

ЯМИНОБРНАУКИ 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**

Б1.О.13 Физические основы диагностики наноструктур

---

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: *Титова София Сергеевна*
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 диагностики материалов наноинженерии. Изучение новых материалов, поведению их на атомарно-электронном уровне, методов синтеза наноструктур и кластеров, а также современных методов исследования наноструктурированных материалов и их применение в наноинженерии.

Задачи учебной дисциплины:

- получение у обучающихся представлений о физических идеях и принципах современной диагностики наноструктур используемых в наноинженерии;
- формирование комплекса теоретических знаний о физических принципах диагностики низкоразмерных электронных систем, важнейших физических процессах и явлениях, составляющих фундаментальную основу наноинженерии;
- знакомство с существующими моделями, основными теориями диагностики физических явлений и структур, знакомство с основными областями наноэлектронных структур;
- формирование навыков применения теоретических знаний о физических свойствах наноэлектронных систем для диагностики важнейших физических процессов и явлений, составляющих фундаментальную основу наноинженерии;
- овладение навыками расчета параметров и характеристик приборов и устройств наноэлектроники, выбора экспериментальных методов исследования, соответствующих поставленным задачам.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:** Учебная дисциплина «Физические основы диагностики наноструктур» относится к обязательной части блока Б1.

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)	
ОПК-4	Способен выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических задач, включая планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов	ОПК-4.4	Применяет современные методы исследования, критически оценивает и представляет результаты выполненной работы	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные методы исследования наносистем;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять современные методы исследования,</li> <li>- критически оценивать и представлять результаты выполненной работы;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- информацией о современных методах исследования.</li> </ul>
ПК-3	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	ПК-3.2	Подбирает эффективное сочетание технологических решений и высокоточных методов диагностики, в том числе на основе использования синхротронного излучения для решения задач наноинженерии функциональных наноматериалов	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- базовые теоретические модели, разнообразные практические приложения</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- подбирать эффективное сочетание технологических решений и высокоточных методов диагностики;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками разработки и применения синхротронного излучения для решения задач наноинженерии функциональных наноматериалов</li> </ul>
ПК-4	Готов проводить на современном мировом уровне все составные части фундаментальных, поисковых и прикладных работ в области наноинженерии и смежных направлений, в том числе с использованием синхротронных технологий	ПК-4.3	Активно использует синхротронные технологии отечественных и зарубежных установок класса «мегасайенс»	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- последние достижения в области диагностики нано- и микросистем</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать синхротронные технологии отечественных и зарубежных установок класса «мегасайенс»</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методологией исследования и диагностики материалов и</li> </ul>

				наноструктур с помощью синхротронных технологий
ПК-6	Способен рационально использовать и развивать отдельные элементы и инфраструктуру в целом используемых ресурсных и инфраструктурных решений в масштабах от распределенных до локализованных исследовательских центров в области высокоточной диагностики и исследований объектов наноинженерии, включая установки класса «мегасайенс»	ПК-6.3	Владеет актуальной информацией и первичными навыками использования инфраструктуры синхротронных центров для решения актуальных диагностических и исследовательских задач в наноинженерии	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные методы диагностики наноструктур, включая методы, реализуемые на установках класса «мегасайенс»</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выявлять способы решения актуальных диагностических и исследовательских задач в наноинженерии;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- актуальной информацией и первичными навыками использования инфраструктуры синхротронных центров.</li> </ul>

## 12 Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 5/180

Форма промежуточной аттестации - экзамен

## 13 Трудоемкость по видам учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам
		3 сем.
Аудиторные занятия	60	60
в том числе:		
лекции	30	30
практические	30	30
Самостоятельная работа	84	84
Форма промежуточной аттестации - экзамен	36	36
Итого:	180	180

### 13.1. Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Наноматериалы.	Классификация наноматериалов и наноструктур. Основные свойства наноматериалов. Требования к исследуемым образцам и используемой аппаратуре (приборам)
1.2	Физические основы изучения морфологии	Диагностика наноструктур методами растровой, просвечивающей электронной микроскопии. Атомносиловая

