

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

Институт машиностроения и автомобильного транспорта (ИМиАТ)  
(Наименование института)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИМиАТ

Елкин А.И.

« 31 Сентября 2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ**  
(наименование дисциплины)

**направление подготовки / специальность**

**28.03.02 Наноинженерия**

(код и наименование направления подготовки (специальности))

**направленность (профиль) подготовки**

**Инженерные нанотехнологии в машиностроении**

(направленность (профиль) подготовки))

г. Владимир

2022

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Физико-химические основы нанотехнологий» являются отправные знания студентам для успешного изучения других дисциплин специального цикла, предусмотренных учебным планом. Ее содержание составляют теоретические и экспериментально проверенные закономерности процессов, приходящих со свойствами материалов и веществ, находящихся в виде частиц, обладающих наноразмерами (1-100 нм).

Задачи:

- дать представление об основных методах получения наноматериалов и наноструктур;
- сформировать понимание основных принципов взаимодействия наноструктур;
- сформировать умение применить основные результаты в практической деятельности

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физико-химические основы нанотехнологий» относится к обязательной части дисциплин.

При ее освоении используются знания, полученные при изучении курсов «Введение в наноинженерию», «Информатика», «Основы математического моделирования», «Химия». Знания в области названных наук необходимы бакалаврам для понимания и полного освоения вновь появившихся сравнительно недавно современных технологических процессов и проблем, возникающих с их использованием в машиностроительном производстве.

Подготовка в области специальных дисциплин вооружает бакалавров теоретическими и практическими знаниями объектов исследования и принципов их функционирования

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.1. Знает физические, естественно-научные и общинженерные законы и принципы в своей профессиональной деятельности. ОПК-1.2. Умеет использовать основные экспериментальные методы определения физико-химических свойств материалов и изделий из них, а также прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач. ОПК-1.3. Владеет навыками использования математического аппарата	Знает физические, естественно-научные и общинженерные законы и принципы нанотехнологий. Умеет использовать основные экспериментальные методы определения физико-химических свойств материалов и изделий из них. Владеет общими навыками использования математического аппарата для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических	Тестовые вопросы Практико-ориентированное задание

	для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности.	систем, явлений.	
ОПК-3 Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-3.3. Знает основные методы проведения измерений, обработки и представления экспериментальных данных. ОПК-3.2. Умеет составлять отчёты по учебно-исследовательской деятельности, включая анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами. ОПК-3.3. Владеет навыками формирования демонстрационного материала и представления результатов своей исследовательской деятельности на научных конференциях, во время промежуточных и итоговых аттестаций	Знает основные физико-химические методы проведения измерений, обработки и представления экспериментальных данных. Умеет составлять отчёты по учебно-исследовательской деятельности. Владеет навыками формирования демонстрационного материала и представления результатов своей исследовательской деятельности во время промежуточных и итоговых аттестаций.	Тестовые вопросы Практико-ориентированное задание
ПК-1. Способен использовать методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции nanoиндустрии	ПК-1.1. Знает типовые методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов. ПК-1.2. Умеет проводить исследования структуры и свойств наноматериалов и изделий из них в соответствии с технической и эксплуатационной документацией. ПК-1.3. Владеет навыками комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции nanoиндустрии.	Знает типовые методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов. Умеет проводить исследования структуры и свойств наноматериалов и изделий Владеет навыками комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов.	Тестовые вопросы Практико-ориентированное задание

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часов

##### Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	<p><b>Раздел 1. Основные физико- химические процессы, лежащие в основе различных методов нанотехнологии.</b></p> <p>1.1. Взаимодействие потока расплава с потоком газа и жидкости, приводящее к генерации наночастиц.</p> <p>1.2. Взаимодействие потока жидких и твердых наночастиц с поверхностью подложки.</p> <p>1.3. Адсорбция и десорбция кластеров и молекул.</p>	4	1-6	12	6	6	1	24	Рейтинг-контроль №1, СРП
2	<p><b>Раздел 2. Процессы под иглой спектрального туннельного микроскопа и атомного силового микроскопа.</b></p> <p>2.1. Основные принципы сканирующей зондовой микроскопии.</p> <p>2.2. Процессы под иглой спектрального туннельного микроскопа (СТМ).</p> <p>2.3. Процессы атомного силового микроскопа (АСМ).</p>	4	7-11	12	6	6	1	24	Рейтинг-контроль №2, СРП
3	<p><b>Раздел 3. Физико-химические основы процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью подложки.</b></p>	4	12-18	12	6	6	1	24	Рейтинг-контроль №3, СРП

3.1. Классификация процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью. 3.2. Физика процессов распыления материалов при ионной бомбардировке. 3.2. Гетерогенные химические реакции в условиях ННГП: основные понятия и подходы к анализу.								
Всего за 4 семестр.			36	18	18		72	Зачет
Наличие в дисциплине КПи/КР	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого по дисциплине			36	18	18		72	Зачет

### Содержание лекционных занятий по дисциплине

**Раздел 1.** Основные физико- химические процессы, лежащие в основе различных методов нанотехнологии.

Тема 1.1. Взаимодействие потока расплава с потоком газа и жидкости, приводящее к генерации наночастиц.

