

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ряполов Петр Алексеевич

Должность: декан ЕНФ

Дата подписания: 17.02.2025 17:12:23

Уникальный программный ключ:

efd3ecd8d183f7649d0e3a33c230c6662946c7c99039b2b268921fde408c1fb6

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины**

### **«Магнитоэлектрические материалы»**

**Цель преподавания дисциплины:** формирование у студентов знаний основ теории намагничивания ферромагнетиков и поляризации сегнетоэлектриков, описания структуры и свойств магнитных и магнитоэлектрических материалов, явления гигантского магнетосопротивления, ознакомление с классификацией методов записи информации, основной задачей спиновой электроники (преобразованием информации, представленной в форме намагниченности, в электрическое напряжение и обратно) и способами ее решения с применением магнитоэлектрических материалов – кристаллов, обладающих одновременно ферромагнитным (спонтанная намагниченность) и электрическим (спонтанная поляризация) упорядочением для решения задач профессиональной деятельности научно-исследовательского и проектно-технологического типов.

#### **Задачи изучения дисциплины:**

1. Подготовка обучающихся к решению задач профессиональной деятельности: формирование навыков работы с оборудованием для определения параметров магнитных материалов, описание исследований, относящихся к профессиональной сфере.
2. Овладение базовыми профессиональными представлениями о диагностике и воздействии полей на магнитные микро-, наноструктурированные и пленочные материалы.
3. Формирование профессиональных навыков наглядного представления и интерпретации результатов исследований магнитоэлектрических материалов с использованием программного обеспечения.
4. Обеспечить совместно с другими дисциплинами семестра теоретическую подготовку обучающихся к учебной практике (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)) на предприятии-заказчике.

#### **Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

ПК-2 Способен проводить измерения параметров микро- и наноструктур (из заказа-требования предприятия (приложение 1))

ПК-3 Способен анализировать результаты измерений параметров микро- и наноструктур (из заказа-требования предприятия (приложение 1))

#### **Разделы дисциплины:**

Магнитоэлектрические материалы. Перовскитоподобные мультиферроики. Основные понятия теории магнитных свойств вещества. Основные понятия теории физики сегнетоэлектричества. Магниторезисторы.

# МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Юго-Западный государственный университет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

естественно-научного

(наименование ф-та полностью)



П.А. Ряполов

(подпись, инициалы, фамилия)

«06» 06 2024 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Магнитоэлектрические материалы

(наименование дисциплины)

ОПОП ВО 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

шифр и наименование направления подготовки (специальности)

направленность (профиль, специализация) «Нанотехнологии»

наименование направленности (профиля, специализации)

форма обучения очная

*ОПОП ВО реализуется по модели дуального обучения*

Курск – 2024

Рабочая программа дисциплины составлена:

– в соответствии с ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, утвержденным приказом Минобрнауки России от 19.09.2017 № 921;

– на основании учебного плана ОПОП ВО 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Нанотехнологии», одобренного Ученым советом университета (протокол № 9 от 27.03.2024).

– с учетом заказа-требования от 13.03.2024 на результаты освоения ОПОП ВО – программы магистратуры 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Нанотехнологии», реализуемой по модели дуального обучения в ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», от Регионального центра нанотехнологий (приложение к общей характеристике ОПОП ВО).

Рабочая программа дисциплины обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе для дуального обучения студентов по ОПОП ВО 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Нанотехнологии» на совместном заседании кафедры механики, мехатроники и робототехники с представителями Регионального центра нанотехнологий (протокол № 10 от 29.05.2024).

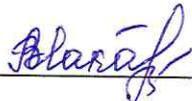
Зав. кафедрой ММиР \_\_\_\_\_  С.Ф. Яцун

Разработчик программы

к.ф.-м.н., доцент \_\_\_\_\_  Кузько А.В.

Согласовано: на заседании кафедры нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики (протокол № 9 от 6.06.2024).

Зав. кафедрой НМОиПФ \_\_\_\_\_  Кузько А.Е.

Директор научной библиотеки \_\_\_\_\_  Макаровская В.Г.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО дуального обучения 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Нанотехнологии», одобренного Ученым советом университета (протокол № \_\_ от \_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_), на совместном заседании кафедры механики, мехатроники и робототехники с представителями Регионального центра нанотехнологий (протокол № \_\_ от \_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_).

Зав. кафедрой ММиР \_\_\_\_\_  С.Ф. Яцун

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

## **1.1 Цель дисциплины**

Цель дисциплины – формирование у студентов знаний основ теории намагничивания ферромагнетиков и поляризации сегнетоэлектриков, описания структуры и свойств магнитных и магнитоэлектрических материалов, явления гигантского магнетосопротивления, ознакомление с классификацией методов записи информации, основной задачей спиновой электроники (преобразованием информации, представленной в форме намагниченности, в электрическое напряжение и обратно) и способами ее решения с применением магнитоэлектрических материалов – кристаллов, обладающих одновременно ферримагнитным (спонтанная намагниченность) и электрическим (спонтанная поляризация) упорядочением для решения задач профессиональной деятельности научно-исследовательского и проектно-технологического типов.

## **1.2 Задачи дисциплины**

Задачами дисциплины являются:

1. Подготовка обучающихся к решению задач профессиональной деятельности: формирование навыков работы с оборудованием для определения параметров магнитных материалов, описание исследований, относящихся к профессиональной сфере.

2. Овладение базовыми профессиональными представлениями о диагностике и воздействии полей на магнитные нано-, микроструктурированные и пленочные материалы.

3. Формирование профессиональных навыков наглядного представления и интерпретации результатов исследований магнитоэлектрических материалов с использованием программного обеспечения.

4. Обеспечить совместно с другими дисциплинами семестра теоретическую подготовку обучающихся к учебной практике (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)) на предприятии-заказчике.

