

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой общей
физики



Турищев С.Ю.
22.05.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФТД.01 Современные микро- и нанотехнологии

1. Код и наименование направления подготовки: **28.04.02** *Наноинженерия*
2. Профиль подготовки/специализации: *Физическая нанодиагностика и синхротронные технологии*
3. Квалификация (степень) выпускника: *магистр*
4. Форма образования: *очная*
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: *кафедра общей физики*
6. Составители программы: *Турищев Сергей Юрьевич*
д.ф.-м.н., доцент
7. Рекомендована: *НМС физического факультета протокол №5 от 22.05.2024*
8. Учебный год: **2025-2026** Семестр: **2**

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Формирование знаний в области современной микро- и нанотехнологии. Изучение закономерности развития микро- и нанотехнологий в наноинженерии.

Задачи учебной дисциплины:

- ознакомление с основными идеями и техническими решениями, используемыми в современной микроэлектронике с переходом в наноэлектронику;
- формирование знаний в области теоретических и технологических принципов микроэлектроники (с переходом в наноэлектронику), лежащих в основе построения современных информационных систем;
- овладение навыками в оценке современных технологических методов и возможностей их использовании в микроэлектронике с переходом в наноэлектронику.

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к факультативным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, блока ФТД «Факультативные дисциплины».

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки общепрофессиональных и профессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых функций:

D/01.7 «Формирование новых направлений научных исследований и опытно-конструкторских разработок», D/04.7 «Определение сферы применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ», В/02.6 «Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований» профессионального стандарта 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»;

В/01.7 «Развитие, сохранение и рациональное использование инфраструктуры материаловедческого подразделения в части, касающейся отдельной операции контроля, измерения свойств и испытания основных, вспомогательных и расходных материалов», В/05.7 «Рациональное использование, обслуживание, модернизация и настройка оборудования, обеспечивающего выполнение операций контроля, измерения свойств», С/07.7 «Освоение нового оборудования, обеспечивающего выполнение операций контроля, измерения свойств (инженерных, технологических, эксплуатационных) и испытания материалов» профессионального стандарта 40.005 «Специалист в области материаловедческого обеспечения технологического цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них».

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Компетенции		Индикаторы		Планируемые результаты обучения
Код	Наименование компетенции	Код(ы)	Наименование индикатора(ов)	

ПК-3	<p>Готов обоснованно выбирать сочетания способов решения научно-технических и технологических задач, и делать на основе полученных данных обобщенные выводы, направленные на создание новых и усовершенствованные имеющихся процессов наноинженерии, включая подготовку научных публикаций и их апробацию</p>	ПК-3.2	<p>Подбирает эффективное сочетание технологических решений и высокоточных методов диагностики, в том числе на основе использования синхротронного излучения для решения задач наноинженерии функциональных наноматериалов</p>	<p>Знать: - теоретические, экспериментальные и технологические основы и специфику в разработке и изготовлении микро- и нанoeлектронных приборов и устройств</p> <p>Уметь: - применять знания, полученные при изучении курсов физических и математических дисциплин при рассмотрении вопросов, связанных с теоретическими, экспериментальными и технологическими аспектами разработки и изготовления микро- и нанoeлектронных приборов и устройств.</p> <p>Владеть: - основами знаний в области базовых и типовых технологических операций современной микро- и нанoeлектроники, владеть терминологией изучаемой дисциплины; - навыками проведения экспертной оценки существующих и перспективных микро- и нанотехнологий, элементов и устройств микро- и нанoeлектроники.</p>
------	---	--------	---	--

12 Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2/72

Форма промежуточной аттестации - зачет

13 Трудоёмкость по видам учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоёмкость (часы)	
	Всего	По семестрам
		2 сем.
Аудиторные занятия	30	30
в том числе: лекции	30	30
Самостоятельная работа	42	42
Форма промежуточной аттестации - зачет		
Итого:	72	72

13.1. Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Общие вопросы формирования микро- и наноструктур	Общие вопросы формирования микро- и наноструктур. Физические и технологические ограничения использования пучков частиц при формировании микро- и наноструктур.
1.2	Источники частиц при процессах микро- и нанотехнологий	Источники фотонов. Лампы, лазеры, рентгеновская трубка, синхротрон. Источники электронов, фокусировка электронных пучков, способы фокусировки и управление, электронно лучевые установки, особенности и ограничения при использовании. Источники ионов. Пролет ионов и его зависимость от энергии иона.
1.3	Процессы микро- и нанотехнологий	Фотохимические процессы в фоторезистор. Негативные и позитивные фоторезисты. Формирование изображения. Рентгенолитография. Электроннолитография, радиационные и тепловые процессы при воздействии электронного пучка. Методы совмещения при литографии. Ионная имплантация. Ионнолегирующие установки. Радиационный отжиг без перераспределения и с перераспределением примесей, термический, быстрый термический и импульснофотонные отжики. Формирование скрытых слоев внутри подложки, квантовых ям, квантовых проволок и квантовых точек. Использование процессов самоорганизации при формировании квантово размерных структур.

