

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.01.02 Оптика наноматериалов и 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: *Занин Игорь Евгеньевич*
к.ф.-м.н., доцент
7. Рекомендована: *НМС физического факультета протокол №5 от 22.05.2024*
8. Учебный год: *2026-2027* Семестр: *3*

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цель курса:

Курс "Оптика наноматериалов и наноструктур" имеет своей целью формирование профессиональных компетенций в области оптики квантово-размерных систем, которые находят применение в оптоэлектронике, нанофотонике, оптических информационных технологиях.

Задачи курса:

Основной задачей курса "Оптика наноматериалов и наноструктур наноразмерных систем" является освоение физических принципов и методов фотоники и оптики наноструктур, на уровне, достаточном для дальнейшего самостоятельного совершенствования в одном из направлений этой научной дисциплины, на конкретных примерах получить опыт решения задач в области нанофотоники. В рамках данного курса рассматриваются основные положения физики и фотоники наноструктур, методы описания квантоворазмерных эффектов, особенности оптических свойств наночастиц и наноструктур, современные и перспективные области их применения.

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-2	Осуществляет предметный анализ актуальных направлений научно-инновационной деятельности в области нанотехнологий для организации и координации работ в направлении от фундаментальных исследований к практическому применению	ПК-2.2	Организует и координирует работы в области фундаментальных и практических применений объектов нанотехнологий	Знать: физические и химические основы оптических методов исследования, область их применения, методические материалы по технологии проведения исследования материалов оптическими методами Уметь: самостоятельно использовать физические и химические основы оптических методов, принципы и методики работ современных оптических методов Владеть: методологией эксплуатации современного оптического оборудования; навыками комплексного подхода к исследованию материалов, конструкций и изделий; навыками использования традиционных и новых технологических процессов и методических материалов в области оптики
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 нанотехнологий, включая установки класса «мегасайенс»	ПК-6.2	Применяет доступные инфраструктурные решения для высокоточной диагностики и исследований объектов нанотехнологий	Знать: явления позволяющие получить информацию о физико-химическом состоянии материалов нанотехнологий оптическими методами Уметь: выявлять особенности полученной информации о физико-химическом состоянии, фазовом составе поверхности исследуемых структур Владеть: методологией изучения физико-химического состояния наноматериалов, фазового состава поверхности оптическими методами
ПК-7	Способен применять существующие и разрабатывать новые технологии, процессы и элементы оборудования для	ПК-7.3	Применяет современные методы высокоточной диагностики функциональн	Знать: основные направления применения оптических методов для науки и техники в настоящем и в перспективе; промышленные и полупромышленные

	высокоточной диагностики объектов нанотехнологий		ых материалов и структур на их основе при разработке объектов нанотехнологий	оптические методы исследования наноматериалов с точки зрения анализа структуры и свойств наночастиц и наноматериалов <i>Уметь:</i> диагностировать и тестировать структуру и свойства производимых наноматериалов оптическими методами; классифицировать современные оптические методы и методики исследования структуры и элементного состава наноматериалов по их назначению и техническим характеристикам; <i>Владеть:</i> навыками исследования структуры наноматериалов оптическими методами.
--	--	--	--	---

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

Форма промежуточной аттестации - зачет

13 Трудоемкость по видам учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам
		3 сем.
Аудиторные занятия	36	36
в том числе: лекции	18	18
лабораторные работы	18	18
Самостоятельная работа	72	72
Форма промежуточной аттестации - зачет		
Итого:	108	108

13.1. Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Наноструктуры. Методы получения и современные области применения наноматериалов.	1. Классификация наноструктур. Нанокластеры. 2. Нульмерные, одномерные, тубулярные, двумерные и трехмерные наноструктуры. 3. Классификация методов синтеза наноматериалов. 4. Физические и химические методы синтеза. 5. Методы разделения наночастиц по размерам. 6. Процессы самосборки в наносистемах.

