

**Концепция  
базовой кафедры «Нанoeлектроника и фотоника» при Институте радиотехники  
и электроники им. В.А. Котельникова РАН факультета физики Национального  
исследовательского университета «Высшая школа экономики»**

**1. Предпосылки создания в структуре факультета физики НИУ ВШЭ базовой кафедры «Нанoeлектроника и фотоника» при Институте радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН (далее – кафедра)**

Название кафедры отражает основные тенденции в развитии современной электроники и ее интеграцию с разнообразными методами передачи и обработки информации. Задачей кафедры является подготовка высококвалифицированных специалистов, способных на современном уровне решать разнообразные проблемы, возникающие в современной физике твердого тела, нанoeлектронике, спинтронике, фотонике и смежных областях. Для решения этой задачи объединены усилия ведущих экспериментаторов и теоретиков, причем не только из Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН (ИРЭ РАН), но и из других институтов. В разработке специальных курсов участвуют ученые, активно работающие в областях нанofизики и нанотехнологий, фотоники, физики твердого тела, включая физику топологических материалов, и др. Кроме этого, задачей кафедры является ознакомление студентов с современными исследованиями в этих областях.

Выпускники кафедры будут обладать навыками экспериментальной и теоретической работы на современном уровне в таких современных областях физики как: физика топологических материалов и структур, сверхпроводящая электроника, плазмоника, спинтроника, физика поверхности, физика квантовых материалов, прикладная электродинамика, физические основы квантовых вычислений и квантовых коммуникаций, фотоника, спин-фотоника, и др.

**2. Состояние предметной области в России и за рубежом**

Нанoeлектроника и фотоника являются одними из наиболее динамично развивающихся областей физики. Интерес к нанoeлектронике связан как с новыми физическими явлениями, возникающими при уменьшении размеров систем до нанометровых, так и с открывшейся возможностью создания практически полезных устройств, использующих структуры нанометровых размеров. Косвенным свидетельством интереса к этой области во всем мире является появление большого количества новых научных высокорейтинговых журналов, специализирующихся на публикациях в области нанofизики, нанoeлектроники и нанотехнологий. Не менее перспективной и интересной как с научной, так и с прикладной точек зрения является фотоника — активно развивающаяся, современная область знаний.

С переходом из радиодиапазона в оптическую область спектра открываются широкие перспективы по увеличению скорости передачи и обработки информации. Наиболее ярким примером является оптическая связь, волоконная оптика, вытесняющая собой проводные аналоги и являющаяся в настоящее время основой современной телекоммуникации, интернета. Не менее интересным и крайне перспективным направлением с прикладной точки зрения является оптическая

сенсорика на основе интегральных и волоконных технологий. Трудно себе представить современный мир и без лазерных технологий, используемых в настоящее время практически во всех сферах деятельности человека. Отдельного внимания заслуживает новое, перспективное направление радиофотоники, объединяющее в себе преимущества и достижения радиофизики и современной фотоники. И, конечно же, квантовые технологии, немыслимые без современных представлений о фотонике и квантовой механике.

### **3. Обоснование создания кафедры**

ИРЭ РАН является одним из лидеров российской науки в области современной физики твердого тела, квантовых материалов, наноэлектроники, сверхпроводниковой электроники, волоконной оптики, волоконной сенсорики, лазерной физики. Достижения ученых института широко известны в мировой научной общественности, а разработанные технологии легли в основу уникальных разработок, в том числе, внедренных в промышленную эксплуатацию и при этом не имеющих мировых аналогов. При обучении на кафедре студенты будут получать знания во всех этих областях. Объединение компетенций позволит использовать достижения этих областей как для получения новых научных знаний, так и для решения современных прикладных задач на новом уровне.