13.2. Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)		
		Лекции	Самостоятельная работа	Всего
1	Общие вопросы формирования микро- и наноструктур	10	14	24
2	Источники частиц при процессах микро- и нанотехнологий	10	14	24
3	Процессы микро- и нанотехнологий	10	14	24
	Итого:	30	42	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Изучение дисциплины «Современные микро- и нанотехнологии» предусматривает осуществление учебной деятельности, состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем (лекции) и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы.

Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: подбором, изучением, анализом и конспектированием рекомендованной литературы, подготовкой и сдачей зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента-магистра. Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия

Самостоятельная работа студентов наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки магистров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации. Самостоятельная работа - это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов-магистров. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы.

Самостоятельная работа студента при изучении «Современные микро- и нанотехнологии» включает в себя:

изучение теоретической части курса	- 34 часов
подготовку к зачету	- 8 часов
итого - 42 часов	

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов Интернет, необходимых для освоения дисциплины:

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Введение в нанотехнологию : учебник : / В. И. Марголин, В. А. Жабрев, Г. Н. Лукьянов, В. А. Тупик ; СПб.: Издательство «Лань», 2022. – 464 с.
2	Цветков, Ю. Б. Процессы и оборудование микротехнологии : учебное пособие / Ю. Б. Цветков. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. — 124 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Степаненко Игорь Павлович. Основы микроэлектроники Учебное пособие для вузов. / И.П. Степаненко, - М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2000. - 488 с.
4	Бурмаков Александр Пантелеевич. Физические основы технологии микроэлектроники Учебное пособие. / А.П. Бурмаков, П.И. Гайдук, Ф.Ф. Комаров, А.В. Леонтьев. - Минск: БГУ, 2002. - 195 с.

5	Броудай, Ивор. Физические основы микротехнологии / И. Броудай, Дж. Мерей ; пер. с англ. В.А. Володина, В.С. Першенкова и Б.И. Подлепецкого ; под ред. А.В. Шальнова .— М. : Мир, 1985 .— 494с.
6	Моро, Уэйн. Микролитография : Принципы, методы, материалы : В 2 ч. / У. Моро ; пер. с англ. под ред. Р. Х. Тимерова; предисл. К. А. Валиева .— М. : Мир, 1990.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
7	http://www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
8	https://edu.vsu.ru – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"
9	Федеральный портал «Российское образование» http://www.edu.ru

16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Степаненко Игорь Павлович. Основы микроэлектроники Учебное пособие для вузов. / И.П. Степаненко, - М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2000. - 488 с.
2	Бурмаков Александр Пантелеевич. Физические основы технологии микроэлектроники Учебное пособие. / А.П. Бурмаков, П.И. Гайдук, Ф.Ф. Комаров, А.В. Леонтьев. - Минск: БГУ, 2002. - 195 с.
3	Броудай, Ивор. Физические основы микротехнологии / И. Броудай, Дж. Мерей ; пер. с англ. В.А. Володина, В.С. Першенкова и Б.И. Подлепецкого ; под ред. А.В. Шальнова .— М. : Мир, 1985 .— 494с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины:

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии по образовательным формам: лекции; лабораторные работы, индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория (мультимедийный кабинет) (ауд. 135): специализированная мебель, компьютеры, ноутбуки, проектор, мультимедийное демонстрационное оборудование. Microsoft Windows 7, Windows 10, Microsoft office 2019, Corel Draw 2021.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 103): специализированная мебель, компьютеры, ноутбуки с возможностью подключения к сети Интернет и с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ. Microsoft Windows 7, Windows 10, Microsoft office 2019, Corel Draw 2021, Среда ORIGIN PRO 2022b SR1.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий может осуществляться через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
1	Общие вопросы формирования микро- и наноструктур	ПК-3	ПК-3.2	Опрос
2	Источники частиц при процессах микро- и нанотехнологий	ПК-3	ПК-3.2	Опрос
3	Процессы миро- и нанотехнологий	ПК-3	ПК-3.2	Опрос Текущая аттестация
Промежуточная аттестация: форма контроля – зачет				Вопросы к зачету

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос на занятиях и текущая аттестация.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета.