	наноструктур.	микроскопия.
1.3	Диагностика материалов нанотехнологии при помощи рентгеновского излучения.	Теоретические основы дифракционных методов исследования структуры материалов. Кинематическая теория рассеяния, основные положения кинематической теории рассеяния и область ее применения.
1.4	Рентгеноспектральный анализ элементного состава вещества.	Физические основы диагностики наноструктур методом рентгеноспектрального анализа. Работа рентгеновской трубки. Синхротронное излучение. Рентгеновская дефектоскопия. Аналитические возможности метода.
1.5	Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии.	Сущность методов электронной спектроскопии, Оже-электронные и рентгеновские фотоэлектронный спектры. Информационная глубина. Элементарная чувствительность. Проблемы диагностики наноматериалов. Микроконтроллеры для автоматизации исследований Сбор и обработка экспериментальных данных.
<b>2. Практические занятия</b>		
2.1	Наноматериалы.	Практическое занятие 1. Классификация наноматериалов.
2.2	Физические основы изучения морфологии наноструктур.	Практическое занятие 2,3,4. Методы и приборы для анализа геометрических параметров и размеров нано-частиц.
2.3	Диагностика материалов нанотехнологии при помощи рентгеновского излучения.	Практическое занятие 5,6,7,8. Рентгеновские методы исследования структуры наноматериалов.
2.4	Рентгеноспектральный анализ элементного состава вещества	Практическое занятие 9,10,11,12. Рентгеноспектральный анализ элементного состава вещества.
2.5	Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии.	Практическое занятие 13,14,15. Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии.

### 13.2. Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	Всего
1	Наноматериалы.	2	2	10	14
2	Физические основы изучения морфологии наноструктур.	4	6	18	28
3	Диагностика материалов нанотехнологии при помощи рентгеновского излучения.	8	8	18	34
4	Рентгеноспектральный анализ элементного состава вещества	8	8	18	34
5	Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии.	8	6	20	34
	Экзамен				36
	Итого:	30	30	84	180

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Изучение дисциплины «Физические основы диагностики наноструктур» предусматривает осуществление учебной деятельности, состоящей из трех

частей: обучения студентов преподавателем, практические занятия 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 экзамена 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.

Практические занятия направлены на более глубокое освоение материала, изложенного на лекциях. Занятия проводятся в режиме диалога и обсуждения наиболее сложных вопросов в аудитории.

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-магистра при изучении дисциплины «Физические основы диагностики наноструктур» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса (в том числе, изучение, анализ и конспектирование рекомендованной литературы), подготовку к практическим занятиям, подготовку к экзамену.

Самостоятельная работа студента при изучении «Физические основы диагностики наноструктур» включает в себя:

изучение теоретической части курса	- 42 часа
подготовка к практическим занятиям	- 42 часа
итого - 84 часа	

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Кобаяси, Н. Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси ; пер. с яп. А.В. Хачояна под ред. Л.Н. Патрикеева М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005 134 с. : ил ISBN 5-94774-218-7

2	Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ в примерах практического применения : [учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлениям "Металлургия" и "Физическое материаловедение"] / М.М. Криштал [и др.] ; [под общ. ред. М.М. Криштала] Москва : Техносфера, 2009 206 с. : ил (Мир физики и техники) На обл. загл. : Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ Библиогр.: с.55-56 ISBN 978-5-94836-200-7
---	--

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5	Брандон, Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля : Учебное пособие для студ., обуч. по направлению подгот. "Приклад. математика и физика" / Д. Брандон, У. Каплан ; Пер. с англ. под ред. С.Л. Баженова .— М. : ТЕХНОСФЕРА, 2004 .— 377 с. : ил .— (Мир материалов и технологий) .— Библиогр. в конце глав .— Предм. указ. : с.376-377 .— ISBN 5-94836-018-0.
6	Мионов, В. Основы сканирующей зондовой микроскопии : учебное пособие для студентов старших курсов вузов / В. Мионов ; Рос. акад. наук, Ин-т физики микроструктур .— М. : Техносфера, 2005 .— 143 с. : ил .— (Мир физики и техники) .— Библиогр.: с.140-143.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
9	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
10	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"
11	Федеральный портал «Российское образование» <a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>

**16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:**

№ п/п	Источник
1	Современные методы диагностики атомного и электронного строения микро- и наноструктурированных материалов : учебное пособие / Э. П. Домашевская, Е. В. Руднев, В. Е. Терновая ; Воронежский государственный университет Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021 175 с.