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

Таблица 1.3 – Результаты обучения по дисциплине

<i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i>	<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции,</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</i>
---	--	--

код компетенции	наименование компетенции	закрепленного за дисциплиной	
ПК-2	Способен проводить измерения параметров микро- и наноструктур (из заказа-требования предприятия (приложение 1))	ПК-2.3 Проводит измерения параметров микро- и наноструктур методами спектроскопии или оптической микроскопии	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- этапы планирования работ по измерению параметров магнитных и диэлектрических материалов;</li> <li>- требования к сопроводительной документации магнитных и сегнетоэлектрических устройств;</li> <li>- требования системы менеджмента безопасности и здоровья для организации и контроля процессов измерений параметров магнитных и диэлектрических материалов при проведении лабораторных занятий;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- планировать проведение работ по измерению параметров магнитных и диэлектрических материалов;</li> <li>- организовывать измерения параметров магнитных и сегнетоэлектрических материалов и устройств на их основе.</li> <li>- обеспечивать и контролировать выполнение требований безопасности, правил технической эксплуатации установок при проведении лабораторных занятий;</li> </ul> <p><b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыком измерений параметров устройств и свойств магнитных и сегнетоэлектрических материалов;</li> <li>- методикой составления рабочего плана для проведения процесса измерения параметров устройств и свойств магнитных и сегнетоэлектрических материалов;</li> <li>- навыком организации измерений и подбора соответствующего оборудования для определения параметров устройств и свойств магнитных и сегнетоэлектрических материалов.</li> </ul>
ПК-3	Способен анализировать результаты измерений параметров микро- и наноструктур	ПК-3.1 Осуществляет обработку и анализ АСМ, СЭМ и оптических изображений	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы обработки изображений, к которым относятся функции по-</li> </ul>

<i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i>		<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</i>
<i>код компетенции</i>	<i>наименование компетенции</i>		
	(из заказа-требования предприятия (приложение 1))		<p>давления зашумленности изображения, увеличение локального контраста, определение границ зерен по водоразделу.</p> <p>- программы обработки данных, в которых предусмотрен набор функций для работы с изображениями, в том числе для выравнивания и сглаживания, фильтрации, удаления локальных искажений.</p> <p>- алгоритмы анализа изображений, в частности, учет наличия на поверхности крупномасштабных неровностей и слипшихся объектов</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>- использовать специальные программы для работы с трёхмерными массивами данных (результаты микроскопии, проведённой в каждой из точек поверхности), инструменты построения сечений изображения (профили)</p> <p>- использовать специальные программы для обработки двумерных изображений (построение распределения по планарным размерам)</p> <p>- проводить выравнивание и сглаживание изображений, а также их фильтрацию.</p> <p><b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b></p> <p>- приемами создания маски изображения, которая включает только те пиксели, которые соответствуют определённому критерию.</p> <p>- навыками перевода изображений в массивы данных, приемами их представления в табличном виде и статистической обработки.</p> <p>- приемами высокочастотного и</p>

<i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i>		<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>	<i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами до- стижения компетенций</i>
<i>код компетенции</i>	<i>наименование компетенции</i>		
			<p>низкочастотного фильтрования, коррекция яркости и контраста</p>
		<p>ПК-3.3 Проводит обработку результатов спектроскопии или приборов контроля технологических операций</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы работы, устройство основных узлов и функции спектрометров и приборов контроля технологических операций</li> <li>- особенности получения (например, повышение соотношения сигнал – шум посредством установки фильтров и экранов, подстройки диафрагм) и обработки спектров (в частности, инфракрасных)</li> <li>- способы отбора и подготовки проб к исследованию различными оптическими методами</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать специальное программное обеспечение для работы с данным видом спектрометров (например, инфракрасным);</li> <li>- осуществлять анализ полученных спектров посредством вычитания, масштабирования спектров, пометки характерных пиков, определения их высоты и площади</li> <li>- осуществлять сравнение полученных спектров, используя специальное программное обеспечение и встроенные библиотеки спектров.</li> </ul> <p><b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыком поиска линий поглощения (пропускания) в научных статьях и справочной литературе для расшифровки полученных спектров</li> <li>- навыком наглядного представления, компьютерной обработки и</li> </ul>

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		
			описания полученных спектров - навыком измерения основных магнитных и электрических характеристик материалов

## 2 Указание места дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Магнитоэлектрические материалы» является элективной дисциплиной, входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, основной профессиональной образовательной программы – программы магистратуры 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Нанотехнологии», реализуемой по модели дуального обучения.

Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестре.

Дисциплина имеет практико-ориентированный характер и изучается до прохождения обучающимися производственной практики (научно-исследовательская работа), завершающей данный семестр.

## 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 3 зачетные единицы (з.е.), 108 академических часов.

Таблица 3 – Объем дисциплины

Виды учебной работы	Всего, часов
Общая трудоемкость дисциплины	108
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего)	38,1
в том числе:	
лекции	10, из них практическая подготовка обучающихся – 0.
лабораторные занятия	10, из них практическая подготовка обучающихся – 0.
практические занятия	18, из них практическая подготовка обучающихся – 4.
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	69,9
Контроль (подготовка к экзамену)	0

Контактная работа по промежуточной аттестации (всего АттКР)	0,1
в том числе:	
зачет	0,1
зачет с оценкой	не предусмотрен
курсовая работа (проект)	не предусмотрен
экзамен (включая консультацию перед экзаменом)	не предусмотрен

#### 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
1	Магнитоэлектрические материалы	Магнитоэлектрические материалы и методы их исследования. Магнитоэлектрический эффект. Практическое применение магнитоэлектрических материалов. Методики измерений и обработки микроскопических изображений магнитных наночастиц, полученных с помощью АСМ. Методики изучения молекулярного состава магнитных наносистем с помощью ИК-спектроскопии.
2	Перовскитоподобные мультиферроики	Мультиферроик $\text{BiFeO}_3$ . Симметричный подход к описанию сегнетоэлектрических, магнитных и магнитоэлектрических свойств феррита висмута. Электрическое переключение магнитного состояния в пленках феррита висмута.
3	Основные понятия теории магнитных свойств вещества	Сравнительная характеристика электрических и магнитных свойств материалов. Намагниченность, магнитная проницаемость, магнитная восприимчивость, единицы измерения. Классификация веществ по типу магнитного упорядочения. Получение микроскопических изображений в Региональном центре нанотехнологий. Обработка микроскопических изображений магнитных коллоидных частиц, построение распределения частиц по размерам с использованием специализированного программного обеспечения.
4	Основные понятия теории физики сегнетоэлектричества	Характеристика сегнетоэлектрических свойств материалов. Вектор поляризации, диэлектрическая проницаемость, диэлектрическая восприимчивость, единицы измерения. Классификация сегнетоэлектриков. Пьезоэффект.
5	Магниторезисторы	«Монолитные» магниторезисторы. Эффект гигантского магнетосопротивления. «Пленочные» магниторезисторы (ГМС, ТМС сенсоры). Принципы работы MRAM

