

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С.А. ЕСЕНИНА»

Утверждаю:
Декан
физико-математического
факультета
Н.Б. Федорова
«30» августа 2019 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ЗОНДОВАЯ МИКРОСКОПИЯ И ФИЗИКА НАНОЧАСТИЦ

Уровень основной профессиональной образовательной программы
магистратура

Направление подготовки **44.04.01 Педагогическое образование**

Направленность (профиль) подготовки **Приоритетные направления науки
в физическом образовании**

Форма обучения **очно-заочная**

Сроки освоения ОПОП **нормативный срок освоения 2,5 года**

Факультет **физико-математический**

Кафедра **общей и теоретической физики и МПФ**

Рязань, 2019

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «**Зондовая микроскопия и физика наночастиц**» является формирование у обучающихся компетенций в процессе знакомства с основами современных методов сканирующей зондовой микроскопии, формирования представления об их возможностях для исследования разнообразных свойств поверхностей и пленок твердых тел; о современных достижениях и тенденциях в изготовлении сканирующих зондовых микроскопов и их применении в нанотехнологиях, метрологии и микроэлектронике.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВУЗА.

2.1. Учебная дисциплина **Б1.В.ДВ 2.1 «Зондовая микроскопия и физика наночастиц»** относится к вариативной части Блока 1 (дисциплины по выбору).

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами бакалавриата:

- *Современные проблемы физики (основы нанотехнологии, сверхпроводниковая наноэлектроника)*

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

- *Научно-исследовательская работа*
- *Выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация)*

2.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

№ п/п	Номер/индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
			Знать	Уметь	Владеть
1	2	3	4	5	6
1.	ОПК-2	готовностью использовать знание современных проблем науки и образования при решении профессиональных задач	Знать приоритетные направления развития науки и техники. Классификацию современных аналитических методов исследования, применяемых в технической физике Устройство, принцип работы и особенности конструкции зондовых микроскопов различного типа	Интерпретировать экспериментальные данные на основе физических свойств современных материалов Критически оценивать достоинства и недостатки, области применения современных материалов	Навыками обработки результатов исследования.. Методами анализа и оценки полученных результатов, умением аргументировано делать выводы и принимать решения на основе проведенного исследования.
2.	ПК-3	способностью руководить исследовательской работой обучающихся	Основные современные аналитические методы исследования поверхности нано и микрообъектов.	Самостоятельно выбирать методы и объекты исследования адекватно уровню обучающихся	Навыками постановки задач исследования, выбора метод исследования и интерпретации результатов эксперимента.

2.5 Карта компетенций дисциплины.

КАРТА КОМПЕТЕНЦИЙ ДИСЦИПЛИНЫ					
НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ: ЗОНДОВАЯ МИКРОСКОПИЯ И ФИЗИКА НАНОЧАСТИЦ					
Цель дисциплины	формирование у обучающихся компетенций в процессе знакомства с основами современных методов сканирующей зондовой микроскопии, формирования представления об их возможностях для исследования разнообразных свойств поверхностей и пленок твердых тел; о современных достижениях и тенденциях в изготовлении сканирующих зондовых микроскопов и их применении в нанотехнологиях, метрологии и микроэлектронике				
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие					
Общепрофессиональные компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Уровни освоения компетенции
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ОПК-2	готовностью использовать знание современных проблем науки и образования при решении профессиональных задач	Знать приоритетные направления развития науки и техники. Знать классификацию современных аналитических методов исследования, применяемых в технической физике Знать устройство, принцип работы и особенности конструкции зондовых микроскопов различного типа Уметь интерпретировать экспериментальные данные на основе физических свойств современных материалов Уметь критически оценивать достоинства и	Путем проведения семинарских занятий, применения новых образовательных технологий, организации самостоятельных работ.	Лабораторные работы Тематический обзор Отчет по лабораторным работам зачет	Пороговый Способен определять физическую сущность научной проблемы с учетом последних достижений науки Повышенный Способен самостоятельно пополнять свои знания в области современной физической и производственной проблематики и применять их к решению профессиональных задач