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины:**

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии по образовательным формам: лекции; практические занятия, 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.

Лаборатория фотоэмиссионной спектроскопии и синхротронных исследований (ауд. 40/5): Уникальный модульный спектроскопический

комплекс в ультрамягкой рентгеновской области, Модульная синхротронно-лабораторная исследовательская станция в ультрамягком рентгеновском синхротронном диапазоне.

Совместная научно-образовательная лаборатория «Атомное и электронное строение функциональных материалов» Воронежского государственного университета и Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (ауд. 122): Микроскоп Bresser Science MTL-201 с цифровой камерой Levenhuk M1400, Весы аналитические VIBRA HT 224RCE, Многофункциональный рентгеновский дифрактометр исследовательского класса с высокоточным вертикальным гониометром.

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 осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (<https://edu.vsu.ru>).

## 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	Нanomатериалы.	ОПК-4; ПК-3; ПК-4; ПК-6	ОПК-4.4; ПК-3.2; ПК-4.3; ПК-6.3	Практическое занятие 1. Опрос
2	Физические основы изучения морфологии наноструктур.	ОПК-4; ПК-3; ПК-4; ПК-6	ОПК-4.4; ПК-3.2; ПК-4.3; ПК-6.3	Практическое занятие 2,3. Опрос
3	Диагностика материалов наноинженерии при помощи рентгеновского излучения	ОПК-4; ПК-3; ПК-4; ПК-6	ОПК-4.4; ПК-3.2; ПК-4.3; ПК-6.3	Практическое занятие 3,4,5,6,7. Опрос
4	Рентгеноспектральный анализ элементного состава вещества	ОПК-4; ПК-3; ПК-4; ПК-6	ОПК-4.4; ПК-3.2; ПК-4.3; ПК-6.3	Практическое занятие 8,9,10,11. Опрос
5	Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии.	ОПК-4; ПК-3; ПК-4; ПК-6	ОПК-4.4; ПК-3.2; ПК-4.3; ПК-6.3	Практическое занятие 12,13,14,15. Опрос Текущая аттестация
Промежуточная аттестация: форма контроля – экзамен				Комплект КИМ

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется контролем проведения практических занятий, опроса на занятиях, текущей аттестации. Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе, текущей аттестации и практических занятий.

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, мини-кейсы).

#### 1.1. Информационные технологии – это...

а) совокупность методов и программно-технических средств, объединенных в технологическую цепочку, обеспечивающую сбор, обработку, хранение, распределение и отображение информации с целью снижения трудоемкости процессов использования информационных ресурсов

б) организованный социально-экономический и научно-технический процесс создания оптимальных условий для удовлетворения информационных потребностей человека

с) умение целенаправленно работать с информацией и использовать для ее получения, обработки и передачи компьютерную информационную технологию, современные технические средства и методы

1.2. Информационная культура человека на современном этапе в основном определяется:

а) совокупностью его умений программировать на языках высокого уровня

б) его знаниями основных понятий информатики

с) совокупностью его навыков использования прикладного программного обеспечения для создания необходимых документов

д) его знаниями основных видов программного обеспечения и пользовательских характеристик компьютера

#### 1.3. В чем состоит отладка программы?

- в поиске и устранении синтаксических и логических ошибок в программе.

- в поиске научной задачи

- в формулировании целей и задач программы

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

а) Метод Хартри.

б) Метод конфигурационного взаимодействия (CI).

с) Метод функционала плотности (DFT).

