

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

Б1.В.ДВ.02.01 Основные материалы нанотехнологий

1. Код и наименование направления подготовки: **28.04.02 Нанотехнологии**
2. Профиль подготовки/специализации: *Физическая нанотехнология 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: **1**

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Формирование знаний о строении материалов и физики явлений, происходящих в проводниковых, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалах применяемых в нанотехнологиях. Формирование знаний о свойствах наноматериалов и структур. Приобретение знаний о технологии производства материалов нанотехнологии и наноструктур.

Задачи учебной дисциплины:

- получение у обучающихся представлений о физических свойствах материалов и систем применяемых в современной нанотехнологии;
- формирование комплекса теоретических знаний о физических свойствах наноматериалов и структур;
- знакомство с физико-химическим строением наноматериалов для нанотехнологии;
- изучение явлений и процессов в наноструктурах, используемых при разработке элементов и приборов нанотехнологии;
- формирование навыков применения теоретических знания о физических свойствах наноматериалов для исследования важнейших физических процессов и явлений, составляющих фундаментальную основу нанотехнологии.

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: дисциплина относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 «Дисциплины и модули».

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-1	Способен проводить анализ состояния и направлений развития современных технологических и высокоточных диагностических подходов, используемых в нанотехнологии	ПК-1.1	Рационально использует материалы и структуры нанотехнологии	Знать: - специфику основных материалов и структур применяемых в нанотехнологии; Уметь: - выявлять особенности материалов и структур для их дальнейшего применения; Владеть: - классификацией материалов и структур для рационального использования в нанотехнологии.
ПК-2	Осуществляет предметный анализ актуальных направлений научно-инновационной деятельности в области нанотехнологии для организации и координации работ в направлении от фундаментальных исследований к практическому применению	ПК-2.3	Определяет направления и пути эффективного развития нанотехнологии на основе предметного анализа в области практического применения функциональных материалов и структур на их основе	Знать: - основные этапы развития нанотехнологии, свойства материалов нанотехнологии; Уметь: - определять направления и пути эффективного развития нанотехнологии на основе; Владеть: - навыками предметного анализа в области практического применения функциональных материалов и структур на их основе.
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 усовершенствование имеющихся процессов	ПК-3.1	Обоснованно использует теоретические и экспериментальные подходы в области нанотехнологии	Знать: - свойства наноматериалов и структур нанотехнологии Уметь: - использовать теоретические и экспериментальные подходы в области нанотехнологии; Владеть: - теоретическими и экспериментальными подходами в области нанотехнологии

	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	Знать: - Основные области применения наноматериалов Уметь: - выявлять; эффективное сочетание технологических решений и высокоточных методов диагностики Владеть: - навыками использования синхротронного излучения для решения задач наноинженерии функциональных наноматериалов
--	---	--------	--	--

12 Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 3/108

Форма промежуточной аттестации - зачет с оценкой

13 Трудоемкость по видам учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам 1 сем.
Аудиторные занятия	30	30
в том числе:		
лекции	30	30
Самостоятельная работа	78	78
Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой		
Итого:	108	108

13.1. Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1	Классификация наноматериалов и наносистем с позиций их материаловедения.	Классификация материалов и наносистем по техническому назначению, составу и свойствам. Виды наноматериалов. золи, гели, суспензии, коллоидные растворы, матрично-изолированные кластерные сверхструктуры, фуллерены, фуллереноподобные материалы, углеродные нанотрубки, полимеры, сверхрешетки, тонкие пленки, квантовые точки, самоорганизующиеся среды.
2	Свойства наноматериалов.	Основы фундаментальных физико-химических свойств материалов и структур наноинженерии. Механические, теплофизические, физико-химические, электрофизические, оптические свойства наноматериалов. Роль размерного эффекта в аномальности свойств наноматериалов. Объемные свойства наноматериалов и наносистем. Оптические и магнитные свойства наноматериалов и наносистем.

3	Поверхностные эффекты в наноматериалах.	Поверхностная энергия наноматериалов и наносистем. Поверхностные явления в наноматериалах.
4	Самоорганизующиеся материалы наноинженерии.	Процессы самоорганизации и самосборки в объектах нанометрового диапазона.
5	Применение наноматериалов.	Основные области применения наноматериалов, основные типы аналитического оборудования, используемого при работе с наноматериалами.