Содержание темы.

Взаимодействия потока расплава с потоком газа и жидкости, приводящее к генерации наночастиц; взаимодействие потока жидких и твердых наночастиц с поверхностью подложки; адсорбция и десорбция кластеров и молекул. Газовые безлигандные кластеры.

Тема 1.2. Взаимодействие потока жидких и твердых наночастиц с поверхностью подложки.

Содержание темы. Твердотельные нанокластеры и наноструктуры. Матричные нанокластеры и супрамолекулярные структуры Кластерные кристаллы и фуллериты.

Тема 1.3. Адсорбция и десорбция кластеров и молекул.

Содержание темы. Количественная и качественная оценка Адсорбции и десорбции кластеров и молекул. Гистерезис. Виды роста пленок.

**Раздел 2.** Процессы под иглой спектрального туннельного микроскопа (СТМ) и атомного силового микроскопа (АСМ)

Тема 2.1. Основные принципы сканирующей зондовой микроскопии.

Содержание темы. Основные принципы сканирующей зондовой микроскопии. Общие принципы работы сканирующего зондового микроскопа. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно- силовая микроскопия. Принцип работы атомно-силового микроскопа. Анализ искажающих эффектов атомно-силовой микроскопии.

Тема 2.2. Процессы под иглой спектрального туннельного микроскопа (СТМ).

Содержание темы. Материалы кантеливера. Режимы работы. Контактные деформации зонда и образца.

Тема 2.3. Процессы атомного силового микроскопа (АСМ).

Содержание темы. Контактный, бесконтактный и полуконтактный режимы.

**Раздел 3.** Физико-химические основы процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью подложки.

Классификация процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью. Физика процессов распыления материалов при ионной бомбардировке. Гетерогенные химические реакции в условиях ННГП: основные понятия и подходы к анализу.



Тема 3.1. Классификация процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью.

Содержание темы. Плазмохимическое травление (ПХТ), радикальное травление (РТ), Ионное травление (ИТ), ионно-плазменное травление (ИПТ), ионно-лучевое травление (ИЛТ), Реактивное ионное травление (РИТ) реактивное ионно-плазменное травление, РИПТ, реактивное ионно-лучевое травление, РИЛТ, стимулированные процессы.

Тема 3.2. Физика процессов распыления материалов при ионной бомбардировке.

Содержание темы. Рассеяние (отражение) падающего иона. Выбивание электронов с поверхности мишени. Внедрение (имплантация) иона под поверхность. Нарушение структуры приповерхностного слоя, Выбивание атомов мишени.

Тема 3.3. Гетерогенные химические реакции в условиях ННГП: основные понятия и подходы к анализу.

Содержание темы. основные понятия и подходы к анализу. Многоканальность и многостадийность.

### **Содержание практических занятий по дисциплине**

**Раздел 1.** Основные физико-химические процессы, лежащие в основе различных методов нанотехнологии.

Тема 1.1. Взаимодействие потока расплава с потоком газа и жидкости, приводящее к генерации наночастиц.

Содержание практических занятий: Молекулярно-кинетические свойства нанодисперсных систем с жидкой и газообразной дисперсной средой.

Тема 1.2. Взаимодействие потока жидких и твердых наночастиц с поверхностью подложки

Содержание практических: занятий Оптические свойства нанодисперсных частиц.

Тема 1.3. Адсорбция и десорбция кластеров и молекул.

Содержание практических занятий: Дисперсионный анализ полидисперсных систем.

**Раздел 2.** Процессы под иглой спектрального туннельного микроскопа (СТМ) и атомного силового микроскопа (АСМ).

Тема 2.1. Основные принципы сканирующей зондовой микроскопии.

Содержание практических: занятий Изучение конструкции атомно-силового микроскопа. Режим сканирующей туннельной микроскопии. Закрепление и обновление СТМ – иглы. Крепление образца в СТМ-режиме.

Тема 2.2. Процессы под иглой спектрального туннельного микроскопа (СТМ).

Содержание практических занятий: Режим сканирующей туннельной микроскопии. Установка СТМ – столика. Включение и настройка СТМ-режима. Режим сканирующей туннельной микроскопии. Выбор области сканирования. Выбор параметров сканирования.

Тема 2.3. Процессы атомного силового микроскопа (АСМ).

Содержание практических: занятий Режим сканирующей туннельной микроскопии. Подвод иглы к образцу. Сканирование образца и настройка параметров. Режим атомно-силовой микроскопии. Установка кантилевера в АСМ-стол. Установка образца для АСМ-режима. Подвод и сканирование в АСМ-режиме.

**Раздел 3.** Физико-химические основы процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью подложки.

Классификация процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью. Физика процессов распыления материалов при ионной бомбардировке. Гетерогенные химические реакции в условиях ННГП: основные понятия и подходы к анализу.

Тема 3.1. Классификация процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью.

Содержание практических занятий: Физико-химические закономерности образования

нанокластеров.

Тема 3.2. Физика процессов распыления материалов при ионной бомбардировке.

Содержание практических занятий: Физико-химические закономерности процессов, протекающих в нанопористых системах.

Тема 3.3. Гетерогенные химические реакции в условиях ННГП: основные понятия и подходы к анализу.