Текущая аттестация проводится в формате тестирования с использованием банка заданий фонда оценочных средств. Задание из фонда оценочных средств выбираются в соответствии с уровнем подготовки студентов. Используется задания закрытого типа (тестовые задания) и задания открытого типа (ситуационные задачи).

Банк заданий текущей аттестации (Фонд оценочных средств):

Перечень заданий для оценки уровня освоения дисциплины:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

1.1. Что такое электронная корреляция в контексте квантовой механики?

- a) Взаимодействие электронов с внешним полем.
- b) Влияние движения одного электрона на движение других электронов в системе.**
- c) Вклад в энергию системы, связанный с обменом электронами между различными орбиталями.
- d) Энергия кулоновского притяжения между электронами и ядрами.

1.2. Какой метод является основным методом учёта корреляционных эффектов в рамках подхода самосогласованного поля?

- a) Метод Хартри.
- b) Метод конфигурационного взаимодействия (CI).**
- c) Метод функционала плотности (DFT).

d) Метод Монте-Карло.

1.3. Каким образом учитываются корреляции в методе конфигурационного взаимодействия?

- a) **Путём суммирования вкладов от различных конфигураций электронов.**
- b) Путём решения уравнений Хартри-Фока итеративным методом.
- c) Путём замены многоэлектронной задачи на задачу о распределении электронной плотности.
- d) Путём введения поправок к потенциалу взаимодействия.

1.4. Почему метод Хартри-Фока не учитывает корреляционные эффекты?

- a) **Потому что он предполагает независимость движений электронов.**
- b) Потому что в нём используется классическая теория возмущений.
- c) Потому что этот метод основывается на упрощённых моделях взаимодействия частиц.
- d) Потому что учет корреляции требует дополнительных вычислений.

1.5. Каково основное уравнение квантовой теории, описывающее поведение системы многих тел?

- a) **Уравнение Шредингера.**
- b) Уравнение Дирака.
- c) Уравнение Клейна-Гордона.
- d) Уравнение Гамильтона-Якоби.

1.6. Какие частицы подчиняются статистике Ферми-Дирака?

- a) Фотоны.
- b) **Фермионы.**
- c) Бозоны.
- d) Лептоны.

1.7. Чему равен спин фермионов?

- a) Целому числу.
- b) **Половине целого числа.**
- c) Любому рациональному числу.
- d) Любому иррациональному числу.

1.8. Что из перечисленного можно отнести к наноматериалам?

- a) Углеродные нанотрубки, металлические нанопроволоки, керамические наноструктуры.
- b) Полимерные нановолокна, графены, фуллерены.
- c) Карбоновые наноточки, квантовые точки, квантовые ямы.
- d) Все вышеперечисленные варианты.

1.9. Что такое поверхностные эффекты?

- a) Влияние границы раздела на свойства материала.
- b) Изменение свойств материала вблизи поверхности.
- c) Влияние внешней среды на свойства поверхности материала.
- d) Поверхностные эффекты означают изменение свойств материала вблизи поверхности.

1.10. Какой из перечисленных объектов является источником синхротронного излучения?

- **Синхротрон**
- Лазер
- Рентгеновская трубка
- Радиоактивный изотоп

1.11. Какой физический процесс лежит в основе генерации синхротронного излучения?

- **Отклонение заряженных частиц в магнитном поле**
- Ядерный распад
- Термоядерный синтез
- Фотоэффект

1.12. Какая из перечисленных характеристик синхротронного излучения является уникальной?

- Монохроматичность
- Поляризация
- **Высокая интенсивность**
- Коллимация

1.13. Какие волновыми свойствами обладает электромагнитное излучение рентгеновского диапазона?

- Преломление и отражение
- полное внутреннее отражение
- полное внешнее отражение
- **все перечисленное**

1.14. Какой прибор используется для получения рентгеновских дифракционных данных?

- а) Электронный микроскоп
- б) Дифрактометр**
- с) Спектроскоп

1.15. Какой из параметров не влияет на рентгеновский дифракционный спектр?

