперных характеристик джозефсоновских контактов с ферромагнитными прослойками с учётом параметров магнитного и спин-орбитального рассеяния в ферромагнетике. 4. Экспериментальные исследования термодинамических свойств R_2BaNiO_5 в отсутствии внешнего магнитного поля. 5. Проведение вебинара и 3х рабочих on-line совещаний (со стороны НИУ ВШЭ). 6. Организация семинара в МИЭМ НИУ ВШЭ с приглашением иностранных ученых, визит студентов или аспирантов МИЭМ НИУ ВШЭ в БГПУ 7. Публикация статей и тезисов докладов 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Подготовка и создание многослойных образцов с различными толщинами органического слоя в пределах длины волны де Бройля в полимерном материале. Для изучения размерного эффекта. 2. Создание серии планарных образцов переменного состава со структурой квазидвумерного электронного газа. 3. Паспортизация электронных свойств подготовленных образцов. 4. Расчет условий, необходимых для отдельного переключения полярности и киральности вихрей в магнитных слоях в зависимости от величины тока, внешнего магнитного поля и параметров структуры. 5. Проведение вебинара и 3х рабочих on-line совещаний (со стороны БГПУ), организация семинара в БГПУ с приглашением иностранных ученых, визит студентов и аспирантов БГПУ в МИЭМ НИУ ВШЭ 6. Участие в конференциях с результатами проекта 7. Публикация статей и тезисов докладов.
2022 г.	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Измерение гальваномагнитных характеристик слоистых сверхпроводящих полимеров. Экспериментальное определение критической температуры сверхпроводящего перехода. Установление корреляции между толщиной слоев и критической температурой. 2. Теоретическая разработка нового вида болометра на основе гибридной наноструктуры, включающей слои диэлектрика, сверхпроводника, и нормального не сверхпроводящего металла; разработка измерительного метода с помощью такого болометра для исследования космического излучения. 3. Теоретическое исследование эффектов близости и Джозефсона в структурах сверхпроводник - ферромагнетик на поверхности трёхмерного топологического изолятора. Исследование возможной реализации фермиона Майорана в таких структурах. 4. Экспериментальные исследования термодинамических свойств R_2BaNiO_5 в присутствии внешнего магнитного поля. 5. Проведение вебинара и 3х рабочих on-line совещаний (со стороны НИУ ВШЭ). 6. Посещение семинара в ЛНПМ БГПУ штатными работниками НУЛ КНЭ НИУ ВШЭ, студентами и аспирантами МИЭМ НИУ ВШЭ. 7. Публикация статей и тезисов докладов 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка и создание многослойных образцов, включающих в себя ферромагнитные слои в качестве инжектора спинов для изучения низкотемпературного огромного магнетосопротивления. 2. Создание оптимизированных образцов для исследования размерных явлений в одно и двумерных гибридных системах. 3. Паспортизация электронных свойств образцов и гетероструктур на основе органического диэлектрика. 4. Расчет влияния существующих в реальных наноструктурах геометрических неоднородностей структуры и дефектов, связанных с неоднородностью магнитных параметров материала на вынужденные осцилляции связанных магнитных вихрей и переключение их полярности. 5. Проведение вебинара и 3х рабочих on-line совещаний (со стороны БГПУ), организация семинара в ЛНПМ БГПУ с участием штатных работников НУЛ КНЭ НИУ ВШЭ, а также студентов и аспирантов МИЭМ НИУ ВШЭ. 6. Участие в конференциях 7. Публикация статей и тезисов докладов

Требуемое финансирование: 2 млн руб. в год с каждой стороны. БГПУ им. М. Акмуллы готов предоставить соответствующее финансирование.

**Перечень показателей эффективности выполнения совместного научного исследования**

№	Наименование показателя	2020	2021	2022
1.	Количество публикаций, индексируемых в базах данных WoS, Scopus, штатных работников НУЛ КНЭ НИУ ВШЭ и штатных работников ЛНПМ БГПУ по тематике проекта	5	6	7
2.	Количество публикаций тезисов докладов на конференциях* штатных работников НУЛ КНЭ НИУ ВШЭ и штатных работников ЛНПМ БГПУ по тематике проекта	3	6	6
3.	Количество студентов и аспирантов НИУ ВШЭ и Университета-партнера, вовлеченных в проектную и научную деятельность в рамках совместного научного исследования	8	9	10
4.	Количество расчетных программ, созданных по итогам совместного научного исследования	0	1	1
5.	Количество научных мероприятий, проведенных в рамках совместного научного исследования	1 вебинар, анонсированный на странице лаборатории, 2 рабочих совещания	1 вебинар, 1 международный семинар, 3 рабочих совещания	1 вебинар, 1 семинар, 3 рабочих совещания
6.	Количество стажировок работников, студентов, аспирантов НИУ ВШЭ в БГПУ и работников, студентов, аспирантов БГПУ в НИУ ВШЭ	0	2	2
7.	Чтение миникурсов (очно или on-line) штатных работников НУЛ КНЭ НИУ ВШЭ и штатных работников ЛНПМ БГПУ в университете-партнере	0	1	1

