Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ряполов Петр Алексеевич
Должность: декан ЕНФ
Дата подписания: 07.09.2026 11:53:56
Уникальный программный ключ:
efd3ecdbd183f7649d0e3a33c230c6662946c7c99039b2b268921fde408c1fb6

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Мультиферроики»

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 мультиферроиков – кристаллов, обладающих одновременно ферромагнитным (спонтанная намагниченность) и электрическим (спонтанная поляризация) упорядочением.

Задачи изучения дисциплины: изучение основных представлений о механизмах, определяющих доменную структуру и структуру доменных границах в мультиферроиках; формирование знаний о процессах намагничивания и поляризации мультиферроиков; формирование строгого научного мировоззрения специалиста, владеющего знаниями в области физики магнитных явлений и сегнетоэлектричества, и умеющего применить эти знания к различным магнитоэлектроупорядоченным структурам; формирование базовых общепрофессиональных представлений о теоретических основах процессов переполяризации сегнетоэлектриков, диэлектрического гистерезиса, физики магнитных явлений в сильномагнитных веществах (ферромагнетиках, ферритах); изучение квантовой природы магнетизма, энергетических соотношений в ферромагнетиках, обменного взаимодействия, магнитной анизотропии, доменной структуры мультиферроиков; формирование представлений о возможностях применения мультиферроиков в спинтронике.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины

- разрабатывает отдельные этапы карты технического уровня и качества композиционных материалов (ПК-2.1);
- составляет аналитические отчеты по материалам проведенных патентных исследований и литературных данных о производствах композиционных материалов (ПК-2.2);
- определяет параметры и интервалы измерения характеристик материалов, содержащих нанокомпоненты (ПК-5.1);
- оформляет протоколы результатов измерения характеристик композиционных материалов (ПК-5.3).

Разделы дисциплины

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

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Юго-Западный государственный университет

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

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

«31» 08 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Мультиферроики
(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» августа 2019 г. НТО и ПФ

(наименование кафедры, дата, номер протокола)

Зав. кафедрой _____ Кузько А.Е.

Разработчик программы

к.ф.-м.н., доцент _____ Кузько А.В.

(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 ПФ 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 ПФ 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 ПФ №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 ММиР N1 от 31.08.23
(наименование кафедры, дата, номер протокола)
Зав. кафедрой _____ /Ядуп С.Ф.

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 ММиР N1 от 30.08.24
(наименование кафедры, дата, номер протокола)
Зав. кафедрой _____ /Ядуп С.Ф.

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 2022 г.
на заседании кафедры ММиР N1 от 29.08.25г.
(наименование кафедры, дата, номер протокола)
Зав. кафедрой _____ /Ядуп С.Ф.

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 ММиР N1 от 31.08.26г
(наименование кафедры, дата, номер протокола)
Зав. кафедрой _____

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 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 мультиферроиков – кристаллов, обладающих одновременно ферромагнитным (спонтанная намагниченность) и электрическим (спонтанная поляризация) упорядочением.

1.2 Задачи дисциплины

- изучение основных представлений о механизмах, определяющих доменную структуру и структуру доменных границах в мультиферроиках,
- формирование знаний о процессах намагничивания и поляризации мультиферроиков,
- формирование строгого научного мировоззрения специалиста, владеющего знаниями в области физики магнитных явлений и сегнетоэлектричества, и умеющего применить эти знания к различным магнитоэлектроупорядоченным структурам.
- формирование базовых общепрофессиональных представлений о теоретических основах процессов переполяризации сегнетоэлектриков, диэлектрического гистерезиса, физики магнитных явлений в сильномагнитных веществах (ферромагнетиках, ферритах);
- изучение квантовой природы магнетизма, энергетических соотношений в ферромагнетиках, обменного взаимодействия, магнитной анизотропии, доменной структуры мультиферроиков;
- формирование представлений о возможностях применения мультиферроиков в спинтронике.

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*	*Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций*

код компетенции	*наименование компетенции*	*компетенции, закрепленного за дисциплиной*	
ПК-2	ПК-2 Способен составлять аналитические обзоры, научные отчеты, публикации результатов исследований в области микро- и наносистем	ПК-2.1 Разрабатывает отдельные этапы карты технического уровня и качества композиционных материалов	***Знать:*** - перспективы развития и научные достижения в области записи/считывания и хранения информации; - эффективные направления применения низкоразмерных магниторезистивных материалов и компонентов спинтроники; - базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве магнитных, сегнетоэлектрических и магнитоэлектрических материалов; ***Уметь:*** - применять методы анализа и обработки экспериментальных данных в систематизации научно-технической информации; - применять методы моделирования с целью эффективной оптимизации свойств магнитных, сегнетоэлектрических и магнитоэлектрических материалов; -применять современные методы исследования для синтеза и анализа магнитных, сегнетоэлектрических и магнитоэлектрических материалов; ***Владеть (****или* ***Иметь опыт деятельности):*** - навыками работы с математическим аппаратом квантовой механики, электродинамики и физики магнитных явлений, - методами численного моделирования процессов и явлений лежащих в основе функционирования магнитных материалов; - навыками расчета основных параметров магнитных, сегнетоэлектрических и магнитоэлектрических материалов;
		ПК-2.2 Составляет аналитические отчеты по материалам проведенных патентных исследований и лите-	***Знать:*** - основные понятия и методы математического аппарата квантовой механики, электродинамики и физики магнитных явле-

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*		
		ратурных данных о производствах композиционных материалов	ний; - типовые программные продукты для оформления отчетов лабораторных и практических работ и создания презентаций; - теоретические основы методов анализа и систематизации результатов измерений, объектами которых являются магнитные, сегнетоэлектрические и магнитоэлектрические материалы; ***Уметь:*** - применять математический аппарат квантовой механики для расчета параметров магнитных, сегнетоэлектрических и магнитоэлектрических материалов; - использовать типовые программные продукты для оформления отчетов лабораторных и практических работ; - использовать типовые программные продукты для создания презентаций; ***Владеть (****или* ***Иметь опыт деятельности):*** - навыками работы с типовыми программными продуктами, использующими аппарат квантовой механики, электродинамики и физики магнитных явлений; - навыками анализа и обработки экспериментальных данных, полученных при исследовании магнитных, сегнетоэлектрических и магнитоэлектрических материалов; - способностью подбора материала с заданными магнитными и сегнетоэлектрическими свойствами;
ПК-5	ПК-5 Способен измерять характеристики изделий из композици-	ПК-5.1 Определяет параметры и интервалы измерения харак-	***Знать:*** - математический аппарат электродинамики для моделирования

