Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ряполов Петр Алексеевич
Должность: декан ЕНФ
Дата подписания: 07.09.2026 11:57:08
Уникальный программный ключ:
efd3ecdbd183f7649d0e3a33c230c6662946c7c99039b2b268921fde408c1fb6

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Электронная микроскопия»

Цель преподавания дисциплины: формирование у учащихся культуры применения современного электронно-оптического оборудования в профессиональной деятельности, которая включает знания о физике, технике, возможностях и ограничениях электронно-микроскопического анализа, формирование практических навыков работы с электронно-оптической аппаратурой, анализа электронно-микроскопических изображений.

Задачи изучения дисциплины: ознакомление с физическими принципами работы, устройством и основными характеристиками современного электронно-оптического оборудования; овладение основными измерительными методиками в применении к электронно-оптическим методам изучения микро- и наноструктурированных материалов; формирование навыков практической работы на электронных микроскопах в исследовании свойств микро- и нанообъектов и их систем; освоение основных приёмов работы на современном электронно-микроскопическом оборудовании; обеспечение понимания возможностей применения изучаемых методов, их точности, чувствительности, функциональности и целесообразности использования для получения информации о тех или иных свойствах микро- и наноструктур в научно-исследовательской деятельности.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- проводит статистический анализ результатов измерений выборки опытной партии образцов (ПК-4.2);
- составляет заключение по данным статистического анализа результатов измерений для выборки опытной партии образцов (ПК-4.3);
- определяет параметры и интервалы измерения характеристик материалов, содержащих нанокомпоненты (ПК-5.1);
- настраивает исследовательское оборудование и инструменты в соответствии с характеристиками композиционных материалов (ПК-5.2);
- оформляет протоколы результатов измерения характеристик композиционных материалов (ПК-5.3);
- проводит анализ современного состояния оборудования для измерений параметров наноматериало (ПК-6.1);
- проводит измерения параметров наноматериалов (ПК-6.3).

Разделы дисциплины:

История создания и основные принципы работы РЭМ и ПЭМ. Взаимодействие пучка ускоренных электронов с веществом. Виды взаимодействия, получаемая информация. Общие элементы электронно-оптических приборов. Типы приставок электронных микроскопов. Виды датчиков и их особенности. Основы растровой электронной микроскопии. Основы просвечивающей электронной микроскопии. Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Юго-Западный государственный университет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета
естественно-научного
(наименование ф-та полностью)

_____ П.А. Ряполов
(подпись, инициалы, фамилия)

«31» 08 2019г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Электронная микроскопия
(наименование дисциплины)

ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
шифр и наименование направления подготовки (специальности)

направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы»
наименование направленности (профиля, специализации)

форма обучения очная
(очная, очно-заочная, заочная)

Курск – 2019

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки (специальности) 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № 7 «29» марта 2019г.).

Рабочая программа дисциплины обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе для обучения студентов по ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы» на заседании кафедры нанотехнологий, общей и прикладной физики №1 «31» 08 2019 г.

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____ Кузько А.Е.

Разработчик программы

к.ф.-м.н., доцент _____ Кузько А.Е.

(ученая степень и ученое звание, Ф.И.О.)

Согласовано: на заседании кафедры заседании кафедры нанотехнологий, общей и прикладной физики № « » 20 г.

Зав. кафедрой _____ Кузько А.Е.

(название кафедры, дата, номер протокола, подпись заведующего кафедрой; согласование производится с кафедрами, чьи дисциплины основываются на данной дисциплине, а также при необходимости руководителями других структурных подразделений)

Директор научной библиотеки _____ Макаровская В.Г.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета протокол №7«29»03 2019г., на заседании кафедры НТО и ПР 31.08.2020 №1.

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____ Кузько А.Е.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета протокол №7«29»03 2019г., на заседании кафедры НТО и ПР 31.08.2021 №1.

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____ Кузько А.Е

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета протокол №7«29»03 2019г., на заседании кафедры НТО и ПР №1 от 31.08.2022 г.

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____ Кузько А.Е.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № 7 «25» 02 2020 г. на заседании кафедры НМОиПФ протокол № 1 от 31.08.2023 г.

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой Кузько А.Е.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № 9 «25» 06 2021 г. на заседании кафедры НМОиПФ, № 1 от 31.08.2024 г

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой Кузько А.Е.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № 7 «28» 02 20 22 г. на заседании кафедры НМОиПФ, № 1 от 30.08.2025 г

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой Кузько А.Е.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № 8 «24» 02 2026 г. на заседании кафедры НМОиПФ, № 1 от 31.08.2026

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой Кузько А.Е.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Микро- и наносистемы», одобренного Ученым советом университета (протокол № __ «__» _____ 20___ г. на заседании кафедры _____

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____

1 Цель и задачи дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

1.1 Цель дисциплины

Формирование у учащихся культуры применения современного электронно-оптического оборудования в профессиональной деятельности, которая включает знания о физике, технике, возможностях и ограничениях электронно-микроскопического анализа, формирование практических навыков работы с электронно-оптической аппаратурой, анализа электронно-микроскопических изображений.

1.2 Задачи дисциплины

– ознакомление с физическими принципами работы, устройством и основными характеристиками современного электронно-оптического оборудования;

– овладение основными измерительными методиками и умением проводить экспериментальные исследования по анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники в применении к электронно-оптическим методам изучения микро- и наноструктурированных материалов, а так же использовать соответствующее прикладное программное обеспечение;

– формирование навыков практической работы на электронных микроскопах в исследовании свойств микро- и нанообъектов и их систем, способности налаживать, испытывать, проверять работоспособность электронно-микроскопического измерительного оборорудования, используемого для решения различных научно-технических, технологических и производственных задач в области нанотехнологии и микросистемной техники;

– освоение основных приёмов работы на современном электронно-микроскопическом оборудовании, умения правильно эксплуатировать и проводить сервисное обслуживание электронно-микроскопического измерительного и диагностического оборудования для производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;

– обеспечение понимания возможностей применения изучаемых методов, их точности, чувствительности, функциональности и целесообразности использования для получения информации о тех или иных свойствах микро- и наноструктур в научно-исследовательской деятельности.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

Таблица 1.3 – Результаты обучения по дисциплине

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		*Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной*	*Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций*
код компетенции	*наименование компетенции*		
ПК-4	ПК-4 Способен обрабатывать результаты измерений и испытаний образцов	ПК-4.2 Проводит статистический анализ результатов измерений выборки опытной партии образцов	***Знать:*** - возможности и ограничения электронной микроскопии по анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - правила выбора методов и режимов электронно-

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		*Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной*	*Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций*
код компетенции	*наименование компетенции*		
			микроскопического оборудования для определения свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей. ***Уметь:*** - правильно выбирать методы и режимы работы электронных микроскопов для анализа материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - организовывать измерительный эксперимент; - обрабатывать и представлять результаты исследований. ***Владеть (****или* ***Иметь опыт деятельности):*** - навыками выбора электронно-микроскопических методов и режимов по анализу свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - навыками интерпретации данных электронно-микроскопических исследований; - навыками самостоятельного использования электроно-микроскопического оборудования в профессиональной деятельности.
		ПК-4.3 Составляет заключение по данным статистического анализа результатов измерений для выборки опытной партии образцов	***Знать:*** - возможности использования и настройки прикладного программного обеспечения для электронно-микроскопических методов исследования; - требования к информационной безопасности при работе на электронных микроскопах. ***Уметь:*** - настраивать режимы работы

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		*Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной*	*Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций*
код компетенции	*наименование компетенции*		
			электронно-микроскопических приборов с помощью прикладного программного обеспечения в зависимости от задач исследования; - использовать информационные технологии для обработки результатов электронно-микроскопических исследований; - сохранять результаты исследований с соблюдением требований информационной безопасности. ***Владеть (****или* ***Иметь опыт деятельности):*** - навыками настройки электронно-микроскопического оборудования и работы на прикладном программном обеспечении для решения задач профессиональной сферы; - методами информационных технологий для обработки результатов электронно-микроскопических исследований.
ПК-5	ПК-5 Способен измерять характеристики изделий из композиционных материалов	ПК-5.1 Определяет параметры и интервалы измерения характеристик материалов, содержащих нанокомпоненты	***Знать:*** - возможности и ограничения электронной микроскопии по анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - правила выбора методов и режимов электронно-микроскопического оборудования для определения свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей. ***Уметь:*** - правильно выбирать методы и

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		*Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной*	*Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций*
код компетенции	*наименование компетенции*		
			режимы работы электронных микроскопов для анализа материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - организовывать измерительный эксперимент; - обрабатывать и представлять результаты исследований. ***Владеть (****или* ***Иметь опыт деятельности):*** - навыками выбора электронно-микроскопических методов и режимов по анализу свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - навыками интерпретации данных электронно-микроскопических исследований; - навыками самостоятельного использования электроно-микроскопического оборудования в профессиональной деятельности.
		ПК-5.2 Настраивает исследовательское оборудование и инструменты в соответствии с характеристиками композиционных материалов	***Знать:*** - правила наладки и настройки электронно-микроскопического оборудования при решении задач области нанотехнологии и микросистемной техники; ***Уметь:*** - осуществлять настройку электронно-микроскопического оборудования, при замене вышедших из строя элементов или смене объектов исследования; - проверять работоспособность электронно-оптического оборудования на различных режимах. ***Владеть (или Иметь опыт деятельности):*** - навыком настройки электронно-микроскопического оборудования, при замене вышедших

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		*Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной*	*Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций*
код компетенции	*наименование компетенции*		
			из строя элементов или смене объектов исследования; - навыком проверки работоспособности электронно-оптического оборудования на различных режимах.
		ПК-5.3 Оформляет протоколы результатов измерения характеристик композиционных материалов	***Знать:*** - возможности использования и настройки прикладного программного обеспечения для электронно-микроскопических методов исследования; - требования к информационной безопасности при работе на электронных микроскопах. ***Уметь:*** - настраивать режимы работы электронно-микроскопических приборов с помощью прикладного программного обеспечения в зависимости от задач исследования; - использовать информационные технологии для обработки результатов электронно-микроскопических исследований; - сохранять результаты исследований с соблюдением требований информационной безопасности. ***Владеть (****или* ***Иметь опыт деятельности):*** - навыками настройки электронно-микроскопического оборудования и работы на прикладном программном обеспечении для решения задач профессиональной сферы; - методами информационных технологий для обработки результатов электронно-микроскопических исследований.