		недостатки, области применения современных материалов Владеть навыками обработки результатов исследования.. Владеть методами анализа и оценки полученных результатов, умением аргументировано делать выводы и принимать решения на основе проведенного исследования			
Профессиональные компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Уровни освоения компетенции
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ПК-3	способностью руководить исследовательской работой обучающихся	Знать основные современные аналитические методы исследования поверхности нано и микрообъектов.. Уметь самостоятельно выбирать методы и объекты исследования адекватно уровню обучающихся. Владеть навыками постановки задач исследования, выбора метод исследования и интерпретации результатов эксперимента.	Путем проведения семинарских занятий, применения новых образовательных технологий, организации самостоятельных работ.	Лабораторные работы Тематический обзор Отчет по лабораторным работам зачет	Пороговый Способен понимать и грамотно применять понятия и положения современных фундаментальных и прикладных разделов технической физики Повышенный Способен самостоятельно находить, анализировать на соответствие научной проблеме и использовать современные аналитические методы исследования, применяемые в технической физике и смежных областях.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. ОБЪЕМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		№ 4
		часов
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	18	18
В том числе:		
Лекции (Л)		
Практические занятия (ПЗ), Семинары (С)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)		
2. Самостоятельная работа студента (всего)	54	54
В том числе		
<i>СРС в семестре:</i>	54	54
Курсовая работа	КП	
	КР	
Другие виды СРС:		
Подготовка к лабораторной работе	17	17
Подбор и изучение литературы по теме раздела	15	15
Подготовка к отчету по лабораторным работам	11	11
Подготовка к зачету	11	11
<i>СРС в период сессии</i>		
Вид промежуточной аттестации	зачет (З)	3
	экзамен (Э)	3
ИТОГО: Общая трудоемкость	часов	72
	зач. ед.	2

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Содержание разделов учебной дисциплины

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины	Содержание раздела в дидактических единицах
1	2	3	4
4	1	Получение первого СЗМ изображения. Обработка и представление результатов.	Основы сканирующей зондовой микроскопии. Общая конструкция СЗМ. Вида датчиков. Пьезоэлектрический двигатель. Сканеры. Система обратной связи. Формат СЗМ данных, способы обработки и представления результатов эксперимента. Конструкция сканирующего зондового микроскопа NanoEducator. Универсальный датчик туннельного тока и силового взаимодействия. Проведение СЗМ эксперимента.
	2	Исследование поверхности твердых тел методом сканирующей туннельной микроскопии.	Основы сканирующей туннельной микроскопии и спектроскопии. Туннельная спектроскопия. V-модуляция, Z –модуляция. Факторы, влияющие на качество изображения СТМ. Конструкция датчика туннельного тока сканирующего зондового микроскопа NanoEducator.
	3	Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии в неконтактном режиме.	Основы сканирующей атомно-силовой микроскопии. Контактный режим работы АСМ. Неконтактный режим работы АСМ. Фазовый контраст. Конструкция и принцип действия датчика силового взаимодействия сканирующего зондового микроскопа NanoEducator. Выполнение спектроскопии в режиме АСМ.
	4	Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии.	Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии. Основные компоненты, вызывающие артефакты (пьезоэлектрическая керамика, нелинейность, гистерезис, ползучесть, температурный дрейф). Характеристики СЗМ сканеров. Характеристики СЗМ зондов. Методы восстановления формы поверхности по СЗМ изображению.
	5	Сканирующая зондовая литография	Физические основы зондовой нанотехнологии. СМТ литография. Локальное анодное окисление. Силовая литография.
	6	Обработка и количественный анализ СЗМ изображений	Основные методы фильтрации СЗМ изображений. Построение гистограмм и определение параметров поверхности. Построение Фурье - спектров изображения.

