

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 13.09.2022 14:54:00  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Тверской государственной университет»

Физико-технический факультет



Утверждаю:

Руководитель ООП

Пастушенков Ю.Г.

«31» 09 2017

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

**Микромагнетизм**

Квалификация

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Направление подготовки

**03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ**

специальность

**01.04.11 – Физика магнитных явлений**

Для аспирантов 2 года обучения

Составитель: д.ф-м.н., профессор Пастушенков Ю.Г.

## **I. Аннотация**

### **1. Наименование дисциплины (или модуля) в соответствии с учебным планом**

«Микромагнетизм».

### **2. Цель и задачи дисциплины (или модуля)**

*Целью* изучения дисциплины «Микромагнетизм» является освоение одного из наиболее эффективных современных методов анализа структурно-чувствительных характеристик магнитных материалов, позволяющего выполнять анализ природы высококоэрцитивного состояния магнитных материалов и целенаправленно формировать заданные свойства новых функциональных материалов.

*Задачей* освоения дисциплины является овладение знаниями, умениями и навыками в рамках микромагнитного подхода к решению актуальных практических задач физики магнитных явлений.

### **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина является дисциплиной по выбору вариативной части направления подготовки 03.06.01 – Физика и Астрономия, направленность 01.04.01 – Физика магнитных явлений. Дисциплина изучается на втором году обучения и имеет логические и содержательно – методические взаимосвязи с обязательными дисциплинами и дисциплинами по выбору вариативной части ООП. Для освоения дисциплины от слушателей требуются предварительные знания и навыки из курсов направления подготовки магистратуры 03.04.02 «Физика» Дисциплина «Микромагнетизм» подготавливает аспирантов к сдаче кандидатского минимума по специальности.

**4. Общая трудоемкость дисциплины** составляет 3 зач. ед., 108 академических часов, в том числе контактная работа: Лекции 4 час., практические занятия – 4 час, самостоятельная работа 100 часов.

### **5. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

<b>Планируемые результаты освоения образовательной программы (Формируемые компетенции)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине</b>
--	--

<p>ОПК-1</p> <p>способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p><b>Владеть:</b> информационными технологиями, с помощью которых возможно получение новых знаний, необходимых для коммуникации в научной и производственной сферах деятельности.</p> <p><b>Уметь</b> использовать знания современных проблем физики конденсированного состояния и ее новейших достижений в своей научно-исследовательской деятельности, оценивать и выбирать материал с соответствующими физическими характеристиками, необходимыми для решения технических и научно-исследовательских задач физики конденсированного состояния.</p> <p><b>Знать:</b> основы построения научных статей и научно-технической документации</p>
<p>ПК-1</p> <p>способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта</p>	<p><b>Владеть</b> постановкой научной задачи физики конденсированного состояния и умением решать их с помощью современной аппаратуры и зарубежного опыта.</p> <p><b>Знать</b> основные понятия и теоретические основы физики конденсированного состояния, современное состояние научных исследований в данной области.</p>

**6. Форма промежуточной аттестации** зачет

**7. Язык преподавания** русский.

## II. Структура дисциплины

### 1. Структура дисциплины для студентов очной и заочной формы обучения

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа (час.)
1.История возникновения микромагнитного подхода в теории магнетизма. Терминология, предмет исследования, основные направления, микромагнитные задачи. 2.Постановка задачи микромагнетизма. Уравнения Брауна. 3.Линеаризованные уравнения Брауна. Применение линеаризованных уравнений. Анализ процесса перемагничивания цилиндрических ферромагнитных частиц. 4.Магнитная доменная структура. Задача о доменной границе. Типы доменных границ. Основные микромагнитные параметры магнетиков. 5.Магнитная структура мелких ферромагнитных частиц. Однодоменное состояние. Понятие абсолютной однодоменности. 6.Микромагнитное описание петель гистерезиса. Петли гистерезиса материалов с задержкой образования и роста доменов обратного знака и с задержкой смещения доменных границ, сравнение результатов расчетов с экспериментом. 7.Микромагнитное описание гистерезисных свойств новых функциональных материалов, в том числе наноструктурных и композиционных.	108	4	4	100
<b>ИТОГО:</b>	<b>108</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>100</b>

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

– Вопросы зачету.