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*		
	онных материалов	теристик материалов, содержащих нано-компоненты	процессов и явлений, лежащих в основе функционирования материалов микро- и наносистемной техники; - модельные мультиферроики, классификацию диэлектрических и магнитных материалов по их электрическим и магнитным свойствам; - компьютерные средства обработки экспериментальных данных. ***Уметь:*** - применять методы моделирования с целью эффективной оптимизации свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники, - применять методы решения типовых задач для расчета свойств магнитоэлектрических материалов во внешних полях; - применять компьютерные технологии для анализа и обработки экспериментальных данных, ***Владеть (или Иметь опыт деятельности):*** - известными методиками физико-математического моделирования процессов и явлений, характерных для мультиферроиков и магнитоэлектрических материалов, - навыками предсказания поведения мультиферроиков и магнитоэлектрических материалов во внешних электрических и магнитных полях, - методами экспериментального исследования параметров и характеристик магнитных и диэлектрических материалов;

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-5.3 Оформляет протоколы результатов измерения характеристик композиционных материалов	***Знать:*** - правила оформления протоколов результатов измерений характеристик сегнетоэлектриков и ферромагнетиков - основные методы аппроксимации результатов изменений представленных в виде пар значений «воздействие - отклик» - возможности прикладного применения законов электрических и магнитных явлений; ***Уметь:*** - использовать типовые программные продукты для оформления результатов измерения характеристик композиционных материалов; - использовать типовые программные продукты для создания презентаций и корректного представления данных; - пользоваться словарями профессиональных терминов в области записывающих головок и считывающих ГМС сенсоров, нанотехнологии и микросистемной техники; ***Владеть (или Иметь опыт деятельности):*** - навыками написания и оформления рефератов; - навыками использования и цитирования научной литературы и публикаций при написании рефератов. - навыками работы с учебными пособиями и науными статьями в области применения магнитоэлектрического эффекта

2 Указание места дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Мультиферроики» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы – программы бакалавриата (специалитета, магистратуры) 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль, специализация) «Микро- и наносистемы». Дисциплина изучается на 4 курсе в 7,8 семестрах.

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 8 зачетных единиц (з.е.), 288 академических часов.

Таблица 3 - Объем дисциплины

Виды учебной работы	Всего, часов
Общая трудоемкость дисциплины	288
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего)	85,25
в том числе:	
лекции	34
лабораторные занятия	34
практические занятия	16
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	166,75
Контроль (подготовка к экзамену)	36
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
7 семестр		

1	Диэлектрические и магнитные свойства вещества	Сравнительные характеристики электрического и магнитного полей. Классификация материалов по электрическим и магнитным свойствам. Формальное сходство электрических и магнитных свойств материалов. Намагниченность и вектор поляризации, магнитная и диэлектрическая проницаемости, магнитная и диэлектрическая восприимчивости, единицы измерения.
2	Петля гистерезиса сегнетоэлектрика. Модельный сегнетоэлектрик $BaTiO_3$	Спонтанная поляризация. Температура Кюри сегнетоэлектрика. Сегнетоэлектрическимие домены. Остаточная поляризация. Коэрцитивная сила. Сегнетоэлектрический гистерезис.
3	Петля гистерезиса ферромагнетика.	Статические характеристики процесса намагничивания. Область начального намагничивания. Область Рэлея. Область наибольших проницаемостей. Область приближения к насыщению. Область парапроцесса. Динамические характеристики процесса намагничивания. Магнитная проницаемость ферромагнетика при динамическом намагничивании.
4	Структура и свойства магнитных материалов	Магнитомягкие материалы. Сплавы железа с кремнием. Сплавы железа с никелем. Сплавы железа с алюминием. Аморфные металлические сплавы на основе переходных металлов. Ферриты. Магнитожесткие материалы. Сплавы, магнитная жесткость которых обусловлена перестройкой их кристаллической решетки. Сплавы, магнитная жесткость которых вызвана выделением мелкокристаллических фаз. Магнитожесткие химические соединения. Интерметаллические соединения кобальта с редкоземельными металлами. Магнитожесткие материалы на основе соединений $R_2Fe_{14}B$.
5	Тензоры магнитной и диэлектрической проницаемости	Принцип Неймана. Преобразование осей. Преобразование векторов, описывающих физические свойства. Связь между векторными свойствами и симметрией кристалла. Тензоры 2-го ранга. Тензор магнитной восприимчивости. Тензор диэлектрической восприимчивости.
6	Магнитоэлектрический эффект.	Линейный магнитоэлектрический эффект. Тензор магнитоэлектрического эффекта. Эффект гигантской магнитоемкости. Практическое применение магнитоэлектрических материалов.
7	Модельный мультиферроик BiFeO3	Высокотемпературные мультиферроики и магнитоэлектрические материалы, перспективные для приложений. Перовскитоподобные мультиферроики. Феррит висмута.
8	Квантовая природа магнетизма, теоретические предпосылки спинтроники	Спин электрона и экспериментальные доказательства его существования. Правила сложения моментов импульса в квантовой механике. Полный момент импульса атома. Классификация атомных состояний. Магнитный момент атома. Множитель Ландé. Эффект Зеемана. ЭПР.
8 семестр		
9	Магнитоэлектрических материалы и их практическое применение	Магнитоэлектрических материалы и их практическое применение. Накопители информации на ферромагнитных дисках. Проблемы, возникшие при переходе в нанометровый диапазон.

