

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



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

Направление подготовки 28.03.02 Наноинженерия

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
4	4 / 144	36	18	18	72	зачет
Итого	4 / 144	36	18	18	72	зачет

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «*Физико-химические основы нанотехнологий*» направлено на достижение следующих целей ОПОП 28.03.02 «Наноинженерия»:

Код цели	Формулировка цели
Ц1	Подготовка выпускников к <i>научно-исследовательской и инновационной деятельности</i> в области нанотехнологий и нанодиагностики, в том числе междисциплинарных областях, связанных с выбором необходимых методов исследования, модифицирования существующих и разработки новых технологий исходя из задач конкретного исследования.
Ц2	Подготовка выпускников к <i>проектно-конструкторской и проектно-технологической деятельности</i> , включающей в себя участие в составе коллектива исполнителей в проведении расчетных и проектных работ при разработке процессов нанотехнологий
Ц3	Подготовка выпускников к <i>производственно-технологической деятельности</i> , обеспечивающей участие в составе коллектива исполнителей в работах по производству и контролю качества нанообъектов и изделий на их основе;
Ц5	Подготовка выпускников к <i>самообучению</i> и освоению новых профессиональных знаний и умений, непрерывному профессиональному <i>самосовершенствованию</i> .

Целями 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).

*Цели дисциплины:*

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

*Задача дисциплины* - формирование теоретических, методических и практических знаний, умения использовать их в различных ситуациях и стремления к постоянному познанию нового.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина *Физико-химические основы нанотехнологий* изучается в 4 семестре подготовки бакалавров по направлению 28.03.02 и относится к обязательным дисциплинам Б1.О.25.

Пререквизиты дисциплины: Введение в наноинженерию, «Химия», «Физика».

**Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) дисциплинами и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами**

Наименование обеспечивающих (предыдущих) дисциплин и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	Разделы данной дисциплины, которые необходимы для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин		
	3 семестр		
	1	2	2
<b>Предшествующие дисциплины</b>			
1. Химия	+	+	

2. Физика	+		+
3. Введение в нанотехнологию	+	+	
<b>Последующие дисциплины</b>			
1. Основы нанотехнологий в машиностроении	+	+	+
2. Испытания изделий в нанотехнологиях	+	+	+
3. Выпускная квалификационная работа	+	+	+

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

После изучения данной дисциплины студент приобретает знания, умения и опыт, соответствующие результатам ОПОП направления 28.03.02:

**Р1, Р2, Р3, Р4, Р5, Р6, Р9** (расшифровка результатов обучения приводится в ОПОП направления 28.03.02).

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП:

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
ОПК-1	Частичный	<i>знать:</i> физические, естественно-научные и общеинженерные законы и принципы в своей профессиональной деятельности; <i>уметь:</i> 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; <i>владеть:</i> навыками использования математического аппарата для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности.
ОПК-3	Частичный	<i>знать:</i> основные методы проведения измерений, обработки и представления экспериментальных данных; <i>уметь:</i> составлять отчёты по учебно-исследовательской деятельности, включая анализ экспериментальных результатов, сопоставления их с известными аналогами; <i>владеть:</i> навыками формирования демонстрационного материала и представления результатов своей исследовательской деятельности на научных конференциях, во время промежуточных и итоговых аттестаций.
ПК-1	Частичный	<i>знать:</i> типовые методики комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов; <i>уметь:</i> проводить исследования структуры и свойств наноматериалов и изделий из них в соответствии с технической и эксплуатационной документацией; <i>владеть:</i> навыками комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных материалов для испытаний инновационной продукции nanoиндустрии.

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость составляет 4 зачетных единицы, 144 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СР		
1	Раздел 1. Основные физико-химические процессы, лежащие в основе различных методов нанотехнологии	4	1-6	12	6	6	24	12 / 50%	Рейтинг-контроль №1
2	Раздел 2. Наноинженерия поверхностных слоев материала с использованием спектрального туннельного микроскопа (СТМ) и атомного силового микроскопа (АСМ)		7-12	12	6	6	24	12 / 50%	Рейтинг-контроль №2
3	Раздел 3. Физико-химические основы процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью подложки		13-18	12	6	6	24	12 / 50%	Рейтинг-контроль №3
Всего за 4 семестр				36	18	18	72	36 / 50%	Зачет
Итого по дисциплине:				36	18	18	72	36 / 50%	Зачет

#### Содержание лекционных занятий

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

Тема 1. Взаимодействие потока расплава с потоком газа и жидкости, приводящее к генерации наночастиц. Взаимодействие потока жидких и твердых наночастиц с поверхностью подложки.