Содержание практических занятий: Физико-химические закономерности образования в условиях ННГП.

### **Содержание лабораторных занятий по дисциплине**

Раздел 1. Основные физико-химические процессы, лежащие в основе различных методов нанотехнологии.

Тема 1.1. Взаимодействие потока расплава с потоком газа и жидкости, приводящее к генерации наночастиц.

Содержание лабораторных занятий: Моделирование процессов диффузии.

Тема 1.2. Взаимодействие потока жидких и твердых наночастиц с поверхностью подложки

Содержание лабораторных занятий: Модель кольцевого испарителя.

Тема 1.3. Адсорбция и десорбция кластеров и молекул.

Содержание лабораторных занятий: Моделирование процесса ионной имплантации.

Раздел 2. Процессы под иглой спектрального туннельного микроскопа (СТМ) и атомного силового микроскопа (АСМ).

Тема 2.1. Основные принципы сканирующей зондовой микроскопии.

Содержание лабораторных занятий: Принцип работы атомно-силового микроскопа.

Тема 2.2. Процессы под иглой спектрального туннельного микроскопа (СТМ).

Содержание лабораторных занятий: Контактный режим сканирования атомно-силового микроскопа

Тема 2.3. Процессы атомного силового микроскопа (АСМ).

Содержание лабораторных занятий: Прерывисто контактный режим сканирования атомно-силового микроскопа.

Раздел 3. Физико-химические основы процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью подложки.

Классификация процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью. Физика процессов распыления материалов при ионной бомбардировке. Гетерогенные химические реакции в условиях ННГП: основные понятия и подходы к анализу.

Тема 3.1. Классификация процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью.

Содержание лабораторных занятий: АСМ спектроскопия.

Тема 3.2. Физика процессов распыления материалов при ионной бомбардировке.

Содержание лабораторных занятий: Формирование биполярного транзистора с помощью диффузии.

Тема 3.3. Гетерогенные химические реакции в условиях ННГП: основные понятия и подходы к анализу.

Содержание лабораторных занятий: Двумерное распределение ионов под краем маски.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### 5.1. Текущий контроль успеваемости.

#### Вопросы для рейтинг-контроля №1

1. Метод совместного осаждения.
2. Способ восстановления и термического разложения.
3. Метод гидролиза.
4. Термолиз.
5. Метод физического парофазного осаждения.
6. Методики организации PVD-процесса.
7. Химическое парофазное осаждение.
8. Плазменные методы активации.
9. Адсорбция кластеров и молекул
10. Десорбция кластеров и молекул.

#### Вопросы для рейтинг-контроля №2

1. Способы получения изображения поверхности при сканирующей зондовой микроскопии.
2. Когда осуществляется контакт зонда и образца в туннельном микроскопе?
3. Как производится исследование микрорельефа поверхности и ее локальных свойств в сканирующих зондовых микроскопах?
4. Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов.
5. Сканеры на основе биморфных пьезоэлементов.
6. Система обратной связи.
7. Принцип работы спектрального туннельного микроскопа.
8. Схема туннелирования электронов через потенциальный барьер в туннельном микроскопе.
9. Принцип работы атомно-силового микроскопа.
10. Регистрация малых сил (единиц наноьютонов) и применение острых зондов.
11. Механическая система атомно-силового микроскопа.
12. Зонд в атомно-силовой микроскопии.

#### Вопросы для рейтинг-контроля №3

1. По каким признакам классифицируются процессы взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью твердого тела?
2. Охарактеризуйте эффекты взаимодействия ускоренных ионов с поверхностью.
3. Что такое коэффициент распыления? Какими параметрами он определяется?
4. Что включает понятие многоканальности гетерогенного плазменного процесса.
5. Что включает понятие многостадийности гетерогенного плазменного процесса? Что такое лимитирующая стадия процесса?
6. Назовите режимы протекания гетерогенной химической реакции в плазме. В чем заключаются их отличия?
7. Как оценить летучесть продуктов взаимодействия ХАЧ с поверхностью? Как влияет эта величина на режим проведения процесса и его скорость?
8. Охарактеризуйте основные особенности адсорбционно-десорбционных процессов ХАЧ.
9. Какими факторами определяется зависимость скорости гетерогенного плазменного процесса от операционных параметров процесса.
10. Охарактеризуйте основные механизмы десорбции продуктов взаимодействия, назовите их кинетические характеристики.



11. Назовите основные особенности плазменного травления полупроводниковых материалов – Si, GaAs.
12. Назовите основные особенности плазменного травления меди и алюминия.

