

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы физики
и исследований им. Ландау**

А.В. Рогачев

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Практикум по экспериментальной физике
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра квантовых наноструктур, материалов и устройств
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Дифференцированный зачет

2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 180 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 120 час.

Самостоятельная работа: 180 час.

Всего часов: 360, всего зач. ед.: 8

Программу составил: В.В. Рязанов, д-р физ.-мат. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры квантовых наноструктур, материалов и устройств 25.03.2025

Аннотация

Исследовательский практикум рассчитан на студентов, выбравших в качестве научно-исследовательской работы экспериментальные задачи из разных направлений физики конденсированного состояния. В первую очередь представлены направления, связанные с технологией наноструктур и устройствами нано- и оптоэлектроники.

Практикум вариативен: в каждом семестре студент выбирает четыре из предлагаемых задач, по которым проводятся вводные лекции, демонстрационные занятия и самостоятельные занятия. Затем из четырех выбранных задач студент выбирает одну наиболее для него интересную и получает индивидуальное экспериментальное задание, максимально приближенное к реальному научному исследованию.

Курс входит в сетевую программу МФТИ-Сколтех. Территориально занятия проводятся в разных лабораториях, ассоциированных с ОП КНМУ (Долгопрудный, Черноголовка, МИСиС, Сколтех). В семинарах участвуют аспиранты и преподаватели ОП КНМУ.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- ознакомление с техникой эксперимента, относящегося к изготовлению, характеристике и функционированию квантовых наноструктур.

Задачи дисциплины

- познакомить студентов с экспериментальными приемами и техническими решениями, типичными для важнейших лабораторных методов исследования. Предполагается, что прослушав этот курс, студенты смогут осуществлять самостоятельную постановку и проведение экспериментов.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его реализации	УК-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы, цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
	УК-2.2 Способен прогнозировать результат деятельности и планировать последовательность шагов для достижения данного результата. Формирует план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения
	УК-2.3 Способен организовать и координировать работу участников проекта, обеспечивать работу команды необходимыми ресурсами

	УК-2.4 Представляет публично результаты проекта (или отдельных его этапов) в форме отчетов, статей, выступлений на научно-практических конференциях, семинарах и т.п.
УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной задачи	УК-3.3 Способен предвидеть результаты (последствия) как личных, так и коллективных действий
	УК-3.4 Способен планировать командную работу, распределять поручения членам команды, организовать обсуждение разных идей и мнений
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Способен вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и не менее чем на одном иностранном языке
	УК-4.2 Владеет навыками, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных академических текстов (рефератов, эссе, обзоров, статей и т.д.)
	УК-4.3 Способен представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные
	УК-4.4 Способен использовать современные средства информационно-коммуникационных технологий для академического и профессионального взаимодействия
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)

ограничения различных методов решения	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.1 Способен работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
	ОПК-5.2 Владеет навыком руководства малым коллективом в сфере своей профессиональной деятельности
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные приемы работы в лабораториях по профилю специализации, основные положения теории для ключевых инструментальных методов.

уметь:

- пользоваться освоенными в рамках дисциплины методами исследования, осуществлять эксперименты самостоятельно.

владеть:

- приемами регистрации и обработки данных экспериментальных методов, освоенных в ходе изучения дисциплины.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Низкотемпературные экспериментальные техники.	5	5	20	30
2	Оптические экспериментальные техники.	5	5	20	30
3	Методы характеристики наноструктур и наноматериалов.	5	5	20	30
4	Специальные микроскопические методы.	5	5	20	30
5	Терагерцовые техники.	5	5	20	30
6	Технология наноструктур.	5	5	20	30
Итого часов		30	30	120	180
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		360 час., 8 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

1. Низкотемпературные экспериментальные техники.

- сверхпроводящие интерферометры
- SQUID пиковольтметр
- измерения при температурах 4.2 – 1.2 К с откачкой He-4
- измерения при температурах ниже 1 К с откачкой He-3

2. Оптические экспериментальные техники.

- магнитооптические измерения
- спектроскопия комбинационного рассеяния
- оптическая спектроскопия отражения и поглощения

3. Методы характеристики наноструктур и наноматериалов.

- рентгеновская дифракция
- просвечивающая и растровая электронная микроскопия
- туннельная и атомно-силовая микроскопия
- рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия

Семестр: 2 (Весенний)

4. Специальные микроскопические методы.

- магнитосиловая микроскопия для исследования доменной структуры
- рамановская микроскопия
- оптическая микроскопия наноразмерных объектов

5. Терагерцовые техники.

- терагерцовый детектор - макет
- терагерцовый детектор – реализация и отладка устройства

6. Технология наноструктур.