1.2	Наноплазмоника.	7. Введение в электродинамику металлов. Теория Друде-Зомерфельда оптических свойств металлов. 8. Оптические свойства реальных металлов. Поверхностные плазмоны: Одномерные и двумерные поверхностные плазмоны. 9. Методы возбуждения поверхностных плазмонов. 10. Оптические свойства сферических частиц. 11. Локализованные плазмоны в многогранных наночастицах. Локализованные плазмоны в кластерах наночастиц.
1.3	Метаматериалы.	12. Оптика частиц с отрицательным показателем преломления. Основные свойства сред с отрицательным показателем преломления. Оптические свойства хиральных частиц.
1.4	Оптические свойства полупроводниковых наночастиц и структур.	13. Квантоворазмерный эффект. 14. Спектры поглощения полупроводниковых наночастиц. 15. Оптика квантовых ям и сверхрешеток. 16. Классификация гетероструктур. 17. Размерное квантование электронных состояний. Резонансное отражение и поглощение света в структурах с квантовыми ямами
1.5	Оптические свойства диэлектрических наночастиц	18. Распространение электромагнитных волн через диэлектрические наночастицы различной геометрии (сфера, цилиндр, конус, периодические структуры): прямой численный анализ уравнений Максвелла.
2. Лабораторные работы		
2.1	Лабораторная работа 1.	Определение морфологии и структуры материала с помощью ближнепольного микроскопа
2.2	Лабораторная работа 2	Определение концентрации вещества фотометрическим методом
2.3	Лабораторная работа 3	Определение толщины пленки методом эллипсометрии
2.4	Лабораторная работа 4	Определение состава вещества методом ИК-спектроскопии
2.5	Лабораторная работа 5	Определение размеров структурных элементов с помощью программного пакета ImageJ

13.2. Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего
1	Наноструктуры. Методы получения и современные области применения наноматериалов.	2	2	8	12
2	Наноплазмоника.	4	4	8	16
3	Метаматериалы.	4	4	16	24
4	Оптические свойства полупроводниковых наночастиц и структур.	4	4	20	28
5	Оптические свойства диэлектрических наночастиц	4	4	20	28

	Итого:	18	18	72	108
--	--------	----	----	----	-----

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Изучение дисциплины «Оптика наноматериалов и наноструктур» предусматривает осуществление учебной деятельности, состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем (лекции и лабораторные работы) 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.

Приступая к работе в лаборатории, студенту следует знать, что любое несоблюдение расписания занятий и дисциплины будет считаться нарушением его служебных обязанностей. Преподаватель, который впервые встречается со студентами на вводном занятии, должен ознакомить их с общими правилами работы в лаборатории, которые они обязаны неукоснительно выполнять.

Предварительную подготовку к работе в лаборатории осуществляют в отведённое для самостоятельной работы время. Готовясь к ней, студент прежде всего должен осознать ее цель, усвоить теоретический материал, добиться четкого представления о физических процессах, которые исследуются на лабораторном занятии.

Успех проведения конкретного лабораторного занятия зависит от его подготовки, которая включает: глубокое изучение студентами теоретического материала; подготовку необходимой учебно-материальной базы и документации (инструкций, методических разработок и т.п.); подготовку преподавателя и студентов.

Подготовку к лабораторному занятию осуществляют в несколько этапов: предварительная подготовка, начало работы, ее выполнение, составление отчета и оценки работы преподавателем. Завершается лабораторная работа оформлением индивидуального отчета и его защитой перед преподавателем. Итоговые оценки выставляют в журнале учета выполнения лабораторных работ и учитывают при выставлении семестровой итоговой оценки по дисциплине.

Приступая к работе в лаборатории, студенту следует знать, что любое несоблюдение расписания занятий и дисциплины будет считаться нарушением его служебных обязанностей. Преподаватель, который впервые встречается со студентами на вводном занятии, должен ознакомить их с общими правилами работы в лаборатории, которые они обязаны неукоснительно выполнять.