10	Гигантский, туннельный и колоссальный магниторезистивный эффект	Гигантский магниторезистивный эффект Туннельный магниторезистивный эффект Колоссальный магниторезистивный эффект Магниторезистивные считывающие головки
11	Перспективные направления усовершенствования технологии записи/считывания информации на магнитных дисках	Технология "перпендикулярной записи" информации Технология с локальным нагревом участка записи Переход к отдельным доменам Использование поверхностных плазмонов
12	Магниторезистивная оперативная память с произвольным доступом. Элементарная ячейка новейшей магнитной памяти	Матричная организация МРОЗУ Оптимизированная структура ячейки МРОЗУ Функционирование МРОЗУ Дальнейшее совершенствование МРОЗУ
13	Основы спинтроники	Ферромагнитная элементная база спинтроники. Спиновый клапан Спин-вентильный транзистор Туннельный спин-вентильный транзистор Спин-транзистор с полупроводниковой базой Спиновой полевой транзистор Спинтронное реле
14	Спин-поляризованный электрический ток и спин-ток	Спин-поляризованный электрический ток Спин-ток Спин-поляризованный электрический ток и спин-ток "Чистый" спин-ток. Спин-движущая сила Прохождение спин-поляризованного тока сквозь контакт ферромагнетика с немагнитным проводником Прохождение спин-поляризованного тока сквозь контакт ферромагнетика с полупроводником Ферромагнитные полупроводники Спинтронные светодиоды Спинтронные аккумуляторы
15	Память с использованием СТП	Второе поколение магниторезистивной памяти Трековая память Спинтронные логические элементы 1-го поколения Логика на спиновых вентилях Логика на наномагнитах
16	Спинтронные логические элементы 2-го поколения	Логика на наномагнитах 2-го поколения Логика с использованием латерального СТП Логика с использованием однодоменного СТП Комбинирование спинтронной логики с КМДП схемами Логика с использованием нелокального СТП Магниторезистивная пороговая логика – новая наноэлектронная элементная база для нейрокомпьютеров

Таблица 4.1.2 –Содержание дисциплины и его методическое обеспечение

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Виды деятельности			Учебно-методические материалы	Формы текущего контроля успеваемости	Компетенции
		лек., час	№ лаб.	№ пр.			

						(по неделям семестра)	
1	2	3	4	5	6	7	8
7 семестр							
1	Диэлектрические и магнитные свойства вещества	2	1		У-1, МУ-1	ЛР-2 Т-2	ПК-2.2 ПК-5.3
2	Петля гистерезиса сегнетоэлектрика. Модельный сегнетоэлектрик $BaTiO_3$	2	2		У-1, МУ-1	ЛР-4 Т-4	ПК-2.2 ПК-5.3
3	Петля гистерезиса ферромагнетика.	2	3		У-1, МУ-1	ЛР-6 Т-6	ПК-5.1 ПК-5.3
4	Структура и свойства магнитных материалов	2	4		У-1, МУ-1	ЛР-8 Т-8	ПК-2.1 ПК-5.1
5	Тензоры магнитной и диэлектрической проницаемости	4			У-1	Т-10	ПК-2.2 ПК-5.3
6	Магнитоэлектрический эффект.	2			У-1	Т-12	ПК-5.1 ПК-5.3
7	Модельный мультиферроик BiFeO3	2			У-1, У-2	Р-14	ПК-2.2 ПК-5.3
8	Квантовая природа магнетизма, теоретические предпосылки спинтроники	2			У-1	Т-17	ПК-2.2
8 семестр							
9	Магнитоэлектрических материалы и их практическое применение	2	5	1	У-2, МУ-1, МУ-2	ЛР-2 ПР-2 Т-2	ПК-2.1 ПК-2.2
10	Гигантский, туннельный и колоссальный магниторезистивный эффект	2	6	2	У-2, МУ-1, МУ-2	ЛР-4 ПР-4 Т-4	ПК-5.1 ПК-5.3
11	Перспективные направления усовершенствования технологии записи/считывания информации на магнитных дисках	2	7	3	У-2, МУ-1, МУ-2	ЛР-6 ПР-6 Т-6	ПК-2.1 ПК-2.2
12	Магниторезистивная оперативная память с произвольным доступом. Элементарная ячейка новейшей магнитной памяти	2	8	4	У-2, МУ-1, МУ-2	ЛР-8 ПР-8 Т-8	ПК-2.2
13	Основы спинтроники	2		5	У-2, МУ-2	ПР-10 Т-10	ПК-2.2

14	Спин-поляризованный электрический ток и спин-ток	2		6	У-2, МУ-2	ПР-12 Т-12	ПК-2.2
15	Память с использованием СТП	2			У-2	Т-14	ПК-2.1 ПК-2.2
16	Спинтронные логические элементы 2-го поколения	2			У-2	Т-17	ПК-2.1 ПК-2.2

ПР –проверка решения задач, ЛР – защита лабораторной работы, Т – тест

4.2 Лабораторные работы и (или) практические занятия

4.2.1 Лабораторные работы

Таблица 4.2.1 – Лабораторные работы

№	Наименование лабораторного занятия	Объем, час
1	2	3
7 семестр		
1	Снятие кривой намагничения и петли гистерезиса вещества с помощью осциллографа в переменных магнитных полях	4
2	Исследование поляризации сегнетоэлектрика с помощью осциллографа	4
3	Изучение доменной структуры методом порошковых фигур	4
4	Измерение скорости распространения скачка Баркгаузена	6
Итого за 7 семестр		18
8 семестр		
5	Определение температуры фазового перехода «ферромагнетик-парамагнетик» индукционным методом	4
6	Электронный парамагнитный резонанс	4
7	Вращение плоскости поляризации в оптически активном диэлектрике под действием магнитного поля	4
8	Эффект Холла	4
Итого за 8 семестр		16
Итого		34

4.2.2 Практические занятия

Таблица 4.2.2 – Практические занятия

№	Наименование практического (семинарского) занятия	Объем, час
1	2	3
8 семестр		
1	Магнитные свойства вещества	4
2	Электрический диполь. Свойства диэлектриков	4
3	Принцип Неймана. Преобразование векторов, описывающих физические свойства кристаллов	2
4	Физические свойства сегнетоэлектрических кристаллов, описываемые тензором 2-го ранга	2
5	Физические свойства сегнетокристаллов, описываемые тензором 3-го ранга	2

6	Полярные и аксиальные тензоры. (Зависимость коэффициентов оптической активности от симметрии, эффект Холла, фотоупругость)	2
Итого		16