д) Метод Монте-Карло.

#### 1.5. 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.

1.6. Какие частицы подчиняются статистике Ферми-Дирака?

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

1.7. 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.

1.8. 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.

1.9. Какой из перечисленных объектов является источником синхротронного излучения?

- Синхротрон
- Лазер
- Рентгеновская трубка
- Радиоактивный изотоп

1.10. Какой прибор используется для получения рентгеновских дифракционных данных?

- a) Электронный микроскоп
- b) Дифрактометр
- c) Спектроскоп

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

- a) Толщина образца
- b) Цвет образца
- c) Угол падения излучения

1.12. Какие типы спектров существуют?

- a) Линейчатые, полосатые и непрерывные.
- b) Оптические, рентгеновские и гамма-спектры.
- c) Ультрафиолетовые, инфракрасные и видимые.
- d) Все вышеперечисленные варианты верны.

1.13. Какое излучение используется в ультрафиолетовой спектроскопии?

- a) Инфракрасное излучение.
- b) Видимое излучение.
- c) Рентгеновское излучение.
- d) Ультрафиолетовое излучение.

1.14. Какой тип спектральных линий характерен для атома водорода?

- a) Полосатый спектр.
- b) Линейчатый спектр.
- c) Непрерывный спектр.
- d) Гамма-спектр.

1.15. Сканирующая электронная микроскопия позволяет исследовать объекты диапазон размеров структурных элементов которых находится в пределах ...

- a) от 1 нм до 1 ангстрема
- b) от 0,1 нм до 1 мкм
- c) от 0,01 мкм до 1000 мкм
- d) от 1 мкм до 1000мкм

1.16. Просвечивающая электронная микроскопия позволяет исследовать объекты диапазон размеров структурных элементов которых находится в пределах ...

- a) от 1 нм до 1 ангстрема
- b) от 0,1 нм до 1 мкм
- c) от 0,01 мкм до 1000 мкм
- d) от 1 мкм до 1000мкм

1.17. Оптическая микроскопия позволяет исследовать объекты диапазон размеров структурных элементов которых находится в пределах ...

- a) от 1 нм до 1 ангстрема
- b) от 0,1 нм до 1 мкм
- c) от 0,01 мкм до 1000 мкм
- d) от 1 мкм до 1000мкм

1.18. От каких факторов зависит яркость и контрастность изображения, получаемого методом РЭМ

- «формы» пучка электронов, падающих на образец и характера взаимодействия электронов с образцом;
- типа используемого детектора и физических процессов, происходящих в нем;
- локального состава в области сканирования и топографии поверхности образца в исследуемой области.
- все из вышеперечисленного.

1.19. При помощи каких инструментов возможно Наноманипулирование (управление отдельными атомами или молекулами).

- Магнитный пинцет,
- оптический пинцет
- АСМ
- все вышеперечисленное

1.20. Поток газа

- это количество газа, проходящего через данное сечение трубопровода в единицу времени.

- остаточное давление, которое может быть обеспечено насосом
- допустимое (наибольшее) выпускное давление на выходе насоса, дальнейшее повышение которого нарушает нормальную работу, а также состав остаточной атмосферы.

1.21. К чему может привести попадание влаги механический насос?

- Образование трудноразделимой эмульсии масло — вода
- Повышение предельного остаточного давления
- Коррозия отдельных деталей насоса
- Выход насоса из строя
- Все вышеперечисленное

1.22. К чему может привести и почему уменьшается уровень масла в насосе?

- насос не обеспечивает необходимого предельного остаточного давления
- насос выходит из строя
- насос продолжает работать

1.23. Величина предельного вакуума достигаемого механическим насосом?

- $10^{-1}$  Па
- $10^{-10}$  Па
- $10^4$  Па
- $10^{-5}$  Па

1.24. К методам течеискания не относится:

- Опрессовка
- Манометрический
- Масс-спектрометрический
- Электронный

1.25. Плотность состояний – это...