Предварительную подготовку к работе в лаборатории осуществляют в отведенное для самостоятельной работы время. Готовясь к ней, студент прежде

всего должен осознать ее цель, усвоить теоретический материал, добиться четкого представления о физических процессах, которые исследуются на лабораторном занятии.

Подготовку к лабораторному занятию осуществляют в несколько этапов: предварительная подготовка, начало работы, ее выполнение, составление отчета и оценки работы преподавателем. Завершается лабораторная работа оформлением индивидуального отчета и его защитой перед преподавателем. Итоговые оценки выставляют в журнале учета выполнения лабораторных работ и учитывают при выставлении семестровой итоговой оценки по дисциплине.

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 обучающихся при изучении «Оптика наноматериалов и наноструктур» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, подготовку к лабораторным работам, подготовку к зачету.

Самостоятельная работа студента при изучении «Оптика наноматериалов и наноструктур» включает в себя:

изучение теоретической части курса	- 20 часов
подготовка к лабораторным работам	- 24 часа
подготовку к зачету	- 28 часов
итого - 72 часа	

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	В.В.Климов Наноплазмоника. - М.:Физматлит, 2010. - 480 с.
2	Л. Навотный, Б.Хехт Основы нанооптики. - М.:Физматлит, 2009. - 484 с.
3	М.Грундман Основы физики полупроводников. Нанопластика и технические приложения. - М.:Физматлит, 2012. - 778 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Питер Ю, Мануэль Кардона Основы физики полупроводников. - М.:Физматлит, 2002.-560 с.
2	Козлов С.А., Самарцев В.В. Основы фемтосекундной оптики. М.: Физматлит. - 2009. – 292 стр.

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	Оптические измерения : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению "Опtotехника" / А.Н. Андреев [и др.]. М. : Логос, 2008. 415 с.

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.ВУЗ», 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	Наноструктуры. Методы получения и современные области применения наноматериалов.	ПК-2, ПК-6, ПК-7	ПК-2.2, ПК-6.2, ПК-7.3	Лабораторная работа 1. Опрос
2	Наноплазмоника.	ПК-2, ПК-6, ПК-7	ПК-2.2, ПК-6.2, ПК-7.3	Лабораторная работа 2. Опрос
3	Метаматериалы.	ПК-2, ПК-6, ПК-7	ПК-2.2, ПК-6.2, ПК-7.3	Лабораторная работа 3. Опрос
4	Оптические свойства полупроводниковых наночастиц и структур.	ПК-2, ПК-6, ПК-7	ПК-2.2, ПК-6.2, ПК-7.3	Лабораторная работа 4. Опрос
5	Оптические свойства диэлектрических наночастиц	ПК-2, ПК-6, ПК-7	ПК-2.2, ПК-6.2, ПК-7.3	Лабораторная работа 5. 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, выполнение лабораторных работ, 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). Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос на занятиях, выполнение лабораторных работ.

Банк заданий текущей аттестации (Фонд оценочных средств): Перечень заданий для оценки уровня освоения дисциплины:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности)

1.1. Какой механизм роста соответствует случаю, когда пленка растет послойно?

- а) Франка-Ван-дер-Мерве.**
- б) Волмера-Вебера.
- с) Странски-Крастанова.

- 1.12. 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.
- 1.3. 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.
- 1.4. Что такое рентгеновская дифрактометрия?
- a) Метод изучения молекулярной структуры
 - b) **Метод анализа кристаллической структуры**
 - c) Метод измерения температуры
- 1.5. Какой метод используется для определения кристаллической структуры веществ?
- a) Микроскопия
 - b) **Рентгеноструктурный анализ**
 - c) Спектроскопия
 - d) Хроматография
- 1.6. Какой закон лежит в основе рентгеновского дифракционного анализа?
- a) Закон Бойля
 - b) Закон Бревера
 - c) **Закон Брэгга**
 - d) Закон Фарадея
- 1.7. В электронном микроскопе для формирования изображения используются пучки:
- a) Протонов
 - b) Фотонов
 - c) Нейтронов
 - d) **Электронов**
- 1.8. Разрешение растрового электронного микроскопа зависит от
- a) Диаметра электронного зонда
 - b) Ускоряющего напряжения
 - c) Тока пучка и скорости развертки
 - d) **Всех перечисленных факторов**
- 1.9. 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**