Тема 2. Адсорбция и десорбция кластеров и молекул. Молекулярные кластеры. Коллоидные и твердотельные кластеры.

Тема 3. Основы нанохимии. Хемосорбция и реакции в газовой фазе. Катализ. Крионанохимия.

Раздел 2. Наноинженерия поверхностных слоев материала с использованием спектрального туннельного микроскопа (СТМ) и атомного силового микроскопа (АСМ).

Тема 1. Основные принципы сканирующей зондовой микроскопии.

Тема 2. Процессы под иглой спектрального туннельного микроскопа (СТМ).

Тема 3. Процессы атомного силового микроскопа (АСМ).

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

Тема 1. Классификация процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью.

Тема 2. Физика процессов распыления материалов при ионной бомбардировке.

Тема 3. Гетерогенные химические реакции в условиях ННПП: основные понятия и подходы к анализу.

### **Содержание практических занятий**

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

Тема 1. Молекулярно-кинетические свойства нанодисперсных систем с жидкой и газообразной дисперсной средой.

Содержание занятий: Изучение молекулярно-кинетических свойств нанодисперсных систем с жидкой и газообразной дисперсной средой.

Тема 2. Оптические свойства нанодисперсных частиц.

Содержание занятий: Изучение оптических свойств нанодисперсных частиц.

Тема 3. Дисперсионный анализ полидисперсных систем.

Содержание занятий: Дисперсионный анализ полидисперсных систем.

Раздел 2. Наноинженерия поверхностных слоев материала с использованием спектрально-го туннельного микроскопа (СТМ) и атомного силового микроскопа (АСМ).

Тема 1. Физико-химические закономерности процессов, протекающих в нанопористых системах.

Содержание занятий: Анализ физико-химических закономерностей процессов, протекающих в нанопористых системах.

Тема 2. Физико-химические закономерности образования нанокластеров.

Содержание занятий: Анализ физико-химических закономерностей образования нанокластеров.

Тема 3. Анализ требований к параметрам изделий микро- и нанотехники.

Содержание занятий: Анализ требований к параметрам изделий микро- и нанотехники.

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

Тема 1. Микрообработка, элионные процессы и оборудование.

Содержание занятий: Микрообработка, элионные процессы и оборудование.

Тема 2. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами (1 – 100 нм) – 0-мерных (наночастицы и квантовые точки).

Содержание занятий: Изучение технологии получения материалов с нанометровыми размерами

Тема 3. Нанотехнология – получение материалов с нанометровыми размерами (1 – 100 нм) 1-мерных (нанопроволка, нанотрубки, квантовые линии).

Содержание занятий: Изучение технологии получения материалов с нанометровыми размерами.

### **Лабораторные работы**

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

Тема 1. Изучение конструкции атомно-силового микроскопа. Режим сканирующей туннельной микроскопии (СТМ). Закрепление и обновление СТМ – иглы. Крепление образца в СТМ-режиме.

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

Тема 2. Режим сканирующей туннельной микроскопии. Установка СТМ – столика. Включение и настройка СТМ-режима.

Содержание занятий: Установка СТМ – столика. Включение и настройка СТМ-режима.

Тема 3. Режим сканирующей туннельной микроскопии. Выбор области сканирования. Выбор параметров сканирования.

Содержание занятий: Режим сканирующей туннельной микроскопии. Выбор области сканирования. Выбор параметров сканирования.

Раздел 2. Наноинженерия поверхностных слоев материала с использованием спектрального туннельного микроскопа (СТМ) и атомного силового микроскопа (АСМ)

Тема 1. Режим сканирующей туннельной микроскопии. Подвод иглы к образцу. Сканирование образца и настройка параметров.

Содержание занятий: Подвод иглы к образцу. Сканирование образца и настройка параметров.

Тема 2. Режим атомно-силовой микроскопии (АСМ). Установка кантилевера в АСМ-столик. Установка образца для АСМ-режима. Подвод и сканирование в АСМ-режиме.

