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.04 Рентгеноэлектронная спектроскопия и микроскопия

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

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Формирование базовых знаний в области рентгеновской и электронной спектроскопии и микроскопии для изучения атомного и электронного строения твердого тела и его поверхности.

Задачи учебной дисциплины:

- Изучение основных физических явлений и понятий в области рентгеновской и электронной спектроскопии;
- Изучение основных физических законов, лежащих в основе принципов рентгеновской и электронной спектроскопии;

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: Учебная дисциплина «Рентгеноэлектронная спектроскопия и микроскопия» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений обязательной части блока Б1.

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки 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», B/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»;
B/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», B/05.7 «Рациональное использование, обслуживание, модернизация и настройка оборудования, обеспечивающего выполнение операций контроля, измерения свойств», C/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 наноинженерии для	ПК-2.2	Организует и координирует работы в области фундаментальных и практических применений объектов наноинженерии	*Знать:* физические и химические основы методов рентгеноэлектронной микроскопии и спектроскопии и контроля качества область их применения, методические материалы по технологии проведения комплексного исследования материалов

	организации и координации работ в направлении от фундаментальных исследований к практическому применению			*Уметь:* самостоятельно использовать физические и химические основы, принципы и методики работы на современном оборудовании и приборах *Владеть:* методологией эксплуатации современного оборудования и приборов; навыками комплексного подхода к исследованию материалов, конструкций и изделий; навыками использования традиционных и новых технологических процессов и методических материалов в области
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-4.1	Осуществляет все этапы выполнения научно-исследовательских, поисковых и прикладных работ в области наноинженерии функциональных материалов и структур на их основе	*Знать:* современные методы научного анализа *Уметь:* проводить экспериментальные исследования объектов наноинженерии; критически оценивать и интерпретировать экспериментальные результаты *Владеть:* методами научного анализа, проведения исследований и представления результатов исследований; программными продуктами оформления и представления результатов исследования
		ПК-4.3	Активно использует синхротронные технологии отечественных и зарубежных установок класса «мегасайенс»	Знать: последние достижения в области диагностики наноструктур методами рентгеноэлектронной спектроскопии и микроскопии Уметь: использовать синхротронные технологии отечественных и зарубежных установок класса «мегасайенс» Владеть: методологией исследования и диагностики материалов и наноструктур методами рентгеноэлетронной

				спектроскопии и микроскопии, а также с применением синротронных технологий
ПК-7	Способен применять существующие и разрабатывать новые технологии, процессы и элементы оборудования для высокоточной диагностики объектов наноинженерии	ПК-7.3	Применяет современные методы высокоточной диагностики функциональных материалов и структур на их основе при разработке объектов наноинженерии	*Знать:* основные направления применения нанотехнологий для науки и техники в настоящем и в перспективе; промышленные и полупромышленные методы получения наноматериалов с точки зрения анализа структуры и свойств наночастиц и наноматериалов; основные свойства наноматериалов и методы определения этих свойств. *Уметь:* диагностировать и тестировать структуру и свойства производимых наноматериалов; классифицировать современные методы и методики исследования структуры и элементного состава наноматериалов по их назначению и техническим характеристикам; *Владеть:* методами анализа наноматериалов.

12 Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 4/144

Форма промежуточной аттестации – экзамен

13 Трудоёмкость по видам учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам
		2 сем.
Аудиторные занятия	*28*	*28*
в том числе: лекции	*14*	*14*
лабораторные работы	*14*	*14*
Самостоятельная работа, курсовая работа	*80*	*80*
Форма промежуточной аттестации - экзамен	*36*	*36*
Итого:	*144*	*144*

13.1. Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Физические основы рентгеновской	Физические основы рентгеновской спектроскопии. Систематика рентгеновских спектров. Основные принципы