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		*Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной*	*Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций*
код компетенции	*наименование компетенции*		
ПК-6	ПК-6 Способен внедрять новое оборудование для измерения параметров наноматериалов и наноструктур	ПК-6.1 Проводит анализ современного состояния оборудования для измерений параметров наноматериалов	***Знать:*** - правила эксплуатации и всех видов обслуживания электронно-оптического оборудования для производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники. ***Уметь***: - осуществлять правильную эксплуатацию и обслуживание электронно-оптического оборудования для производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - производить замену вышедших из строя элементов электронно-оптических приборов; - пользоваться прикладным программным обеспечением для настройки работы оборудования после замены вышедших из строя элементов электронно-оптических приборов. **Владеть:** - навыками правильной эксплуатацию и обслуживания электронно-оптического оборудования для производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - навыками замены вышедших из строя элементов электронно-оптических приборов; - навыками настройки работы оборудования после замены вышедших из строя элементов электронно-оптических приборов.
		ПК-6.3 Проводит измерения параметров наноматериалов	***Знать:*** - возможности и ограничения электронной микроскопии по анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		*Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной*	*Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций*
код компетенции	*наименование компетенции*		
			- правила выбора методов и режимов электронно-микроскопического оборудования для определения свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей. ***Уметь:*** - правильно выбирать методы и режимы работы электронных микроскопов для анализа материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - организовывать измерительный эксперимент; - обрабатывать и представлять результаты исследований. ***Владеть (****или* ***Иметь опыт деятельности):*** - навыками выбора электронно-микроскопических методов и режимов по анализу свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - навыками интерпретации данных электронно-микроскопических исследований; - навыками самостоятельного использования электроно-микроскопического оборудования в профессиональной деятельности.

2 Указание места дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Электронная микроскопия» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули») основной профессиональной образовательной программы – программы бакалавриата (специалитета, магистратуры) 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы». Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестре и на 3 курсе в 5 семестре.

3 Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 6 зачетных единицы (з.е.), 216 академических часа.

Таблица 3 - Объем дисциплины

Виды учебной работы	Всего, часов
Общая трудоемкость дисциплины	216
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего)	103,25
в том числе:	
лекции	42
лабораторные занятия	48
практические занятия	12, из них практическая подготовка – 4
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	85,75
Контроль (подготовка к экзамену)	27
Контактная работа по промежуточной аттестации (всего АттКР)	1,25
в том числе:	
зачет	0,1
зачет с оценкой	не предусмотрен
курсовая работа (проект)	не предусмотрен
экзамен (включая консультацию перед экзаменом)	1,15

4 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Содержание дисциплины

Таблица 4.1.1 – Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Содержание
1	2	3
4 семестр		
1	История создания и основные принципы работы РЭМ и ПЭМ.	Разрешающая способность оптического микроскопа и способы её улучшения. Отличие РЭМ от ПЭМ (разрешающая способность, глубина резкости). Латеральное разрешение и разрешение по глубине.
2.	Взаимодействие пучка ускоренных электронов с веществом	Виды возбуждений при воздействии электронов на массивном образце. Использование информативных сигналов в РЭМ. Виды генерации процессов в тонком образце. Использование информативных сигналов в ПЭМ. Информативность сигналов в электронной микроскопии. Виды используемых приставок для электронных микроскопов.

3	Виды взаимодействия, получаемая информация	Описание процессов рассеяния. Упругое и неупругое рассеяние электронов. Вторичные, истинно вторичные и обратно рассеянные электроны. Скорость потери энергии электронов. Формула Бете. Формулы Поттса. Оже-электроны и характеристическое рентгеновское излучение. Контаминация. Формула Канае Окаяма. Нагрев образца электронным зондом.
4	Общие элементы электронно-оптических приборов	Конструкции и виды электронных пушек. Сравнение характеристик различных видов катодов для электронных пушек. Свойства электронных пушек (интенсивность, яркость, монохроматичность, стабильность). Схема электронной пушки с термоэмиссионным катодом. Роль цилиндра Венельта. Кроссовер. Диаметр электронного зонда в кроссовере. Напряжение смещения в стабилизации и изменении электронного тока. Конструкция электронной пушки. Настройка электронной пушки на РЭМ JEOL 6610-lv. Электромагнитные линзы. Аберрации электромагнитных линз (сферическая, хроматическая, дифракционная). Вакуумная система.
5	Виды датчиков и их особенности	Детектор Эверхарта-Торнли. Режим низкого вакуума в модифицированном детекторе вторичных электронов. Полупроводниковый детектор обратно рассеянных электронов (ППД). Использование ППД для регистрации вторичных электронов в иммерсионных объективных электромагнитных линзах.
5 семестр		
6	Типы приставок электронных микроскопов.	Детекторы дифракции обратно рассеянных электронов. Метод EBSD. Преобразование Хуга. Рентгеноспектральный микроанализ. Уравнение Крамерса. Волновой спектрометр. Энергедисперсионный спектрометр. Катодолюминесценция.
7	Основы растровой электронной микроскопии	Области применения. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Основные узлы РЭМ. Механизм формирования изображения. Виды контраста в растровой электронной микроскопии. Калибровка РЭМ и измерение линейных размеров. Эффект каналирования и дифракция обратно рассеянных электронов. Оже-электрон. спектроскопия.
8	Основы просвечивающей электронной микроскопии	Области применения. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Основные узлы ПЭМ. Механизмы формирования изображения. Режим изображения и режим дифракции. Виды контраста просвечивающей электронной микроскопии. Юстировка и калибровка просвечивающего микроскопа. Примеры исследований методами высокого разрешения. Основы методов электронной дифракции. Приготовление образцов для ПЭМ.
9	Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ	Принципы работы и устройство энергодисперсионного микроспектрометра. Характеристическое рентгеновское излучение и Оже-электроны. Уточнённый закон Мозли. Понятие "мёртвого времени" и биннинга в работе энергодисперсионного детектора. Работа в программе Aztec (Inka) по элементному анализу. Устройство и принцип действия рентгеновского дифрактометра и волнового спектрометра. Катодолюминесценция. Эффект каналирования и дифракция обратно рассеянных электронов.

Таблица 4.1.2 –Содержание дисциплины и его методическое обеспечение

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Виды деятельности			Учебно-методические материалы	Формы текущего контроля успеваемости *(по неделям семестра)*	Компетенции
		лек., час	№ лаб	№ пр			
1	2	3	4	5	6	7	8
4 семестр							
1	История создания и основные принципы работы РЭМ и ПЭМ.	2	1	1	У-1,2,6 МУ-1,2,3	ЛР-1 КО	ПК-4 ПК-5 ПК-6
2	Взаимодействие пучка ускоренных электронов с веществом	4	1	2	У-1,2,6 МУ-1,2,3	ЛР-1 К1	ПК-4 ПК-5 ПК-6
3	Виды взаимодействия, получаемая информация	4	2	3	У-1,2,3,4 МУ-1,2,3	ЛР-2 КОЗ	ПК-4 ПК-5 ПК-6
4	Общие элементы электронно-оптических приборов	8	2	4	У-1,3,4,5 МУ-1,2,3	ЛР-2 К2 КОЗ	ПК-4 ПК-5 ПК-6
5	Виды датчиков и их особенности	6	3	5	У-1,3,4,5 МУ-1,2,3	ЛР-3 Т	ПК-4 ПК-5 ПК-6
5 семестр							
6	Типы приставок электронных микроскопов.	4	4		У-1,3,4,5 МУ-1,2,3	ЛР-4 КО	ПК-4 ПК-5 ПК-6
7	Основы растровой электронной микроскопии	4	5		У-1,4,5,7 МУ-1,3	ЛР-5 КОЗ	ПК-4 ПК-5 ПК-6
8	Основы просвечивающей электронной микроскопии	4	6,7		У-1,5,7,8 МУ-1,3	ЛР-6,7 КО	ПК-4 ПК-5 ПК-6
9	Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ	6	8,9		У-1,7,8,9 МУ-1,3	ЛР-8,9	ПК-4 ПК-5 ПК-6

ЛР - защита лабораторной работы, КО - контрольный опрос, КОЗ - компетентностно - ориентированные задачи, Т - тестирование.

4.2 Лабораторные работы и (или) практические занятия
4.2.1 Лабораторные работы

Таблица 4.2.1 – Лабораторные работы

№ зан.	Наименование лабораторной работы	Объем, час.
4 семестр		
1	2	3
1	Практические приемы работы на растровом электронном микроскопе	4
2	Конструкция электронной пушки. Настройка электронной пушки на РЭМ JEOL 6610-lv	4
3	Замена катода с последующей настройкой электронной колонны РЭМ JEOL JSM-6610LV	4
Итого за 4 семестр		12
5 семестр		
4	Настройка и фокусировка РЭМ. Получение изображения в режиме регистрации вторичных электронов	6
5	Влияние электронного зонда на образец. Учёт и использование контаминации	6
6	Определение латерального разрешения и разрешения по глубине при воздействии электронного зонда на образец	6
7	Исследование диэлектрического материала методами сканирующей электронной микроскопии	6
8	Определение элементного состава образца методом рентгеновского микроанализа	6
9	Исследование элементного состава кристалла полупроводникового светодиода	6
Итого за 5 семестр		36
Итого		48

4.2.2 Практические занятия

Таблица 4.2.2 – Практические занятия

№ зан.	Наименование и краткое содержание занятия	Объем, час.
1	2	3
4 семестр		
1.	Характеристики измерительных систем. Разрешающая способность оптического микроскопа и способы её увеличения	2
2.	Коллоквиум №1. «Взаимодействие пучка ускоренных электронов с веществом»	2
3.	Детектор Эверхарта-Торнли. Режим низкого вакуума в модифицированном детекторе вторичных электронов. Полупроводниковый детектор обратно-рассеянных электронов	2

4.	Волновые и квантовые свойства электронов. Решение производственных (компетентностно - ориентированных) задач	4, из них практическая подготовка – 4
5.	Коллоквиум № 2 «Общие элементы электронно-оптических приборов»	2
Итого		12

4.3 Самостоятельная работа студентов (СРС)

Таблица 4.3 – Самостоятельная работа студентов

№ раздела (темы)	Наименование раздела (темы) дисциплины	Срок выполнения	Время, затрачиваемое на выполнение СРС, час.
1	2	3	4
4 семестр			
1	История создания и основные принципы работы РЭМ и ПЭМ.	1-4 неделя	10
2	Взаимодействие пучка ускоренных электронов с веществом	5-8 неделя	12
3	Виды взаимодействия, получаемая информация	9-12 неделя	12
4	Общие элементы электронно-оптических приборов	13-15 неделя	12
5	Виды датчиков и их особенности	16-19 неделя	13,9
Итого за 4 семестр			59,9
5 семестр			
6	Типы приставок электронных микроскопов.	1-4 неделя	6
7	Основы растровой электронной микроскопии	5-9 неделя	8
8	Основы просвечивающей электронной микроскопии	10-15 неделя	6
9	Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ	16-20 неделя	5,85
Итого за 5 семестр			25,85
Итого:			85,75

5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Студенты могут при самостоятельном изучении отдельных тем и вопросов дисциплин пользоваться учебно-наглядными пособиями, учебным оборудованием и методическими разработками кафедры в рабочее время, установленное Правилами внутреннего распорядка работников.