- оптическая литография
- электронная литография
- напыление тонких пленок
- изготовление контактов с помощью фокусированного ионного пучка
- гальванические технологии
- комбинированные технологии

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лабораторное оборудование ИФТТ РАН, МФТИ, МИСиС и Сколтеха.
Учебная аудитория, доска, медиапроектор, экран.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Введение в физику сверхпроводников [Текст] : учеб. пособие для физ. спец. вузов : доп. М-вом высш. и сред. спец. образования СССР / В. В. Шмидт .— М. : Наука, 1982 .— 237 с. - Библиогр.: с. 230-232. - Предм. указ.: с. 233-235. - 10 500 экз.
2. Структуры магнитных потоков в сверхпроводниках [Текст] = Magnetic flux structures in superconductors/Р. П. Хюбнер , -М., Машиностроение, 1984
3. Микролитография [Текст] : в 2-х ч. Ч. 1, принципы, методы, материалы/У. Моро , Microdevices, пер. с англ. Р. Х. Тимерова , -М., Мир, 1990
4. Микролитография [Текст] : в 2-х ч. Ч. 2, принципы, методы, материалы/У. Моро, пер. с англ. Д. Ю. Зарослова, К. Я. Мокроусова, В. А. Никитаева , -М., Мир, 1990
1. Экспериментальная техника в физике низких температур: (Справочное руководство) : Пер. с англ. / Под ред. А. И. Шальникова. - Москва : Физматгиз, 1961.
2. В.И. Петров, “Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ”, М., “Мир”, 1988.
3. Современная лазерная спектроскопия [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / В. Демтрёдер ; пер. с англ. М. В. Рябининой [и др.] ; под ред. Л. А. Мельникова .— [4-е изд., перераб.] .— Долгопрудный : Интеллект, 2014.

Дополнительная литература

1. С.В.Цыбуля, С.В.Черепанова, Введение в структурный анализ нанокристаллов. - Новосибирск: НГУ, 2008.
2. Практикум по нанотехнологиям / под ред. В.В.Рязанова и Г.А.Цирлиной. - М.: МФТИ, 2018 (готовится к изданию).
3. С.В. Зеленцов, Н.В. Зеленцова. Современная фотолитография. Новые материалы электроники и оптоэлектроники для информационно-телекоммуникационных систем. - Нижний Новгород, 2006.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Представление отчетов об экспериментальной работе и предварительных версий проектов через систему Canvas.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения и понятия, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- тщательной подготовки и внимательного выполнения лабораторных работ;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра квантовых наноструктур, материалов и устройств
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: В.В. Рязанов, д-р физ.-мат. наук, профессор

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его реализации	УК-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы, цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
	УК-2.2 Способен прогнозировать результат деятельности и планировать последовательность шагов для достижения данного результата. Формирует план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения
	УК-2.3 Способен организовать и координировать работу участников проекта, обеспечивать работу команды необходимыми ресурсами
	УК-2.4 Представляет публично результаты проекта (или отдельных его этапов) в форме отчетов, статей, выступлений на научно-практических конференциях, семинарах и т.п.
УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной задачи	УК-3.3 Способен предвидеть результаты (последствия) как личных, так и коллективных действий
	УК-3.4 Способен планировать командную работу, распределять поручения членам команды, организовать обсуждение разных идей и мнений
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Способен вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и не менее чем на одном иностранном языке
	УК-4.2 Владеет навыками, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных академических текстов (рефератов, эссе, обзоров, статей и т.д.)
	УК-4.3 Способен представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные
	УК-4.4 Способен использовать современные средства информационно-коммуникационных технологий для академического и профессионального взаимодействия
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами

ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.1 Способен работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
	ОПК-5.2 Владеет навыком руководства малым коллективом в сфере своей профессиональной деятельности
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Практикум по экспериментальной физике» обучающийся должен:

знать:

- основные приемы работы в лабораториях по профилю специализации, основные положения теории для ключевых инструментальных методов.

уметь:

- пользоваться освоенными в рамках дисциплины методами исследования, осуществлять эксперименты самостоятельно.

владеть:

- приемами регистрации и обработки данных экспериментальных методов, освоенных в ходе изучения дисциплины.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

1. Изготовление и тестирование пи-контакта на основе тонкопленочной гетероструктуры.
2. Изготовление модельного устройства на основе металлических нанопроволок и измерение температурной зависимости сопротивления,
3. Изготовление модельного устройств на основе полупроводниковых квантовых точек и измерение спектра люминесценции.
4. Микроскопическая характеристика предоставленной наноструктуры и проведение измерений ее вольтамперных характеристик в магнитном поле.
5. Изготовление модельного устройства на основе углеродной нанотрубки и характеристика локальной проводимости в этом устройстве в конфигурации зондового микроскопа.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень примерных вопросов (9 семестр):

1. Установка фотолитографии использует для экспонирования ртутную газоразрядную лампу. Какую линию излучения необходимо использовать для создания фоторезистивной маски размером 0.7 мкм? Толщина резиста, 1 мкм показатель преломления 1.3. Резист считать прозрачным.
2. При каких размерах сверхпроводящее кольцо с одним джозефсоновским переходом способно сохранить цифровое состояние в виде кванта магнитного потока, если критический ток перехода равен 40 мкА?
3. Какую максимальную толщину слабого ферромагнетика CuNi можно выбрать для реализации эксперимента по визуализации спонтанного магнитного потока? Характерные пространственные масштабы измерялись в прилагаемой к заданию статье.