	спектроскопии	рентгеновской спектроскопии. Оборудование для рентгеновской спектроскопии, его использование.
1.2	Физические основы электронной спектроскопии	Физические основы электронной спектроскопии. Основные принципы электронной спектроскопии. Оборудование для электронной спектроскопии, типы анализаторов, их использование.
1.3	Применение рентгеновской и электронной спектроскопии для изучения твердых тел и наноструктур	Применение рентгеновской и электронной спектроскопии для изучения твердых тел и наноструктур
	2. Лабораторные работы	
2.1	Физические основы рентгеновской спектроскопии	Лабораторная работа 1. *Изучение основ работы на рентгеновском спектрометре, обработки рентгеновских спектров*
2.2	Физические основы электронной спектроскопии	Лабораторная работа 2. *Изучение основ работы на электронном спектрометре, обработки спектров*
2.3	Применение рентгеновской и электронной спектроскопии для изучения твердых тел и наноструктур	Лабораторная работа 3. *Исследование кремниевых кристаллов методами рентгеновской дифракции, фотоэлектронной спектроскопии и растровой электронной микроскопии*

13.2. Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего
1	Физические основы рентгеновской спектроскопии	4	4	15	23
2	Физические основы электронной спектроскопии	4	4	15	23
3	Применение рентгеновской и электронной спектроскопии для изучения твердых тел и наноструктур	6	6	15	27
	Курсовая работа	-	-	35	35
	Экзамен				36
	Итого:	14	14	80	144

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Изучение дисциплины «Рентгеноэлектронная спектроскопия и микроскопия» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем 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.

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 студента при изучении «Рентгеноэлектронная спектроскопия и микроскопия» включает в себя:

изучение теоретической части курса	- 30 часов
подготовка к лабораторным работам	- 15 часов
выполнение курсовых работ	- 35 часов
итого	- 80 часов

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Физические методы исследования поверхности твердых тел / В.И. Нефедов, В.Т. Черепин ; АН СССР, Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова .— М. : Наука, 1983 .— 294 с.
2	Рентгеноэлектронная спектроскопия химических соединений : Справочник / В.И. Нефедов .— М. : Химия, 1984 .— 255 с
3	Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ / Г.В. Фетисов // Изд-во Физматлит. – 2007. – Москва. – С. 672.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5	Синхротронное излучение в исследовании твердых тел : Сборник статей / пер. с анг. и нем. О.Ф. Куликова, В.В. Михайлина; под ред. А.А. Соколова .- М. : Мир, 1970 .- 290 с.
6	Физика рентгеновских лучей / М.А. Блохин .— 2-е изд., перераб. — М. : Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1957 .— 518 с.

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	Физические методы исследования поверхности твердых тел / В.И. Нефедов, В.Т. Черепин ; АН СССР, Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова .— М. : Наука, 1983 .— 294 с.
2	Физика рентгеновских лучей / М.А. Блохин .— 2-е изд., перераб. — М. : Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1957 .— 518 с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины:

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии по образовательным формам: лекции; лабораторные работы, индивидуальные занятия, курсовые работы. 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 спектромикроскопии и синхротронных исследований (ауд. 40/5): Уникальный модульный спектромикроскопический комплекс в ультрамягкой рентгеновской области, Модульная синхротронно-лабораторная исследовательская станция в ультрамягком рентгеновском синхротронном диапазоне.

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

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

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
1	Физические основы рентгеновской спектроскопии	ПК-2, ПК-4, ПК-7	ПК-2.2; ПК-4.1; ПК-4.3; ПК-7.3	Лабораторная работа 1. Опрос
2	Физические основы электронной спектроскопии	ПК-2, ПК-4, ПК-7	ПК-2.2; ПК-4.1; ПК-4.3; ПК-7.3	Лабораторная работа 2. Опрос
3	Применение рентгеновской и электронной спектроскопии для изучения твердых тел и наноструктур	ПК-2, ПК-4, ПК-7	ПК-2.2; ПК-4.1; ПК-4.3; ПК-7.3	Лабораторная работа 3. Опрос Текущая аттестация
Промежуточная аттестация: форма контроля - экзамен				Комплект КИМ
Курсовая работа				

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется контролем выполнения лабораторных работ, опроса на занятиях, 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. Какой механизм роста соответствует случаю, когда пленка растет послойно?

a) Франка-Ван-дер-Мерве.
b) Волмера-Вебера.
c) Странски-Крастанова.

