

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.01 Электронная 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: *Какулия Юлия Сергеевна*
7. Рекомендована: *НМС физического факультета протокол №5 от 22.05.2024*
8. Учебный год: *2025-2026* Семестр: *2*

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Формирование знаний об основах электронной микроскопии и осознание роли данного метода в области нанотехнологий. Изучение особенностей диагностики наноматериалов методами электронной микроскопии.

Задачи учебной дисциплины:

- получение у обучающихся представлений о физических основах и принципах электронной микроскопии;
- знакомство с существующими видами, конструктивными особенностями, и основными областями применения электронной микроскопии;
- изучение явлений и процессов в наноструктурах, используемых при разработке элементов и приборов нанотехнологий;
- формирование навыков применения теоретических знания о физических принципах работы электронных микроскопов для исследования важнейших физических процессов и явлений, составляющих фундаментальную основу нанотехнологий;
- овладение навыками определения химического, структурного и фазового состава наноструктур, в том числе нано-био-гибридных структур.

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:

Учебная дисциплина «Электронная микроскопия» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений обязательной части блока Б1.

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

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

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

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

Компетенции		Индикаторы		Планируемые результаты обучения
Код	Наименование компетенции	Код(ы)	Наименование индикатора(ов)	
ПК-2	Осуществляет предметный анализ актуальных направлений научно-инновационной деятельности в области наноинженерии 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 наноинженерии	<p><i>Знать:</i> физические и химические основы методов электронной микроскопии и контроля качества область их применения, методические материалы по технологии проведения комплексного исследования материалов</p> <p><i>Уметь:</i> самостоятельно использовать физические и химические основы, принципы и методики работы на современном оборудовании и приборах</p> <p><i>Владеть:</i> 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</p>
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 наноинженерии, включая подготовку научных	ПК-3.3	Участвует в организации и проведении видов научно-исследовательской деятельности, направленных на апробацию и развитие процессов наноинженерии	<p><i>Знать:</i> основные методы и методики исследования структуры и элементного состава наноматериалов и изделий на их основе; физические принципы, лежащие в основе методов исследования наноматериалов и изделий на их основе, их достоинства и ограничения; области применений различных типов наноматериалов и актуальных проблем современного теоретического и экспериментального;</p>

	публикаций и их апробацию			<p><i>Уметь:</i> осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по изучаемой дисциплине; пользоваться рекомендованной литературой при изучении вопросов анализа структуры и свойств наноматериалов;</p> <p><i>Владеть:</i> навыками самостоятельной подготовки и организации научных мини-групп для решения поставленных научно-исследовательских задач; навыками написания и оформления отчетов о учебно-исследовательской работе в рамках курса</p>
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	<p><i>Знать:</i> современные методы научного анализа</p> <p><i>Уметь:</i> проводить экспериментальные исследования объектов наноинженерии; критически оценивать и интерпретировать экспериментальные результаты</p> <p><i>Владеть:</i> методами научного анализа, проведения исследований и представления результатов исследований; программными продуктами оформления и представления результатов исследования</p>
ПК-7	Способен применять существующие и разрабатывать новые технологии, процессы и элементы	ПК-7.3	Применяет современные методы высокоточной диагностики функциональных материалов и структур на их основе при	<p><i>Знать:</i> основные направления применения нанотехнологий для науки и техники в настоящем и в перспективе; промышленные и</p>

	оборудования для высокоточной диагностики объектов наноинженерии		разработке объектов наноинженерии	<p>полупромышленные методы получения наноматериалов с точки зрения анализа структуры и свойств наночастиц и наноматериалов; основные свойства наноматериалов и методы определения этих свойств.</p> <p><i>Уметь:</i> 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;</p> <p><i>Владеть:</i> методами анализа структуры наноматериалов.</p>
--	--	--	-----------------------------------	---

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

Форма промежуточной аттестации - экзамен

13 Трудоёмкость по видам учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоёмкость (часы)	
	Всего	По семестрам
		2 сем.
Аудиторные занятия	74	74
в том числе: лекции	44	44
лабораторные работы	30	30
Самостоятельная работа	70	70
Форма промежуточной аттестации - экзамен	36	36
Итого:	180	180

13.1. Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Введение в электронную микроскопию	Структура атома. Виды взаимодействий электронов с материалом. Эффекты сопровождающие взаимодействия электронов с материалом. Введение в основы электронной