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по данной дисциплине организуется:

библиотекой университета:

- библиотечный фонд укомплектован учебной, методической, научной, периодической, справочной и художественной литературой в соответствии с УП и данной РПД;
- имеется доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхода в Интернет.

кафедрой:

- путем обеспечения доступности всего необходимого учебно-методического и справочного материала;
- путем предоставления сведений о наличии учебно-методической литературы, современных программных средств.
- путем разработки:

– методических рекомендаций, пособий по организации самостоятельной работы студентов;

– заданий для самостоятельной работы;

– тем рефератов и докладов;

– вопросов к экзаменам и зачетам;

–методических указаний к выполнению лабораторных и практических работ и т.д.

типографией университета:

– помощь авторам в подготовке и издании научной, учебной и методической литературы;

–удовлетворение потребности в тиражировании научной, учебной и методической литературы.

6 Образовательные технологии. Практическая подготовка обучающихся. Технологии использования воспитательного потенциала дисциплины

Реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в образовательном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающихся.

Таблица 6.1 – Интерактивные образовательные технологии, используемые при проведении аудиторных занятий

№	Наименование раздела (лекции, практического или лабораторного занятия)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Объем, час.
1	Лабораторная работа "Замена катода с последующей настройкой электронной колонны РЭМ JEOL JSM-6610LV"	Встреча с сотрудниками Регионального наноцентра. Мастер-класс на РЭМ	4
2	Лабораторная работа "Определение элементного состава образца методом рентгеновского микроанализа "	Встреча с сотрудниками Регионального наноцентра. Мастер-класс на ЭДС	6
3	Практическое занятие "Основы растровой и просвечивающей электронной микроскопии"	Видеоконференция (семинар-телемост) с сотрудниками Центра коллективного пользования «Технологии и Материалы НИУ «БелГУ» Директор ЦКП «Технологии и Материалы НИУ «БелГУ»: Тагиров Д. В. (ЦКП НИУ «БелГУ» входит в состав нацио-	2

		нальной нанотехнологической сети РФ)	
Итого:			12

Практическая подготовка обучающихся при реализации дисциплины осуществляется путем проведения лабораторных занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по направленности 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника программы магистратуры.

Практическая подготовка обучающихся при реализации дисциплины организуется в модельных условиях оборудованных частично в подразделениях университета: лабораториях регионального центра нанотехнологий ЮЗГУ и кафедры нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики, а также при решении производственных (компетентностно - ориентированных) задач на практических занятиях.

Практическая подготовка обучающихся проводится в соответствии с положением П 02.181.

Содержание дисциплины обладает значительным воспитательным потенциалом, поскольку в нем аккумулирован исторический и современный научный опыт человечества. Реализация воспитательного потенциала дисциплины осуществляется в рамках единого образовательного и воспитательного процесса и способствует непрерывному развитию личности каждого обучающегося. Дисциплина вносит значимый вклад в формирование общей и профессиональной культуры обучающихся. Содержание дисциплины способствует профессионально-трудовому воспитанию обучающихся.

Реализация воспитательного потенциала дисциплины подразумевает:

- целенаправленный отбор преподавателем и включение в лекционный материал, материал для практических и лабораторных занятий содержания, демонстрирующего обучающимся образцы настоящего научного подвижничества создателей и представителей данной отрасли науки (производства), высокого профессионализма ученых (представителей производства), их ответственности за результаты и последствия деятельности для человека и общества; примеры подлинной нравственности людей, причастных к развитию науки и производства, а также примеры творческого мышления;
- применение технологий, форм и методов преподавания дисциплины, имеющих высокий воспитательный эффект за счет создания условий для взаимодействия обучающихся с преподавателем, другими обучающимися, представителями работодателей (командная работа, проектное обучение, разбор конкретных ситуаций, решение кейсов);
- личный пример преподавателя, демонстрацию им в образовательной деятельности и общении с обучающимися за рамками образовательного процесса высокой общей и профессиональной культуры.

Реализация воспитательного потенциала дисциплины на учебных занятиях направлена на поддержание в университете единой развивающей образовательной и воспитательной среды. Реализация воспитательного потенциала дисциплины в ходе самостоятельной работы обучающихся способствует развитию в них целеустремленности, инициативности, креативности, ответственности за результаты своей работы – качеств, необходимых для успешной социализации и профессионального становления.

7 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы

Таблица 7.1 – Этапы формирования компетенций

Код и содержание компетенции	Этапы* формирования компетенций и дисциплины (модули) и практики, при изучении/ прохождении которых формируется данная компетенция		
	начальный	основной	завершающий
1	2	3	4
ПК-4 Способен обрабатывать результаты измерений и испытаний образцов	Аналитическая химия и физико-химические методы анализа	Аппаратное и программное обеспечение микро- и наносистемной техники Поверхностные явления и дисперсные системы Электронная микроскопия Основы научных исследований Основы инженерного творчества	Производственная эксплуатационная практика
ПК-5 Способен измерять характеристики изделий из композиционных материалов	Рентгеноструктурный анализ наноматериалов Электронная микроскопия		Квантовая и оптическая электроника Материаловедение (основы, композиционные и наноструктурированные материалы) Мультиферроики венная эксплуатационная практика
ПК-6 Способен внедрять новое оборудование для измерения параметров наноматериалов и наноструктур	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	Рентгеноструктурный анализ наноматериалов Электронная микроскопия Аппаратное и программное обеспечение микро- и наносистемной техники	Производственная преддипломная практика

7.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Таблица 7.2 – Показатели и критерии оценивания компетенций, шкала оценивания

Код компетенции/ этап *(указывается название этапа из п.7.1)*	Показатели оценивания компетенций *(индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)*	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно)	Продвинутый уровень (хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
ПК-4/ завершающий	ПК-4.2 Проводит статистический анализ результатов измерений выборки опытной партии образцов	Знать: - возможности электронной микроскопии по анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей. Уметь: - правильно выбирать методы работы электронных микроскопов для анализа материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;	Знать: - возможности и ограничения электронной микроскопии по анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - правила выбора методов электронно-микроскопического оборудования; - правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей. Уметь: - правильно выбирать методы и режимы работы электронных микроскопов для анализа материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - организовывать	Знать: - возможности и ограничения электронной микроскопии по анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - правила выбора методов и режимов электронно-микроскопического оборудования для определения свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей. Уметь: - правильно выбирать методы и режимы работы электронных микроскопов для анализа материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - организовывать

Код компетенции/ этап *(указывается название этапа из п.7.1)*	Показатели оценивания компетенций *(индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)*	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно)	Продвинутый уровень (хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
			измерительный эксперимент.	измерительный эксперимент; - обрабатывать и представлять результаты исследований.
		Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками выбора электронно-микроскопических методов и режимов по анализу свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;	Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками выбора электронно-микроскопических методов и режимов по анализу свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - навыками интерпретации данных электронно-микроскопических исследований.	Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками выбора электронно-микроскопических методов и режимов по анализу свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - навыками интерпретации данных электронно-микроскопических исследований; - навыками самостоятельного использования электроно-микроскопического оборудования в профессиональной деятельности.
	ПК-4.3 Составляет заключение по данным статистического анализа результатов измерений для выборки опытной партии образцов	Знать: - назначение прикладного программного обеспечения для электронно-микроскопических методов исследования;	Знать: - возможности использования прикладного программного обеспечения для электронно-микроскопических	Знать: - возможности использования и настройки прикладного программного обеспечения для электронно-микроскопических

Код компетенции/ этап *(указывается название этапа из п.7.1)*	Показатели оценивания компетенций *(индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)*	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно)	Продвинутый уровень (хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		Уметь: - использовать информационные технологии для обработки результатов электронно-микроскопических исследований; - сохранять результаты исследований с соблюдением требований информационной безопасности. Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками работы на прикладном программном обеспече-	методов исследования; - требования к информационной безопасности при работе на электронных микроскопах; Уметь: - настраивать работу электронно-микроскопических приборов с помощью прикладного программного обеспечения; - использовать информационные технологии для обработки результатов электронно-микроскопических исследований; - сохранять результаты исследований с соблюдением требований информационной безопасности. Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками работы на прикладном	методов исследования; - требования к информационной безопасности при работе на электронных микроскопах. Уметь: - настраивать режимы работы электронно-микроскопических приборов с помощью прикладного программного обеспечения в зависимости от задач исследования; - использовать информационные технологии для обработки результатов электронно-микроскопических исследований; - сохранять результаты исследований с соблюдением требований информационной безопасности Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками настройки электронно-

Код компетенции/ этап *(указывается название этапа из п.7.1)*	Показатели оценивания компетенций *(индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)*	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно)	Продвинутый уровень (хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		нии для решения задач профессиональной сферы;	программном обеспечении для решения задач профессиональной сферы; - методами информационных технологий для обработки результатов электронно-микроскопических исследований.	микроскопического оборудования и работы на прикладном программном обеспечении для решения задач профессиональной сферы; - методами информационных технологий для обработки результатов электронно-микроскопических исследований.
ПК-5/ завершающий	ПК-5.1 Определяет параметры и интервалы измерения характеристик материалов, содержащих нанокомпоненты	Знать: - возможности электронной микроскопии по анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей.	Знать: - возможности и ограничения электронной микроскопии по анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - правила выбора методов электронно-микроскопического оборудования; - правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей.	Знать: - возможности и ограничения электронной микроскопии по анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - правила выбора методов и режимов электронно-микроскопического оборудования для определения свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей.