## 5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.

### Вопросы к зачету

1. Метод совместного осаждения.
2. Способ восстановления и термического разложения.
3. Метод гидролиза.
4. Термолиз.
5. Метод физического парофазного осаждения.
6. Методики организации PVD-процесса.
7. Химическое парофазное осаждение.
8. Плазменные методы активации.
9. Адсорбция кластеров и молекул
10. Десорбция кластеров и молекул.
11. Способы получения изображения поверхности при сканирующей зондовой микроскопии.
12. Когда осуществляется контакт зонда и образца в туннельном микроскопе?
13. Как производится исследование микрорельефа поверхности и ее локальных свойств в сканирующих зондовых микроскопах?
14. Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов.
15. Сканеры на основе биморфных пьезоэлементов.
16. Система обратной связи.
17. Принцип работы спектрального туннельного микроскопа.
18. Схема туннелирования электронов через потенциальный барьер в туннельном микроскопе.
19. Принцип работы атомно-силового микроскопа.
20. Регистрация малых сил (единиц наноьютонов) и применение острых зондов.
21. Механическая система атомно-силового микроскопа.
22. Зонд в атомно-силовой микроскопии.
23. По каким признакам классифицируются процессы взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью твердого тела?
24. Охарактеризуйте эффекты взаимодействия ускоренных ионов с поверхностью.
25. Что такое коэффициент распыления? Какими параметрами он определяется?
26. Что включает понятие многоканальности гетерогенного плазменного процесса.
27. Что включает понятие многостадийности гетерогенного плазменного процесса? Что такое лимитирующая стадия процесса?
28. Назовите режимы протекания гетерогенной химической реакции в плазме. В чем заключаются их отличия?
29. Как оценить летучесть продуктов взаимодействия ХАЧ с поверхностью? Как влияет эта величина на режим проведения процесса и его скорость?
30. Охарактеризуйте основные особенности адсорбционно-десорбционных процессов ХАЧ.
31. Какими факторами определяется зависимость скорости гетерогенного плазменного процесса от операционных параметров процесса.
32. Охарактеризуйте основные механизмы десорбции продуктов взаимодействия, назовите их кинетические характеристики.
33. Назовите основные особенности плазменного травления полупроводниковых материалов – Si, GaAs.
34. Назовите основные особенности плазменного травления меди и алюминия.

### 5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Для организации самостоятельной работы студентов (самостоятельной проработки теоретического материала, подготовки по лекционному материалу, подготовки к практическим и лабораторным занятиям) рекомендуются учебно-методические пособия и указания из основного и дополнительного списка, перечисленные в разделе 6 настоящей рабочей программы.

#### Темы для самостоятельной работы студентов:

1. История развития сканирующей зондовой микроскопии.
2. Вычисление туннельного тока СТМ.
3. Атомное разрешение СТМ.
4. Виртуальные атомно-силовые микроскопы.
5. Технологии изготовления АСМ и СТМ-зондов.
6. Исследование механических свойств поверхностей методами АСМ.
7. Атомно-силовая микроскопия в биологии.
8. Тест-объекты для калибровки АСМ: сравнение характеристик.
9. Артефакты АСМ и методы борьбы с ними.
10. Возможности совмещения атомно-силового микроскопа с другими исследовательскими приборами.
11. Общее устройство и принципы работы СЗМ: зондовые датчики, сканирующие элементы, типы взаимодействия, роль обратной связи.
12. Основные типы сканирующих элементов и механизмов подвода и перемещения зонда относительно поверхности образца. Методы защиты СЗМ от механических вибраций, акустического воздействия и термических дрейфов.
13. Физические основы СТМ. Туннельный эффект в квази-классическом приближении. Туннельный ток в системах металл-диэлектрик-металл и металл-диэлектрик-полупроводник. Ограничения СТМ.
14. Устройство и принцип работы СТМ. Режимы постоянного тока и постоянной высоты, реализация атомарного разрешения, методы изготовления зондов.
15. Сканирующая туннельная спектроскопия и другие методики измерений, основанные на СТМ: измерение локальной работы выхода и распределения плотности электронных состояний, измерение кривых подвода и оценка качества зондов.
16. Кантилеверы – зондовые датчики для АСМ: основные типы, технология изготовления, геометрические и механические свойства.
17. Потенциал взаимодействия зонда с образцом в АСМ. Зависимость силы взаимодействия от расстояния между зондом и образцом – контактный, полуконтактный и бесконтактный режимы АСМ.
18. Устройство и принцип работы СЗМ в режиме контактной АСМ. Режимы постоянной высоты и постоянной силы, реализация атомарного разрешения. Ограничения методики контактной АСМ.
19. Исследование механических свойств материалов с помощью контактной АСМ. Микроскопия сил трения. Микроскопия модуляции силы. Атомно-силовая акустическая микроскопия.
20. Теория механических колебаний кантилевера. Зависимость амплитуды и фазы вынужденных колебаний кантилевера от расстояния между зондом и образцом. Бесконтактный и полуконтактный режимы колебаний кантилевера.
21. Устройство и принцип работы СЗМ в бесконтактном и полуконтактном режимах АСМ. Метод отображения фазы. Преимущества и недостатки бесконтактной и полуконтактной методик по сравнению с контактной АСМ.
22. Параметры, влияющие на качество и пространственное разрешение изображений, получаемых с помощью СЗМ, источники искажений и артефактов. Искажения, обусловленные

несовершенством сканирующих элементов, и методы их компенсации. Влияние формы зондов на качество изображений, эффект конволюции.

23. Исследование магнитных свойств материалов методом МСМ. Особенности взаимодействия зонда, имеющего магнитное покрытие, с магнитным полем образца, проблема топографических артефактов и качество получаемых изображений.

24. Реализация двухпроходных магнитных методик. Квазистатические и колебательные методики магнитной силовой микроскопии.