### IV. Фонды оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Контроль сформированности компетенции осуществляется с помощью оценочных средств на основе критериев, которые разрабатываются с целью выявления соответствия этапов освоения компетенции планируемым результатам обучения (см. карту компетенций).

**1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ОПК-1 «Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий».**

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
<p>Промежуточный</p> <p><b>Владеть:</b> информационными технологиями, с помощью которых возможно получение новых знаний, необходимых для коммуникации в научной и производственной сферах деятельности.</p> <p><b>Уметь</b> использовать знания современных проблем физики магнитных явлений и ее новейших достижений в своей научно-исследовательской деятельности, оценивать и выбирать материал с соответствующими физическими характеристиками, необходимыми для решения технических и научно-исследовательских задач физики магнитных явлений.</p> <p><b>Знать:</b> основы построения научных статей и научно-технической документации</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Доменная граница Блоха.</li> <li>2. Микромагнитное описание петель гистерезиса.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тема актуальна и сформулирована грамотно – 1 балл;</li> <li>• корректно использован понятийный аппарат; продемонстрирован большой лексический запас, логичность и ясность изложения – 2 балла;</li> <li>• использованы публикации последних лет – 1 балл;</li> <li>• определена позиция автора; предложен и аргументирован собственный взгляд на проблему – 2 балл;</li> </ul>

**1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-1 «Способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта».**

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
<p>промежуточный</p> <p><b>Владеть</b> постановкой научных задач физики магнитных явлений и умением решать их с помощью современной аппаратуры и зарубежного опыта.</p> <p><b>Знать:</b> основные понятия и теоретические основы физики магнитных явлений, современное состояние научных исследований в данной области.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Однодоменное состояние.</li> <li>2. Понятие абсолютной однодоменности.</li> <li>3. Теоретический предел энергетического произведения постоянного магнита.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тема актуальна и сформулирована грамотно – 1 балл;</li> <li>• корректно использован понятийный аппарат; продемонстрирован большой лексический запас, логичность и ясность изложения – 2 балла;</li> <li>• использованы публикации последних лет – 1 балл;</li> <li>• определена позиция автора; предложен и аргументирован собственный взгляд на проблему – 2 балл;</li> </ul>

#### V. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Пиралишвили, Ш.А. Электричество и магнетизм [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Ш.А. Пиралишвили, Е.В. Шалагина, Н.А. Каляева, Е.А. Попкова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 160 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91880>

б) дополнительная литература

1. Соболева В.В. Электричество и магнетизм. Колебания [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие к решению задач и выполнению контрольных работ по физике / В.В. Соболева. — Электрон. текстовые данные. — Астрахань: Астраханский инженерно-строительный институт, ЭБС АСВ, 2011. — 115 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17074.html>

#### VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

- 1) журнал «Физика твердого тела» <http://journals.ioffe.ru/journals/1>
- 2) свойства материалов <http://materials.springer.com/>

#### VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вопросы к зачету по специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений

##### 1. Общие понятия

Магнетизм. Магнитное поле. Магнитный момент. Векторы магнитной индукции,

намагниченности, напряженности магнитного поля. Магнитный поток. Магнитный заряд. Магнитный диполь.

## **2. Магнитные структуры и типы магнетиков**

Упорядоченные магнитные структуры. Магнитная структура. Магнитная подрешетка. Ферромагнитная структура. Антиферромагнитная структура. Слабый ферромагнетизм. Ферримагнитная структура. Спиральная магнитная структура. Магнитная ячейка. Магнитная нейтронография.

Неупорядоченные магнитные структуры. Спиновое стекло.

## **3. Магнитные взаимодействия**

Обменное взаимодействие и его энергия. Косвенное обменное взаимодействие.

Спин-орбитальное взаимодействие. Магнитное дипольное взаимодействие.