		микроскопии. Существующие виды электронных микроскопов
1.2	Просвечивающая электронная микроскопия	Основы просвечивающей электронной микроскопии. Конструкция просвечивающего электронного микроскопа. Подготовка объектов для исследований и особые требования к ним. Формирование луча. Методы визуализации. Недостатки и ограничения, особенности применения ПЭМ.
1.3	Растровая электронная микроскопия	Физические основы растровой электронной микроскопии. Устройство и работа растрового электронного микроскопа. Подготовка объектов для исследований и особые требования к ним. Технические возможности растрового электронного микроскопа.
1.4	Рентгеноспектральный микроанализ	Физические основы рентгеноспектрального. Микроанализа. Устройство и работа рентгеноспектрального микроанализатора. Спектрометры с энергетической дисперсией. Спектрометры с волновой дисперсией. Подготовка объектов для исследований и особые требования к ним. Технические возможности рентгеноспектрального микроанализатора. Области применения рентгеноспектрального микроанализатора.
1.5	Зеркальная электронная микроскопия	Физические основы зеркальной электронной микроскопии. Конструкция зеркального электронного микроскопа. Виды отображения результатов. Разрешение и чувствительность. Применение ЗЭМ
2. Лабораторные работы		
2.1	Лабораторная работа 1	Подготовка образцов для работ на просвечивающем электронном микроскопе и растровом электронном микроскопе
2.2	Лабораторная работа 2	Проведение измерений на просвечивающем электронном микроскопе.
2.3	Лабораторная работа 3	Анализ результатов измерений просвечивающей электронной микроскопии.
2.4	Лабораторная работа 4	Проведение измерений на растровом электронном микроскопе.
2.5	Лабораторная работа 5	Анализ результатов измерений 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	Введение в электронную микроскопию	4	0	10	14
2	Просвечивающая электронная микроскопия	8	15	12	35
3	Растровая электронная микроскопия	8	15	12	35
4	Рентгеноспектральный микроанализ	12	0	18	30
5	Зеркальная электронная микроскопия	12	0	18	30
	Экзамен				36
	Итого:	44	30	70	180

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Изучение дисциплины «Электронная 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.

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.

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 «Электронная микроскопия» включает в себя:

изучение теоретической части курса	- 38 часов
подготовка к лабораторным работам	- 32 часа
итого - 70 часов	

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Ищенко А. А. Методы анализа поверхности. Часть 1. Методы локального анализа электронной микроскопия / А.А. Ищенко, А.Е. Лукьяно — Москва : МИРЭА - Российский технологический университет, 2021 .— 49 с. // Электронно-библиотечная система. — URL : http://e.lanbook.com/book/218654
2	Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение : сборник научных трудов / под редакцией У. Жу, Ж. Л. Уанга ; перевод с английского С. А. Иванова, К. И. Домкина ; художник Н. А. Новак. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 601 с. // Электронно-библиотечная система. — URL : https://e.lanbook.com/book/166756
3	Егорова, О. В. Физико-химические методы исследования и техника лабораторных работ. Основы микроскопии : учебное пособие для спо / О. В. Егорова. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 768 с. // Электронно-библиотечная система. — URL : https://e.lanbook.com/book/200456
4	Современные методы диагностики атомного и электронного строения микро- и наноструктурированных материалов : учебное пособие / Э. П. Домашевская, Е. В. Руднев, В. Е. Терновая ; Воронежский государственный университет. - Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021 175 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Растровая электронная микроскопия [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие для вузов : [для студ. естеств.-науч. фак., обучающихся по направлению подготовки: 210100 - Электроника и нанoeлектроника; 011200 - Физика; 020300 - Химия, физика и механика материалов; 020700 - Геология; 020400 - Биология] / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: Б.Л. Агапов, Т.В. Куликова. Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018. // Электронно-библиотечная система. — http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m18-94.pdf .
2	Синдо, Дайзуке. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия / Д.

Синдо, Т. Оикава ; пер. с англ. С.А. Иванова. М. : Техносфера, 2006. 249 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

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

16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Филимонова, Н. И. Методы электронной микроскопии : учебное пособие : [16+] / Н. И. Филимонова. – Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. – 61 с. // Электронно-библиотечная система. — https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=694666

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.

Лаборатория электронной микроскопии (ауд. 3): Растровый электронный микроскоп JEOL JSM-6380LV с микроанализатором OxfordInstruments (2 шт.).