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
1	Магнитоэлектрические материалы	2	1	1	У-1, У-2, У-3, У-5, У-7, МУ-1, МУ-2	ПЗ-1 ЛР-1	ПК-2 ПК-3
2	Перовскитоподобные мультиферроики	2	1	2	У-1, У-4, У-6, У-8, МУ-1, МУ-2	ПЗ-2 ЛР-1	ПК-2 ПК-3
3	Основные понятия теории магнитных свойств вещества	2	2	3	У-1, У-7, У-8, МУ-1, МУ-2	ПЗ-3 ЛР-2	ПК-2 ПК-3
4	Основные понятия теории физики сегнетоэлектричества	2	3	4	У-1, У-7, У-8, МУ-1, МУ-2, МУ-3	ПЗ-4 ЛР-3	ПК-2 ПК-3
5	Магниторезисторы	2	4	5	У-1, У-2, У-3, МУ-1, МУ-2, МУ-3	ПЗ-5 ЛР-4	ПК-2 ПК-3

ПЗ – решение производственных задач; ЛР – выполнение лабораторной работы

## 4.2 Лабораторные работы и (или) практические занятия

### 4.2.1 Лабораторные работы

Таблица 4.2.1 – Лабораторные работы

№	Наименование лабораторной работы	Объем, час
1	2	3
1	Получение микроскопических изображений магнитных наночастиц	4
2	Определение молекулярного состава магнитных наносистем с помощью ИК-спектроскопии	2
3	Измерение кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетика с помощью осциллографа в переменных магнитных полях	2
4	Измерение эффекта Холла как принципа работы магнитометра	2
Итого		10

### 4.2.2 Практические занятия

Таблица 4.2.2 – Практические занятия

№	Наименование практического (семинарского) занятия	Объем, час
1	2	3
1	Обработка микроскопических изображений магнитных наночастиц	4, из них практическая подготовка обучающихся – 4
2	Магнитные цепи. Магнитные свойства вещества	4, из них практическая подготовка обучающихся – 0
3	Определение свойств диэлектриков	2, из них практическая подготовка

		обучающихся – 0
4	Численное компьютерное моделирование для проектирования магнитных цепей и их параметров с применением специализированного программного обеспечения	2, из них практическая подготовка обучающихся – 0
5	Проектирование соленоида, моделирование создаваемого им магнитного поля в программной среде FEMM	2, из них практическая подготовка обучающихся – 0
Итого		18, из них практическая подготовка обучающихся – 4

### 4.3 Самостоятельная работа студентов (СРС)

Таблица 4.3 – Самостоятельная работа студентов

№	Наименование раздела (темы) дисциплины	Срок выполнения	Время, затрачиваемое на выполнение СРС, час.
1	2	3	4
2 семестр			
1	Магнитоэлектрические материалы	1 неделя	16
2	Перовскитоподобные мультиферроики	2 неделя	16
3	Основные понятия теории магнитных свойств вещества	3 неделя	12
4	Основные понятия теории физики сегнетоэлектричества	4 неделя	12
5	Магниторезисторы	5 неделя	13,9
Итого			69,9

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

При самостоятельном изучении отдельных тем и вопросов дисциплины студенты могут пользоваться учебно-наглядными пособиями, учебным оборудованием и методическими разработками кафедры механики, мехатроники и робототехники в рабочее время, установленное Правилами внутреннего распорядка работников университета.

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

*библиотекой университета:*

- библиотечный фонд укомплектован учебной, методической, научной, периодической, справочной 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;
    - вопросов к зачету;
    - методических указаний к выполнению лабораторных и практических работ.
- 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

Реализация программы магистратуры по модели дуального обучения и компетентностного подхода предусматривают широкое использование в образовательном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования профессиональных компетенций обучающихся.

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

№	Наименование раздела (темы лекции, практического или лабораторного занятия)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Объем, час.
1	Лабораторная работа: «Получение микроскопических изображений магнитных наночастиц»	Разбор конкретных ситуаций	2
2	Лабораторная работа: «Определение молекулярного состава магнитных наносистем» с помощью ИК-спектроскопии	Разбор конкретных ситуаций	2
3	Лабораторная работа: «Измерение кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетика с помощью осциллографа в переменных магнитных полях»	Разбор конкретных ситуаций	2
4	Лабораторная работа: «Измерение эффекта Холла как принципа работы магнитометра»	Разбор конкретных ситуаций	2
Итого			8

Практическая подготовка обучающихся при реализации дисциплины осуществляется путем проведения практических 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 (профилю) программы магистратуры. Практическая подготовка включает в себя отдельные занятия лекционного типа, которые проводятся на предприятии-заказчике и предусматрива-

ют передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, на производственной практике (научно-исследовательская работа), которой завершается данный семестр.

Практическая подготовка обучающихся при реализации дисциплины организуется в модельных условиях (оборудованных (полностью или частично) в подразделениях университета) на кафедре нанотехнологии, микроэлектроники, общей и прикладной физики.

Практическая подготовка обучающихся проводится в соответствии с положением П 02.181.

## **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 наименование компетенции	Этапы формирования компетенций и дисциплины (модули), практики, при изучении которых формируется данная компетенция		
	начальный	основной	завершающий
1	2	3	4
ПК-2 Способен проводить измерения параметров микро- и наноструктур (из заказа-требования предприятия (приложение 1))	Производственная эксплуатационная практика	Наноаналитическое оборудование	Оптоэлектроника/Магнитоэлектрические материалы Производственная преддипломная практика
ПК-3 Способен анализировать результаты измерений параметров микро- и наноструктур (из заказа-требования предприятия (приложение 1))	Микро- и наносистемы в технике и технологии	Механика микро- и нанодисперсных магнитных сред Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы))	Оптоэлектроника/Магнитоэлектрические материалы 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	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за практикой)	Критерии и шкала оценивания компетенций			
		Недостаточный уровень («неудовл.»)	Пороговый уровень («удовл.»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5	6
ПК-2/ завершающий	ПК-2.3 Проводит измерения параметров микро- и наноструктур методами спектроскопии или оптической микроскопии	<p><b>Знать:</b> демонстрирует менее 60% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-2. Обучающийся нуждается в постоянных подсказках; допускает грубые ошибки, которые не может исправить самостоятельно.</p>	<p><b>Знать:</b> демонстрирует 60-74% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-2. Знания обучающегося имеют поверхностный характер, имеют место неточности и ошибки.</p>	<p><b>Знать:</b> демонстрирует 75-89% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-2. Обучающийся имеет хорошие, но не исчерпывающие знания; допускает неточности.</p>	<p><b>Знать:</b> демонстрирует 90-100% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-2. Знания обучающегося являются прочными и глубокими, имеют системный характер. Обучающийся свободно оперирует знаниями.</p>
		<p><b>Уметь:</b> демонстрирует менее 60% умений, установленных в таблице 1.3 для ПК-2.</p>	<p><b>Уметь:</b> в целом сформированные, но вызывающие затруднения при самостоятельном применении умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-2.</p>	<p><b>Уметь:</b> сформированные и самостоятельно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-2.</p>	<p><b>Уметь:</b> хорошо развитые, уверенно и успешно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-2.</p>