- число энергетических состояний в системе размерности, приходящихся на единичный интервал энергии в расчете на единицу объема.
- отношение дрейфовой скорости носителей к электрическому полю.
- наноструктура с одномерным электронным газом, в которой движение носителей пространственно ограничено по двум степеням свободы.

1.26. Подвижность - это...

- число энергетических состояний в системе размерности, приходящихся на единичный интервал энергии в расчете на единицу объема.
- отношение дрейфовой скорости носителей к электрическому полю.
- наноструктура с одномерным электронным газом, в которой движение носителей пространственно ограничено по двум степеням свободы.

1.27. Квантовая нить – это ...

- число энергетических состояний в системе размерности, приходящихся на единичный интервал энергии в расчете на единицу объема.
- наноструктура в виде пленки, толщина которой соизмерима с длиной волны де Бройля

- наноструктура с одномерным электронным газом, в которой движение носителей пространственно ограничено по двум степеням свободы.

1.28. Квантовая точка – это...

- наноструктура в виде пленки, толщина которой соизмерима с длиной волны де Бройля

- наноструктура с одномерным электронным газом, в которой движение носителей пространственно ограничено по двум степеням свободы.

- наноструктура, в которой движение носителей ограничено по всем пространственным степеням свободы.

1.29. Для чего используется метод люминесцентной спектроскопии?

a) Для определения концентрации примеси в материале.

b) Для изучения структуры кристаллических решеток.

c) Для измерения механических напряжений в материале.

d) Для анализа тепловых свойств материалов

1.30. Какой метод используется для исследования топографии поверхности материалов?

- Электронная микроскопия высокого разрешения.

- Оптическая когерентная томография.

- Атомно-силовая микроскопия.

- Конфокальная микроскопия.

1.31. Для чего используется метод Фурье-преобразования в Фурье-спектроскопии?

a) Для фильтрации шумов в сигнале.

b) Для расчета интеграла свертки сигналов.

c) Для перехода из временной области в пространственную.

d) Для перевода данных из временного представления в частотное

1.32. Что такое внутренний фотоэффект?

a) Испускание электронов с поверхности полупроводника под действием света.

b) Переход электронов из валентной зоны в зону проводимости под действием света.

c) Генерация свободных носителей заряда в полупроводнике под действием тепла.

d) Генерация фотонов при рекомбинации электронов и дырок

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

2.1. Перечислите методы поиска научной информации в сети Интернет

Ответ: Использование научных баз данных (Google Scholar, eLibrary, ScienceDirect) Поиск по ключевым словам. Поиск по рубрикатору поисковой системы. Использование специализированных журналов и конференций.\

2.2. Перечислите этапы процесса подготовки и компьютерного решения научно-инженерных задач:

Ответ: постановка задачи; математическое описание задачи; выбор и обоснование метода решения; алгоритмизация вычислительного процесса; составление программы; отладка программы; решение задачи на ЭВМ и анализ результатов.

2.3. Перечислите от каких факторов зависит яркость и контрастность изображения, получаемого методом РЭМ

Ответ: «формы» пучка электронов, падающих на образец и характера взаимодействия электронов с образцом; типа используемого детектора и физических процессов, происходящих в нем; локального состава в области сканирования и топографии поверхности образца в исследуемой области.

2.4. Что такое конденсорная линза в РЭМ

Ответ: устройство необходимое для фокусировки электронного пучка, оно состоит из электромагнитов с сердечниками специальной формы, которые создают на пути электронного пучка неоднородное магнитное поле. При этом силы Лоренца, действующие на летящие электроны, смещают их к геометрической оси пучка.

2.5. Что называется Коэффициентом увеличения?

Ответ: отношение длины какого-либо отрезка на фотографии (на изображении) к истинной длине этого же отрезка на образце.

2.6. Чем отличается ферромагнетизм от антиферромагнетизма?

Ответ: Направлением магнитных моментов соседних атомов

2.7. Что такое синхротронное излучение?

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

2.8. Что такое дифракционный предел?