Код компетенции/ этап *(указывается название этапа из п.7.1)*	Показатели оценивания компетенций *(индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)*	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно)	Продвинутый уровень (хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		Уметь: - правильно выбирать методы работы электронных микроскопов для анализа материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками выбора электронно-микроскопических методов и режимов по анализу свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;	Уметь: - правильно выбирать методы и режимы работы электронных микроскопов для анализа материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - организовывать измерительный эксперимент. Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками выбора электронно-микроскопических методов и режимов по анализу свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - навыками интерпретации данных электронно-микроскопических исследований.	Уметь: - правильно выбирать методы и режимы работы электронных микроскопов для анализа материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - организовывать измерительный эксперимент; - обрабатывать и представлять результаты исследований. Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками выбора электронно-микроскопических методов и режимов по анализу свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - навыками интерпретации данных электронно-микроскопических исследований; - навыками самостоятельного использования электроно-микроскопического

Код компетенции/ этап *(указывается название этапа из п.7.1)*	Показатели оценивания компетенций *(индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)*	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно)	Продвинутый уровень (хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
				оборудования в профессиональной деятельности.
	ПК-5.2 Настраивает исследовательское оборудование и инструменты в соответствии с характеристиками композиционных материалов	Знать: - правила текущей настройки электронно-микроскопического оборудования; Уметь: - проверять работоспособность электронно-оптического оборудования. Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыком проверки работоспособности электронно-оптического оборудования.	Знать: - правила текущей настройки электронно-микроскопического оборудования при решении задач области нанотехнологии и микросистемной техники; Уметь: - осуществлять настройку электронно-микроскопического оборудования, при смене объектов исследования; - проверять работоспособность электронно-оптического оборудования. Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыком настройки электронно-микроскопического оборудования, при смене объектов ис-	Знать: - правила наладки и настройки электронно-микроскопического оборудования при решении задач области нанотехнологии и микросистемной техники. Уметь: - осуществлять настройку электронно-микроскопического оборудования, при замене вышедших из строя элементов или смене объектов исследования; - проверять работоспособность электронно-оптического оборудования на различных режимах. Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыком настройки электронно-микроскопического оборудования, при замене вышедших из строя элементов

Код компетенции/ этап *(указывается название этапа из п.7.1)*	Показатели оценивания компетенций *(индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)*	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно)	Продвинутый уровень (хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
			следования; - навыком проверки работоспособности электронно-оптического оборудования.	или смене объектов исследования; - навыком проверки работоспособности электронно-оптического оборудования на различных режимах.
	ПК-5.3 Оформляет протоколы результатов измерения характеристик композиционных материалов	Знать: - назначение прикладного программного обеспечения для электронно-микроскопических методов исследования; Уметь: - использовать информационные технологии для обработки результатов электронно-микроскопических исследований; - сохранять результаты исследований с соблюдением требований информационной безопасности.	Знать: - возможности использования прикладного программного обеспечения для электронно-микроскопических методов исследования; - требования к информационной безопасности при работе на электронных микроскопах; Уметь: - настраивать работу электронно-микроскопических приборов с помощью прикладного программного обеспечения; - использовать информационные технологии для обработки результатов электронно-	Знать: - возможности использования и настройки прикладного программного обеспечения для электронно-микроскопических методов исследования; - требования к информационной безопасности при работе на электронных микроскопах. Уметь: - настраивать режимы работы электронно-микроскопических приборов с помощью прикладного программного обеспечения в зависимости от задач исследования; - использовать информационные технологии для об-

Код компетенции/ этап *(указывается название этапа из п.7.1)*	Показатели оценивания компетенций *(индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)*	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно)	Продвинутый уровень (хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками работы на прикладном программном обеспечении для решения задач профессиональной сферы;	микроскопических исследований; - сохранять результаты исследований с соблюдением требований информационной безопасности. Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками работы на прикладном программном обеспечении для решения задач профессиональной сферы; - методами информационных технологий для обработки результатов электронно-микроскопических исследований.	работки результатов электронно-микроскопических исследований; - сохранять результаты исследований с соблюдением требований информационной безопасности Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками настройки электронно-микроскопического оборудования и работы на прикладном программном обеспечении для решения задач профессиональной сферы; - методами информационных технологий для обработки результатов электронно-микроскопических исследований.
ПК-6/ завершающий	ПК-6.1 Проводит анализ современного состояния оборудования для измерений параметров наноматериалов	Знать: - правила эксплуатации электронно-оптического оборудования для производства материалов и компонентов нано- и микросистемной	Знать: - правила эксплуатации и текущего обслуживания электронно-оптического оборудования для производства ма-	Знать: - правила эксплуатации и всех видов обслуживания электронно-оптического оборудования для производства ма-

Код компетенции/ этап *(указывается название этапа из п.7.1)*	Показатели оценивания компетенций *(индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)*	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно)	Продвинутый уровень (хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
		техники. Уметь: - осуществлять правильную эксплуатацию и текущее обслуживание электронно-оптического оборудования для производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.	териалов и компонентов нано- и микросистемной техники. Уметь: - осуществлять правильную эксплуатацию и текущее обслуживание электронно-оптического оборудования для производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - пользоваться прикладным программным обеспечением для настройки работы оборудования после замены вышедших из строя элементов электронно-оптических приборов.	териалов и компонентов нано- и микросистемной техники. Уметь: - осуществлять правильную эксплуатацию и обслуживание электронно-оптического оборудования для производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - производить замену вышедших из строя элементов электронно-оптических приборов; - пользоваться прикладным программным обеспечением для настройки работы оборудования после замены вышедших из строя элементов электронно-оптических приборов. Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками пра-

Код компетенции/ этап *(указывается название этапа из п.7.1)*	Показатели оценивания компетенций *(индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)*	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно)	Продвинутый уровень (хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
				вильной эксплуатацию и обслуживания электронно-оптического оборудования для производства материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - навыками замены вышедших из строя элементов электронно-оптических приборов; - навыками настройки работы оборудования после замены вышедших из строя элементов электронно-оптических приборов.
	ПК-6.3 Проводит измерения параметров наноматериалов	Знать: - возможности электронной микроскопии по анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей.	Знать: - возможности и ограничения электронной микроскопии по анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - правила выбора методов электронно-микроскопического оборудования; - правила обработки результатов из-	Знать: - возможности и ограничения электронной микроскопии по анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - правила выбора методов и режимов электронно-микроскопического оборудования для определения свойств материа-

Код компетенции/ этап *(указывается название этапа из п.7.1)*	Показатели оценивания компетенций *(индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)*	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно)	Продвинутый уровень (хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
			мерений и оценивания погрешностей.	лов и компонентов нано- и микросистемной техники; - правила обработки результатов измерений и оценивания погрешностей.
		Уметь: - правильно выбирать методы работы электронных микроскопов для анализа материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;	Уметь: - правильно выбирать методы и режимы работы электронных микроскопов для анализа материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - организовывать измерительный эксперимент.	Уметь: - правильно выбирать методы и режимы работы электронных микроскопов для анализа материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - организовывать измерительный эксперимент; - обрабатывать и представлять результаты исследований.
		Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками выбора электронно-микроскопических методов и режимов по анализу свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники;	Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками выбора электронно-микроскопических методов и режимов по анализу свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - навыками интер-	Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками выбора электронно-микроскопических методов и режимов по анализу свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; - навыками интер-

Код компетенции/ этап *(указывается название этапа из п.7.1)*	Показатели оценивания компетенций *(индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)*	Критерии и шкала оценивания компетенций		
		Пороговый уровень («удовлетворительно)	Продвинутый уровень (хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5
			претации данных электронно-микроскопических исследований.	претации данных электронно-микроскопических исследований; - навыками самостоятельного использования электроно-микроскопического оборудования в профессиональной деятельности.

7.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы

Таблица 7.3 - Паспорт комплекта оценочных средств для текущего контроля успеваемости

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Технология формирования	Оценочные средства		Описание шкал оценивания
				наименование	№№ заданий	
1	2	3	4	5	6	7
Семестр 4						
1.	История создания и основные принципы работы РЭМ и ПЭМ	ПК-4.2 ПК-4.3 ПК-5.1 ПК-5.3 ПК-6.3	Лекция, практическое занятие, СРС, лабораторные работы	ЛБ-1 Контрольные вопросы	1-3, МУ-1	согласно табл 7.2
				КО	1-14, МУ-3	
2.	Взаимодействие пучка ускоренных электронов с веществом	ПК-4.3 ПК-5.2 ПК-5.3 ПК-6.1	Лекция, практическое занятие, СРС, лабораторная работа	ЛБ-1 Контрольные вопросы	4-7, МУ-1	согласно табл 7.2
				Коллокви-	1-22, №4,	

				ум 1	МУ-2	
3.	Виды взаимодействия, получаемая информация	ПК-5.2 ПК-6.1	Лекция, практическое занятие, СРС, лабораторная работа	ЛБ-2 Контрольные вопросы	1-4, МУ-1	согласно табл 7.2
				Выполнение произв. (КОЗ) задач.	1-7, №4, МУ-2	
4.	Общие элементы электронно-оптических приборов	ПК-5.2 ПК-6.1	Лекция, практическое занятие, СРС, лабораторные работы	ЛБ-2 Контрольные вопросы	5-8, МУ-1	согласно табл 7.2
				Коллоквиум 2	1-28, №7, МУ-2	
				Выполнение произв. (КОЗ) задач.	8-15, №4, МУ-2	
5.	Виды датчиков и их особенности	ПК-4.2 ПК-5.1 ПК-6.3	Лекция, практическое занятие, СРС, лабораторные работы	ЛБ-2 Контрольные вопросы	1-10, МУ-1	согласно табл 7.2
				Тест 1	1-25	
Семестр 5						
6.	Типы приставок электронных микроскопов.	ПК-4.2 ПК-5.1 ПК-6.3	Лекция, СРС, лабораторные работы	ЛБ-4 Контрольные вопросы	1-6, МУ-1	согласно табл 7.2
				КО	15-29, МУ-3	
7.	Основы растровой электронной микроскопии	ПК-4.2 ПК-5.1 ПК-6.1 ПК-6.3	Лекция, СРС, лабораторные работы	ЛБ-5 Контрольные вопросы	1-9, МУ-1	согласно табл 7.2
				КОЗ Задания к ЛР-5	3-4	
8.	Основы просвечивающей электронной микроскопии	ПК-4.2 ПК-5.1 ПК-5.2 ПК-6.3	Лекция, СРС, лабораторные работы	КО	30-49, МУ-3	согласно табл 7.2
				ЛБ-6,7 Контрольные вопросы	1-7, МУ-1 1-6, МУ-1	

9.	Электронно-зондовый рентгеновский микроанализ	ПК-4.2 ПК-4.3 ПК-5.1 ПК-5.3 ПК-6.3	Лекция, СРС, лабораторные работы	ЛБ-8,9 Контрольные вопросы	1-11, МУ-1 1-11, МУ-1	согласно табл 7.2

Примеры типовых контрольных заданий для проведения текущего контроля успеваемости

1. Вопросы для контрольного опроса по разделу (теме) № 2 История создания и основные принципы работы РЭМ и ПЭМ

1. Разрешающая способность микроскопа и способы её улучшения.
2. История создания и основные принципы работы и РЭМ и ПЭМ. Отличие РЭМ от ПЭМ (разрешающая способность, глубина резкости)
3. Латеральное разрешение и разрешение по глубине.
4. Виды генерации процессов на массивном образце. Использование информативных сигналов в РЭМ.
5. Виды генерации процессов в тонком образце. Использование информативных сигналов в ПЭМ.
6. Информативность сигналов в электронной микроскопии.
7. Виды используемых приставок для электронных микроскопов.