Содержание занятий: Установка образца для АСМ-режима. Подвод и сканирование в АСМ-режиме.

Тема 3. Исследование термодинамических функций реальных металлических систем при заданных условиях.

Содержание занятий: Исследование термодинамических функций реальных металлических систем при заданных условиях.

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

Тема 1. Термодинамика окисления углерода при окислительном рафинировании углеродистой стали.

Содержание занятий: Термодинамика окисления углерода при окислительном рафинировании углеродистой стали.

Тема 2. Исследование процесса ликвационного рафинирования расплавов от металлических примесей.

Содержание занятий: Исследование процесса ликвационного рафинирования расплавов от металлических примесей.

Тема 3. Исследование СВС-процессов при получении литейных сплавов и лигатур.

Содержание занятий: Исследование СВС-процессов при получении литейных сплавов и лигатур.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Физико-химические основы нанотехнологий» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- *Интерактивная лекция (тема №1.1; 1.3; 3.2.);*
- *Групповая дискуссия (тема № 1.2; 3.1; 2.2.);*
- *Разбор конкретных ситуаций (тема № 2.1; 3.3; 2.3).*

### **Методы активного и практического (экспериментального) обучения**

Методы активного обучения применяются с целью вовлечения студентов непосредственно в процесс размышления и решения задач. В активном обучении меньше внимания уделяется пассивной передаче информации и больше – практике управления, применения, анализа и оценки идей. Понимание повышает мотивацию студентов к выполнению задания и формирует навык обучения в течение всей жизни.

Активное обучение трансформируется в практическое (экспериментальное), при котором студенты пробуют себя в смоделированных профессиональных ситуациях,

например, выполняя проекты, имитируя или анализируя реальные случаи из инженерной практики.

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

*Текущий контроль успеваемости (рейтинг-контроль 1, рейтинг-контроль 2, рейтинг-контроль 3).*

### *Вопросы к рейтинг-контролю №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 к рейтинг-контролю №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 наноньютонов) и применение острых зондов.
11. Механическая система атомно-силового микроскопа.
12. Зонд в атомно-силовой микроскопии.

### *Вопросы к рейтинг-контролю №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.

*Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины в форме зачета.*

*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 наноньютонов) 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.

### Самостоятельная работа студентов

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

Тема 1. Основные физико-химические процессы, лежащие в основе различных методов нанотехнологии и наноинженерии.

Раздел 2. Наноинженерия поверхностных слоев материала с использованием спектрального туннельного микроскопа (СТМ) и атомного силового микроскопа (АСМ).

Тема 2. Наноинженерия поверхностных слоев материала с использованием спектрального туннельного микроскопа (СТМ) и атомного силового микроскопа (АСМ)

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

Тема 1. Физико-химические основы процессов взаимодействия активных частиц плазмы с поверхностью подложки при нанесении покрытий.

### Учебно-методическое обеспечение СР

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов приводится в методических рекомендациях по выполнению самостоятельной работы студентов по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий».

## 7. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература*			
1. Основы нанотехнологий [Электронный ресурс] / Головин Ю.И. - М.: Машиностроени	2019		<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=912462">http://znanium.com/bookread2.php?book=912462</a>
2. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы [Электронный ресурс] / Андриевский Р.А. - М.: БИНОМ	2016		<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=911277">http://znanium.com/bookread2.php?book=911277</a>
3. Введение в фемтонанопонику: фундаментальные основы и лазерные методы управляемого получения и диагностики наноструктурированных материалов: учебное пособие/ С.М. Аракелян [и др.]; под общ. ред. С.М. Аракеяна. – Москва: Логос, 2015. – 743 с.	2019		<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=999946">http://znanium.com/bookread2.php?book=999946</a>
Дополнительная литература			
1. Зондовые нанотехнологии в электронике [Электронный ресурс] / Неволин В.К. - Издание 2-е, исправленное. - М.: Техносфера	2017		<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=910730">http://znanium.com/bookread2.php?book=910730</a>
2. Основы нанотехнологии [Электронный ресурс] / Н.Т. Кузнецов, В.М. Новоторцев, В.А. Жабрев, В.И. Марголин. - М.: БИНОМ	2016		<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=908690">http://znanium.com/bookread2.php?book=908690</a>