25. Исследование электрических свойств материалов с помощью СЗМ. Зондовые датчики для электрических методик измерения. Электромеханическое взаимодействие между кантилевером и образцом в контактном режиме. Факторы, определяющие пространственное разрешение, достижимое в контактных электрических методиках.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература*		
1. Нагорнов Ю.С., Ясников И.С., Тюрков М.Н. Способы исследования поверхности методами атомно-силовой и электронной микроскопии. Тольятти: ТГУ, 2012. 58 с.	2012	<a href="http://window.edu.ru/resource/127/80127/files/zond_microskop.pdf">http://window.edu.ru/resource/127/80127/files/zond_microskop.pdf</a>
2. Иваненко И.П. Анализ профиля поверхности методами атомно-силовой микроскопии	2018	<a href="http://physelec.phys.msu.ru/files/practice/AFM.pdf">http://physelec.phys.msu.ru/files/practice/AFM.pdf</a>
3. Сидоров, Е.В. Физико-химические основы литейного производства. Процессы кристаллизации и структурообразования [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов по направлению 150100 - Metallургия, специальности 150104 - Литейное производство черных и цветных металлов / Е. В. Сидоров ; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ) .— Электронные текстовые данные (1 файл: 6,55 Мб) .— Владимир : Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), 2011 .— 229 с. : ил., табл. — Заглавие с титула экрана .— Электронная версия печатной публикации .— Библиогр.: с. 225-228 .— Свободный доступ в электронных читальных залах библиотеки .— Adobe Acrobat Reader .— ISBN 978-5-9984-0166-4	2011	<a href="http://dSPACE.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/2977/1/00571.pdf">http://dSPACE.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/2977/1/00571.pdf</a> >
4. Морозов В. В., Сысоев Э.П. Нанотехнологии в керамике: монография в 2-х частях [Электронный ресурс]. Ч.1. Наночастицы 2010 - 276 с. Ч.2: Нанопленки, нанопокрyтия, наномембраны, нанотрубки, наностержни, нанопроволока. 2011 – 167 с. 2011.	2011	<a href="http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/2226">http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/2226</a> <a href="http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/2487">http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/2487</a>
5. Рамбиди, Н.Г.. Физические и химические основы нанотехнологий / Н. Г. Рамбиди, А. В. Берёзкин .— Москва : Физматлит, 2009 .— 454 с. : ил. — Библиогр.: с. 448-454 .— ISBN 978-5-9221-0988-8.	2014	<a href="https://www.studmed.ru/rambidi-ng-berezkin-av-fizicheskie-i-himichskie-osnovy-nanotehnologiy_e91a80f9554.html">https://www.studmed.ru/rambidi-ng-berezkin-av-fizicheskie-i-himichskie-osnovy-nanotehnologiy_e91a80f9554.html</a>
Дополнительная литература		
1. Беляев, И.В. Информационный каталог современного экспериментального оборудования и научных приборов на базе	2011	<a href="http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2993/1/00588.pdf">http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2993/1/00588.pdf</a>

научно-образовательных организаций и ведущих предприятий Владимирской области / И. В. Беляев, В. А. Кечин, Г. А. Гладкий; — Владимир: Владимирский гос. университет им. А.Г. и Н.Г.Столетовых (ВлГУ), 2011. 44 с.		
3. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Зондовая микроскопия» [Электронный ресурс] / сост. С. В. Кутровская [и др.] ; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ) .— Электронные текстовые данные (1 файл: 1,24 Мб) .— Владимир : Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), 2017 .— 52 с. : ил., цв. ил., табл. — Заглавие с титула экрана .— Библиогр.: с. 51-52 .— Свободный доступ в электронных читальных залах библиотеки	2017	<a href="http://dspace.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/6146/1/00687.pdf">http://dspace.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/6146/1/00687.pdf</a>
4. Сидоров, Е.В.. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Физико-химические основы литейного производства. Физическая химия систем и процессов" [Электронный ресурс] / сост. Е. В. Сидоров ; Владимирский государственный университет (ВлГУ), Кафедра литейных процессов и конструкционных материалов .— Электронные текстовые данные (1 файл : 881 Кб) .— Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010 .— 45 с.	2010	<a href="http://dspace.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/1890/3/00718.pdf">http://dspace.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/1890/3/00718.pdf</a> >

## 6.2. Периодические издания

1. Журнал ВАК «Наноинженерия»
2. Журнал ВАК «Российские нанотехнологии»

## 6.3. Интернет-ресурсы

<http://www.portalnano.ru/>

<http://www.ntsrf.info/>

<http://www.nanonewsnet.ru/>

<http://www.rusnanoforum.ru/>

<http://www.nanometer.ru/>

<http://www.ru-tech.ru/pub/nano>

<http://www.nanotech.ru/>

<http://nano-info.ru/>

<http://www.iacnano.ru/>

<http://www.nanoprom.net/>



## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины указывается необходимое для обучения лицензионное программное обеспечение, оборудование, демонстрационные приборы, мультимедийные средства, учебные фильмы, тренажеры, карты, плакаты, наглядные пособия; требования к аудиториям – компьютерные классы, специально оборудованные аудитории и лаборатории и т.д.