### **4. Цель создания и задачи кафедры**

Целью создания кафедры является использование исследовательского и преподавательского потенциала наиболее активно работающих научных сотрудников ИРЭ РАН для развития системы подготовки студентов факультета физики, создания на факультете физики научно-образовательного центра мирового уровня в областях современной физики твердого тела, электроники, спинтроники и фотоники. Участие специалистов ИРЭ РАН в осуществлении образовательного процесса позволит улучшить баланс между теоретической подготовкой и развитием практических навыков студентов в перечисленных областях современной физики.

Основными задачами кафедры является разработка направления наноэлектроники и фотоники в образовательной программе «Физика» бакалавриата и магистратуры, подготовка научных кадров в аспирантуре, обучение студентов физике конденсированного состояния на современном уровне, а также вовлечение студентов в сам процесс исследования, формирование образованных специалистов, способных работать в широкой области современной физики и наукоемких технологий.

### **5. Описание образовательной деятельности кафедры**

Образовательная деятельность кафедры включает в себя работу по новому набору на факультет физики и кафедру, подготовку и проведение лекций и семинаров по разработанной программе образования специалистов в современной физике твердого тела, наноэлектронике, спинтроники, фотонике. Обучение студентов планируется проводить также путем вовлечения в исследовательскую работу в лабораториях. Руководство дипломными работами бакалавров, диссертационными

работами магистров и аспирантов будет осуществляться ведущими специалистами ИРЭ РАН.

Предлагаемый ниже перечень курсов в бакалавриате и магистратуре кафедры подразумевает:

1. Основная специализация – наноэлектроника и фотоника. Будут прочитаны курсы и проведено практическое обучение по современной физике твердого тела (включая топологические материалы), сверхпроводимости, физике поверхности, первопринципным расчетам, магнитным явлениям и спинтронике, фотонике, физическим основам квантовых вычислений и коммуникаций.

2. Направления подготовки:

- физика конденсированных сред;
- квантовый транспорт и мезоскопика;
- сверхпроводимость;
- спинтроника;
- физика поверхности;
- прикладная электродинамика;
- фотоника и лазерная физика.

3. В бакалавриате занятия в ИРЭ РАН начинаются с третьего курса (с 5-го осеннего семестра):

- 1 учебный базовый день в 5-ом и 6-ом семестрах,
- 4 смежных учебных базовых дня в 7-ом семестре (2 учебных дня +2 НИР),
- 4 смежных учебных базовых дня в 8-ом семестре (1 учебный день +3 НИР),

защита диплома.

В магистратуре занятия в ИРЭ РАН начинаются с первого курса (с 9-го осеннего семестра)

- 4 смежных базовых дня в 9-ом семестре (1 учебный день + 3 НИР),
- 4 смежных базовых дня в 10-ом семестре (1 учебный день + 3 НИР),
- 5 смежных базовых дней в 11-ом семестре (5 НИР),
- 5 смежных базовых дней в 12-ом семестре (5 НИР), защита магистерской диссертации.

Учебные дни в ИРЭ РАН (5-10 семестры, бакалавриат/магистратура) предполагают лекции-семинары и практические/лабораторные занятия, НИР, защиты диплома/магистерской диссертации.

4. Предполагаемый посеместровый перечень курсов.

Бакалавриат:

3-й курс, V семестр, 1-й и 2-й модули:

- Симметрия и теория групп в физике (И.В. Загороднев);
- Основы магнетизма (А.Р. Сафин/Д.В. Калябин);
- НИС Технология микро- и наноразмерных устройств (А.А. Ильин);
- НИС Современные методы электрофизических измерений (С.В. Зайцев-

Зотов).

VI семестр, 1-й и 2-й модули:

- Кинетика электронов в твердых телах (К.Э. Нагаев);
- Наномагнетизм и спинтроника (А.Р. Сафин/Д.В. Калябин);

4-й курс, VII семестр, 1й и 2й модули:

- Динамика электронов в неупорядоченных системах (К.Э. Нагаев);

- Магнитно-резонансные методы исследования твердых тел (В.В. Демидов);
- НИС Основы криогенной техники (И.А. Кон);
- НИС Основы физики поверхности (Н.И. Федотов);
- Семинар по научной литературе «Современные проблемы нанофизики и фотоники».