13.2. Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)		
		Лекции	Самостоятельная работа	Всего
1	Классификация наноматериалов и наносистем с позиций их материаловедения.	6	14	20
2	Свойства наноматериалов.	6	14	20
3	Поверхностные эффекты в наноматериалах.	6	16	22
4	Самоорганизующиеся материалы наноинженерии.	6	16	22
5	Применение наноматериалов.	6	18	24
	Итого:	30	78	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Изучение дисциплины «Основные материалы наноинженерии» 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 с оценкой 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 «Основные материалы наноинженерии» включает в себя:

изучение теоретической части курса	- 38 часов
подготовку к зачету	- 40 часов
итого - 78 часов	

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Горелик, Семен Самуилович. Материаловедение полупроводников и диэлектриков: Учебник для студ. вузов по спец. физика / С.С. Горелик, М.Я. Дашевский. — М. : Металлургия, 1988. — 574 с. + ил., граф. — ISBN 5-229-00420-7.
2	Андриевский, Ростислав Александрович. Наноструктурные материалы : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению подгот. дипломир. специалистов 651800 "Физическое материаловедение" / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. — М. : ACADEMIA, 2005. — 178,[9]с. : ил. — (Высшее профессиональное образование. Естественные науки). — Библиогр.: с.177-179. — ISBN 5-7695-2034-5.
3	Гусев, Александр Иванович. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. — Изд. 2-е., испр. — М. : Физматлит, 2007. — 414, [1] с. : ил. — Рез. англ. — Библиогр. в конце гл. — Указ.: с.406-414.
4	Готтштайн, Гюнтер. Физико-химические основы материаловедения = Physical foundations of materials science : [учебник] / Г. Готтштайн ; пер. с англ. К.Н. Золотовой, Д.О. Чаркина под ред. В.П. Зломанова. — М. : Бином. Лаборатория знаний, 2009. — 400 с. : ил., табл. — (Лучший зарубежный учебник). — Библиогр.: с. 375-383. — Предм. указ.: с. 384-400.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5	Андриевский, Ростислав Александрович. Наноструктурные материалы : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению подгот. дипломир. специалистов 651800 "Физическое материаловедение" / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. — М. : ACADEMIA, 2005. — 178,[9]с. : ил. — (Высшее профессиональное образование. Естественные науки). — Библиогр.: с.177-179. — ISBN 5-7695-2034-5.
6	Щука, Александр Александрович. Наноэлектроника : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению подгот. "Приклад. математика и физика" / А.А. Щука ; МФТИ; под общ. ред. Ю.В. Гуляева. — М. : Физматкнига, 2007. — 463 с. : ил. — (Электроника). — Библиогр. в конце гл. — Предм. указ.: с.460-463.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
9	http://www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
10	https://edu.vsu.ru – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

11	Федеральный портал «Российское образование» http://www.edu.ru
----	---

16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	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.
2	Томили́н, Виктор Иванович. Физико-химические основы технологии электронных средств : учебник для студ. вузов, обуч. по специальностям "Проектирование и технология радиоэлектрон. средств" и "Проектирование и технология электрон.-вычисл. средств" направления "Проектирование и технология электрон. средств" / В.И. Томили́н .— М. : Академия, 2010 .— 409, [1] с. : ил. — (Высшее профессиональное образование. Радиоэлектроника) .— Библиогр.: с.404-405.

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. 135): специализированная мебель, компьютеры, ноутбуки с возможностью подключения к сети Интернет и с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ. WinPro 8 RUS. Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.VY3», Office Standard 2019, 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	Классификация наноматериалов и наносистем с позиций материаловедения.	ПК-1, ПК-2, ПК-3	ПК-1.1, ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2	Опрос
2	Свойства наноматериалов.	ПК-1, ПК-2, ПК-3	ПК-1.1, ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2	Опрос
3	Поверхностные эффекты в наноматериалах.	ПК-1, ПК-2, ПК-3	ПК-1.1, ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2	Опрос
4	Самоорганизующиеся материалы наноинженерии.	ПК-1, ПК-2, ПК-3	ПК-1.1, ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2	Опрос
5	Применение наноматериалов.	ПК-1, ПК-2, ПК-3	ПК-1.1, ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2	Опрос Текущая аттестация
Промежуточная аттестация: форма контроля – зачет с оценкой				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, выполнение текущей аттестации.