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	Введение в электронную микроскопию	ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-7	ПК-2.2, ПК-3.3, ПК-4.1 ПК-7.3	Опрос на лекции
2	Просвечивающая электронная микроскопия	ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-7	ПК-2.2, ПК-3.3, ПК-4.1 ПК-7.3	Лабораторная работа 1, Лабораторная работа 2, Лабораторная работа 3
3	Растровая электронная микроскопия	ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-7	ПК-2.2, ПК-3.3, ПК-4.1 ПК-7.3	Лабораторная работа 1, Лабораторная работа 4, Лабораторная работа 5
4	Рентгеноспектральный микроанализ	ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-7	ПК-2.2, ПК-3.3, ПК-4.1 ПК-7.3	Опрос на лекции
5	Зеркальная электронная микроскопия	ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-7	ПК-2.2, ПК-3.3, ПК-4.1 ПК-7.3	Опрос на лекции Текущая аттестация
Промежуточная аттестация: форма контроля - экзамен				Комплект КИМ

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется контролем выполнения лабораторных работ, опроса на занятиях и 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) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

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

а) 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 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?
- Линейная
 - Корневая
 - Квадратичная
 - Обратная корневая
- 1.11. Методом оже-спектроскопии можно детектировать элементы, начиная с
- Водорода
 - Гелия
 - Лития
 - Бериллия
- 1.12. Какой уровень вакуума необходим для начала работы на просвечивающем микроскопе:
- 3×10^{-5} Па;
 - 5×10^{-7} Па;
 - 2×10^{-6} Па;
 - 7×10^{-8} Па;
 - 2×10^{-4} Па
- 1.13. Как исправляется астигматизм электромагнитных линз:
- Системой специальных катушек- астигматорами;
 - Применением воздействия на электроны пучка энергетических фильтров;
 - Использованием рассеивающих электромагнитных линз, у которых противоположная по знаку аберрация;
 - Применением большей ускоряющей разности потенциалов;
 - Применением более глубокого вакуума.
- 1.14. Какая спектроскопическая техника используется для определения химического состава и валентного состояния элементов в твёрдых телах?
- Рентгеновская дифракция
 - XPS**
 - XRF
 - EDS
- 1.15. Что такое p-n-переход?
- полупроводниковая структура в которой находится область соприкосновения двух полупроводников с разными типами проводимости — дырочной и электронной**
 - область диффузии электронов
 - полупроводник, обладающий одновременно носителями положительных и отрицательных зарядов
- 1.16. Какие типы спектров существуют?
- Линейчатые, полосатые и непрерывные.
 - Оптические, рентгеновские и гамма-спектры.
 - Ультрафиолетовые, инфракрасные и видимые.
 - Все вышеперечисленные варианты верны.**
- 1.17. Какое излучение используется в ультрафиолетовой спектроскопии?
- Инфракрасное излучение.

- b) Видимое излучение.
- c) Рентгеновское излучение.
- d) Ультрафиолетовое излучение.**

1.18. 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.

1.19. 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.

1.20. 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.

1.21. Какой тип спектральных линий характерен для атома водорода?

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

1.22. Какие частицы являются источником синхротронного излучения в современных источниках?

- a) Протоны.
- b) Электроны.**
- c) Позитроны.
- d) Нейтроны.

1.23. 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.

1.24. 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 1000 мкм

1.25. 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

1.26. 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**

1.27. 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.**

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

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

1.29. Размерный эффект – это

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

1.30. Зоной Бриллюэна называется:

- a) Длина волны электрона, движущегося в кристаллической структуре, определяемая 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

1.31. Какой тип нанобиогбридов используется для доставки лекарственных средств?

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

1.32. Какой метод позволяет оценить биосовместимость нанобиогбридов?

- a) Цитотоксичность**

- b) Электронная микроскопия
 - c) Спектроскопия
 - d) Электрохимия
- 1.33. Какой из перечисленных объектов НЕ является нанобиогибридным?
- a) **Нанокристаллы**
 - b) Липосомы
 - c) ДНК-оригами
 - d) Нанопровода из белка
- 1.34. Что является источником рентгеновского излучения в рентгеновской трубке?
- a) Электронная пушка
 - b) **Анодная мишень**
 - c) Лазер
 - d) Радиоактивный источник
- 1.35. 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
- 1.36. 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.
- 1.37. Какой метод является основным методом учёта корреляционных эффектов в рамках под
- a) Метод Хартри.
 - b) **Метод конфигурационного взаимодействия (CI).**
 - c) Метод функционала плотности (DFT).
 - d) Метод Монте-Карло.
- 1.38. 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.
- 1.39. 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.

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

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

1.41. Какие частицы подчиняются статистике Ферми-Дирака?