2. Контрольные вопросы по лабораторной работе №_2_ «Конструкция электронной пушки. Настройка электронной пушки на РЭМ JEOL 6610-lv»

1. Что такое "спейсер"?
2. Как настраивать апертуру в режиме Wobble?
3. Как осуществить настойку наклона и смещения электронного пучка?
4. Каким должен быть ток в кроссовере? Как его менять?
5. Почему нельзя давать полный ток накала на новый катод?
6. Как регулировать смещение вершины катода относительно Венельта?
7. Перечислите последовательность настройки и юстировки электронной колонны после замены катода?
8. Каким образом чистится электрод Венельта?
9. Почему после выключения катода нельзя сразу запускать атмосферный воздух в рабочую камеру?

3. Вопросы и задания в тестовой форме по разделу (теме) №_5_ «Виды датчиков и их особенности»*:*

1. Размерность сечения рассеяния - это
   А. Метр Б. Квадратный метр
   В. Грамм на метр Г. Вольт на метр
2. Вторичным электронам обычно приписывается диапазон энергий
   А. 0 - 1 эВ Б. 0 - 50 эВ
   В. 0,1 - 0,5 энергии электронов пука Г. 0,9 - 1,0 энергии электронов пучка
3. Согласно формуле Бете, скорость потери энергии электроном в твердом теле зависит от атомного номера вещества-мишени
   А. Линейно Б. Квадратично

В. Обратно пропорционально Г. Логарифмически

4. Почему возможность достижения коэффициента вторичной эмиссии, большего единицы, имеет большую практическую значимость?

А. При этом велико отношение сигнал-шум

Б. Изображения при этом имеют очень хорошую яркость

В. Изображения при этом имеют очень хорошую контрастность

Г. Возможно компенсировать эффект зарядки образцов

5. Сумма вероятностей оже-процесса и испускания характеристического рентгеновского кванта как функция атомного номера мишени есть

А. Линейная функция Б. Периодическая (синусоидальная) функция

В. Константа Г. Логарифмическая функция

4. Производственные задачи для контроля результатов практической подготовки обучающихся на практических занятиях № 4.

1. При наблюдении наноразмерных металлических структур на растровом электронном микроскопе JSM 6610 lv, полученных на подложке посредством магнетронного напыления из-за получившейся зеркальной поверхности оказалось практически невозможно качественно сделать ряд настроек (астигматизма по X и Y, настройку аппертуры относительно оси электронной колонны в режиме Wobble, размер точки Spot Seis и др.). Предложите способы произвести качественную настройку электронной пушки.
2. На РЭМ JSM 6610 lv необходимо произвести анализ размеров и состава порошка изготовленного на ООО "Ультрамол". При первом исследовании на РЭМ в высоковакуумном режиме оказалось, что образцы порошка сильно заряжаются, а так же "летят". Предложите приёмы и методы исследования данного материала для получения размеров и состава порошка.
3. При исследовании состава электродных паст свинцово-кислотных аккумуляторов, выпускаемых на ООО "Исток+" на энерго-дисперсионном спектрометре оказалось, что характеристические рентгеновские кванты от химических элементов, имеющих порядковый номер Z от 15 до 20 не регистрируются. Предложите гипотезу почему? Как изменить режимы работы установки, для того, что бы их зарегистрировать.
4. При получении изображения на электронном микроскопе JSM 6610 lv дендритных структур, полученных при пропускании электрического тока между медными электродами через раствор УНТ в плавиковой кислоте, оказалось, что изображение на большом увеличении порядка 50 000 крат недостаточно для получения более точных размеров, из-за расплывания изображения по каким-то причинам. Предложите последовательность действий, которые на ваш взгляд позволят улучшить качество изображения и кратность увеличения.
5. При производстве микросистемной техники на контактные ножки некоторых ответственных электронных элементов напыляется слой золота определённой толщины и чистоты. На заводе выпускающем электронику для "чёрных ящиков" стало много выбраковываться деталей с такими элементами из-за нарушения контакта. Предложите способ контроля за соблюдением технологии пайки таких деталей и выяснения причин брака с помощью аналитической электронной микроскопии.

Типовые задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета и экзамена.

Зачет и экзамен проводятся в форме тестирования (бланкового и/или компьютерного).

Для тестирования используются контрольно-измерительные материалы (КИМ) – вопросы и задания в тестовой форме, составляющие банк тестовых заданий (БТЗ) по дисциплине, утвержденный в установленном в университете порядке.

Проверяемыми на промежуточной аттестации элементами содержания являются темы дисциплины, указанные в разделе 4 настоящей программы. Все темы дисциплины отражены в КИМ в равных долях (%). БТЗ включает в себя не менее 100 заданий и постоянно пополняется. БТЗ хранится на бумажном носителе в составе УММ и электронном виде в ЭИОС университета.

Для проверки *знаний* используются вопросы и задания в различных формах:

- закрытой (с выбором одного или нескольких правильных ответов),
- открытой (необходимо вписать правильный ответ),
- на установление правильной последовательности,
- на установление соответствия.

Результаты практической подготовки умения, навыки и компетенции проверяются с помощью компетентностно-ориентированных задач (ситуационных, производственных или кейсового характера) и различного вида конструкторов. Все задачи являются многоходовыми. Некоторые задачи, проверяющие уровень сформированности компетенций, являются многовариантными. Часть умений, навыков и компетенций прямо не отражена в формулировках задач, но они могут быть проявлены обучающимися при их решении.

В каждый вариант КИМ включаются задания по каждому проверяемому элементу содержания во всех перечисленных выше формах и разного уровня сложности. Такой формат КИМ позволяет объективно определить качество освоения обучающимися основных элементов содержания дисциплины и уровень сформированности компетенций.

Примеры типовых заданий для проведения промежуточной аттестации обучающихся

5. Контрольно-измерительные материалы для банковского тестирования (зачёт).

1. В каком году был создан просвечивающий электронный микроскоп: 1) 1932; 2) 1960; 3) 2000; 4) 1912; 5) 1980.

2. В чём физические причины большей разрешающей способности электронного микроскопа перед оптическим: 1) Предел разрешения определяется длинной волны Де Бройля электронов, которую можно менять изменяя скорость движения электронов пучка; 2) В том, что электрон намного меньше, чем фотон светового пучка; 3) Электрон движется со скоростью намного меньшей, чем скорость света и поэтому у него больше времени провзаимодействовать с объектом; 4) В том, что электрон лучше огибает мелкие препятствия в виде атомов; 5) В том, что электрон заряженная частица, и, следовательно лучше взаимодействует с веществом.

3. Какой уровень вакуума необходим для начала работы на просвечивающем микроскопе: 1) 3 × 10E-5 Па; 2) 5 × 10E-7 Па; 3) 2 × 10E-6 Па; 4) 7 × 10E-8 Па; 5)2 × 10E-4 Па.

4. Что такое "кроссовер": 1) это сужение электронного пучка, возникающее от фокусирующего действия отрицательного потенциала электрода Венельта; 2) это место на поверхности термоэмиссионного катода, с которого вылетают электроны; 3) это точка фокусировки электронного пучка объектной линзой на поверхности образца; 4) это точка фокуса конденсорной линзы, после которой электронный пучок можно считать гомоцентрическим; 5) это сужение электронного пучка, возникающее от фокусирующего действия эммерсионной объектной линзы.

5. Рабочая температура для термоэмиссионных катодов из гексаборида лантана LaB6 примерно равна: 1) 1800 К; 2) 2500 К; 3) 2800 К; 4) 500 К; 5) 300 К.

6. Что называют сплошным рентгеновским излучением: 1) Электромагнитное излучение рентгеновского диапазона (от 10E-8 до 10E-12 м), которое возникает при ускоренном движении (торможении) электронов первичного электронного пучка в электрическом поле (ядер) атомов образца; 2) Электромагнитное излучение рентгеновского диапазона (от 10E-8 до 10E-12 м), которое возникает при переходах электронов вышележащих электронных оболочек атомов на нижележащие, где электроны были выбиты быстрыми электронами первичного пучка; 3) Электромагнитное излучение рентгеновского диапазона (от 10E-8 до 10E-12 м), которое характеризует выход Оже электронов; 4) Электромагнитное излучение рентгеновского диапазона (от 10E-8 до 10E-12 м), ко-

торое подчиняется закону Крамерса; 5) Электромагнитное излучение рентгеновского диапазона (от 10Е-8 до 10Е-12 м), которое характеризует излучение атомов при возбуждении их электронов.

7. Как исправляется астигматизм электромагнитных линз: 1) Системой специальных катушек - астигматорами; 2) Применением воздействия на электроны пучка энергетических фильтров; 3) Использованием рассеивающих электромагнитных линз, у которых противоположная по знаку аберрация; 4) Примененим большей ускоряющей разности потенциалов; 5) Применением более глубокого вакуума.

8. Выражение Канае-Окаяма, для длины пробега электронов в образце, имеет вид:

A) $\lambda_{Бете} = \int_{E=E_0}^{E=0} \frac{1}{dE/dx} dE$ B) $x = \frac{0,1 * E^{1,5}}{\rho}$[мкм] C) $y = \frac{0,077 * E^{1,5}}{\rho}$[мкм]

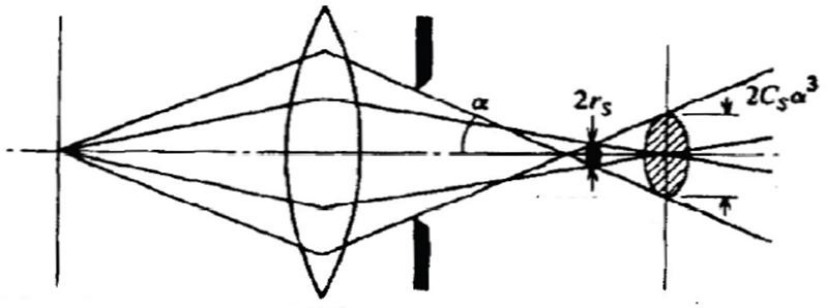
D) $p(z) = p(0)\exp\left(-z/z_{SE}\right)$ E) $R = 0,0276 \frac{AE^{1,67}}{Z^{0,899}\rho}$[мкм]

9. Укажите последовательно принадлежность формулы диаметра размытия электронного пучка для соответствующей аберрации: 1) сферическая аберрация, хроматическая аберрация, дифракционная аберрация, размытие определяемое степенью уменьшения электронной колонны; 2) дифракционная аберрация, размытие определяемое степенью уменьшения электронной колонны, сферическая аберрация, хроматическая аберрация; 3) хроматическая аберрация, дифракционная аберрация, размытие определяемое степенью уменьшения электронной колонны, сферическая аберрация; 4) размытие определяемое степенью уменьшения электронной колонны, сферическая аберрация, хроматическая аберрация, дифракционная аберрация; 5) дифракционная аберрация, сферическая аберрация, хроматическая аберрация, размытие определяемое степенью уменьшения электронной колонны.