1.2. 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 аберрация
b) Дифракция электронов
c) Хроматическая аберрация
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 × 10E-5 Па;
b) 5 × 10E-7 Па;
c) 2 × 10E-6 Па;
d) 7 × 10E-8 Па;
e) 2 × 10E-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 аберрация;
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.Какое излучение используется в ультрафиолетовой спектроскопии?
a) Инфракрасное излучение.
b) Видимое излучение.
c) Рентгеновское излучение.
d) Ультрафиолетовое излучение.

1.16. В чем заключается принцип действия масс-спектрометрического метода?
a) В разделении частиц по их массе при помощи электрического поля.
b) В измерении интенсивности поглощения света веществом.
c) В исследовании магнитных свойств ядер атомов.
d) В изучении электронных переходов в молекулах.

1.17. Чем характеризуется флуоресцентная спектроскопия?
a) Поглощением фотонов и последующим испусканием квантов света меньшей энергии.
b) Измерением времени жизни возбужденных состояний атомов и молекул.
c) Исследованием колебаний молекул под действием внешних полей.
d) Анализом распределения зарядов внутри атомов и молекул.

1.18. Что такое комбинационное рассеяние света (эффект Рамана)?
a**) Изменение частоты падающего света при взаимодействии с веществом за счет передачи энергии от молекулы к световому кванту.**
b) Явление отражения света от поверхности вещества.
c) Процесс изменения поляризации света при прохождении через вещество.

d) Рассеяние света на микроскопических неоднородностях среды.

1.19.Какой тип спектральных линий характерен для атома водорода?
a) Полосатый спектр.
b) Линейчатый спектр.
c) Непрерывный спектр.
d) Гамма-спектр.

1.20. Какие частицы являются источником синхротронного излучения в современных источниках?
a) Протоны.
b) Электроны.
c) Позитроны.
d) Нейтроны.

1.21. Что такое ондулятор?
a) Устройство для создания переменного магнитного поля, используемое для генерации синхротронного излучения.
b) Тип ускорителя частиц, основанный на использовании электромагнитных полей.
c) Детектор для регистрации синхротронного излучения.
d) Источник питания для управления работой синхротрона.

1.22. 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

1.23. 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

1.24. 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

1.25. От каких факторов зависит яркость и контрастность изображения, получаемого методом РЭМ
a) «формы» пучка электронов, падающих на образец и характера взаимодействия электронов с образцом;
b) типа используемого детектора и физических процессов, происходящих в нем;
c) локального состава в области сканирования и топографии поверхности образца в исследуемой области.
d) все из вышеперечисленного.

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

a) Магнитный пинцет,
b) оптический пинцет
c) АСМ
d) все вышеперечисленное

1.27. Размерный эффект – это

a) зависимость свойств тела от его размера.
b) влияние размера тела на его проводимость
c) влияние внешних факторов на размер тела

1.28. Зоной Бриллюэна называется:

a) Длина волны электрона, движущегося в кристаллической структуре, определяющаяся отношением постоянной Планка к произведению эффективной массы электрона и его скорости
b) Области значений волнового вектора, k в пределах которых энергия электрона E(k) являющаяся периодической функцией, k испытывает полный цикл своего изменения.
c) энергетический уровень изолированного атома в кристалле

1.29. Какой тип нанобиогибридов используется для доставки лекарственных средств?

a) **Наночастицы с лекарственной нагрузкой**
b) Иммобилизованные ферменты
c) Биосенсоры
d) Нанонити

1.30. Какой метод позволяет оценить биосовместимость нанобиогибридов?