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
7 семестр			
1	Диэлектрические и магнитные свойства вещества	2 неделя	10
2	Петля гистерезиса сегнетоэлектрика. Модельный сегнетоэлектрик $BaTiO_3$	4 неделя	10
3	Петля гистерезиса ферромагнетика.	6 неделя	10
4	Структура и свойства магнитных материалов	8 неделя	10
5	Тензоры магнитной и диэлектрической проницаемости	10 неделя	8
6	Магнитоэлектрический эффект.	12 неделя	8
7	Модельный мультиферроик $BiFeO_3$	14 неделя	8
8	Квантовая природа магнетизма, теоретические предпосылки спинтроники	17 неделя	7,9
Итого за 7 семестр			71,9
8 семестр			
9	Магнитоэлектрических материалы и их практическое применение	2 неделя	12
10	Гигантский, туннельный и колоссальный магниторезистивный эффект	4 неделя	12
11	Перспективные направления усовершенствования технологии записи/считывания информации на магнитных дисках	6 неделя	12
12	Магниторезистивная оперативная память с произвольным доступом. Элементарная ячейка новейшей магнитной памяти	8 неделя	12
13	Основы спинтроники	10 неделя	12,85
14	Спин-поляризованный электрический ток и спин-ток	12 неделя	12
15	Память с использованием СТП	14 неделя	10
16	Спинтронные логические элементы 2-го поколения	17 неделя	12
Итого за 8 семестр			94,85
Итого			166,75

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;

– тем рефератов;

– вопросов к зачету;

–методических указаний к выполнению лабораторных 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. 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 (темы лекции, практического	Используемые интер-	Объем,

	или лабораторного занятия)	активные образовательные технологии	час.
8 семестр			
1	Практическое занятие: «Магнитные свойства вещества»	Разбор конкретных ситуаций	2
2	Практическое занятие: «Электрический диполь. Свойства диэлектриков»	Разбор конкретных ситуаций	2
3	Практическое занятие: «Принцип Неймана. Преобразование векторов, описывающих физические свойства кристаллов»	Разбор конкретных ситуаций	2
4	Практическое занятие: «Физические свойства сегнетоэлектрических кристаллов, описываемые тензором 2-го ранга»	Разбор конкретных ситуаций	2
Итого			8

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 ра-

боты – 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

<table>
<tr><td rowspan="2">Код и наименование компетенции</td><td colspan="3">Этапы* формирования компетенций
и дисциплины (модули) и практики, при изучении/ прохождении которых формируется данная компетенция</td></tr>
<tr><td>начальный</td><td>основной</td><td>завершающий</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td rowspan="2">ПК-2.1 Разрабатывает отдельные этапы карты технического уровня и качества композиционных материалов</td><td colspan="3">Мультиферроики
Нано- и микродисперсные магнитные системы</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>Производственная эксплуатационная практика</td></tr>
<tr><td>ПК-2.2 Составляет аналитические отчеты по материалам проведенных патентных исследований и литературных данных о производствах композиционных материалов</td><td colspan="2">Основы научных исследований
Основы инженерного творчества</td><td>Мультиферроики
Нано- и микродисперсные магнитные системы</td></tr>
<tr><td rowspan="3">ПК-5.1 Определяет параметры и интервалы измерения характеристик материалов, содержащих нанокомпоненты</td><td colspan="2">Электронная микроскопия</td><td rowspan="2">Квантовая и оптическая электроника
Мультиферроики
Производственная эксплутационная практика</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td>Рентгеноструктурный анализ наноматериалов</td></tr>
<tr><td colspan="2">Материаловедение (основы, композиционные и наноструктурированные материалы)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">ПК-5.3 Оформляет протоколы результатов измерения характеристик композиционных материалов</td><td colspan="2">Электронная микроскопия</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td>Рентгеноструктурный анализ наноматериалов</td><td>Квантовая и оптическая электроника
Мультиферроики
Производственная эксплутационная практика</td></tr>
<tr><td colspan="2">Материаловедение (основы, композиционные и наноструктурированные материалы)</td></tr>
</table>

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-2/ начальный, основной, завершающий	ПК-2.1 Разрабатывает отдельные этапы карты технического уровня и качества композиционных материалов	Знать: - перспективы развития и научные достижения в области записи/считывания и хранения информации; Уметь: - применять методы анализа и обработки экспериментальных данных в систематизации научно-технической информации;	Знать: - перспективы развития и научные достижения в области записи/считывания и хранения информации; - эффективные направления применения низкоразмерных магниторезистивных материалов и компонентов спинтроники; Уметь: - применять методы анализа и обработки экспериментальных данных в систематизации научно-технической информации; - применять методы	Знать: - перспективы развития и научные достижения в области записи/считывания и хранения информации; - эффективные направления применения низкоразмерных магниторезистивных материалов и компонентов спинтроники; - базовые технологические процессы и оборудование, применяемые в производстве магнитных, сегнетоэлектрических и магнитоэлектрических материалов; Уметь: - применять методы анализа и обработки экспериментальных данных в систематизации научно-технической информации;

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
			моделирования с целью эффективной оптимизации свойств магнитных, сегнетоэлектрических и магнитоэлектрических материалов;	- применять методы моделирования с целью эффективной оптимизации свойств магнитных, сегнетоэлектрических и магнитоэлектрических материалов; -применять современные методы исследования для синтеза и анализа магнитных, сегнетоэлектрических и магнитоэлектрических материалов;
		Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками работы с математическим аппаратом квантовой механики, электродинамики и физики магнитных явлений,	Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками работы с математическим аппаратом квантовой механики, электродинамики и физики магнитных явлений, - методами численного моделирования процессов и явлений лежащих в основе функционирования магнитных материалов;	Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками работы с математическим аппаратом квантовой механики, электродинамики и физики магнитных явлений, - методами численного моделирования процессов и явлений лежащих в основе функционирования магнитных материалов; - навыками расчета основных параметров магнитных, сегнетоэлектрических и магнитоэлектрических материалов;