2.2. РАЗДЕЛЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ, ВИДЫ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ФОРМЫ КОНТРОЛЯ

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестрам)
			Л	ЛР	ПЗ/С	СРС	всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	1	Получение первого СЗМ изображения. Обработка и представление результатов.		3		9	12	Тематический обзор (2 неделя) Отчет по лабораторным работам (3 неделя)
	2	Исследование поверхности твердых тел методом сканирующей туннельной микроскопии.		3		9	12	Отчет по лабораторным работам (5 неделя)
	3	Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии в неконтактном режиме		3		10	13	Отчет по лабораторным работам (8 неделя).
	4	Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии.		3		10	13	Отчет по лабораторным работам (11 неделя).
	5	Сканирующая зондовая литография		3		9	12	Отчет по лабораторным работам (14 неделя)
	6	Обработка и количественный анализ СЗМ изображений		3		7	10	Отчет по лабораторным работам (18 неделя)
		Разделы дисциплины 1 - 6		18		54	72	Зачет
		ИТОГО за семестр		18		54	72	Зачет
	ИТОГО		18		54	72	Зачет	

2.3. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование лабораторных работ	Всего часов
1	2	3	4	5
4	1.	Получение первого СЗМ изображения. Обработка и представление результатов	1.Получение первого СЗМ изображения. Обработка и представление результатов.	3
	2.	Исследование поверхности твердых тел методом сканирующей туннельной микроскопии.	2. Исследование поверхности твердых тел методом сканирующей туннельной микроскопии.	3
	3.	Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии в неконтактном режиме	3. Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии в неконтактном режиме	3
	4.	Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии.	4. Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии.	3
	5.	Сканирующая зондовая литография	5. Сканирующая зондовая литография	3
	6.	Обработка и количественный анализ СЗМ изображений	6. Обработка и количественный анализ СЗМ изображений	3
			ИТОГО в семестре	
		ИТОГО		18

2.4. КУРСОВЫЕ РАБОТЫ *не предусмотрены.*

3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

3.1. Виды СРС

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины	Виды СРС	Всего часов
1	2	3	4	5
4	1.	Получение первого СЗМ изображения. Обработка и представление результатов.	Подготовка к лабораторной работе № 1 Подбор и изучение литературных источников для тематического обзора Подбор и изучение литературы по теме раздела Подготовка к зачету	3 2 2 2
	2.	Исследование поверхности твердых тел методом сканирующей туннельной микроскопии.	Подготовка к лабораторной работе № 2 Подготовка к зачету Подготовка к отчету по лабораторным работам раздела 1 Подбор и изучение литературы по теме раздела	3 1 2 3
	3.	Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии в неконтактном режиме	Подготовка к лабораторной работе № 3 Часть 1 Подготовка к зачету Подготовка к отчету по лабораторным работам раздела 2 Подбор и изучение литературы по теме раздела	3 2 2 3
	4.	Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии.	Подготовка к лабораторной работе № 4 Подготовка к зачету Подготовка к отчету по лабораторным работам раздела 3 Подбор и изучение литературы по теме раздела	3 2 2 3
	5.	Сканирующая зондовая литография	Подготовка к лабораторной работе № 5 Подготовка к зачету Подготовка к отчету по лабораторным работам раздела 4 Подбор и изучение литературы по теме раздела	3 2 2 2
	6.	Обработка и количественный анализ СЗМ изображений	Подготовка к лабораторной работе № 6 Подготовка к зачету Подготовка к отчету по лабораторным работам раздела 5,6	2 2 3
ИТОГО				54

3.2. График работы студента
Семестр № 4

Форма оценочного средства*	Условное обозначение	Номер недели																		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Лабораторные работы	ЛР		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Тематический обзор	ТО			+																
Отчет по лабораторным работам	ОЛР				+		+			+			+			+		+		+

3.3. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Некоторые общие рекомендации по изучению литературы.