A) $d_s = 2C_s\alpha^3$ B) $d_c = C_c\alpha\frac{\Delta E}{E}$ C) $d_d = 1.22\frac{\lambda}{\alpha}$ D) $d_g = d_v / M$

10. Принцип работы классического детектора вторичных электронов заключается в: 1) Регистрации и фотоумножении вспышек, вторичных электронов вызванных вторичными электронами на сцинтилляторе; 2) Регистрации тока электрон-дырочных пар, возникающих при бомбардировке поверхности полупроводника электронами; 3) Регистрации нагрева датчика, вызываемого электронной бомбардировкой поверхности полупроводника электронами ; 4) Непосредственном измерении тока пучка ; 5) Регистрации квантов, излучаемых атомами и молекулами газовой среды примыкающей к поверхности образца, при возбуждении их втричными электронами.

11. Рисунок поясняет: 1) Суть сферической аберрации электромагнитной линзы; 2) Суть хроматической аберрации электромагнитной линзы; 3) Суть дифракционной аберрации электромагнитной линзы; 4) Суть астигматизма электромагнитной линзы; 5) Объясняет суть понятия "глубина фокуса".



12. Выражение для теоретического диаметра электронного пучка с учётом абберраций и сте-

пени уменьшения электронной колонны имеет вид:

A) $d = (d_g^2 + d_s^2 + d_c^2 + d_d^2)$

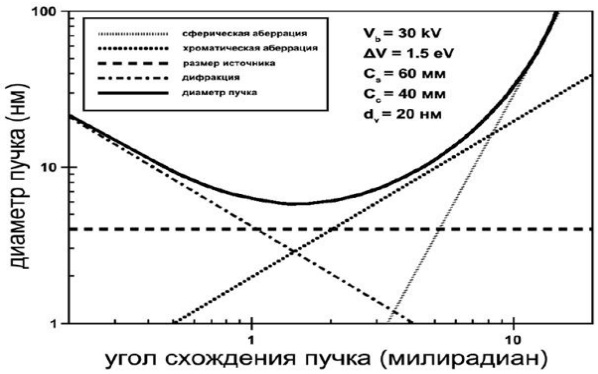
B) $d = (d_g^2 + d_s^2 + d_c^2 + d_d^2)^{1/2}$

C) $d = (d_g^2 + d_s^2 + d_d^2)^{1/2}$

D) $d = (d_s^2 + d_c^2 + d_d^2)^{1/2}$

E) $d_g = d_v / M$

13. На рисунке показана зависимость диаметра электронного зонда от угла его схождения, для ускоряющего напряжения 30 кВ. Разброс энергии - 1.5 эВ, размер кроссовера – 20 нм, уменьшение колонны – 5х. Объясните появление минимума зависимости.: 1) Так как диаметр размытия электронного пучка при дифракционной аберрации обратно пропорционален углу схождения электронного пучка, в отличие от сферической и хроматической аберрации; 2) Так как диаметр размытия электронного пучка при сферической аберрации обратно пропорционален углу схождения электронного пучка, в отличие от дифракционной и хроматической аберрации; 3) Так как диаметр размытия электронного пучка при хроматической аберрации обратно пропорционален углу схождения электронного пучка, в отличие от дифракционной и сферической аберрации; 4) Так как диаметр размытия электронного пучка при хроматической и сферической аберрации обратно пропорционален углу схождения электронного пучка, а при дифракционной прямо пропорционален; 5) Так как диаметр размытия электронного пучка при хроматической и дифракционной аберрации обратно пропорционален углу схождения электронного пучка, а при сферической прямо пропорционален



14. *Задание на выбор последовательности.* Выберите правильную последовательность настройки термоэмиссионного катода после замены сгоревшего на новый:

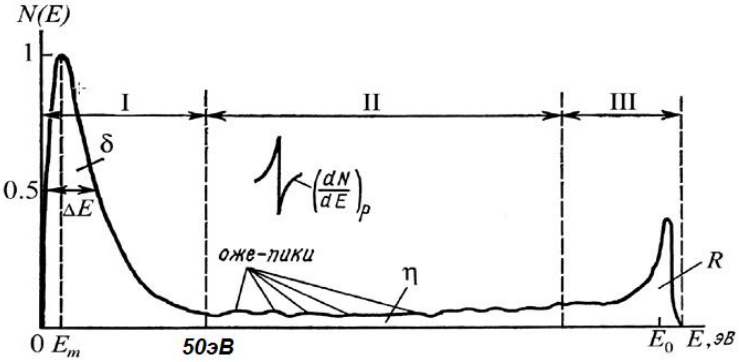
1) а) С помощью трёх винтов настроить положение вершины V - образного волоска катода в центре отверстия электрода Венельта; б) Дать прогреться катоду на половинном токе в течении 5 минут; в) Установить Spot Says порядка 30 единиц; г) Настроить ток нагрева перед насыщением по максимальной яркости изображения; д) Установить электронный ток в кроссовере согласно ускоряющему напряжению по таблице режимов; е) Настроить смешение и угол наклона электронного пучка; ж) Настроить в режиме Wobble положение апертуры при увеличении больше 10 000 крат.

2) а) Настроить в режиме Wobble положение апертуры при увеличении больше 10 000 крат.; б) Дать прогреться катоду на половинном токе в течении 5 минут; в) Установить Spot Says порядка 30 единиц; г) Настроить ток нагрева перед насыщением по максимальной яркости изображения; д) Установить электронный ток в кроссовере согласно ускоряющему напряжению по таблице режимов; е) Настроить смешение и угол наклона электронного пучка; ж) С помощью трёх винтов настроить положение вершины V - образного волоска катода в центре отверстия электрода Венельта;

3) а) С помощью трёх винтов настроить положение вершины V - образного волоска катода

в центре отверстия электрода Венельта; б) Установить электронный ток в кроссовере согласно ускоряющему напряжению по таблице режимов; в) Установить Spot Says порядка 30 единиц; г) Настроить ток нагрева перед насыщением по максимальной яркости изображения; д) Дать прогреться катоду на половинном токе в течении 5 минут; е) Настроить смешение и угол наклона электронного пучка; ж) Настроить в режиме Wobble положение апертуры при увеличении больше 10 000 крат.

4) а) С помощью трёх винтов настроить положение вершины V - образного волоска катода в центре отверстия электрода Венельта; б) Настроить смешение и угол наклона электронного пучка; в) Установить Spot Says порядка 30 единиц; г) Настроить ток нагрева перед насыщением по максимальной яркости изображения; д) Установить электронный ток в кроссовере согласно ускоряющему напряжению по таблице режимов; е) Дать прогреться катоду на половинном токе в течении 5 минут; ж) Настроить в режиме Wobble положение апертуры при увеличении больше 10 000 крат.



15. *Задание на выбор.* На рисунке дан спектр энергий электронов, вылетевших из образца под действием электронов первичного пучка. Чему соответствует область I: 1) Медленным истинно вторичным электронам, которые образуются при выбивании электронами первичного пучка электронов внешних оболочек атомов образца; 2) Оже электронам, образованным при выбивании электронами первичного пучка электронов внутренних оболочек атомов образца; 3) Неупруго рассеянным на атомах вещества электронам первичного пучка; 4) Упруго рассеянным на атомах вещества электронам первичного пучка; 5) Обратноотражённым электронам первичного пучка.

16. ***Кейс-задача.*** При производстве микросистемной техники на контактные ножки некоторых ответственных электронных элементов напыляется слой золота определённой толщины и чистоты. На заводе выпускающем электронику для "чёрных ящиков" стало много выбраковываться деталей с такими элементами из-за нарушения контакта. Предложите способ контроля за соблюдением технологии пайки таких деталей и выяснения причин брака с помощью аналитической электронной микроскопии.

6. Контрольно-измерительные материалы для компьютерного тестирования (экзамен).

Номер вопроса: ***5*** ***Формулировка вопроса:***

От чего зависит интенсивность потока электронов, испускаемых катодом:

Наличие картинки к вопросу:	Нет	***Имя картинки на листе с картинками (при наличии):***	
Код раздела:	1		

Варианты ответа:

Правильный:	от формы, типа, напряжения накала катода и от напряжения смещения
Вариант 2:	от скорости нагрева катода
Вариант 3:	от времени работы катода
Вариант 4:	от величины тока в конденсорной линзе
Вариант 5:	от величины тока в объектной линзе

Номер вопроса: ***6*** ***Формулировка вопроса:***

Что понимают под истинно вторичными электронами?			
Наличие картинки к вопросу:	Нет	***Имя картинки на листе с картинками (при наличии):***	
Код раздела:	1		

Варианты ответа:

Правильный:	электроны атомов поверхности образца, покинувшие внешние орбиты под действием электронов первичного пучка, а так же упруго и неупруго обратноотражёных электронов
Вариант 2:	все электроны покинувшие поверхность образца: неупруго и упруго отражённые, вылетевшие из электронных оболочек атомов вещества
Вариант 3:	только упруго и неупруго отражённые электроны поверхностных атомов образца
Вариант 4:	только те электроны, которые являются "паразитными" и вылетевшими из элементов конструкции рабочей камеры электронного микроскопа
Вариант 5:	те электроны, которые попадают в детектор вторичных электронов при запирающем напряжении сетки Фарадея

Номер вопроса: ***7*** ***Формулировка вопроса:***

Что понимают под характеристической глубиной выхода истинно вторичных электронов?			
Наличие картинки к вопросу:	Нет	***Имя картинки на листе с картинками (при наличии):***	
Код раздела:	1		

Варианты ответа:

Правильный:	глубина от поверхности образца на которой вероятность выхода истинно вторичных электронов уменьшилась в е (2,7) раз
Вариант 2:	глубина от поверхности образца, ниже которой электроны не могут выйти из образца
Вариант 3:	глубина, на которую проникают самые быстрые электроны пучка, и следовательно самая большая глубина выхода вторичных электронов
Вариант 4:	расстояние, на котором ещё возможна ионизация атомов образца под действием быстрых электронов первичного пучка
Вариант 5:	глубина неровностей на поверхности образца, из которых за счёт отражений могут выйти истинно вторичные электроны

Задания на выбор последовательности.

Выберите правильную последовательность настройки термоэмиссионного катода после замены сгоревшего на новый:

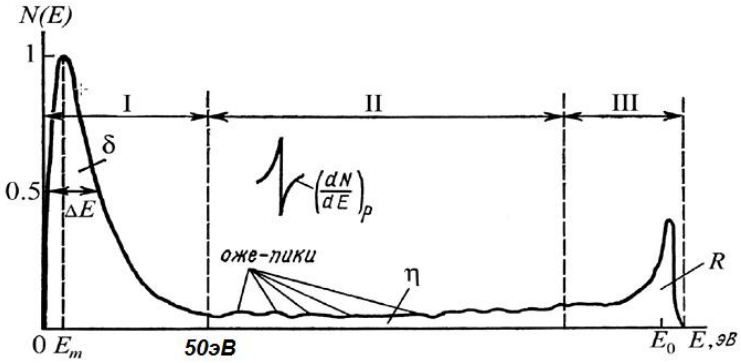
1) а) С помощью трёх винтов настроить положение вершины V - образного волоска катода в центре отверстия электрода Венельта; б) Дать прогреться катоду на половинном токе в течении 5 минут; в) Установить Spot Says порядка 30 единиц; г) Настроить ток нагрева перед насыщением по максимальной яркости изображения; д) Установить электронный ток в кроссовере согласно ускоряющему напряжению по таблице режимов; е) Настроить смешение и угол наклона электронного пучка; ж) Настроить в режиме Wobble положение апертуры при увеличении больше 10 000 крат.