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-2.2 Составляет аналитические отчеты по материалам проведенных патентных исследований и литературных данных о производствах композиционных материалов	Знать: - основные понятия и методы математического аппарата квантовой механики, электродинамики и физики магнитных явлений; Уметь: - применять математический аппарат квантовой механики для расчета параметров магнитных, сегнетоэлектрических и магнитоэлектрических материалов	Знать: - основные понятия и методы математического аппарата квантовой механики, электродинамики и физики магнитных явлений; - типовые программные продукты для оформления отчетов лабораторных и практических работ и создания презентаций; Уметь: - применять математический аппарат квантовой механики для расчета параметров магнитных, сегнетоэлектрических и магнитоэлектрических материалов; - использовать типовые программные продукты для	Знать: - основные понятия и методы математического аппарата квантовой механики, электродинамики и физики магнитных явлений; - типовые программные продукты для оформления отчетов лабораторных и практических работ и создания презентаций; - теоретические основы методов анализа и систематизации результатов измерений, объектами которых являются магнитные, сегнетоэлектрические и магнитоэлектрические материалы; Уметь: - применять математический аппарат квантовой механики для расчета параметров магнитных, сегнетоэлектрических и магнитоэлектрических материалов; - использовать типовые программные продукты для оформления отчетов

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
			оформления отчетов лабораторных и практических работ;	лабораторных и практических работ; - использовать типовые программные продукты для создания презентаций;
		Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками работы с типовыми программными продуктами, использующими аппарат квантовой механики, электродинамики и физики магнитных явлений;	Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками работы с типовыми программными продуктами, использующими аппарат квантовой механики, электродинамики и физики магнитных явлений; - навыками анализа и обработки экспериментальных данных, полученных при исследовании магнитных, сегнетоэлектрических и магнитоэлектрических материалов;	Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками работы с типовыми программными продуктами, использующими аппарат квантовой механики, электродинамики и физики магнитных явлений; - навыками анализа и обработки экспериментальных данных, полученных при исследовании магнитных, сегнетоэлектрических и магнитоэлектрических материалов; - способностью подбора материала с заданными магнитными и сегнетоэлектрическими свойствами;
ПК-5/ завершающий	ПК-5.1 Определяет параметры и интервалы измерения характеристик материа-	Знать: - математический аппарат электродинамики для моделирования процессов и явлений, лежащих	Знать: - математический аппарат электродинамики для моделирования процессов и явлений, лежащих	Знать: - математический аппарат электродинамики для моделирования процессов и явлений, лежащих в

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
	лов, содержащих нанокомпоненты	в основе функционирования материалов микро- и наносистемной техники; Уметь: - применять методы моделирования с целью эффективной оптимизации свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники,	в основе функционирования материалов микро- и наносистемной техники; - модельные мультиферроики, классификацию диэлектрических и магнитных материалов по их электрическим и магнитным свойствам; Уметь: - применять методы моделирования с целью эффективной оптимизации свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники, - применять методы решения типовых задач для расчета свойств магнитоэлектрических материалов во внешних полях;	основе функционирования материалов микро- и наносистемной техники; - модельные мультиферроики, классификацию диэлектрических и магнитных материалов по их электрическим и магнитным свойствам; - компьютерные средства обработки экспериментальных данных. Уметь: - применять методы моделирования с целью эффективной оптимизации свойств материалов и компонентов нано- и микросистемной техники, - применять методы решения типовых задач для расчета свойств магнитоэлектрических материалов во внешних полях; - применять компьютерные технологии для анализа и обработки экспериментальных данных,

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): - известными методиками физико-математического моделирования процессов и явлений, характерных для мультиферроиков и магнитоэлектрических материалов,	Владеть (или Иметь опыт деятельности): - известными методиками физико-математического моделирования процессов и явлений, характерных для мультиферроиков и магнитоэлектрических материалов, - навыками предсказания поведения мультиферроиков и магнитоэлектрических материалов во внешних электрических и магнитных полях,	Владеть (или Иметь опыт деятельности): - известными методиками физико-математического моделирования процессов и явлений, характерных для мультиферроиков и магнитоэлектрических материалов, - навыками предсказания поведения мультиферроиков и магнитоэлектрических материалов во внешних электрических и магнитных полях, - методами экспериментального исследования параметров и характеристик магнитных и диэлектрических материалов;
	ПК-5.3 Оформляет протоколы результатов измерения характеристик композиционных материалов	Знать: - правила оформления протоколов результатов измерений характеристик сегнетоэлектриков и ферромагнетиков	Знать: - правила оформления протоколов результатов измерений характеристик сегнетоэлектриков и ферромагнетиков - основные методы аппроксимации результатов изменений представленных в виде пар значений «воздействие	Знать: - правила оформления протоколов результатов измерений характеристик сегнетоэлектриков и ферромагнетиков - основные методы аппроксимации результатов изменений представленных в виде пар значений «воздействие - от-

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
			- отклик»	клик» - возможности прикладного применения законов электрических и магнитных явлений;
		Уметь: - использовать типовые программные продукты для оформления результатов измерения характеристик композиционных материалов;	Уметь: - использовать типовые программные продукты для оформления результатов измерения характеристик композиционных материалов; - использовать типовые программные продукты для создания презентаций и корректного представления данных;	Уметь: - использовать типовые программные продукты для оформления результатов измерения характеристик композиционных материалов; - использовать типовые программные продукты для создания презентаций и корректного представления данных; - пользоваться словарями профессиональных терминов в области записывающих головок и считывающих ГМС сенсоров, нанотехнологии и микросистемной техники;
		Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками написания и оформления рефератов;	Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками написания и оформления рефератов; - навыками использования и цитиро-	Владеть (или Иметь опыт деятельности): - навыками написания и оформления рефератов; - навыками использования и цитирова-

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
			вания научной литературы и публикаций при написании рефератов.	ния научной литературы и публикаций при написании рефератов. - навыками работы с учебными пособиями и науными статьями в области применения магнитоэлектрического эффекта

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
7 семестр						
1.	Диэлектрические и магнитные свойства вещества	ПК-2.2 ПК-5.3	лекция, лабораторная работа СРС	отчет по лабораторной работе	1	согласно табл 7.2
				БТЗ	1-12	
2.	Петля гистерезиса сегнетоэлектрика. Модельный сегнетоэлектрик $BaTiO_3$	ПК-2.2 ПК-5.3	лекция, лабораторная работа СРС	отчет по лабораторной работе	2	согласно табл 7.2
				БТЗ	13-24	