		<b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b> навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-2, не развиты.	<b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b> навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-2, развиты на элементарном уровне.	<b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b> навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-2, хорошо развиты.	<b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b> навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-2, доведены до автоматизма.
ПК-3/ завершающий	ПК-3.1 Осуществляет обработку и анализ АСМ, СЭМ и оптических изображений  ПК-3.3 Проводит обработку результатов спектроскопии или приборов контроля технологических операций	<b>Знать:</b> демонстрирует менее 60% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-3. Обучающийся нуждается в постоянных подсказках; допускает грубые ошибки, которые не может исправить самостоятельно.	<b>Знать:</b> демонстрирует 60-74% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-3. Знания обучающегося имеют поверхностный характер, имеют место неточности и ошибки.	<b>Знать:</b> демонстрирует 75-89% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-3. Обучающийся имеет хорошие, но не исчерпывающие знания; допускает неточности.	<b>Знать:</b> демонстрирует 90-100% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-3. Знания обучающегося являются прочными и глубокими, имеют системный характер. Обучающийся свободно оперирует знаниями.
		<b>Уметь:</b> демонстрирует менее 60% умений, установленных в таблице 1.3 для ПК-3.	<b>Уметь:</b> в целом сформированные, но вызывающие затруднения при самостоятельном применении умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-3.	<b>Уметь:</b> сформированные и самостоятельно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-3.	<b>Уметь:</b> хорошо развитые, уверенно и успешно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-3.
		<b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b> навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-3, не развиты.	<b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b> навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-3, развиты на элементарном уровне.	<b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b> навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-3, хорошо развиты.	<b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b> навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-3, доведены до автоматизма.

**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
1.	Магнитоэлектрические материалы	ПК-2 ПК-3	лекция, практическое занятие, лабораторная работа, СРС	отчет по лаб. работе	№1 (1 ч.)	согласно табл 7.2
				отчет по практике	№1	
				тест	№1	
2.	Перовскитоподобные мультиферроики	ПК-2 ПК-3	лекция, практическое занятие, лабораторная работа, СРС	отчет по лаб. работе	№1 (2 ч.)	согласно табл 7.2
				отчет по практике	№ 2	
				тест	№ 2	
3.	Основные понятия теории магнитных свойств вещества	ПК-2 ПК-3	лекция, практическое занятие, лабораторная работа, СРС	отчет по лаб. работе	№ 2	согласно табл 7.2
				отчет по практике	№ 3	
				тест	№ 3	
4.	Основные понятия теории физики сегнетоэлектричества	ПК-2 ПК-3	лекция, практическое занятие, лабораторная работа, СРС	отчет по лаб. работе	№ 3	согласно табл 7.2
				отчет по практике	№ 4	
				тест	№ 4	
5.	Магниторезисторы	ПК-2 ПК-3	лекция, практическое занятие, лабораторная	отчет по лаб. работе	№ 4	согласно табл 7.2
				отчет по практике	№ 5	

			работа, СРС	тест	№ 5	
--	--	--	----------------	------	-----	--

### 7.3.1 Примеры типовых контрольных заданий для проведения текущего контроля успеваемости

а) Вопросы и задания в тестовой форме по разделу (теме) № 1 «Магнитоэлектрические материалы»

Задание в закрытой форме:

Что называют мультиферроиками?

- 1) материалы, в которых сосуществуют одновременно два и более типов «ферро» упорядочения: ферромагнитное (ferromagnetic), сегнетоэлектрическое (ferroelectric) и сегнетоэластичное (ferroelastic)
- 2) операторы умножения (multiplication) в квантовой механике
- 3) персонажей фантастического мультфильма "Железная (Ferrum) органика"
- 4) материаллические проводящие материалы, обладающие слоистой структурой (Ferrum multilayers)
- 5) словари на сайте универсального перевода Мультитран

Задание в открытой форме:

В современной электронике широко применяются устройства, использующие преобразование энергии переменного магнитного поля в электрическое поле и наоборот, принцип действия таких устройств основан на явлении электромагнитной индукции, но тенденция к применению монолитных твердотельных элементов, уменьшению их размеров и обеспечению совместимости с интегральной технологией требует поиска новых способов преобразования переменных магнитных и электрических полей. Использование какого эффекта для этой цели является одним из наиболее перспективных направлений?

Задание на установление правильной последовательности:

Расположите материалы в порядке возрастания магнитной проницаемости.

Диамагнетики (золото, медь, кремний, графит)

Парамагнетики (алюминий, платина, оксид марганца (MnO))

Ферромагнетики (железо, никель, кобальт)

Задание на установление соответствия:

Установите соответствие между материалами и их типом, характеризующим их реакцию на электрическое поле:

Сегнетова соль	Сегнетоэлектрики
Титанат бария	
Титанатцирконат свинца	
Керосин	Неполярные диэлектрики
Воздух	

Полиэтилен	Полярные диэлектрики
Вода	
Спирт	
Аммиак	

б) Производственная задача по разделу (теме) № 3 «Основные понятия теории магнитных свойств вещества»

Проектирование соленоида, моделирование создаваемого им магнитного поля в программной среде FEMM

1) Запустить FEMM, создать новый файл. Выбрать аксиальный тип задачи, частота равна 100000 Гц, единица измерения – сантиметры. Радиус рабочей области 12, её центр расположен в точке с координатами  $[0; 0]$ .