1.10. Какова зависимость отношения сигнал-шум в растровом электронном микроскопе от времени сканирования?

- a) Линейная
- b) Корневая
- c) Квадратичная
- d) Обратная корневая

1.11. Методом оже-спектроскопии можно детектировать элементы, начиная с

- a) Водорода
- b) Гелия
- c) Лития
- d) Бериллия

1.12. 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

1.13. 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.

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

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

1.15. Почему важно контролировать качество поверхности подложки перед началом роста пленки?

- a) Чтобы обеспечить равномерное распределение атомов пленки.
- b) Чтобы избежать образования дефектов в пленке.
- c) Чтобы улучшить адгезию пленки к подложке.
- d) По всем вышеуказанным причинам.**

1.16. Поток газа

- a) это количество газа, проходящего через данное сечение трубопровода в единицу времени.**
- b) остаточное давление, которое может быть обеспечено насосом
- c) допустимое (наибольшее) выпускное давление на выходе насоса, дальнейшее повышение которого нарушает нормальную работу, а также состав остаточной атмосферы.

1.17. К чему может привести попадание влаги механический насос?

- a) Образование трудноразделимой эмульсии масло — вода
- b) Повышение предельного остаточного давления
- c) Коррозия отдельных деталей насоса
- d) Выход насоса из строя
- e) **Все вышеперечисленное**

1.18. Квантовая нить — это ...

- a) число энергетических состояний в системе размерности, приходящихся на единичный интервал энергии в расчете на единицу объема.
- b) наноструктура в виде пленки, толщина которой соизмерима с длиной волны де Бройля
- c) **наноструктура с одномерным электронным газом, в которой движение носителей пространственно ограничено по двум степеням свободы.**

1.19. Квантовая точка — это...

- a) наноструктура в виде пленки, толщина которой соизмерима с длиной волны де Бройля
- b) **наноструктура с одномерным электронным газом, в которой движение носителей пространственно ограничено по двум степеням свободы.**
- c) наноструктура, в которой движение носителей ограничено по всем пространственным степеням свободы.

1.20. 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

1.21. Какой метод используется для исследования топографии поверхности материалов?

- a) Электронная микроскопия высокого разрешения.
- b) Оптическая когерентная томография.
- c) **Атомно-силовая микроскопия.**
- d) Конфокальная микроскопия.

1.22. Какое устройство используется в дифференциальной спектрофотометрии для сравнения двух образцов?

- a) **Двухлучевой спектрофотометр.**
- b) Однолучевой спектрофотометр.
- c) Фотоумножитель.
- d) Спектральный фильтр.

1.23. 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**

1.24. Какой диапазон длин волн охватывает Фурье-инфракрасная спектроскопия (FTIR)?

- a) От 0.01 до 400 мкм.
- b) От 0.75 до 25 мкм.**
- c) От 200 до 25000 нм.
- d) От 700 до 1100 нм.

1.25. 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

1.26. Требуемое давление в камере РЭМ при использовании автоэмиссионных катодов составляет:

- a) 10^{-5} - 10^{-6} Торр
- b) 10^{-1} - 10^{-2} Торр
- c) 10^{-9} - 10^{-11} Торр
- d) 10^{-12} - 10^{-13} Торр

1.27. Гониометр - это прибор

- a) Для точного позиционирования объекта
- b) Для ускорения электронов в ПЭМ по углу
- c) Для измерения тока пучка
- d) Для регистрации ПЭМ-изображений в реальном времени

1.28. Какова зависимость отношения сигнал-шум в растровом электронном микроскопе от времени сканирования?