3.	Петля гистерезиса ферромагнетика	ПК-5.1 ПК-5.3	лекция, лабораторная работа СРС	отчет по лабораторной работе	3	согласно табл 7.2
				БТЗ	25-36	
4.	Структура и свойства магнитных материалов	ПК-2.1 ПК-5.1	лекция, лабораторная работа СРС	отчет по лабораторной работе	4	согласно табл 7.2
				БТЗ	37-48	
5.	Тензоры магнитной и диэлектрической проницаемости	ПК-2.2 ПК-5.3	лекция, СРС	БТЗ	49-70	согласно табл 7.2
6.	Магнитоэлектрический эффект.	ПК-5.1 ПК-5.3	лекция, СРС	БТЗ	71-85	согласно табл 7.2
7.	Модельный мультиферроик BiFeO3	ПК-2.2 ПК-5.3	лекция, СРС	защита реферата	1-26	согласно табл 7.2
8.	Квантовая природа магнетизма, теоретические предпосылки спинтроники	ПК-2.2	лекция, СРС	БТЗ	86-100	согласно табл 7.2
8 семестр						
9.	Магнитоэлектрических материалы и их практическое применение	ПК-2.1 ПК-2.2	лекция, практическое занятие, лабораторная работа СРС	отчет по лабораторной работе	5	согласно табл 7.2
				отчет по практике	2	
				БТЗ	1-12	
10.	Гигантский, туннельный и колоссальный магниторезистивный эффект	ПК-5.1 ПК-5.3	лекция, практическое занятие, лабораторная работа СРС	отчет по лабораторной работе	6	согласно табл 7.2
				отчет по практике	3	
				БТЗ	13-24	
11.	Перспективные направления усовершенствования технологии записи/считывания информации на магнитных дисках	ПК-2.1 ПК-2.2	лекция, практическое занятие, лабораторная работа СРС	отчет по лабораторной работе	7	согласно табл 7.2
				отчет по практике	4	
				БТЗ	25-36	

12.	Магниторезистивная оперативная память с произвольным доступом. Элементарная ячейка новейшей магнитной памяти	ПК-2.2	лекция, практическое занятие, лабораторная работа СРС	отчет по лабораторной работе	8	согласно табл 7.2
				отчет по практике	4	
				БТЗ	37-48	
13.	Основы спинтроники	ПК-2.2	лекция, практическое занятие, СРС	отчет по практике	5	согласно табл 7.2
				БТЗ	49-60	
14.	Спин-поляризованный электрический ток и спин-ток	ПК-2.2	лекция, практическое занятие, СРС	отчет по практике	6	согласно табл 7.2
				БТЗ	61-72	
15.	Память с использованием СТП	ПК-2.1 ПК-2.2	лекция, СРС	БТЗ	73-84	согласно табл 7.2
16.	Спинтронные логические элементы 2-го поколения	ПК-2.1 ПК-2.2	лекция, СРС	БТЗ	85-100	согласно табл 7.2

БТЗ – банк вопросов и заданий в тестовой форме.

Примеры типовых контрольных заданий для проведения текущего контроля успеваемости

Вопросы в тестовой форме по теме «Магниторезисторы»

1.1. Для чего предназначен GMR сенсор?:

а) для считывания информации;

б) для записи информации;

в) для записи/считывания информации

г) для экранирования поля магнитопровода

1.2. Магниторезистивная головка считывания - …

а) это резистор, сопротивление которого изменяется в зависимости от напряженности магнитного поля;

б) транзистор, упраляющий током в зависимости от намагниченности домена

в) полупроводниковый диод, пропускающий ток в зависимости от внешнего магнитного поля

г) постоянный магнит, препятствующий проникновению магнитного потока?

1.3. Гигантское магнетосопротивление (ГМС)

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

б) 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.

в) физическая величина, характеризующая свойства проводника препятствовать прохождению электрического тока и равная отношению напряжения на концах проводника к силе тока, протекающего по нему

г) собственный момент импульса элементарных частиц, имеющий квантовую природу и не связанный с перемещением частицы как целого

1.4. Эффект туннельного магнетосопротивления используется для создания оперативной памяти

а) MRAM

б) Флеш-памяти

в) DRAM

г) FRAM

д) HAMR

1.5. 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.

Типовые задачи

1. Диэлектрическая восприимчивость χ газообразного аргона при нормальных условиях равна $5{,}54 \cdot 10^{-4}$. Определить диэлектрические проницаемости ε_1 и ε_2 жидкого (ρ_1 = 1,40 г/см^3) и твердого (ρ_2= 1,65 г/см^3) аргона.

2. Висмутовый шарик радиусом R=1 см помещен в однородное магнитное поле (B_0=0,5 Тл). Определить магнитный момент p_m приобретенный шариком, если магнитная восприимчивость χ висмута равна $-1{,}5*10^{-4}$.

Темы рефератов

1. Магнитоэлектрический эффект. Тензор магнитоэлектрической восприимчивости.
2. Магнитоэлектрические материалы. Практическое применение магнитоэлектрических материалов.
3. «Монолитные» магниторезисторы.
4. «Пленочные» магниторезисторы
5. Применение магниторезисторов
6. Магнитоэлектронные воспроизводящие и считывающие головки
7. Тонкопленочная магнитная головка с магниторезистивным элементом
8. Тонкопленочная магнитная головка с многовитковой обмоткой
9. Комбинированные магнитные головки
10. Мультиферроики и магнитоэлектрические явления в них.
11. Магнитоэлектрические свойства интерфейсов. Доменные границы.
12. Перовскитоподобные мультиферроики. Мультиферроик BiFeO3. Симметрийный подход к описанию сегнетоэлектрических, магнитных и магнитоэлектрических свойств феррита висмута.
13. Электрическое переключение магнитного состояния в пленках феррита висмута, использовании пленок феррита висмута в элементах сегнетоэлектрической оперативной памяти FRAM
14. Электрически переключаемые постоянные магниты.
15. Сенсоры магнитного поля.
16. Устройства магнитной памяти и спиновой электроники
17. Устройства СВЧ техники, магноники и магнитофотоники.
18. Беспроводная передача энергии и энергосберегающие технологии
19. Классификация методов записи информации для ЭВМ.
20. Процессы переполяризации сегнетоэлектриков. Диэлектрический гистерезис.
21. Намагниченность, магнитная проницаемость, магнитная восприимчивость, единицы измерения.
22. Явление гистерезиса, коэрцитивная сила, остаточная намагниченность, намагниченность насыщения.