- 1) Всю учебную литературу желательно изучать «под конспект». Чтение литературы, не сопровождаемое конспектированием, даже пусть самым кратким – бесполезная работа. Цель написания конспекта по дисциплине – сформировать навыки по поиску, отбору, анализу и формулированию учебного материала. Эти навыки обязательны для любого специалиста с высшим образованием независимо от выбранной специальности.
- 2) Написание конспекта должно быть творческим – нужно не переписывать текст из источников, но пытаться кратко излагать своими словами содержание ответа, при этом максимально его структурируя и используя символы и условные обозначения. Копирование и заучивание неосмысленного текста трудоемко и по большому счету не имеет большой познавательной и практической ценности.
- 3) При написании конспекта используется тетрадь, поля в которой обязательны. Страницы нумеруются, каждый новый вопрос начинается с нового листа, для каждого экзаменационного вопроса отводится 1-2 страницы конспекта. На полях размещается вся вспомогательная информация – ссылки, вопросы, условные обозначения и т.д.
- 4) В идеале должен получиться полный конспект по программе дисциплины, с выделенными определениями, узловыми пунктами, примерами, неясными моментами, проставленными на полях вопросами.
- 5) При работе над конспектом обязательно выявляются и отмечаются трудные для самостоятельного изучения вопросы, с которыми уместно обратиться к преподавателю при посещении лекций и консультаций, либо в индивидуальном порядке.
- 6) При чтении учебной и научной литературы всегда следить за точным и полным пониманием значения терминов и содержания понятий, используемых в тексте. Всегда следует уточнять значения по словарям или энциклопедиям, при необходимости записывать.
- 7) При написании учебного конспекта обязательно указывать все прорабатываемые источники, автор, название, дата и место издания, с указанием использованных страниц.

3.3.1. Лабораторные работы

Выполнение студентами лабораторных и практических работ направлено на достижение следующих целей:

обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных теоретических знаний;

формирование умений, получение первоначального практического опыта по выполнению профессиональных задач в соответствии с требованиями к результатам освоения дисциплины, профессионального модуля. Освоенные на практических и лабораторных занятиях умения в совокупности с усвоенными знаниями и полученным практическим опытом при прохождении учебной и производственной практики формируют профессиональные компетенции;

совершенствование умений применять полученные знания на практике, реализация единства интеллектуальной и практической деятельности;

выработка при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как творческая инициатива, самостоятельность, ответственность, способность работать в команде и брать на себя ответственность за работу всех членов команды, способность к саморазвитию и самореализации

Алгоритм выполнения студентами учебных заданий лабораторной работы во многом определяется целью данной формы практического занятия, формулируемой преподавателем.

Как и всякое практическое занятие, каждая лабораторная работа должна иметь четко сформулированную цель своего проведения.

Учебные задания, разрабатываемые преподавателем в соответствии с задачами лабораторной работы, всегда должны содержать исходные данные для самостоятельного выполнения студентами профессионально ориентированных прикладных учебных действий.

Процесс подготовки, выполнения и защиты лабораторной работы предполагает следующие этапы:

1. Подготовка к лабораторной работе. Оформление макета отчета.

Макет отчета должен содержать:

тему лабораторной работы;

цель занятия;

ключевые расчетные формулы и схемы;

таблицы для представления полученных результатов;

формулы для расчета погрешностей.

2. Допуск к выполнению лабораторной работы осуществляется по результатам собеседования с преподавателем, на котором студенты демонстрируют, что знают, что, зачем и в какой последовательности будут выполнять.
3. Выполнение лабораторной работы. В ходе выполнения студенты решают поставленные учебные задачи, получают необходимые результаты и оформляют отчет.
4. Завершение отчета и защита лабораторной работы. На этом этапе студенты завершают расчеты по лабораторной работе, рассчитывают погрешности, если это предусмотрено заданиями, и формулируют вывод по результатам работы. Защита работы предполагает анализ преподавателем отчета и ответ студентов на контрольные вопросы.

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

(см. Фонд оценочных средств)

- 4.1. Рейтинговая система оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине

Рейтинговая система не используется.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература

№ п/п	Автор (ы), наименование, место издания и издательство, год	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
1	2	3	4	5	6
1.	Антоненко, С. В. Исследование пленок и наноструктур с помощью сканирующего зондового микроскопа: лабораторный практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / С. В. Антоненко. – М. : НИЯУ МИФИ, 2011. – 96 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/75888 (дата обращения: 29.08.2019).	1-6	4	ЭБС	
2.	Корнилов, В. М. Основы сканирующей зондовой микроскопии [Электронный ресурс] : методические указания / В. М. Корнилов, А. Ф. Галиев. – БГПУ имени М. Акмуллы, 2011. – 24 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/43260 (дата обращения: 29.08.2019).	1-6	4	ЭБС	