a) Цитотоксичность
b) Электронная микроскопия
c) Спектроскопия
d) Электрохимия

1.31. Какой из перечисленных объектов НЕ является нанобиогибридным?

a) Нанокристаллы
b) Липосомы
c) ДНК-оригами
d) Нанопровода из белка

1.32. Что является источником рентгеновского излучения в рентгеновской трубки?

a) Электронная пушка
b) **Анодная мишень**
c) Лазер
d) Радиоактивный источник

1.33. Какое из следующих применений рентгеновской спектроскопии является наиболее распространенным?

a) Анализ элементного состава материалов
b) **Анализ структуры материалов**
c) Анализ химического состава материалов
d) Анализ толщины материалов

1.34. 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.

1.35. 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.

1.36. 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.

1.37. Какой метод диагностики позволяет визуализировать нанобиогибридные структуры на молекулярном уровне?
a) Атомно-силовая микроскопия
b) Проточная цитометрия
c) ПЦР
d) Иммуноферментный анализ

1.38. Размерность сечения рассеяния - это
a) Метр
b) Квадратный метр
c) Грамм на метр
d) Вольт на метр

1.39. 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

1.40. 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

1.41. Какова зависимость отношения сигнал-шум в растровом электронном микроскопе от времени сканирования?
a) Линейная
b) Корневая
c) Квадратичная

d) Обратная корневая

1.42. Кантилевер – это

1.43. Какой процесс лежит в основе генерации рентгеновского излучения?

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

1.44. 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

1.45. Что такое эффект Комптона?

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

1.46. 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

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

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

1.48. 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.

<u>2) открытые задания (ситуационные задачи, средний уровень сложности):</u>

2.1. Основными параметрами любого вакуумного насоса являются
Ответ: быстрота действия, предельное давление, наименьшее рабочее давление, наибольшее рабочее давление, наибольшее давление запуска и наибольшее выпускное давление.

2.2. Дайте определение термину «Предельное давление насоса»
Ответ: это минимальное давление, которое может обеспечить насос, работая без откачиваемого объекта.

2.3. Что означают индексы hkl ?

2.4. Дайте определение термину «электроёмкость»
Ответ: ёмкостью, называется способность различных объектов накапливать и сохранять электрические заряды.

2.5. 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.

2.6. Что такое пористость?

2.7. Общие принципы работы атомно- силового микроскопа.

2.8. Зондовые датчики АСМ.

2.9. Приведение Делоне.

2.10. Дайте определение термину «Обратная решетка»

2.11. Что такое «Фотоэлектронная спектроскопия»?

2.12. Что такое магнетронное распыление?
Ответ: Метод осаждения пленок в присутствии магнитного поля.

2.13. Какой метод используется для изучения химического состава тонких пленок?
Ответ: Масс-спектрометрия вторичных ионов.

2.14. Какой метод используется для изучения кристаллической структуры тонких пленок?
Ответ: Рентгеновская дифракция.

2.15. При увеличении в 10 000 раз глубина фокуса РЭМ имеет порядок
Ответ:

2.16. В каком году был создан просвечивающий электронный микроскоп:
Ответ: 1932

2.17. Абберация – это …
Ответ: расфокусировка пучка.

2.18. Напишите два основных типа абберации.
Ответ: Сферическая и хроматическая (или хроматическая и сферическая)

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

Ответ: Оже-спектроскопия

2.20. Какой элементов используется в качестве материала для окон детекторов рентгеновского излучения?
Ответ: Бериллий

2.21. Какое явление является причиной уширения рентгеновских линий?
Ответ: Естественная ширина линий.

2.22. Куда отправляется пучок электронов после попадания в стигматор в случае электронной микроскопии?
Ответ: на образец

2.23. В общем случае зоны, образованные отдельными уровнями, могут перекрываться, образуя...
Ответ: гибридную зону.