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 пучок заряженных частиц?

- а) Сгусток частиц без заряда
- б) Сгусток заряженных частиц**
- в) Нейтральные частицы
- г) Нейтрино

- 1.2. Какие частицы могут составлять пучок заряженных частиц?
- а) Протоны и нейтроны
 - б) Электроны и фононы
 - в) Электроны и ионы**
 - г) Нейтрино и кварки
- 1.3. С помощью каких устройств можно получить пучок заряженных частиц?
- а) Электроды
 - б) Ионизационные камеры
 - в) Электронные пушки**
 - г) Объективы
- 1.4. Как можно измерить пучок заряженных частиц?
- а) Электрическим током
 - б) Методом масс-спектрометрии**
 - в) Световым потоком
 - г) Изучением механических свойств
- 1.5. Что такое вакуум?
- а) Очень горячая среда
 - б) Среда с высоким давлением
 - в) Среда, в которой отсутствует вещество**
 - г) Среда с обильным количеством кислорода
- 1.6. Какое из следующих утверждений о вакууме является верным?
- а) Вакуум не содержит вещества.**
 - б) Вакуум является идеальным проводником электричества.
 - с) Вакуум не обладает теплопроводностью.
- 1.7. Какое из перечисленных ниже требований не относится к основным технологическим процессам нанотехнологий?
- а) Высокая точность
 - б) Масштабируемость**
 - с) Низкая стоимость
 - д) Повторяемость
- 1.8. Какой метод моделирования наиболее часто используется для проектирования микро- и наносистем?
- а) Метод конечных элементов**
 - б) Метод конечных разностей
 - с) Метод граничных элементов
 - д) Метод молекулярной динамики
- 1.9. Какое из перечисленных ниже требований является наиболее важным для оборудования, используемого в нанотехнологиях?
- а) Высокое разрешение**
 - б) Высокая скорость
 - с) Низкая стоимость
 - д) Удобство использования
- 1.10. Что такое эпитаксиальный рост пленки?

- a) Рост пленки на аморфной подложке.
 - b) Рост пленки, при котором структура пленки повторяет структуру подложки.**
 - c) Рост поликристаллической пленки.
 - d) Рост монокристаллической пленки на другой монокристалле.
- 1.11. Что такое тонкая пленка?
- a) Материал толщиной менее 100 мкм.**
 - b) Материал, толщина которого сравнима с длиной волны света.
 - c) Материал с высокой прозрачностью.
 - d) Любой материал, нанесенный на подложку
- 1.12. Какие методы используются для получения тонких пленок?
- a) Термическое испарение, магнетронное распыление, химическое осаждение из паровой фазы (CVD), физическое осаждение из паровой фазы (PVD).
 - b) Лазерная абляция, электрохимическое осаждение, анодирование.
 - c) Молекулярно-лучевая эпитаксия (MBE), плазменное напыление, ионное легирование.
 - d) Все вышеперечисленные методы**
- 1.13. Какие основные свойства тонких пленок изучаются?
- a) Электрические, механические, оптические, химические.**
 - b) Теплопроводность, звукоизоляция, антикоррозионные свойства.
 - c) Магнитные, биологические, радиационные свойства.
 - d) Термостойкость, огнестойкость, устойчивость к ультрафиолетовому излучению.
- 1.14. Что такое коэффициент отражения пленки?
- a) Отношение интенсивности отраженного света к интенсивности падающего света.**
 - b) Отношение амплитуды отраженной волны к амплитуде падающей волны.
 - c) Отношение длины волны отраженного света к длине волны падающего света.
 - d) Отношение угла падения к углу отражения.
- 1.15. Для чего используется метод четырехзондового измерения сопротивления?
- a) Для определения удельного сопротивления пленки.**
 - b) Для измерения толщины пленки.
 - c) Для оценки качества адгезии пленки к подложке.
 - d) Для контроля однородности пленки.
- 1.16. Какие частицы подчиняются статистике Ферми-Дирака?
- a) Фотоны.
 - b) Фермионы.**
 - c) Бозоны.
 - d) Лептоны.
- 1.17. Чему равен спин фермионов?
- a) Целому числу.
 - b) Половине целого числа.**
 - c) Любому рациональному числу.
 - d) Любому иррациональному числу.
- 1.18. 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.