Построить электромагнитную катушку согласно чертежу на рисунке 1. Исходные данные для построения выбрать из таблицы 1 согласно номеру варианта задания, учитывая, что  $r$  и  $z$  с индексами A, B, C и D – координаты соответствующих точек,  $I$  – сила тока в исследуемом контуре,  $N$  – число витков соленоида. В качестве материала обмотки использовать медный провод AWG26 (его диаметр равен 0,4 мм).

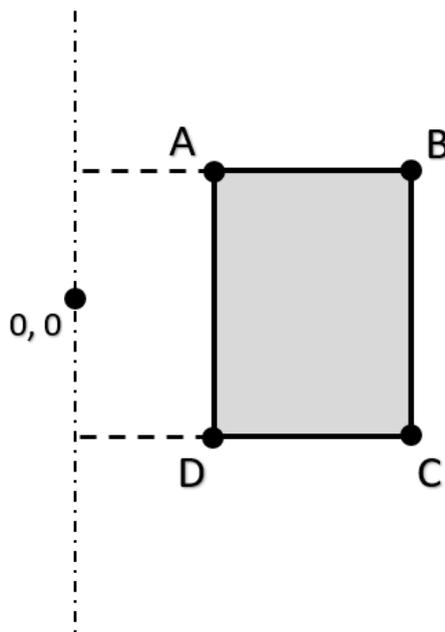


Рисунок 1 – Чертёж сечения обмотки соленоида с указанием точек для построения

Таблица 1 – Исходные данные для выполнения заданий

Номер варианта	A		B		C		D		I	N
	rA	zA	rB	zB	rC	zC	rD	zD		
1	2	2	4	2	4	-2	2	-2	2	200
2	1	3	2	3	2	-3	1	-3	2	200
3	4	1	6	1	6	-1	4	-1	2	200
4	2	2.5	2.5	2.5	2.5	-2.5	2	-2.5	2	200

5	1	0.5	5	0.5	5	-0.5	1	-0.5	2	200
6	2	2	4	2	4	-2	2	-2	4	150
7	1	3	2	3	2	-3	1	-3	4	150
8	4	1	6	1	6	-1	4	-1	4	150
9	2	2.5	2.5	2.5	2.5	-2.5	2	-2.5	4	150
10	1	0.5	5	0.5	5	-0.5	1	-0.5	4	150
11	2	2	4	2	4	-2	2	-2	5	100
12	1	3	2	3	2	-3	1	-3	5	100
13	4	1	6	1	6	-1	4	-1	5	100
14	2	2.5	2.5	2.5	2.5	-2.5	2	-2.5	5	100
15	1	0.5	5	0.5	5	-0.5	1	-0.5	5	100

2) Определить модуль магнитной индукции в точке  $[0,0]$ .

Задание 3. Определить радиальную составляющую вектора индукции в точке  $[4,4]$ .

Задание 4. Определить магнитный поток, проходящий через окно катушки. Измерение проводить между точками  $[0, 0]$  и  $[rA, 0]$ .

Задание 5. Определить суммарную энергию генерируемого магнитного поля

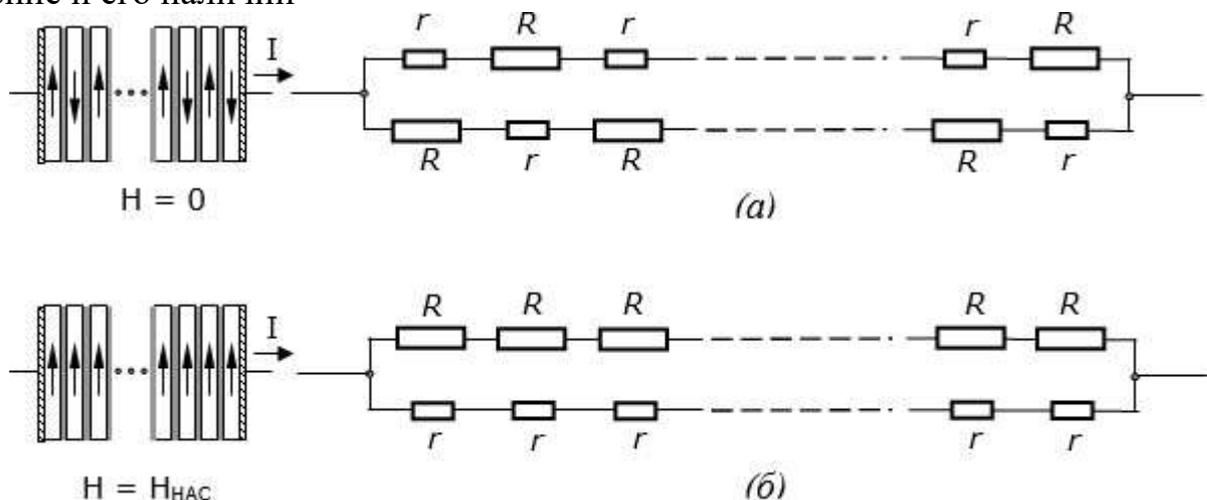
Задание 6. Построить график изменения модуля индукции между точками  $[0.1, -10]$  и  $[0.1, 10]$ .

Задание 7. Построить график изменения модуля индукции между точками  $[0, 0]$  и  $[12, 0]$ .

в) Текст лабораторной работы по теме № 4 «Основные понятия теории физики сегнетоэлектричества» приведен в УММ по дисциплине.

г) Практическое занятие по разделу (теме) № 5 «Магниторезисторы»

Электрический ток, протекающий сквозь сверхрешетку, состоит из двух "потоков": один переносится электронами проводимости, спин которых ориентирован "вверх", а второй – электронами проводимости, спин которых ориентирован "вниз". Расчитайте сопротивления схем, составленных по аналогии с изменением сопротивления в гетероструктуре при отсутствии внешнего магнитного поля общее сопротивление и его наличия



Полностью оценочные материалы и оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости представлены в УММ по дисциплине.

### 7.3.2 Типовые задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

*Промежуточная аттестация* по дисциплине проводится в форме зачета. На промежуточной аттестации по дисциплине применяется механизм квалификационного экзамена. Зачет имеет структуру квалификационного экзамена и состоит из 2 частей:

- теоретической (компьютерное тестирование);
- практической (решение компетентностно-ориентированной задачи).