Перечень используемого оборудования:

### 1. Лаборатория нанодиагностики и фемтосекундной лазерной техники (ауд. 118-4)

*Краткая характеристика помещения:*

Общая площадь – 102 кв.м (2 этажа). 1 этаж – лабораторное и производственное оборудование (67 кв.м), компьютерный класс на 16 посадочных мест; 2 этаж – вспомогательные помещения, кондиционер. Соответствуют нормам СанПиН 2.2.1./2.1.1.1278-03, СанПиН 2.2.4.548-96, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, СанПиН 2.4.3.1186-03, ППБ 01-03, СНИП 21-01-97, СНИП 23-05, НПБ 104-03

*Оборудование:*

1) Чистая комната:

2) установка фемтосекундная лазерная "упорядоченного наноструктурирования" (РФ):

- имеет 3 рабочих длины волны, ультрафиолет, зеленый, и инфракрасный луч.

- 2 участка обработки (100x100 мм; 20x20 мм с возможностью позиционирования с точностью до 2 нм)

- диаметр пучка около 60 микрометров в случае поля 100x100 мм

- диаметр пучка от 0,5 микрометров (зависит от используемого объектива)

- возможность обработки и диагностики проводящих, диэлектрических, прозрачных, непрозрачных материалов.

3) зондовая лаборатория "Интегра спектра" (РФ)

Уникальная интеграция Сканирующего Зондового Микроскопа с конфокальной микроскопией/спектроскопией люминесценции и комбинационного рассеяния (КР). Благодаря эффекту гигантского усиления КР позволяет проводить КР спектроскопию и получать изображения с разрешением в плоскости до 50 нм.

Система для конфокальной оптической микроскопии представляет собой комбинированную систему, включающую конфокальный сканирующий лазерный спектрометр высокого пространственного разрешения, оптический микроскоп и универсальный сканирующий зондовый микроскоп. Система способна работать в режиме регистрации пространственного, трехмерного распределения спектров люминесценции и комбинационного рассеяния света, а также в различных режимах сканирующей зондовой микроскопии, включая наноиндентацию, наноманипуляцию и нанолитографию.

Система для сканирующей зондовой микроскопии. Одновременно с оптическим наблюдением, ИНТЕГРА Спектра позволяет исследовать объект с помощью арсенала методов сканирующей зондовой микроскопии — АСМ, МСМ, СТМ, сканирующей ближнепольной микроскопии, силовой спектроскопии. Уникальное совмещение оптических и зондовых методов в одном приборе позволяет ставить комплексные эксперименты, в которых информация о распределении оптических свойств образца и его химического состава может быть наложена на распределение его механических, электрических, магнитных и других свойств.

Система для исследования оптических свойств объекта за пределом дифракции (флуоресценция, спектроскопия комбинационного рассеяния). Отличительной чертой Нанолaborатории ИНТЕГРА Спектра является возможность исследовать оптические свойства объектов за пределом дифракционных ограничений. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия и эффекты локального усиления комбинационного рассеяния (TERS — tip enhanced Raman scattering), дают возможность картировать распределение оптических свойств

(пропускание, рассеяние, поляризация света и др.), а также осуществлять спектроскопию комбинационного рассеяния с разрешением до 50 нм в плоскости XY.

#### **Особенности**

- Острые АСМ зонда и фокус лазерного пучка могут быть спозиционированы друг относительно друга с высокой точностью (необходимо для получения максимального эффекта КР-TERS)
- При использовании оптической схемы "на просвет" высокотемпературный объектив жестко встроен в основание АСМ. Это обеспечивает долговременную стабильность системы, необходимую для работы со слабыми сигналами
- Часть отраженного излучения используется для построения конфокального лазерного отражения
- Низкошумящая CCD камера с охлаждением до  $-70^{\circ}\text{C}$  (квантовая эффективность до 90%) служит высокочувствительным детектором
- В качестве альтернативного детектора можно использовать лавинный фотодиод
- Гибкий выбор поляризационных устройств
- Все компоненты системы (АСМ, оптические и механические устройства) интегрированы с помощью единого программного обеспечения. большинство ключевых узлов и устройств системы (лазеры, решетки, диафрагмы, поляризаторы и т.д.) можно выбирать и / или настраивать прямо из программы
- Три разных схемы для работы с TERS

Применяется для исследования биологических объектов, контроля качества поверхностей оптических деталей, излучающих полупроводниковых структур, характеристик нанооптических и интегрально-оптических элементов, исследования характеристик наноэлектронных элементов, в частности, спектров квантовых точек.