- a) Линейная
- b) Корневая
- c) Квадратичная
- d) Обратная корневая

1.29. Кантилевер – это

1.30. Какой процесс лежит в основе генерации рентгеновского излучения?

- a) Тормозное излучение**
- b) Характеристическое излучение
- c) Синхротронное излучение
- d) Комптоновское рассеяние

1.31. Что такое рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (XPS)?

- a) Исследование электронного строения материалов с помощью рентгеновского излучения
- b) Исследование химического состава материалов с помощью рентгеновского излучения
- c) Исследование структуры материалов с помощью рентгеновского излучения
- d) Исследование электронного строения и химического состава материалов с помощью рентгеновского излучения**

1.32. Что такое эффект Комптона?

- a) **Рассеяние рентгеновского излучения с изменением длины волны**
- b) Поглощение рентгеновского излучения
- c) Преломление рентгеновского излучения
- d) Отражение рентгеновского излучения

1.33. Какая из перечисленных ниже граничных условий наиболее часто используется в моделировании микро- и наносистем?

- a) **Граничное условие Дирихле**
- b) Граничное условие Неймана
- c) Граничное условие Коши
- d) Граничное условие периодичности

1.34. Какой из перечисленных способов получения нанобиогибридов основан на химическом синтезе?

- a) **Конъюгация**
- b) Молекулярная самосборка
- c) Электрохимическое осаждение
- d) Гидротермальный синтез

1.35. Какой метод получения тонких пленок основан на использовании высокоэнергетичного пучка электронов для испарения материала?

- a) Магнетронное распыление.
- b) Термическое испарение.
- c) **Электронно-лучевое испарение.**
- d) Молекулярно-лучевая эпитаксия.

1.36. Какие методы используются для обработки тонких пленок после их получения?

- a) Травление, отжиг, имплантация ионов.
- b) Нанесение защитных покрытий, очистка поверхности, полировка.
- c) Литография, электронно-лучевая обработка, ионная имплантация.
- d) **Все перечисленные выше методы.**

1.37. Какое свойство пленки можно определить с помощью эллипсометрии?

- a) **Толщину и показатель преломления.**
- b) Плотность и твердость.
- c) Проводимость и сопротивление.
- d) Прочность и гибкость.

1.38. Какой метод диагностики позволяет визуализировать нанобиогибридные структуры на молекулярном уровне?

- a) **Атомно-силовая микроскопия**
- b) Проточная цитометрия
- c) ПЦР
- d) Иммуноферментный анализ

1.39. Размерность сечения рассеяния - это

- a) Метр
- b) Квадратный метр
- c) Грамм на метр
- d) Вольт на метр

- 1.40. К чему может привести и почему уменьшается уровень масла в насосе?
 а) **насос не обеспечивает необходимого предельного остаточного давления**
 б) насос выходит из строя
 в) насос продолжает работать
- 1.41. Величина предельного вакуума достигаемого механическим насосом?
 а) **10^{-1} Па**
 б) 10^{-10} Па
 в) 10^4 Па
 г) 10^{-5} Па
- 1.42. К методам течеискания не относится:
 а) Опрессовка
 б) Манометрический
 в) Масс-спектрометрический
 г) **Электронный**
- 1.43. Плотность состояний – это...
 а) **число энергетических состояний в системе размерности, приходящихся на единичный интервал энергии в расчете на единицу объема.**
 б) отношение дрейфовой скорости носителей к электрическому полю.
 в) наноструктура с одномерным электронным газом, в которой движение носителей пространственно ограничено по двум степеням свободы.
- 1.44. Подвижность - это...
 а) число энергетических состояний в системе размерности, приходящихся на единичный интервал энергии в расчете на единицу объема.
 б) **отношение дрейфовой скорости носителей к электрическому полю.**
 в) наноструктура с одномерным электронным газом, в которой движение носителей пространственно ограничено по двум степеням свободы.