5.2. Дополнительная литература

№ п/п	Автор (ы), наименование, место издания и издательство, год	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
1	2	3	4	5	6
1.	Наноэлектроника. Теория и практика [Текст] : учебник / В. Е. Борисенко [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 366 с.	1-6	4	ЭБС	
2.	Рогов, В. А. Технология конструкционных материалов. Нанотехнологии [Электронный ресурс] : учебник для вузов / В. А. Рогов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2017. – 190 с. – Режим доступа: https://www.biblio-online.ru/book/D01BA5DD-AA3D-49CF-A067-C6351CB24814 (дата обращения: 29.06.2018).	1-6	4	ЭБС	

3.	Ищенко, А. А. Нанокремний: свойства, получение, применение, методы исследования и контроля [Электронный ресурс] : монография / А. А. Ищенко, Г. В. Фетисов, Л. А. Асланов. – 2-е изд., исправл. – М. : Физматлит, 2011. – 648 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457660 (дата обращения: 29.06.2018).	1-6	4	ЭБС	
----	---	-----	---	-----	--

5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. Университетская библиотека ONLINE [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red (дата обращения: 29.08.2019).
2. Электронная библиотека диссертаций [Электронный ресурс] : официальный сайт / Рос. гос. б-ка. - Москва : Рос. гос. б-ка, 2003 - Доступ к полным текстам из комплексного читального зала НБ РГУ имени С. А. Есенина. - Режим доступа: <http://diss.rsi.ru> (дата обращения: 29.08.2019).
3. Лань [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 29.08.2019).
4. Юрайт [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru> (дата обращения: 29.08.2019).

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины:

1. eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Доступ зарегистрированным пользователям по паролю. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 29.08.2019).
2. КиберЛенинка [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru, свободный> (дата обращения: 29.08.2019).
3. Научная библиотека РГУ имени С. А. Есенина [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://library.rsu.edu.ru, свободный> (дата обращения: 29.08.2019).
4. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов [Электронный ресурс] : федеральный портал. – Режим доступа: <http://school-collection.edu.ru, свободный> (дата обращения: 29.08.2019).
5. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов [Электронный ресурс] : Единое окно доступа к образовательным ресурсам. – Режим доступа: <http://fcior.edu.ru/, свободный> (дата обращения: 29.08.2019).

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий: специализированные лекционные аудитории, оборудованные видеопроеционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения и экраном.

6.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся: видеопроектор, ноутбук, переносной экран, для проведения демонстраций и опытов, полный комплект физических установок и приборов. В компьютерном классе должны быть установлены средства MS Office: Word, Excel, PowerPoint и др.

6.3. Требования к специализированному оборудованию: сканирующий зондовый микроскоп NanoEducator с программным обеспечением.

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ *(Заполняется только для стандарта ФГОС ВПО)*

8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лабораторные работы	Проработка рабочей программы дисциплины, выполнение лабораторной работы уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Уделить внимание следующим понятиям (нанотехнология, низкоразмерные структуры, зондовая микроскопия, одноэлектроника, методы получения структур), подготовка ответов к контрольным вопросам по лабораторной работе, просмотр рекомендуемой литературы,
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на контрольные вопросы к выполняемым работам.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Применение средств мультимедиа в образовательном процессе (презентации, видео);
2. Консультирование обучающихся посредством электронной почты.

10. Требования к программному обеспечению учебного процесса

1. Операционная система Windows Pro (договор №Tr000043844 от 22.09.15г.);
2. Антивирус Kaspersky Endpoint Security (договор №14/03/2019-0142 от 30/03/2019г.);
3. Офисное приложение LibreOffice (свободно распространяемое ПО);
4. Архиватор 7-zip (свободно распространяемое ПО);
5. Браузер изображений FastStoneImageViewer (свободно распространяемое ПО);
6. PDF ридер FoxitReader (свободно распространяемое ПО);
7. PDF принтер doPdf (свободно распространяемое ПО);
8. Медиа проигрыватель VLC media player (свободно распространяемое ПО);
9. Запись дисков ImageBurn (свободно распространяемое ПО);
10. DJVU браузер DjVu Browser Plug-in (свободно распространяемое ПО);

11. Иные сведения

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине для промежуточного контроля успеваемости