1.19. 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.

1.20. Какой из перечисленных объектов является источником синхротронного излучения?

- a) Синхротрон**
- b) Лазер
- c) Рентгеновская трубка
- d) Радиоактивный изотоп

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

- a) Отклонение заряженных частиц в магнитном поле**
- b) Ядерный распад
- c) Термоядерный синтез
- d) Фотоэффект

1.22. Какая из перечисленных характеристик синхротронного излучения является уникальной?

- a) Монохроматичность
- b) Поляризация
- c) Высокая интенсивность**
- d) Коллимация

1.23. Какие волновыми свойствами обладает электромагнитное излучение рентгеновского диапазона?

- a) Преломление и отражение
- b) полное внутреннее отражение
- c) полное внешнее отражение
- d) все перечисленное**

1.24. Какой прибор используется для получения рентгеновских дифракционных данных?

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

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

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

- 1.26. Какие элементы относятся к ферромагнитным металлам переходной группы?
- a) Натрий, калий, кальций
 - b) Железо, кобальт, никель**
 - c) Медь, серебро, золото
 - d) Углерод, кремний, германий
- 1.27. Какой механизм роста соответствует случаю, когда пленка растет послойно?
- a) Франка-Ван-дер-Мерве.**
 - b) Волмера-Вебера.
 - c) Странски-Крастанова.
- 1.28. Как называется процесс осаждения пленки из газовой фазы?
- a) Химическое осаждение из паровой фазы.**
 - b) Физическое осаждение из паровой фазы.
 - c) Эпитаксия.
 - d) Молекулярно-лучевая эпитаксия.
- 1.29. В чем заключается различие между химическим и физическим осаждением пленок?
- a) В температуре процесса.
 - b) В давлении газа.
 - c) В природе процессов, происходящих при осаждении.**
 - d) В материале подложки.
- 1.30. Что такое рентгеновская дифрактометрия?
- a) Метод изучения молекулярной структуры
 - b) Метод анализа кристаллической структуры**
 - c) Метод измерения температуры
- 1.31. 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.
- 1.32. 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.
- 1.33. 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.

- 1.34. 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.
- 1.35. Каково основное уравнение квантовой теории, описывающее поведение системы многих тел?
- a) **Уравнение Шредингера.**
 - b) Уравнение Дирака.
 - c) Уравнение Клейна-Гордона.
 - d) Уравнение Гамильтона-Якоби.
- 1.36. Какой закон лежит в основе рентгеновского дифракционного анализа?
- a) Закон Бойля
 - b) Закон Бревера
 - c) **Закон Брэгга**
 - d) Закон Фарадея
- 1.37. В электронном микроскопе для формирования изображения используются пучки:
- a) Протонов
 - b) Фотонов
 - c) Нейтронов
 - d) **Электронов**
- 1.38. Разрешение растрового электронного микроскопа зависит от
- a) Диаметра электронного зонда
 - b) Ускоряющего напряжения
 - c) Тока пучка и скорости развертки
 - d) **Всех перечисленных факторов**
- 1.39. Для систем с автоэмиссионными катодами основным препятствием для получения высокого разрешения является
- a) Сферическая абберация
 - b) Дифракция электронов
 - c) Хроматическая абберация
 - d) **Размер кроссовера электронной пушки**
- 1.40. Какова зависимость отношения сигнал-шум в растровом электронном микроскопе от времени сканирования?
- a) **Линейная**
 - b) Корневая
 - c) Квадратичная
 - d) Обратная корневая
- 1.41. Методом оже-спектроскопии можно детектировать элементы, начиная с
- a) Водорода
 - b) Гелия
 - c) **Лития**

d) Бериллия

1.42. Какой уровень вакуума необходим для начала работы на просвечивающем микроскопе:

- a) 3×10^{-5} Па;
- b) 5×10^{-7} Па;
- c) 2×10^{-6} Па;
- d) 7×10^{-8} Па;
- e) 2×10^{-4} Па

1.43. Как исправляется астигматизм электромагнитных линз:

- a) Системой специальных катушек- астигматорами;
- b) Применением воздействия на электроны пучка энергетических фильтров;
- c) Использованием рассеивающих электромагнитных линз, у которых противоположная по знаку aberrация;
- d) Применением большей ускоряющей разности потенциалов;
- e) Применением более глубокого вакуума.