- Исследование соединительной ткани, ДНК, вирусов
- Определение характеристик оконечных оптических устройств
- Спектроскопические измерения
- Контроль химических реакций

#### *4) дифрактометр малоуглового рассеяния SAXSess*

Предназначен для анализа тонких пленок или жидкостей, может строить кристаллические решетки вещества, определять размер частиц от 10 до 100 нанометров в растворе. SAXSess позволяет исследовать нанометровые структуры от 0.2 нм до 150 нм. SAXSess может работать в режиме линейной коллимации для быстрого сбора данных изотропных образцов и в режиме точечной коллимации для изучения анизотропных (ориентированных) образцов. Две системы могут работать одновременно в режимах линейной и точечной коллимации, используя один рентгеновский источник и одну систему детектирования. Широкий набор держателей образцов позволяют исследовать практически любые типы образцов от очень низких до высоких температур. Система TrueSWAXS™ делает возможным получение информации о наноструктуре и фазовом состоянии образца за одно измерение. Системы детектирования SAXSess не нуждаются в сервисном обслуживании и обеспечивают превосходное разрешение. Быстрый сбор и совершенная обработка экспериментальных данных. Система SAXSess включает в себя специальный пакет программного обеспечения для быстрого сбора и всесторонней обработки данных. Источник рентгеновского излучения используемый в SAXSess имеет следующие особенности: долговременная стабильность работы и минимальную стоимость эксплуатации. Современная многослойная фокусирующая оптика обеспечивает высокоинтенсивный монохроматический рентгеновский пучок. Улучшенная система блока коллимации даёт сформированный первичный рентгеновский пучок и эффективно убирает паразитное рассеяние. Она определяет разрешение системы и гарантирует низкий фон. температура очень точно контролируется в диапазоне от  $-150$  до  $300^{\circ}\text{C}$ . Существует большой выбор держателей под самые разные типы образцов. Полупрозрачный отсекающий первичного пучка позволяет точно определить нулевой

угол рассеяния и измерить интенсивность первичного пучка для определения коэффициента пропускания образца можно получать данные о мало- и широкоугловом рассеянии за одно измерение на одном и том же образце. Система SAXSess предлагает две высококлассные системы детектирования, которые можно использовать альтернативно на одном приборе SAXSess без необходимости изменения его настроек или конфигурации: • Система детектирования чувствительными пластинами обладает широким линейным динамическим диапазоном и покрывает углы рассеяния 2 до 40°. • Система детектирования CCD даёт возможность проводить автоматизированные измерения SAXS и измерения онлайн процессов во времени. Мощное и простое в работе программное обеспечение Вместе с прибором SAXSess поставляется мощный пакет программ для сбора и оценки данных малоуглового рентгеновского рассеяния (SAXS). Оценка данных включает базовую обработку данных (получение средних значений, вычитание фона и т.д.), моделирование, устранение размытий и аппроксимацию.

##### 5) Двухлучевой сканирующий УФ/Вид спектрофотометр LAMBDA 25

Двухлучевые сканирующие УФ/Вид спектрофотометры для рутинных и автоматических измерений. Эти приборы предназначены для различных промышленных, учебных, биологических и биохимических лабораторий и лабораторий по контролю окружающей среды. Они отличаются высокой стабильностью, гибкостью в выборе методов анализа, удобством представления и обработки полученных данных.

Ключевые особенности спектрофотометров серии Lambda:

Широкий выбор методов измерения – сканирование по длине волны, сканирование по времени (кинетические исследования) и количественный анализ (фотометрия)

Двухлучевая оптическая схема – высокие технические характеристики, точность и воспроизводимость получаемых данных

Высокая фотометрическая точность и низкий уровень шума – правильные и надежные результаты измерений при низких концентрациях аналита

Низкий уровень рассеянного света – измерения при высоких оптических плотностях

Встроенная система поверки прибора (IPV) – тестирование спектрофотометра на соответствие техническим характеристикам и требованиям GLP

Lambda 25 – спектрофотометр с фиксированной спектральной шириной щели 1 нм, соответствующий требованиям Американской, Европейской и другим национальным фармакопеям. Управление приборами, получение и обработка данных осуществляется с персонального компьютера с помощью ПО UV WinLab

Приборы могут комплектоваться кюветами различной длины и объема, системами автоматической смены кювет и термостатирования кювет (водяное и Пельтье); автодозатором, держателями для твердых образцов и гелей, интегрирующей сферой и волоконно-оптической системой для дистанционного анализа, приставками для анализа зеркального отражения и другими приставками и аксессуарами. Кроме того, на базе спектрофотометров могут быть сконфигурированы специальные системы для анализа растворимости лекарственных препаратов и проточно-инжекционная система для непрерывного поточного анализа.

##### 6) Многофункциональный планшетный анализатор VICTOR X3 (PerkinElmer)

Многофункциональные анализаторы предназначены для различных видов детекции оптических сигналов в планшетном формате, за исключением радиометрических методов: фотометрия; УФ-фотометрия; флюоресценция; флюоресценция с разрешением по времени; поляризационная флюоресценция; люминесценция; AlphaScreen; Label-Free. Анализаторы PerkinElmer обладают превосходной чувствительностью, гибкостью по предлагаемым конфигурациям под различные пользовательские задачи и многофункциональностью, непревзойденными техническими характеристиками. Анализаторы PerkinElmer широко известны во всем мире и завоевали неоспоримую репутацию. Анализаторы могут



использоваться как для рутинных лабораторных исследований в научных и медицинских лабораториях, так и для высокопроизводительных приложений в фармацевтических и биотехнологических лабораториях. Области применения: молекулярная и клеточная биология; генетический анализ и генотипирование; иммуноферментный анализ и ферментативные реакции; анализ активности рецепторов и молекулярных взаимодействий; квантификация; токсикологические и бактериологические исследования и т.д. Анализаторы могут работать как самостоятельно, так и в составе многофункциональных роботизированных комплексов.