На теоретической части зачета (тестировании) проверяются знания и частично – умения и навыки обучающихся. 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.

На практической части зачета (или зачета с оценкой, или экзамена) проверяются результаты практической подготовки: *компетенции, включая умения, навыки (или опыт деятельности)*). Результаты практической подготовки (*компетенции, включая умения, навыки (или опыт деятельности)*) проверяются с помощью компетентностно-ориентированных задач (ситуационных, производственных, кейс-задач или кейсов) 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.

#### **а) Примеры типовых заданий для теоретической части зачета (тестирования)**

Задание в закрытой форме:

Туннельное магнетосопротивление -

а) квантовомеханический эффект, проявляется при протекании тока между двумя слоями ферромагнетиков разделенных тонким (около 1 нм) слоем диэлектрика, при этом общее сопротивление устройства, в котором квантовомеханический эффект, проявляется при протекании тока между двумя слоями ферромагнетиков разделенных тонким (около 1 нм) слоем диэлектрика, при этом общее сопротивление устройства, в котором протекает ток из-за туннельного эффекта, зависит от взаимной ориентации полей намагничивания двух магнитных слоев.

б) квантовомеханический эффект, наблюдаемый в тонких металлических плёнках, состоящих из чередующихся ферромагнитных и проводящих немагнитных слоёв.

в) квантовомеханический эффект, заключающийся в сильной зависимости электрического сопротивления материала от величины внешнего магнитного поля, термин применяется в отношении некоторых ферромагнитных и антиферромагнитных полупроводников, обычно оксидов металлов на базе манганитов со структурой перовскита.

г) квантовомеханический эффект, заключающийся в преодолении микрочастицей потенциального барьера в случае, когда её полная энергия (остающаяся при туннелировании неизменной) меньше высоты барьера. протекает ток из-за туннельного эффекта, зависит от взаимной ориентации полей намагничивания двух магнитных слоев.

д) квантовомеханический эффект, заключающийся в преодолении микрочастицей потенциального барьера в случае, когда её полная энергия (остающаяся при туннелировании неизменной) меньше высоты барьера.

Задание в открытой форме:

В чем отличие петель гистерезиса магнитомягкой и магнито жесткой стали?

Задание на установление правильной последовательности:

Расставьте диэлектрики по способности уменьшать внешнее электрическое поле внутри материала: неполярные диэлектрики, полярные диэлектрики, сегнетоэлектрики.

Задание на установление соответствия:

Установите соответствие между материалами и типом их реакции на магнитное поле:

- 1) Алюминий
- 2) Медь
- 3) Никель

- А) Ферромагнетик
- Б) Диамагнетик
- В) Парамагнетик

## б) Примеры типовых заданий для практической части зачета (или зачета с оценкой, или экзамена)

Компетентностно-ориентированная задача:

известно, что сильно развитые поверхности металлов могут предотвратить пробой в высоковольтном оборудовании, сравнивая поверхности металлов подберите наиболее подходящий. Сравните на снимках АСМ профили зерен меди и алюминия на кремниевой подложке по следующим признакам: высота, радиус кривизны.

Порядок выполнения:

- 1) Запустите **Gwyddion**. Откройте 2 файла АСМ изображений напыленных на кремниевую подложку меди и алюминия – Cu.aist и Al.aist.
- 2) Проведите первичную обработку изображений (см. порядок выполнения задания 1).
- 3) На каждом изображении выделите профиль любого зерна: *Главное окно* → *Инструменты* → *Извлечь профили*. Желательно, чтобы отрезки имели приблизительно равную длину, а выбранные зерна целиком (или большая их часть) входили в данный отрезок по ширине.
- 4) Полученные графики экспортируйте в текст с помощью функции *Экспортировать в текст* (может быть вызвана щелчком правой кнопкой мыши на графике) в формате RTF.
- 5) Отредактируйте текстовые файлы и перенесите данные в табличный редактор. Для удобства отображения данных переведите координаты в нанометры (например, умножением на  $10^9$ ). Рекомендуется также в обоих столбцах выбрать числовой формат данных.
- 6) По координатам меди и алюминия постройте две точечные диаграммы с гладкими кривыми. Сравните высоты зерен.
- 7) Аппроксимируйте обе кривые полиномом 2-й степени. Получите уравнение аппроксимирующей кривой вида:

$$y = ax^2 + bx + c$$

- 8) Найдите радиус кривизны для каждой параболы по следующей формуле:

$$R = \frac{[1 + (y'(x))^2]^{3/2}}{|y''(x)|}, \quad x = -\frac{b}{2a}.$$

$$R = \frac{1}{K},$$

где  $x$  – вершина параболы,  $K$  – кривизна.

Из вышеприведенных формул следует, что чем больше кривизна зерна, тем меньше его радиус кривизны.

- 9) Сравните радиусы кривизны зерен меди и алюминия. Сделайте выводы, полученные данные оформите в виде отчета.

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 «О балльно-рейтинговой системе оценивания результатов обучения по дисциплинам (модулям) и практикам при освоении обучающимися образовательных программ»;

- положение П 02.207 «Проектирование и реализация основных профессиональных программ высшего образования – программ магистратуры по модели дуального обучения»;

- 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 «Получение микроскопических изображений магнитных наночастиц»	2	Выполнил, но не ответил или неполно ответил на какой-либо вопрос по лабораторной работе	4	Выполнил, правильно и полно ответил на все вопросы по лабораторной работе
Лабораторная работа № 2 «Определение молекулярного состава магнитных наносистем с помощью ИК-спектроскопии»	2	Выполнил, но не ответил или неполно ответил на какой-либо вопрос по лабораторной работе	4	Выполнил, правильно и полно ответил на все вопросы по лабораторной работе
Лабораторная работа № 3 «Измерение кривой намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетика с помощью осциллографа в переменных магнитных полях»	1	Выполнил, но не ответил или неполно ответил на какой-либо вопрос по лабораторной работе	2	Выполнил, правильно и полно ответил на все вопросы по лабораторной работе
Лабораторная работа № 4 «Измерение эффекта Холла как принципа работы магнитометра»	2	Выполнил, но не ответил или неполно ответил на какой-либо вопрос по лабораторной работе	4	Выполнил, правильно и полно ответил на все вопросы по лабораторной работе