2) а) Настроить в режиме Wobble положение апертуры при увеличении больше 10 000 крат.; б) Дать прогреться катоду на половинном токе в течении 5 минут; в) Установить Spot Says порядка 30 единиц; г) Настроить ток нагрева перед насыщением по максимальной яркости изображения; д) Установить электронный ток в кроссовере согласно ускоряющему напряжению по таблице режимов; е) Настроить смешение и угол наклона электронного пучка; ж) С помощью трёх винтов настроить положение вершины V - образного волоска катода в центре отверстия электрода Венельта;

3) а) С помощью трёх винтов настроить положение вершины V - образного волоска катода в центре отверстия электрода Венельта; б) Установить электронный ток в кроссовере согласно ускоряющему напряжению по таблице режимов; в) Установить Spot Says порядка 30 единиц; г) Настроить ток нагрева перед насыщением по максимальной яркости изображения; д) Дать прогреться катоду на половинном токе в течении 5 минут; е) Настроить смешение и угол наклона электронного пучка; ж) Настроить в режиме Wobble положение апертуры при увеличении больше 10 000 крат.

4) а) С помощью трёх винтов настроить положение вершины V - образного волоска катода в центре отверстия электрода Венельта; б) Настроить смешение и угол наклона электронного пучка; в) Установить Spot Says порядка 30 единиц; г) Настроить ток нагрева перед насыщением по максимальной яркости изображения; д) Установить электронный ток в кроссовере согласно ускоряющему напряжению по таблице режимов; е) Дать прогреться катоду на половинном токе в течении 5 минут; ж) Настроить в режиме Wobble положение апертуры при увеличении больше 10 000 крат.

Задание на выбор.



На рисунке дан спектр энергий электронов, вылетевших из образца под действием электронов первичного пучка. Чему соответствует область I: 1) Медленным истинно вторичным электронам, которые образуются при выбивании электронами первичного пучка электронов внешних оболочек атомов образца; 2) Оже электронам, образованным при выбивании электронами первичного пучка электронов внутренних оболочек атомов образца; 3) Неупруго рассеянным на атомах вещества электронам первичного пучка; 4) Упруго рассеянным на атомах вещества электронам первичного пучка; 5) Обратноотражённым электронам первичного пучка.

Компетентностно-ориентированная задача.

При производстве микросистемной техники на контактные ножки некоторых ответственных электронных элементов напыляется слой золота определённой толщины и чистоты. На заводе выпускающем электронику для "чёрных ящиков" стало много выбраковываться деталей с такими элементами из-за нарушения контакта. Предложите способ контроля за соблюдением технологии пайки таких деталей и выяснения причин брака с помощью аналитической электронной микроскопии.

Полностью оценочные материалы и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся представлены в УММ по дисциплине.

7.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, регулируются следующими нормативными актами университета:

– положение П 02.016–2018 О балльно-рейтинговой системе оценивания результатов обучения по дисциплинам (модулям) и практикам при освоении обучающимися образовательных программ;

– методические указания, используемые в образовательном процессе, указанные в списке литературы.

Для *текущего контроля успеваемости* по дисциплине в рамках действующей в университете балльно-рейтинговой системы применяется следующий порядок начисления баллов:

Таблица 7.4 – Порядок начисления баллов в рамках БРС

Форма контроля	Минимальный балл		Максимальный балл	
	балл	примечание	балл	примечание
1	2	3	4	5
Лабораторная работа № 1 (Практические приемы работы на растровом электронном микроскопе)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил», ответил на 3 контрольных вопроса к лаб. раб.
Лабораторная работа № 2 (Конструкция электронной пушки. Настройка электронной пушки на РЭМ JEOL 6610-lv)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил», ответил на 3 контрольных вопроса к лаб. раб.
Лабораторная работа № 3 (Замена катода с последующей настройкой электронной колонны РЭМ JEOL JSM-6610LV)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил», ответил на 3 контрольных вопроса к лаб. раб.
Лабораторная работа № 4 (Настройка и фокусировка РЭМ. Получение изображения в режиме регистрации вторичных электронов)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил», ответил на 3 контрольных вопроса к лаб. раб.
Лабораторная работа № 5 (Влияние электронного зонда на образец. Учёт и использование контаминации)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил», ответил на 3 контрольных вопроса к лаб. раб.
Лабораторная работа № 6 (Определение латерального разрешения и разрешения по глубине при воздействии электронного зонда на образец)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил», ответил на 3 контрольных вопроса к лаб. раб.

Лабораторная работа № 7 (Исследование диэлектрического материала методами сканирующей электронной микроскопии и рентгеновского микроанализа)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил», ответил на 3 контрольных вопроса к лаб. раб.
Лабораторная работа № 8 (Определение элементного состава образца методом рентгеновского микроанализа)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил»
Лабораторная работа № 9 (Исследование элементного состава кристалла полупроводникового светодиода)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил», ответил на 3 контрольных вопроса к лаб. раб.
Практическое занятие № 1 (Характеристики измерительных систем)	1	Выполнил, доля правильных ответов менее 50%	2	Выполнил, доля правильных ответов более 50%
Практическое занятие № 2 (Движение электронов в электро-магнитном поле)	1	Выполнил, доля правильно выполненных заданий менее 50%	2	Выполнил, доля правильно выполненных заданий более 50%
Практическое занятие № 3 (Разрешающая способность оптического микроскопа и способы её улучшения)	1	Выполнил, доля правильных ответов менее 50%	2	Выполнил, доля правильных ответов более 50%
Практическое занятие № 4 (Коллоквиум №1. «Взаимодействие пучка ускоренных электронов с веществом»)	1	Выполнил, доля правильных ответов менее 50%	2	Выполнил, доля правильных ответов более 50%
Практическое занятие № 5 (Детектор Эверхарта-Торнли. Режим низкого вакуума в модифицированном детекторе вторичных электронов. Полупроводниковый детектор обратно-рассеянных электронов)	1	Выполнил, доля правильных ответов менее 50%	2	Выполнил, доля правильных ответов более 50%
Практическое занятие № 6 (Волновые и квантовые свойства электронов)	1	Выполнил, доля правильно выполненных заданий менее 50%	2	Выполнил, доля правильно выполненных заданий более 50%
Практическое занятие № 7 (Коллоквиум № 2 «Общие элементы электронно-оптических приборов»)	1	Выполнил, доля правильных ответов менее 50%	2	Выполнил, доля правильных ответов более 50%
Практическое занятие № 8 (Приставки к РЭМ. Метод EBSD. Рентгеноспектральный микроанализ. Волновой спектрометр. Энергедисперсионный спектрометр. Катодолюминесценция.)	1	Выполнил, доля правильных ответов менее 50%	2	Выполнил, доля правильных ответов более 50%

Практическое занятие № 9 (Коллоквиум № 3 "Основы растровой и просвечивающей электронной микроскопии»)	1	Выполнил, доля правильных ответов менее 50%	2	Выполнил, доля правильных ответов более 50%
СРС	6		12	
Итого	24		48	
Посещаемость	0		16	
Экзамен	0		36	
Итого	24		100	

Для промежуточной аттестации обучающихся, проводимой в виде тестирования, используется следующая методика оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности. В каждом варианте КИМ –16 заданий (15 вопросов и одна задача).

Каждый верный ответ оценивается следующим образом:

– задание в закрытой форме –2балла,
– задание в открытой форме – 2 балла,
– задание на установление правильной последовательности – 2 балла,
– задание на установление соответствия – 2 балла,
– решение компетентностно-ориентированной задачи – 6 баллов.

Максимальное количество баллов за тестирование –36 баллов.

8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.1 Основная учебная литература

1. Вознесенский, Э. Ф. Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Э. Ф. Вознесенский, Ф. С. Шарифуллин, И. Ш. Абдуллин. - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 184 с. - Режим доступа : http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428294

2. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ в примерах практического применения [Текст] : учебное пособие / авт., ред. М. М. Криштал [и др.]. - Москва : Техносфера, 2009. - 206 с.

3. Газенаур, Е. Г. Методы исследования материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е. Г. Газенаур, Л. В. Кузьмина, В. И. Крашенинин. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2013. - 336 с. - ISBN 978-5-8353-1578-9 - Режим доступа : http: //biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232447

8.2 Дополнительная учебная литература

4. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий: методы и применение [Электронный ресурс] : монография / под ред.: Уэйли Жу, Жонг Лин Уанга; пер. К. И. Домкин. - Москва : Лаборатория знаний, 2017. - 601 с. - ISBN 978-5-00101-478-2 - Режим доступа : http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=462149

5. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур [Электронный ресурс] : лабораторный практикум по нанотехнологиям : учебное пособие / под ред. А. С. Сигова. - Москва : Лаборатория знаний, 2017. - 187 с. - ISBN 978-5-00101-473-7 - Режим доступа : http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=462142

6. Основы нанотехнологии [Электронный ресурс] : учебник / Н. Т. Кузнецов, В. М. Новоторцев, В. А. Жабрев, В. И. Марголин. - Москва : Лаборатория знаний, 2017. - 400 с. - ISBN 978-5-00101-476-8 - Режим доступа : http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=462147

7. Смирнов, С. В. Методы и оборудование контроля параметров технологических процессов производства наногетероструктур и наногетероструктурных монолитных интегральных схем [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. В. Смирнов. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. - 115 с. - Режим доступа : http: //biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208659

8. Томас, Г. Просвечивающая электронная микроскопия материалов [Текст] / под ред. и пер. с англ. Б. К. Вайнштейна. - Москва : Наука, 1983. - 317 с.

9. Основы аналитической электронной микроскопии [Текст] / Д. Е. Ньюбури, Дж. М. Каули, Д. Б. Вильямс; пер. с англ. - М. : Металлургия, 1990. - 583 с.

8.3 Перечень методических указаний

1. Электронная микроскопия [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / ЮЗГУ ; сост.: А. Е. Кузько, А. В. Кузько. - Курск : ЮЗГУ, 2017. - 100 с.
2. Электронная микроскопия [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению практических работ для студентов направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / ЮЗГУ ; сост.: А.Е. Кузько, А.В. Кузько, И.В. Локтионова, Е.В. Шельдешова. - Курск : ЮЗГУ, 2023. - 64 с.
3. Электронная микроскопия [Электронный ресурс] : методические рекомендации для самостоятельной работы студентов направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / ЮЗГУ ; сост.: А. Е. Кузько, А. В. Кузько. - Курск : ЮЗГУ, 2017. - 17 с.