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) 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 4 задания открытого типа (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 тем практических занятий**

1. Практическое занятие 1. Классификация наноматериалов.
2. Практическое занятие 2. Методы и приборы для анализа геометрических параметров и размеров наночастиц. Растровая электронная микроскопия.
3. Практическое занятие 3. Методы и приборы для анализа геометрических параметров и размеров наночастиц. Сканирующая зондовая микроскопия.
4. Практическое занятие 4. Методы и приборы для анализа геометрических параметров и размеров наночастиц. Просвечивающая электронная микроскопия.
5. Практическое занятие 5. Рентгеновские методы исследования структуры наноматериалов. Рассеяние рентгеновских лучей электроном. Поляризация рассеянного излучения.
6. Практическое занятие 6. Рентгеновские методы исследования структуры наноматериалов. Способы регистрации рентгеновской дифракционной картины. Рентгеновская дифракция.
7. Практическое занятие 7. Рентгеновские методы исследования структуры наноматериалов. Работа рентгеновского дифрактометра. Метод поликристалла.
8. Практическое занятие 8. Рентгеновские методы исследования структуры наноматериалов. Фазовый анализ материалов.
9. Практическое занятие 9. Рентгеноспектральный анализ элементного состава вещества. Сплошной и характеристический рентгеновский спектр. Работа рентгеновской трубки.
10. Практическое занятие 10. Рентгеноспектральный анализ элементного состава вещества. Синхротронное излучение.
11. Практическое занятие 11. Рентгеноспектральный анализ элементного состава вещества. Использование высокоразрешающей рентгеновской дифрактометрии для изучения тонких пленок, эпитаксиальных структур, диффузионных и ионно-имплантированных слоев, анализа глубины и профиля искажений.
12. Практическое занятие 12. Рентгеноспектральный анализ элементного состава вещества. Флуоресцентное излучение.
13. Практическое занятие 13. Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии. Схема спектрометров, типы приборов.
14. Практическое занятие 14. Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии. Элементарная чувствительность методов.
15. Практическое занятие 15. Исследования состава наноматериалов методами электронной спектроскопии. Подготовка образцов.

### **20.2 Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Промежуточная аттестация в форме экзамена по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств – КИМ.

#### **Комплект вопросов к КИМ.**

1. Классификация наноматериалов и наноструктур.

2. Основные свойства наноматериалов.
3. Метод растровой электронной микроскопии.
4. Метод просвечивающей электронной микроскопии.
5. Физические основы растровой электронной микроскопии
6. Физические основы просвечивающей электронной микроскопии.
7. Метод атомно-силовой микроскопии
8. Дифракционные методы исследования структуры наноматериалов.\
9. Кинематическая теория рассеяния.
10. Основные положения кинематической теории рассеяния и область ее применения.
11. Диагностика наноструктур методом рентгеноспектрального анализа.
12. Излучение рентгеновской трубки.
13. Синхротронное излучение.
14. Рентгеновская дефектоскопия. Аналитические возможности метода.
15. Методы электронной спектроскопии.
16. Метод Оже-спектроскопии
17. Метод фотоэлектронной спектроскопии.
18. Проблемы диагностики наноматериалов. Микроконтроллеры для автоматизации исследований Сбор и обработка экспериментальных данных.

### Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности и компетенций	Шкала оценок
Полное соответствии работы студента всем вышеуказанным показателям. Соответствует высокому (углубленному) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически, в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей повышенный (продвинутый) уровень	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Работа студента при освоении дисциплины не соответствует одному из перечисленных показателей. Соответствует повышенному (продвинутому) уровню сформированности компетенций: компетенции в целом сформированы, но проявляются и используются фрагментарно, не в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей пороговый (базовый) уровень	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Работа студента при освоении дисциплины не соответствует любым двум из перечисленных показателей. Соответствует пороговому (базовому) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы в общих чертах, проявляются и используются ситуативно, частично. Данный уровень обязателен для всех осваивающих основную образовательную программу	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Несоответствия работы студента всем показателям, его неорганизованности, безответственности и низкого качества работы.	–	<i>Неудовлетворительно</i>