Технологии детекции *Флюоресценция*: Измерение соотношения флюоресценции на двух длинах волн, Измерение флюоресценции снизу и сверху планшеты; *Поляризационная флюоресценция*; *Флюоресценция, отсроченная по времени (TRF)*: Двухоконная TRF, Измерение эмиссии на двух длинах волн; *Люминесценция*: Постоянная люминесценция (Glow), Импульсная люминесценция (Flash), Двойная (комбинированная) люминесценция; *Фотометрия в видимой области*; *УФ-фотометрия*

*Формат планшет*: 1 - 1536-луночные планшеты *Встроенный шейкер*: три режима: линейный орбитальный, двойной орбитальный *Встроенный температурный контроль*: от + 2°C выше тем-ры окр. среды до 50°C.

*Опции*: диспенсеры 1-4 канала; стекеры на 20 или 50 планшет; считыватель штрих-кодов; различные фильтры; ФЭУ красной области спектра для усовершенствования работы по технологиям LANCE и TR-FRET

## 2. Лаборатория рентгеновской диагностики материалов (ауд. 108-4)

*Оборудование:*

### 1. Рентгеновский дифрактометр Bruker D8 ADVANCE

D8 ADVANCE – это самый современный, на сегодняшний день, лабораторный дифрактометр из представленных на рынке. D8 ADVANCE позволяет решать практически весь комплекс существующих задач в области порошковой дифрактометрии. В приборе реализована принципиально новая концепция построения модульных систем DAVINCI.DESIGN, которая существенно упрощает процесс конфигурирования дифрактометра. Переход от геометрии Брегг-Брентано к параллельно-лучевой оптике происходит максимально быстро благодаря новой рентгенооптической TWIN-системе, в которой совмещены традиционные щели и зеркало Гёбеля, переключение между которыми происходит автоматически. Новая рентгеновская TWIST-трубка позволяет осуществлять переключение между точечным и линейным фокусом.

Дифрактометр D8 ADVANCE дает возможность проводить исследования материалов в различных условиях: охладить до температуры 10 К, нагревать до 2000°C, создавать условия с повышенной влажностью. При анализе в комнатных условиях специальные загрузчики образцов позволяют автоматизировать процесс измерения.

Важной составляющей частью современного дифрактометра является детектор. Решения от Bruker AXS включают в себя полный спектр точечных и позиционно-чувствительных детекторов. В дифрактометре D8 ADVANCE можно использовать энергодисперсионный детектор нового поколения SOL-XE и уже зарекомендовавшие себя в различных дифрактометрах от Bruker AXS динамические сцинтилляционные детекторы и линейные детекторы LynxEye и VANTEC-1.

- Качественный и количественный анализ кристаллических фаз.
- Структурный анализ.
- Определение размеров кристаллитов.
- Анализ структурных изменений кристаллических фаз при изменении температуры, влажности и давления с использованием соответствующих камер.
- Быстрый анализ с применением позиционно-чувствительного детектора.
- Автоматический режим сбора данных и дальнейшая обработка результатов программным пакетом DIFFRAC<sup>®</sup>

### 2. Рентгенофлуоресцентный спектрометр ARL ADVANT X Thermo Scientific (USA)

Технические характеристики:

- высокоэффективная рентгеновская трубка 4-го поколения с Rh анодом и тонким торцевым Be окном (0,075 мм);
- максимальная мощность 5 кВт;
- пропорциональный проточный детектор (3000 имп/сек);
- системы вращения проб и программируемых коллиматорных масок;
- диапазон анализируемых концентраций от 0,0001 до 100 %;
- двухкоординатный прободатчик на 98 кодированных позиций для проб в кассетах.

Направления использования:

- элементный анализ от Be до U (от ppb до 100%) образцов в виде металлов, прессованного и свободного порошка, стёкол и жидких проб;
- анализ масел, полимеров, цемента, горных пород, стёкол, металлов, руд, огнеупоров, геологических материалов.



## 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ

### 8.1. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### 8.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ОВЗ

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов с нарушениями слуха предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видео-техникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов с нарушениями зрения предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видео увеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

### 8.3. Требования к фонду оценочных средств для лиц с ОВЗ

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице 1.

Таблица 1 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные лабораторные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к экзамену, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные лабораторные, самостоятельные	Преимущественно дистанционными методами

аппарата	работы, вопросы к экзамену	
С ограничениями по общемедицинским показателям	Тесты, письменные лабораторные, самостоятельные работы, вопросы к экзамену, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

#### **8.4. Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы.

Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Рабочую программу составил Жданов А.В., к.т.н., доцент  
(ФИО, должность, подпись)



Рецензент (представитель работодателя):  
Генеральный директор ООО "НТЦ Композит"  
к.т.н., доцент

Прусов Е.С.

(место работы, должность, ФИО, подпись)



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Технология машиностроения»

Протокол № 1 от 31.08.2022 года

Заведующий кафедрой Морозов В.В., д.т.н., профессор  
(ФИО, подпись)



Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.02 «Наноинженерия»

Протокол № 1 от 31.08.2022 года

Председатель комиссии Морозов В.В., д.т.н., профессор  
(ФИО, должность, подпись)



### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_