8.4 Другие учебно-методические материалы

Отраслевые научно-технические журналы в библиотеке университета:
Нанотехнологии: наука и производство.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:
1. http://biblioclub.ru - электронно-библиотечная система;
2. www.informika.ru - федеральный портал «Российское образование»;
3. http://thesaurus.rusnano.com - междисциплинарное обучение в сфере нанотехнологий;
4. http://elibrary.ru/defaultx.asp - научная электронная библиотека «Elibrary»;
5. www.diss.rsl.ru - электронная библиотека диссертаций;
6. http://www1.fips.ru - патентно-информационные продукты ФИПС;
7. https://www.scopus.com/freelookup/form/author.uri - сайт для поиска публикаций в scopus.

Наглядные пособия:
1. Портреты Кноля и Русска.
2. Катодный узел в сборе.
3. Образцы для лабораторных работ (диэлектрический образец, цеолиты, полированные металлы, набор металлов и сплавов, излучающая часть лазерной указки и т.д.).

Плакаты:
1. Advanced X-Ray Solutions (Энергия активации атомов периодической системы и энергия их характеристических переходов).
2. Зависимость толщины напыления от тока и времени для JEOL JFC-1600.
3. Устройство сканирующего электронного микроскопа
4. Устройство энергодисперсионного спектрометра
5. Просвечивающая электронная микроскопия
6. Растровая электронная микроскопия
7. Механизмы потери энергии электронов

8. Вторичная электронная эмиссия
9. Условное деление вакуума различной глубины
10. Функциональная схема РЭМ
11. Изменение глубины фокуса с изменением размера апертуры
12. Детектирующая аппаратура
13. Полупроводниковый детектор обратнорассеянных (отраженных) электронов (Датчик Кимото)
14. Детектор дифракции отражённых электронов
15. Энергодисперсионный анализ характеристического рентгеновского излучения
16. Волновой спектрометр характеристического рентгеновского излучения

Презентации по электронной микроскопии.

Видеодемонстрации:
1. Видеоролик «Характеристическое рентгеновское излучение»;
2. Видеоролик «Оже-электроны»;
3. Видеоролик «Сплошное рентгеновское излучение»;
4. Video Particle analysis on X-Max (почастичный съём спектров);
5. Video Fast Mapping on X-Max 80 mm (картирование на INCA).
6. Видеолекция "Характеристики катодных пушек".
7. Видеолекция "Электромагнитные линзы".

9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. http://www.microscopy.ethz.ch/history.htm - история создания электронного микроскопа;
2. http://www.microscopist.ru/ - профессиональный портал по электронной микроскопии
3. http://www.chem.msu.su/rus/library/welcome.html - Научная библиотека химического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова
4. https://www.rsl.ru/ru/4readers/ - Российская Государственная Библиотека
5. http://www.viniti.ru/products/viniti-database - Федеральная база отечественных и зарубежных публикаций по естественным, точным и техническим наукам, официальный сайт Всероссийского института научной и технической информации РАН
6. http://www.nano-edu.ru/ сайт образовательного сегмента национальной нанотехлологической сети
7. http://thesaurus.rusnano.com - словарь терминов от Роснано
8. http://www.nanometer.ru/ - сайт нанотехнологического сообщества, новости по нанотехнологиям
9. http://www.nanoindustry.su/journal - научно-технический журнал по наноиндустрии

10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными видами аудиторной работы студента при изучении дисциплины «Электронная микроскопия» являются лекции, лабораторные и практические занятия. Студент не имеет права пропускать занятия без уважительных причин.

На лекциях излагаются и разъясняются основные понятия темы, связанные с ней теоретические и практические проблемы, даются рекомендации для самостоятельной работы. В ходе практического занятия студент должен внимательно слушать, задавать вопросы, комментировать другие выступления и конспектировать материал. Практические занятия обеспечивают: контроль подготовленности студента; закрепление учебного материала; приобретение опыта устных пуб-

личных выступлений, ведения дискуссии, в том числе аргументации и защиты выдвигаемых положений и тезисов.

Изучение наиболее важных тем или разделов дисциплины завершают лабораторные занятия, которые обеспечивают: приобретение опыта работы с современным электронно-оптическим оборудованием и проведением его текущего обслуживания и контроля работы, формирование навыков постановки задач исследований, обработки и анализа результатов исследований, аргументации и защиты выдвигаемых положений, навыка работы в коллективе.

Лабораторно-практическим занятиям предшествует самостоятельная работа студента, связанная с освоением материала, полученного для самостоятельной работы, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе и электронных ресурсах, рекомендованных преподавателем.

По согласованию с преподавателем или по его заданию студенты готовить рефераты по отдельным темам дисциплины, выступать на занятиях с докладами. Основу докладов составляет, как правило, содержание подготовленных студентами рефератов.

Качество учебной работы студентов преподаватель оценивает по результатам тестирования, контрольному опросу, устным выступлениям, защитам лабораторных работ, а также решению компетентностно-ориентированных задач.

Преподаватель уже на первых занятиях объясняет студентам, какие формы обучения следует использовать при самостоятельном изучении дисциплины «Электронная микроскопия»: конспектирование учебной литературы, учебно-методических пособий составление словарей понятий и терминов и т. п.

В процессе обучения преподаватели используют активные формы работы со студентами: объяснение сложного материала, привлечение студентов к творческому процессу на лабораторно-практических занятиях, промежуточный контроль путем отработки студентами пропущенных занятий, участие в групповых и индивидуальных консультациях (собеседовании). Эти формы способствуют выработке у студентов умения работать с учебником и литературой. Изучение литературы составляет значительную часть самостоятельной работы студента. Это большой труд, требующий усилий и желания студента. В самом начале работы над книгой важно определить цель и направление этой работы. Прочитанное следует закрепить в памяти. Одним из приемов закрепление освоенного материала является конспектирование, без которого немыслима серьезная работа над литературой. Систематическое конспектирование помогает научиться правильно, кратко и четко излагать своими словами прочитанный материал.

Самостоятельную работу следует начинать с первых занятий. От занятия к занятию нужно регулярно готовить конспект к выполнению лабораторно-практических работ, знакомиться с соответствующими разделами учебника и учебно-методических разработок, читать и конспектировать литературу по каждой теме дисциплины, изучать инструкции используемого оборудования, правила работы с ним и обслуживания оборудования. Самостоятельная работа дает студентам возможность равномерно распределить нагрузку, способствует более глубокому и качественному усвоению учебного материала. В случае необходимости студенты обращаются за консультацией к преподавателю по вопросам дисциплины «Электронная микроскопия» с целью усвоения и закрепления компетенций.

Основная цель самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Электронная микроскопия» - закрепить теоретические и практические знания, полученные в процессе лекций и лабораторно-практических занятий, а также сформировать практические навыки самостоятельного анализа особенностей дисциплины.

11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

1. DreamSpark Premium Elektronic Software Delively (3 years)

2. Libreoffice
3. Антивирус Касперского Kaspersky Endpoint Security

Прикладные программы для управления электронно-оптическим оборудованием и обработки результатов исследований (поставляется вместе с оборудованием и обновляется поставщиками оборудования):

1. SEM Control User Interface v. 3.11
2. Aztec Version 2.0
3. INCA 5.04
4. Microsoft Windows 7 Профессиональная Версия 6.1.7601 Service Pack 1

12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Учебные аудитории и лаборатории кафедры нанотехнологий и инженерной физики и регионального центра нанотехнологий для проведения лабораторных и практических занятий, оснащенные учебной мебелью (столы, стулья для обучающихся, стол, стул для преподавателя), доской с маркерами (мелом), проектором, ноутбуком, наноаналитическим оборудованием.
(http://nano.kursk.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=153&Itemid=34&lang=en):

Для осуществления практической подготовки обучающихся при реализации дисциплины используются оборудование и технические средства обучения

а) Регионального центра нанотехнологий:

Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования:

Лаборатории электронной микроскопии и рентгеновских методов (Г-209, Г-211). Оснащение лабораторий:

Проектор NEC NP216 (22302); Экран настенный Classic Norma 203x153 (3776);

Программно-аппаратный комплекс для исследования морфологии, элементного, фазового состава и молекулярной структуры вещества и материалов (в т.ч. сканирующий электронный микроскоп JEOL JSM 6610lv с модулем энергодисперсионного анализа Oxford X-Max (S1-XMX1002), оснащенный современным программным комплексом с выходом в Интернет; установка для нанесения токопроводящих покрытий JEOL JFC-1600; технологическая установка для нанесения нанослоев методом магнетронного распыления МВУ ТМ Магна (Россия); источник бесперебойного питания ippon Back Vepso 600 lite; однодисковый шлифовально-полировальный станок для полупроводниковых материалов Labo-Pol2 (355109.26); наборы образцов и инструментов для монтажа образцов и сервисного обслуживания РЭМ лабораторных работ);
Установка плазменной очистки и активации поверхности PICO (Diener Electronic GmbH).

б) *Кафедры нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики:*

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля успеваемости промежуточной аттестации обучающихся: Г-815, Г-819, оснащенные проектором BenQ MX522P; ноутбуком Lenovo G5070; экраном настенным 200x200; экраном мобильным Draper Consul 60x60" 152x152; проектором BenQ MX850UST короткофокусным.;

13 Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья учитываются их индивидуальные психофизические особенности. Обучение инвалидов осуществляется также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление учебной информации в визуальной форме (краткий конспект лекций;тексты заданий, напечатанные увеличенным шрифтом), на аудиторных занятиях допускается присутствие ассистента, а такжесурдопереводчиков и тифлосурдо-

переводчиков. Текущий контроль успеваемости осуществляется в письменной форме: обучающийся письменноотвечает на вопросы, письменно выполняет практические задания. Доклад (реферат) также может быть представлен в письменной форме, при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.). Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости время подготовки к ответу может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации, а также использование на аудиторных занятиях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь. Текущий контроль успеваемости осуществляется в устной форме. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, на аудиторных занятиях, а также при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации могут быть предоставлены необходимые технические средства (персональный компьютер, ноутбук или другой гаджет); допускается присутствие ассистента (ассистентов), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь (занять рабочее место, передвигаться по аудитории, прочитать задание, оформить ответ, общаться с преподавателем).

14 Лист дополнений и изменений, внесенных в рабочую программу дисциплины

Номер изменения	Номера страниц				Всего страниц	Дата	Основание для изменения и подпись лица, проводившего изменения
	изменнных	заменен-ных	аннулирован-ных	но-вых			