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции или её части	Наименование оценочного средства
1.	Получение первого СЗМ изображения. Обработка и представление результатов.	ОПК-2 ПК-3	Зачет
2.	Исследование поверхности твердых тел методом сканирующей туннельной микроскопии.		
3.	Исследование поверхности твердых тел методом атомно-силовой микроскопии в неконтактном режиме		
4.	Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии.		
5.	Сканирующая зондовая литография		
6.	Обработка и количественный анализ СЗМ изображений		

ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Индекс компетенции	Содержание компетенции	Элементы компетенции	Индекс элемента
ОПК-2	готовностью использовать знание современных проблем науки и образования при решении профессиональных задач	знать	
		З1 Знать приоритетные направления развития науки и техники.	ОПК2 З1
		З2 Классификацию современных аналитических методов исследования, применяемых в технической физике	ОПК2 З2
		З3 устройство, принцип работы и особенности конструкции зондовых микроскопов различного типа	ОПК2 З3
		уметь	
		У1 интерпретировать экспериментальные данные на основе физических свойств современных материалов	ОПК2 У1

		У2 критически оценивать достоинства и недостатки, области применения современных материалов	ОПК2 У2
		владеть	
		В1 навыками обработки результатов исследования	ОПК2 В1
		В2 методами анализа и оценки полученных результатов, умением аргументировано делать выводы и принимать решения на основе проведенного исследования	ОПК2 В2
ПК-3	способностью руководить исследовательской работой обучающихся	знать	
		З1 Знать основные современные аналитические методы исследования поверхности нано и микрообъектов..	ПК3 З1
		уметь	
		У1 самостоятельно выбирать методы и объекты исследования адекватно уровню обучающихся	ПК3 У1
		владеть	
		В1 навыками постановки задач исследования, выбора метода исследования и интерпретации результатов эксперимента.	ПК3 В1

КОМПЛЕКТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (4 семестр ЗАЧЕТ)

№	*Содержание оценочного средства	Индекс оцениваемой компетенции и ее элементов
1	Охарактеризуйте актуальные проблемы физики на современном этапе развития науки	ОПК2 З1, З2, З3, У1, У2. ПК3 З1, У1 .
2	Изложите основы сканирующей зондовой микроскопии. Общая конструкция СЗМ.	ОПК2 З1, З2, З3, У1, У2. ПК3 З1, У1 ..
3	Продемонстрируйте формат СЗМ данных, способы обработки и представления результатов эксперимента.	ОПК2 З1, З2, З3, У1, У2, В1, В2 ПК3 З1, У1, В1.
4	Охарактеризуйте источники проблематики научных исследований в области современной физики.	ОПК2 З1, З2, З3, У1, У2, В1, В2 ПК3 З1, У1, В1..
5	Опишите общую конструкцию СЗМ..Продемонстрируйте, используя микроскоп.	ОПК2 З1, З2, З3, У1, У2, В1, В2 ПК3 З1, У1, В1..
6	Опишите принцип работы системы обратной связи. Перечислите виды датчиков и опишите принцип действия. Продемонстрируйте элементы с помощью Nanoeducator.	ОПК2 З1, З2, З3, У1, У2, В1, В2 ПК3 З1, У1, В1..
7	Изложите конструкцию сканирующего зондового микроскопа NanoEducator. Продемонстрируйте	ОПК2 З1, З2, З3, У1, У2, В1, В2 ПК3 З1, У1, В1..