2.24. Какой спектроскопический метод используется для определения химического состава нанобиогибридных материалов?
Ответ: Инфракрасная спектроскопия

2.25. Примесные полупроводники, это полупроводники проводимость которых обусловлена…
Ответ: электронами атомов примеси

2.26. При низких температурах энергия тепловых колебаний решетки значительно меньше ширины …
Ответ: запрещенной зоны

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

3.1. 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.

3.2. 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.

3.3 Что такое Стигматор
Ответ: это устройство, являющееся частью электронного микроскопа, которое содержит несколько электромагнитов с сердечниками специальной формы. Неоднородное магнитное поле стигматора имеет такую конфигурацию, что соответствующие силы Лоренца превращают овальное сечение пучка в круговое.

3.4 Что называется Коэффициентом увеличения?
Ответ: отношение длины какого-либо отрезка на фотографии (на изображении) к

истинной длине этого же отрезка на образце.

3.5. Какие факторы влияют на проявление поверхностных явлений в наночастицах?
Ответ: На проявление поверхностного эффекта в наночастице влияют её размер, форма и окружающая среда, например, температура.

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

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

3.8. Опишите устройство электромагнитных линз.

3.9. 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

3.10. Из каких основных элементов состоит растровый электронный микроскоп:
Ответ: Система эмиссии электронов, система фокусировки, система вакуумирования, система регистрации, персональный компьютер;

3.11. 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.

3.12. Дайте определение термину «Тормозное рентгеновское излучение»
Ответ: электромагнитное излучение рентгеновского диапазона длин волн, возникающее при кулоновском взаимодействии быстрых электронов с ядрами атомов.

3.13. 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.

3.14. Что такое спектрометр с энергодисперсионным детектором (EDX)?
Ответ: Устройство которое разделяет рентгеновское излучение по энергии

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 занятий

Лабораторная работа 1. Изучение основ работы на рентгеновском спектрометре, обработки рентгеновских спектров
Лабораторная работа 2. Изучение основ работы на электронном спектрометре, обработки спектров
Лабораторная работа 3. Исследование кремниевых кристаллов методами рентгеновской дифракции, фотоэлектронной спектроскопии и растровой электронной микроскопии

Перечень вопросов к опросам

1. Каков механизм возникновения рентгеновского спектра в рентгеновской трубке?
2. Какая серия рентгеновского спектра является К-серией?
3. Почему атом водорода нельзя заставить излучать характеристические рентгеновские лучи?
4. Каков спектр энергетических уровней многоэлектронного атома?
5. Каков физический смысл постоянной экранирования?
6. От каких величин зависит постоянная полного экранирования и как объяснить эту зависимость?
7. Почему постоянная внутреннего экранирования не зависит от порядкового номера элемента?
8. Как экспериментально определить длины волн рентгеновского излучения?
9. Какие величины приводят к возникновению погрешности в определении длины волны?
10. Спин электрона. Природа спин-орбитального взаимодействия.
11. Как квантуются состояния электрона в многоэлектронном атоме?
12. Как получить формулу для теоретического расчета энергии спин-орбитального взаимодействия?

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация включает выполнение курсовой работы.

Примерный перечень тем курсовых работ

1. Исследование нанопорошка оксида кремния с использованием метода рентгеновской дифракции.
2. Исследование нанопорошка оксида кремния с использованием метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.
3. Исследование нанопорошка оксида кремния с использованием метода растровой электронной микроскопии и пакетом ImageJ.
4. Исследование нитевидных кристаллов оксида олова с использованием метода рентгеновской дифракции.
5. Исследование нитевидных кристаллов оксида олова с использованием метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.
6. Исследование нитевидных кристаллов оксида олова с использованием метода растровой электронной микроскопии и пакетом ImageJ.
7. Исследование клеток E.coli с использованием метода просвечивающей электронной микроскопии.
8. Исследование клеток E.coli с использованием метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.
9. Исследование клеток E.coli с использованием метода растровой электронной микроскопии и пакетом ImageJ.
10. Исследование нитевидных кристаллов оксида кремния с использованием метода рентгеновской дифракции.
11. Исследование нитевидных кристаллов оксида кремния с использованием метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.
12. Исследование нитевидных кристаллов оксида кремния с использованием метода растровой электронной микроскопии и пакетом ImageJ.