23. Антиферромагнетизм. Магнитные подрешетки.
24. Структура и свойства магнитных материалов.
25. Магнитомягкие материалы. Магнитожесткие материалы.
26. Магнитные материалы, используемые для магнитной записи и хранения информации.

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

Типовые задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета и экзамена. Экзамен проводится в виде бланкового и/или компьютерного тестирования.

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.

Умения, навыки (или опыт деятельности) 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

Задание в закрытой форме:

1. Для чего предназначен GMR сенсор?

а) для считывания информации;

б) для записи информации;

в) для записи/считывания информации

г) для экранирования поля магнитопровода

2. Магниторезистивная головка считывания - …

а) это резистор, сопротивление которого изменяется в зависимости от напряженности магнитного поля;

б) транзистор, упраляющий током в зависимости от намагниченности домена

в) полупроводниковый диод, пропускающий ток в зависимости от внешнего магнитного поля

г) постоянный магнит, препятствующий проникновению магнитного потока?

3. Гигантское магнетосопротивление (ГМС)

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

б) 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.

в) физическая величина, характеризующая свойства проводника препятствовать прохождению электрического тока и равная отношению напряжения на концах проводника к силе тока, протекающего по нему

г) собственный момент импульса элементарных частиц, имеющий квантовую природу и не связанный с перемещением частицы как целого

Задание в открытой форме:

1. Что называют мультиферроиками?

2. 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,

Расставьте типы магнитных материалов в порядке увеличения их магнитной проницаемости: диамагнетик, парамагнетик, ферромагнетик.

Компетентностно-ориентированная задача:

1. Узкий пучок атомов серебра при прохождении неоднородного ($\frac{\partial B}{\partial z}$ = 1кТл/м) магнитного поля протяженностью l1 = 4 см расщепился на два пучка. Экран для наблюдения удален от границы магнитного поля на расстояние l2 = 10 см (рис. 3.2). Определить (в магнетонах Бора $\mu_Б = \frac{e\hbar}{2m} = 0{,}927 \cdot 10^{-23}\, Дж / Тл$) проекции μ_z магнитного момента атома на направление вектора магнитной индукции, если расстояние b между компонентами расщепленного пучка на экране равно 2 мм и атомы серебра обладают скоростью v = 500 м/с.

2. Какие ненулевые компоненты вектора, описывающего физическое свойство, возможны в кристалле, имеющем плоскость симметрии, проходящую параллельно *Z* через биссектрису угла между осями *X* и *Y*?

3. Учитывая формулу преобразования компонент тензора при заданной матрице направляющих косинусов, характеризующих преобразование осей координат $k'_{pq} = c_{pn} c_{qi} k_{ni}$ и обратно $k_{ni} = c_{pn} c_{qi} k'_{pq}$, запишите полное выражение k_{12} через k'_{pq}?

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 Обалльно-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
7 семестр				
Лабораторная работа № 1 (Снятие кривой намагничения и петли гистерезиса вещества с помощью осциллографа в переменных магнитных полях)	3	Выполнил, но «не защитил»	6	Выполнил и «защитил»

Лабораторная работа № 2 (Исследование поляризации сегнетоэлектрика с помощью осциллографа)	3	Выполнил, но «не защитил»	6	Выполнил и «защитил»
Лабораторная работа № 3 (Изучение доменной структуры методом порошковых фигур)	3	Выполнил, но «не защитил»	6	Выполнил и «защитил»
Лабораторная работа № 4 (Измерение скорости распространения скачка Баркгаузена)	3	Выполнил, но «не защитил»	6	Выполнил и «защитил»
СРС	12		24	
Итого	24		48	
Посещаемость	0		16	
Зачет	0		36	
Итого	24		100	
8 семестр				
Лабораторная работа № 5 (Определение температуры фазового перехода «ферромагнетик-парамагнетик» индукционным методом)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил»
Лабораторная работа № 6 (Электронный парамагнитный резонанс)	2	Выполнил, но «не защитил»	4	Выполнил и «защитил»
Лабораторная работа № 7 (Вращение плоскости поляризации в оптически активном диэлектрике под действием магнитного поля)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил»
Лабораторная работа № 8 (Эффект Холла)	2	Выполнил, но «не защитил»	4	Выполнил и «защитил»
Практическое занятие № 1 (Магнитные свойства вещества)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил»
Практическое занятие № 2 (Электрический диполь. Свойства диэлектриков)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил»
Практическое занятие № 3 (Принцип Неймана. Преобразование векторов, описывающих физические свойства кристаллов)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил»
Практическое занятие № 4 (Физические свойства сегнетоэлектрических кристаллов, описываемые тензором 2-го ранга)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил»
Практическое занятие № 5 (Физические свойства сегнетокристаллов, описываемые тензором 3-го ранга)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил»
Практическое занятие № 6 (Полярные и аксиальные тензоры. (Зависимость коэффициентов оптической активности от симметрии, эффект Холла, фотоупругость)	1	Выполнил, но «не защитил»	2	Выполнил и «защитил»

СРС	12		24	
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. Алешкевич, В. А. Электромагнетизм [Электронный ресурс] : учебник / В. А. Алешкевич. - М. : Физматлит, 2014. - 404 с. – Режим доступа : http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275299.

2. Войтович, И. Д. Наноэлектронная элементная база информатики на основе полупроводников и ферромагнетиков [Электронный ресурс] : учебное пособие / И. Д. Войтович, В. М. Корсунский. - М. : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. – 457 с. - Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429108.

8.2 Дополнительная учебная литература

3. Магнитные материалы микро- и наноэлектроники :учеб. пособие / А. Л. Семенов, А. А. Гаврилюк, Н. К. Душутин, Ю. В. Ясюкевич. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. –147 с.