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

1.42. Чему равен спин фермионов?

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

1.43. 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.

1.44. 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.

1.45. Какой из перечисленных объектов является источником синхротронного излучения?

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

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

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

1.47. Какая из перечисленных характеристик синхротронного излучения является уникальной?

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

d) Коллимация

1.48. Какие волновыми свойствами обладает электромагнитное излучение рентгеновского диапазона?

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

1.49. Какой прибор используется для получения рентгеновских дифракционных данных?

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

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

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

1.51. Какие элементы относятся к ферромагнитным металлам переходной группы?

- a) Натрий, калий, кальций
- b) **Железо, кобальт, никель**
- c) Медь, серебро, золото
- d) Углерод, кремний, германий

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

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

Ответ: Комптоновским

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

Ответ: Релеевское (или Релеевским)

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

Ответ: Томпсоновским (или Томпсона)

2.4. Что измеряется при рентгеноструктурном анализе?

Ответ: Углы дифракции.

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

Ответ: Рентгеновский дифрактометр

2.6. Какой тип магнитной анизотропии характерен для тонких пленок?

Ответ: Формационная анизотропия

2.7. Среди множества особенностей синхротронного излучения, для изучения

быстропротекающих процессов используют ее структурированность во

Ответ: времени

2.8. Эммитансом называется

Ответ: расходимость пучка электронов (или расходимость пучка)

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

Ответ: ондуляторы, вигглеры, шифтеры

2.10. В синхротронах первого поколения, синхротронное излучение являлось

Ответ: паразитным.

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

Ответ: Масс-спектрометрия вторичных ионов.

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

Ответ: Рентгеновская дифракция.

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

Ответ:

2.14. В каком году был создан просвечивающий электронный микроскоп:

Ответ: 1932

2.15. Абберация – это ...

Ответ: расфокусировка пучка.

2.16. Напишите два основных типа абберации.

Ответ: Сферическая и хроматическая (или хроматическая и сферическая)

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

Ответ: Оже-спектроскопия

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

Ответ: Бериллий

2.19. Какое явление является причиной уширения рентгеновских линий?

2.20. Куда отправляется пучок электронов после попадания в стигматор в случае электронной микроскопии?

Ответ: на образец

2.21. В общем случае зоны, образованные отдельными уровнями, могут перекрываться, образуя...

Ответ: гибридную зону.

2.22. Какой спектроскопический метод используется для определения химического состава нанобиогибридных материалов?

Ответ: Инфракрасная спектроскопия

2.23. Примесные полупроводники, это полупроводники проводимость которых обусловлена...

Ответ: электронами атомов примеси

2.24. При низких температурах энергия тепловых колебаний решетки значительно меньше ширины ...

Ответ: запрещенной зоны

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. Что такое электронный газ?

3.11. Что такое магнитная постоянная наночастицы?

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

3.13. Чем отличается ферромагнетизм от антиферромагнетизма?

Ответ: Направлением магнитных моментов соседних атомов

3.14. Что такое синхротронное излучение

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

3.15. 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.

3.16. 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.

3.17. 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.

3.18. Что называется Коэффициентом увеличения?

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

3.19. 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.

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 Подготовка образцов для работ на просвечивающем электронном микроскопе и растровом электронном микроскопе
2. Лабораторная работа 2 Проведение измерений на просвечивающем электронном микроскопе.
3. Лабораторная работа 3 Анализ результатов измерений просвечивающей электронной микроскопии.
4. Лабораторная работа 4 Проведение измерений на растровом электронном микроскопе.
5. Лабораторная работа 5 Анализ результатов измерений растровой электронной микроскопии.

Перечень вопросов для опросов.

1. Трансляционная симметрия. Индексы Миллера. Ось зоны.
2. Принципы построения обратной решетки (на примере ГЦК и ОЦК кристаллов)
3. Структурный фактор рассеяния электронов (на примере ГЦК и ОЦК кристаллов)
4. Физические принципы просвечивающей электронной микроскопии
5. Физические принципы электронографии (дифракция быстрых электронов). Системные методы исследования.
6. Физические принципы растровой электронной микроскопии
7. Физические основы рентгеноспектрального микроанализа
8. Абсорбционный контраст в просвечивающей электронной микроскопии
9. Дифракционный контраст в просвечивающей электронной микроскопии
10. Амплитудный контраст в просвечивающей электронной микроскопии
11. Фазовый контраст в просвечивающей электронной микроскопии
12. Светлопольное и темнопольное изображения в ПЭМ
13. Разрешение и глубина резкости изображения в ПЭМ
14. Основные преимущества метода ДБЭ по сравнению с РД.
15. Влияние размера кристаллита на получаемую дифракционную картину в ПЭМ.
16. Дифракционная картина для кристаллических и аморфных материалов.
17. Схема и основные узлы просвечивающего электронного микроскопа.
18. Назначение и конструкция электромагнитных линз в ПЭМ и РЭМ
19. Предельное разрешение изображения, получаемое в ПЭМ и РЭМ
20. Сфера Эвальда, обратная решетка, Лауэ зоны.
21. Получение изображений кристаллической решетки. Картины Муара.