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

- 2.1. Свеллинг - увеличение объема приповерхностного слоя за счет
Ответ: радиационного порообразования.
- 2.2. Попадание твердых предметов в рабочую камеру насоса приводит к
Ответ: его поломке.
- 2.3. Сверхвысокий вакуум возможен при давлении 10 в степени ____ мм.рт.ст.
Ответ: -10
- 2.4. Процесс фотоэлектронной эмиссии описывается уравнением Эйнштейна $h\nu = E_{св.} + E_{кин.} + \phi$, в котором $h\nu$ – это
Ответ: Энергия падающего кванта
- 2.5. Какие носители заряда участвуют в процессе внутреннего фотоэффекта в полупроводниках?
Ответ: Электроны и вакансии (или электроны и дырки)

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. Основными параметрами любого вакуумного насоса являются

Ответ: быстрота действия, предельное давление, наименьшее рабочее давление, наибольшее рабочее давление, наибольшее давление запуска и наибольшее выпускное давление.

2.11. Дайте определение термину «Предельное давление насоса»

Ответ: это минимальное давление, которое может обеспечить насос, работая без откачиваемого объекта.

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

Ответ: Рентгеновская дифракция.

2.13. Что означают индексы hkl ?

2.14. Дайте определение термину «электроёмкость»

Ответ: ёмкостью, называется способность различных объектов накапливать и сохранять электрические заряды.

2.15. Какие объекты обладают диффузионной электроёмкостью

Ответ: Диффузионной ёмкостью обладают объекты, в которых подвижные носители заряда диффундируют в некоторую полупроводниковую область и создают здесь диффузионный заряд.

2.16. Что такое пористость?

2.17. Общие принципы работы атомно- силового микроскопа.

2.18. Зондовые датчики АСМ.

2.19. Приведение Делоне.

2.20. Дайте определение термину «Обратная решетка»

2.21. Что такое «Фотоэлектронная спектроскопия»?

2.22. Что такое магнетронное распыление?

Ответ: Метод осаждения пленок в присутствии магнитного поля.

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

Ответ:

2.24. В каком году был создан просвечивающий электронный микроскоп:

Ответ: 1932

2.25. Абберация – это ...

Ответ: расфокусировка пучка.

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

Ответ: Масс-спектрометрия вторичных ионов.

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 сателлитных 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. Перечислите основные свойства Синхротронного излучения

3.11. Как влияет облучение ионами на диффузию атомов в кристалле?

3.12. К чему обычно приводит наличие селективного травления?

3.13. Какова основная причина значительного увеличения проводимости при больших дозах имплантации в полимеры?

3.14. В чем состоят основные преимущества метода ионной имплантации

Ответ: Возможность точного контроля количества введенных атомов примеси простым интегрированием ионного тока. Малое время процесса введения примесей. Чистота технологии из-за применения масс-сепарации примесей в ускорителе. Возможность создания строго локализованных легированных областей в кристалле, в том числе с субмикронными размерами и трехмерной локализацией. Низкая температура мишени. Возможность легирования через тонкие пассивирующие слои. Возможность создания пересыщенных, по сравнению с равновесными, твердых растворов. Многоступенчатая имплантация, позволяющая посредством изменения ускоряющего напряжения выбрать профиль распределения имплантированных примесей. Возможность получения заглубленных слоев.

3.15. Классификация вакуумных насосов.

Ответ: Механические, маслянные, пластинчато-роторные, Пароструйные вакуумные насосы, сорбционные вакуумные насосы, криогенные вакуумные насосы,

3.16. Принцип действия пластинчато-роторных насосов?

3.17. Принцип работы пластинчато-статорных насосов?

3.18. Вакуумные насосы по назначению подразделяются на ...

