

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 13.09.2022 14:54:10  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный университет»



Утверждаю:

Руководитель ООП

Пастушенков Ю.Г.

«31» 08 2017

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

**Физика магнитных явлений**

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.

2017

## I. Аннотация

### 1. Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

Физика магнитных явлений

### 2. Цель и задачи дисциплины

*Целями освоения дисциплины* является: изучение теоретических основ макроскопического и микроскопического описания магнитных свойств материалов и рассмотрение различных аспектов их практического применения.

*Задачами освоения дисциплины* является формирование четкого понимания основных понятий и идей современной физики магнитных явлений; подготовка аспирантов к изучению учебной и научной литературы, в частности, специальных обзоров и оригинальных работ по отдельным вопросам данной области знания.

### 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина является обязательной дисциплиной вариативной части направления подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия, направленность 01.04.11 – Физика магнитных явлений. Дисциплина изучается на втором году обучения и имеет логические и содержательно – методические взаимосвязи с 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 "Физика магнитных явлений" обеспечивает подготовку к сдаче экзаменов 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 6 час., самостоятельная работа 98 часов.

### 5. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Планируемые результаты освоения образовательной программы (Формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей	<b>Владеть:</b> информационными технологиями, с помощью которых возможно получение новых знаний, необходимых для коммуникации в научной и производственной сферах деятельности. <b>Уметь</b> использовать знания современных проблем физики магнитных явлений и ее новейших достижений в своей научно-

<p>профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>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>
<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 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>
<p>ПК-2</p> <p>способность разрабатывать и описывать новые методики научно-исследовательской и/или инженерно-технологической деятельности</p>	<p><b>Владеть</b> навыками внедрения результатов прикладных научных исследований в перспективные приборы, устройства и системы и оформления документации по обеспечению проведения научно-исследовательских работ.</p> <p><b>Уметь</b> осуществлять выбор оборудования для решения научно-исследовательских задач физики магнитных явлений.</p> <p><b>Знать:</b> основные методики исследования структуры и физических свойств магнитных материалов.</p>

## 6. Форма промежуточной аттестации экзамен

### 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.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Практические (лабораторные) работы	

<p>Упорядоченные магнитные структуры. Магнитная подрешетка. Типы магнитных структур. Магнитная ячейка. Магнитная нейтронография.</p> <p>Обменное взаимодействие и его энергия. Косвенное обменное взаимодействие. Спин-орбитальное взаимодействие. Магнитное дипольное взаимодействие. Сверхтонкое взаимодействие.</p> <p>Энергия магнитной анизотропии. Константы магнитной анизотропии. Эффективное магнитное поле анизотропии. Типы магнитной анизотропии. Наведенная магнитная анизотропия.</p> <p>Магнитострикция. Магнитоупругая энергия.</p> <p>Гальваномагнитные эффекты. Эффекты Холла. Магниторезистивные эффекты. Магнитный домен. Доменная граница (Блоха, Нееля). Доменная структура.</p>	30	4	6	20
<p>Процессы намагничивания, перемангничивания и размагничивания</p> <p>Гистерезис намагничивания. Магнитное насыщение. Подвижность и эффективная масса доменной границы. Перемангничивание. Коэрцитивная сила. Петля магнитного гистерезиса. Магнитные восприимчивость и проницаемость.</p> <p>Магнитные фазовые переходы и критические явления</p> <p>Спиновые волны.</p> <p>Магнитооптические эффекты: эффект Фарадея, эффект Коттона-Мутона, Эффект Керра. Фотомагнитные эффекты. Гирромагнитная среда.</p> <p>Характеристики магнитных материалов.</p>				78
<b>ИТОГО:</b>	<b>108</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>98</b>

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

– Вопросы к сдаче экзамена.

#### 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>	<p>1. Магнитокристаллическая анизотропия.</p> <p>2. Магнитный момент электронной оболочки.</p>	<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>заключительный</p> <p><b>Владеть</b> постановкой научной задачи 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. Типы упорядоченных магнитных структур.</li> <li>2. Магнитострикция.</li> <li>3. Петля магнитного 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-2 «Способность разрабатывать и описывать новые методики научно-исследовательской и/или инженерно-технологической деятельности».**

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>Начальный</p> <p><b>Знать:</b> основные методики исследования структуры и физических свойств магнитных материалов.</p> <p>Заключительный</p> <p><b>Владеть</b> навыками внедрения результатов прикладных научных исследований в перспективные приборы, устройства и системы и оформления документации по обеспечению проведения научно-исследовательских работ.</p> <p><b>Уметь</b> осуществлять выбор оборудования для решения научно-исследовательских задач физики магнитных явлений.</p>	<p>1. Методы наблюдения магнитных доменов.</p> <p>2. Метод вибрационного магнитометра.</p>	<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. Боровик Е. С. Лекции по магнетизму / Е. С. Боровик, В. В. Еременко, А. С. Мильнер. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 510 с. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75475>
2. Физические свойства материалов : учебное пособие / В. И. Грызунов, Т. И. Грызунова, О. А. Клецова и др. - 2-е изд., стер. - Москва : Флинта, 2015. - 248 с. : схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9765-2404-0 ; [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=461082>
3. Электричество и магнетизм: учебное пособие / Ш. А. Пиралишвили [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 160 с. —[Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91880>

б) дополнительная литература

1. Пацева Ю. В. Электромагнетизм : лекции по физике / Ю. В. Пацева. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 124 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-4031-9 ; [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=298188>
2. Муzychка А. Ю. Механика и электромагнетизм: тексты лекций по общей физике : лекции / А. Ю. Муzychка. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 280 с. : ил. - (Высшая школа). - ISBN 978-5-4458-9569-5 ; [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256579>
3. Дубровский В. Г. Электричество и магнетизм: сборник задач и примеры их решения : учебное пособие / В. Г. Дубровский, Г. В. Харламов. - Новосибирск : НГТУ, 2011. - 92 с. - ISBN 978-5-7782-1600-6 ; [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228733>

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

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

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

Вопросы к экзамену 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.			