- а) Толщина образца
- б) Цвет образца**
- с) Угол падения излучения

1.16. Какие элементы относятся к ферромагнитным металлам переходной группы?

- Натрий, калий, кальций
- **Железо, кобальт, никель**
- Медь, серебро, золото
- Углерод, кремний, германий

2) задания с коротким ответом (ответ на задание состоит из числа, слова или словосочетания, повышенный уровень сложности):

2.1. Неупругим типом рассеяния электромагнитного излучения с изменением длины волны называется

Ответ: Комптоновским

2.2. Упругим типом рассеяния электромагнитного излучения условием которого является малость рассеивателей называется

Ответ: Релеевское (или Релеевским)

2.3. Упругим типом рассеяния электромагнитного излучения, теория которая в том числе может быть применима к видимому спектру излучению, называется

Ответ: Томпсоновским (или Томпсона)

2.4. Что измеряется при рентгеноструктурном анализе?

Ответ: Углы дифракции.

2.5. Как называется инструмент, который используется в рентгеноструктурном анализе?

Ответ: Рентгеновский дифрактометр

2.6. Какой тип магнитной анизотропии характерен для тонких пленок?

Ответ: Формационная анизотропия

2.7. Среди множества особенностей синхротронного излучения, для изучения быстропротекающих процессов используют ее структурированность во

Ответ: времени

2.8. Эммитансом называется

Ответ: расходимость пучка электронов (или расходимость пучка)

2.9. Среди вставных магнитных устройств для синхротронов принято выделять ...

Ответ: ондуляторы, вигглеры, шифтеры

2.10. В синхротронах первого поколения, синхротронное излучение являлось

Ответ: паразитным.

3) открытые задания (ситуационные задачи, средний уровень сложности):

3.1. Что такое электронный газ?

3.2. Что такое магнитная постоянная наночастицы?

3.3. Какие факторы влияют на магнитную силу нанонити (нанопроволоки)?

3.4. Чем отличается ферромагнетизм от антиферромагнетизма?

Ответ: Направлением магнитных моментов соседних атомов

3.5. Что такое синхротронное излучение

Ответ: магнитотормозное электромагнитное излучение, испускаемое релятивистскими заряженными частицами при изменении траектории движения

Критерии и шкалы оценивания:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) задания с коротким ответом (ответ на задание состоит из числа, слова или словосочетания, повышенный уровень сложности):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

3) открытые задания (ситуационные задачи, средний уровень сложности):

- 5 баллов – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) характер принятого решения);
- 2 балла – задание выполнено с незначительными ошибками, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование характера принятого решения, или задание выполнено не полностью, но получены промежуточные результаты, отражающие правильность хода выполнения задания, или, в случае если задание состоит из выполнения нескольких подзаданий, 50% которых выполнено верно;
- 0 баллов – задание не выполнено, или ответ содержательно не соотнесен с заданием, или выполнено неверно (ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее его изучение).

Тестирование предусматривает выполнение 10 заданий закрытого типа (максимальное количество баллов - 10) и 8 заданий открытого типа (5 с коротким ответом и 2 ситуационных задачи) (максимальное количество баллов - 20). Если студент набрал менее 15 баллов, то ставится оценка – «не-удовлетворительно», менее 18 баллов - «удовлетворительно», менее 25 – «хорошо». Если в результате тестирования студент набирает более 25 баллов, то ставится отметка «отлично».

Перечень вопросов для опросов

1. Какие методы нанотехнологической метрологии следует отнести к интегральным?
2. Какие методы нанотехнологической метрологии следует отнести к индивидуальным?
3. В чем причина замены ламповой электроники на полупроводниковую?
4. Что входит в понятие «вакуумная микроэлектроника»?
5. Где могут быть использованы приборы вакуумной микроэлектроники?
6. В чем заключается процесс автоэлектронной эмиссии?
7. Какое условие необходимо для осуществления баллистического движения электронов в рабочем пространстве?
7. В чем сложность создания самосовмещенных субмикронных зазоров между электродами?
8. Чем отличаются компланарная и планарная конструкции диода и триода?
9. Что является наиболее полной характеристикой стабильности тока АЭК?
10. Что представляют собой матричные автоэлектронные катоды (МАЭК)?
12. Что является основным недостатком АЭК на основе острых катодов Спиндта?
13. В чем смысл идеи квантового компьютера?
14. Что такое кубит?
15. Возможно ли дублирование неизвестного квантового состояния, и если да, то каким образом?
16. Приведите критерии, различающие классические и квантовые объекты.
17. Что понимают под словом «керамика» в настоящее время?
18. Перечислите известные вам свойства керамических материалов.
19. Что является компонентами современной керамики?
20. Чем отличается конструкционная керамика от функциональной?
21. Что такое нанокерамика?
22. Какими преимуществами обладает нанокерамика перед металлами?
23. Что является исходным сырьем для нанокерамики?
24. В чем состоят особенности технологии нанокерамики по сравнению с технологией получения наночастиц и ультрадисперсных частиц?
25. Какие методы получения исходных нанопорошков вы знаете?
26. В чем особенности метода переконденсации материалов?