Форма контроля	Минимальный балл		Максимальный балл	
	балл	примечание	балл	примечание
1	2	3	4	5
Практическа работа № 1 «Обработка микроскопических изображений магнитных наночастиц»	1	Выполнил, но не ответил или неполно ответил на какой-либо вопрос по лабораторной работе	2	Выполнил, правильно и полно ответил на все вопросы по лабораторной работе
Практическа работа № 2 «Магнитные цепи. Магнитные свойства вещества»	1	Выполнил, но не ответил или неполно ответил на какой-либо вопрос по лабораторной работе	2	Выполнил, правильно и полно ответил на все вопросы по лабораторной работе
Практическа работа № 3 «Определение свойств диэлектриков»	1	Выполнил, но не ответил или неполно ответил на какой-либо вопрос по лабораторной работе	2	Выполнил, правильно и полно ответил на все вопросы по лабораторной работе
Практическа работа № 4 «Численное компьютерное моделирование для проектирования магнитных цепей и их параметров с применением специализированного программного обеспечения»	1	Выполнил, но не ответил или неполно ответил на какой-либо вопрос по лабораторной работе	2	Выполнил, правильно и полно ответил на все вопросы по лабораторной работе
Практическа работа № 5 «Проектирование соленоида, моделирование создаваемого им магнитного поля в программной среде FEMM»	1	Выполнил, но не ответил или неполно ответил на какой-либо вопрос по лабораторной работе	2	Выполнил, правильно и полно ответил на все вопросы по лабораторной работе
СРС	12		24	
Итого	24		48	
Посещаемость	0		16	
Зачет	0		36	
Итого	24		100	

Для проведения промежуточной аттестации обучающихся (теоретической части и практической части) используется следующая методика оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности. В каждом варианте КИМ – 16 заданий (15 вопросов для тестирования и одна компетентностно-ориентированная задача).

Каждый верный ответ оценивается следующим образом:

- задание в закрытой форме – 2 балла,
- 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 по промежуточной аттестации – 36.

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

### **8.1 Основная учебная литература**

1. Войтович, И. Д. Нанoeлектронная элементная база информатики. Качественно новые направления / И. Д. Войтович, В. М. Корсунский. - 2-е изд., испр. - Москва : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. - 323 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429109> (дата обращения 28.12.2024) . - Режим доступа : по подписке. - Текст : электронный.

2. Аплеснин, С. С. Магнитные и электрические свойства сильнокоррелированных магнитных полупроводников с четырехспиновым взаимодействием и с орбитальным упорядочением : монография / С. С. Аплеснин. - Москва : Физматлит, 2013. - 172 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275465> (дата обращения 28.12.2024) . - Режим доступа : по подписке. - Текст : электронный.

3. Нанoeлектроника: теория и практика : учебник / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, А. Л. Данилюк, Е. А. Уткина. - 5-е изд., электрон. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 369 с. - (Учебник для высшей школы). - URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=712969> (дата обращения 28.12.2024) . - Режим доступа : по подписке. - Текст : электронный.

### **8.2 Дополнительная учебная литература**

4. Суздаев, Игорь Петрович. Электрические и магнитные переходы в нанокластерах и наноструктурах : [монография] / И. П. Суздаев. - М. : Красанд, 2012. - 480 с. - Текст : непосредственный.

5. Поплавко, Ю. М. Физика активных диэлектриков : учебное пособие / Ю.М. Поплавко ; Л.П. Переверзева ; И.П. Раевский. - Ростов-н/Д : Издательство Южного федерального университета, 2009. - 480 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240943> (дата обращения 28.12.2024) . - Режим доступа : по подписке. - Текст : электронный.

6. Вонсовский, С. В. Магнетизм / С. В. Вонсовский. - М. : Наука, 1984. - 208 с. : ил. - (Проблемы науки и технического прогресса). - Текст : непосредственный.

7. Суздаев, Игорь Петрович. Нанотехнология : Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздаев. - Москва : Либроком, 2013. - 592 с. - (Синергетика: от прошлого к будущему). - Текст : непосредственный.

8. Аплеснин, Сергей Степанович. Основы спинтроники : учебное пособие / С. С. Аплеснин. - Изд. 2-е, испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2010. - 288 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Текст : непосредственный.

### **8.3 Перечень методических указаний**

1. Мультиферроики : методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 28.04.01 «Нанотехнологии и мик-

росистемная техника» / Юго-Зап. гос. ун-т ; сост.: А. В. Кузько, А. Е. Кузько. - Курск : ЮЗГУ, 2021. - 31 с. : ил. - Загл. с титул. экрана. - Текст : электронный.

2. Мультиферроики : методические указания к выполнению практических работ для студентов направления подготовки 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / Юго-Зап. гос. ун-т ; сост.: А. В. Кузько, В. П. Зыков. - Курск : ЮЗГУ, 2021. - 55 с. : ил. - Загл. с титул. экрана. - Текст : электронный.

3. Мультиферроики : методические рекомендации для самостоятельной работы студентов направления подготовки 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / Юго-Зап. гос. ун-т ; сост. А. В. Кузько. - Курск : ЮЗГУ, 2021. - 11 с. - Загл. с титул. экрана. - Текст : электронный.

## **8.4 Другие учебно-методические материалы**

Отраслевые научно-технические журналы в библиотеке университета:

Известия высших учебных заведений. Физика

Физика металлов и металловедение

Измерительная техника

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

1. <http://www.nanometer.ru/> -сайт "Нанометр"

2. <http://thesaurus.rusnano.com/>- Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов.

3. <http://biblioclub.ru> - Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн».

4. <https://phys.org/> - новости науки, исследований и технологий (press release on-line).

## **10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Основными видами аудиторной работы студента при изучении дисциплины являются лекции, лабораторные и практические занятия.

На лекциях излагаются и разъясняются основные понятия и положения каждой новой темы; важные положения аргументируются и иллюстрируются примерами из практики; объясняется практическая значимость изучаемой темы; делаются выводы; даются рекомендации для самостоятельной работы по данной теме. На лекциях необходимо задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных вопросов. В ходе лекции студент должен конспектировать учебный материал. Конспектирование лекций – сложный вид работы, предполагающий интенсивную умственную деятельность студента. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное и сделано это лично студентом в режиме реального времени в течение лекции. Не следует

стремиться записать лекцию дословно. Целесообразно вначале понять основную мысль, излагаемую лектором, а затем кратко записать ее. Желательно заранее оставлять в тетради пробелы, куда позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно внести дополнительные записи. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, который преподаватель дает в начале лекционного занятия. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает лектор, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале.