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. Физические основы рентгеновской спектроскопии. Систематика рентгеновских спектров.
2. Основные принципы рентгеновской спектроскопии. Оборудование для рентгеновской спектроскопии, его использование.
3. Физические основы электронной спектроскопии. Основные принципы электронной спектроскопии.
4. Оборудование для электронной спектроскопии, типы анализаторов, их использование.
5. Применение рентгеновской и электронной спектроскопии для изучения твердых тел и наноструктур.
6. Фотоэлектронная спектроскопия.

7. Спектроскопия квантового выхода.
8. Рентгеноэлектронная спектромикроскопия.
9. Применение синхротронного излучения для рентгеноэлектронной спектроскопии и микроскопии.
10. Области современного применения рентгеноэлектронной спектроскопии.

Комплект КИМ

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Физические основы рентгеновской спектроскопии. Систематика рентгеновских спектров.
2. Области современного применения рентгеноэлектронной спектроскопии.

Контрольно-измерительный материал № 2

1. Основные принципы рентгеновской спектроскопии. Оборудование для рентгеновской спектроскопии, его использование.
2. Применение синхротронного излучения для рентгеноэлектронной спектроскопии и микроскопии.

Контрольно-измерительный материал № 3

1. Физические основы электронной спектроскопии. Основные принципы электронной спектроскопии.
2. Рентгеноэлектронная спектромикроскопия.

Контрольно-измерительный материал № 4

1. Оборудование для электронной спектроскопии, типы анализаторов, их использование.
2. Спектроскопия квантового выхода.

Контрольно-измерительный материал № 5

1. Применение рентгеновской и электронной спектроскопии для изучения твердых тел и наноструктур.
2. Фотоэлектронная спектроскопия.

Контрольно-измерительный материал № 6

1. Фотоэлектронная спектроскопия.
2. Области современного применения рентгеноэлектронной спектроскопии.

Контрольно-измерительный материал № 7

1. Физические основы рентгеновской спектроскопии. Систематика рентгеновских спектров.
2. Применение рентгеновской и электронной спектроскопии для изучения твердых тел и наноструктур.

Контрольно-измерительный материал № 8

1. Основные принципы рентгеновской спектроскопии. Оборудование для рентгеновской спектроскопии, его использование.

2. Оборудование для электронной спектроскопии, типы анализаторов, их использование.

Контрольно-измерительный материал № 9

1. Физические основы электронной спектроскопии. Основные принципы электронной спектроскопии.

2. Спектроскопия квантового выхода.

Контрольно-измерительный материал № 10

1. Применение синхротронного излучения для рентгеноэлектронной спектроскопии и микроскопии.

2. Фотоэлектронная спектроскопия.

Контрольно-измерительный материал № 11

1. Оборудование для электронной спектроскопии, типы анализаторов, их использование.

2. Области современного применения рентгеноэлектронной спектроскопии.

Контрольно-измерительный материал № 12

1. Оборудование для электронной спектроскопии, типы анализаторов, их использование.

2. Физические основы электронной спектроскопии. Основные принципы электронной спектроскопии.

Описание технологии проведения промежуточной аттестации

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

Оценка уровня освоения дисциплины «Рентгеноэлектронная спектроскопия и микроскопия» осуществляется по следующим показателям:

- качество ответов при опросе на занятиях, текущей аттестации;
- выполнение лабораторных работ;
- выполнение курсовых работ;
- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки освоения дисциплины «Рентгеноэлектронная спектроскопия и микроскопия»:

– оценка *отлично* выставляется при полном 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;

– 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 «Рентгеноэлектронная спектроскопия и микроскопия» 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.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.