27. В чем состоят преимущества плазменного способа получения НП?
28. С чем связана пористость нанокерамики, полученной компактированием порошков?
29. В чем сущность метода магнитного импульсного прессования?
30. Какие методы получения наноструктурированных пленок вы знаете?
31. В чем заключается метод ультразвукового компактирования?
32. Какие силы действуют при спекании сферических наночастиц?
33. Что лежит в основе метода интенсивной пластической деформации?
34. Что лежит в основе метода самораспространяющегося поверхностного высокотемпературного синтеза?
35. В чем заключаются особенности оптической лазерной керамики?
36. Что такое сегнетоэлектрическая керамика?
37. На какие два больших класса подразделяется пенистая керамика?
38. По каким двум направлениям идет развитие военных нанотехнологий?
39. Что можно отнести к нанобиотехнологиям?
40. Какие применения нанотехнологий в биологии и медицине вам известны?
41. На какие классы можно условно разделить нанотранспортные системы, используемые для доставки нуклеиновых кислот в клетки?
42. В чем состоит принцип действия биологических микрочипов?
43. Что понимается под молекулярной визуализацией?
44. В чем состоит проблема опасностей и рисков в нанотехнологии?

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация в форме зачета по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств

Перечень вопросов к промежуточной аттестации

1. Физические и технологические ограничения использования пучков частиц при формировании микро- и наноструктур.
2. Источники фотонов. Лампы, лазеры, рентгеновская трубка, синхротрон.
3. Источники электронов, фокусировка электронных пучков, способы фокусировки и управление, электронно лучевые установки, особенности и ограничения при использовании.
4. Фотохимические процессы в фоторезистор. Негативные и позитивные фоторезисты. Формирование изображения.
5. Рентгенолитография. Электроннолитография, радиационные и тепловые процессы при воздействии электронного пучка. Методы совмещения при литографии.
6. Ионная имплантация, источники ионов, ионнолегирующие установки. Пробег ионов и его зависимость от энергии иона.
7. Радиационный отжиг без перераспределения и с перераспределением примесей, термический, быстрый термический и импульснофотонные отжики.
8. Формирование скрытых слоев внутри подложки, квантовых ям, квантовых проволок и квантовых точек.
9. Использование процессов самоорганизации при формировании квантово-размерных структур.

Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – *зачет*. Оценка за освоение дисциплины определяется ведущим дисциплину преподавателем как экспертом. В приложение к диплому вносится оценка *зачтено*.

При оценке освоения обучающегося программы дисциплины «Современные микро- и нанотехнологии» используются следующие критерии:

- уровень профессиональной подготовки;
- качество и своевременность выполнения лабораторных работ;
- ответы на вопросы.

Уровень профессионализма (профессиональные знания, умения, навыки и компетенции) оценивается по следующим показателям:

- умение формулировать цели исследований;
- адекватное применение физико-математического аппарата для решения поставленных задач;
- адекватная рефлексия выполняемой научно-практической деятельности.

Критерии оценки работы обучающихся, которые соотносятся с уровнями сформированности компетенций:

- «*зачтено*» выставляется при полном соответствии работы обучающегося всем вышеуказанным показателям. Соответствует повышенному, базовому и пороговому уровням сформированности компетенций: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически и в полном объеме. Данный уровень обязателен для всех осваивающих ОПОП;

- «*незачтено*» выставляется в случае несоответствия работы обучающегося всем требуемым показателям, неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении заданий, предусмотренных программой дисциплины «Современные микро- и нанотехнологии».

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач	Повышенный, базовый, пороговый уровни	Зачтено
Ответы на вопросы не соответствуют любым из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении практических задач	–	Незачтено

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Современные микро- и нанотехнологии» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *незачтено*.

Если обучающийся не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии

оценивания приведены выше.