Необходимым является глубокое освоение содержания лекции и свободное владение им, в том числе использованной в ней терминологией. Работу с конспектом лекции целесообразно проводить непосредственно после ее прослушивания, что способствует лучшему усвоению материала, позволяет своевременно выявить и устранить «пробелы» в знаниях. Работа с конспектом лекции предполагает перечитывание конспекта, внесение в него, по необходимости, уточнений, дополнений, разъяснений и изменений. Некоторые вопросы выносятся за рамки лекций. Изучение вопросов, выносимых за рамки лекционных занятий, предполагает самостоятельное изучение студентами дополнительной литературы, указанной в п.8.2.

Изучение наиболее важных тем или разделов дисциплины продолжается на лабораторных и практических занятиях, которые обеспечивают контроль подготовленности студента; закрепление учебного материала; приобретение опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, в том числе аргументации и защиты выдвигаемых положений и тезисов.

Лабораторному или практическому занятию предшествует самостоятельная работа студента, связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. При работе с источниками и литературой необходимо:

- сопоставлять, сравнивать, классифицировать, группировать, систематизировать информацию в соответствии с определенной учебной задачей;
- обобщать полученную информацию, оценивать прочитанное;
- фиксировать основное содержание прочитанного текста; формулировать устно и письменно основную идею текста; составлять план, формулировать тезисы.

Самостоятельную работу следует начинать с первых занятий. От занятия к занятию нужно регулярно прочитывать конспект лекций, знакомиться с соответствующими разделами учебника, читать и конспектировать литературу по каждой теме дисциплины. Самостоятельная работа дает студентам возможность равномерно распределить нагрузку, способствует более глубокому и качественному освоению учебного материала. В случае необходимости студенты обращаются за консультацией к преподавателю. Обязательным элементом самостоятельной работы по дисциплине является самоконтроль. Одной из важных задач обучения студентов спосо-

бам и приемам самообразования является формирование у них умения самостоятельно контролировать и адекватно оценивать результаты своей учебной деятельности и на этой основе управлять процессом овладения знаниями. Овладение умениями самоконтроля приучает студентов к планированию учебного труда, способствует углублению их внимания, памяти и выступает как важный фактор развития познавательных способностей. Самоконтроль включает:

- оперативный анализ глубины и прочности собственных знаний и умений;
- критическую оценку результатов своей познавательной деятельности.

Самоконтроль учит ценить свое время, позволяет вовремя заметить и исправить свои ошибки. Формы самоконтроля могут быть следующими:

- устный пересказ текста лекции и сравнение его с содержанием конспекта лекции;
- составление плана, тезисов, формулировок ключевых положений текста по памяти;
- пересказ с опорой на иллюстрации, чертежи, схемы, таблицы, опорные положения.

Самоконтроль учебной деятельности позволяет студенту оценивать эффективность и рациональность применяемых методов и форм умственного труда, находить допускаемые недочеты и на этой основе проводить необходимую коррекцию своей познавательной деятельности.

При подготовке к промежуточной аттестации по дисциплине необходимо повторить основные теоретические положения каждой изученной темы и основные термины, самостоятельно решить несколько типовых компетентностно-ориентированных задач.

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

*Программное обеспечение:*

Официальное наименование программного продукта: LibreOffice (Бесплатная, GNU General Public License). Режим доступа свободный

Официальное наименование программного продукта: Gwyddion - программа для визуализации и анализа данных сканирующей зондовой микроскопии, предназначена для анализа высот, полученных методами сканирующей зондовой микроскопии (AFM, MFM, STM, SNOM/NSOM), и поддерживает множество форматов данных, полученных методами микроскопии (SPM). Режим доступа: свободный

Официальное наименование программного продукта: FEMM (Finite Element Method Magnetics) – программное обеспечение для решения низкочастотных электромагнитных двухмерных и осесимметричных задач. Режим доступа свободный.

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

Аудиторные занятия по дисциплине проводятся в учебной аудитории для проведения занятий лекционного типа и лаборатории кафедры нанотехнологии, микроэлектроники, общей и прикладной физики, оснащенных стандартной учебной мебелью (столы и стулья для обучающихся; стол и стул для преподавателя; доска).

В образовательном процессе используется следующее лабораторное оборудование: базовый аппарат для изучения эффекта Холла, легированный донорной примесью германий на печатной плате, легированный акцепторной примесью германий на печатной плате, датчик магнитного поля  $\pm 2000$  мТл, катушка модели D на 600 витков, U-образный сердечник, пара полюсных наконечников и зажимных скоб для изучения эффекта Холла, трансформатор с выпрямителем, источник питания постоянного тока, автотрансформатор ЛАТР-2,5(10А), мультиметр, комплект измерительных катушек, вольтметр переменного тока GVT-417 В (2 шт.), два добавочных и одно эталонное сопротивление, ключ, осциллограф С1-112 (9800), образцовое сопротивление 1 Ом, регулировочный реостат.

Для организации образовательного процесса применяются технические средства обучения: экран мобильный Draper Consul 60x60" 152x152 (3146,40), проектор BenQ MX522P, мобильный ПК ACER"Aspire 5720-102G16Mi (32032), демонстрационный комплект (неттоп ROMBICA Blacrdird I3HX 121850 Intel Core i 312110, телевизор Hyundai HLED65BU7006 4K Ultra HD).

Для осуществления практической подготовки обучающихся при реализации дисциплины используются оборудование и технические средства обучения предприятия-заказчика.

Перечень помещений приведен в приложении 2 к договору о практической подготовке обучающихся, заключенному между университетом и предприятием-заказчиком.

Перечень оборудования предприятия-заказчика и (или) технических средств обучения:

- СЗМ SmartSPM-1000. ;
- ИК-спектрометр Nicolet 6700.

### **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 также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков. Текущий контроль успеваемости осуществляется в письменной форме: обучающийся письменно отвечает на вопросы, письменно выполняет практические задания. Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом использу-

ются 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
	измененных	замененных	аннулированных	новых			