VIII семестр, 1-й и 2-й модули:

- Топология и симметрия в физике (И.В. Загороднев);
- Прикладная электродинамика (А.С. Соболев);
- НИС Магнитооптика и оптомагнетизм (М.В. Логунов).

Магистратура:

XI семестр, 1-й и 2-й модули:

- Введение в сверхпроводниковую электронику (В.В. Павловский);
- Низкоразмерные электронные системы (А.А. Заболотных);
- Лазерная физика и нелинейная оптика (А.М. Смирнов);
- НИС Спин-фотоника (М.В. Логунов)

XII семестр, 1-й и 2-й модули:

- Прикладная фотоника и волоконная оптика (О.В. Бутов);
- Зарядовое упорядочение в конденсированных средах (А.А. Синченко);
- Лазерная физика и нелинейная оптика (А.М. Смирнов)
- НИС Методы математического моделирования многоэлектронных систем (В.В. Павловский);

## **6. Описание научно-исследовательской и иной деятельности кафедры**

Работники кафедры будут проводить экспериментальные и теоретические исследования в области современной физики твердого тела, наноэлектроники, квантовых материалов, сверхпроводниковой электроники, волоконной оптики, волоконной сенсорики, лазерной физики.

## **7. Взаимодействие со структурными подразделениями НИУ ВШЭ, а также сторонними организациями**

Сотрудники ИРЭ РАН давно и продуктивно взаимодействуют с физиками-экспериментаторами и теоретиками базовых Институты РАН – партнеров НИУ ВШЭ, сотрудничают с рядом международных ведущих научных организаций в рамках выполнения совместных научно-исследовательских работ и грантов. Включение кафедры в состав факультета физики НИУ ВШЭ расширяет возможности сотрудников кафедры и ИРЭ РАН в научно-образовательном взаимодействии с факультетами и институтами НИУ ВШЭ, в том числе с департаментом физики Санкт-Петербургской школы физико-математических и компьютерных наук.

## **8. Ожидаемые результаты от создания кафедры**

Результатом создания кафедры явится разработка целого ряда новых учебных дисциплин бакалавриата и магистратуры в рамках образовательной программы «Физика» НИУ ВШЭ, обучение студентов по этим дисциплинам на современном уровне, а также вовлечение студентов в сам процесс исследования, формирование

образованных специалистов, способных работать в широкой области современной физики и наукоемких технологий, а также подготовка высококвалифицированных научных кадров в аспирантуре. Выпускники кафедры будут обладать навыками экспериментальной и теоретической работы на современном уровне в таких современных областях физики как: физика топологических материалов и структур, сверхпроводящая электроника, спинтроника и спин-фотоника, физика поверхности, прикладная электродинамика, фотоника, лазерная физика и др.

## **9. Сведения о руководителе и о кадровом составе**

Сведения о кандидатуре заведующего кафедрой:

Зайцев-Зотов Сергей Владимирович, д.ф.-м.н., профессор, заместитель директора ИРЭ РАН, заведующий лабораторией электронных процессов в квантовых материалах.

Основной кадровый состав кафедры:

Нагаев Кирилл Эдуардович, д.ф.-м.н., главный научный сотрудник

Бутов Олег Владиславович, д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник

Логунов Михаил Владимирович, д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник

Синченко Александр Андреевич, д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник

Демидов Виктор Владимирович, д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник

Загороднев Игорь Владимирович, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник

Заболотных Андрей Александрович, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник

Смирнов Александр Михайлович, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник

Калябин Дмитрий Владимирович, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник

Сафин Ансар Ризаевич, к.т.н., старший научный сотрудник

Ильин Алексей Сергеевич, к.ф.-м.н., младший научный сотрудник

Павловский Валерий Владимирович, научный сотрудник

Кон Илья Андреевич, младший научный сотрудник

Федотов Николай Игоревич, младший научный сотрудник

Администратор кафедры: Осиньска Каролина Хенриковна