4. Для изготовления контактов к углеродной нанотрубке используется электронно-лучевое напыление Pd/Al контактов. При каких режимах напыления можно избежать образования интерметаллидов в составе контактов?
5. В многостадийной технологии получения структуры Nb/оксид алюминия/Nb на окисленном кремнии используются магнетронное напыление, электронная литография, травление и анодирование. Какая из этих стадий наиболее критичная с точки зрения миниатюризации структуры?

Перечень примерных вопросов (10 семестр):

1. Представьте полученные Вами экспериментальные данные для сверхпроводящего интерферометра. Проанализируйте отклонения от ожидаемого поведения интерферометра.
2. Представьте полученные Вами экспериментальные данные электронной микроскопии для исследованной гетероструктуры. Проанализируйте возможности использования других методов характеристики, которые могли бы дать дополнительную информацию об этой структуре.
3. Представьте полученные Вами экспериментальные данные магнитооптических измерений. Проанализируйте геометрию наблюдавшейся доменной структуры.
4. Охарактеризуйте качество полученных Вами методом фокусированного ионного пучка контактных полосок. Сформулируйте возможности уменьшения ширины полосок путем варьирования параметров установки фокусированного ионного пучка.
5. Представьте полученные Вами данные по коэффициенту усиления рамановского спектра для стандартной подложки из наноструктурированного серебра. Проанализируйте зависимость коэффициента усиления от параметров и геометрии наноструктуры из серебра.

Примеры билетов (9 семестр):

Билет 1.

1. Охарактеризуйте качество полученных Вами методом фокусированного ионного пучка контактных полосок. Сформулируйте возможности уменьшения ширины полосок путем варьирования параметров установки фокусированного ионного пучка.
2. Представьте полученные Вами данные по коэффициенту усиления рамановского спектра для стандартной подложки из наноструктурированного серебра. Проанализируйте зависимость коэффициента усиления от параметров и геометрии наноструктуры из серебра.

Билет 2.

1. В многостадийной технологии получения структуры Nb/оксид алюминия/Nb на окисленном кремнии используются магнетронное напыление, электронная литография, травление и анодирование. Какая из этих стадий наиболее критичная с точки зрения миниатюризации структуры?
2. Представьте полученные Вами экспериментальные данные для сверхпроводящего интерферометра. Проанализируйте отклонения от ожидаемого поведения интерферометра.

Примеры билетов (10 семестр):

Билет 1.

1. Охарактеризуйте качество полученных Вами методом фокусированного ионного пучка контактных полосок. Сформулируйте возможности уменьшения ширины полосок путем варьирования параметров установки фокусированного ионного пучка.
2. Представьте полученные Вами данные по коэффициенту усиления рамановского спектра для стандартной подложки из наноструктурированного серебра. Проанализируйте зависимость коэффициента усиления от параметров и геометрии наноструктуры из серебра.

Билет 2.

1. Представьте полученные Вами экспериментальные данные для сверхпроводящего интерферометра. Проанализируйте отклонения от ожидаемого поведения интерферометра.

2. Представьте полученные Вами экспериментальные данные электронной микроскопии для исследованной гетероструктуры. Проанализируйте возможности использования других методов характеристики, которые могли бы дать дополнительную информацию об этой структуре.

Критерии оценивания

Оценка "отлично" (10 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично" (9 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично" (8 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочётами.

Оценка "хорошо" (7 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка "хорошо" (6 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка "хорошо" (5 баллов) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка "удовлетворительно" (4 балла) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка "удовлетворительно" (3 балла) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка "неудовлетворительно" (2 балла) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка "неудовлетворительно" (1 балл) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Для оценки знаний используются предоставляемые в конце каждого семестра отчеты об экспериментальной работе, выполненной как самостоятельный малый проект после освоения предусмотренных программой методов. Приветствуются индивидуальные тематики отчетных работ, связанные с НИР студента и согласованные с его научным руководителем.

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется время на подготовку на усмотрение экзаменатора. Опрос обучающегося на дифференцированном зачете не должен превышать одного астрономического часа.