1.44. Какая спектроскопическая техника используется для определения химического состава и валентного состояния элементов в твёрдых телах?

- a) - Рентгеновская дифракция
- b) - XPS**
- c) - XRF
- d) - EDS

1.45. Какой метод используется для определения кристаллической структуры веществ?

- a) Микроскопия
- b) Рентгеноструктурный анализ**
- c) Спектроскопия
- d) Хроматография

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

2.1. Какой метод используется для изучения химического состава тонких пленок?

Ответ: Масс-спектрометрия вторичных ионов.

2.2. Какой метод используется для изучения кристаллической структуры тонких пленок?

Ответ: Рентгеновская дифракция.

2.3. При увеличении в 10 000 раз глубина фокуса РЭМ имеет порядок

Ответ:

2.4. В каком году был создан просвечивающий электронный микроскоп:

Ответ: 1932

2.5. Абберация – это ...

Ответ: расфокусировка пучка.

2.6. Напишите два основных типа абберации.

Ответ: Сферическая и хроматическая (или хроматическая и сферическая)

2.7. Какая спектроскопическая техника используется для исследования локальных электронных состояний в наноструктурах?

Ответ: Оже-спектроскопия

2.8. Какой элемент используется в качестве материала для окон детекторов рентгеновского излучения?

Ответ: Бериллий

2.9. Какое явление является причиной уширения рентгеновских линий?

Ответ: Естественная ширина линий.

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

Ответ: Комптоновским

2.11. Опишите, как принцип неопределенности Гейзенберга ограничивает разрешение электронных микроскопов.

Ответ: Счетчик Гейгера

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

Ответ: Релеевское (или Релеевским)

2.13. Упругим типом рассеяния электромагнитного излучения, теория которой в том числе может быть применима к видимому спектру излучения, называется

Ответ: Томпсоновским (или Томпсона)

2.14. Что измеряется при рентгеноструктурном анализе?

Ответ: Углы дифракции.

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

Ответ: Рентгеновский дифрактометр

2.16. Какой тип магнитной анизотропии характерен для тонких пленок?

Ответ: Формационная анизотропия

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

Ответ: времени

2.18. Эммитансом называется

Ответ: расходимость пучка электронов (или расходимость пучка)

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

Ответ: ондуляторы, вигглеры, шифтеры

2.20. В синхротронах первого поколения, синхротронное излучение являлось

Ответ: паразитным.

2.21. Траектория заряженных частиц в магнитном поле представляет собой

Ответ: окружность

2.22. Скорость заряженных частиц уменьшается с увеличением

Ответ: заряда частицы

2.23. Какая единица измерения используется для энергии заряженных частиц?

Ответ: Электрон-вольт

2.24. Какое устройство используется для анализа поверхности твердого тела с помощью электронов

Ответ: Сканирующий электронный микроскоп

2.25. Какое устройство используется для имплантации ионов в твердое тело?

Ответ: Ионный ускоритель

2.26. В каких единицах принято измерять давления в вакууме?

Ответ: Торр

2.27. Какие основные механизмы роста пленок вы знаете?

Ответ: Франка-Ван-дер-Мерве, Волмера-Вебера, Странски-Крастанова

2.28. Что такое прозрачность пленки?

Ответ: Способность пропускать электромагнитное излучение.

2.29. Какое свойство пленки можно определить с помощью сканирующей зондовой микроскопии (SPM)?

Ответ: Топографию поверхности.

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

3.1. Перечислите виды возбуждений при воздействии электронов на массивном образце.

3.2. Перечислите известные Вам виды генерации процессов в тонком образце.

3.3. Опишите устройство электромагнитных линз.