4. Марков, В. Ф. Материалы современной электроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. Ф. Марков, Х. Н. Мухамедзянов, Л. Н. Маскаева. - Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014. - 272 с. - Режим доступа : http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275825

5. Семенов, А. Л. Магнитные материалы микро- и наноэлектроники [Текст]: учебное пособие / А. Л. Семенов, А. А. Гаврилюк, Н. К. Душутин, Ю. В. Ясюкевич. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. – 147 с.

6. Чертов, А. Г. Задачник по физике [Текст]: учебное пособие / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. – М.: Издательство Физико-математической литературы, 2001. – 640 с.

7. Суздалев, И. П. Электрические и магнитные переходы в нанокластерах и наноструктурах [Текст]: монография / И. П. Суздалев. – М.: URSS, 2012. – 480 с.

8. Поплавко, Ю. М. Физика активных диэлектриков [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. М. Поплавко, Л. П. Переверзева, И. П. Раевский, под ред. В. П. Сахненко. - Ростов-н/Д : Издательство Южного федерального университета, 2009. - 480 с. - Режим доступа : http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240943

9. Вонсовский С. В. Магнетизм [Текст]: учебное пособие / С. В. Вонсовский. - М.: Наука, 1971. - 1032 с.

10. Суздалев, И. П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст]: учебное пособие / И. П. Суздалев. - М.: КомКнига, 2006. - 592 с.

11. Аплеснин С. С. Основы спинтроники [Текст]: учебное пособие / С. С. Аплеснин. - СПб.: Лань, 2010. - 288 с.

12. Аплеснин С. С. Магнитные и электрические свойства сильнокоррелированных магнитных полупроводников с четырехспиновым взаимодействием и с орбитальным упорядочением [Текст] : монография / С. С. Аплеснин. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 176 с.

13. Аплеснин, С. С. Магнитные и электрические свойства сильнокоррелированных магнитных полупроводников с четырехспиновым взаимодействием и с орбитальным упорядочением [Электронный ресурс]: монография / С. С. Аплеснин. - М. : Физматлит, 2013. - 172 с. - Режим доступа : http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275465

8.3 Перечень методических указаний

1. Мультиферроики [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.В. Кузько, А.Е. Кузько, А.В. Куценко, О.Ю Черных. – Курск: ЮЗГУ, 2017. - 62 с.

2. Мультиферроики [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению практических работ для студентов направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.В. Кузько. – Курск: ЮЗГУ, 2017. - 26 с.

3. Мультиферроики [Электронный ресурс]: методические рекомендации для самостоятельной работы студентов направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.В. Кузько. - Курск: ЮЗГУ, 2017. - 13 с.

8.4 Другие учебно-методические материалы

Отраслевые научно-технические журналы в библиотеке университета:

Нанотехнологии: наука и производство

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

1. http://www.strf.ru/ - Интернет- издание «Наука и технологии России – strf.ru»
2.http://www.nanometer.ru/ -сайт "Нанометр"
3. http://www.rusnano.com/ - Группа РОСНАНО
4. http://thesaurus.rusnano.com- Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов.
5. http://biblioclub.ru - Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн».
6. https://phys.org/ - новости науки, исследований и технологий (press release on-line).
7. http://www.consultant.ru - Официальный сайт компании «Консультант Плюс».
8. http://window.edu.ru - Единое окно доступа к образовательным ресурсам.

10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными видами аудиторной работы студента при изучении дисциплины «Мультиферроики» являются лекции, практические и лабораторные 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 лекции студент должен внимательно слушать и конспектировать материал.

Изучение наиболее важных тем или разделов дисциплины завершают лабораторные занятия, 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 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.

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

Качество учебной работы студентов преподаватель оценивает по результатам тестирования, собеседования, защиты отчетов по лабораторным работам, а также по результатам докладов.

Преподаватель уже на первых занятиях объясняет студентам, какие формы обучения следует использовать при самостоятельном изучении дисциплины «Муль-

тиферроики»: конспектирование учебной литературы и лекции, составление словарей понятий и терминов и т. п.

В процессе обучения преподаватели используют активные формы работы со студентами: чтение лекций, привлечение студентов к творческому процессу на лекциях, отработку студентами пропущенных лекций, 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 закрепления 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 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 по вопросам дисциплины «Мультиферроики» с целью освоения и закрепления компетенций.

Основная цель самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Мультиферроики» - закрепить теоретические знания, полученные в процессе лекционных 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)

Libreoffice операционная система Windows
Антивирус Касперского (или ESETNOD)

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

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и лаборатории кафедры нано-технологии и инженерной физики, оснащенная учебной мебелью: столы, стулья для обучающихся; стол, стул для преподавателя; доска. Экран мобильный Draper Consul 60x60" 152x152 (3146,40), проектор BenQ MX522P. Мобильный ПК ACER"Aspire 5720-102G16Mi (32032). Экран настенный 150x150, мульдимедийный проектор MW533. Лабораторная установка "Электронный парамагнит-

ный резонанс". Лабораторная установка "Эффект Фарадея". Лабораторная установка "Эффект Холла в полупроводниках". Осциллограф С1-112 (9800), автотрансформатор ЛАТР-2,5(10А), потенциометр Р 363/1 Харьков м/с Приборы ПО-159, исследуемый сегнетоконденсатор, эталонный конденсатор, вольтметр переменного тока GVT-417 B (2 шт), мультиметр FLUKE-15b (2 шт.), комплект измерительных катушек, образцовое сопротивление 1 Ом, регулировочный реостат, источник питания Matrix MPS-7061 (19500), микроскоп MST-131 Москва Главснаб ПО-73, образец тонкой ферромагнитной пленки, магнитная суспензия. Плитка нагревательная C-Mag HP 7. Штатив лабораторный ПЭ-2700,Экрос. ПВЭМ тип 3 (Asus-P7P55LX-/DD34096Mb/Coreei5760/SATA-11 1TB Samsung/PCI-E 512Mb Монитор TFT Wide 23)

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 тифлосурдопереводчиков. 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), ока-

зывающего 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
	изменённых	заменённых	аннулированных	новых			