3. Морозов В.В. Нанотехнологии в керамике: монография: в 2 ч. / В.В. Морозов, Э.П. Сысоев; Владимирский государственный университет (ВлГУ). — Владимир: Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010-2011. — ISBN 978-5-9984-0075-9. Ч. 1: Наночастицы [Электронный ресурс]. — Электронные текстовые данные (1 файл: 18,5 Мб). — 2010. — 274 с	2016		<a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=1115468">http://znanium.com/bookread2.php?book=1115468</a>
---	------	--	---

### 7.2. Периодические издания:

1. Нанотехнологии: наука и производство: информационно-аналитический журнал. — Москва: Образование плюс.
2. Нанотехнологии. Экология. Производство: научно-производственный журнал. — Санкт-Петербург: Издательский дом "Нанотех".
3. Российские нанотехнологии. — Москва: Парк-медиа.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

<a href="http://www.mashportal.ru/">http://www.mashportal.ru/</a>	<a href="http://www.soyuzmash.ru/">http://www.soyuzmash.ru/</a>
<a href="http://www.portalnano.ru/">http://www.portalnano.ru/</a>	<a href="http://www.ru-tech.ru/pub/nano">http://www.ru-tech.ru/pub/nano</a>
<a href="http://www.ntsр.info/">http://www.ntsр.info/</a>	<a href="http://www.nanotech.ru/">http://www.nanotech.ru/</a>
<a href="http://www.nanonewsnet.ru/">http://www.nanonewsnet.ru/</a>	<a href="http://nano-info.ru/">http://nano-info.ru/</a>
<a href="http://www.rusnanoforum.ru/">http://www.rusnanoforum.ru/</a>	<a href="http://www.iacnano.ru/">http://www.iacnano.ru/</a>
<a href="http://www.nanometer.ru/">http://www.nanometer.ru/</a>	<a href="http://www.nanoprom.net/">http://www.nanoprom.net/</a>
<a href="http://www.rusnano.com">www.rusnano.com</a>	<a href="http://www.nanobusiness.fi/">http://www.nanobusiness.fi/</a>
<a href="http://www.ntmdt.ru">http://www.ntmdt.ru</a>	<a href="http://www.nanoscopy.net">http://www.nanoscopy.net</a>

### Учебно-методические издания

1. Жданов А.В. Методические указания к практическим работам по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Жданов А.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2019. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
2. Жданов А.В. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Жданов А.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2019. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
3. Жданов А.В. Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Жданов А.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2019. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
4. Жданов А.В. Оценочные средства по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Жданов А.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2019. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

## **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1) Портал Центр дистанционного обучения ВлГУ [электронный ресурс] / - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

2) Раздел официального сайта ВлГУ, содержащий описание образовательной программы [электронный ресурс] / - Режим доступа: Образовательная программа 28.03.02 «Наноинженерия» <http://op.vlsu.ru/index.php?id=3518>

### **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения учебного процесса по дисциплине «Физико-химические основы нанотехнологий» предусмотрено использование следующих лабораторий кафедры ТМС и НОЦ «Нанотехнологии» ВлГУ

#### **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 микрон в случае поля 100x100 мм
- диаметр пучка от 0,5 микрон (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

ва 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.

Применяется для исследования биологических объектов, контроля качества поверхностей оптических деталей, излучающих полупроводниковых структур, характеристик нанооптических и интегрально-оптических элементов, исследования характеристик нанoeлектронных 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°C. 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.

#### *б) 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.

## **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 пробоподатчик 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.

## **9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ**

### **9.1. 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.

### **9.2. 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 при-

ема-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 видеоувеличителей 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.

### 9.3. 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 зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные лабораторные, самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показателям	Тесты, письменные лабораторные, самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

### 9.4. 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.


При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.



Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС  
ВО по направлению 28.03.02 «Наноинженерия»

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

Рецензент  
(представитель работодателя) Директор ООО «ПКС Центр» к.т.н.

Смирнов А.А.   
(место работы, должность, ФИО, подпись)




Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технология машиностроения

Протокол № 1 от 29.08.2019 года

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

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 28.03.02 «Наноинженерия»

Протокол № 1 от 29.08.2019 года

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

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2020/2021 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 01.09.2020 года

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор Морозов В.В. \_\_\_\_\_



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

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

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор Морозов В.В. \_\_\_\_\_

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

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

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор Морозов В.В. \_\_\_\_\_