	элементы с помощью Nanoeducator.	
8	Поясните и продемонстрируйте принцип действия универсального датчика туннельного тока.	ОПК2 31, 32, 33, У1, У2, В1, В2 ПК3 31, У1, В1.
9	Изложите основы сканирующей туннельной микроскопии и спектроскопии. Пр продемонстрируйте элементы с помощью Nanoeducator.	ОПК2 31, 32, 33, У1, У2, В1, В2 ПК3 31, У1, В1..
10	Изложите основы сканирующей атомно-силовой микроскопии. Опишите контактный режим работы АСМ. Неконтактный режим работы АСМ. Пр продемонстрируйте элементы с помощью Nanoeducator.	ОПК2 31, 32, 33, У1, У2, В1, В2 ПК3 31, У1, В1..
11	Объясните и проиллюстрируйте взаимодействие квантовой частицы с барьером конечной и бесконечной высоты. Опишите явление туннелирования.	ОПК2 31, 32, 33, У1, У2, В1, В2 ПК3 31, У1, В1..
12	Опишите контактный режим работы АСМ. Пр продемонстрируйте элементы с помощью Nanoeducator.	ОПК2 31, 32, 33, У1, У2, В1, В2 ПК3 31, У1, В1.
13	Перечислите артефакты в сканирующей зондовой микроскопии и возможные причины, используя полученные результаты работы	ОПК2 31, 32, 33, У1, У2, В1, В2 ПК3 31, У1, В1.
14	Опишите и проиллюстрируйте метод формирования нанoeлектронных структур - химическое осаждение из газовой фазы на примере получения структуры GaAs/AlGaAs	ОПК2 31, 32, 33, У1, У2, В1, В2 ПК3 31, У1, В1.
15	Опишите и проиллюстрируйте метод формирования нанoeлектронных структур - молекулярно-лучевая эпитаксия на примере получения структуры InAs/ AlSb.	ОПК2 31, 32, 33, У1, У2, В1, В2 ПК3 31, У1, В1.
16	Изложите физические основы сканирующей туннельной микроскопии и технологическое применение. Объясните создание наноструктур с помощью методов, основанных на использовании сканирующих зондов.	ОПК2 31, 32, 33, У1, У2, В1, В2 ПК3 31, У1, В1.
17	Изложите физические основы атомной силовой микроскопии и технологическое применение. Объясните создание наноструктур с помощью методов, основанных на использовании сканирующих зондов..	ОПК2 31, 32, 33, У1, У2, В1, В2 ПК3 31, У1, В1..
18	Изложите основы атомной инженерии (манипулирование атомами. Параллельные и перпендикулярные переносы)	ОПК2 31, 32, 33, У1, У2, В1, В2 ПК3 31, У1, В1..
19	Объясните возможность и практическое применение сканирующих зондов к локальному окислению металлов и полупроводников. Приведите пример структур к которым возможно применение локального окисления	ОПК2 31, 32, 33, У1, У2, В1, В2 ПК3 31, У1, В1.
20	Объясните преимущества нанолитографии (электронно-лучевой литографии) среди различных	ОПК2 31, 32, 33, У1, У2, В1, В2 ПК3 31, У1, В1.

	методов формирования наноразмерного рисунка элементов полупроводниковых приборов.	
21	Изложите физические основы литографического процесса - нанопечати. Объясните формирование рисунка методом перьевая нанолитографии	ОПК2 31, 32, 33, У1, У2, В1, В2 ПК3 31, У1, В1.
22	Опишите неконтактный режим работы АСМ. Продемонстрируйте элементы с помощью Nanoeducator.	ОПК2 31, 32, 33, У1, У2, В1, В2 ПК3 31, У1, В1.
23	Объясните создание наноструктур с помощью методов, основанных на использовании сканирующих зондов.	ОПК2 31, 32, 33, У1, У2, В1, В2 ПК3 31, У1, В1.
24	Опишите неконтактный режим работы АСМ. Продемонстрируйте элементы с помощью Nanoeducator.	ОПК2 31, 32, 33, У1, У2, В1, В2 ПК3 31, У1, В1.
25	Поясните и продемонстрируйте принцип действия универсального датчика силового взаимодействия.	ОПК2 31, 32, 33, У1, У2, В1, В2 ПК3 31, У1, В1.

ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

(Шкалы оценивания)

Результаты выполнения обучающимся заданий на зачете оцениваются по шкале «зачтено» - «не зачтено».

В основе оценивания лежат критерии порогового и повышенного уровня характеристик компетенций или их составляющих частей, формируемых на учебных занятиях по дисциплине **Зондовая микроскопия и физика наночастиц** (Таблица 2.5 рабочей программы дисциплины).

«Зачтено» – оценка соответствует повышенному и пороговому уровню и выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

«Не зачтено» – оценка выставляется обучающемуся, который не достигает порогового уровня, демонстрирует непонимание проблемы, не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.