3.4. Для увеличения отношения сигнал-шум в энергодисперсионном детекторе рентгеновского излучения увеличили ток электронного пучка. Каких «побочных эффектов» при этом можно ожидать

Ответ: Размывания пиков, Появления ложных «двойных пиков», Появления спутанных пиков

3.5. Из каких основных элементов состоит растровый электронный микроскоп:

Ответ: Система эмиссии электронов, система фокусировки, система вакуумирования, система регистрации, персональный компьютер;

3.6. Дайте определение термину «Аберрация сферическая»

Ответ: расфокусировка пучка электронов. Сферическая аберрация вызвана тем, что

при прохождении через электромагнитную линзу находящиеся на разном расстоянии от оптической оси системы части пучка с разной силой отклоняются от своей траектории.

3.7. Дайте определение термину «Тормозное рентгеновское излучение»

Ответ: электромагнитное излучение рентгеновского диапазона длин волн, возникающее при кулоновском взаимодействии быстрых электронов с ядрами атомов.

3.8. Что такое Электроны Оже?

Ответ: электроны, эмитированные атомом в безызлучательном процессе при заполнении вакансии во внутренней электронной оболочке этого атома. Эмиссия происходит в основном, с одной из внешних оболочек. Процесс является конкурирующим по отношению к рентгеновской флуоресценции.

3.9. Что такое спектрометр с энергодисперсионным детектором (EDX)?

Ответ: Устройство которое разделяет рентгеновское излучение по энергии

3.10. Опишите принцип работы квадрупольного масс-спектрометра

Ответ:

3.11. Что такое электронный газ?

3.12. Что такое магнитная постоянная наночастицы?

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

3.14. Чем отличается ферромагнетизм от антиферромагнетизма?

Ответ: Направлением магнитных моментов соседних атомов

3.15. Что такое синхротронное излучение

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

3.16. Объясните, как эффект Оже используется для анализа химического состава поверхности.

Ответ:

3.17. Опишите, как принцип неопределенности Гейзенберга ограничивает разрешение электронных микроскопов.

Ответ:

3.18. Что такое магнитная анизотропия?

Ответ: Способность магнита создавать вокруг себя магнитное поле

3.19. Какой из методов контроля чаще всего используется для измерения толщины пленки?

Ответ: Эллипсометрия.

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»

20.2 Промежуточная аттестация

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

Перечень вопросов к промежуточной аттестации

1. Классификация материалов и наносистем по техническому назначению, составу и свойствам.
2. Классификация материалов и наносистем по составу.
3. Классификация материалов и наносистем по свойствам.
4. Золи, гели, коллоидные растворы и суспензии.
5. Фуллерены, фуллереноподобные материалы, углеродные нанотрубки.
6. Сверхрешетки, тонкие пленки, матрично-изолированные кластерные сверхструктуры, квантовые точки.
7. Полимеры, самоорганизующиеся среды.
8. Механические, теплофизические свойства наноматериалов.
9. Физико-химические, электрофизические свойства наноматериалов.
10. Оптические и магнитные свойства наноматериалов и наносистем
11. Роль размерного эффекта в определении свойств наноматериалов.
12. Объемные свойства наноматериалов и наносистем.
13. Поверхностные явления в наноматериалах.
14. Процессы самоорганизации и самосборки в объектах нано-метрового диапазона.
15. Основные типы аналитического оборудования, используемого при работе с наноматериалами.
16. Основные области применения наноматериалов.

Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет с оценкой. В приложение к диплому вносится оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно*.

Оценка уровня освоения дисциплины «Основные материалы нанотехнологий» осуществляется по следующим показателям:

- качество ответов при опросе на занятиях;
- выполнение лабораторных работ;
- полнота ответов на вопросы к зачету;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки освоения дисциплины «Основные материалы нанотехнологий»:

– оценка *отлично* выставляется при полном соответствии работы студента 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 (продвинутой) уровень;

– оценка *хорошо* выставляется в случае, если 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;

– оценка *удовлетворительно* выставляется в случае, если 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;

– оценка *неудовлетворительно* выставляется в случае несоответствия работы студента всем показателям, его неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении лабораторных работ, предусмотренных программой дисциплины.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Основные материалы нанотехнологий» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *неудовлетворительно*.

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.