22. Толщинные и изгибные контуры.
23. Изображение дефектов упаковки. Трансляционные дефекты. Антифазные границы.
24. Ограничения для исследуемых объектов в ПЭМ и РЭМ
25. Индексирование электронограмм от моно- и поликристаллических образцов
26. Анализ текстуры материалов методом дифракции быстрых электронов
27. Эффекты двойной дифракции в электронографии
28. Анализ структуры межзеренных и межфазных границ методом ПЭМ
29. Размерный эффект. Зависимость формы узла обратной решетки от размера кристалла.
30. Условия и принципы формирования Кикучи линий.
31. Метод реплик в просвечивающей электронной микроскопии
32. Пробоподготовка в просвечивающей электронной микроскопии
33. Точность измерений в ПЭМ, РЭМ и зондовой микроскопии
34. Что ограничивает разрешение в просвечивающей электронной микроскопии.
35. Радиационные повреждения образцов в ПЭМ.
36. Виды рентгеновского излучения при взаимодействии электронов с веществом. Характеристическое и тормозное рентгеновское излучение.
37. Каковы основные различия между дифракцией от выделенной области и дифракцией в сходящемся пучке электронов. Динамические эффекты дифракции электронов.
38. Физические принципы контраста вблизи дислокации. Определение вектора Бюргерса
39. Источник электронов, яркость, когерентность, стабильность.
40. Магнитные линзы. Сферическая и хроматическая абберации, астигматизм.
41. Полупроводниковые детекторы электронов, сцинтилляторы-ФЭУ, преимущества и недостатки.

20.2 Промежуточная аттестация

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

Комплект вопросов к КИМ. Промежуточная аттестация в форме экзамена по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств - КИМ

Комплект вопросов к КИМ

1. Абсорбционный контраст в просвечивающей электронной микроскопии
2. Амплитудный контраст в просвечивающей электронной микроскопии
3. Виды рентгеновского излучения при взаимодействии электронов с веществом. Характеристическое и тормозное рентгеновское излучение.
4. Дифракционный контраст в просвечивающей электронной микроскопии
5. Источник электронов, яркость, когерентность, стабильность.
6. Каковы основные различия между дифракцией от выделенной области и дифракцией в сходящемся пучке электронов. Динамические эффекты дифракции электронов.
7. Магнитные линзы. Сферическая и хроматическая абберации, астигматизм.
8. Метод реплик в просвечивающей электронной микроскопии
9. Полупроводниковые детекторы электронов, сцинтилляторы-ФЭУ, преимущества и недостатки.

10. Принципы построения обратной решетки (на примере ГЦК и ОЦК кристаллов)
11. Пробоподготовка в просвечивающей электронной микроскопии
12. Радиационные повреждения образцов в ПЭМ.
13. Разрешение и глубина резкости изображения в ПЭМ
14. Светлопольное и темнопольное изображения в ПЭМ
15. Точность измерений в ПЭМ, РЭМ и зондовой микроскопии
16. Трансляционная симметрия. Индексы Миллера. Ось зоны.
17. Условия и принципы формирования Кикучи линий.
18. Фазовый контраст в просвечивающей электронной микроскопии
19. Физические основы рентгеноспектрального микроанализа
20. Физические принципы контраста вблизи дислокации. Определение вектора Бюргерса
21. Физические принципы просвечивающей электронной микроскопии
22. Физические принципы растровой электронной микроскопии
23. Физические принципы электронографии (дифракция быстрых электронов) Системные методы исследования.
24. Что ограничивает разрешение в просвечивающей электронной микроскопии.

Описание технологии проведения промежуточной аттестации

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

Оценка уровня освоения дисциплины «Электронная микроскопия» осуществляется по следующим показателям:

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

Критерии оценки освоения дисциплины «Электронная 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 (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 «Электронная 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.