Ответ: сверхвысоковакуумные, высоковакуумные, средневакуумные и низковакуумные

3.19. 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) 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 тем лабораторных работ

1. Лабораторная работа 1. *Определение морфологии и структуры материала с помощью ближнепольного микроскопа*
2. Лабораторная работа 2. *Определение концентрации вещества фотометрическим методом*
3. Лабораторная работа 3. *Определение толщины пленки методом эллипсометрии*
4. Лабораторная работа 4. *Определение состава вещества методом ИК-спектроскопии*
5. Лабораторная работа 5. *Определение размеров структурных элементов с помощью программного пакета ImageJ*

Перечень вопросов к текущей аттестации

20.2 Промежуточная аттестация

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

Перечень вопросов к промежуточной аттестации

1. Классификация наноструктур. Нанокластеры. Нульмерные, одномерные, тубулярные, двумерные и трехмерные наноструктуры.
2. Классификация методов синтеза наноматериалов. Физические и химические методы синтеза.
3. Методы разделения наночастиц по размерам. Процессы самосборки в наносистемах.
4. Синтез наночастиц в аморфных и упорядоченных матрицах.
5. Нанолитография.
6. Нанoeлектроника. Нанofотоника.
7. Квантовые компьютеры. Молекулярная электроника.
8. Теория Друде-Зомерфельда оптических свойств металлов. Оптические свойства реальных металлов.
9. Поверхностные плазмоны: Одномерные и двумерные поверхностные плазмоны. Методы

возбуждения поверхностных плазмонов.

10. Оптические свойства сферических частиц.

11. Локализованные плазмоны в многогранных наночастицах. Локализованные плазмоны в кластерах наночастиц.

12. Нелинейно-оптические свойства металлических наночастиц.

13. Спектроскопия отдельных плазмонных наночастиц.

14. Элементная база интегральных схем на плазмонах.

15. Оптика частиц с отрицательным показателем преломления. Основные свойства сред с

отрицательным показателем преломления. Оптические свойства хиральных частиц.

16. Нелинейные свойства метаматериалов. Генерация второй гармоники. Оптическое

параметрическое усиление.

17. Спектры поглощения полупроводниковых наночастиц.

18. Оптика квантовых ям и сверхрешеток. Классификация гетероструктур. Размерное

квантование электронных состояний. Резонансное отражение и поглощение света в структурах с квантовыми ямами.

19. Квантовые микрорезонаторы. Оптика квантовых нитей и квантовых точек.

20. Оптические методы исследования квантовых точек. Применения квантовых точек: лазеры

для волоконной связи, квантовые точки в биологии и медицине.

21. Распространение электромагнитных волн через диэлектрические наночастицы различной

геометрии (сфера, цилиндр, конус, периодические структуры).

22. Спектроскопические свойства диэлектрических наночастиц, допированных ионами редкоземельных металлов.

23. Размерность фотонных кристаллов: одномерные, двумерные и трехмерные периодические

структуры. Методы формирования фотонных кристаллов.

24. Фотонные запрещенные зоны. Основы теории фотонных кристаллов. Двумерные и трехмерные фотонные кристаллы.

25. Материалы на основе фотонных кристаллов. Области применения.

26. Нелинейные эффекты в фотонных кристаллах. Испускание и рассеяние излучения в фотонных кристаллах.

27. Основы модовой теории распространения света в связанных волноводах. Понятие дискретной дифракции.

28. Нелинейно-оптические явления: самофокусировка в периодических структурах, параметрическое взаимодействие световых волн, оптические солитоны.

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 «Оптика наноматериалов и наноструктур» 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;

- «*не зачтено*» выставляется в случае несоответствия работы обучающегося всем требуемым показателям, неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении заданий, предусмотренных программой дисциплины «Оптика наноматериалов и наноструктур».

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	–	Не зачтено

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Оптика наноматериалов и наноструктур» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *не зачтено*.

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.