Сверхтонкое взаимодействие.

## **4. Магнитная анизотропия**

Энергия магнитной анизотропии. Константы магнитной анизотропии.

Эффективное магнитное поле анизотропии. Оси магнитной анизотропии.

Плоскости легкого и трудного намагничивания. Магнитная анизотропии типа "легкая ось", "легкая плоскость". Наведенная магнитная анизотропия.

## **5. Магнитоупругие явления**

Магнитострикция. Магнитоупругая энергия. Магнитоупругие постоянные.

Константы магнитострикции. Магнитоупругие волны. Магнитоупругое затухание.

## **6. Кинетические явления**

Гальваномагнитные эффекты. Эффекты Холла. Магниторезистивные эффекты.

Гальванотермомагнитные эффекты. Термомагнитные эффекты.

## **7. Домены и доменные границы**

Магнитный домен. Доменная граница (Блоха, Нееля). Доменная структура.

Полосовая и лабиринтная доменные структуры. Цилиндрический магнитный домен. Решетка ЦМД.

## **8. Процессы намагничивания, перемагничивания и размагничивания**

Внешнее магнитное поле. Намагничивание. Гистерезис намагничивания. Эффект

Баркгаузена. Магнитное насыщение. Подвижность и эффективная масса

доменной границы. Перемагничивание. Коэрцитивная сила. Петля магнитного

гистерезиса. Магнитные восприимчивость и проницаемость. Размагничивание

переменным полем, нагревом. Размагничивающее и внутреннее магнитное поле.

## **9. Магнитные фазовые переходы и критические явления**

Фазовый переход. Переходы первого и второго рода. Диаграмма состояний.

Критическая температура. Температура Кюри. Температура Нееля.

## **10. Спиновые волны**

Ферромагнитный резонанс. Магнитостатические моды. Спиновые волны. Спин-волновой резонанс.

## **11. Магнитооптика**

Магнитооптические эффекты: эффект Фарадея, эффект Коттона-Мутона, Эффект

Керра. Фотомагнитные эффекты. Гиромагнитная среда.

## **12. Характеристики магнитных материалов**

Магнитно-мягкий материал. Магнитно-твердый материал. Магнитный материал с прямоугольной петлей гистерезиса. Сверхвысокочастотный магнитный материал.

Магнитный материал для постоянных магнитов. Магнитный материал для носителей записи. Материал с цилиндрическими магнитными доменами. Магнитострикционный материал. Материал для термомагнитной записи информации. Текстурированный магнитный материал.

### **13. Магнитные материалы**

Феррит-гранат. Феррит-шпинель. Ортоферрит. Гексаферрит. Пермаллой.

### **14. Параметры магнитных материалов**

Магнитные потери. Магнитные потери на гистерезис. Магнитные потери на вихревые токи. Магнитное сопротивление. Время и скорость перемагничивания. Коэффициент прямоугольности петли магнитного гистерезиса.

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

Процесс обучения включает аудиторные занятия путем проведения лекционных и семинарских занятий, групповые и индивидуальные консультации, текущий контроль полученных знаний, использование различных форм научно-исследовательской деятельности, самостоятельную работу, а так же проведение итогового контроля.

Выработка профессиональных навыков и умений предполагает широкое использование в ходе образовательного процесса интерактивных методик обучения. Использование активных методов обучения имеет целью конструктивное вовлечение аспирантов в учебный процесс, активизацию учебно-познавательной деятельности. Активные методы обучения предполагают деловое сотрудничество, взаимодействие, обмен информацией, более глубокое усвоение материала, понимание сущности изучаемых явлений, и как результат – получение соответствующих знаний, умений и навыков, формирование компетенций.

## **IX. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Лекционная аудитория должна быть оборудована мультимедийными средствами обучения.

## **X. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

<b>№п.п.</b>	<b>Обновленный раздел рабочей программы дисциплины</b>	<b>Описание внесенных изменений</b>	<b>Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения</b>
1.			
2.			
3.			
4.			